

Notiziario Tecnico

Archivio

1/1997

 **TIM**

Ai lettori

Rispondete se potete

Cari lettori,

il Comitato Direttivo del Notiziario Tecnico Telecom Italia, quasi due anni dopo l'invio del primo questionario, ha ritenuto opportuno chiedervi nuovamente un'opinione e un commento sull'attuale linea editoriale. Una copia di un nuovo questionario è perciò allegata a questo numero della rivista.

La volta scorsa le risposte pervenute in Redazione sul gradimento del Notiziario furono molto positive, ma colpì il numero assai limitato di questionari restituiti: meno del 10 per cento. Risposero forse solo i "fedelissimi".

L'auspicio è quindi che questa volta le risposte siano più numerose in modo che la Redazione possa pervenire ad una sintesi dei giudizi più articolata e completa, specie dopo le varianti introdotte negli ultimi numeri della rivista.

Come infatti avrete notato, il Notiziario Tecnico Telecom Italia è cambiato in questi ultimi tempi anzitutto nella presentazione grafica: è passato dal bianco e nero al colore e in diversi articoli sono state aggiunte alcune foto che dovrebbero rendere più chiari e visibili i concetti esposti e, anche, più accattivanti i testi; i disegni poi sono presentati con regole uniformi in modo da semplificarne l'esame. Sono stati anche inseriti alcuni riquadri per presentare in sintesi la materia esposta in articoli di particolare complessità, facilitandone in questo modo la lettura.

Il "cuore" del Notiziario è però rimasto quello di prima: gran parte della rivista è costituita da articoli tecnici, organizzati a cicli, cercando sempre di scegliere temi di attualità, quali ad esempio l'ATM o il DECT; sono stati anche individuati argomenti un po' trascurati da riviste che perseguono le stesse finalità del Notiziario, forse perché considerati (erroneamente) di secondo piano; sono stati perciò scelti cicli, sia pur brevi, sulla trasmissione in facsimile o sui sistemi di alimentazione degli apparati per telecomunicazioni e diversi lettori mi hanno comunicato direttamente di aver molto gradito queste scelte.

In più abbiamo ritenuto opportuno riportare alcune informazioni su temi attuali quali i satelliti per telecomunicazioni e, a partire da questo numero, sui cavi sottomarini, sulle navi posacavi, e in particolare sulla nave di Telecom Italia, la Teliri. Abbiamo dato poi spazio ai resoconti sui Congressi Tecnici, specie a quelli più importanti, e ad alcuni aspetti di rilievo della vita della Società, ad esempio alle Convention; abbiamo introdotto altre novità nella parte più legata alle informazioni sulle telecomunicazioni: Giorgio Fioretto, responsabile in CSELT del settore "Normative tecniche e regolamentazione", avvia una collaborazione continua con il Notiziario, redigendo una rubrica sui risultati principali delle attività in corso presso gli Organismi Internazionali di Normalizzazione. Desidero - penso anche a nome vostro - ringraziarlo per aver accettato di tenerci informati su queste decisioni; risulterebbe altrimenti difficile, per tutti noi, tenerci continuamente aggiornati sulle nuove raccomandazioni, per il numero di Organismi in cui esse sono definite e per la complessità e la varietà delle situazioni interne presenti in ogni singola sede.

In questo numero compare anche una breve nota sugli accordi in ambito World Trade Organisation sull'informatica e telecomunicazioni

Ai lettori

preparata da Giovanni Valgimigli di Telecom Italia. Spero che anche su questi aspetti sia possibile fornire agli interessati un aggiornamento costante attraverso il Notiziario.

Cominciano poi ad essere inseriti rapporti sui punti più significativi emersi nelle esperienze di esercizio di Telecom Italia: siamo disponibili a pubblicare un numero più alto di contributi, anzitutto per l'evoluzione rapida delle reti e per le molteplici attività intraprese dall'Azienda - con prove in campo e con l'avvio in esercizio di nuovi sistemi - e, d'altra parte, per il livello professionale e per la competenza dei tecnici di Telecom Italia che sanno condurre queste prove con capacità innovativa. Il numero limitato di contributi pervenuti finora potrebbe essere stato causato dalla convinzione che le vostre personali esperienze non interessano a un numero alto di lettori del Notiziario. Credo non sia sempre così. Sono perciò disponibile a parlarne direttamente con chi di voi voglia fare qualche proposta in proposito.

Anche le lettere al Notiziario con quesiti sugli articoli pubblicati o con domande di carattere generale sugli aspetti tecnici delle telecomunicazioni stentano ad arrivare. Questa volta abbiamo ricevuto una richiesta di chiarimento ed abbiamo dato ad essa risposta. Continuiamo a dichiararci disponibili a rispondere alle vostre domande con l'aiuto degli autori degli articoli e di esperti che collaborano con il Notiziario.

Di recente abbiamo reso disponibili i testi della rivista anche in forma elettronica sulla rete aziendale INTERLAN. Anche questo accesso rappresenta un passo avanti per permettere a un pubblico più vasto, interno a Telecom Italia, di consultare la rivista.

Il Notiziario Tecnico Telecom Italia, pur mantenendo la linea editoriale precedente, ha cercato dunque di rispondere meglio alle vostre esigenze di aggiornamento tecnico. È arrivato quindi il momento di dare a voi la parola: desideriamo ricevere un numero significativamente alto di risposte al questionario sia dai destinatari interni sia da quelli esterni.

E allora ... rispondete se potete.

r.c.

..... σ̃ δ̃δ̃ ΒΝΧΟΥΣΟΝ,
ἄ τοι δὲ β ν δρα̃ ἄ,

37 ma ora tu ascolta
come io ti parlo:

49 ... tu, invece, se ti piacesse ascoltare,
fatti legare nell'agile nave i piedi e le mani
ritto sulla scarpa dell'albero, a questo le corde ti attacchino,
sicché tu goda ascoltando la voce delle Sirene.

Ma se pregassi i compagni, se imponessi di scioglierti,
54 essi con nodi più numerosi ti stringano.



Ulisse e le Sirene:
una delle prime
comunicazioni tra
terra e mare.

(Le Sirene e la nave
di Ulisse, I sec. a. C.;
Staatliche Museen,
Dahlem, Berlino)

(Omero, Odissea, libro XII versi 37-54, traduzione di
Rosa Calzecchi Onesti, Einaudi Editore, 1989)

Teliri, la nave di Telecom Italia

NE PARLIAMO CON GIUSEPPE GERARDUZZI E CON ANTONIO FLORIO

Il tre settembre 1995 nell'arsenale della Fincantieri di Livorno fu varata la nave posacavi italiana Teliri con la tradizionale "discesa a mare".

Fu avviato successivamente l'allestimento della nave per installare gli impianti elettrici, le attrezzature per la navigazione, gli impianti tecnologici; queste attività si conclusero il 30 marzo 1996. Iniziarono quindi i collaudi, le prove in mare e l'addestramento del personale.

Dopo due mesi e mezzo, il 15 giugno 1996, la Teliri è entrata in esercizio e dal primo luglio 1996 la nave è stata inserita nel MECMA (Mediterranean Cable Maintenance Agreement), l'accordo stipulato tra gestori pubblici di reti di telecomunicazioni per la manutenzione dei cavi sottomarini nel Mediterraneo, nel Mar Nero e nel Mar Rosso.

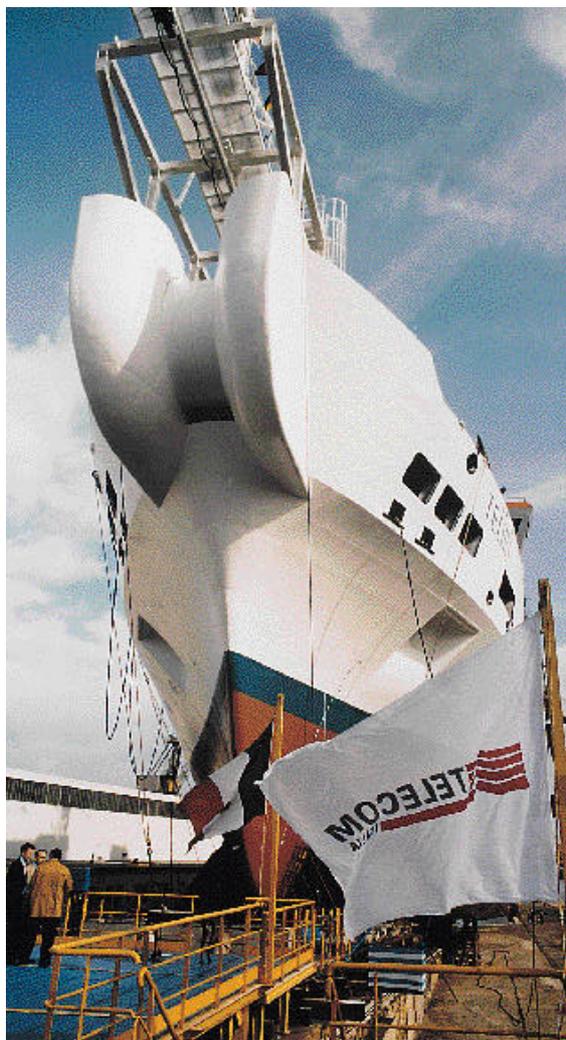
Si concludeva così un'attività avviata nella seconda metà del 1994 quando era stata costituita una Società, la "Elettra TLC", che aveva affidato alla Fincantieri la commessa per la costruzione della nave Teliri.

La Elettra, controllata inizialmente dall'Iritel con la partecipazione di Italmare, è oggi una società che appartiene interamente a Telecom Italia e che gestisce tutte le attività legate alla posa di cavi sottomarini.

A un anno di distanza dall'avvio dell'attività operativa della nave abbiamo ritenuto opportuno ripercorrere l'evoluzione delle navi posacavi soffermandoci poi sulla Teliri.

Nel prossimo numero del Notiziario presenteremo le caratteristiche dei cavi sottomarini e in particolare di quelli ottici; daremo anche qualche informazione sulla rete realizzata con cavi sottomarini, in particolare su quella di Telecom Italia.

Per introdurre questo ciclo abbiamo ritenuto di fare cosa gradita ai lettori chiedendo le motivazioni poste a base della realizzazione della nave e qualche indicazione su questo primo periodo di attività a Giuseppe Gerarduzzi, Vice Direttore Generale di Telecom Italia, che ha seguito sin dall'inizio la realizzazione della nave e che costituisce il riferimento in Telecom Italia per la Società Elettra, e ad Antonio Florio, Presidente della Elettra.



La nave posacavi di Telecom Italia Teliri prima del varo.

Teliri, la nave di Telecom Italia

Il MECMA, come tutte le sigle, sembra nascondere qualcosa di misterioso. Al di là del significato dell'acronimo sarebbe interessante sapere da quando e come Telecom Italia partecipa a questo Consorzio.

Gerarduzzi Sulla scia di quanto attuato con l'ACMA per i cavi sottomarini posati nell'Atlantico, il primo gennaio 1993 fu stipulato un accordo fra Telefonica e Temasa, spagnole, France Télécom e France Cable et Radio (FCR), francesi, ASST e Italcable, italiane, per la manutenzione dei cavi installati nel Mediterraneo, nel Mar Nero e nel Mar Rosso. All'ASST subentrò poi l'Iritel; con la nascita di Telecom Italia e con la costituzione di Elettra, la presenza italiana nel MECMA si modificò: infatti ai primi due firmatari dell'accordo subentrarono Telecom Italia ed Elettra, ricalcando così la scelta già adottata da France Télécom e da Telefonica rispettivamente per FCR e Temasa, che sono società che gestiscono le navi posacavi dei due gestori.

L'accordo MECMA individuava nei sei firmatari suddetti le "Prime Parties" quali proprietari delle navi, di depositi di cavi e di materiali di scorta, e principali responsabili della manutenzione (Maintenance Authorities) dei cavi sottomarini nel Mediterraneo.

In questi anni l'attività non è stata limitata solo agli impianti dei "Prime Parties", ma è stata estesa a quelli di quasi tutti i Paesi che si affacciano sul Mediterraneo, sul Mar Nero e sul Mar Rosso e che hanno aderito al MECMA (ventitré Paesi), e di quattro gestori di cavi intercontinentali che attraversano il Mediterraneo.

Di quali navi disponeva il MECMA all'avvio dell'accordo?

G. L'attività del MECMA è stata avviata con due navi, la Raymond Croze, francese, che aveva come porto base La Seyne-sur-Mer (Tolone), e la Teneo, spagnola, che aveva come base Valencia. Le due navi dovevano essere sempre pronte per intervenire con tempestività nel caso di guasti ai cavi di proprietà dei firmatari dell'accordo, e per avere queste navi disponibili i gestori italiani pagavano circa 9 miliardi all'anno; questi costi erano destinati a crescere con il sensibile aumento dell'estensione della rete dei gestori italiani.

Non fu possibile inserire nell'accordo una nave del nostro Paese poiché nel 1993 l'Iritel e l'Italcable non disponevano di una nave posacavi, ma esse si erano riservate il diritto di costruirne una e, quindi, di inserire questa nave in un secondo momento nell'organizzazione del MECMA.

Quali dunque le motivazioni per la nascita di Teliri?

G. Questa esigenza da noi era sentita da tempo per diversi motivi: in primo luogo tutti i maggiori gestori pubblici di telecomunicazioni hanno proprie navi, impiegate per lo sviluppo e per la manutenzione della propria rete di cavi sottomarini. All'inizio degli anni Novanta Cable & Wireless ne aveva undici, AT&T sei, le giapponesi NTT e KDD rispettivamente quattro e due, BT



Il direttore del cantiere pronuncia la frase tradizionale prima del varo: "Madrina, in nome di Dio taglia".

Teliri, la nave di Telecom Italia

due, France Télécom tre, Telefonica due, la stessa OTE greca, la Televerket svedese e la Telecom Finland ne avevano una. Tra i più importanti gestori che operano in Paesi che si affacciano sul mare, solo quello italiano era quindi privo di una nave e questa lacuna si ripercuoteva, a livello internazionale, in termini di presenza e di immagine.

Questa lacuna era molto più grave se si tiene presente che la rete di cavi sottomarini per telecomunicazione nel Mediterraneo ha un'estensione che pone Telecom Italia in posizione di leader in quanto proprietario di circa il 35 per cento dell'intera rete posata: Telecom Italia dispone infatti di una rete nazionale molto estesa di cavi sottomarini sia tra le numerose isole grandi e piccole e la terraferma, sia tra le molte città della penisola che si affacciano sul mare e che sono connesse con portanti a "festoni".

La collocazione baricentrica nel Mediterraneo pone poi la Sicilia in una posizione strategica particolarmente favorevole sia per la terminazione dei cavi sottomarini internazionali, sia come punto di partenza per l'esecuzione di riparazioni nell'intero bacino del Mediterraneo: molti cavi internazionali transitano, infatti, per Palermo e la Teliri, d'altra parte, ha come porto base Catania, dove da tempo opera una struttura per il supporto all'attività di manutenzione dei cavi sottomarini e dove è ubicato un deposito di cavi di grande potenzialità, attrezzato modernamente.

In questi ultimi tempi infine

l'impiego dei cavi sottomarini presenta un elevato tasso di crescita.

Questi portanti sono in grado di trasportare volumi estremamente elevati di informazioni (flussi numerici ad altissima velocità di cifra, quale i sistemi a 2,5 Gbit/s o superiori) e su questi collegamenti si sviluppa una concorrenza internazionale di rilievo.

Non disporre di una nave posacavi avrebbe costituito per Telecom Italia un punto di debolezza nell'autonomia gestionale, anche in termini di rapidità degli interventi e di riservatezza delle informazioni relative, ad esempio, ai piani sulle realizzazioni future. Fu quindi chiaro che occorre disporre di una nave posacavi in quanto essa avrebbe costituito una delle leve di successo nella gestione dei portanti sottomarini.

Teliri è stata quindi la prima nave posacavi italiana?

- G. Non è proprio così. Sin dalla posa dei primi cavi sottomarini telegrafici, l'Italia ha avuto navi posacavi: la Città di Milano 1 della Pirelli iniziò la sua attività nel lontano 1887, più di un secolo fa, per la posa di cavi telegrafici.



La Teliri entra in mare.

Teliri, la nave di Telecom Italia

La seconda nave fu la Città di Milano 2, ricevuta dalla Germania come compenso per i danni causati dalla prima guerra mondiale e assegnata alla Regia Marina Italiana; essa impiegò personale tecnico della Pirelli e operò tra la prima e la seconda guerra mondiale. Poi, nel secondo dopoguerra, sono state utilizzate in Italia diverse imbarcazioni per la posa di cavi subacquei: tra queste navi quella che giocò un ruolo di rilievo fu la Salernum, di proprietà della Compagnia Italiana Navi Cablografiche degli armatori fratelli D'Amico. Essa venne utilizzata molto spesso per la manutenzione dei cavi e fu ceduta all'AT&T nel 1985. Quasi contemporaneamente la Pirelli ha acquisito la Giulio Verne; ma questa nave, che è a tutt'oggi una delle più grandi posacavi in attività (forse la seconda), è idonea più per l'installazione di lunghe pezzature di cavi sottomarini, e in particolare di quelli con maggior peso quali gli elettrici, che per la manutenzione. L'impiego di navi posacavi con bandiera italiana non è quindi storia recente.

Quali sono i campi di operatività della Teliri?

- G. *In passato, diciamo fino agli anni Settanta, le navi posacavi si dividevano in due grandi classi: la prima comprendeva navi di tonnellaggio elevato, idonee per la posa; la seconda era costituita da imbarcazioni molto più leggere, impiegate nella riparazione di cavi in esercizio.*



La Teliri nel porto di Livorno il giorno del varo. In primo piano Tomaso Tommasi di Vignano e, a destra, Giuseppe Gerarduzzi.

La drastica riduzione di peso e di dimensioni dei cavi telefonici - ottenuta nel passaggio dai cavi coassiali a quelli ottici - e d'altra parte il numero assai limitato di guasti ai portanti subacquei - che costringerebbe a tener ferme a lungo le navi per riparazioni - hanno fatto ritenere opportuna la costruzione di navi posacavi in grado di svolgere diverse attività. Abbiamo seguito proprio questo orientamento nella progettazione della Teliri: abbiamo voluto che essa fosse in grado di svolgere tutte le attività legate alla

posa e alla manutenzione dei cavi sottomarini; abbiamo deciso, così, di realizzare una nave moderna, all'avanguardia nel settore: la nave è infatti in grado di effettuare una precisa esplorazione del fondo marino (survey) fino alle maggiori profondità oceaniche (oltre i 10.000 metri), fornendo anche a bordo in tempo reale una documentazione cartacea delle isobate, e consente quindi di scegliere in via preliminare il tracciato di posa per un portante sottomarino nel collegamento tra due località terminali.

La Teliri permette poi di posare il cavo sul fondo marino e - con l'aiuto

Teliri, la nave di Telecom Italia

dell'aratro - provvede a interrarlo in presenza di fondali fino a profondità di circa 1.000 metri, in modo da evitare danneggiamenti da terzi come quelli causati dalla pesca a strascico.

La Teliri può anche procedere alla localizzazione dei guasti e successivamente alle riparazioni sui portanti sottomarini in avaria. E, anche mediante l'impiego di una specie di robot sottomarino - il ROV (Remotely Operated Vehicle) -, è possibile effettuare l'interramento di cavi già in esercizio, che erano stati solo appoggiati sul fondo marino ma che erano stati posati in zone a rischio di danneggiamento.



La nave è dotata infine di un sistema per effettuare da bordo le principali misure elettriche per il collaudo e per la ricerca dei guasti sui portanti subacquei.

Un elicottero atterra sulla Teliri.

Come è andato questo primo anno di gestione della Teliri?

Florio Anche se la risposta può sembrare un po' trionfalistica, non so rispondere diversamente da molto bene; il personale ha imparato rapidamente e senza grosse difficoltà a gestire la nave. La Teliri, anche nel primo periodo di attività, non ha presentato particolari inconvenienti e tutte le attività che siamo stati chiamati a svolgere sono state eseguite nei tempi previsti e con la soddisfazione dei nostri clienti, in particolare di Telecom Italia. E, infine, particolare non trascurabile, il bilancio economico relativo al 1996, pur se riferito al solo secondo semestre, cioè dal momento in cui la nave è divenuta operativa, si è chiuso in positivo.

Quali sono state in questo primo anno di esercizio le attività più significative da voi svolte?

F. Sono stati posati due cavi: il Barcellona-Savona, tra settembre e ottobre 1996, per circa due terzi del percorso di 700 chilometri, e il Durazzo-Bari di 240 chilometri nel giugno di quest'anno. Sono stati anche effettuati sette interventi di riparazione e sono stati interrati il cavo Columbus II (Palermo-Isole Vergini-Florida-Messico), su una tratta lunga 50 chilometri appena oltre lo Stretto di Gibilterra, e il festone tra Pisa e Genova, per 40 chilometri fuori dal golfo di La Spezia. Sono stati infine individuati e definiti nove tracciati per la posa di nuovi cavi (survey) per complessivi 2.000 chilometri.

Il bilancio del primo anno di attività sembra quindi chiudersi positivamente; quali prospettive si intravedono per il futuro?

F. Realizzeremo anzitutto alcuni collegamenti per Telecom Italia e tra questi il

Teliri, la nave di Telecom Italia

Roma-Palermo, il Mazara-Pantelleria e il nuovo Pomezia-Golfo Aranci. Abbiamo poi presentato offerte o abbiamo in corso di preparazione risposte a gare indette da diversi gestori di sistemi sottomarini per alcuni collegamenti che saranno realizzati nel prossimo futuro. Speriamo dunque di essere scelti per realizzare una parte dei nuovi impianti programmati: il

SEAMEWE-3 di 35 mila chilometri con quaranta approdi, che partendo dalla Germania sarà posato prima nell'Atlantico, poi nel Mediterraneo per arrivare in Australia attraverso il Canale di Suez e l'Oceano Indiano; il Columbus III di 11.000 chilometri che dagli Stati Uniti, toccando le Isole Vergini, le Azzorre e la Spagna, giungerà in Italia; l'Atlantis II di 12.000 chilometri che unirà il Portogallo all'Argentina con sette approdi. E, ancora, i festoni delle Isole Azzorre (1.500 chilometri) con nove approdi; i festoni dell'Oman (1.600 chilometri) con nove approdi; quelli della Libia (1.500 chilometri) con dodici approdi. Siamo anche interessati a realizzare il MED 1 (2.300 chilometri) tra l'Italia e Israele; un collegamento tra l'Italia e la Libia di 570 chilometri e un altro impianto tra la Grecia (Corfù) e la Jugoslavia (Bar) di 350 chilometri. Sono in programma poi alcune attività di survey ed è allo studio l'interramento di cavi in esercizio. Per le riparazioni saremo sempre pronti ad intervenire; ma l'auspicio è naturalmente che questo intervento venga richiesto in misura molto limitata, specie sui cavi italiani.

- Sembra davvero un buon programma.
- F. L'augurio che desidero formulare in chiusura a tutti noi che operiamo con molto entusiasmo, è di saper continuare ad essere competitivi in modo da poterci aggiudicare buona parte dei lavori di posa che saranno realizzati nel prossimo futuro e ai quali prima facevo cenno. Il personale della nave ama stare in mare e non sostare a Catania! Dobbiamo riuscire se possibile a soddisfare questo desiderio.

r.c.



Sistema di guida dell'aratro sul ponte della Teliri. In primo piano il cavo per i comandi dell'aratro. Sotto, l'albero maestro della Teliri.



Navi posacavi

Navi speciali al servizio dei cavi sottomarini

CARLO COLUCCIA
ANDREA RIDOLFI
ELIO RUBINO

In questo articolo si esamina dapprima l'evoluzione nel tempo delle navi posacavi, le cui caratteristiche principali sono rimaste a lungo quasi invariate, fino all'avvio della posa dei cavi sottomarini telefonici nella seconda metà degli anni Cinquanta per i collegamenti che attraversavano l'Oceano. Si presentano poi gli sviluppi tecnologici introdotti per le navi offshore che hanno permesso di recente di introdurre nuove soluzioni innovative anche nelle navi posacavi migliorandone sensibilmente le prestazioni. Si accenna infine alle navi italiane che sono state impiegate sin dall'avvio della trasmissione dell'informazione telegrafica e poi telefonica con cavi subacquei, via via fino al varo della Teliri.

"What is so special about cables ships except for the sheave in the bows?"

"Che cosa rende diverse le navi posacavi dalle altre navi se si eccettua la puleggia posta a prua?" È questa la domanda un po' provocatoria che K.R. Haigh pone ai lettori di "Cables ships and submarine Cable" [1] nell'introduzione al libro, che riunisce in un solo volume storie diverse e affascinanti di numerose navi impiegate nel mondo per la posa e per la riparazione dei cavi sottomarini sin dall'alba della tecnologia del trasporto dell'informazione con portanti subacquei.

Il mare infatti non era mai stato sentito, dalla più lontana antichità, come una barriera che impediva agli uomini di comunicare. Era temuto, ma era attraversato anche da piccole imbarcazioni per portare merci o per spostare persone, per trasmettere conoscenze e quindi per permettere di comunicare tra persone di Paesi diversi. Si diceva allora, che "il mare unisce mentre i monti dividono".

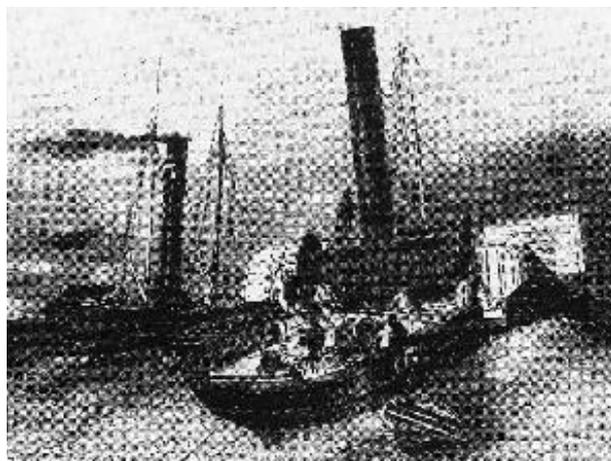
Infatti non appena cominciò ad essere trasmessa sulla terra ferma l'informazione telegrafica con i primi portanti aerei in rame, si manifestò anche l'esigenza di attraversare con mezzi analoghi prima brevi tratti di mare, poi, via via, distanze maggiori fino agli Oceani.

Questa storia della posa in mare di cavi per il trasporto dell'informazione inizia quasi due secoli orsono e i primi tentativi che ebbero successo, sia pur limitato, risalgono a circa centocinquanta anni fa.

All'inizio del Secolo Diciannovesimo furono infatti avviate prime esperienze sulla trasmissione di segnali elettrici in portanti subacquei: le prime prove all'esterno dei laboratori di ricerca furono eseguite probabilmente in Russia tra Cronstadt e San Pietroburgo all'inizio del Milleottocento. Verso il 1840 O'Shaughnessy a Calcutta e Wheatstone in Inghilterra fecero alcuni esperimenti di trasmissione subacquea con fili isolati mediante canapa incatrat-

mata. Nel 1845 Connell posò nell'Hudson un cavo per collegare Forte Lee a New York. Altre sperimentazioni furono effettuate successivamente nel porto di Kiel e a Colonia per trasmettere segnali tra le due sponde del Reno [1] [2].

Il primo cavo sottomarino di lunghezza significativa fu però posato dalla nave *Goliath* il 28 agosto 1850 (a partire dalle 10 del mattino) per attraversare il Canale della Manica e per unire Dover a Calais. Durante la posa, la nave, che era trascinata da un piccolo rimorchiatore, veniva bloccata ogni cento metri per consentire all'equipaggio di disporre sul cavo un peso di circa 8 kg di piombo in modo che il portante andasse a fondo. Alla sera la nave *Goliath* raggiunse la costa francese e il cavo subacqueo fu collegato al cavo terrestre e agli apparati telegrafici. Fu quindi provata la trasmissione di primi messaggi che arrivavano all'altra sponda ma che erano indecifrabili per il degrado introdotto dalla capacità parassita del cavo,



Goliath: la prima nave posacavi (1850).

parametro trascurato da questi pionieri del settore. Dopo inutili tentativi per migliorare la comunicazione, le prove furono abbandonate nel corso della notte. Il giorno successivo si cercò nuovamente di comunicare tra le due sponde della Manica; ma il tentativo non riuscì perché “un pescatore ignobile” (come lo definì Russell nel suo lavoro sul cavo Atlantico [2]), aveva tagliato il cavo nella notte (forse per questo motivo i cavi telegrafici negli anni successivi venivano posati facendo scortare la nave posacavi da unità della marina militare). Questo primo insuccesso non scoraggiò comunque i committenti.

Qualche mese dopo infatti il Governo francese assegnò una nuova concessione per la posa di un cavo che attraversasse la Manica; e, a distanza di poco più di un anno, il 25 settembre 1851, iniziò una nuova posa, sempre nella Manica tra South Foreland e Sangatte, impiegando questa volta la *Blazer*, una chiatte prestata dal Governo inglese. Per frenare il cavo durante la posa, fu impiegata una semplice leva di legno compressa a forza di braccia. Il cavo scendeva sul fondo molto rapidamente: non era perciò teso e non seguiva un percorso rettilineo; a circa un miglio dalla costa francese l'intera pezzatura caricata sulla nave si esaurì. Per completare il collegamento fu allora impiegato provvisoriamente un pezzo di cavo non armato che era allora disponibile e furono così ricevuti i primi messaggi tra le due sponde.

Quasi un mese dopo, il 19 ottobre 1851, il cavo provvisorio fu sostituito con uno nuovo, e per questa posa si utilizzò la nave *Red Rover* della “Submarine Telegraph Company”. Poco più tardi, il 19 novembre dello stesso anno, il collegamento per la trasmissione telegrafica fu aperto al pubblico e il sistema fu tenuto in servizio per un lungo periodo, malgrado le numerose riparazioni che fu necessario effettuare sul cavo negli anni; quando nel 1890 il Governo britannico nazionalizzò i cavi sottomarini, il portante era ancora incluso nell'elenco di quelli acquisiti dal General Post Office (quando il cavo era ancora in servizio, uno spezzone di questo portante fu anche regalato al Re d'Italia e venne poi conservato nell'Armeria reale di Torino).

Il successo del primo collegamento sottomarino fece avviare quasi contemporaneamente numerose iniziative simili, specie in Gran Bretagna: si pensò anzitutto di collegare l'Irlanda con l'Inghilterra; un primo cavo fu posato dalla nave *Britannia* tra Holyhead e Howth ma questo cavo era molto leggero e non presentava un buon isolamento: i segnali telegrafici trasmessi su questo portante non erano quindi ricevuti in maniera intelligibile. Il cavo fu abbandonato dopo solo tre giorni, il 12 luglio 1852.

La posa di un secondo cavo previsto per collegare Portpatrick e Donaghadee - sempre tra l'Irlanda e l'Inghilterra -, simile a quello posato nel Canale della Manica, terminò a sette miglia dalla costa sia per il peso del portante, maggiore del precedente, sia per la inefficienza del sistema previsto sulla nave impiegata nella posa del cavo, la *Britannia*. L'anno successivo, il 23 maggio 1853, la *William Hutt* completò la posa tra le due sponde e questo portante permise l'avvio di comunicazioni telegrafiche fra le due isole.

Qualche segnale comincia ad essere ricevuto sull'altra sponda

Iniziò allora la posa di numerosi altri cavi sottomarini telegrafici come quello che collegava l'Olanda all'Inghilterra (tra Orfordness e L'Aia): in questo caso fu utilizzata la nave *Monarch* sulla quale per la prima volta venne impiegato un freno speciale per rallentare la discesa del cavo durante la posa in mare.

Altri cavi furono usati per collegare l'Inghilterra con il Belgio (Dover a Ostenda), nuovamente con la nave *William Hutt*; e ancora la Francia all'Algeria via La Spezia-Corsica; Bonifacio-Longo Sardo; Cagliari-Galita (Algeria): nella realizzazione di questa ultima tratta di cavo si presentarono numerose difficoltà, ma dopo un primo tentativo fallito si riuscì a posare il portante con la nave *Elba*.



A prua della nave Città di Milano I della Pirelli.

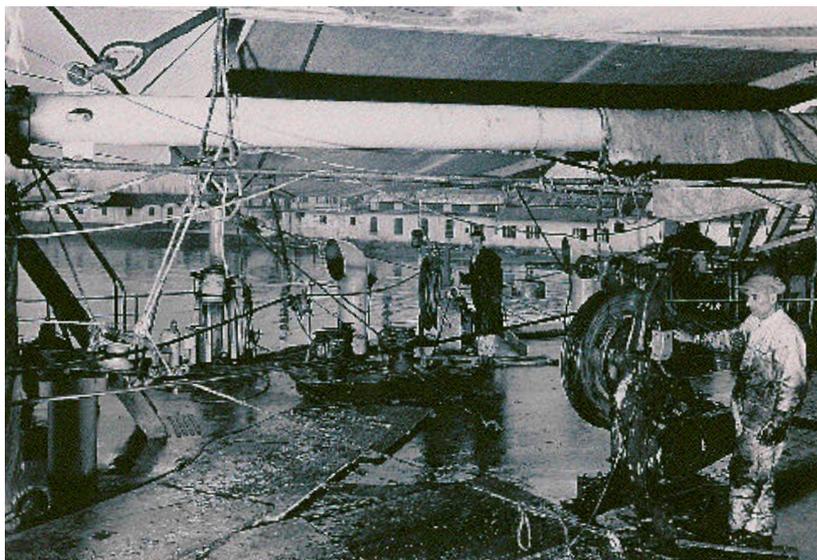
In questa occasione furono introdotte diverse innovazioni: si impiegò infatti per la prima volta un sistema per guidare il cavo durante la posa, nell'uscita dalle vasche circolari (che consisteva in un cono posto al centro della vasca e in quattro anelli coassiali a diametro crescente dall'alto in basso). Fu inoltre impiegato un freno a nastro potente, che poteva essere serrato al cavo mediante una leva a gomito; la Werner Siemens suggerì anche l'impiego di un dinamometro per misurare la tensione del cavo. Il sistema di posa si andava quindi via via perfezionando. La realizzazione del collegamento si concluse nel 1857 e il cavo rimase in servizio per due anni.

I portanti impiegati in questo periodo causavano un ritardo nella trasmissione del segnale telegrafico proporzionale al quadrato della lunghezza del cavo. Per la trasmissione con il primo cavo sottomarino transatlantico (che rimase in servizio dal 13 agosto al 20 ottobre 1858) occorre quattro secondi per trasmettere la vocale E, e circa un'ora per inviare 100 parole. La trasmissione del telegramma di felicitazioni inviato dal Presidente degli Stati Uniti, James Buchanan, alla Regina Vittoria d'Inghilterra, durò trenta ore.

Malgrado questa grossa limitazione nel trasporto dell'informazione, l'interesse per trasmettere il segnale telegrafico con i cavi sottomarini non si riduceva, ed era posta un'attenzione crescente alle modalità per aggirare gli inconvenienti riscontrati nelle prime esperienze di posa. Anzitutto molti studi furono effettuati per aumentare la velocità di trasmissione del segnale telegrafico; in particolare, alcuni autori come il

Perry e, ancor più, Oliver Heaviside svilupparono una teoria che metteva in rilievo i vantaggi ottenibili aggiungendo una induttanza al cavo (*Electromagnetic induction and its propagation - The Electrician 1887; Electrical papers, Electromagnetic theory - The Electrician 1893*). Furono così sviluppati cavi con un carico induttivo concentrato - ottenuto con un filo avvolto intorno a una bobina - o con un carico distribuito, realizzato avvolgendo un nastro metallico sul conduttore elettrico centrale. La velocità del segnale trasmesso aumentò così sensibilmente.

Per ridurre gli inconvenienti riscontrati in queste prime esperienze si agì anche sulle navi: dal 1850 al 1872 tutte le navi impiegate nella posa dei cavi erano mercantili adattati provvisoriamente a queste



Imbarco del cavo sottomarino sulla Monarch per il collegamento tra San Vincenzo (Isola del Capo Verde) e Recife (Brasile) (28/1-5/2/1953).

richieste; *Monarch* (1872), di proprietà della "International Telegraph Company", fu invece la prima nave modificata permanentemente alla posa di cavi; mentre *H.C. Oersted* (1872), appartenente alla "Great Northern Telegraph Company", fu la prima imbarcazione progettata e costruita per posare cavi sottomarini.

Centocinquant'anni di evoluzione delle navi

È difficile descrivere l'evoluzione di tutte le navi impiegate per la posa dei cavi in quasi centocinquanta anni; K.R. Haigh, nel libro già citato [1], pubblicato nel 1978, descrive le caratteristiche di 602 di esse tutte diverse: 486 progettate e realizzate come navi posacavi; 116 adattate invece per questi impieghi.

È possibile invece riportare alcune delle principali evoluzioni e trasformazioni che sono state attuate nel tempo: un primo elemento distintivo di grande importanza delle navi più antiche riguarda dimensioni e capacità di carico che differivano a seconda che esse fossero impiegate per riparazioni o per la posa dei cavi.

La nave *H.C. Oersted*, prima citata, aveva una stazza lorda¹ di 749 tonnellate, mentre la *Hooper*, costruita nello stesso periodo (1873), aveva una stazza di 4.935 tonnellate: la prima di queste due navi era

stata infatti progettata per riparare i portanti e in essa potevano essere stivati al più 230 m³ di cavo (8.135 cubic feet).

La *Hooper*, utilizzata invece per la posa dei cavi per collegamenti oceanici, aveva tre stive con una capacità complessiva di 4.250 m³, quasi venti volte maggiore della *H.C. Oersted*.

Le macchine di posa impiegate da queste due classi di navi erano all'epoca molto simili; nelle navi progettate per la posa, l'unica eccezione riguardava la presenza di eventuali macchine ausiliarie installate a poppa e utilizzate per posare una o più extralunghezze di cavo.

In quegli anni si cercava infatti di evitare il più possibile le giunzioni dei portanti e, mano mano che

si perseguiva l'obiettivo di attraversare tratte marine più ampie, dovevano essere costruite navi con capacità di carico maggiore: queste navi, oltre a dover trasportare lunghezze di cavo in quantità molto maggiore, dovevano anche caricare carbone sufficiente a eseguire i lavori senza alcuna interruzione. La *Hooper*, ad esempio, era stata progettata per collegare con un cavo telegrafico l'Inghilterra alle Bermude e poteva portare fino a 1.300 tonnellate di carbone; in una posa successiva partì con un carico totale di circa 6.800 tonnellate.

La nave inglese *Colonia*, varata nel 1902, aveva quattro stive per i cavi di circa 4.075 m³ (143.962 cubic feet). Essa permise di collegare nel Pacifico Vancouver (all'epoca facente parte del Commonwealth), con gli atolli delle Isole Fanning (GB) situate in prossimità dell'Equatore.

Dopo ventiquattro anni, nel 1926, salpò la *Dominia* di proprietà, come la *Colonia*, della "Telegraph Construction and Maintenance Company Limited"; essa aveva 9.273 tonnellate di stazza e quattro stive per i cavi di circa 5.000 m³ complessivi. Questa nave fu costruita per essere utilizzata sullo stesso percorso seguito nel Pacifico dalla *Colonia*: tra Bamfield e le Isole Fanning, ma con un carico maggiore di quello che era possibile trasportare con la *Colonia*, a quel tempo ancora in servizio. La *Dominia* salpò infatti portando un cavo telegrafico lungo 3.627 miglia nautiche (6.619 km) e che pesava 8.594 t.

La diffusione di cavi sottomarini telegrafici cresceva e nel 1925 l'estensione della rete era già

⁽¹⁾ La stazza (gross tonnage) è una misura di volume ed è calcolata sulla base del metodo proposto nel 1854 da George Moorsom: l'unità di stazza è data da un volume di 100 piedi cubi inglesi detti tonnellate di stazza o di registro ed equivale a 2,831529 m³. Il nome tonnage deriva da tonneau (barile). Il metodo di calcolo è stato unificato a livello internazionale nel 1969.

Il dislocamento è il peso, corrispondente al volume dell'acqua spostata dalla carena di una nave, ed è pari perciò a quello della nave. Il dislocamento si esprime in tonnellate metriche da 1.000 kg ciascuna.

considerevole; l'Italia occupava in questa ideale classifica il quarto posto tra gli utilizzatori di cavi sottomarini [3], come è mostrato nella tabella 1.

Nazione	Estensione in km
Gran Bretagna e Colonie	316.110
Stati Uniti d'America	162.096
Francia	64.823
Italia	24.903
Danimarca	16.549
Olanda e Indie Orientali	13.062
Giappone	11.306
Spagna	6.569
Norvegia	4.315
Germania	3.520
Cina	2.800
U.R.S.S.	1.761
Turchia	675
Grecia	453

Tabella 1 Reti di cavi sottomarini dei principali Paesi nel 1925.

Si passa dalla telegrafia alla telefonia

A cavallo della seconda guerra mondiale cominciarono ad essere impiegati cavi sottomarini telefonici, anche se gli esperimenti della trasmissione del segnale telefonico erano stati avviati molto prima: Jona riferisce in [2] di studi condotti da S.P. Thompson alla fine del secolo scorso, presentati in un Congresso a Chicago per un "cavo da utilizzare per la telefonia oceanica" ma conclude che essa è impiegabile solo su "distanze piccole". Dapprima in effetti questi cavi furono utilizzati per collegamenti brevi o di media lunghezza finché, nel 1956, l'AT&T e il General Post Office posarono il primo cavo telefonico transatlantico. Questo cambiamento nell'impiego dei cavi da telegrafici a telefonici e soprattutto l'impiego di ripetitori sommersi portò a modifiche anche sulle navi posacavi [4]: le navi dovevano consentire di posare non solo i cavi ma anche i ripetitori dei segnali telefonici ad essi giuntati rigidamente che presentavano un diametro diverso; il portante quindi non si presentava più con un diametro costante. Inoltre il problema di giuntare a bordo due tratte di cavo, negli anni si era semplificato.

Così, il 2 aprile 1963 salpò da Amburgo per gli Stati Uniti la nave *Long Lines* di 11.326 tonnellate di stazza, dopo numerose difficoltà incontrate nella realizzazione e sensibili ritardi accumulati per l'approntamento di questa imbarcazione. Essa fu costruita con tre stive per cavi da posare e tre per quelli da utilizzare nelle riparazioni, ed aveva una capacità complessiva di 4.680 m³. La *Long Lines*, pur

avendo una stazza maggiore della *Dominia*, aveva stive per i cavi di dimensioni minori: anzitutto perché si erano ridotte le dimensioni dei cavi e d'altra parte in quanto molti dei problemi legati alla posa di cavi in tratte molto lunghe, come quelle oceaniche, erano stati risolti; cresceva invece l'importanza degli accessori da prevedere a bordo per migliorare la posa.

La *Long Lines* fu impiegata dall'AT&T per numerose attività di posa di cavi telefonici negli Oceani: a cominciare dal TAT-3 che univa il New Jersey (Tuckeston-Stati Uniti) con la Cornovaglia (Widemouth Bay-Gran Bretagna) su una distanza di 3.518 miglia nautiche (6.500 km), con 182 ripetitori bidirezionali e con un nuovo cavo alleggerito (una porzione più ridotta del portante impiegato per realizzare questo collegamento fu posata dalla nave inglese *Alert-4*). Successivamente la *Long Lines* posò nel Pacifico, tra le Hawaii e il Giappone, un cavo lungo 5.282 miglia nautiche (9.800 km) con 276 ripetitori e un secondo collegamento tra le Hawaii (Makaha) e gli Stati Uniti d'America (San Louis Obispo, California) lungo 2.400 miglia nautiche (4.450 km).



La *Long Lines* dell'AT&T che ha posato molti cavi transatlantici negli ultimi decenni (1963).

Molti altri cavi transoceanici furono posati dalla *Long Lines*, come quelli realizzati nell'Atlantico (TAT-4, TAT-5, TAT-6), nel Pacifico e tra il Nord e il Sud dell'America. Questa nave, forse più di altre, confermò quindi che erano stati risolti i problemi che si erano presentati nel passaggio dai cavi telegrafici a quelli telefonici.

La posa: da poppa o da prua?

Una seconda considerazione sull'evoluzione delle navi riguarda la posa: già nel secolo scorso le navi posacavi, specie le più grandi, avevano in genere un sistema per la posa a poppa e un secondo per le riparazioni a prua: è conveniente infatti posare da poppa in quanto le manovre della nave sono più agevoli quando essa avanza, ed effettuare la posa da prua solo per tratte di cavo di lunghezza limitata.

Per posare il cavo in acqua senza danneggiarlo e senza provocare guasti ai ripetitori giuntati su di esso, in passato venivano impiegati argani comandati a vapore e successivamente pilotati da sistemi elettrici o elettro-idraulici. A questo scopo era dapprima utilizzato un tamburo di grandi dimensioni sul quale era avvolto il cavo: esso applicava la tensione sufficiente al portante e, mano mano che la nave avanzava, il tamburo con i dispositivi che ne comandano la regola-

zione faceva in modo che il cavo fosse posato mentre era tenuto sufficientemente teso.

Nel passaggio dai cavi telegrafici a quelli telefonici, che erano coassiali e avevano ripetitori dei segnali, era stato impiegato dapprima un sistema con alcune pulegge (ad esempio cinque), che presentò diversi inconvenienti. Si passò poi a un sistema lineare con pneumatici di gomma che trattenevano il cavo durante la posa in mare. Questo sistema è quello ancora oggi maggiormente impiegato.

Con queste macchine è possibile anche garantire l'imbandito, e cioè la ricchezza nella posa del cavo che permette ad esso di essere tenuto lasco e, quindi, di adattarsi sul fondo del mare senza tensioni meccaniche residue. Questa ricchezza, riferita allo sviluppo in lunghezza del fondo su cui il cavo è posato, è oggi di solito dell'ordine del 3 per mille.

Le macchine lineari consentono quindi la posa dei cavi con un controllo accurato della tensione meccanica del cavo a una velocità della nave che può raggiungere i 6 nodi (circa 11 km/h). La velocità della nave è tenuta costante mentre varia la velocità di posa per permettere al cavo di seguire l'andamento del fondo marino.

Dalla prua si provvede invece di norma a effettuare le operazioni di recupero: in passato si impiegavano a questo scopo tre pulegge con gola a V: esse consentivano di operare separatamente su diverse tratte del cavo. Oggi le pulegge sono due, hanno la cava interna piana ed è possibile agire contemporaneamente su due tratte di cavo. Le macchine utilizzate a prua sono di solito volanti, capaci di applicare ciascuna fino a 40 t di tiro.

Navi recenti, come la *Giulio Verne* della Pirelli, la *Flexservice 3* o la *Cable Innovator*, sembrano delineare un nuovo orientamento per la realizzazione di queste imbarcazioni: per avere la maggior parte del ponte della nave libero, entrambi i sistemi - quello per la posa e quello per il recupero - sono stati spostati a poppa. La nave, oltre ad essere impiegata come posacavi, può quindi essere utilizzata per altri scopi, quali l'assistenza a operazioni effettuate al largo (offshore) e, in particolare, come ausilio in attività legate all'estrazione del petrolio in mare.

La nave è capace di rimaner ferma negli Oceani

Una terza caratteristica di rilievo delle nuove navi posacavi riguarda la possibilità che esse hanno di rimanere ferme anche in alti fondali e in condizioni avverse; questa possibilità di maggior controllo del moto della nave è stata permessa dagli sviluppi tecnologici attuati sulle navi offshore: nella seconda metà degli anni Ottanta è stato infatti possibile approntare navi che, in condizioni avverse (quali, ad esempio, le azioni combinate dovute alla spinta del vento, al movimento ondosso, alle correnti), rimangono ferme o si muovono solo per eseguire gli spostamenti impressi.

I sistemi propulsivi della nave si sono differenziati in questi ultimi anni da quelli convenzionali con la riduzione delle eliche tradizionali all'estremità di linee d'asse longitudinali e con l'introduzione di eliche di spinta (thruster) fisse o azimutali, posizionate ad entrambe le estremità della carena. Il moto della nave,



La Giulio Verne della Pirelli, una delle più grandi navi posacavi oggi in servizio.

assicurato sia da poppa sia da prua in maniera coordinata - attraverso un sistema complesso di gestione elettronica sia delle spinte esterne sia delle reazioni delle eliche di spinta (thruster) - permette quindi di posare i cavi in maniera molto più precisa che in passato.

La nave risponde alle esigenze delle telecomunicazioni

Un'ultima caratteristica di rilievo delle navi per la posa di cavi per le telecomunicazioni riguarda le attrezzature: sono predisposti anzitutto i dispositivi che permettono la giunzione dei cavi, particolarmente complessa in quelli sottomarini, in quanto i giunti, rispetto a quelli impiegati per i cavi terrestri, devono garantire al portante l'impermeabilità, la resistenza meccanica alle profondità marine e la resistenza alla trazione, che risulta elevata nel corso della posa.

Inoltre, diversamente da quanto accade per i cavi terrestri, non è infrequente la richiesta di giuntare cavi differenti, prodotti da fornitori diversi. Per ridurre quest'ultima difficoltà è stata di recente introdotta una giunzione universale (Universal Joint) che ha avuto successo e che oggi è sempre più largamente impiegata.

Sulla nave sono anche presenti apparecchiature convenzionali per misure elettriche sui cavi ottici (ad esempio l'*OTDR - Optical Time Domain Reflectometer*). A bordo infine è installato anche un terminale di linea semplificato che serve a verificare la funzionalità del collegamento nel corso dell'installazione di un collegamento ottico sottomarino.

Nel riquadro di pagina 18, sono mostrate le foto e le caratteristiche principali di alcune tra le più moderne navi posacavi.

Le navi posacavi italiane

Dai primi anni che sono stati posati cavi sottomarini, sono state impiegate navi posacavi con la bandiera del nostro Paese anche se in numero limitato: la prima nave italiana *Città di Milano 1* fu fatta costruire dalla Pirelli in Inghilterra e fu varata nel 1887. Fino a quel momento per la posa dei cavi telegrafici italiani erano state impiegate navi principalmente inglesi in quanto la Gran Bretagna, con le navi posacavi, cercava di conservare il monopolio della fabbricazione e della posa dei cavi sottomarini.

Nel 1886 il Governo italiano aveva approvato un programma di un certo rilievo per la posa di cavi sottomarini telegrafici: aveva infatti deciso di collegare le isole maggiori e buona parte di quelle minori, alla terraferma e aveva firmato una convenzione ventennale con la Pirelli per la realizzazione e la manutenzione dei diversi cavi posati. Il compenso annuo per la manutenzione era di 300 lire al chilometro (il governo italiano pagava allora circa 500 lire al chilometro a una società inglese per i collegamenti

Orbetello-Sardegna e Lipari-Milazzo). La nave presentava le caratteristiche riportate nella tabella 2.

La nave aveva tre vasche che potevano contenere

<i>Caratteristiche tecniche</i>	
lunghezza	70 m
larghezza	9,75 m
immersione	5,15 m
puntale al ponte superiore	7,30 m
stazza lorda	1.247 TSL
stazza netta	720 TSL
motore a due cilindri compound	1.000 i.h.p.
velocità normale	11 nodi

Tabella 2 *Caratteristiche della nave Città di Milano 1.*

ACCESSORI CHE "ARRICCHISCONO" LA DOTAZIONE DI UNA NAVE: L'ARATRO E IL ROV

Una caratteristica importante delle navi più recenti riguarda gli accessori su esse presenti: negli anni Settanta interrare il cavo - e non poggiarlo sul fondo - per evitare danni causati in particolare dalla pesca a strascico o dall'errata manovra di ancoraggio delle navi, era considerato solo un provvedimento dettato dalla prudenza. Successivamente questa esigenza è divenuta una necessità, e a questo scopo sono presenti sulle navi posacavi più recenti uno o due dispositivi: l'aratro e il ROV (*Remotely Operated Vehicle*).

Quando il fondo marino è arabile, e cioè quando esso è sabbioso o fangoso, conviene interrare il cavo durante la posa per evitare che esso sia danneggiato, specie nei mari nei quali è frequente la pesca a strascico. A questo scopo può essere impiegato un aratro fino a profondità di circa 1.000 m. L'aratro è trainato dalla nave tramite un cavo di acciaio e la posa del cavo è contemporanea alla esecuzione del solco sul fondo marino; lo scavo è effettuato da un vomere costituito da una lama di un certo spessore che serve a creare un taglio sufficiente ad allocare il cavo; il solco può raggiungere anche una profondità di un metro. Dopo la posa del cavo l'aratro provvede a ricoprire il solco.

Questo sistema consente di posare un cavo a una velocità che può raggiungere 1 km/h e può essere impiegato su una larga porzione di un collegamento: ad esempio, nella posa recente del cavo tra Bari e Durazzo di 240 km circa, il cavo è stato interrato per 40 km da un lato e per 45 km dall'altro a partire dalle coste.

Con alcuni telecomandi predisposti a bordo della nave è possibile modificare l'assetto dell'aratro e compensare eventuali dislivelli longitudinali e trasversali del fondo marino. L'aratro è completato da un sonar, che serve a individuare, e quindi a evitare, eventuali ostacoli che possono essere presenti sul fondo marino, e da una serie di telecamere, che consentono di seguire da bordo l'attività dell'aratro.

Lo sviluppo dei ROV è, in qualche modo, complementare a quello dell'aratro: il ROV è utilizzato sia per le riparazioni, sia per l'interramento dei cavi a profondità



L'aratro impiegato sulla Telri per interrare un cavo sul fondo del mare.



La nave Città di Milano 1 a vela e a vapore della Pirelli (1887).

fino a 400 km di cavo per alti fondali.

Nel giugno 1887 la *Città di Milano 1* eseguì i primi lavori, riparando il cavo Otranto-Valona. Successivamente con questa nave furono posati il cavo Tremiti-Montemileto e successivamente quelli Mazara-Pantelleria; Lipari-Vulcano; Lipari-Panarea; Panarea-Stromboli; nell'ottobre furono realizzati i collegamenti Livorno-Gorgona e Giglio-Monte Argentario; nel

dicembre fu realizzato il Napoli-Ustica-Palermo, che attraversava il Mediterraneo a profondità di 3.700 m. Nel giugno 1888 la Pirelli si aggiudicò la gara per la posa del cavo Javea (Spagna)-Ibiza (Isole Baleari) di 100 km.

Nell'ottobre 1890, la *Città di Milano 1* realizzò anche sette collegamenti per complessivi 620 km tra la Spagna e il Marocco e tra la Spagna e Tangeri, all'epoca porto franco per il commercio europeo. Il collegamento con Tangeri era particolarmente difficoltoso, perché attraversava lo stretto di Gibilterra, che presenta un fondo roccioso, tagliente e con correnti sottomarine che raggiungono velocità anche di 4 miglia all'ora.

Il numero dei guasti dei cavi posati, e quindi delle riparazioni, in cui fu impegnata la nave risultò assai modesto; questi guasti furono causati da errate manovre di ancoraggio di altre navi; da un mollusco lamelli-branche parassita, la teredine (verme del legno), che rodeva la guttaperca; in un caso particolare, da un pesce-cane che addentò il cavo forandolo fino all'anima e, anche, da una eruzione vulcanica sottomarina tra Panarea e Stromboli.

Non si elencano qui gli altri collegamenti realizzati

superiori a quelle in cui è possibile adoperare l'aratro (normalmente a più di 1.000 m) e dove si effettua ancora la pesca a strascico, permessa anche a 1.500 m di profondità, sia anche per interrare cavi già posati per i quali si presentino o si teme che possano presentarsi danneggiamenti da cause esterne.

I ROV sono robot flottanti nel mare e collegati con un cavo ombelicale alla nave: attraverso questo cavo passa la corrente continua ad alta tensione per l'alimentazione dei gruppi di potenza del ROV. Nello stesso cavo passano tutti i comandi necessari al controllo del veicolo e il segnale proveniente dalle telecamere. I ROV hanno alcuni ugelli dai quali è inviata acqua ad alta pressione (80-100 bar) per rompere lo strato superficiale del fondo marino; successivamente con una portata di acqua molto maggiore ma con una pressione sensibilmente più bassa (4-5 bar) si allarga la traccia della trincea nella quale viene posato il cavo. Allo stesso tempo, nel corso delle riparazioni, il ROV può rimuovere il materiale che copre un cavo interrato sul fondo marino.

Il ROV riesce a interrare il cavo da 30 cm a 1 m; il peso è di circa 7 t (fuori dall'acqua) ed esso opera per l'interro con una velocità di circa 150 m/h.

L'equipaggiamento del ROV è completato da due bracci prensili ai quali possono essere applicati diversi attrezzi per tagliare, agganciare e consentire di riportare in superficie un cavo per una riparazione.

Per localizzare e poi seguire il percorso di un cavo sommerso si utilizza, laddove possibile, la tecnica dell'electroding, che consiste nell'invio di un segnale a 25 Hz dalla stazione terminale: questo segnale può essere rilevato dal ROV mediante appositi sensori. Se l'electroding non può essere impiegato (quando, ad esempio, si è molto distanti dalla stazione terminale) si può localizzare il cavo con un magnetometro, in grado di rivelare la presenza di metalli.

Le due tecniche si differenziano nelle prestazioni in quanto l'electroding consente un "tracking" (inseguimento) molto più efficace, quattro o cinque volte migliore.



Il robot Remote Operated Vehicle sulla Teliri impiegato anche a grandi profondità marine, superiori a 1000 m, per l'interramento o per la riparazione di cavi in esercizio.

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DI ALCUNE TRA LE PIÙ MODERNE NAVI POSACAVI



Nazionalità CANADA
 Nome JOHN CABOT
 Porto HALIFAX, NUOVA SCOZIA
 Operatore COASTGUARD/TELEGLOBE MARINE
 Scopo POSA E RIPARAZIONE
 Capacità di cavo 800 TONS
 Note DISPONIBILITÀ DELL'ARATRO



Nazionalità FINLANDIA
 Nome TELEPATTI
 Porto TURKU
 Operatore TELECOM FINLAND
 Scopo RIPARAZIONE
 Capacità di cavo 1300 TONS
 Note DISPONIBILITÀ DELL'ARATRO E DEL ROV



FRANCIA
 VERCORS
 BREST
 FRANCE TÉLÉCOM
 POSA
 6000 TONS
 DISPONIBILITÀ DELL'ARATRO



Nazionalità FRANCIA
 Nome LÉON THÉVENIN
 Porto BREST
 Operatore FRANCE TÉLÉCOM
 Scopo POSA E RIPARAZIONE
 Capacità di cavo 1000 TONS
 Note DISPONIBILITÀ DEL ROV



GIAPPONE
 KDD MARU
 YOKOAMA
 KOKUSAI DENSHIN DENWA
 POSA E RIPARAZIONE
 2700 TONS
 DISPONIBILITÀ DELL'ARATRO



Nazionalità GIAPPONE
 Nome KUROSHIO MARU
 Porto YOKOAMA
 Operatore NTT
 Scopo POSA E RIPARAZIONE
 Capacità di cavo 1200 TONS
 Note DISPONIBILITÀ DELL'ARATRO



GRAN BRETAGNA
 CABLE INNOVATOR
 SOUTHAMPTON
 CABLE & WIRELESS MARINE
 POSA
 7500 TONS
 DISPONIBILITÀ DELL'ARATRO E DEL ROV



Nazionalità GRAN BRETAGNA
 Nome NEXUS
 Porto SOUTHAMPTON
 Operatore COEMETCALF/CABLE & WIRELESS MARINE
 Scopo POSA
 Capacità di cavo 7600 TONS
 Note DISPONIBILITÀ DELL'ARATRO



GRAN BRETAGNA
 MONARCH
 SOUTHAMPTON
 CABLE & WIRELESS MARINE
 RIPARAZIONE
 500 TONS
 DISPONIBILITÀ DEL ROV



Nazionalità GRAN BRETAGNA
 Nome SOVEREIGN
 Porto SOUTHAMPTON
 Operatore BRITISH TELECOM/CABLE & WIRELESS MARINE
 Scopo RIPARAZIONE
 Capacità di cavo 6300 TONS
 Note DISPONIBILITÀ DEL ROV



STATI UNITI
 GLOBAL SENTINEL
 SEATTLE, WASHINGTON
 AT&T
 POSA E RIPARAZIONE
 6098 TONS
 DISPONIBILITÀ DELL'ARATRO



Nazionalità PAESI BASSI
 Nome DOCK EXPRESS 20
 Porto ROTTERDAM
 Operatore DOCK EXPRESS/AT&T
 Scopo POSA
 Capacità di cavo 11100 TONS
 Note DISPONIBILITÀ DELL'ARATRO



SINGAPORE
 ASEAN RESTORER
 SINGAPORE
 ICPL/ACPL
 POSA E RIPARAZIONE
 2100 TONS
 DISPONIBILITÀ DELL'ARATRO E DEL ROV



Nazionalità DANIMARCA
 Nome MAERSK FIGHTER
 Porto NON PRECISATO
 Operatore TELEKOM DENMARK MARINEE
 Scopo POSA
 Capacità di cavo NON PRECISATA
 Note DISPONIBILITÀ DELL'ARATRO



SVEZIA
 PLEIJEL
 SVEZIA
 TELEVERKET
 RIPARAZIONE
 1100 TONS

RILEVAZIONE DEL TRACCIATO DI POSA

Nella posa dei cavi è importante conoscere: 1) la natura e la profondità del fondo marino per scegliere il miglior tracciato da far seguire al cavo; 2) l'imbandito (e cioè la ricchezza) da assicurare nella posa, variabile a seconda che il fondo sia pianeggiante, in salita o in discesa per non causare tensioni meccaniche nel cavo; 3) la consistenza degli strati superficiali del fondo (in genere per lo spessore di 2 m di profondità).

L'esigenza di conoscere le caratteristiche del fondo marino non nasce con le navi posacavi ma è stata già avvertita in tempi molto lontani: infatti la navigazione comune sentì sin dall'antichità la necessità di scandagliare il fondo marino per conoscerlo meglio. Tuttavia allora non si avvertiva l'esigenza di valutare le grandi profondità ma solo di misurare le zone poco al di sotto del pelo dell'acqua per evitare che le navi si incagliassero sul fondo. Già Aristotele parla delle diverse profondità marine e il pensatore e scienziato greco Posidonio, un secolo prima di Cristo, si occupò delle profondità oceaniche e citò uno scandaglio eseguito al largo della Sardegna in circa mille punti. Nel secolo Quindicesimo Nicola Cusano faceva cadere sul fondo del mare un peso al quale era collegata una sfera galleggiante. Quando il peso toccava il fondo, la sfera si sganciava e risaliva a galla. Dal tempo impiegato nella discesa e nella salita si ricavava la profondità del mare.

Il sistema più usato però nell'Ottocento era la sagola, un filo di canapa catramato a cui era legato un peso di piombo. Dalla lunghezza del filo immerso si valutava la profondità del mare in quel punto [2]. Nel 1870 William Thomson sostituì alla sagola un filo di acciaio di pianoforte (di circa 0,7 mm di diametro e del peso di 3,5 kg/km). Questo filo, presentando una sezione molto piccola e una superficie liscia, fu in pratica adottato da tutte le navi posacavi fino agli anni Cinquanta. Un altro sistema adoperato negli stessi anni era il tubo Kelvin che dalla compressione di aria contenuta in un bulbo a tenuta, risaliva al valore (approssimato) della pressione dell'acqua e quindi alla profondità del fondo. Con questi sistemi tuttavia si poteva valutare la profondità solo in un numero limitato di punti del percorso seguito dal cavo.

Le ricerche oceanografiche avviate dopo gli anni Cinquanta hanno permesso di fare sensibili progressi sulla conoscenza del fondo marino. Oggi si utilizzano moderni sistemi di tipo sonar che sono presenti anche sulla nave *Teliri*, come descritto nell'articolo pubblicato su questo stesso numero [6].



Posa di un cavo in prossimità della costa.

Con dispositivi "multibeam echo sounders" (ecoscandaglio multifascio) che operano a frequenze relativamente basse, ad esempio di 13 kHz, è possibile avere misure della profondità dell'acqua con una accuratezza tipica dello 0,25 per cento sull'intero percorso e costruire una mappa del fondo marino legata alla longitudine e alla latitudine di ciascun'area esplorata.

Un altro parametro di rilievo dell'ecoscandaglio è la risoluzione della traccia che risulta essere di 60 cm nelle acque basse fino a diventare di 2,4 m in quelle più profonde: all'interno di queste strisce non è possibile conoscere dati di dettaglio; ma per la posa di un cavo questi valori sono largamente accettabili.

Questa strumentazione, assieme agli altri apparati quali il Side Scan Sonar e il Sub Bottom Profile [6], permettono quindi in fase di progettazione del percorso di un nuovo collegamento sottomarino di individuare la morfologia e la natura del sottofondo marino, di valutare la possibilità di interrimento dei portanti e quindi di scegliere il miglior percorso di posa per il cavo. La possibilità di conoscere con alta precisione il fondo marino è oggi quindi divenuta una realtà.

con questa nave che raggiunsero complessivamente la lunghezza di oltre 6.000 km. Purtroppo la *Città di Milano 1* andò a fondo il 16 giugno 1919 dopo aver urtato contro uno scoglio al largo delle coste dell'isola di Filicudi nelle Eolie e a causa dello scoppio successivo della caldaia della nave. Persero la vita Emanuele Iona della Pirelli (autore del testo citato in [2]), che tanto aveva contribuito alle innovazioni legate alla progettazione dei cavi sottomarini e alle attività di posa, l'ing. Brunelli, Ispettore Generale Tecnico del Ministero PT, assieme a ventisei degli ottantacinque uomini dell'equipaggio [3].

La nave *Città di Milano 2* fu poi ceduta dalla Germania alla Regia Marina Italiana nel 1919 come compenso per i danni causati dalla prima guerra mondiale. Costruita da F. Schichan & Company nei cantieri di Danzica, era entrata in servizio nel gennaio 1906 e aveva una velocità massima di 12 nodi (22 km/h). Le sue caratteristiche più importanti sono elencate nella tabella 3. Le tre vasche della nave avevano una capacità complessiva di 850 metri cubi.

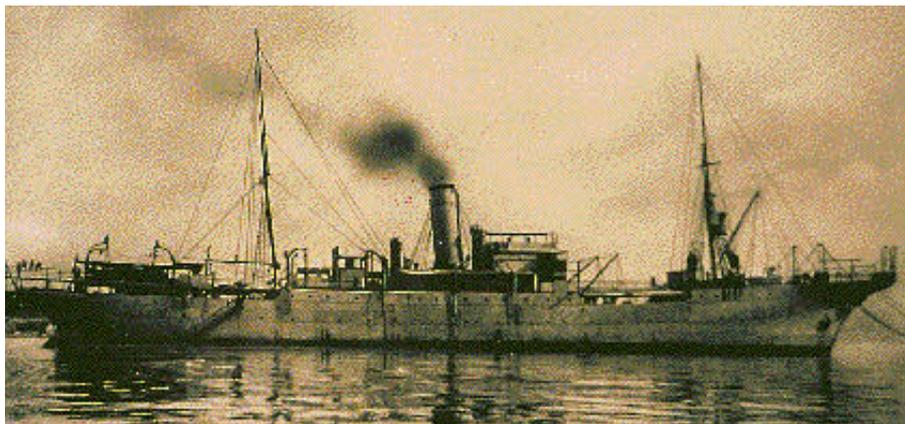
Caratteristiche tecniche

lunghezza	92 m
larghezza	13 m
altezza	8 m
stazza	2.691 TSL

Tabella 3 Caratteristiche tecniche della nave *Città di Milano 2*.

La *Città di Milano 2*, della Marina Militare Italiana, aveva a bordo personale tecnico della Pirelli; venne impiegata per realizzare numerosi collegamenti con cavi telegrafici quali l'Anzio-Malaga di 1.005 miglia nautiche (1.860 km); il Malaga-Las Palmas nelle Canarie di 870 miglia nautiche (1.610 km); il Las Palmas-Isola di Capo Verde di 963 miglia nautiche (1.790 km). La nave fu adoperata spesso in attività di riparazione e seguì, anche, fino al Mare Glaciale Artico la spedizione al Polo Nord di Umberto Nobile.

La *Città di Milano 2* sarebbe dovuta ritornare in Germania nel 1943 per essere restituita ai precedenti proprietari tedeschi, ma fu affondata il 18 settembre 1943 nel porto di Savona ad opera degli ufficiali



La *Città di Milano 2*: operò con la bandiera italiana dal 1919 al 1943.

della Marina Italiana che la comandavano per sottrarla alla cattura dei tedeschi.

Due altre navi costruite in Italia, entrambe chiamate *Giasone*, avevano caratteristiche simili: erano imbarcazioni che, oltre a posare cavi, potevano essere impiegate per altri scopi come, ad esempio, per recuperi in mare o come rimorchiatori.

La prima delle due, costruita nel 1929 dalla Breda di Marghera, affondò il 4 ottobre 1940 nel tratto Trapani-Pantelleria dopo aver urtato contro una mina.

La seconda nave, costruita nel 1941 dall'Ansaldo di Genova, fu presa dai francesi in conto danni di guerra alla fine del secondo conflitto mondiale, cambiò nome in *D'Arsonval* e operò a Brest per il P.T.T. francese fino al 1964.

La velocità massima raggiungibile da entrambe le navi era di circa 16 nodi (29 km/h).

La nave *Rampino*, costruita come nave per la pesca a strascico nel 1922 ad Amburgo, fu acquistata dalla Marina Militare Italiana nel 1942 e fu convertita in una nave posacavi. Dopo dieci anni di servizio fu nuovamente modificata come nave di appoggio per i fari.

La nave *Salernum* fu costruita nel 1954 presso i Cantieri di Castellammare di Stabia ed era di proprietà della Compagnia Italiana Navi Cablografiche, sussidiaria della Società Fratelli d'Amico Armatori. Essa fu spesso noleggiata dall'ASST, dal Ministero P.T., dall'Italcable e fu anche impiegata per ricerche oceanografiche. In tre vasche poteva contenere fino a 850 metri cubi di cavo. Fu adoperata per numerose operazioni di posa, in prevalenza natural-

	Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Profondità (m)	Dislocamento (t)	Velocità (nodi)
<i>Giasone 1</i>	75,3	10,3	3,9	1.558	16
<i>Giasone 2</i>	77	10,1	3,9	1.715	15
<i>Rampino</i>	47	7,4	3,6	654	9
<i>Salernum</i>	104	12,6	5,5	2.789*	17

* Il dislocamento della *Salernum* non è noto e il valore indicato riguarda la stazza.

Tabella 4 Principali caratteristiche tecniche di alcune navi italiane.

mente per collegamenti in partenza dall'Italia, ma anche, ad esempio, tra la Germania e la Svezia. Successivamente fu venduta nel 1985 all'AT&T che la chiamò *Charlie Brown* e la trasferì nelle Hawaii per riparazioni di cavi sottomarini.

Le principali caratteristiche di queste navi sono elencate nella tabella 4.

Dal 1986 infine la Società Cavi Pirelli opera con la nave *Giulio Verne* che è stata acquistata nel 1994 [5]: questa nave, costruita nel 1984 e tra le più grandi posacavi oggi in servizio ed è stata già adoperata per la posa di circa 7.000 km di cavi sommersi elettrici e telefonici. Le caratteristiche della nave sono riportate nella tabella 5.



La nave Salernum: posò cavi per i gestori di TLC italiani dal 1954 al 1985.

Caratteristiche tecniche	
lunghezza	128 m
larghezza	30,5 m
dislocamento a pieno carico di cavo	16.900 t
stazza	10.300 TSL
capacità di carico	8.000 t
velocità massima	10 nodi
propulsione	4 thrusters azimutali x 1.275 KW

Tabella 5 Caratteristiche principali della nave *Giulio Verne*.

La nave ha anche un sistema di "posizionamento dinamico" che permette ad essa di posare il cavo con alta precisione, dell'ordine di metri, rispetto alla rotta definita per l'installazione del cavo in base alle analisi del fondo effettuate in precedenza.

Lo scafo della *Giulio Verne* presenta una limitata immersione, anche a pieno carico, in modo da consentire alla nave di operare in acque poco profonde, in prossimità della costa. I cavi sono posati con una macchina lineare installata a poppa, mediante due pulegge del diametro di 6 m montate in parallelo all'estremo della poppa. Per posare i cavi elettrici ad altissima tensione (500 KV), che hanno grandi dimensioni, è stata installata sulla nave una piattaforma rotante con capacità di 7.000 t che consente di evitare torsioni al cavo nel corso della posa.

La storia delle navi italiane non si ferma qui: la più recente è la *Teliri*, della Elettra, società di Telecom Italia, le cui caratteristiche sono presentate nell'articolo pubblicato qui di seguito nello stesso numero del *Notiziario Tecnico* [6].

Conclusioni

Le navi per la posa dei cavi sottomarini sono un elemento vivo: esse hanno subito, specie in questi ultimi tempi, numerose modifiche e miglioramenti tecnologici. In particolare è apparso sempre più necessario che esse fossero in grado di garantire: l'ese-

cuzione di un preciso esame della rotta di posa del cavo, l'interro nelle zone sabbiose, l'accortezza nella predisposizione dei giunti tra le diverse pezzature; la scelta del migliore imbando nella posa.

L'introduzione di queste caratteristiche, che oggi possono essere ottenute in maniera automatizzata con software di tipo evoluto, garantisce una qualità (ed una disponibilità) dei collegamenti in cavo sottomarino assai più elevata di quella consentita in passato e anche di quella rilevata sui collegamenti terrestri.

Diventa quindi sempre più importante disporre di navi molto moderne che abbiano a bordo sistemi e attrezzature di tipo avanzato. Questa esigenza, come sarà chiarito nell'articolo successivo [6], è stata tenuta presente nella realizzazione della *Teliri*.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano la Pirelli per aver messo a disposizione documenti e foto del proprio archivio storico e Alasdair Wilkie per aver fornito le caratteristiche e le foto delle navi posacavi moderne riportate nei riquadri delle pagine 18 e 19.

La biografia degli autori è riportata a pagina 27.

Bibliografia

- [1] Haigh, K.R.: *Cableships and Submarine Cables*. Second Edition, Bowman-Rocastle, Caxton Hill, Hertford, Herts, 1978.
- [2] Jona, E.: *Cavi telegrafici sottomarini*. Ulrico Hoepli, Milano, 1896.
- [3] Antinori, A.: *Le telecomunicazioni italiane 1861-1961*. Edizioni dell'Ateneo, Roma, 1963.
- [4] Bonavoglia, L.: *Le Telecomunicazioni in Italia e il Museo della Sirti*. Bariletti Editori, Roma, 1992.
- [5] Catania, B.; Rudilosso, C.; Vago, A.; Occhini, E.; Olivari, A.; Bellato, L.; Moro, P.; Cascelli, S.; Guglielmucci, M.; Lattanzi, L.; Rosa, P.; Vighi, A.: *I festoni - Rete sottomarina italiana a 565 Mbit/s in fibra ottica senza ripetitori*. Edizione MARISTEL, Milano, 1991.
- [6] Coluccia, C.; Ridolfi, A.; Rubino, E.: *Teliri, una nave all'avanguardia nella tecnologia*. Su questo stesso numero del «Notiziario Tecnico Telecom Italia».

Navi posacavi

Teliri, una nave all'avanguardia nella tecnologia

CARLO COLUCCIA
ANDREA RIDOLFI
ELIO RUBINO

L'articolo presenta le principali caratteristiche della nuova nave posacavi Italiana, la Teliri. Questa nave è equipaggiata con le più moderne attrezzature di posa, l'aratro e il ROV, e con apparati, scelti fra quelli più avanzati oggi offerti sul mercato internazionale, che consentono di effettuare campagne di scandaglio oceanografiche fino alle massime profondità marine. Particolari pacchetti software e database sono disponibili a bordo della nave in modo da garantire l'aggiornamento in tempo reale delle informazioni riguardanti la rete realizzata, o in via di installazione, con i cavi telefonici sottomarini nel Mediterraneo.

1. Introduzione

La nuova nave posacavi *Teliri*, della Elettra TLC S.p.A., società appartenente al Gruppo Telecom Italia è stata consegnata nel marzo 1996: questa nave moderna, progettata per effettuare l'installazione di nuovi sistemi sottomarini e la riparazione di sistemi in servizio, continua a mantenere viva la tradizione italiana nel campo delle navi posacavi e, più in generale, in tutte le attività legate alla realizzazione di collegamenti telefonici subacquei.

La *Teliri* è attrezzata con i più moderni apparati disponibili sul mercato per le operazioni di posa, protezione e manutenzione dei cavi: attrezzature di posa, un aratro, un *ROV (Remotely Operated Vehicle)*, che è un veicolo sottomarino telecomandato a distanza. Essa è equipaggiata anche con un ecoscandaglio multifascio montato a chiglia e con un sistema di rilevamento dello strato superficiale del fondo marino: con questi strumenti possono essere effettuate precise e accurate campagne di scandaglio.

La nave *Teliri* consente quindi di eseguire tutte le attività marine riguardanti la vita di un cavo sottomarino: a partire dalla rilevazione del tracciato di posa (survey), passando poi a quelle relative all'installazione, alla protezione e alla riparazione dei cavi.

L'articolo riporta alcuni tra gli aspetti di maggior rilievo della nave e fornisce informazioni riguardo alle prime attività effettuate (survey, posa, riparazione e lavori di adeguamento).

2. Principali caratteristiche

Le principali caratteristiche della *Teliri* sono riportate nella tabella 1. Sulla nave può anche atterrare un elicottero con dimensioni quali quelle che presenta il velivolo Bell 212.

L'impianto di propulsione della nave è stato

progettato per permettere una regolazione fine della velocità sulla base delle normali velocità di posa che variano indicativamente sino a 6 nodi.

1. Informazioni generali	
Bandiera	italiana
Anno di costruzione	1996
Nominativo internazionale	IBBT
Porto base	Catania
2. Dimensioni (m)	
Lunghezza fuori tutto	111,5
Lunghezza fra perpendicolari	95,0
Larghezza	19,0
Altezza	12,5
Immersione di progetto (in riparazione)	5,8
Immersione massima (in posa)	6,5
3. Velocità (nodi)	
Alla immersione di progetto	6,5
Alla immersione massima	15,8
4. Capacità di posa di cavo	
Carico massimo di cavo	2.500 t
Numero di vasche	3
Vasca #1 (Ø 10,0 m)	430 m ³
Vasche #2 e #3 (Ø 13,0 m ciascuna)	750 m ³
Numero di vasche ausiliarie	2
Volume delle vasche ausiliarie (ciascuna)	60 m ³

Tabella 1 *Principali caratteristiche della nave posacavi Teliri.*

3. Dispositivi per l'interramento dei cavi

A bordo della *Teliri* sono disponibili un aratro ed un veicolo sottomarino comandato a distanza, il ROV, che permettono alla nave di realizzare tutte le attività di protezione tipiche per l'installazione e per la manutenzione della rete in cavi telefonici sommersi. Le caratteristiche generali e funzionali di queste attrezzature sono descritte in un altro articolo pubblicato su questo stesso numero [1].

L'aratro è prodotto dalla SMD e le principali caratteristiche da esso presentate sono riportate nella tabella 2.

Descrizione	Prestazioni
Profondità operativa	1.500 m
Profondità di interrimento	110 cm
Velocità media di interrimento	1.000 m/h
Manovrabilità	± 12°
Diametro massimo del cavo	140 mm
Larghezza max del ripetitore	380 mm

Tabella 2 Caratteristiche dell'aratro.

La velocità di traino dell'aratro dipende naturalmente dalle caratteristiche del fondo marino e dalle condizioni meteomarine di lavoro: in condizioni ottimali possono essere raggiunti anche i 3 km/h. Per poter mettere a mare e recuperare l'aratro sottomarino, la nave ha a bordo un dispositivo tipo A-Frame da 35 T prodotto dalla SMD.

Il ROV è invece impiegato per interrare in un secondo tempo portanti già posati *PLB (Post Lay Burial)* che presentano un elevato tasso di guasto dovuto a cause esterne, quali gli strappi o i danneggiamenti causati dalle reti della pesca a strascico, ovvero per ispezionare cavi già posati *PLI (Post Lay Inspection)*. Esso è utilizzato anche per interrare cavi a profondità superiori a 1.000 m. Le principali caratteristiche del ROV utilizzato dalla *Teliri* sono riportate nella tabella 3.

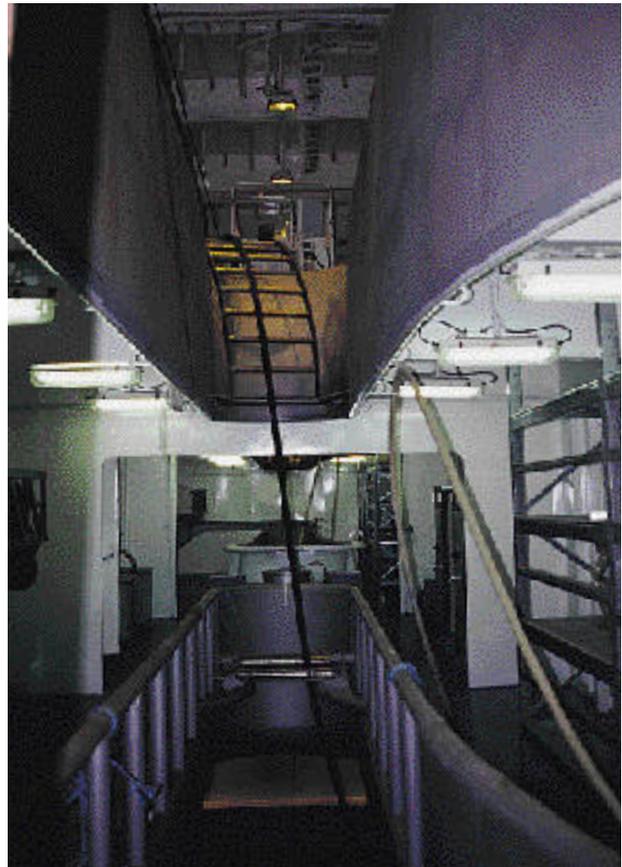
Descrizione	Prestazioni
Durezza del suolo	fino a 100 KPa
Profondità di interrimento	120 cm
Velocità media di interrimento	150 m/h
Diametro del cavo	12,5÷350 mm
Massima profondità di lavoro	a 2.000 m

Tabella 3 Prestazioni del ROV utilizzato dalla *Teliri*.

4. Apparati di scandaglio

La *Teliri* è in grado di effettuare campagne oceanografiche mediante alcuni apparati presenti a bordo.

Ecoscandaglio multifascio, le funzioni di questo apparato sono state già indicate nell'articolo [1]; esso è del tipo SIMRAD EM950/EM12S, montato a chiglia, con terminali in sala "Survey". Il sistema EM950 lavora da 20 m fino a 300 m di profondità con una copertura fino a 7,4 volte della colonna d'acqua; il sistema EM12 lavora da circa 20 m sotto la superficie del mare fino alle massime profondità oceaniche con una copertura fino a 3,5 volte la colonna d'acqua.



Prelievo dei cavi dalle vasche.

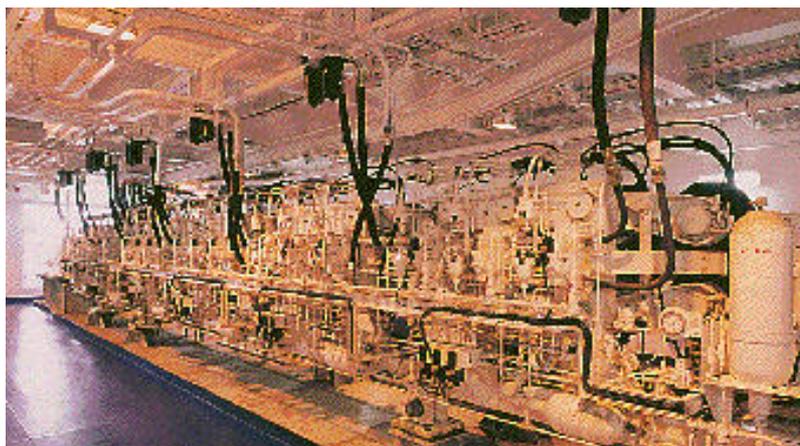
Side Scan Sonar è uno strumento trainato dalla nave e utilizzato per rilevare la morfologia del fondo marino. Esso è del tipo MESOTECH MS992 e può operare fino a 1.000 m di profondità.

Sub Bottom Profiler è un sistema analizzatore degli strati superficiali del fondo marino. È del tipo SIMRAD TOPAS PS018 ed è impiegato da 20 m fino alle massime profondità.

5. Sistema di posizionamento dinamico della nave

La nave è equipaggiata con un sistema di posizionamento dinamico completamente duplicato tipo SIMRAD ADP 702 e può operare in condizioni

meteomarine equivalenti al quinto livello della scala Beaufort, e quindi: con vento di 11 m/s; con correnti marine di 0,5 m/s; con un'altezza d'onda significativa dell'ordine dei 2 m. Il sistema di posizionamento dinamico DP (*Dynamic Positioning*) riceve le informazioni da un indicatore di spostamento relativo (*Vertical Taut Wire*), da un sistema di posizionamento satellitare differenziale DGPS (*Differential Global Positioning System*), da sistemi Artemis/Syledis e da apparati acustici.



Macchina lineare per la posa da poppa dei cavi installata sulla *Teliri*.

6. Portata e capacità

La portata massima della nave dipende dalla particolare operazione che essa deve svolgere, e dunque dalle quantità di cavo caricato a bordo, dagli specifici attrezzi e dalle apparecchiature impiegate per l'operazione programmata.

Un esempio di portata della *Teliri*, relativo ad un'operazione di posa di 2.500 t di cavo, è mostrato nella tabella 4.

<i>Sistemi a bordo</i>	(t)
Cavi sottomarini	2.500
Boe, ripetitori, funi, cime, catene, etc.	160
Acqua potabile	150
Olio lubrificante	50
Combustibile	480
Equipaggio	10
Viveri	15
Varie (incluse le attrezzature per la posa)	34
Carburante per l'elicottero	1
Portata totale	3.400

Tabella 4 Esempio della portata della *Teliri* con 6,5 m di immersione.

7. Macchine di posa presenti a bordo

7.1 Macchina a tamburo

Due macchine, ciascuna delle quali ha un diametro di 4 m ed è mossa da 3 motori elettrici a corrente continua, sono poste nella parte anteriore della nave e sono impiegate in genere solo per operazioni di riparazione, sebbene esse possano essere usate anche per la posa.

Le macchine a tamburo contengono trasduttori per la misura della tensione, della lunghezza del cavo da essa posato e della velocità di posa.

Nella tabella 5 sono riportate le prestazioni di ciascuna delle due macchine.

<i>Salpatura</i>	
carico massimo	45 t a 1,0 nodi
velocità massima	5 nodi alla tensione di 8 t
<i>Filatura</i>	
carico massimo	45 t a 1,15 nodi
velocità massima	6 nodi alla tensione di 8,6 t

Tabella 5 Prestazioni della macchina a tamburo della *Teliri*.

7.2 Macchina di posa lineare poppiera con 18 coppie di ruote

La macchina lineare di posa poppiera LCE (*Linear Cable Engine*) è costituita sostanzialmente dai seguenti componenti base: LCE con diciotto coppie di ruote; un generatore di potenza idraulico; un modulo di raffreddamento; una "consolle" di controllo.

La potenza idraulica è ricavata da un generatore comandato da un motore elettrico ed è fornita al LCE in modo da guidare le coppie di ruote opposte e da consentire la salpatura o la filatura del cavo.

La macchina può lavorare in due modi differenti:

- Posa:** questa modalità è spesso definita come "Frenatura Dinamica" ed è quella più comunemente adoperata. Nella posa, la rotazione delle ruote nella direzione fuoribordo è determinata dal peso della catenaria del cavo sospesa in mare. In questo caso i motori idraulici agiscono come pompe e generano un flusso che passa negli scambiatori di calore. La pressione è proporzionale alla tensione nel cavo ed è controllata dalla consolle di bordo. La velocità di posa del cavo è controllata dalla velocità della nave. La potenza generata durante questa modalità di funzionamento è dissipata negli scambiatori posti nel modulo di raffreddamento.
- Salpatura:** nelle condizioni di salpatura i motori

idraulici ruotano in direzione entro bordo. La velocità della salpatura del cavo è regolata mediante il controllo del flusso idraulico dalle pompe primarie. La massima tensione di salpatura è stabilita mediante la consolle di controllo, limitando la pressione di uscita dalle pompe. L'escursione velocità/tensione meccanica della macchina poppiera è realizzata mediante una opportuna configurazione del numero di ruote impiegate.

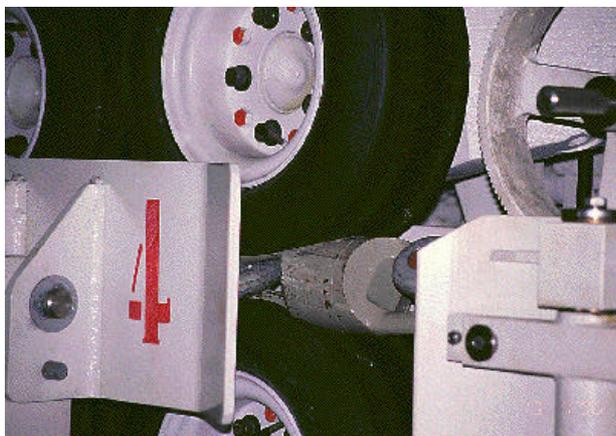
La tabella 6 riassume le prestazioni ottenibili dal LCE. L'apparecchiatura è stata realizzata per effettuare le operazioni di posa continuativamente su base giornaliera. È da notare che le prestazioni, che riguardano la tensione, dipendono dal coefficiente di attrito fra le ruote e il cavo che deve essere regolato

Posa (Frenatura dinamica)		Salpatura	
Tensione (t)	Velocità (nodi)	Tensione (t)	Velocità (nodi)
15,0	4,0	10,0	2,3
10,0	6,0	2,5	4,7
6,8	8,0		

Tabella 6 Prestazioni del LCE (Linear Cable Engine) della Teliri.

durante le condizioni di lavoro. Nel caso di cavi di diametro ridotto, con basso coefficiente di attrito, quali gli ultimi cavi prodotti, la macchina deve essere opportunamente tarata sul valore della tensione meccanica limite ammessa.

I freni delle ruote motrici sono capaci di mantenere un carico di 15,5 t in condizioni statiche. In aggiunta, il sistema di frenatura è capace di far arrestare istantaneamente la macchina. Questo sistema di frenatura di emergenza porta ad un arresto immediato della posa del cavo, nell'ipotesi che anche la nave si sia fermata entro lo stesso intervallo di tempo, senza che sia cresciuta la tensione del cavo in uscita dalla nave.



Particolare della macchina lineare per la posa da poppa dei cavi, installata sulla Teliri.



Sala di controllo sulla Teliri per il monitoraggio della posa di un cavo.

7.3 Sistema di monitoraggio di posa del cavo

Il monitoraggio della posa del cavo è effettuato con un sistema computerizzato chiamato *CLMS (Cable Lay Monitoring System)*, utilizzando una *LAN (Local Area Network)*. Il CLMS riceve le informazioni dalla macchina di posa e mediante queste indicazioni determina, visualizza e memorizza i dati relativi principalmente al cavo posato, compreso il suo imbandito. La distanza percorsa lungo il tracciato può essere determinata dai cambiamenti dei punti di riferimento del tracciato misurato mediante le *KP (Kilometer Post)* derivanti dalle informazioni fornite in via seriale dal sistema di navigazione.

8. Apparati di navigazione

Il sistema di navigazione è principalmente costituito da:

- Sistema di girobussola e giropilota.
- Ecoscandaglio di navigazione (tipo SIMRAD EN200).
- Sistema di misura della velocità Doppler (tipo SPERRY SRD E21/S).
- Sistema Radar.
- Ecoscandaglio per la rilevazione del tracciato di posa.
- Sistema idroacustico di rilevamento della posizione (tipo SIMRAD HPR 388).
- Indicatore della velocità e della direzione del vento.
- Sistema integrato di navigazione *NIS (Navigation Integrated System)*.

Gli apparati Radio e per collegamenti via Satellite sono conformi a quelli prescritti dalla Convenzione Internazionale di Telecomunicazioni del 1973, SOLAS 1974, e agli emendamenti introdotti a questa standardizzazione nel 1981 e nel 1983. Essi compren-

dono: una stazione Radio; GMDSS radiotelefono VHF; radiogoniometro; un sistema di navigazione satellitare SATNAV; un ricevitore in facsimile per meteorologia.

9. Conclusioni

A poco più di un anno dall'avvio delle attività operative con la nave *Teliri* è stato rilevato che essa ha operato sin dal primo impiego in maniera soddisfacente, e che in pratica ha richiesto solo un periodo di rodaggio molto ridotto.

Il personale operante a bordo, anche in presenza



Posa a mare di un "grappino" per il recupero di un cavo.

di dispositivi tecnologici di avanguardia, non ha avuto problemi particolari nell'addestramento e mostra già una grande confidenza nell'impiego delle attrezzature poste sulla nave. Sono state già effettuate numerose attività con la *Teliri*. Da marzo 1996, data di consegna della nave, essa ha operato in tutti i campi riguardanti i sistemi con cavi sottomarini. In

particolare essa ha effettuato:

- campagne di scandaglio effettuate per i nuovi sistemi nazionali di Telecom per circa 1.600 km;
- campagne per la verifica di interrabilità realizzate lungo 700 km per gli stessi sistemi sopra menzionati. In queste campagne sono stati utilizzati due miniaratri: uno prodotto dalla SIMRAD e l'altro progettato e costruito direttamente da Elettra;
- campagne di riparazione: due per sistemi coassiali e cinque per sistemi ottici, condotte a partire da agosto 1996;
- operazioni di posa: nell'ottobre 1996, sono stati posati circa 500 km del sistema tra Barcellona e Savona (inclusi anche 5 ripetitori); a giugno 1997 è stato posato il sistema non rigenerato Bari-Durazzo (della lunghezza di 240 km, interrato per circa 85 km);
- operazioni di interrimento di portanti subacquei già posati, realizzate su due cavi che hanno manifestato un elevato tasso di guasto: a cavallo tra la fine del 1996 e l'inizio del 1997 è stata effettuata la prima campagna su 50 km del sistema COLUMBUS-II nell'area appena fuori dallo stretto di Gibilterra; nel luglio 1997 è stata eseguita una seconda campagna per interrare

mediante ROV, 40 km del festone in cavo ottico sottomarino installato tra Pisa e Genova.

Abbreviazioni

CLMS	Cable Lay Monitoring System
DGPS	Differential Global Positioning System
DP	Dynamic Positioning
KP	Kilometer Post
LAN	Local Area Network
LCE	Linear Cable Engine
NIS	Navigation Integrated System
PLB	Post Lay Burial
PLI	Post Lay Inspection
ROV	Remotely Operated Vehicle

Bibliografia

- [1] Coluccia, C.; Ridolfi, A.; Rubino, E.: *Navi speciali al servizio dei cavi sottomarini*. Su questo stesso numero del «Notiziario Tecnico Telecom Italia».



Carlo Coluccia. Dopo gli studi classici, si è laureato in Ingegneria Navale e Meccanica a Trieste nel 1972. Ha avuto esperienze lavorative nei cantieri navali del Gruppo Fincantieri, presso il Registro Navale Italiano, presso società di navigazione; membro di associazioni internazionali del settore. Ha guidato la progettazione iniziale della nave posacavi *Teliri*, la sorveglianza e la costruzione, i collaudi della stessa nave dal 1994 al 1996 e la prima fase di esercizio.

Opera presso l'Elettra TLC S.p.a. dal settembre 1996.



Andrea Ridolfi. Ha conseguito la laurea in Ingegneria Elettronica presso l'Università di Ancona nel 1983. Ha successivamente maturato un'esperienza nel campo della produzione di sistemi di contromisure elettroniche. Nel 1986 è entrato in Italcable occupandosi della realizzazione e della manutenzione dei sistemi ottici sottomarini, attività proseguita anche in Telecom Italia. Da gennaio 1996 lavora presso Elettra quale responsabile commerciale.



Elio Rubino. Ha conseguito la laurea in Ingegneria Elettronica presso l'Università di Pisa nel 1988. Dopo una breve esperienza nel campo della logistica, nel 1989 è entrato in Italcable occupandosi di sistemi ottici sottomarini. Dal 1995, con la nascita di Telecom Italia, è passato ad operare nell'ambito della pianificazione della rete trasmissiva internazionale. Da maggio 1996 lavora presso Elettra occupandosi della progettazione dei sistemi ottici.

Prestazioni e dimensionamento delle reti ATM

MILENA BUTTÒ
MAURIZIO NALDI
TIZIANO TOFONI
ALBERTO TONIETTI

La tecnica ATM è ormai universalmente accettata come la tecnica di commutazione delle future reti a larga banda. Essa unisce i vantaggi dell'integrazione dei servizi (la trasmissione di voce, video e dati può cioè essere realizzata mediante un'unica rete) alla notevole flessibilità nella gestione della banda trasmissiva, tipica delle tecniche di commutazione di pacchetto.

L'introduzione dell'ATM ha aperto agli ingegneri del traffico nuovi campi di studio in quanto i modelli classici utilizzati nell'analisi e nel dimensionamento delle reti a commutazione di circuito e pacchetto non sono adatti allo studio delle reti ATM, per le differenze peculiari delle sorgenti di traffico e per la complessità nella gestione della banda trasmissiva in relazione alle caratteristiche dei servizi di telecomunicazione.

I risultati più recenti hanno però messo in evidenza, grazie all'introduzione del concetto di banda equivalente, che i metodi classici dell'Ingegneria del Traffico delle reti a commutazione di circuito possono giocare ancora un ruolo importante anche nella soluzione di problemi di analisi e dimensionamento delle reti ATM. Queste tematiche saranno esaminate in questo articolo.

1. Introduzione

La rete B-ISDN (*Broadband Integrated Services Digital Network*) costituirà una unica infrastruttura di supporto per una varietà di servizi. La tecnica di commutazione ATM, scelta per introdurre la B-ISDN, deve quindi gestire classi di traffico che richiedono una banda trasmissiva variabile da qualche kbit/s a decine di Mbit/s anche nel corso di una connessione. Nella tabella 1 sono riportate le velocità di trasmissione richieste da alcuni tra i servizi più comuni. Nella stessa tabella è riportata la *banda di picco*, e il *fattore di burstiness* (definito come rapporto tra la banda di picco e la banda media).

La tecnica ATM ha il vantaggio di una elevata flessibilità (intesa come possibilità di gestire in modo integrato una vasta gamma di servizi) ed efficienza (intesa come possibilità di un elevato sfruttamento della banda trasmissiva). Il rovescio della medaglia è però costituito da una complessità sensibilmente maggiore nella gestione del traffico. Su quest'ultimo delicato argomento il lettore può consultare un altro articolo in questa stessa rivista [1].

In questo articolo è trattato il tema delle prestazioni e del dimensionamento delle risorse di una rete ATM. Sono anzitutto illustrati i modelli di traffico comunemente utilizzati per descrivere il comportamento delle sorgenti ATM. Questi modelli sono quindi impiegati per formulare

Servizio	Banda di Picco	Burstiness
Telemetria	< 10 kbit/s	> 10
Fonia	64 kbit/s	2-3
Dati interattivi	1-100 kbit/s	> 10
Trasf. archivi	0,1-1 Mbit/s	1-2
Trasf. immagini	0,1-10 Mbit/s	1-10
Videoconferenza	64-384 kbit/s	1-2
TV qualità VHS	2 Mbit/s	1-2
TV qualità CATV	6 Mbit/s	1-2
HDTV	20 Mbit/s	1-2

Tabella 1 Banda trasmissiva richiesta da differenti tipi di servizi.

metodi di dimensionamento sia a livello di collegamento tra nodi adiacenti sia a livello di rete. In quest'ambito è introdotto il fondamentale concetto di banda equivalente che permette, come si vedrà, il riutilizzo per le reti ATM di molti modelli e tecniche tipiche dell'Ingegneria del Traffico delle reti a commutazione di circuito. A corredo dei metodi proposti sono infine forniti alcuni esempi numerici di dimensionamento.

2. Traffico ed indici di valutazione delle prestazioni

L'affermarsi della tecnica ATM ha posto agli ingegneri del traffico nuovi problemi legati soprattutto alla caratterizzazione delle sorgenti di traffico ed alle relative prestazioni dei moltiplicatori. Infatti, i classici modelli per il traffico telefonico non sono in questo caso validi; ciò ha generato tutta una serie di ricerche che hanno permesso di pervenire a nuovi e interessanti risultati soprattutto nel campo della teoria delle code.

2.1 Descrizione delle sorgenti di traffico

Nella descrizione di una sorgente di traffico ATM è importante distinguere tre livelli, corrispondenti a scale temporali diverse [1]:

- livello di *connessione*;
- livello di *burst*;
- livello di *cella*.

Le scale temporali sono importanti per affrontare correttamente i problemi di dimensionamento e per definire gli indici della qualità del servizio percepita dagli utenti. Il problema del dimensionamento si affronta analizzando principalmente il livello di connessione.

È tipico nelle applicazioni pratiche classificare le sorgenti ATM a seconda della variabilità della frequenza di emissione delle celle (vedi figura 1). Si distinguono così:

- *sorgenti CBR (Constant Bit Rate)*, caratterizzate da una frequenza di emissione delle celle costante;
- *sorgenti VBR (Variable Bit Rate)*, caratterizzate da una frequenza di emissione delle celle variabile nel tempo in modo casuale.

A loro volta, le sorgenti VBR possono essere classificate in due ulteriori modi:

- *sorgenti VBR di tipo ON-OFF*, caratterizzate dall'al-

ternarsi di gruppi (*burst*) di celle seguiti da periodi di inattività della sorgente (i gruppi e i periodi di inattività hanno durate casuali);

- *sorgenti VBR di tipo continuo*, caratterizzate da una variazione continua della frequenza di emissione.

Una sorgente di tipo CBR può essere caratterizzata dalla sola frequenza di emissione delle celle (definita come l'inverso del tempo intercorrente tra le emissioni di due celle consecutive). Ad esempio, nel caso di sorgente vocale senza rivelatore di silenzi (codifica PCM a 64 kbit/s), la frequenza di emissione, nell'ipotesi di utilizzare tutti i 48 byte del campo informativo utile, presenti in una cella ATM, è di circa una cella ogni 6 ms.

Per caratterizzare una sorgente VBR di tipo intermittente (ON-OFF) è invece necessario descrivere statisticamente: 1) le durate dei periodi di attività; 2) le durate dei periodi di inattività; 3) il modello di emissione delle celle durante i periodi di attività. Ad esempio, nel caso di sorgente vocale con rivelatore di silenzi, una caratterizzazione spesso utilizzata in pratica è la seguente: i periodi di attività hanno una distribuzione esponenziale con valor medio t_{on} ; i periodi di inattività hanno una distribuzione esponenziale con valor medio t_{off} ; l'emissione di celle durante un periodo di attività è periodica con frequenza W_p . La frequenza media di emissione delle celle, W_m , è data in questo caso dal prodotto della banda di picco per il *fattore di attività* (definito come il valore medio del rapporto tra il tempo in cui la sorgente è attiva e il tempo totale):

$$W_m = W_p \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} \quad (1)$$

Valori medi tipici di una sorgente vocale reale sono i seguenti: $t_{on}=350$ ms; $t_{off}=650$ ms; $W_p=64$ kbit/s. In questo caso la velocità media di cifra è quindi pari a 22,4 kbit/s e il fattore di attività è di 0,35. Un'altra grandezza di interesse è il *fattore di burstiness* della sorgente (definito come l'inverso del fattore di attività), in questo caso pari a 2,86.

Infine, una sorgente VBR di tipo continuo può essere caratterizzata dal modello di variazione temporale della frequenza di emissione delle celle. Un tipico esempio di sorgenti VBR continue è costituito dalle sorgenti video. Una sorgente video è costituita da un'emissione continua di immagini a frequenza fissa (ad esempio 30 immagini al secondo), con ogni immagine, che a seconda del tipo di codifica utilizzata, genera una certa quantità di celle. Un esempio dell'andamento temporale della

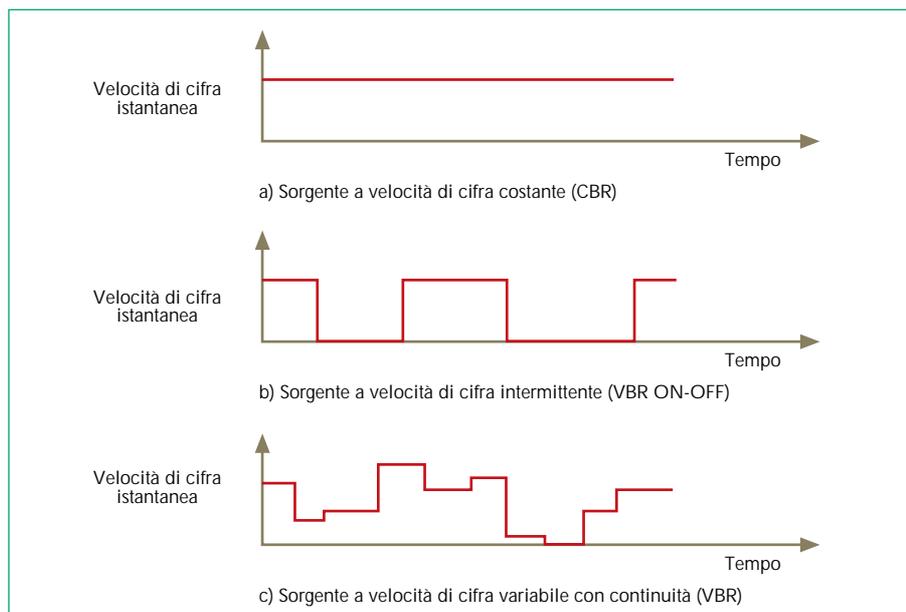


Figura 1 Andamento della velocità di cifra per sorgenti di vario tipo.

frequenza di emissione delle celle per una sorgente video codificata mediante l'algoritmo MPEG (*Motion Picture Expert Group*) è riportato in figura 2.

Una rassegna dei modelli utilizzati per le diverse sorgenti (voce, video e dati) è contenuta in [2], mentre in [3] si può trovare un'ampia descrizione dei modelli di sistemi a coda che più frequentemente intervengono nell'analisi di una rete ATM.

È opportuno però rilevare che la scelta del modello da utilizzare ed i valori dei relativi parametri sono estremamente influenzati dallo sviluppo delle tecniche di compressione, ormai largamente impiegate per le tre categorie di sorgenti sopra indicate.

2.2 Indici di valutazione delle prestazioni

La tecnica ATM, come già accennato nell'introduzione, coniuga i vantaggi del modo di trasferimento a circuito con quelli relativi al pacchetto. Per questo motivo gli indici di valutazione delle prestazioni di traffico a livello d'accesso ed a livello di rete sono una combinazione tra quelli utilizzati nei sistemi a circuito e quelli del pacchetto. Altri indici sono poi caratteristici della tecnica ATM.

Nella definizione degli indici di valutazione delle prestazioni è necessario tener distinti il livello di connessione e quello di cella: con il primo si utilizzano indici tipici della commutazione di circuito,

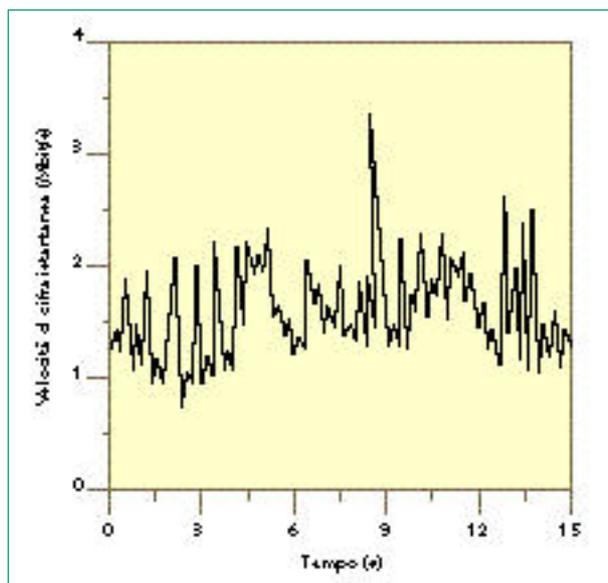


Figura 2 Velocità di cifra istantanea per una sorgente video codificata mediante l'algoritmo MPEG.

mentre con il secondo si impiegano gli indici tipici della commutazione di pacchetto.

A livello di connessione sono tre gli indici di

COME ESPRIMERE IL GRADO DI SERVIZIO IN UNA RETE ATM

- In una rete ATM la valutazione del grado di servizio è un compito più complesso che in una rete telefonica. Sono infatti da considerare i seguenti aspetti: 1) l'attività di una sorgente di traffico ATM si svolge a diversi livelli temporali; 2) le diverse sorgenti possono richiedere bande diverse; 3) utenti diversi possono richiedere gradi di servizio diversi. Per quanto riguarda le scale temporali, tipicamente si effettua la schematizzazione riportata nella tabella seguente.

Livello	Scala temporale
Connessione	ampiamente variabile, da tempi dell'ordine del minuto (ad esempio una telefonata) a qualche ora (ad esempio una sessione di videoconferenza)
Burst (gruppo di celle)	centinaia di millisecondi
Cella	microsecondi

- Le prestazioni ad ogni livello della scala temporale sono caratterizzate mediante parametri diversi. In particolare, a livello di connessione gli indici più importanti sono:
 - tempo impiegato dalla rete per instaurare una connessione (*connection setup delay*);
 - tempo impiegato dalla rete per abbattere una connessione (*connection release delay*);
 - probabilità di rifiuto di una connessione.
- A livello di cella si usano invece i seguenti indici:
 - probabilità di perdita di una cella;
 - ritardo medio punto-punto (*end-to-end cell delay*);
 - variazione del ritardo di cella (*cell delay variation*).

maggior rilievo:

- tempo impiegato dalla rete per instaurare una connessione (*connection setup delay*);
- tempo impiegato dalla rete per abbattere una connessione (*connection release delay*);
- probabilità di rifiuto di una connessione.

Tra questi indici il più importante è sicuramente il terzo, definito come la frazione di richieste rifiutate perché le risorse disponibili al momento della richiesta non sono sufficienti a garantire la qualità del servizio desiderata dall'utente. La probabilità di rifiuto è il parametro ATM corrispondente alla probabilità di perdita impiegata tradizionalmente dai progettisti della rete telefonica per il corretto dimensionamento della rete stessa. Come si vedrà nei paragrafi successivi, anche nel caso della tecnica ATM, la probabilità di rifiuto gioca un ruolo di rilievo nei problemi di dimensionamento della rete, grazie all'introduzione del concetto di banda equivalente.

A livello di cella gli indici più importanti per valutare le prestazioni sono i seguenti:

- probabilità di perdita di una cella;
- ritardo di trasferimento (*cell transfer delay*);
- variazione del ritardo di trasferimento (*cell delay variation*).

La *probabilità di perdita di una cella* è definita come il rapporto tra il numero di celle perse dalla rete e quelle complessivamente inviate dalla sorgente in un certo intervallo di tempo. Le celle si perdono o perché nel corso della trasmissione trovano le memorie tampone (dei moltiplicatori o dei nodi di commutazione) in congestione, o perché si verifica un errore nell'intestazione della cella. L'effetto della perdita di una cella e le conseguenti azioni di recupero dipendono dal tipo di servizio. Ad esempio, i servizi dati non tollerano perdite di celle poiché in questo caso risulterebbe inutilizzabile il blocco di dati trasferito, mentre i servizi fonico e video possono tollerare perdite, seppur basse (10^{-3} - 10^{-4} per la voce e 10^{-8} - 10^{-10} per il video). Questi valori estremamente bassi (in particolare quelli per il video) devono intendersi come valori medi sull'insieme delle connessioni di quel tipo: una probabilità di perdita pari a 10^{-9} equivale infatti a una cella persa mediamente ogni miliardo di celle trasmesse; se nel corso di una connessione sono trasmesse per esempio solo mille celle, nessuna di queste mille dovrebbe essere perduta; una prestazione di questo tipo è naturalmente quasi impossibile da garantire.

Il *ritardo di trasferimento* è una grandezza caratteristica della commutazione di pacchetto e stabilisce il ritardo subito da una cella tra l'istante in cui essa entra in rete e l'istante in cui giunge a destinazione. Questa grandezza è aleatoria poiché dipende dalle condizioni di traffico della rete. La sua descrizione completa richiederebbe di determinare la sua distribuzione di probabilità che però risulta difficile da valutare; si ricorre perciò in pratica ad alcuni indici numerici associati, il più importante dei quali è il valor medio. Il valore massimo ammesso per il ritardo di trasferimento dipende dal tipo di servizio. Anche qui, alcuni servizi tollerano ritardi anche elevati (come quelli relativi alla trasmissione di dati), mentre per altri servizi (come il video e la fonia) il massimo

ritardo ammesso deve essere molto contenuto.

A titolo di esempio in tabella 2 sono riportati i valori tipicamente tollerabili per alcuni servizi [4].

Sulla *variazione del ritardo di trasferimento* molte considerazioni sono riportate in [1]; è sufficiente qui sottolineare che essa è rappresentativa della irregolarità della spaziatura tra le celle in arrivo al terminale di destinazione. Questa spaziatura, per alcuni servizi, va rigorosamente controllata per evitare una degradazione della qualità del segnale.

Servizio	Ritardo [ms]
Telefonia	
senza cancellatore d'eco	25
con cancellatore d'eco	500
Videoconferenza a 64 kbit/s	300
HDTV	0,8
Video MPEG-1	5

Tabella 2 Valori tipici dei ritardi tollerabili per alcuni servizi di telecomunicazione.

2.3 Determinazione degli indici di prestazione

Nel caso della tecnica ATM non sono di facile soluzione i problemi legati alla valutazione delle prestazioni (ovvero il calcolo degli indici definiti nel paragrafo precedente) e quello del dimensionamento (con vincoli sul grado di servizio): i modelli delle sorgenti di traffico sono infatti abbastanza diversi rispetto a quelli classici, utilizzati nel dimensionamento di sistemi o di reti a commutazione di circuito o di pacchetto.

Per la valutazione delle prestazioni si possono seguire due strade:

- metodi *analitici*, in cui gli indici di prestazione sono ottenuti attraverso modelli matematici;
- metodi *simulativi*, in cui gli indici di prestazione sono ricavati da stime statistiche ottenute da simulazioni del comportamento reale del sistema.

Nel primo caso i problemi matematici da risolvere sono di notevole complessità; essi sono stati affrontati mediante la teoria delle code tramite l'introduzione di tecniche nuove e molto promettenti.

Per quanto riguarda i metodi di simulazione, questi sono concettualmente abbastanza semplici; la difficoltà da superare in questo caso riguarda il tempo di simulazione che risulta inaccettabilmente lungo poiché gli eventi da simulare sono estremamente rari (si pensi ad esempio alla simulazione di una probabilità di perdita delle celle pari a 10^{-9}). Per ovviare a questo inconveniente sono state sviluppate tecniche di simulazione veloce di eventi rari che permettono di ottenere in tempi contenuti valutazioni accurate degli indici di prestazione. Tra le tecniche più efficaci possono essere segnalate l'*Importance Sampling* [5], la *GEVT (Generalized Extreme Value Theory)* [6], e la tecnica *RESTART (Repetitive Simulation Trials After Reaching Threshold)* [7].

3. Modelli per il calcolo delle prestazioni

3.1 La banda equivalente

Un dimensionamento corretto può essere realizzato solo quando si è in grado di stabilire la relazione, spesso complessa, tra caratteristiche del traffico offerto alla rete, risorse di rete e qualità del servizio, ovvero quando si è in grado di valutare le prestazioni della rete. L'attività di dimensionamento deve quindi essere accompagnata dalla messa a punto di modelli per il calcolo delle prestazioni che coniughino la semplicità con l'accuratezza delle valutazioni ricavate.

Questo compito è particolarmente arduo nel caso di reti ATM, in cui alla varietà e alla imprevedibilità delle sorgenti di traffico si associa la complessità dei meccanismi di trattamento del traffico. In questo paragrafo sono quindi illustrati alcuni strumenti per valutare le prestazioni, la cui praticabilità è resa possibile dall'introduzione di alcune ipotesi semplificative.

La caratterizzazione statistica completa dell'emissione di una sorgente ATM, come chiarito nel paragrafo precedente, è un problema alquanto complesso e risulterebbe oltretutto di modesta utilità per una procedura di dimensionamento. È invece necessario pervenire ad una descrizione sintetica, mediante alcuni parametri, del processo di emissione delle celle durante una connessione (oltre che, analogamente a quanto avviene per la rete telefonica, del processo degli arrivi relativo alle richieste di connessione e di quello riguardante le durate delle connessioni stesse). Per la scelta dei parametri da utilizzare sono state avanzate diverse

proposte, quali, ad esempio, il valor medio e il valore massimo (di picco) della frequenza di emissione delle celle, oppure il valore medio e la varianza.

Per quanto sintetica, questa descrizione è comunque più complessa di quella necessaria in una rete telefonica (nella quale la banda è fissa) o in una rete ISDN (nella quale la banda è fissa durante la connessione, ma variabile da connessione a connessione).

Si è allora ritenuto opportuno descrivere l'emissione delle celle mediante un solo parametro, denominato *banda equivalente* (o talvolta banda efficace o ancora capacità equivalente). In questa maniera una connessione a banda variabile è considerata, ai fini del dimensionamento, come una a banda fissa (la banda equivalente appunto). Il vantaggio di questo approccio, che in pratica riconduce l'intero processo allo schema classico della commutazione di circuito, è dato dalla *possibilità di sfruttare i metodi di dimensionamento già disponibili per le reti a commutazione di circuito*.

In accordo con questa assunzione occorre determinare la banda equivalente. Intuitivamente si può affermare che è compresa tra la banda media e quella di picco. Inoltre il suo valore è funzione anche del grado di servizio che si vuole assicurare a livello di cella: infatti tanto minore è la probabilità di perdita di cella che si desidera, tanto più alta deve essere la banda equivalente.

Anche in questo caso parecchie sono state le espressioni matematiche proposte, diverse tra loro per la scelta dei parametri utilizzati per caratterizzare la sorgente, per il tipo di sorgenti considerate, e per la modalità con la quale valutare il grado di servizio

LA BANDA EQUIVALENTE, OVVERO COME RIUTILIZZARE LA FORMULA DI ERLANG

- Il dimensionamento della rete telefonica è effettuato sulla base dell'intensità di traffico, ottenuta come prodotto della frequenza media degli arrivi per la durata media di una chiamata. La relazione tra intensità del traffico, capacità del fascio da utilizzare per servire le richieste e grado di servizio è data nei casi più semplici dalla formula B di Erlang. In una rete ATM l'individuazione della relazione tra caratteristiche del traffico offerto alla rete, risorse di rete e qualità del servizio, è un compito particolarmente arduo, in particolare per la variabilità della banda nel corso di una connessione. Ai fini del dimensionamento è però possibile descrivere sinteticamente il processo di emissione delle celle durante una connessione mediante un solo parametro, denominato *banda equivalente*. In questa maniera una connessione a banda variabile è considerata, ai fini del dimensionamento, come una a banda fissa (la banda equivalente appunto). Il vantaggio di questo approccio, che in pratica riconduce tutto allo schema classico della commutazione di circuito, è dato dalla *possibilità di sfruttare i metodi di dimensionamento già disponibili per le reti a commutazione di circuito*. Oltre che dalle caratteristiche intrinseche della sorgente, il valore della banda equivalente, intuitivamente compreso tra la banda media e quella di picco, dipende anche dalla probabilità di perdita di cella che si desidera (tanto più questa è bassa tanto più alta dovrà essere la banda equivalente) e dalla capacità del collegamento trasmissivo utilizzato (tanto più questa è alta, tanto maggiore è il grado di moltiplicazione statistica tra le diverse sorgenti e tanto minore è quindi la banda equivalente).
- Tra i diversi metodi proposti per il calcolo della banda equivalente (diversi tra loro per accuratezza e per complessità) uno dei più semplici è costituito dalla formula di Lindberger, riportata nel corpo principale di quest'articolo.

offerto. È inoltre importante il contesto nel quale deve essere applicato il metodo di calcolo: il concetto di banda equivalente è infatti impiegato sia in sede di dimensionamento della rete sia in sede di controllo di accettazione della connessione. Nel secondo caso, poiché lo stato di occupazione della rete è noto con certezza, è opportuno ricorrere ad algoritmi estremamente precisi che permettano di sfruttare al massimo le risorse trasmissive.

È invece opportuno che il valore di banda equivalente W utilizzato ai fini del dimensionamento risulti non inferiore a quello impiegato nella fase di accettazione delle chiamate CAC (*Connection Admission Control*). Un metodo abbastanza semplice, proposto in ambito europeo, è dovuto a Lindberger [8] e successivamente è stato generalizzato da Tidblom [9]. Si tratta in realtà non di una singola espressione matematica, ma di un insieme di formule da utilizzare secondo la particolare situazione; questo metodo richiede la conoscenza della banda media W_m e di quella di picco W_p , del valore desiderato per la probabilità di perdita di cella B_c , della capacità C del portante trasmissivo. Alcuni esempi di andamenti del valore della banda equivalente in funzione del fattore di burstiness sono riportati in figura 3.

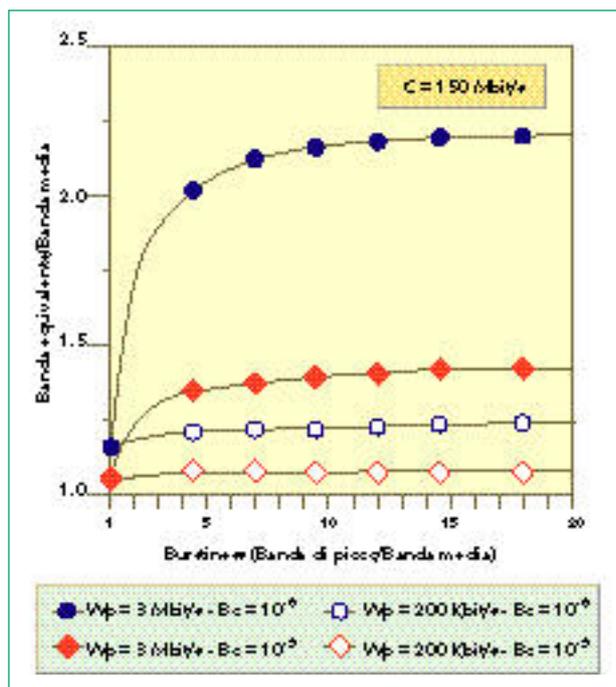


Figura 3 Andamento della banda equivalente in funzione del fattore di burstiness.

Dai grafici può essere osservato che nel caso di fattore di burstiness unitario (sorgente di tipo CBR) e quindi di una frequenza di cifra costante, la banda equivalente è maggiore di questa frequenza di cifra; questo risultato è dovuto alla presenza implicita di un margine di sicurezza nelle formule di Lindberger-Tidblom. Nella maggior parte dei casi pratici la formula da utilizzare è quella originaria di Lindberger:

$$\frac{W}{W_m} = \left(1 - \frac{\log B_c}{50} \right) \left(1 - 6(W_p - W_m) \frac{\log B_c}{C} \right) \quad (2).$$

È da notare infine che la banda equivalente dipende anche dalla capacità C del portante trasmissivo: al crescere di C diminuisce la banda equivalente in quanto aumenta il grado di moltiplicazione statistica e quindi il grado di compensazione tra gli andamenti istantanei delle bande richieste dalle singole sorgenti. Ad esempio, per una sorgente di tipo fonico dopo compressione, caratterizzata da una banda di picco pari a 32 kbit/s e da un fattore di attività del 35 per cento, l'applicazione della formula (2) fornisce, qualora si voglia garantire una perdita di cella $B_c=10^{-3}$, una banda equivalente uguale a 14,09 kbit/s per un collegamento a 2 Mbit/s e 12 kbit/s per un collegamento a 34 Mbit/s.

3.2 Modello di traffico a livello di chiamata

La banda equivalente, come già detto, rappresenta una sintesi della necessità di capacità trasmissiva da riservare ad una connessione affinché, una volta accettata, sia possibile garantire un prefissato GdS (*Grado di Servizio*). Il concetto di banda equivalente interviene quindi in due contesti differenti: in sede di dimensionamento, quando occorre valutare la capacità complessiva necessaria per il numero di connessioni previste con date caratteristiche e con prefissato GdS , e in sede di accettazione delle chiamate (CAC), per valutare se la capacità residua sul collegamento trasmissivo, ossia la capacità non ancora assegnata, è sufficiente ad accogliere la nuova connessione. Ogni accettazione di una richiesta si traduce in una riduzione della capacità residua del collegamento pari alla banda assegnata e mantenuta tale per tutta la durata della connessione (a meno di una rinegoziazione). In questo contesto a livello di chiamata si ricade nel paradigma della commutazione di circuito: infatti il GdS è espresso dalla probabilità di rifiuto della richiesta per l'indisponibilità di risorse (congestione), causata dall'insufficienza di capacità trasmissiva del collegamento. La presenza di più classi di connessione, ciascuna caratterizzata da un particolare valore di banda (per banda si intende ora la capacità trasmissiva assegnata alla connessione dal meccanismo di controllo), comporta, come si vedrà nel seguito, valori di probabilità di blocco diversi per ciascuna delle classi suddette. Nell'assegnare le risorse trasmissive alle diverse classi si possono adottare diverse politiche: per esempio quella dell'integrazione completa, nella quale la risorsa trasmissiva può essere assegnata a connessioni appartenenti ad una qualunque classe (indipendentemente dal carico presente purché la capacità trasmissiva sia sufficiente a garantire la nuova richiesta di banda), e quella della riserva di banda, in cui soglie sulla capacità residua limitano l'accesso ad alcune classi per favorirne altre.

3.3 Probabilità di blocco in Integrazione Completa

A livello di singolo collegamento trasmissivo, l'analisi del sistema descritto può essere condotta mediante una generalizzazione del classico modello di Erlang

per sistemi a perdita. La complessità del calcolo della probabilità di blocco mediante questo approccio può però essere talmente elevata da consigliare il passaggio a metodi ricorsivi o a metodi approssimati.

Siano (vedi figura 4) C la capacità trasmissiva del collegamento, espressa in Mbit/s, N il numero di classi di servizio (ad ognuna delle quali è associata una banda W_j) che condividono le risorse trasmissive, λ_i la frequenza con cui si attivano le richieste di connessione della classe i -esima; μ_i l'inverso del relativo tempo medio di impegno. Si supponga inoltre che i flussi degli arrivi seguano il classico modello di Poisson (traffico poissoniano). Lo stato del sistema è allora rappresentato dal numero n_i ($i=1, \dots, N$) di

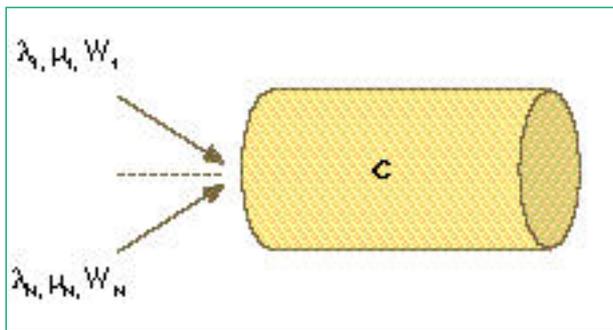


Figura 4 Modello delle classi di servizio e del collegamento trasmissivo.

connessioni in atto per ogni classe di servizio ad un generico istante di equilibrio statistico, e può essere sinteticamente descritto dal vettore $\underline{n}=(n_1, n_2, \dots, n_N)$. Poiché ogni connessione della classe i -esima richiede una capacità pari a W_i e la capacità complessiva disponibile è C , deve risultare:

$$\sum_{i=1}^N n_i W_i \leq C \quad (3);$$

la capacità richiesta dalle connessioni deve essere cioè inferiore alla capacità trasmissiva disponibile. Gli stati del sistema possono quindi essere divisi in due gruppi: quelli *ammissibili*, perché rispettano la condizione (3), e quelli non *ammissibili*; l'insieme degli stati ammissibili sarà indicato con S . All'interno del gruppo degli stati ammissibili alcuni sono però stati di congestione, perché l'introduzione di una nuova connessione porta il sistema in uno stato non accettabile (la capacità richiesta supera quella disponibile)⁽¹⁾; per la i -esima classe di servizio l'insieme degli stati di congestione S_i è costituito da tutti quegli stati per i quali si ha:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^N n_j W_j \leq C \\ \sum_{j=1}^N n_j W_j + W_i > C \end{cases} \quad (4).$$

La probabilità di blocco può allora essere calcolata come la somma delle probabilità di tutti gli stati di congestione. Per la classe di servizio i -esima si ha:

$$B_i = \frac{\sum_{n \in S_i} \prod_{j=1}^N \frac{(\lambda_j / \mu_j)^{n_j}}{n_j!}}{\sum_{n \in S} \prod_{j=1}^N \frac{(\lambda_j / \mu_j)^{n_j}}{n_j!}} \quad (5).$$

Come nel semplice modello di Erlang, le probabilità di blocco dipendono globalmente dal traffico offerto $A_j = \lambda_j / \mu_j$, e non dai singoli parametri λ_i e μ_i . Al pari del modello che porta alla classica formula B di Erlang, non sono necessarie, per la validità della (5), ipotesi sulle distribuzioni delle durate delle connessioni delle varie classi di servizio. Queste distribuzioni tra l'altro potrebbero anche essere diverse da classe a classe.

Questo importante risultato è noto in letteratura come *proprietà di insensibilità*, [10]. Alla semplicità della (5) si accompagna tuttavia una complessità numerica che rende vano il modello quando la capacità del collegamento è condivisa da molti rivoli di traffico con granularità elevata di banda. In questi casi cresce a dismisura il numero di stati che descrivono il sistema. Questo scenario è abbastanza consueto per il contesto ATM impiegato per integrare servizi con caratteristiche diverse e per permettere mediante la moltiplicazione statistica possibili compensazioni tra i differenti servizi.

3.3.1 Metodi ricorsivi per il calcolo della probabilità di blocco

Questa difficoltà può essere superata mediante l'impiego di metodi ricorsivi [11], [12]. Il primo passo consiste nel descrivere lo stato del sistema non mediante il vettore \underline{n} , ma in maniera più semplice mediante la capacità complessiva già assegnata. Infatti, il rifiuto di una richiesta non dipende tanto dalla particolare configurazione di connessioni presenti quanto piuttosto dalla capacità residua che queste configurazioni determinano sul collegamento. Inoltre, si esprimerà la capacità complessiva C e la capacità richiesta da ogni classe di servizio come multipli di una quantità di banda elementare ΔC , che sarà chiamata *modulo di banda*. Con questa nuova "unità di misura" la capacità complessiva C è allora pari a M moduli di banda, mentre per una connessione della i -esima classe di servizio sono necessari m_i moduli di banda, secondo le relazioni:

$$C = M \cdot \Delta C \quad (6),$$

$$W_i = m_i \cdot \Delta C \quad (7).$$

La probabilità di stato $p(x)$, cioè la probabilità che siano occupati x moduli, può essere ricavata applicando dapprima la seguente relazione ricorsiva in cui compaiono le probabilità non normalizzate $\bar{p}(x)$ [11]:

⁽¹⁾ Si ricorda che per congestione temporale, o semplicemente congestione, si intende quello stato del sistema in cui tutte le risorse sono occupate.

$$\begin{cases} \bar{p}(x) = 0 & x < 0 \\ \bar{p}(0) = 1 & x = 0 \\ x\bar{p}(x) = \sum_{i=1}^N m_i A_i \bar{p}(x - m_i) & x > 0 \end{cases} \quad (8).$$

e normalizzando quindi i valori così ottenuti, in modo che la loro somma sia unitaria:

$$p(x) = \frac{\bar{p}(x)}{\sum_{i=0}^M \bar{p}(i)} \quad (9).$$

La probabilità di blocco B_i per la i -esima classe di servizio si calcola allora come la probabilità che siano non ancora assegnati meno di m_i moduli:

$$B_i = \sum_{x=M-m_i+1}^M \bar{p}(x) \quad (10).$$

In generale le (10) sono funzioni monotone del traffico globale offerto; l'affermazione cade quando il collegamento trasmissivo è condiviso da un insieme di rivoli con caratteristiche di banda molto sbilanciate come quelle considerate in figura 5 dove una capacità di 150 Mbit/s è disponibile per due classi di traffico con bande equivalenti di 2 e 40 Mbit/s rispettivamente [13]. Il fenomeno, a prima vista un po' sorprendente, è però spiegabile in modo intuitivo. Al crescere del traffico offerto diminuisce la probabilità di poter acquisire la capacità trasmissiva necessaria da parte del rivolo di banda maggiore, in quanto risultano sempre meno probabili gli stati di occupazione con capacità

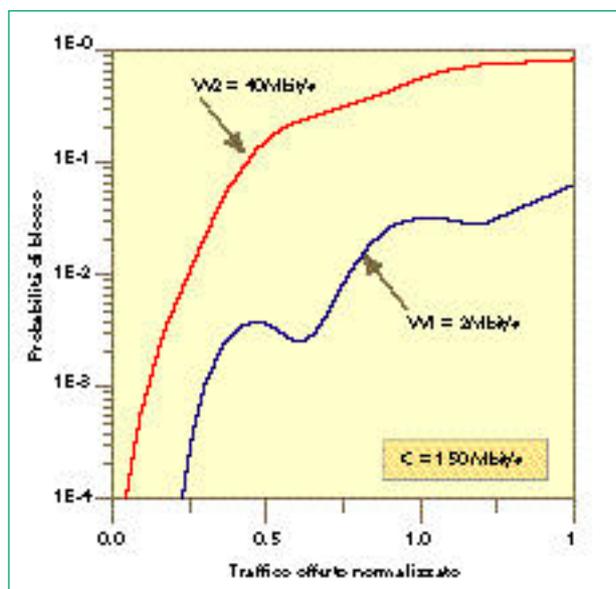


Figura 5 Oscillazioni della probabilità di blocco in un sistema multi-servizio.

residua sufficiente. Sono quindi disponibili blocchi di capacità che possono essere utilizzati solo dal traffico di banda minore con un conseguente recupero sul GdS. Se il traffico crescesse ancora, la contesa della capacità residua da parte delle due classi di traffico tenderebbe a pareggiarsi e quindi a ridurre la possibilità di accettazione delle connessioni di banda minima.

3.3.2 Metodi approssimati per il calcolo della probabilità di blocco

Le espressioni descritte finora permettono di eseguire una valutazione precisa della probabilità di blocco. Possono comunque essere adoperati dei metodi approssimati che permettono di risolvere il problema più agevolmente. Il più noto è quello dovuto a Lindberger [14], mediante il quale, seguendo ragionamenti simili a quelli utilizzati nelle reti a banda stretta, la probabilità di blocco media \bar{B} è stimata ancora mediante il modello di Erlang con parametri opportuni:

$$\bar{B} \cong E\left(\frac{C - \bar{W} + W_{\min}}{\bar{W}}, \frac{a}{\bar{W}}\right) \quad (11),$$

avendo indicato con $E(N, x)$ il valore di perdita ottenuto dalla formula B di Erlang per un numero di circuiti pari ad N e un'intensità di traffico offerto pari ad x (nel caso di un N non intero la formula B di Erlang può essere generalizzata come indicato in [15]).

Nella (11) a rappresenta la media del traffico globale offerto al collegamento trasmissivo:

$$a = \sum_{i=1}^N \frac{\lambda_i}{\mu_i} W_i \quad (12),$$

W_{\min} rappresenta la banda minima tra quelle richieste dalle varie classi di traffico e \bar{W} rappresenta la banda media dell'insieme delle possibili connessioni (ottenuta pesando le singole bande con le rispettive intensità di traffico):

$$\bar{W} = \frac{\sum_{i=1}^N \lambda_i W_i^2}{\sum_{i=1}^N \lambda_i W_i} \quad (13).$$

Nell'ipotesi di traffico poissoniano, poiché il numeratore ed il denominatore della (13) rappresentano rispettivamente la varianza e la media del traffico globale offerto al collegamento trasmissivo, \bar{W} assume anche il significato di fattore di picco del traffico.

La probabilità di blocco per una connessione appartenente alla i -esima classe di servizio è invece ottenuta a partire da quella media come:

$$B_i = \bar{B} \frac{(C/a)^{W_i/\bar{W}} - 1}{(C/a) - 1} \quad (14).$$

Come nel caso della soluzione esatta, le probabilità di blocco dipendono solo dall'intensità media complessiva del traffico e non dai singoli parametri λ_i e μ_i .

3.4 Probabilità di blocco in Integrazione Completa con Riserva di Banda

La condivisione del supporto trasmissivo da parte di più rivoli di traffico con caratteristiche di banda diverse, se da un lato porta globalmente al miglior utilizzo delle risorse (massimo rendimento del collegamento), dall'altro può causare una situazione di privilegio nei riguardi delle richieste di connessioni di segnali con bande più basse. In fase di progetto questa disomogeneità di trattamento obbliga a dimensionare il VP nel rispetto del vincolo più restrittivo, ossia relativo al trasporto di segnali a banda massima senza poter sfruttare il risparmio di risorse che potrebbero derivare dai vincoli meno stringenti richiesti sulle altre classi di traffico. La condivisione in questi casi porta quindi a un sovradimensionamento. Per superare questo ostacolo occorre introdurre a livello di CAC un meccanismo che limiti l'accesso alle richieste con vincoli più laschi in misura maggiore di quella desumibile dalla semplice congestione del collegamento. Un esempio di tale meccanismo è la *Trunk reservation* o *riserva di banda*, che agisce nel modo seguente: indicata con T_i la soglia associata alla classe i -esima, una connessione della classe è accettata se la capacità residua del collegamento è almeno pari a T_i ; in altre parole la trunk reservation limita l'accesso di una parte di traffico, e implicitamente riserva una quota di capacità al traffico che più difficilmente riuscirebbe a catturare la banda necessaria. In questo caso non valgono i modelli descritti precedentemente; in [13] sono indicate alcune soluzioni approssimate. Gli obiettivi di prestazione delle varie classi si raggiungono in questo caso tarando opportunamente le varie soglie.

Nei casi in cui non si presentino motivi particolari per differenziare il trattamento delle varie connessioni, sarebbe auspicabile che tutto il traffico che insiste sullo stesso insieme di risorse ricevesse lo stesso GdS. La trunk reservation risolve questo problema quando per tutte le classi vale la soglia T :

$$T = C - W_{\max} \quad (15),$$

in cui W_{\max} è la banda massima tra quelle richieste dalle varie classi di traffico. In base alla (15) infatti, lo stato $x_0 = C - W_{\max}$ diventa l'ultimo stato non bloccante per tutte le classi di traffico, indipendentemente dalla banda da esse richiesta: per $x \leq x_0$ nessuna richiesta è bloccata; per $x > x_0$ tutte le richieste sono bloccate. L'equalizzazione del GdS delle diverse classi è pagata con una minore utilizzazione della capacità C del collegamento per effetto del maggior numero di rifiuti delle richieste a banda minima.

3.5 Modelli a livello di rete

La probabilità di perdita punto-punto è la misura diretta delle prestazioni della rete e rappresenta il GdS percepito realmente dall'utente. È logico quindi che

essa venga assunta come vincolo di prestazione nelle procedure che concorrono a dimensionare la rete, e più precisamente a determinare le capacità dei singoli VP.

Da un punto di vista di principio la valutazione della probabilità di blocco punto-punto in condizione di Integrazione Completa potrebbe ancora essere ottenuta sotto la forma prodotto a patto di rappresentare lo stato del sistema (la rete) mediante il numero di presenze di ogni classe sui collegamenti di ogni cammino. Da un punto di vista pratico questa via non è percorribile per la complessità di calcolo già mostrata a livello di collegamento. Inoltre, il meccanismo della Riserva di Banda, applicato per un efficace ed economico utilizzo delle risorse, annulla di per sé la forma prodotto.

Sfruttando l'analogia già segnalata con le reti a commutazione di circuito, la valutazione del GdS a livello di chiamata per le reti ATM si può ottenere con algoritmi approssimati ottenuti come estensione di quelli ormai classici delle reti a circuito, [15]. L'ipotesi fondamentale che sta alla base di tutte le approssimazioni proposte in letteratura è l'indipendenza statistica tra gli stati di congestione sui collegamenti della rete; in questo caso la probabilità di perdita a livello di cammino si ottiene ricomponendo i singoli contributi sui collegamenti da cui esso è costituito:

$$\beta_{kr} = 1 - \prod_{j \in r} (1 - B_j)^{a_{kjr}} \quad (16),$$

dove β_{kr} è la probabilità di blocco sul cammino r -esimo utilizzato dal traffico della relazione k ; $a_{kjr}=1$ se il collegamento j -esimo appartiene al cammino r -esimo della relazione k -esima e $a_{kjr}=0$ negli altri casi.

Le probabilità di blocco sui collegamenti sono espresse da relazioni quali la (10) per le quali il traffico globale offerto per ogni classe si ottiene, a sua volta, sommando i rivoli di traffico che si affacciano al collegamento in base al piano di instradamento. Ciò porta a un sistema non lineare di equazioni del tipo $\underline{B} = F(\underline{B})$, dove \underline{B} è il vettore delle probabilità di blocco dei collegamenti. La soluzione di questo sistema, noto in letteratura come "Equazione del punto fisso di Erlang", è di norma ottenuta attraverso algoritmi di calcolo iterativi [16].

4. Metodi di dimensionamento della rete

4.1 Introduzione

Come già detto nei paragrafi precedenti, il dimensionamento della rete avviene essenzialmente a livello di chiamata e dunque può essere affrontato seguendo gli stessi criteri utilizzati per le reti a commutazione di circuito ed a pacchetto. Si tratta di un problema di ottimizzazione nel quale le capacità dei collegamenti trasmissivi tra i nodi, necessarie per smaltire i traffici previsti, sono determinate minimizzando il costo della rete e rispettando i vincoli imposti sul GdS. Per caratterizzare il grado di servizio, da utilizzare come vincolo nel processo di dimensionamento, si considerano le perdite punto-punto delle connessioni. Come si è visto

INTEGRAZIONE O SEPARAZIONE DEI SERVIZI?

- L'integrazione o la separazione dei servizi sulla rete logica riguarda la politica di gestione dei Percorsi Virtuali, ovvero la modalità di allocazione dei diversi servizi su di essi. Su un singolo Percorso Virtuale si parla di completa integrazione quando servizi diversi ne condividono pienamente la capacità; all'opposto, si ha completa separazione quando i diversi servizi accedono a Percorsi Virtuali distinti. Tra questi estremi sono adottabili politiche intermedie in cui l'accesso è consentito a più servizi, ma è condizionato dallo stato di occupazione del Percorso Virtuale in maniera diversa a seconda del servizio.
- La scelta del livello di integrazione ha impatto su tre aspetti: sulla banda equivalente, sul grado di servizio e sul controllo.
- La banda equivalente, infatti, dipende anche dalla capacità del Percorso Virtuale su cui si realizza la connessione ed è tanto più elevata quanto minore è tale capacità. Ne segue che, a parità di prestazioni, una politica di separazione dei servizi tende ad aumentare i valori delle bande equivalenti riducendo il livello di multiplazione e quindi il rendimento delle risorse.
- In generale, all'interno di un Percorso Virtuale il grado di servizio, ossia la probabilità di perdita delle connessioni, non è uguale per tutti i servizi, ma dipende dalle bande richieste: più elevata è la banda, maggiore è la perdita in quanto risulta meno probabile la disponibilità di residui di capacità sufficienti. In presenza di servizi con caratteristiche di banda molto diverse i relativi valori di congestione possono discostarsi tra loro anche di qualche ordine di grandezza, rendendo così la perdita media del Percorso Virtuale poco rappresentativa del grado di servizio. A livello di dimensionamento, la capacità del Percorso Virtuale risulta quindi fortemente condizionata dai vincoli di prestazione dei servizi più esigenti in termini di banda.
- Infine, una politica di separazione dei servizi sui Percorsi Virtuali comporta procedure di controllo e di gestione più complesse (e quindi più costose) rispetto ad una politica di integrazione.
- La valutazione complessiva dei costi di commutazione, di trasmissione e di gestione permette di individuare la scelta ottima per quanto riguarda il grado di integrazione dei servizi.

nel paragrafo 3, nel calcolo della banda equivalente si tiene comunque conto implicitamente anche delle perdite di cella. In generale ogni servizio può richiedere valori diversi per le perdite punto-punto di progetto.

Nel dimensionamento occorre naturalmente tener conto dei due livelli di gestione delle risorse previste dalla tecnica ATM: quello dei Cammini Virtuali o *Virtual Path (VP)* e quello dei Circuiti Virtuali o *Virtual Circuit (VC)* [22]. Lo scopo ultimo di ogni procedura di dimensionamento è infatti quello di determinare la capacità della tratta commutativa tra due nodi adiacenti; il livello di interesse è allora quello del singolo VP piuttosto che della concatenazione di più VP in una connessione di percorsi virtuali (VPC).

4.2 Procedure di dimensionamento

Il dimensionamento della rete ATM implica un problema di ottimizzazione complesso che non può essere risolto in modo rigoroso, almeno per reti di una certa dimensione. Si ricorre così a procedure euristiche: queste sono di norma organizzate, come mostrato in figura 6, secondo la decomposizione nei

tre seguenti sottoproblemi:

- scelta dei VP (della struttura logica della rete);
- scelta degli instradamenti;
- ottimizzazione delle capacità dei VP.

Questi sottoproblemi non sono indipendenti e dunque per raggiungere un ottimo globale occorre effettuare diverse iterazioni. Nel seguito saranno discussi sommariamente alcuni aspetti del problema di dimensionamento. Per una descrizione più dettagliata delle procedure si rimanda a [17] e [18]. Alcuni algoritmi utili per la scelta del VP sono descritti in [19].

4.3 Gestione dei Virtual Path

La politica di gestione delle risorse, ossia i diversi modi di utilizzare in rete i VP per i diversi servizi, condiziona fortemente il processo di dimensionamento. In particolare possono essere adottate le seguenti politiche:

- *Separazione Completa*: ogni classe di servizio ha i propri VP, indipendenti da quelli usati per gli altri; in questo caso la rete è dimensionata servizio per servizio;

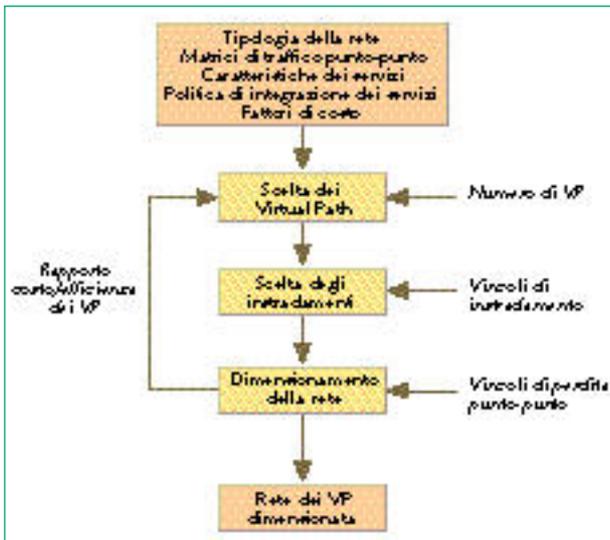


Figura 6 Schema di principio di una procedura di dimensionamento di reti ATM.

- **Integrazione Completa:** tutti i servizi condividono gli stessi VP;
- **Integrazione Completa con Riserva di Banda:** una soglia sulla banda occupata consente di equalizzare le perdite dei vari servizi sullo stesso VP;
- **Integrazione Parziale:** alcuni VP sono assegnati individualmente ai singoli servizi, mentre altri sono condivisi. Ad esempio, nelle reti gerarchiche, conviene attribuire ai diversi servizi VP ad alta utilizzazione separati e VP finali integrati.

4.4 Modello di costo

Nella procedura di dimensionamento conviene decomporre il costo totale della rete nelle tre componenti: costi trasmissivi, costi di commutazione e costi di controllo (instaurazione e gestione delle connessioni).

I costi trasmissivi dipendono dal numero dei collegamenti ATM necessari per smaltire il traffico tra i nodi della rete: in particolare, il costo di un singolo collegamento è funzione della banda e della lunghezza del collegamento stesso.

I costi di commutazione dipendono dalle operazioni di commutazione effettuate dagli autocommutatori ATM e dal loro tipo (VP o VC): un autocommutatore a livello di VC comporta costi maggiori, in quanto implica anche una commutazione a livello di VP. Il costo di un autocommutatore dipende dal numero di

porte e dal numero di celle commutate per unità di tempo; queste sono proporzionali alla banda smaltita.

I costi di controllo dipendono dalla frequenza delle operazioni di messa in atto dei collegamenti e dalla loro complessità. Questa complessità dipende naturalmente dai criteri d'instradamento.

4.5 Criteri d'instradamento

La politica d'instradamento più semplice consiste nell'offrire ad ogni relazione di traffico un VP dedicato (instradamento solo VP). Dal punto di vista logico, questa scelta corrisponde ad una rete a maglia completa. Ma in reti di grandi dimensioni il numero dei VP diventa proibitivo e così questa soluzione di solito non è conveniente.

L'altro estremo consiste nell'introdurre in rete soltanto VP composti da un'unica tratta, corrispondente ai collegamenti trasmissivi. In questo modo il numero di VP risulta piccolo, ma occorre effettuare una commutazione VC in ogni nodo (instradamento solo VC). Il costo di commutazione è in questo caso rilevante, poiché le relazioni di traffico che non collegano nodi adiacenti sono commutate nei nodi intermedi a livello VC.

In generale, la soluzione migliore consiste nello scegliere il numero e la collocazione ottima dei VP (seguendo la procedura di figura 6) e nell'offrire ad ogni relazione degli instradamenti alternativi. Un confronto tra le varie soluzioni d'instradamento è mostrato in

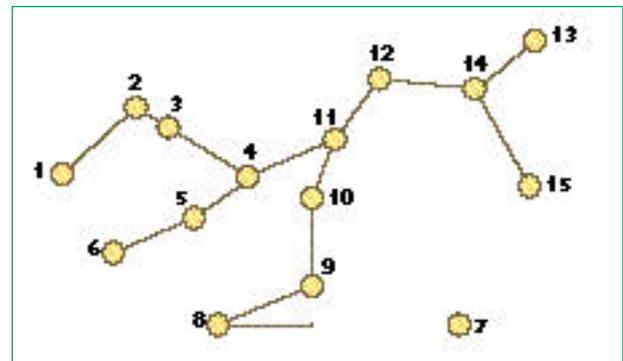


Figura 7 Rete considerata nell'esempio numerico.

tabella 3 ed è relativo alla rete di figura 7. Come nel caso telefonico, il piano degli instradamenti può essere gerarchico o non gerarchico. In quest'ultimo caso gli instradamenti adottati possono essere ottimizzati all'interno della procedura stessa (figura 6). Alcuni algoritmi di ottimizzazione delle reti gerarchiche e non gerarchiche sono presentati rispettivamente in [20] e [21].

4.6 Esempi numerici

Per mostrare come le diverse scelte di progetto influiscano sul dimensionamento della rete è stata considerata una rete metropolitana costituita da quindici nodi (figura 7). Gli

Criterio di instrad.	Costo totale	Costo di trasmissione	Costo di commutazione	Costo di instaurazione della connessione
Solo VP	1.091	62%	36%	2%
Solo VC	1.199	24%	68%	8%
VP/VC	1.000	34%	61%	5%

Tabella 3 Confronto tra criteri d'instradamento.

archi della figura rappresentano i collegamenti trasmissivi tra i nodi. Nell'esempio sono stati assunti collegamenti trasmissivi SDH a 150 Mbit/s. Le caratteristiche dei tre servizi offerti alla rete sono presentate in tabella 4.

Sono state considerate nove politiche diverse di integrazione dei servizi, indicate in tabella 5, e due diversi obiettivi riguardo al grado di servizio: una probabilità di blocco pari a 0,01 per le tre classi di servizio (GdS 1), e una probabilità di blocco pari a 0,01 per S_1 e 0,05 per le altre classi di servizio (GdS 2). Il costo globale della rete è mostrato nella tabella 6, in funzione del grado di servizio e delle politiche di gestione dei VP considerate. L'instradamento è supposto gerarchico. Altri risultati numerici sono riportati in [17] e [18].

Classe di servizio	Banda di picco (kbit/s)	Banda di picco (kbit/s)	Durata della chiamata (s)	Traffico offerto globale (erl·Mbit/s)
S_1	64	64	100	1.508
S_2	2.000	2.000	2	351
S_3	10.000	2.000	200	3.316

Tabella 4 Caratteristiche delle classi di servizio adottate nell'esempio numerico.

Politica di integrazione dei servizi	Costo globale della rete (GdS 1)	Costo globale della rete (GdS 2)	Numero ottimo di VP
A	1.046	1.026	172
B	1.070	1.051	104
C	1.097	1.095	44
D	1.206	1.000*	104
E	1.169	1.152	34
F	1.035*	1.017	138
G	1.045	1.027	54
H	1.058	1.058	44

* Soluzione di costo minimo

Tabella 6 Costo globale della rete per alcune politiche di gestione dei Virtual Path.

Caso	Politica di integrazione dei servizi
A	Separazione completa dei servizi
B	Separazione sui VP ad alta utilizzazione Integrazione sui VP finali
C	Separazione sui VP ad alta utilizzazione Integrazione con riserva di banda sui VP finali
D	Offerta del solo servizio S_1 sui VP ad alta utilizzazione Integrazione sui VP finali
E	Offerta dei soli servizi S_2 e S_3 sui VP ad alta utilizzazione Integrazione sui VP finali
F	Integrazione dei servizi S_2 e S_3 sia sui VP ad alta utilizzazione sia sui VP finali
G	Integrazione sia sui VP ad alta utilizzazione sia sui VP finali
H	Integrazione con riserva di banda sia sui VP ad alta utilizzazione sia sui VP finali

Tabella 5 Politiche di integrazione dei servizi.

4.7 Alcune conclusioni preliminari

Dai risultati riportati a titolo esemplificativo in tabella 6 e da altri, non riportati in questo lavoro, si possono trarre le seguenti conclusioni, che andranno comunque verificate in studi futuri:

- ottimizzare la struttura degli instradamenti, invece delle politiche di *Solo VC* o *Solo VP*, porta ad una sostanziale riduzione dei costi;
- la politica ottima di *Integrazione* o di *Separazione* dei servizi sui Virtual Path dipende da molti fattori, quali ad esempio le caratteristiche dei servizi, i

- volumi di traffico, i gradi di servizio richiesti;
- l'integrazione di traffici con forti differenze di banda tra loro non sembra opportuna, a meno che i servizi che richiedono una banda maggiore possano tollerare un grado di servizio peggiore. L'utilizzo della Riserva di Banda non sembra conveniente dal punto di vista dei costi.

Bibliografia

- [1] Castelli, P.; De Giovanni, L.; Vittori, P.: *Controllo del traffico e della congestione nella rete B-ISDN: contratto di traffico e classi di trasporto ATM*. Su questo stesso numero del «Notiziario Tecnico Telecom Italia».
- [2] Cosmas, J.P.; Petit, G.H.; Lehnert, R.; Blondia, C.; Kontovassilis, K.; Casals, O.; Theimer, T.: *A Review of Voice, Data and Video Traffic Models for ATM*. «European Transactions on Telecommunications», Vol. 5, n. 2, March-April 1994, pp. 11-26.
- [3] Roberts, J.W. (ed.): *Performance Evaluation and Design of Multiservice Networks*. COST 224 Seminar Final Report, Paris, October 1991.

- [4] Onvural, R.O.: *Asynchronous Transfer Mode: Performance Issues*. 2nd ed., Artech House, 1994.
- [5] Wang, Q.; Frost, V.S.: *Efficient Estimation of Cell Blocking Probability for ATM Systems*. «IEEE/ACM Transactions on Networking», Vol. 1, n. 2, April 1993, pp. 230-235.
- [6] Bernabei, F.; Ferretti, R.; Listanti, M.; Zingrillo, G.: *A methodology for buffer design in ATM switches*. «European Transactions on Telecommunications», Vol. 2, n. 4, July-August 1991, pp. 367-379.
- [7] Villén-Altamirano, M.; Villén-Altamirano, J.: *RESTART: a method for accelerating rare event simulation*. 13th International Teletraffic Congress, Copenhagen, 19-26 June 1991.
- [8] Lindberger, K.: *Analytical methods for the traffical problems with statistical multiplexing in ATM networks*. 13th International Teletraffic Congress, Copenhagen, 19-26 June 1991, pp. 807-813.
- [9] Tidblom, S.E.: *Complete equivalent bandwidth formulae for various cell loss ratios*. COST 242 Technical Document (036), 1992.
- [10] Ross, K.W.: *Multiservice Loss Models for Broadband Telecommunication Networks*. Springer-Verlag, London, 1995.
- [11] Kaufman, J.S.: *Blocking in a Shared Resource Environment*. «IEEE Transactions on Communications», Vol. COM-29, n. 10, October 1981, pp. 1474-1481.
- [12] Roberts, J.W.: *A Service System with Heterogeneous User Requirements - Application to Multi-Service Telecommunications Systems*. «Proceedings of Performance of Data Communication Systems and their Applications», G. Pujolle (ed.), North Holland, pp. 423-431.
- [13] Ritter, M.; Tran-Gia, P. (eds.): *Multi-Rate Models for Dimensioning and Performance Evaluation of ATM Networks*. COST 242 Mid-Term Seminar, L'Aquila, 27-28 September 1994.
- [14] Lindberger, K.: *The Use of Simple Methods for Integrated Call Scale Streams*. COST 242 Technical Document (065), 1992.
- [15] Buttò, M.; Colombo, G.; Tofoni, T.; Tonietti, A.: *Ingegneria del traffico nelle reti di telecomunicazioni*. SSGRR, 1991.
- [16] Girard, A.: *Routing and Dimensioning in Circuit Switched Networks*. Addison Wesley, 1990.
- [17] Cavallero, E.; Mocci, U.; Scoglio, C.; Tonietti, A.: *Optimization of Virtual-Path/Virtual-Circuit management in ATM networks*. 5th International Network Planning Symposium, Kobe, maggio 1992, pp. 153-158.
- [18] Menozzi, M.; Mocci, U.; Scoglio, C.; Tonietti, A.: *Traffic integration and Virtual Path optimization in ATM networks*. 6th International Network Planning Symposium, Budapest, settembre 1994, pp. 71-76.
- [19] Chlamtac, J.; Farago, A.; Zhang, T.: *How to establish and utilize Virtual paths in ATM networks*. International Communication Conference, Geneva, maggio 1993, pp. 71-76.
- [20] Pratt, C.W.: *The concept of marginal overflow in alternate routing*. 5th International Teletraffic

Congress, New York, giugno 1967, pp. 51-58.

- [21] Garbin, D.A.; Knepley, J.E.: *Marginal cost routing in nonhierarchical networks*. International Communication Conference, maggio 1981.
- [22] Garetti, E.; Pietroiusti, R.: *ATM - Aspetti generali*. «Notiziario Tecnico Telecom Italia», Anno 5, n. 1, maggio 1996, pp. 11-25.



Milena Buttò si è laureata in Matematica presso l'Università degli Studi di Torino. Dal 1969 al 1995 ha lavorato presso lo CSELT nel campo della valutazione delle prestazioni di reti a commutazione di circuito e di pacchetto. Ha partecipato a progetti su reti via satellite e sulla rete di segnalazione. Da più anni si interessa di problemi di Gestione del Traffico. Dal 1995 lavora nel settore Ingegneria del Traffico in Telecom Italia dove è responsabile della funzione "Studi di Traffico".



Maurizio Naldi si è laureato con lode in Ingegneria Elettronica nel 1988. Dal 1989 al 1991 ha lavorato in Selenia (ora Alenia) come progettista di sistemi radar per il controllo del traffico aereo. E quindi passato all'Italcable dove si è occupato della pianificazione e della standardizzazione di reti a larga banda (come delegato nella Commissione Tecnica NA5 dell'ETSI e nel Gruppo di Studio 13 dell'ITU). Dal 1995 lavora nel settore di Ingegneria del Traffico in Telecom Italia, dove si occupa in particolare delle reti ATM. È delegato presso il Gruppo di Studio 2 dell'ITU. È autore di oltre cinquanta pubblicazioni nei settori delle reti di telecomunicazioni e dei sistemi di telerilevamento e co-autore del libro "Elementi di Sistemi Radar" (ed. Aracne-Universitalia). Dal 1992 è cultore della materia "Teoria dei fenomeni aleatori" presso l'Università di Roma "Tor Vergata".



Tiziano Tofoni si è laureato in Ingegneria Elettrotecnica, indirizzo Controlli Automatici, all'Università di Padova ed ha conseguito il Master in Statistica Matematica presso la Florida State University, Tallahassee, Florida (USA). Nel periodo 1982-1985 è stato ricercatore presso l'Istituto di Dinamica dei Sistemi e Bioingegneria del CNR a Padova, dove si è occupato principalmente di problemi di filtraggio non lineare e statistica non parametrica. Durante lo stesso periodo è stato anche Teaching Assistant presso il Dipartimento di Statistica della Florida State University. Nei successivi due anni ha lavorato alla Selenia Spazio (ora Alenia Spazio), dove si è occupato del test del Radar Altimetro nell'ambito del programma ERS-1. Dall'aprile 1988 è docente della Scuola Superiore G. Reiss Romoli dove opera nell'area Architetture e Servizi di Rete. Negli anni accademici dal 1989 al 1993 è stato anche professore a contratto presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università dell'Aquila dove ha tenuto i corsi di Analisi Numerica e Calcolo delle Probabilità e Statistica. I suoi interessi attuali sono nel settore dell'Ingegneria del Traffico, delle Reti Radiomobili Cellulari e degli scenari futuri delle telecomunicazioni a larga banda. È uno degli autori del libro "Ingegneria del Traffico nelle Reti di Telecomunicazioni" (ed. SSGRR) ed ha collaborato alla realizzazione del libro "Reti a Commutazione di Pacchetto X.25" (ed. SSGRR).



Alberto Tonietti si è laureato nel 1965 in Ingegneria Elettronica presso il Politecnico di Torino. Dal 1967 lavora presso lo CSELT, dove, a partire dal 1969, si è interessato dei problemi di teletraffico. Al momento si occupa principalmente dei metodi per la valutazione delle prestazioni ed il dimensionamento delle reti di telecomunicazione, dalle reti telefoniche all'ATM. Ha partecipato a diversi progetti di ricerca europei. È membro del Comitato di Gestione del Progetto COST 257 (Impatto dei nuovi servizi sull'architettura e le prestazioni delle reti a larga banda) e del Comitato Organizzatore dello European Network Planning Workshop. Partecipa anche ai lavori dell'ITU, come Associate Rapporteur, nel Gruppo di Studio 2.

Controllo del traffico e della congestione nella rete B-ISDN: contratto di traffico e classi di trasporto ATM

PAOLO CASTELLI
LIVIA DE GIOVANNI
PAOLO VITTORI

La moltiplicazione statistica ATM (Asynchronous Transfer Mode) si attua nella condivisione di un collegamento fisico da parte di informazioni segmentate in celle, le quali contengono un'etichetta che le distingue. Il vantaggio di questa moltiplicazione, in termini di migliore utilizzazione della capacità trasmissiva del mezzo fisico rispetto a quanto avviene nella moltiplicazione deterministica, si basa sulla considerazione che una vasta classe di applicazioni non utilizza in modo continuativo la banda richiesta, ma alterna periodi di attività a periodi di silenzio. Questo comportamento consente di rendere ottimo l'impiego delle risorse di rete considerando che la banda realmente utilizzata da tutte le connessioni che percorrono un certo collegamento non è in ogni istante pari alla somma delle bande massime disponibili per le singole connessioni, ma è inferiore ad essa.

Lo sfruttamento efficiente delle risorse della rete B-ISDN richiede che siano svolte funzioni di controllo del traffico che si basano sulla conoscenza da parte della rete stessa di un insieme di parametri di traffico che descrivono la natura delle singole connessioni e la Qualità del Servizio richiesta; l'efficienza, in termini di utilizzazione delle risorse, di queste funzioni, è tanto maggiore quanto più ricca è la descrizione parametrica delle connessioni stesse. Questo articolo presenta gli aspetti di caratterizzazione del traffico generato dalle connessioni in B-ISDN, così come specificato in ITU-T e ATM Forum.

Una descrizione più particolareggiata delle funzioni di controllo del traffico in B-ISDN sarà descritta in un secondo articolo che rappresenta, in un certo senso, il completamento di quanto esposto in questo primo lavoro.

1. Introduzione

La B-ISDN vuole essere una rete multiservizio che permette il supporto di applicazioni con esigenze di banda e di *QdS (Qualità del Servizio)* molto diverse tra loro. La banda di ciascuna applicazione è data dalla frequenza di cifra con la quale essa può essere convenientemente trasmessa.

In pratica, quindi, non si vincolano le singole applicazioni ad utilizzare una banda costante, come accade nelle reti a commutazione di circuito, ma si cerca di sfruttare la variabilità della banda richiesta per migliorare l'efficienza di utilizzazione delle risorse trasmissive: una classe estesa di applicazioni non utilizza, infatti, in modo continuativo la banda richiesta, ma alterna periodi di attività a periodi di silenzio. Questo comportamento consente di allocare in rete le risorse considerando che la banda effettivamente utilizzata da tutte le connessioni ATM che trasportano applicazioni che condividono lo stesso instradamento non è in ogni istante pari alla somma

delle bande massime di ciascuna di esse, ma risulta inferiore a questa somma.

Per quanto riguarda la *QdS*, le diverse applicazioni possono avere differenti gradi di sensibilità alla perdita di informazione e ai ritardi trasmissivi e, anche in questo caso, queste differenze dovrebbero poter essere sfruttate per migliorare l'utilizzazione della rete.

Questa esigenza di flessibilità ha comportato la necessità di definire una nuova tecnica trasmissiva che presentasse le caratteristiche richieste: la tecnica ATM [1], [2]. Questa tecnica, infatti, impiega la commutazione di pacchetto e non richiede perciò una rigida ripartizione delle risorse tra le diverse connessioni, come avviene nei sistemi di trasporto che utilizzano una moltiplicazione deterministica (per la quale le informazioni relative ad una determinata connessione sono assegnate ad una particolare posizione temporale permanentemente dedicata alla trasmissione di un segnale caratterizzato da una prefissata frequenza di cifra), ma anzi, consente una condivisione non deter-

ministica delle risorse stesse (*multiplazione non deterministica*).

L'esigenza di avere una rete multiservizio e la flessibilità della tecnica trasmissiva hanno però contribuito a rendere i problemi di controllo del traffico nelle reti ATM molto più complessi di quelli riscontrabili nelle attuali reti di telecomunicazione, sia a commutazione di pacchetto sia di circuito.

Infatti, in fase di accettazione delle richieste di connessione, le risorse disponibili - in particolare quelle trasmissive - devono essere allocate in funzione delle diverse caratteristiche di banda associate alle singole richieste in modo da garantire a ciascuna connessione la QoS richiesta; queste caratteristiche devono inoltre essere controllate nella fase attiva della connessione per evitare che si eccedano i valori dichiarati - ad esempio per la banda - danneggiando così la QoS delle altre connessioni.

Dalle considerazioni fin qui esposte deriva che nelle reti ATM possono essere individuate due principali funzioni di controllo del traffico: un controllo di accettazione delle connessioni e un controllo dei parametri dichiarati.

Queste ed altre funzioni di controllo saranno descritte approfonditamente in un articolo successivo. Si vuole invece qui chiarire che lo svolgimento di entrambe le funzioni di controllo si basa sulla conoscenza da parte della rete di un insieme di parametri di traffico che sono legati alla natura delle connessioni e alla qualità del servizio (QoS) richiesta. L'efficienza, in termini di utilizzazione delle risorse, di tali funzioni, è tanto maggiore quanto più completa è la descrizione dei parametri legati alle singole connessioni.

In questo articolo è presentato lo stato attuale della caratterizzazione delle connessioni in B-ISDN, come deducibile dall'attività della normativa internazionale, e sono messi in luce gli aspetti critici e le possibili prospettive di sviluppo.

2. Contratto di traffico

La caratterizzazione delle singole connessioni permette alla rete, come si è già messo in evidenza nel paragrafo precedente, di conoscere le informazioni necessarie ad allocare le risorse ed a stabilire quali procedure di controllo debbano essere adottate per garantire la Qualità del Servizio richiesta. La caratterizzazione di una connessione comprende perciò l'indicazione della classe di trasporto richiesta dalla connessione, cioè del tipo di "servizio di livello ATM" da questa richiesto, e la specificazione, nell'ambito di questa classe, dei valori dei parametri di traffico e della QoS richiesta.

Più precisamente la caratterizzazione di una connessione ATM, del tipo Virtual Path o Virtual Channel [1], [2], avviene mediante la negoziazione, nella fase di accettazione della connessione, del contratto di traffico, nel quale vengono specificati:

- la classe di trasporto di livello ATM *ATC (ATM layer Transfer Capability)* richiesta per la connessione;
- il descrittore del traffico generato dalla sorgente

STD (Source Traffic Descriptor) che comprende tutti i parametri atti a caratterizzare il traffico generato dai diversi flussi indipendenti compresi nella connessione; questi flussi, e di conseguenza la struttura dello STD, dipendono dall'ATC usata per la connessione;

- i valori di tolleranza alla variazione del ritardo di cella *CDVT (Cell Delay Variation Tolerance)* relativi ai diversi parametri compresi nello STD da applicare all'interfaccia per cui è definito il contratto di traffico;
- la Qualità del Servizio associata alla connessione;
- l'indicazione se considerare applicabile o meno l'opzione di *tagging*, cioè la forzatura ad 1 del valore del bit Cell Loss Priority (chiarita in [2]) delle celle ad alta priorità non conformi al contratto di traffico. Questa indicazione è significativa solo per il modo di trasferimento Statistical Bit Rate, adatto, come verrà chiarito in seguito, al trasporto di applicazioni che generano un traffico a frequenza di cifra variabile.

L'insieme delle coppie di parametri di traffico STD e CDVT dichiarate per ciascun flusso definisce il descrittore di traffico della connessione ATM.

La caratterizzazione del traffico generato dalle connessioni risulta particolarmente complessa per almeno tre motivi: anzitutto per la presenza, all'interno di una connessione ATM di diversi flussi informativi, più o meno indipendenti tra loro. In particolare possono essere distinti:

- un flusso di dati ad alta priorità, caratterizzato dal valore 0 del bit di *CLP (Cell Loss Priority)* nell'intestazione della cella;
- un flusso di dati a bassa priorità, caratterizzato dal valore 1 del bit di *CLP*;
- uno o più flussi di celle di *OAM (Operation And Maintenance)*, dedicate al Fault Management e al Performance Management delle connessioni;
- un flusso di celle di *RM (Resource Management)*, dedicate allo scambio di informazioni di controllo del traffico e di allocazione delle risorse.

La caratterizzazione del traffico è, in secondo luogo, legata alla necessità di trovare una definizione di parametri che risulti semplice ed applicabile in generale a tutte le differenti tipologie di traffico che possono essere generate.

Essa, infine, è connessa alla difficoltà di definire le procedure di misura relative ai parametri di traffico in quanto essi, per la multiplazione non deterministica delle diverse connessioni, sono soggetti ad una grande variabilità; questo problema è indicato come il problema della CDVT.

Allo stato attuale presso i diversi enti di normativa non si ha una unanimità di vedute su come debbano essere caratterizzati i diversi flussi informativi.

L'attuale versione della Raccomandazione ITU-T I.371 [3] prescrive che il contratto di traffico, per alcune classi di trasporto ATM, caratterizzi in modo indipendente i flussi d'utente ad alta ed a bassa priorità ed i flussi di OAM e di RM, specificando i valori dei rispettivi parametri di traffico. Queste scelte consentirebbero di avere, in alcune situazioni, una descrizione molto particolareggiata del traffico generato.

In ambito ATM Forum è pure prevista la caratterizzazione indipendente dei flussi ad alta ed a bassa priorità; è però prevalsa l'interpretazione che vuole questi flussi come comprensivi di tutte le componenti: sia celle dati che celle OAM ed RM. La caratterizzazione del traffico è quindi completata specificando la percentuale del traffico globale occupata dai flussi OAM e quella impegnata dal flusso RM.

I due approcci seguiti in ambito ITU-T ed ATM Forum riflettono due diversi orientamenti riguardo alla modalità di applicazione delle funzioni di controllo: quello dell'ITU-T è mirato, infatti, ad un'applicazione separata di queste funzioni alle singole componenti di una connessione, mentre quello dell'ATM Forum privilegia l'attuazione del controllo sull'intero insieme delle varie componenti.

Nel paragrafo successivo saranno esaminati in particolare gli elementi che definiscono il contratto di traffico precedentemente descritto, ad eccezione delle classi di trasporto ATM che saranno trattate nel paragrafo 3.

zione di questa valutazione è legata alla presenza, all'interno di una stessa connessione, di flussi generati da sorgenti diverse.

Per ovviare a questi inconvenienti si è fatto ricorso alla definizione di un'entità ideale, il Terminale Equivalente (figura 1), che è condivisa da tutti gli ambienti di normativa e che permette di individuare un punto di riferimento, altrettanto ideale, al quale riferire la definizione dei parametri di traffico.

Secondo questo approccio, i parametri scelti devono rappresentare le caratteristiche intrinseche del traffico generato dalle sorgenti (figura 1) e devono essere definiti nel punto d'interconnessione tra il livello ATM e il livello fisico del Terminale Equivalente. Le variazioni introdotte dagli apparati d'utente o dalla rete su questi parametri sono invece espresse mediante la *CDVT* (Cell Delay Variation Tolerance), che rappresenta in pratica il limite superiore di queste variazioni. Poiché, quindi, la *CDVT* rappresenta la tolleranza cui è soggetta ogni operazione di misura e controllo, va osservato (figura 1) che il dispositivo di controllo di conformità dei parametri d'utente *UPC* (Usage Parameter Control) all'interfaccia *UNI* (User Network Interface, al punto di riferimento T_B) deve utilizzare un valore di *CDVT* che tenga conto delle variazioni provocate dagli apparati d'utente sui parametri tenuti sotto controllo; lo stesso dispositivo posto all'interfaccia *NNI* (Network Node Interface) inter-network, chiamato in questo caso *NPC* (Network Parameter Control) deve considerare un valore di *CDVT* che corrisponda alle variazioni che gli apparati d'utente insieme alla rete provocano sulle stesse grandezze. La *CDVT* non è, quindi, un parametro della sorgente ma dipende dalle caratteristiche degli apparati d'utente e delle reti attraversate dalla connessione, e cambia lungo il percorso della connessione stessa.

Per esemplificare quanto esposto in precedenza relativamente alla *CDVT*, si consideri l'esempio mostrato in figura 2 in cui tre terminali generano traffico ATM su tre *VCC* (Virtual Channel Connection) con valori di frequenza di picco pari rispettivamente a 15, 30 e 15 Mbit/s. Queste *VCC* sono multiplate, in sede d'utente, in una singola *VPC* (Virtual Path Connection) sulla quale il dispositivo di controllo *UPC* verifica alla *UNI* a 150 Mbit/s la conformità al valore nominale di frequenza di picco pari a 60 Mbit/s.

I tre terminali generano richieste di trasmissione di celle al *SAP* (Service Access Point) di livello fisico (secondo quanto già presentato in figura 1) ogni 10Δ ,

Per esemplificare quanto esposto in precedenza relativamente alla *CDVT*, si consideri l'esempio mostrato in figura 2 in cui tre terminali generano traffico ATM su tre *VCC* (Virtual Channel Connection) con valori di frequenza di picco pari rispettivamente a 15, 30 e 15 Mbit/s. Queste *VCC* sono multiplate, in sede d'utente, in una singola *VPC* (Virtual Path Connection) sulla quale il dispositivo di controllo *UPC* verifica alla *UNI* a 150 Mbit/s la conformità al valore nominale di frequenza di picco pari a 60 Mbit/s.

I tre terminali generano richieste di trasmissione di celle al *SAP* (Service Access Point) di livello fisico (secondo quanto già presentato in figura 1) ogni 10Δ ,

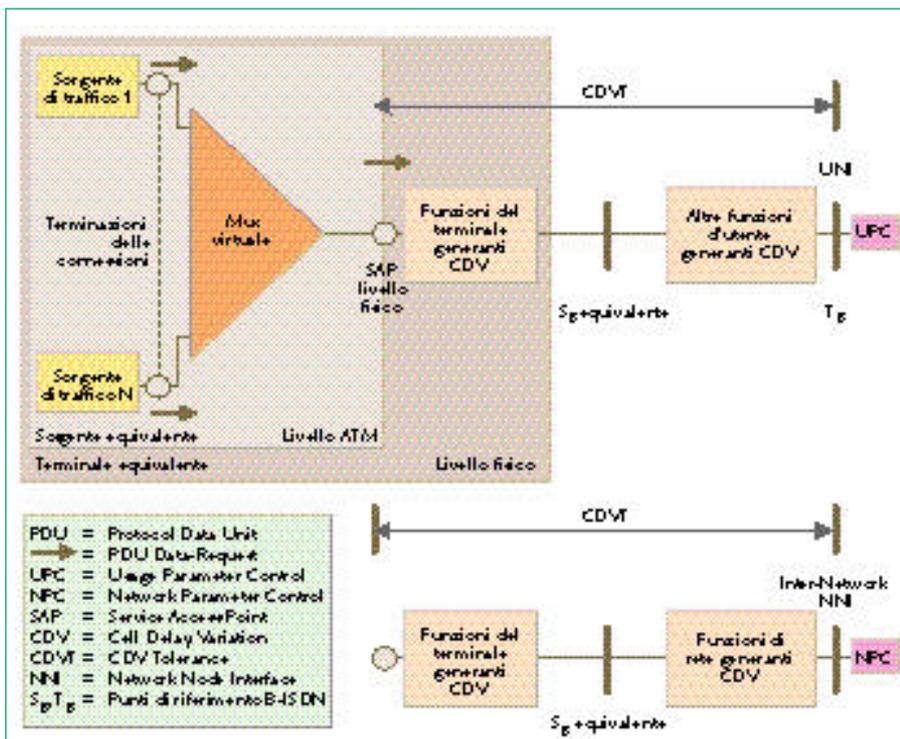


Figura 1 Terminale Equivalente.

2.1. Descrittore di traffico di sorgente e relative tolleranze. Qualità del Servizio

L'asincronismo della tecnica ATM tende a far sì che, in ogni stadio di moltiplicazione, le diverse celle di una stessa connessione subiscano un ritardo variabile, siano cioè soggette ad una certa *CDV* (Cell Delay Variation), che comporta una modifica delle caratteristiche del traffico generato, e che rende problematica non solo la misura dei parametri di traffico, ma anche la loro definizione. Un'ulteriore complica-

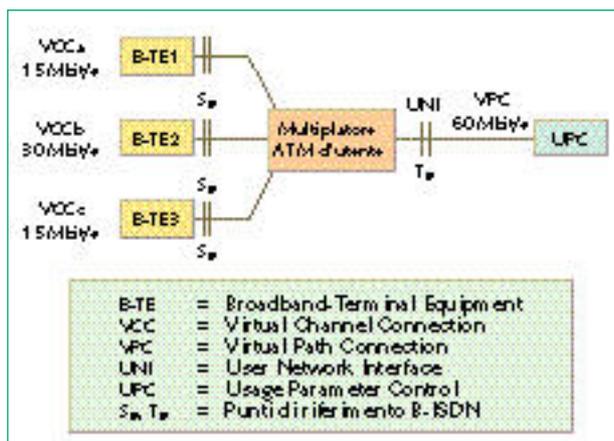


Figura 2 Moltiplicazione a livello ATM in sede d'utente.

5Δ e 10Δ , legati alle corrispondenti frequenze di picco di generazione del traffico (essendo Δ il tempo di trasmissione di una cella). Analogamente la VPC che moltiplica i traffici dei tre terminali prevede una "distanza" temporale nominale fra le celle pari a $2,5\Delta$, relativa alla frequenza di picco del flusso che trasporta.

In figura 3 è mostrato il flusso di celle relativo alla

VPC al punto di riferimento T_B dove il dispositivo UPC verifica la conformità al valore nominale di frequenza di picco. Tale azione è realizzata dall'UPC confrontando, per ogni cella della connessione da controllare, l'istante di arrivo effettivo - $t_a(i)$ - con uno teorico - $TAT(i)$, *Theoretical Arrival Time* - calcolato sulla base della frequenza di picco nominale della connessione sotto esame. La cella controllata è considerata conforme dall'UPC finché il suo "anticipo" rispetto all'istante di arrivo teorico non eccede un valore di tolleranza alla variazione di ritardo.

Nel caso in esame, per poter ritenere conformi tutte le celle della VPC controllata a fronte di "fluttuazioni" dei corrispondenti istanti di arrivo all'UPC, è necessario considerare un valore di tolleranza alla variazione di ritardo di cella τ pari a 3Δ , corrispondente al massimo "anticipo" dell'istante di arrivo effettivo rispetto a quello teorico, presentato dalla cella $c1$.

Passando ora a presentare i parametri che descrivono il traffico ATM, gli *STD (Source Traffic Descriptor)* che sono stati definiti in ITU-T [3] sono la frequenza di picco di celle, caratterizzata dal parametro *PCR (Peak Cell Rate)*, e la frequenza media di celle, caratterizzata invece dai due parametri *SCR (Sustainable Cell Rate)* ed *IBT (Intrinsic Burst Tolerance)* che, congiuntamente considerati, oltre a definire la frequenza media, limitano la lunghezza

IL CONTRATTO DI TRAFFICO

Le procedure di controllo del traffico da attuare nella rete B-ISDN richiedono la conoscenza di alcuni parametri delle connessioni per operare efficientemente. Essi costituiscono il contratto di traffico che va specificato fra utente e rete (alla corrispondente UNI: User Network Interface) e fra operatori di reti diverse (alla corrispondente NNI: Network Node Interface). Il contratto di traffico richiede fondamentalmente la definizione dei seguenti parametri:

- **Classe di trasporto ATM**
La classe di trasporto ATM scelta comporta vincoli sui valori che gli altri parametri possono assumere nel contratto di traffico.
- **Descrittore di traffico ATM**
Il descrittore di traffico ATM è una lista di parametri che possono essere usati per descrivere convenientemente le caratteristiche di traffico di una connessione ATM. Un parametro di traffico può essere quantitativo o qualitativo (ad esempio: frequenza di picco di celle, frequenza media di celle, durata di un burst di celle emesso dalla sorgente alla frequenza di picco e tipo di applicazione che utilizza la connessione). L'insieme dei parametri da specificare nel contratto di traffico dipende dalla classe di trasporto scelta.
- **Tolleranza alla variazione del ritardo di cella CDVT (Cell Delay Variation Tolerance)**
Tale parametro misura quantitativamente il massimo scostamento accettato dalla rete fra tempo teorico d'arrivo di una cella alla UNI/NNI (basato sui valori nominali dei parametri di traffico ATM) e tempo effettivo d'arrivo alla medesima interfaccia.
- **Qualità del Servizio**
Tali parametri caratterizzano il grado di servizio della connessione (ad esempio: probabilità di perdita di cella, ritardo di trasferimento di cella). Il grado di servizio concordato è garantito solo a connessioni conformi al contratto di traffico.

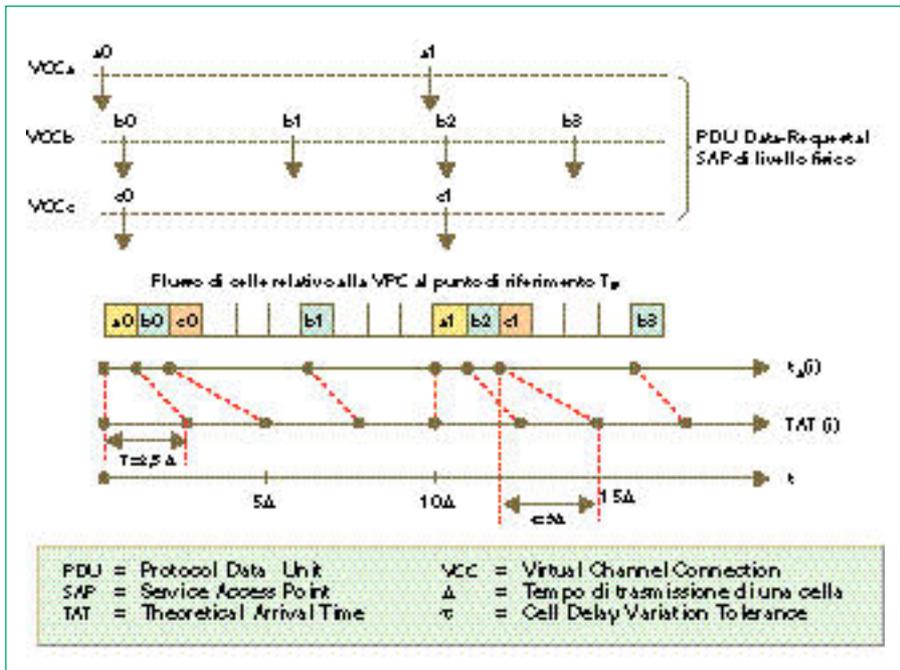


Figura 3 Multiplicazione a livello ATM e variazione di ritardo di cella.

cui la classe di trasporto ATM scelta consente una dichiarazione separata dei flussi componenti, deve essere completata specificando sia la tolleranza alla variazione del ritardo (CDVT) relativa alla frequenza di picco che quella relativa alla frequenza media. Per il momento non è ancora stato chiarito se la CDVT debba essere la stessa nei due casi o se possa invece assumere valori diversi; la scelta oggi prevalente prevede l'utilizzazione di due valori diversi che possono essere dichiarati esplicitamente o implicitamente nel contratto di traffico. Un altro aspetto importante, non ancora completamente definito, riguarda il valore massimo della variazione del ritardo delle celle CDVT - in particolare quella relativa al PCR - che può essere accettato alle diverse interfacce di

massima dei *burst* che una sorgente può trasmettere alla frequenza di picco (PCR).

Il PCR limita la frequenza massima con cui una connessione può trasmettere celle: esso è definito come il reciproco del tempo minimo di inter-arrivo (cioè della differenza dei corrispondenti istanti d'arrivo) tra due richieste consecutive di trasmissione di celle di una stessa connessione pervenute al punto di accesso al servizio *SAP* (*Service Access Point*) del livello fisico del Terminale Equivalente.

SCR e IBT limitano la frequenza media con cui una connessione può trasmettere celle, specificando il valore nominale di essa attraverso il parametro SCR ed indicando attraverso il parametro IBT, l'anticipo massimo con cui una cella può essere trasmessa rispetto al caso ideale di trasmissione con banda costante, pari a SCR. Questo principio è mostrato in figura 4, nella quale:

$$T_{PCR} = 1/PCR \text{ e } T_{SCR} = 1/SCR$$

Questi due parametri sono definiti facendo riferimento ad un algoritmo di controllo denominato *GCRA* (*Generic Cell Rate Algorithm*), applicato al SAP di livello fisico del Terminale Equivalente e descritto in [3].

Con questi parametri la caratterizzazione di una connessione, o anche di una sua componente nel caso in

rete, in particolare all'ingresso della rete (UNI) o al suo interno (NNI) tra domini diversi. Questa lacuna appare particolarmente grave in quanto le diverse scelte che possono essere effettuate hanno un'influenza diretta sulla costruzione degli apparati: per garantire un'operatività corretta della rete è infatti necessario che la variazione del ritardo di cella (CDV) presente nelle diverse connessioni sia limitata e, a questo scopo, occorre introdurre in qualche punto della rete delle funzioni di *shaping*, cioè di ripristino del tempo d'inter-arrivo nominale tra celle - reciproco del corrispondente PCR - che provvedano

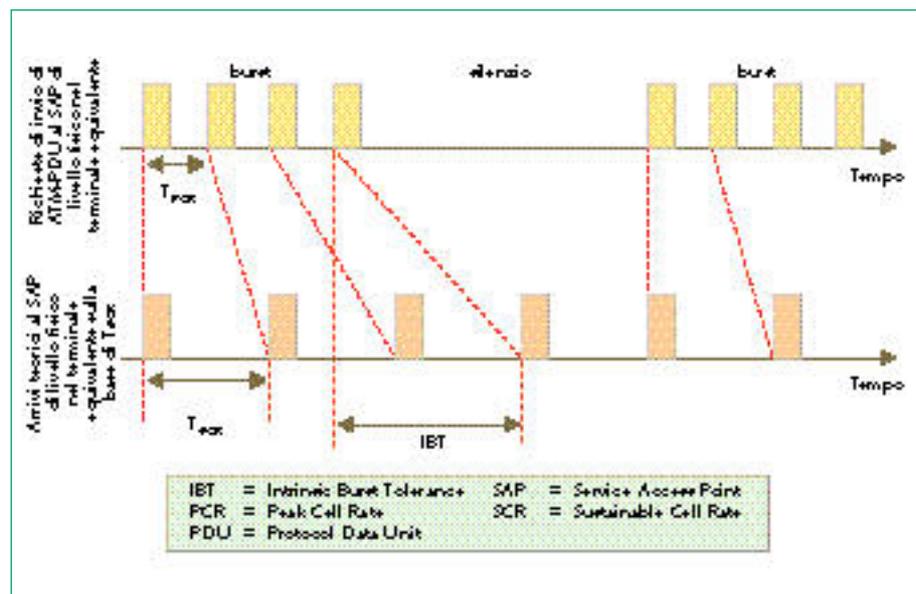


Figura 4 Frequenza media di celle (SCR) e tolleranza intrinseca ai burst (IBT).

ad una riduzione di tale variazione. In ATM Forum è stata adottata la stessa definizione dei parametri; fa eccezione, nel contratto di traffico, l'aver sostituito il parametro IBT con la dimensione massima accettabile dei burst *MBS (Maximum Burst Size)*, definita come il massimo numero di celle che possono essere trasmesse consecutivamente alla frequenza di picco.

I due parametri sono peraltro legati dalla seguente relazione:

$$IBT = (MBS-1) \cdot (1/SCR-1/PRC)$$

La differenza tra i due approcci non è rilevante, ma va tenuto in conto che i messaggi di segnalazione contengono il parametro MBS, per cui la relazione precedente permette di effettuare la conversione tra le due grandezze in questione.

Per quanto riguarda poi la caratterizzazione della *QoS (Qualità del Servizio)*, con la sua dichiarazione si dovrebbe permettere alla rete di modulare l'allocazione delle risorse trasmissive sulle necessità effettive delle connessioni, riservando una quantità inferiore di risorse alle connessioni che possono tollerare una *QoS* peggiore, in modo da consentire un aumento dell'efficienza di utilizzazione complessiva.

La *QoS* richiesta dalle connessioni riguarda principalmente due tipi di fattori: l'affidabilità con cui le celle trasmesse sono recapitate ed il ritardo con cui vengono consegnate al destinatario. Una definizione accurata può richiedere un numero piuttosto grande di parametri (un elenco dei parametri atti a descrivere la *QoS* può essere trovato ad esempio nella Raccomandazione ITU-T I.356 [4]), i principali dei quali sono la probabilità di perdita di cella *CLR (Cell Loss Ratio)*, la probabilità di errore *CER (Cell Error Ratio)*, il ritardo di trasferimento *CTD (Cell Transfer Delay)* e la variazione di tale ritardo (rispetto ad un ritardo di riferimento) *CDV (Cell Delay Variation)* tra due punti. Le diverse applicazioni possibili con la B-ISDN, data la loro grande varietà, potranno verosimilmente richiedere le più disparate combinazioni di valori di questi parametri.

E' pertanto evidente che la caratterizzazione della *QoS* richiesta può essere fatta secondo due diversi approcci: il primo richiede la standardizzazione delle classi di *QoS* che possono essere differenziate all'interno di una rete e dei corrispondenti valori dei parametri di *QoS*; in questo modo nel momento in cui si instaura una connessione può essere specificata la classe richiesta. La rete poi non deve necessariamente essere idonea al trasporto di tutte le classi standardizzate, ma deve essere sempre possibile assegnare una singola connessione ad una classe migliore o uguale a quella richiesta.

Il secondo approccio possibile lascia invece completa libertà ai gestori di caratterizzare le classi di *QoS* rese disponibili prevedendo che, nel momento in cui si ha la richiesta di una particolare connessione, siano indicati in modo esplicito i valori dei parametri di *QoS* appartenenti ad un insieme particolarmente significativo (ad esempio quelli relativi a *CLR*, *CTD*, *CDV* tra due punti). E' quindi compito di ciascuna rete garantire questi valori attraverso la classe di *QoS* più opportuna tra quelle rese disponibili. In questo

caso occorre, naturalmente, standardizzare i parametri specificabili dalle connessioni.

Il primo approccio descritto è stato adottato in ITU-T dove, con la nuova versione della Raccomandazione I.356 [4], è stato definito un primo insieme di quattro classi di *QoS*:

- Classe 1 ("stringente"): garantisce una variazione di ritardo delle celle *CDV* tra due punti, una probabilità di perdita di cella *CLR* e un ritardo medio di trasferimento di cella *CTD* per il flusso aggregato (costituito da celle con *CLP=0* e *CLP=1*) limitati;
- Classe 2 ("tollerante"): non prevede limiti per il *CTD* e per la *CDV* tra due punti, ma solo per il *CLR* relativo al flusso aggregato e comunque con valori maggiori del caso precedente;
- Classe 3 ("a due livelli"): non prevede limiti per il *CTD* e per la *CDV* tra due punti né per il *CLR* relativo al flusso aggregato; garantisce solo un limite per il *CLR* relativo al flusso ad alta priorità (*CLP=0*);
- Classe U ("non limitata"): non prevede limiti per alcun parametro.

La definizione delle quattro classi comprende l'indicazione dei valori di riferimento per i diversi parametri, ritenuti applicabili per connessioni che attraversano numerosi domini su distanze anche di qualche migliaio di chilometri. Questi valori sono riportati nella tabella 1 [4].

Le ultime versioni delle specifiche per la UNI e il Traffic Management redatte in ATM Forum [5], [6] hanno invece adottato il secondo approccio, mantenendo la possibilità di indicare la classe di *QoS* solo per conservare la compatibilità con le precedenti versioni delle specifiche UNI e B-ICI [7], [8], basate sull'indicazione della classe di *QoS*.

3. Classi di trasporto ATM

L'introduzione del concetto di classe di trasporto ATM deriva dall'aver riconosciuto che le molteplici tipologie di connessioni che possono presentarsi in una rete ATM non possono essere discriminate solo in base al valore di certi parametri di traffico o di *QoS*, ma possono richiedere l'impiego di parametri diversi e l'applicazione di funzioni di controllo diverse. Le diverse classi di trasporto ATM sono state quindi introdotte per raggruppare le connessioni a cui può essere applicata la stessa descrizione parametrica e lo stesso insieme di funzioni di controllo.

Sono state finora definite in ITU-T e in ATM Forum cinque diverse classi di trasporto ATM:

- una classe dedicata a connessioni a banda costante, o comunque soggette ad allocazione di risorse basata sulla frequenza di picco, detta *CBR (Constant Bit Rate)* nella terminologia ATM Forum e *DBR (Deterministic Bit Rate)* in quella ITU-T;
- una classe relativa a connessioni a banda variabile, con caratteristiche prevedibili ma non modificabili in funzione dello stato di occupazione della rete, e le cui esigenze di *QoS* richiedono una allocazione preventiva delle risorse, anche se su base statistica; questa classe è detta *VBR (Variable Bit*

Rate) in ATM Forum e *SBR (Statistical Bit Rate)* in ITU-T;

- una classe dedicata a connessioni a banda variabile, con caratteristiche difficilmente prevedibili ma prive di particolari requisiti di QoS, detta *UBR (Unspecified Bit Rate)*; questa classe è, per ora, prevista solo in ATM Forum;
- una classe dedicata a connessioni a banda variabile le cui caratteristiche possono essere modificate in funzione dell'occupazione della rete, indicata come *ABR (Available Bit Rate)*;
- una classe dedicata a connessioni che fanno uso di procedure di negoziazione delle risorse su base *burst* oltre che su base chiamata, detta *ABT (ATM Block Transfer)*; questa classe è oggi prevista solo in ITU-T.

Piano e quello di Controllo. A tale categoria appartengono le classi di trasporto *ABR (Available Bit Rate)* e *ABT (ATM Block Transfer)*. Va precisato che, comunque, tali classi di trasporto consentono all'utente di richiedere alla rete, in fase di instaurazione della connessione, un quantitativo minimo di risorse che risulterebbero quindi sempre garantite.

In base a quanto esposto finora possono essere caratterizzate con maggiore precisione le ATC:

Classe DBR (Deterministic Bit Rate)

Questa classe mette a disposizione delle singole connessioni una quantità di banda statica pari alla frequenza massima di celle PCR negoziata; è stata

	<i>CTD</i>	<i>CDV tra 2 punti</i>	<i>CLR(0+1)</i>	<i>CLR(0)</i>	<i>CER</i>
<i>Natura dell'obiettivo di prestazione</i>	Limite superiore al valore medio del CTD	Limite superiore alla differenza fra il quantile 10^{-8} e $1-10^{-8}$ del CTD	Limite superiore alla probabilità di perdita di cella	Limite superiore alla probabilità di perdita di cella	Limite superiore alla probabilità di errore di cella
<i>Valori "default" dell'obiettivo</i>	nessuno	nessuno	nessuno	nessuno	$4 * 10^{-6}$
<i>Classe 1 ("stringente")</i>	400 ms	3 ms	$3 * 10^{-7}$	-	"default"
<i>Classe 2 ("tollerante")</i>	non limitato	non limitato	10^{-5}	-	"default"
<i>Classe 3 ("a due livelli")</i>	non limitato	non limitato	non limitato	10^{-5}	"default"
<i>Classe U ("non limitata")</i>	non limitato	non limitato	non limitato	non limitato	non limitato

Tabella 1 Classi di QoS.

Da questa caratterizzazione, la capacità di trasporto del livello ATM (ATC) può essere suddivisa in due categorie di allocazione delle risorse:

- *ATC con allocazione statica di risorse*: è previsto che l'allocazione delle risorse (banda, spazio nei buffer) operata dalla rete durante l'instaurazione della connessione rimanga inalterata durante la fase attiva della chiamata, a meno di non utilizzare procedure di segnalazione in grado di permettere la modifica dei parametri di traffico senza richiedere l'abbattimento e la successiva reinstaurazione della connessione d'interesse. A questa categoria appartengono le classi di trasporto *DBR (Deterministic Bit Rate)* e *SBR (Statistical Bit Rate)*.
- *ATC con allocazione dinamica di risorse*: in questo caso è previsto che l'allocazione delle risorse (banda, spazio nei buffer) operata dalla rete in fase di instaurazione della connessione venga periodicamente modificata durante la fase attiva della chiamata attraverso l'uso di informazioni di gestione delle risorse *RM (Resource Management)* trasmesse nella banda della stessa connessione. Rispetto alla modifica dei parametri di traffico operata tramite segnalazione, il protocollo di RM garantirebbe una maggiore velocità di esecuzione richiedendo solo elaborazioni all'interno del Piano di Gestione e non interazioni tra questo

definita principalmente per soddisfare le esigenze di servizi isocroni ed a banda costante, ma non è limitata a questi impieghi. Prevede la caratterizzazione del traffico mediante il solo parametro PCR ed è associabile alle classi di QoS 1, 2 ed U secondo l'approccio seguito in ITU-T. Le connessioni sono soggette ad un controllo di accettazione che prevede l'allocazione della banda di picco. Il parametro PCR è soggetto anche a una verifica di conformità da parte della rete. Le funzioni di controllo del traffico rilevanti per questa classe sono perciò la funzione di accettazione delle connessioni e la funzione di controllo di conformità relative al parametro PCR.

Classe SBR (Statistical Bit Rate)

Questa classe permette la condivisione statistica delle risorse trasmissive da parte di connessioni con banda variabile, a patto che questa variabilità sia caratterizzabile a priori mediante i parametri standardizzati: PCR, SCR ed IBT. Sono state definite tre diverse versioni di utilizzo, a seconda dell'uso del bit di priorità CLP:

- il modo SBR-1 non prevede la distinzione delle celle in base al bit CLP e tutti i parametri di traffico sono perciò specificati per il flusso aggregato (CLP=0 e CLP=1);

L'ATM PER OGNI ESIGENZA: LE CLASSI DI TRASPORTO

- La capacità di trasferimento delle informazioni in forma di celle è realizzata attraverso la definizione di diverse classi di trasporto ATM al fine di ottenere differenti modelli di servizio di livello ATM, ciascuno caratterizzato dall'uso di uno specifico insieme di parametri di traffico e di procedure di controllo. L'uso di diverse classi di trasporto è di interesse sia per l'utente, che può adattare meglio le capacità di trasferimento del livello ATM alle caratteristiche dell'applicazione utilizzata, che per il gestore, che può ottenere un più efficiente sfruttamento delle risorse di rete.
- Al momento sono state definite in ITU-T e ATM Forum cinque diverse classi di trasporto ATM:
 - *DBR (Deterministic Bit Rate)* nella terminologia ITU-T o *CBR (Constant Bit Rate)* nella terminologia ATM Forum, utilizzabile per connessioni che richiedono una quantità costante di banda che deve risultare continuamente disponibile durante tutta la durata della connessione stessa. Il descrittore di traffico è la frequenza di picco con cui vengono emesse le celle dalla sorgente.
 - *SBR (Statistical Bit Rate)* nella terminologia ITU-T o *VBR (Variable Bit Rate)* nella terminologia ATM Forum, utilizzabile in quei casi in cui le caratteristiche di traffico delle sorgenti sono note non solo tramite la frequenza di picco di celle ma anche attraverso quella media e la durata massima dei burst che una sorgente può emettere. Tale conoscenza consente l'utilizzo di schemi di multiplexazione statistica dei flussi di traffico trasportati.
 - *UBR (Unspecified Bit Rate)* prevista, per ora, solo in ATM Forum per trasportare traffico con caratteristiche difficilmente prevedibili e dedicata a connessioni per le quali, inoltre, non si richiedono requisiti di Qualità del Servizio.
 - *ABR (Available Bit Rate)*, nota con questo nome sia in ITU-T che in ATM Forum ed utilizzabile quando le sorgenti sono in grado di ridurre la banda impiegata se la rete non ha sufficiente capacità disponibile. In questo caso le caratteristiche di trasferimento di livello ATM fornite dalla rete alla connessione possono cambiare successivamente all'instaurazione della connessione stessa. Le caratteristiche di traffico della sorgente sono descritte, in fase di definizione del contratto di traffico, dalla massima frequenza di celle richiesta *PCR (Peak Cell Rate)* e dalla minima frequenza utilizzabile *MCR (Minimum Cell Rate)*.
 - *ABT (ATM Block Transfer)* prevista, per ora, solo in ITU-T per trattare, su base *burst* di celle ATM, un'allocazione dinamica delle risorse durante la fase attiva della connessione. Il descrittore di traffico prevede la dichiarazione della massima frequenza di picco di celle che è possibile richiedere per ogni singolo *burst* durante la chiamata.

- i modi SBR-2 e SBR-3 prevedono invece la distinzione delle celle in base al bit CLP e richiedono la definizione del parametro PCR per il solo flusso aggregato e la definizione dei parametri SCR e IBT per il solo flusso ad alta priorità (CLP=0); la differenza tra questi due modi consiste solo nelle modalità con cui sono trattate eventuali celle ad alta priorità non conformi: nel modo SBR-2 queste celle vengono scartate, mentre nel modo SBR-3 sono soggette al *tagging*, prima illustrato.

Anche l'applicabilità delle classi di QoS, secondo l'approccio ITU-T è diversa per i tre diversi modi: quello SBR-1 può essere associato

alle classi 1, 2 e U, mentre i modi SBR-2 e SBR-3 sono in genere associati alla classe 3 (l'unica che prevede la differenziazione delle celle in base al bit CLP) o, eventualmente, alla classe U. Le connessioni sono soggette ad un controllo di accettazione che prevede l'allocazione statistica delle risorse sulla base dei parametri dichiarati (PCR, SCR, IBT). Questi parametri sono anche sottoposti a una verifica di conformità da parte della rete. Le funzioni di controllo del traffico rilevanti per questa classe sono pertanto la funzione di accettazione delle connessioni e le funzioni di controllo di conformità dei parametri di traffico relative a PCR, SCR e IBT.

Classe UBR (*Unspecified Bit Rate*)

Questa classe non prevede alcuna forma di allocazione delle risorse alle diverse connessioni, ma si basa su una condivisione libera delle risorse disponibili. Essa è stata introdotta per offrire un servizio economico per il trasporto con gli attuali protocolli di trasmissione dati (tipicamente il TCP), che offrono un traffico difficilmente prevedibile (in quanto dipende dalla perdita di pacchetti che si verifica nella rete), ma sono relativamente robusti rispetto alla perdita di celle, non hanno stringenti requisiti temporali e posseggono una certa capacità di autoadattare la velocità di trasmissione allo stato presunto della rete. In questo caso è prevista una caratterizzazione del traffico mediante il solo parametro PCR e non è offerta alcuna garanzia di QoS. Le connessioni sono soggette ad un controllo di accettazione piuttosto blando, finalizzato essenzialmente a limitare il numero di connessioni di questo tipo che possono essere presenti contemporaneamente, in modo da consentire un'accettabile condivisione delle risorse. Il parametro PCR potrebbe essere soggetto a verifica di conformità da parte della rete. È importante sottolineare che questa classe è per ora considerata solo in ATM Forum, e non in ITU-T: in quest'ultimo ambito è infatti prevalsa per il momento la tendenza a considerare il modo UBR non tanto come una classe di trasporto, quanto come un servizio da offrire associando una certa classe di trasporto, ad esempio la classe DBR, ad una QoS di classe U.

Classe ABR (*Available Bit Rate*)

Questa classe prevede la capacità di variare dinamicamente le risorse allocate a ciascuna connessione, adattandole alle reali esigenze dei terminali e, soprattutto, allo stato di occupazione della rete. Per realizzare questa modalità di funzionamento è necessaria l'utilizzazione di un anello di controllo basato su un protocollo di *RM (Resource Management)*, le cui unità dati sono trasportate a livello ATM all'interno della connessione controllata (figura 5). Tale anello di controllo può agire fra i due terminali estremi della connessione ABR, come nel caso della figura 5, o può essere segmentato in varie porzioni all'interno della rete, utilizzando negli *NE (Network Element)* funzioni di destinazione e sorgente virtuale per le sole informazioni di controllo.

Nella figura 5 è stato indicato per semplicità un solo verso di trasferimento dei dati d'utente con il relativo anello di controllo, ma va precisato che, nel caso più generale di comunicazione bidirezionale, sono necessari due anelli sui quali le informazioni di controllo "ruotano" in versi opposti.

La classe di trasporto ABR è stata pensata come miglioramento della classe UBR, e dovrebbe essere utilizzabile dai protocolli di trasmissione dati della prossima generazione, ovvero da quelli appositamente definiti per il trasporto in tecnica ATM. In linea di principio la classe ABR consente di garantire una bassa probabilità di perdita delle celle, a patto che le sorgenti modulino la loro frequenza di trasmissione di celle in funzione dei segnali di controllo

generati dalla rete. La classe ABR prevede che il traffico venga caratterizzato specificando il valore massimo di banda richiesta, mediante il parametro PCR e, eventualmente, anche il valore minimo, chiamato *MCR (Minimum Cell Rate)*. Le funzioni di controllo del traffico rilevanti per questa classe, ancora in fase di definizione, sono una funzione di accettazione delle connessioni piuttosto lasca, basata sul valore di MCR, e una funzione di controllo di conformità relativa al parametro PCR di tipo "dinamico", cioè in grado di modificare dinamicamente il valore dei suoi parametri utilizzando la frequenza di trasmissione consentita di volta in volta dalla rete.

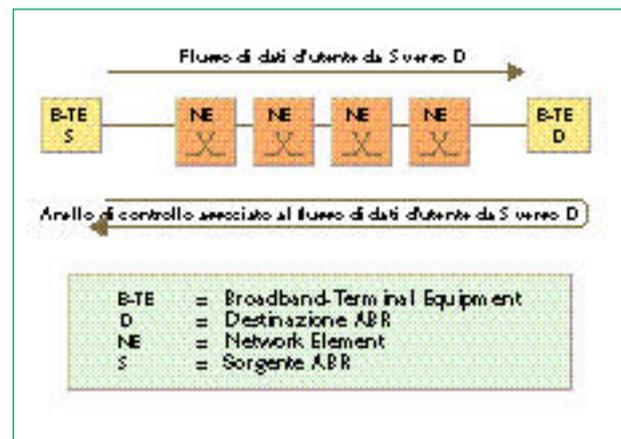


Figura 5 Controllo di flusso nella classe di trasporto Available Bit Rate.

Classe ABT (*ATM Block Transfer*)

Questa classe prevede che l'allocazione delle risorse non venga effettuata su base connessione quanto su base *burst*. In fase d'instaurazione della connessione viene stabilita la connettività tra sorgente e destinazione, ma non sono allocate risorse trasmissive. Queste vengono allocate e rilasciate dinamicamente soltanto durante i periodi di effettiva attività della sorgente, mediante un apposito protocollo che opera a livello ATM mediante celle di *RM (Resource Management)* e risulta pertanto particolarmente veloce. In figura 6 è evidenziato il fatto che fra *burst* ATM e unità dati del protocollo di livello superiore *CS-PDU (Convergence Sublayer-Protocol Data Unit)* non c'è in generale una relazione biunivoca. È possibile, infatti, che non solo una CS-PDU possa essere segmentata in più *burst* ATM emessi a differente frequenza di picco, ma che anche un insieme di CS-PDU possa essere convertito in uno o più *burst* ATM.

Sono stati definiti due diversi modi di operare:

- il modo *ABT-DT (ABT-Delayed Transmission)*, in cui ogni aumento della velocità di trasmissione da parte del terminale deve attendere un'autorizzazione esplicita da parte della rete, inviata solo dopo che sono state riservate le risorse trasmissive necessarie;
- il modo *ABT-IT (ABT-Immediate Transmission)*, in cui gli aumenti della velocità di trasmissione possono seguire immediatamente le richieste di autorizzazione (senza attendere la risposta), ma

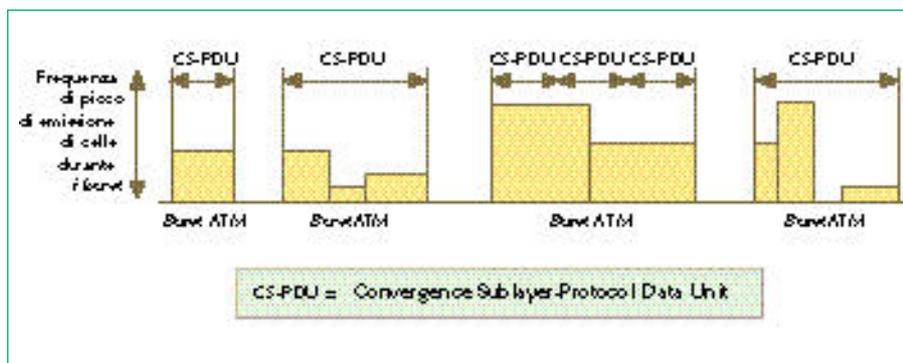


Figura 6 Burst ATM nella classe di trasporto ATM Block Transfer.

non è detto che esistano risorse per soddisfare queste richieste, e si può quindi verificare la perdita di blocchi d'informazioni.

Entrambi i modi possono inoltre operare con modalità rigida o elastica. Con la prima modalità le richieste sono accettate solo in caso di disponibilità della banda richiesta; con la seconda le richieste possono essere accettate anche in caso di disponibilità di una banda inferiore, e il valore della banda effettivamente assegnata alla connessione viene comunicato alla sorgente nel messaggio di risposta.

Il protocollo di negoziazione delle risorse rappresenta la funzione centrale per l'allocazione delle risorse prevista dalla classe ABT; esso tuttavia non è stato ancora specificato anche se dovrebbe essere basato sull'evoluzione di un protocollo proposto già da qualche anno da France Télécom.

La QoS per questa classe è specificata in termini di:

- probabilità di perdita dei blocchi (nella modalità Immediate Transmission) o ritardo di accettazione dei blocchi (nella modalità Delayed Transmission);
- probabilità di perdita delle celle (all'interno di blocchi accettati dalla rete);
- variazione di ritardo delle celle CDV tra due punti relativa alle celle interne ad un blocco accettato dalla rete.

Nelle intenzioni dei tecnici che propongono la classe ABT, essa dovrebbe rappresentare uno strumento estremamente flessibile, capace di ricoprire le funzioni della classe SBR così come quelle della classe ABR. Questa visione non è però condivisa unanimemente: tant'è che l'interesse per questa classe è limitato all'ambito ITU-T e questa situazione rappresenta una seria incognita sulle effettive prospettive di sviluppo di questa classe.

4. Conclusioni

A conclusione di questa panoramica può essere rilevato che l'intensa attività di standardizzazione in materia ha lasciato ancora aperte diverse questioni. A breve termine dovrà infatti ancora essere svolta un'intensa attività sulle modalità di offerta delle classi di trasporto SBR, ABR e ABT. L'unica classe di trasporto oggi offerta in Rete ATM è quella DBR, per l'indisponibilità di apparati in grado di gestire le altre

classi. Una sperimentazione in ambito europeo della classe SBR, basata sulle Raccomandazioni ITU-T al riguardo, è stata concordata tra i gestori europei nell'ambito del progetto della comunità denominato JAMES. Più a lungo termine appare ragionevole prevedere ancora un'attività di rilievo sulla caratterizzazione del traffico e sulla definizione di nuove classi di trasporto, in modo da rendere la rete sempre più flessibile ed efficiente.

Una considerazione finale riguarda inoltre i rapporti tra le diverse classi di trasporto descritte nel paragrafo 3, con particolare riferimento alla classe ABT. Si è già accennato al fatto che questa classe potrebbe costituire un'alternativa alla classe SBR e, soprattutto, alla classe ABR.

È presumibile anche che ABR e ABT saranno adottate in futuro per un impiego con lo stesso tipo di connessioni, causando problemi di compatibilità tra terminali e tra reti di gestori diversi. Questa situazione potrà essere evitata solo se tutte le organizzazioni interessate coopereranno per individuare le specifiche aree di applicazione per le due tecniche o per convergere su un'unica soluzione. Purtroppo non si intravedono al momento segnali in questo senso, in quanto gli Enti statunitensi sembrano interessati solo alla definizione della classe ABR, mentre France Télécom sembra puntare esclusivamente sulla classe ABT e gli altri gestori europei non sembrano ancora pronti a prendere una posizione precisa in proposito.

Bibliografia

- [1] Garetti E.; Pietroiusti R.: *ATM Aspetti Generali*. «Notiziario Tecnico Telecom Italia», Anno 5 n. 1, maggio 1996.
- [2] Garetti E.; Pietroiusti R.; Renon F.: *ATM: modelli dei protocolli e funzioni di rete*. «Notiziario Tecnico Telecom Italia», Anno 5 n. 2, settembre 1996.
- [3] Racc. ITU-T I.371: *Traffic control and congestion control in B-ISDN*. Maggio 1996.
- [4] Racc. ITU-T I.356: *B-ISDN ATM layer cell transfer performance*. Maggio 1996.
- [5] Spec. ATM Forum: *UNI signalling specification - version 4.0*. Aprile 1996.
- [6] Spec. ATM Forum: *TM specification - version 4.0*. Aprile 1996.
- [7] Spec. ATM Forum: *UNI specification - version 3.1*. Settembre 1994.
- [8] Spec. ATM Forum: *B-ICI specification - version 1.1*. Settembre 1994.

Abbreviazioni

ABR	Available Bit Rate
ABT	ATM Block Transfer
ABT-DT	ABT-Delayed Transmission
ABT-IT	ABT-Immediate Transmission
ATC	ATM Transfer Capability
ATM	Asynchronous Transfer Mode
B-ICI	Broadband-Inter Carrier Interface
B-ISDN	Broadband-Integrated Services Digital Network
B-TE	Broadband-Terminal Equipment
CBR	Constant Bit Rate
CDV	Cell Delay Variation
CDVT	Cell Delay Variation Tolerance
CER	Cell Error Ratio
CLP	Cell Loss Priority
CLR	Cell Loss Ratio
CS-PDU	Convergence-Sublayer Protocol Data Unit
CTD	Cell Transfer Delay
DBR	Deterministic Bit Rate
GCRA	Generic Cell Rate Algorithm
IBT	Intrinsic Burst Tolerance
ITU-T	International Telecommunication Union - Telecommunication standardization sector
MCR	Minimum Cell Rate
MBS	Maximum Burst Size
NE	Network Element
NNI	Network Node Interface
NPC	Network Parameter Control
OAM	Operation And Maintenance
PCR	Peak Cell Rate
PDU	Protocol Data Unit
QoS	Qualità del Servizio
RM	Resource Management
SAP	Service Access Point
SBR	Statistical Bit Rate
SCR	Sustainable Cell Rate
STD	Source Traffic Descriptor
TAT	Theoretical Arrival Time
TCP	Transmission Control Protocol

UBR	Unspecified Bit Rate
UNI	User Network Interface
UPC	Usage Parameter Control
VBR	Variable Bit Rate
VC	Virtual Channel
VCC	Virtual Channel Connection
VP	Virtual Path
VPC	Virtual Path Connection



Paolo Castelli. Laureato in Ingegneria Elettronica nel 1985, è entrato in CSELT nel 1989 dopo alcuni anni di esperienza come sistemista software in un'azienda orientata all'automazione industriale. In CSELT si è occupato dei problemi relativi al controllo del traffico nelle reti ATM partecipando fra l'altro alla realizzazione della Rete Pilota ATM e a numerosi progetti EURESCOM relativi allo sviluppo delle reti ATM. Partecipa all'attività di standardizzazione in ambito ITU-T SG 13 e in ambito ETSI NA5, dove è stato responsabile del gruppo di lavoro relativo agli aspetti di traffico per la B-ISDN. Dal 1996 ha assunto in CSELT la responsabilità dell'Unità di Ricerca "Ingegneria del Traffico" nell'ambito della linea "Pianificazione Reti".



Livia De Giovanni si è laureata in Scienze Statistiche, indirizzo Metodologico, presso l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza". Dal 1988 al 1997 ha operato nella Linea Ricerca e Sviluppo della Direzione Generale SIP (oggi Telecom Italia), all'interno del settore Commutazione. Dopo aver svolto attività nell'ambito del riconoscimento del segnale vocale tramite tecniche neurali, per diversi anni è stata impegnata nello studio della tecnica ATM, con riferimento alla quale ha curato le specifiche di apparati di commutazione e dei corrispondenti sistemi gestionali e la definizione, in Enti internazionali di normativa (ITU-T ed ETSI) e di sperimentazione su scala geografica della tecnologia ATM (progetto JAMES), delle funzioni di controllo del traffico e di allocazione delle risorse. Da marzo 1997 è ricercatore in Statistica Matematica presso L'Università degli Studi del Molise.



Paolo Vittori si è laureato in Ingegneria Elettronica presso l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza". È entrato a far parte nel 1992 della Linea Ricerca e Sviluppo della Direzione Generale SIP (oggi Telecom Italia), dove opera all'interno del settore Commutazione. La sua attività è stata fin dall'inizio indirizzata allo studio di sistemi ATM, sia attraverso un iniziale coinvolgimento nella definizione delle specifiche di apparati di commutazione e dei corrispondenti sistemi gestionali, che mediante la partecipazione a Enti internazionali di normativa (ITU-T ed ETSI) e sperimentazione su scala geografica della tecnologia ATM (progetto JAMES).

Caratteristiche dello standard DECT per applicazioni di tipo pubblico

ELIO FIORINA
PAOLO IMPIGLIA
ENRICO VENUTI

L'introduzione di una nuova tecnologia, atta all'utilizzo di terminali d'utente per un servizio pubblico, comporta la definizione di importanti requisiti, necessari per un corretto e sicuro interlavoro tra apparati di costruttori diversi, ed in alcuni casi tra sistemi appartenenti a gestori diversi.

L'articolo si inserisce in un ciclo dedicato al DECT, le cui caratteristiche generali sono state presentate nel precedente numero di questa rivista. Esso presenta anzitutto gli aspetti di maggior rilievo posti a base dello standard DECT e riporta poi le caratteristiche fisiche e funzionali pertinenti alle applicazioni di tipo pubblico.

L'approccio seguito nella trattazione è quello di illustrare anche le principali motivazioni che hanno condotto alle scelte tecniche effettuate tra le diverse possibili soluzioni offerte sulla base delle quali è stata realizzata la normativa DECT in ETSI.

Sono, inoltre, descritte due tematiche di particolare interesse: la prima è relativa alla sicurezza, intesa sia come riservatezza della comunicazione, sia come robustezza del sistema a tentativi di abuso o di manomissione; la seconda riguarda la certificazione, ovvero la verifica della rispondenza di un nuovo prodotto, terminale o stazione radio, a tutte le caratteristiche fisiche e funzionali prescritte dallo standard.

1. Generalità

Il DECT è una tecnica di accesso radio per telecomunicazioni senza filo (wireless) per brevi distanze. Si tratta di una tecnologia numerica ad alta capacità, a dimensionamento picocellulare delle celle, con raggio variabile da qualche decina di metri a qualche chilometro, a seconda delle applicazioni e dell'ambiente, e può essere utilizzata per offrire servizi, sia di telefonia, sia di trasmissione dati. La flessibilità dello standard consente di poter utilizzare questa tecnologia di accesso sia per applicazioni residenziali di tipo cordless, sia per applicazioni di mobilità locale in ambito urbano. Inoltre, lo standard, grazie alla selezione dinamica dei canali, permette una installazione non coordinata delle stazioni radio, sia da parte di un singolo gestore, sia da parte di più gestori, consentendo a più gestori o servizi di condividere la banda di frequenze disponibile.

Lo standard DECT è definito da una architettura di tipo "a strati", che definisce le funzionalità e le caratteristiche dei protocolli dallo strato più basso (*strato fisico*) a quello più alto (*strato di rete*). Nel seguito dell'articolo vengono descritte le particolarità dei protocolli definiti dallo standard che conferiscono al DECT quelle caratteristiche che lo contraddistinguono dagli altri sistemi di accesso radio.

2. Gli strati bassi dell'architettura DECT

L'architettura dei protocolli relativi allo standard DECT è basata sul modello di riferimento ISO (*International Standardisation Organisation*) OSI (*Open System Interconnection*) e si estende dal livello 1 (*strato fisico*) al livello 3 (*strato di rete*), anche se, come mostrato in figura 1, non è possibile stabilire una corrispondenza

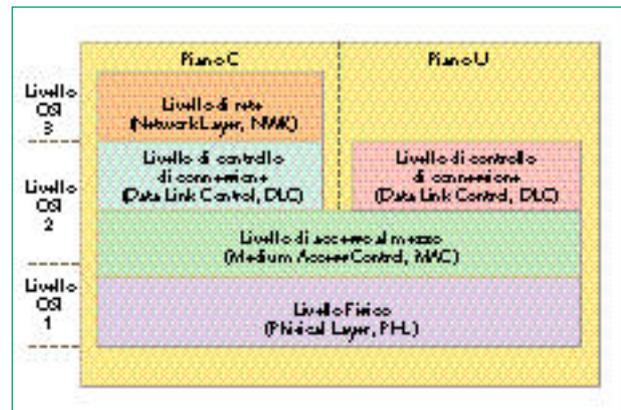


Figura 1 Corrispondenza tra i livelli dei protocolli DECT e gli strati del modello OSI.

precisa tra i livelli definiti dallo standard DECT e gli strati definiti dall'OSI.

Come mostrato nella figura 1 l'architettura dei livelli DECT è suddivisa in *Piano C (Piano di Controllo)* e *Piano U (Piano di Utente)*: al primo competono le funzioni di controllo di chiamata, di gestione della mobilità e di sicurezza [1]; le funzioni di segnalazione della rete fissa di interesse - quali ad esempio quelle relative all'instaurazione di una chiamata oppure all'invio del numero chiamato - sono anch'esse allocate nel Piano di Controllo tramite l'utilizzo di funzioni di interlavoro. Le altre funzioni sono invece trasferite in modo trasparente attraverso il Piano di Utente, il cui compito principale riguarda il trasporto delle informazioni di traffico (fonia e dati).

Alcune funzionalità peculiari del Piano di Utente, quale ad esempio l'handover (come è chiarito nel riquadro 1, l'handover è il passaggio della chiamata da un canale radio ad un altro) e la protezione dagli errori, sono legate a messaggi gestiti dal Piano di Controllo [1]. Come mostrato in figura 1, i protocolli utilizzati dal Piano di Utente interessano i primi due livelli dello standard OSI, mentre quelli del Piano di Controllo arrivano fino al terzo livello.

Lo strato fisico *PHL (PHysical Layer)* riguarda sia

l'impiego dello spettro radio a disposizione per il DECT (1880 ÷ 1900 MHz), sia l'attivazione e la gestione dei canali fisici su richiesta del livello *MAC (Medium Access Control)*. Il livello MAC, oltre ad allocare le risorse radio tramite l'attivazione e la disattivazione dei canali fisici, provvede anche a moltiplicare sui canali fisici i canali logici di informazione e di segnalazione, e ad effettuare la protezione dei dati dagli errori. Le funzioni del livello di controllo di connessione *DLC (Data Link Control)* si differenziano a seconda che si tratti del Piano di Utente o del Piano di Controllo: nel caso del Piano di Controllo la funzione svolta dal DLC riguarda l'instaurazione e il mantenimento di connessioni affidabili; nel caso del Piano di Utente il DLC fornisce trasmissioni sia trasparenti, sia protette da errori nonché la gestione del Connection Handover [1], per la cui descrizione si rimanda al riquadro che segue.

2.1 Il livello fisico e il livello di accesso al mezzo

La tecnica di accesso radio normalizzata per il DECT [3] è del tipo multi portante con accesso multiplo e duplex a divisione di tempo *MC/TDMA/TDD (Multi Carrier / Time Division Multiple Access / Time Division Duplex)*.

GLI HANDOVER DEL DECT

- La procedura di handover è necessaria per mantenere una chiamata in corso, sia in termini di continuità, sia di qualità della conversazione al variare degli spostamenti del terminale e delle condizioni di propagazione radio.
- Lo standard DECT definisce l'handover come "...il processo che consente il passaggio della chiamata in corso da un canale fisico ad un altro canale fisico". Questo processo può essere sia interno, sia esterno al sistema che compone la parte fissa (Stazioni Radio Base più controllore): nel caso in cui il processo di handover è interno al sistema, l'handover è chiamato *handover interno* ("internal handover"), ed ha la caratteristica di reinstradare le connessioni relative ad una chiamata coinvolgendo solo gli strati più bassi dell'architettura dei protocolli DECT, mantenendo invariata la chiamata a livello di strato di rete. Inoltre, a seconda che la riconnessione degli strati più bassi sia gestita dal livello MAC o dal livello DLC un *handover interno* può essere rispettivamente di tipo *bearer* o *connection*: il bearer handover è gestito dal livello MAC e reinstrada le connessioni all'interno del MAC stesso, mentre il connection handover è gestito dal livello DLC e reinstrada la chiamata tra due connessioni MAC diverse.
- Nel caso in cui il processo di handover sia esterno al sistema che compone la parte fissa, l'handover è chiamato *handover esterno* ("external handover") ed ha la caratteristica di commutare una chiamata in corso tra due parti fisse appartenenti a sistemi tra loro indipendenti. Questo tipo di handover è abbastanza complesso, ed è trattato in dettaglio nel capitolo 3.
- La procedura di handover è sempre iniziata dal terminale e in tutti i casi il passaggio da un canale all'altro non è avvertito dagli utilizzatori (l'handover ha la caratteristica di essere *seamless*). Questo è possibile mediante la combinazione della tecnica di accesso TDMA e della selezione dinamica dei canali *DCS (Dynamic Channel Selection)* descritta nel paragrafo 2.3 del presente articolo. La procedura permette il rilascio della vecchia connessione da parte del terminale solo dopo che questo ha instaurato e avviato l'impiego della nuova connessione. In questo modo le due connessioni sono per un breve periodo di tempo contemporaneamente attive, con il risultato di evitare interruzioni sul canale di fonia o di dati.

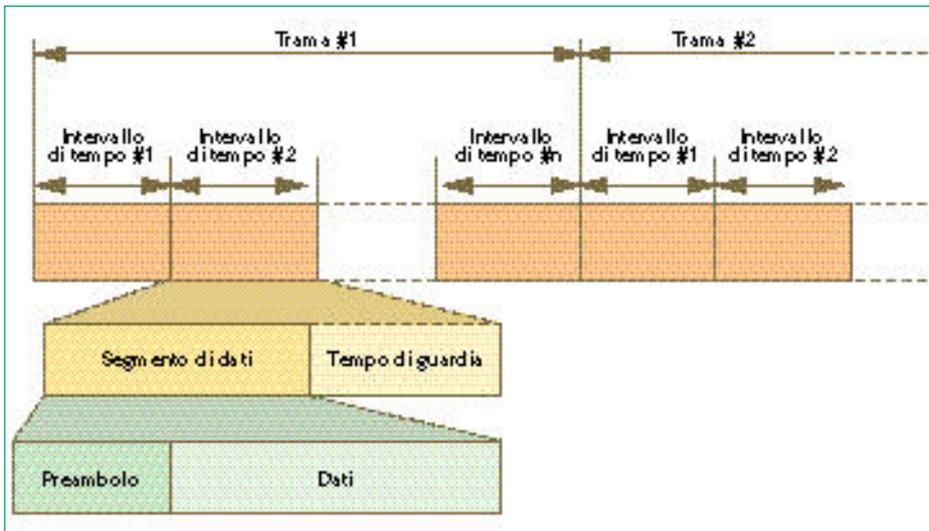


Figura 2 Struttura della trama TDMA.

L'accesso è chiamato Multi Portante (MC) in quanto impiega dieci portanti a radio frequenza nei 20 MHz della banda a disposizione, spaziate di 1,728 MHz l'una dall'altra ed identificate dalla seguente relazione:

$$f_c = f_0 - C \cdot 1,728 \text{ MHz}$$

in cui :

$$C = 0, 1, \dots, 9$$

$$f_0 = 1897,344 \text{ MHz}$$

La banda di ogni singolo canale a radio frequenza è definita dall'intervallo di frequenza:

$$f_c - 1,728/2 \text{ MHz} \div f_c + 1,728/2 \text{ MHz}$$

Le stazioni radio trasmettono la frequenza centrale di ogni canale a radio frequenza nell'intervallo definito da $f_c \pm 50 \text{ kHz}$, mentre i terminali garantiscono un'accuratezza sulla frequenza centrale di $\pm 50 \text{ kHz}$ rispetto ad un riferimento assoluto o rispetto alla portante ricevuta.

Per ciascuna delle dieci portanti a radio frequenza è utilizzata una tecnica di accesso multiplo a divisione di tempo (TDMA). Questo tipo di accesso consente a più utilizzatori di condividere un singolo canale radio, relativo a ciascuna portante, mediante la suddivisione in trame temporali del canale a radio frequenza: ogni utilizzatore dispone infatti periodicamente di un determinato intervallo di tempo (*time slot*) nel quale trasmette o riceve, di volta in volta, una parte del suo segnale (*burst*). La periodicità di questi intervalli di tempo dipende naturalmente dalla durata di essi e dal numero di intervalli di tempo che formano la trama.

In questo modo, il canale di un utilizzatore è composto dall'insieme degli intervalli di tempo che occupano una prefissata posizione nella trama e che si presentano in ricezione con un periodo pari alla lunghezza della trama stessa. Per ottenere questo tipo di accesso multiplo è necessario sincronizzare gli intervalli di tempo relativi a tutti gli utilizzatori; poiché non è possibile ottenere una sincronizzazione perfetta [2], è stato tenuto conto dei differenti ritardi dovuti alla propagazione del segnale radio introducendo un tempo di guardia tra due intervalli di tempo succes-

sivi. Come mostrato in figura 2, per consentire il recupero del sincronismo in ricezione, ai bit utilizzati per il trasporto dell'informazione sono aggiunti alcuni bit di valore noto che costituiscono il *preambolo*.

Lo standard DECT prescrive che le trame contengano 11520 bit [3] e che la trasmissione di ciascuna di esse sia effettuata con una velocità di 1152 kbit/s; ogni trama ha quindi una durata di 10 ms. Come mostrato in figura 3, nei 10 ms sono definiti 24 intervalli di tempo ciascuno della durata di 417 μs e contenente 480 bit: i primi 12 intervalli di tempo, numerati da 0 a 11, sono utilizzati per la trasmissione dalla stazione base al terminale mentre il secondo blocco di 12 intervalli di tempo, numerati da 12 a 23, è utilizzato per la trasmissione in senso inverso. Si realizza così un collegamento duplex a divisione di tempo *TDD (Time Division Duplex)*.

Ogni portante a radio frequenza può contenere pertanto 12 canali bidirezionali (24 canali fisici nei due sensi di trasmissione), nella banda assegnata di 20 MHz, si hanno in conseguenza a disposizione 120 canali bidirezionali di traffico. Se una stazione radio è costituita da un solo trasmettitore a radio frequenza, essa

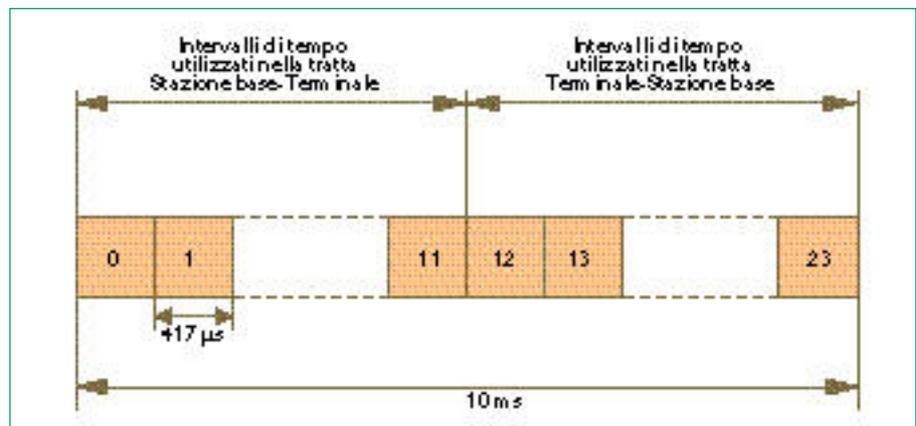


Figura 3 Struttura della trama DECT (TDMA/TDD).

può gestire al più 12 canali fisici bidirezionali.

Ogni canale fisico è individuato dalla coppia di valori dati dalla frequenza portante e dall'intervallo temporale utilizzati.

Oltre agli intervalli di tempo sopra descritti (denominati *full slot*) lo standard DECT definisce altri due tipi di intervalli di tempo: il primo denominato *half slot*, l'altro chiamato *double slot*. Come descritto in precedenza un full slot contiene 480 bit, compresi quelli che compongono il tempo di guardia, ed è numerato da 0 a 23; un half slot contiene 240 bit, compresi anche in questa configurazione quelli che compongono il tempo di guardia, ed è individuato da una coppia di numeri: il primo si riferisce al full slot di appartenenza, mentre il secondo può valere 0 o 1. Questo tipo di intervallo temporale potrà in futuro consentire di trasmettere un numero doppio di canali nel caso in cui si utilizzi, ad esempio, un codificatore vocale a velocità più ridotta [2].

Un double slot contiene 960 bit (anche in questo caso sono compresi quelli che formano il tempo di guardia) ed esso è identificato con uno dei numeri pari variabili tra 0 e 22; questo tipo di intervallo temporale può essere utilizzato ad esempio per la trasmissione di dati sulla rete ISDN [2].

Nel seguito dell'articolo, quando non è indicato diversamente, si fa sempre riferimento ad intervalli di tempo (time slot) del tipo full slot.

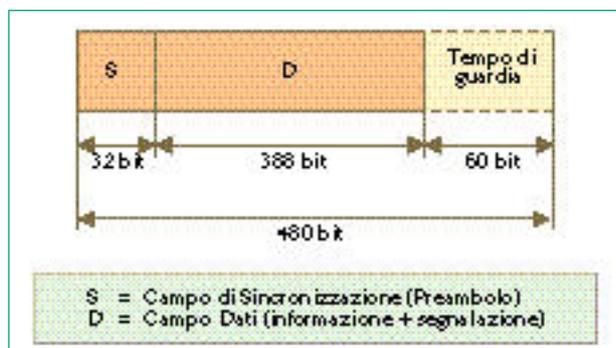


Figura 4 Struttura dell'intervallo di tempo (time slot).

Come mostrato in figura 4, a livello di strato fisico, ogni intervallo di tempo è composto da tre campi: il primo, denominato campo *S* (*Sincronizzazione*), è costituito da una parola nota di 32 bit e costituisce il preambolo; il secondo, denominato campo *D* (*Dati*), contiene 388 bit: di questi 324 bit sono impiegati per l'informazione e 64 bit per la segnalazione (la discriminazione è effettuata a livello MAC); il terzo campo, contiene i 60 bit che compongono il tempo di guardia. Dal momento che, come si vedrà in seguito, dei 324 bit di informazione contenuti nel campo *D*, quattro sono utilizzati dallo strato MAC per il controllo della qualità del canale, il fattore di ridondanza introdotto per ogni burst è pari a 480 bit/320 bit ovvero esso risulta pari a 1,5.

Nel caso di intervalli di tempo del tipo half slot o double slot, il campo *D* contiene, rispettivamente, 148 bit e 868 bit, mentre rimangono invariate le lunghezze del campo *S* e del tempo di guardia. I bit

del campo *D* impiegati per l'informazione degli intervalli di tempo *half slot* e *double slot* sono rispettivamente 84 e 804 (figura 5) mentre sono sempre utilizzati 4 bit per il controllo della qualità del canale [4]; il fattore di ridondanza nei due casi vale pertanto rispettivamente 240 bit/80 bit e 960 bit/800 bit, ovvero 3 nel caso di *half slot* e 1,2 nel caso di *double slot*.

Il codificatore vocale specificato per il DECT rispetta lo standard ADPCM a 32 kbit/s (in accordo con la Raccomandazione G.721 del CCITT). Il trasmettitore è attivato per ogni canale di fonìa a cadenza di trama e quindi ogni 10 ms: in ogni intervallo di tempo sono perciò contenuti 320 bit di informazione vocale. Questo valore coincide con quello ricavato in precedenza nella definizione del campo *D* relativamente alla struttura dell'intervallo di tempo.

I 24 canali fisici che costituiscono la trama DECT possono essere raggruppati dallo strato MAC in molti modi a seconda del tipo di trasmissione che si intende effettuare: l'insieme di uno o più canali fisici è denominato *bearer* (portante). In particolare sono definiti tre tipi di bearer:

- *simplex*: esso è costituito da un singolo canale fisico ed è utilizzato per trasmettere le informazioni in una sola direzione, ad esempio per il canale di segnalazione. I *simplex bearer* possono essere di tipo corto o lungo: i primi contengono solo il canale di segnalazione mentre quelli di tipo lungo contengono sia il canale di segnalazione sia quello di traffico;
- *duplex*: è costituito da una coppia di simplex che operano in direzioni opposte sulla stessa portante a radio frequenza e sono spazati temporalmente di un passo equivalente a 12 intervalli di tempo. Questo tipo di bearer è utilizzato ad esempio per le trasmissioni vocali oppure come elemento base di una trasmissione simmetrica costituita da più bearer (definita multi-bearer);
- *double simplex*: esso è costituito come il duplex ma in questo caso i due canali fisici operano nella stessa direzione. Questo tipo di bearer è utilizzato anche in trasmissioni di tipo asimmetrico (può essere impiegato come elemento base di una trasmissione asimmetrica costituita da più bearer come, ad esempio, per una trasmissione in facsimile).

Un bearer, può assumere tre stati di funzionamento:

- *dummy bearer*: è di tipo simplex corto e non contiene dati, ma è impiegato solo per servizi relativi a messaggi di tipo diffusivo (*broadcast*), come ad esempio la trasmissione del canale contenente le informazioni d'identità di sistema;
- *traffic bearer*: può essere sia di tipo duplex sia di tipo double simplex e trasporta dati relativi a servizi orientati alla connessione che il livello MAC trasferisce per conto del livello superiore DLC;
- *connectionless bearer*: può essere sia di tipo simplex sia di tipo duplex e trasporta dati relativi a servizi non orientati alla connessione che il livello MAC trasferisce per conto del livello superiore DLC.

Come accennato in precedenza, nel livello MAC il campo *D* dell'intervallo temporale è diviso a sua volta in due campi (figura 5): il campo *A* contiene i

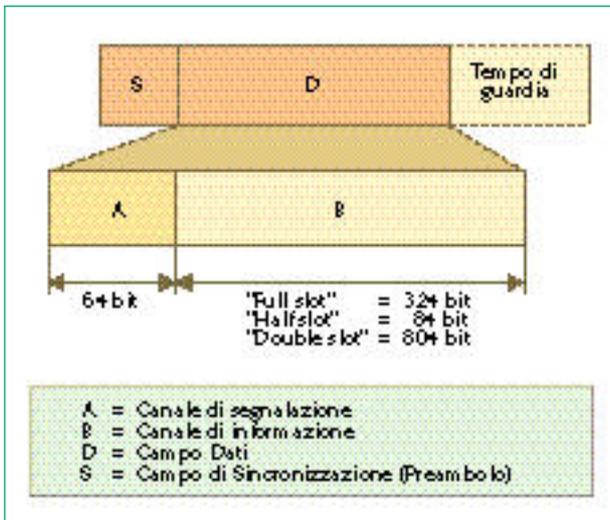


Figura 5 Struttura del campo D.

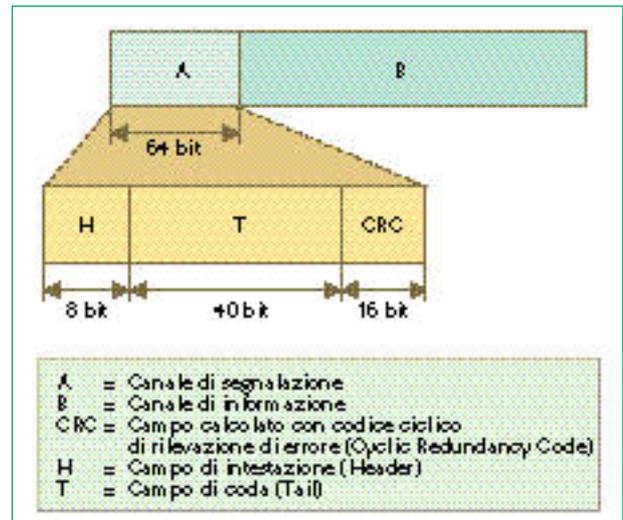


Figura 6 Struttura del campo A del livello MAC.

bit del canale di segnalazione, il campo B quelli di informazione.

Il campo A è di lunghezza fissa pari a 64 bit e presenta la caratteristica di essere protetto in quanto sono utilizzati codici per la rilevazione di errore; la lunghezza del campo B, non protetto, è di 324 bit. Come mostrato in figura 5 nel caso di intervalli di tempo di tipo half slot e double slot il campo B contiene rispettivamente 84 e 804 bit.

Il campo A è costituito a sua volta da tre campi (figura 6): il primo, *H (Header)*, è composto da 8 bit di intestazione che definiscono il contenuto del campo T e del campo B, il campo *T (Tail)* contiene i 40 bit che costituiscono i vari canali di segnalazione, il campo *CRC (Cyclic Redundancy Code)* è composto da 16 bit calcolati con un codice a ridondanza ciclica per la rilevazione degli errori dei canali di segnalazione (che hanno quindi la proprietà di essere "protetti").

Nel campo T possono essere allocati cinque diversi canali logici di segnalazione: il canale M di segnalazione all'interno del MAC; il canale Q di diffusione (broadcast) delle informazioni di sistema; il canale P di paging; il canale N per le informazioni d'identità di sistema ed il canale C di segnalazione associato alla singola connessione. I cinque canali di segnalazione sono multiplexati a divisione di tempo a cadenza di trama: più precisamente in un intervallo di trama la capacità del campo T di tutti gli intervalli di tempo che costituiscono la trama è utilizzata per un solo canale di segnalazione; la trasmissione è ordinata in una struttura gerarchica che si ripete ogni 16 trame. Le 16 trame così ottenute costituiscono una "multitrama" della durata di 160 ms. Nella figura 7 è riportata l'allocazione dei canali di segnalazione nel caso sia della tratta tra la stazione radio fissa e il terminale sia della tratta inversa.

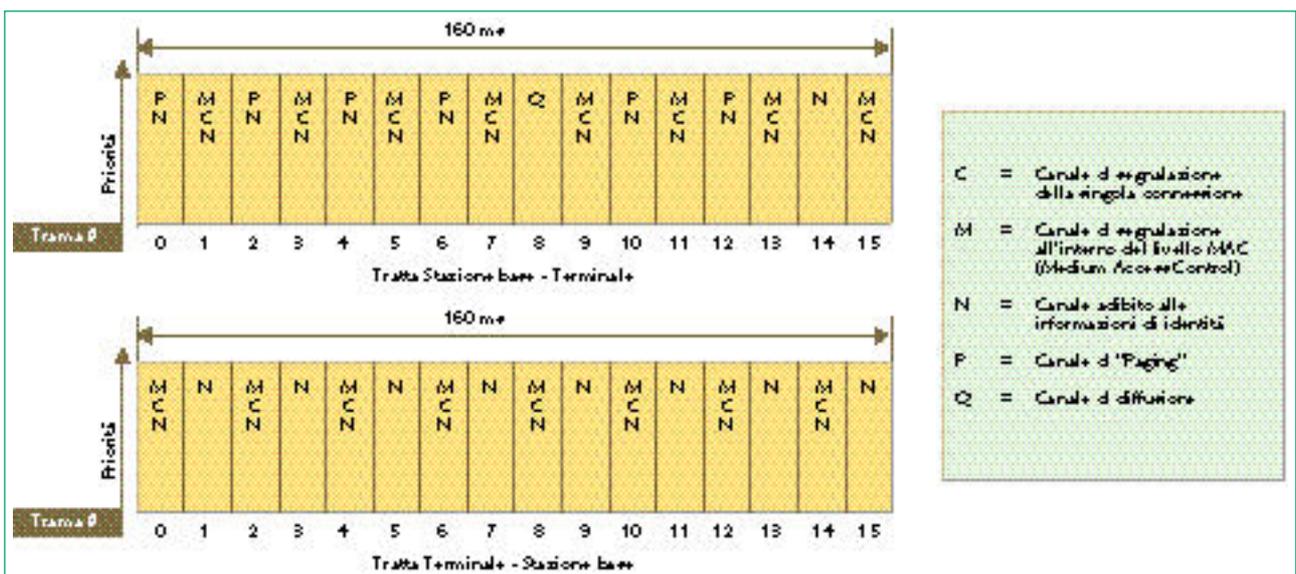


Figura 7 Struttura dei canali logici di segnalazione nella multitrama.

Il sincronismo di multitrama è realizzato inviando nella nona trama della multitrama una particolare configurazione di bit nel campo H. Questa configurazione di bit identifica anche la trasmissione del canale logico di segnalazione Q.

Come mostrato in figura 7, in ogni trama può essere trasmesso uno tra più canali di segnalazione in base alle necessità di segnalazione ed alla priorità indicata. Ciascun canale di segnalazione ha quindi una velocità di trasmissione variabile a seconda che sia trasmesso o no nella trama ad esso assegnata e a seconda del verso di trasmissione che si considera.

Nella tratta tra la stazione radio fissa e il terminale, le velocità di trasmissione dei canali di segnalazione sono:

canale C	0 ÷ 2	kbit/s
canale M	0 ÷ 2	kbit/s
canale N	0,25 ÷ 3,75	kbit/s
canale P	0 ÷ 1,5	kbit/s
canale Q	0,25	kbit/s

mentre nella tratta tra il terminale e la stazione radio fissa sono:

canale C	0 ÷ 2	kbit/s
canale M	0 ÷ 2	kbit/s
canale N	2 ÷ 4	kbit/s
canale P	0 ÷ 1,5	kbit/s

Come accennato in precedenza, il campo B del livello MAC contiene 324 bit dei quali 320 dedicati al trasporto dell'informazione¹. I 4 bit restanti formano un ulteriore campo, denominato campo X, e sono generati con un codice a ridondanza ciclica calcolato sulla base di alcuni dei 320 bit di informazione [2]. Questi bit, a differenza di quelli del campo CRC del campo A, non servono a rilevare e a correggere gli errori di trasmissione, ma consentono di valutare la qualità del canale e di rilevare la presenza di canali interferenti non sincroni (ad esempio provenienti da altri gestori o da altri servizi non sincroni). Nel caso della trasmissione di dati anche i 320 bit di informazione sono protetti introducendo 16 bit di codice a ridondanza ciclica ogni 64 bit di informazione. Il canale logico su cui viaggiano le informazioni trasmesse nel campo B con modalità non protetta è chiamato nella normativa DECT [4] *canale In*, mentre quello trasmesso con modalità protetta è denominato *canale Ip*.

2.2 La trasmissione e la ricezione dei canali fisici

I criteri sui quali è stata basata la scelta del metodo di modulazione per il DECT dovevano consentire la realizzazione di terminali relativamente semplici e a basso costo. La scelta doveva permettere di individuare un metodo che fosse in grado anzitutto di evitare di portare l'informazione impiegando l'ampiezza del segnale modulato, in modo tale da far operare gli stadi di potenza a radio frequenza in saturazione e da generare un segnale a radio frequenza con caratteristiche spettrali tali da minimizzare l'interferenza sui canali adiacenti. Considerata poi la necessità di far lavorare ogni stazione radio e i terminali su più portanti, la scelta doveva consentire di non richiedere filtri a radio frequenza specifici per ogni canale radio, ma adeguati solo a limitare l'emissione

all'interno della banda di lavoro (1880 ÷ 1900 MHz).

Per soddisfare le caratteristiche sopra esposte è stata impiegata la modulazione *GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying)* le cui caratteristiche sono quelle di una modulazione d'angolo a spettro compatto ed a inviluppo costante²: essa infatti è un particolare tipo di modulazione binaria *FSK (Frequency Shift Keying)*. Questo tipo di modulazione è in pratica una modulazione di frequenza in cui i due simboli trasmessi, rappresentanti le due informazioni binarie, hanno la stessa ampiezza, ma differiscono di una fissata deviazione di frequenza, simmetrica rispetto alla frequenza portante. Il doppio del rapporto tra la deviazione di frequenza e la frequenza di emissione dei simboli definisce l'indice di modulazione. Nel caso in cui l'indice di modulazione assume il minimo valore, tale che i due simboli trasmessi risultano ortogonali (coefficiente di correlazione pari a zero), la modulazione è denominata *MSK (Minimum Shift Keying)*. Il valore minimo dell'indice di modulazione, che verifica l'ortogonalità dei simboli trasmessi è 0,5.

Poiché l'indice di modulazione è pari a 0,5, il rapporto tra la frequenza di emissione dei simboli e la deviazione di frequenza è pari a 4: questo significa che la deviazione di frequenza è un quarto della frequenza di emissione dei simboli. Poiché la modulazione è binaria, la frequenza di emissione dei simboli è pari alla frequenza di emissione dei bit: essendo quest'ultima pari a 1152 kbit/s, la deviazione di frequenza nel DECT è pari a 288 kHz. Per questo motivo la normativa DECT [3] impone che uno "0" binario sia codificato con una deviazione di frequenza nominale di picco, rispetto alla portante, di -288 kHz, ed un "1" binario con una deviazione di frequenza nominale di picco, rispetto alla portante, di +288 kHz.

Se il modulatore di frequenza fosse alimentato con segnali di forma rettangolare, poiché l'indice di modulazione è pari a 0,5, la fase del segnale modulato, durante le transizioni dei bit, presenterebbe dei salti bruschi di 90° con conseguente aumento delle componenti spettrali fuori banda [6]. Per ovviare a questo inconveniente, il modulatore di frequenza non è alimentato con segnali di forma rettangolare ma con segnali che transitano in filtri con funzione di trasferimento di forma gaussiana: questo tipo di modulazione è chiamato *GMSK*. Il filtraggio ha quindi la proprietà di rendere compatto lo spettro e di ridurre le componenti fuori banda. La funzione di trasferimento del filtro è determinata univocamente dal prodotto della sua ampiezza di banda B a -3dB

⁽¹⁾ In taluni casi, ad esempio durante l'instaurazione di una chiamata, il campo B non è impiegato per il trasporto dell'informazione di utente, ma è utilizzato per il trasporto della segnalazione. L'utilizzo è definito in base alla configurazione di alcuni bit del sottocampo H del campo A.

⁽²⁾ Le caratteristiche di compattezza dello spettro consistono in pratica nel limitare l'occupazione di banda da parte dei lobi laterali, mentre le caratteristiche di inviluppo costante derivano dall'assenza di variazioni di ampiezza del segnale modulato in funzione del simbolo binario trasmesso.

per il tempo T di emissione di ogni simbolo. Nel caso del DECT si utilizzano filtri che presentano un prodotto BT pari a 0,5.

L'ampiezza di banda di segnali modulati in frequenza risulta essere pari a due volte il prodotto dell'indice di modulazione più uno, per la metà della frequenza di emissione dei simboli. Nel caso del DECT la frequenza di emissione dei simboli è uguale alla frequenza di bit, e quindi risulta di 1152 kbit/s, e l'indice di modulazione è di 0,5; la banda risulta quindi pari a $1,5 \cdot 1152$ kbit/s ovvero 1728 kHz.

La potenza massima nominale trasmessa è di 250 mW (+24 dBm) e la potenza media trasmessa per ogni canale è 10 mW.

In figura 8 è mostrata la densità spettrale di potenza - normalizzata rispetto all'energia per bit - del segnale in uscita dal modulatore ottenuta mediante simulazione al computer [2]. Può essere valutato che la potenza che giace in un canale adiacente, calcolata mediante un opportuno filtraggio [2], si trova 41,5 dB sotto il valore della portante.

La normativa DECT definisce come sensibilità del ricevitore il livello di potenza all'ingresso del ricevitore per cui si ha un tasso di errore BER (*Bit Error Ratio*) di 10^{-3} sul campo D. La stessa normativa specifica che la sensibilità, così definita, non deve essere inferiore a -83 dBm (nel *Generic Access Profile* questo valore è posto a -86 dBm [7]). Inoltre, prima di utilizzare un determinato canale fisico per trasmettere o per ricevere, il ricevitore deve essere in grado di misurare, su quel canale fisico, la potenza dei segnali che risultano compresi almeno tra -93 dBm e -33 dBm con una risoluzione di 6 dB; i risultati di queste misure sono poi utilizzati dai livelli di protocollo più alti per poter stabilire ad esempio quando passare da un canale fisico ad un altro durante una chiamata (di effettuare, cioè, l'handover).

2.3 La selezione dinamica dei canali

La selezione di un canale fisico su cui instaurare una connessione è affidata al terminale. Questo infatti, in base alle misure prima descritte, denominate dalla normativa come indicatori di potenza radio del segnale RSSI (*Radio Signal Strength Indicator*), crea una lista dei canali fisici con minori interferenze. I canali per i quali il valore dell'RSSI è inferiore a -93 dBm sono considerati liberi e possono essere immediatamente selezionati per una eventuale connessione. I canali, in cui l'RSSI è superiore a un determinato limite, non specificato dallo standard ma che può essere variabile in base alle caratteristiche delle interferenze legate all'ambiente, sono considerati occupati o comunque non disponibili. Tutti i canali la cui misura di RSSI è compresa tra il limite inferiore e quello superiore sono ordinati in una lista suddivisa in intervalli di 6 dB di ampiezza [4] ma non sono comunque presi in considerazione

per una eventuale nuova connessione. Questa lista, e le informazioni sulla stazione base ricevuta con livello del segnale più elevato sulla quale il terminale può accedere, sono periodicamente aggiornate in modo da rilevare sia eventuali cambiamenti delle condizioni di propagazione, sia lo spostamento del terminale tra le varie stazioni base [5]. Questa tecnica di selezione dei canali risulta vantaggiosa in quanto essa permette, nel momento in cui si instaurano nuove connessioni, di effettuare la scelta tenendo conto della situazione delle interferenze in quel particolare istante: in questo modo è come se il

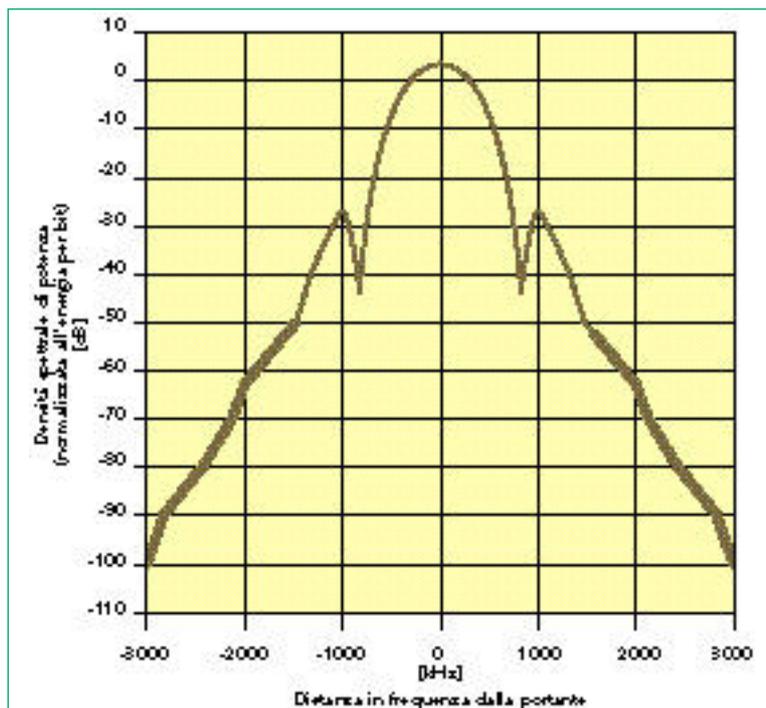


Figura 8 Densità spettrale di potenza simulata all'uscita del modulatore.

sistema si autoadattasse alle condizioni di propagazione di una particolare area.

Ogni sistema DECT ha quindi a disposizione l'intera banda assegnata, tutti i 120 canali, e non è necessaria una pianificazione delle frequenze: si consente così la coesistenza nella stessa banda di frequenza di più sistemi sia pubblici, ad esempio offerti da diversi gestori, sia privati, ad esempio una centrale privata senza fili (wireless PABX) e si ottiene un utilizzo molto efficiente dello spettro radio.

3. Il livello superiore

Il livello di rete *NWK (NetWork Layer)* fornisce i mezzi per gestire l'instaurazione, il mantenimento, il rilascio delle chiamate e la mobilità del terminale.

La gestione di questi processi avviene tramite procedure, basate essenzialmente sullo scambio di messaggi tra entità di pari livello, descritte nel seguito e riportate in figura 9.

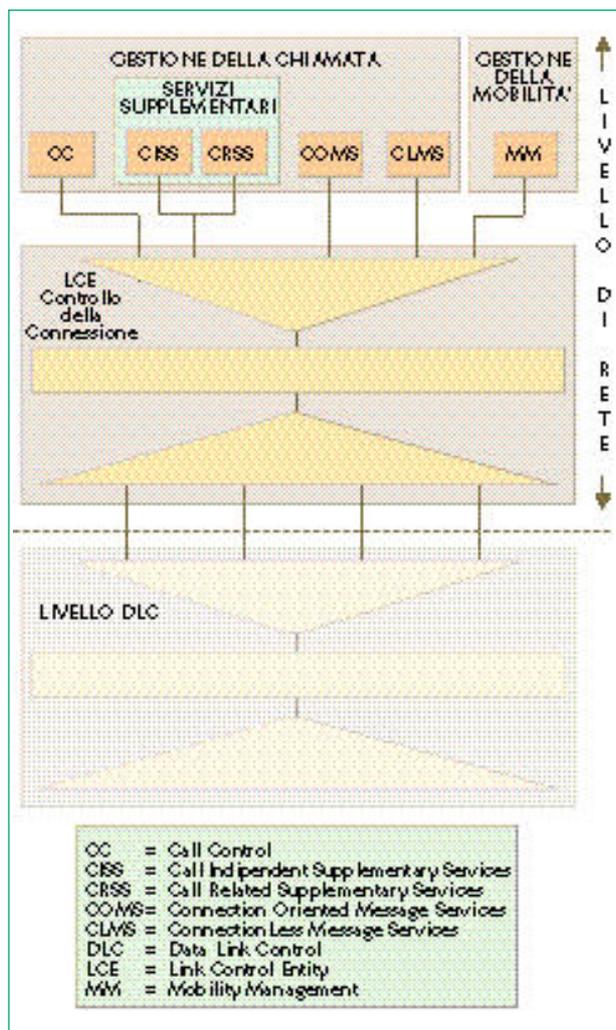


Figura 9 Principali entità del livello di rete.

Le principali entità coinvolte sono:

- Controllo di Chiamata, *CC (Call Control)*: permette l'instaurazione, il mantenimento e il rilascio di servizi a commutazione di circuito e governa tutte le segnalazioni relative alla chiamata.
- Servizi Supplementari, *SS (Supplementary Services)*: consentono la gestione di eventuali servizi supplementari, sia associati ad una singola chiamata, *CRSS (Call Related Supplementary Services)*, sia associati a tutti i tipi di chiamate, ovvero relativi a servizi indipendenti dalle chiamate stesse, *CISS (Call Independent Supplementary Services)*.
- Servizi Orientati alla Connessione, *COMS (Connection Oriented Message Services)*: offrono un servizio a pacchetto orientato ad una connessione punto-punto utilizzando un metodo di instaurazione di chiamata più semplice e veloce rispetto a quello impiegato dal Controllo di Chiamata CC sopra specificato. Questi servizi includono, tra l'altro, la possibilità di sospendere e riprendere la connessione, permettendo alle risorse di livello basso di essere rilasciate durante i periodi di inattività nella trasmissione.
- Servizi Non Orientati alla Connessione, *CLMS (Connection Less Message Services)*: offrono un

servizio connectionless punto-punto o punto-multipunto, con messaggi che possono essere di lunghezza fissa o variabile.

- Gestione della Mobilità, *MM (Mobility Management)*: gestisce tutte le funzioni correlate alla mobilità dell'utente DECT, comprese quelle legate alla sicurezza dell'interfaccia radio.
- Controllo della Connessione, *LCE (Link Control Entity)*: permette l'instaurazione, la gestione ed il rilascio di una connessione DLC tra parte fissa e mobile. Coordina l'uso di tutte le risorse appartenenti al livello inferiore (livello DLC).

Per indicare le interazioni tra entità di livello rete, sono qui di seguito presentate le caratteristiche principali di una tra le procedure più complesse presenti nel DECT: la procedura di external handover.

External Handover

Secondo quanto definito in [6], "l'external handover è la procedura di commutazione di una chiamata in corso tra una *Parte Fissa (FP-1)* ed un'altra *Parte Fissa (FP-2)*, appartenenti a due sistemi indipendenti, ognuno dotato dei propri strati di protocollo basso (PHL, DLC e MAC) e di rete (NWK). Per rendere possibile l'external handover, è necessario che le due parti fisse siano gestite da un'entità di gestione comune...". La procedura di external handover è sempre avviata dal terminale, sulla base di valutazioni di qualità dei canali radio e di disponibilità di parti fisse in grado di garantire questa procedura: il terminale, infatti, è sempre in grado di valutare, in base al rapporto segnale/rumore, la qualità, sia del canale radio sul quale sta trasmettendo, sia dei canali radio appartenenti ad altre parti fisse.

Acquisizione di Informazioni

Prima di avviare l'external handover, il terminale deve acquisire la certezza che le parti fisse adiacenti siano in grado di permettere l'external handover; una possibile modalità attraverso la quale esso riceve questa informazione è descritta qui di seguito (questo non è, comunque, l'unico modo possibile; per altre possibilità si veda [6]):

- la Parte Fissa FP-1 comunica, tramite un bit trasmesso in broadcast sul canale di segnalazione, di poter gestire l'external handover (nel seguito si assume che FP-1 sia in grado di gestire l'external handover);
- il terminale in conversazione tramite FP-1 richiede, attraverso l'invio di un messaggio "MM-INFO-REQUEST", ovvero mediante l'attivazione dell'entità di Gestione della Mobilità MM, l'elenco delle parti fisse adiacenti a FP-1 in grado di permettere l'external handover (*External HandOver Candidates, EHO candidates*);
- FP-1 invia al terminale, tramite un messaggio "MM-INFO-ACCEPT", indicazioni sull'identità delle "EHO Candidates";
- il terminale memorizza le indicazioni ricevute.

Questa procedura è stata introdotta per evitare tentativi di external handover verso parti fisse non in grado di gestirlo, che avrebbero aumentato inutilmente il traffico di segnalazione in rete. Una volta eseguita la procedura suddetta, il terminale può

avviare la fase di external handover vera e propria.

Procedure dello strato di rete (NWK layer) per l'external handover

- **Richiesta di Handover**
Il terminale, in conversazione tramite la Parte Fissa FP-1 avvia la procedura di NWK layer inviando alla Parte Fissa FP-2 un messaggio di Controllo Chiamata "CC-SETUP", contenente al suo interno l'indicazione "richiesta di external handover".
- **Conferma dalla rete**
Dopo le opportune procedure di rete, la FP-2 invia un messaggio "CC-CONNECT" verso il terminale, per indicare l'avvio da parte della rete di una nuova connessione³.
- **Rifiuto dell'handover ("Handover Reject")**
Finché non è avviata questa fase, la procedura può essere eventualmente respinta da una delle due terminazioni: il terminale può rifiutare l'handover nel caso in cui le condizioni dei canali radio siano cambiate (se l'utente, ad esempio, si è riavvicinato a FP-1); questo caso è chiamato "Handover Fallback". È inviato quindi verso FP-2 un messaggio "CC-RELEASE", che indica ad essa di abbattere la nuova connessione: FP-2 eseguirà questa operazione inviando verso il terminale un messaggio "CC-RELEASE-COM". Anche la FP-2 può rifiutare l'handover: qualora, ad esempio, pur avendo a disposizione canali radio, essa non ha risorse di fonia disponibili, invece di trasmettere il messaggio "CC-CONNECT", invia al terminale un messaggio "CC-RELEASE-COM". Una stazione Radio Base può infatti consentire, a seconda del numero di dopplini tramite i quali è connessa alla centrale, un numero limitato di conversazioni contemporanee; per il servizio Fido il numero di conversazioni contemporanee può essere quattro o otto.
- **Conferma del terminale (Handover Accept)**
Il terminale, per confermare alla rete l'avvenuta esecuzione dell'external handover, invia verso FP-2 un messaggio "CC-CONNECT-ACK": in questo modo esso informa la rete che il terminale sta trasmettendo (e ricevendo) tramite la nuova

connessione. La rete può, quindi, abbattere la "vecchia" tratta, ovvero quella connessa con FP-1. È opportuno notare come l'abbattimento della connessione sulla tratta prima utilizzata non coinvolga la tratta radio tra FP-1 e il Terminale, che deve essere rilasciata tramite messaggi di Controllo Chiamata scambiati sull'interfaccia radio stessa, illustrati qui di seguito.

- **Rilascio del "vecchio" canale radio**
Una volta ricevuta dalla rete la conferma dell'avvenuta esecuzione dell'external handover, FP-1 inizia il rilascio della "vecchia" tratta radio mediante l'invio verso il terminale di un messaggio "CC-RELEASE". Il terminale invia a sua volta il messaggio di conferma "CC-RELEASE-COM".
- **Cifratura**
Se la connessione verso FP-1 è di tipo cifrato, anche la nuova connessione deve essere naturalmente cifrata. La richiesta di cifratura, tramite invio di un messaggio "CIPHER-REQUEST", può essere avviata sia dal terminale, sia da FP-2.

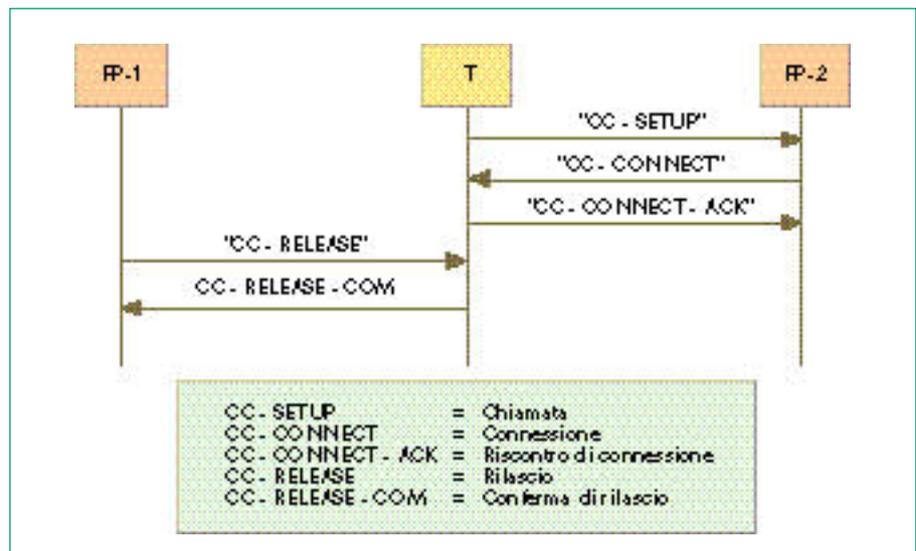


Figura 10 Sequenza dei messaggi sull'interfaccia radio in caso di corretta esecuzione di external handover tra stazione radio FP-1 e stazione radio FP-2 durante una chiamata non cifrata.

L'unica differenza è che, mentre il terminale può inviare la richiesta di cifratura anche immediatamente dopo la ricezione del messaggio "CC-CONNECT", la FP-2 può richiedere l'avvio della cifratura solo dopo aver ricevuto il messaggio "CC-CONNECT-ACK" dal terminale. Come già detto, l'external handover è infatti, una procedura gestita dal terminale e, finché la FP-2 non riceve il "CC-CONNECT-ACK", essa non è in grado di valutare se il terminale porterà a termine la procedura o se deciderà di rimanere sulla tratta radio sulla quale esso è già connesso ("vecchia" tratta). Nella figura 10 è mostrata una possibile sequenza dei messaggi scambiata sull'interfaccia radio durante l'external handover.

Nella tabella 1 è riportato il percorso seguito dal segnale fonico durante l'external handover.

⁽³⁾ È opportuno ricordare che l'handover offerto dal DECT è di tipo "seamless", ovvero senza interruzione [7], ed anche alla ricezione del "CC-CONNECT" la conversazione procede comunque sul canale radio controllato da FP-1.

Sequenza	Evento	Azione	T riceve fonìa da	T trasmette fonìa verso	La FP connessa con la rete è
1	Il Terminale (T) invia "CC-SETUP"	T inizia a trasmettere sulla nuova tratta	FP-1	FP-1 e FP-2	FP-1
2	Parte Fissa 2 (FP-2) invia "CC-CONNECT"	FP-2 inizia a trasmettere sulla tratta radio	FP-1	FP-1 e FP-2	FP-1 e FP-2
3	T riceve "CC-CONNECT"		FP-1	FP-1 e FP-2	FP-1 e FP-2
4	T invia "CC-CONNECT-ACK"	T inizia a ricevere sulla nuova tratta radio	FP-2	FP-1 e FP-2	FP-1 e FP-2
5	FP-2 riceve "CC-CONNECT-ACK"	FP-2 è connessa in Tx e in Rx	FP-2	FP-1 e FP-2	FP-1 e FP-2
6	T riceve "CC-RELEASE"	T rilascia la vecchia tratta radio	FP-2	FP-2	FP-2

FP: Parte Fissa (Fixed Part); T: Terminale

Tabella 1 Percorso seguito dalla fonìa durante l'external handover.

4. La verifica di conformità degli apparati DECT

In accordo con le normali procedure seguite nelle normalizzazioni per le telecomunicazioni, anche per il DECT è stata sentita la necessità di disporre di metodologie di misure atte a verificare se un apparato è conforme alle prescrizioni degli standard. Sono state così messe a punto le caratteristiche per le verifiche di conformità (Conformance Testing), che forniscono alle industrie manifatturiere di apparati DECT uno strumento per verificare la rispondenza dei loro prodotti agli standard, mirando ad assicurare al mercato la disponibilità di apparati di costruttori diversi capaci di interconnettersi tra loro.

Le prove di conformità non sono necessariamente associate ad aspetti riguardanti il rispetto delle norme: una industria manifatturiera può eseguire verifiche di conformità allo standard su base volontaria senza rispondere a prescrizioni di Enti di normalizzazione, ma solo per tener conto di esigenze di mercato.

Le prove, dovendo allinearsi alla specifica DECT che è composta dalla interfaccia normalizzata (Common Interface, ETS 300 175) e dai vari profili di accesso, fanno riferimento alle seguenti normative:

- *Aspetti a Radiofrequenza*: ETS 300 176-1;
- *Terminazioni Foniche*: ETS 300 176-2 (per applicazioni su segnali fonici a 3,1 kHz);
- *Protocolli*: questa parte della specifica di prove risulta essere la più articolata e complessa a causa dei sopra citati profili di accesso connessi alle varie applicazioni.

Di seguito si riportano i documenti di specifica per le prove di conformità del *GAP (Generic Access Profile)*, profilo alla base dell'interfaccia aerea per il servizio Fido; i documenti sono: ETS 300 176-1 (Radio), ETS 300 176-2 (Audio), ETS 300 497 (Protocolli-*TCL, Test Case Library*), ETS 300 494 (Protocolli-*PTS, Profile Test Specifications*), ETS 300 474 (Protocolli-*PICS, Profile Implementation Conformance Statements*).

Oltre agli aspetti sopra presentati, devono essere verificati altri aspetti degli apparati, legati alle prescrizioni relative alla compatibilità elettromagnetica ed alla sicurezza. Quanto detto finora è valido per prove di tipo volontario; possono presentarsi, tuttavia, situazioni, legate alla possibilità che un apparato risulti dannoso o

interferisca con altri apparati, che spingono verso la definizione di una regolamentazione ben precisa, ovvero di una certificazione dell'apparato, e che conducano a prescrivere le caratteristiche che esso deve presentare. Questa esigenza porta ad un regime di regolamentazione degli apparati DECT riconosciuti e che possono essere immessi sul mercato nei Paesi appartenenti alla Comunità Europea. La certificazione degli apparati DECT deve rispondere anche a due direttive della Comunità Europea (91/263/EEC e 89/336/EEC).

La conformità di un apparato DECT alla prima Direttiva Europea (91/263/EEC) è verificata dalla rispondenza alla relativa *CTR (Common Technical Regulation)*, che a sua volta è basata, per quanto riguarda il contenuto tecnico, a documenti ETSI che raccolgono i requisiti essenziali che devono essere verificati sull'apparato. Le CTR a cui si fa riferimento per il DECT sono le seguenti:

- *CTR 006*: la conformità alla CTR 006 (i cui contenuti tecnici sono identici alla specifica di Prova di conformità ETS 300 176-1) è obbligatoria per tutti gli apparati terminali DECT progettati per accedere, direttamente o indirettamente, a una rete pubblica: in essa sono specificati i requisiti sui parametri a radiofrequenza e sulle procedure necessarie per la coesistenza di sistemi pubblici e privati non coordinati sulla banda di frequenza comune del DECT.
- *CTR 010*: la conformità alla CTR 010 (i cui contenuti tecnici sono identici alla specifica di Prova di conformità ETS 300 176-2) è obbligatoria per tutti gli apparati terminali DECT progettati per effettuare un servizio in fonìa (con banda utile di 3,1 kHz) connessi con la rete pubblica PSTN/ISDN. Questa CTR specifica i requisiti richiesti nella codifica e nella trasmissione della fonìa per consentire la compatibilità tra terminali.
- *CTR 022*: la conformità alla CTR 022, di prossima pubblicazione (che farà riferimento ai documenti sui requisiti di conformità al GAP presentati in precedenza per le prove di conformità), sarà obbligatoria per tutti gli apparati DECT dichiarati conformi al GAP.

In futuro saranno sviluppate altre CTR per i vari profili di accesso definiti per il DECT.

COME VERIFICARE LE FUNZIONALITÀ DEGLI APPARATI DECT: L'EMULATORE CSELT DI AUTOCOMMUTATORI CON FUNZIONALITÀ DECT

Nell'ambito delle attività propedeutiche all'attivazione del servizio "FIDO" è stato necessario verificare le funzionalità di stazioni radio RFP (Radio Fixed Part) e terminali di utente DECT in ambiente controllato di laboratorio. A questo scopo è stato realizzato in CSELT un apparato emulatore di centrale con funzionalità

Specification and Description Language); esso è quindi utilizzabile come strumento di ausilio allo sviluppo, alla validazione, alla qualificazione e alla manutenzione in campo delle RFP nonché all'esecuzione di prove di interconnessione e funzionali su terminali mobili DECT di costruttori diversi.

L'emulatore è un apparato portatile di dimensioni contenute, alimentabile dalla rete elettrica pubblica (220V), che si basa su una piattaforma hardware e software sviluppata dallo CSELT. Il cuore del sistema è un'unità a microprocessore (Intel 80c186 a 20 MHz), intorno alla quale operano le unità che forniscono la temporizzazione all'apparato, l'interconnessione verso le RFP (interfacce del tipo "U" ISDN con relativa telealimentazione), l'emulazione della rete fissa e l'intercon-

(inizializzazione del terminale, registrazione, autenticazione con algoritmo standard DECT, chiamate in chiaro o cifrate), prove di handover, misure di resistenza di linea e di potenza erogata verso la RFP. Sono state anche aggiunte prove "evolute" che richiedono modifiche dello standard dell'interfaccia radio DECT per effettuare controlli di tipo particolare (ad esempio, prove per verificare la realizzazione corretta di aggiornamenti o di miglioramenti delle prestazioni): queste prove sono possibili grazie al controllo completo del software che realizza i vari protocolli di comunicazione.

Le applicazioni previste per l'apparato qui descritto, utilizzato nella configurazione riportata in figura, sono:

- qualificazione delle funzioni relative alle stazioni radio DECT progettate dai diversi costruttori prescelti da Telecom Italia;
- verifica del corretto interlavoro di terminali mobili DECT realizzati da costruttori diversi con le differenti stazioni radio;
- prove funzionali di laboratorio per terminali mobili DECT realizzati da costruttori diversi;
- ausilio potenziale all'attività svolta dai Centri di Assistenza Tecnica per i terminali mobili DECT;
- ausilio alla progettazione della copertura di ambienti interni, quali ad esempio, aeroporti e stazioni ferroviarie: la RFP DECT, collegata all'emulatore e posizionata in un certo punto del locale da coprire, potrebbe permettere di valutare il grado di copertura offerto, anche senza disporre di connessioni attive con la centrale;
- ausilio all'introduzione in rete di nuove funzionalità (applicazioni di tipo ISDN o per trasmissioni dati), ovvero allo sviluppo e alla certificazione di nuovi apparati (ad esempio, stazioni radio per la trasmissione dati o di ripetitori DECT).



Banco di prova realizzato utilizzando l'ECD/1_UT.

DECT (rappresentato in figura) in grado di operare come controllore DECT di un certo numero di stazioni radio e di permettere di attivare fino ad otto chiamate in fonia tra terminali fissi e terminali mobili DECT.

L'apparato è collegato ad un Personal Computer con funzioni di interfaccia uomo-macchina per gestire il sistema (configurare i parametri radio, di rete e di esercizio) e per visualizzare, memorizzare e stampare i risultati delle prove (in formato MSC - Message Sequence Chart o in formato SDL -

nessione verso i telefoni della rete fissa emulata (interfacce del tipo "S" ISDN).

Le prestazioni offerte dall'emulatore si traducono nell'elenco dei tipi di prova eseguibili sulle stazioni radio e sui terminali mobili DECT. Esse riguardano prove funzionali (telecaricamento del software, messa in servizio della RFP, prove di connessione, prove di Esercizio e Manutenzione) e di traffico (attivazione di un massimo di otto chiamate contemporanee) sulla RFP, prove di interconnessione e funzionali su terminali mobili di costruttori diversi

La prima versione dell'emulatore realizzata (ECD/1_UT) simula un sistema di commutazione Italtel in grado di gestire il servizio Fido; sono in fase di realizzazione emulatori di sistemi di commutazione Alcatel ed Ericsson.

È POSSIBILE INTERCETTARE O CLONARE UN TELEFONO DECT?

Lo standard DECT offre un buon grado di robustezza, sia verso tentativi di violazione della privacy (intercettazione delle chiamate), sia verso tentativi di accesso fraudolento al sistema tramite simulazione di identità (clonazione). Queste prestazioni sono ottenute grazie all'utilizzo di complesse procedure di autenticazione tra parte fissa e terminale, di identità temporanee modificate di frequente, e di un algoritmo di criptazione della fonia.

La seconda direttiva (89/336/EEC) definisce le regole di base per l'armonizzazione dei requisiti di *ECM (Compatibilità Elettromagnetica)* che gli apparati DECT devono rispettare nell'ambito dei Paesi membri della Comunità Europea. I requisiti generali per i sistemi radio sono presenti nella specifica ETS 300 339, mentre quelli specifici per il DECT sono riportati nel documento ETS 300 329.

5. Aspetti di Sicurezza

5.1 Descrizione delle identità utilizzate nel DECT

Nel DECT sono presenti alcuni caratteri distintivi (identità) della parte fissa e del terminale, ciascuno dei quali è composto da più parti atte ad identificare rispettivamente l'apparato e la possibilità dello stesso di accedere ad un determinato sistema; i legami tra questi elementi sono descritti nella figura 11.

L'identità della parte fissa *RFPI (Radio Fixed Part Identity)*, da questa trasmessa, permette alle parti mobili di identificare univocamente la parte fissa stessa, ricevendo indicazioni sulle aree di localizzazione e di handover. L'*RFPI* è composto da più parti, la prima delle quali, denominata "identità dei diritti di accesso" *ARI (Access Rights Identity)*, fornisce alle parti mobili un'informazione tramite la quale esse accertano la possibilità di accedere o no al sistema emittente: i diritti di accesso delle parti mobili sono infatti contenuti in una *chiave di accesso*, memorizzata all'interno del terminale, denominata *PARK (Portable Access Rights Key)*. L'accertamento è quindi effettuato dal terminale confrontando l'*ARI* trasmessa dalla parte fissa con il proprio *PARK*.

L'identità dell'unità mobile *IPUI (International Portable User Identity)*, trasmessa dall'unità mobile durante la procedura di registrazione o su esplicita richiesta della parte fissa, permette alla rete di identificare in maniera univoca il portatile, ed è utilizzata per la ricerca (*paging*) del terminale mobile. In alternativa all'*IPUI*, la rete, per cercare il terminale mobile, può utilizzare una identità temporanea a validità locale denominata *TPUI (Temporary Portable User Identity)*. Il *TPUI* è gestito dinamicamente a livello locale - in genere (si veda [7]) all'interno dell'area di copertura gestita dallo stesso controllore comune della parte radio *CCFP (Common Control Fixed Part)* - ovvero esso è associato in maniera univoca ad un *IPUI* e questa associazione resta valida finché l'unità mobile rimane

accesa nella zona di copertura locale.

Una volta comunicato il *TPUI* al terminale, anche questo utilizza il *TPUI*, anziché l'*IPUI*, per comunicare con la rete per effettuare, ad esempio, una richiesta di chiamata uscente. Quando il terminale è spento, o passa in una zona di copertura gestita da un altro controllore, il *TPUI* fino a quel momento utilizzato da quel terminale, può essere associato ad un altro *IPUI*, ovvero ad un nuovo terminale. L'uso del *TPUI* contribuisce quindi a ridurre la possibilità di localizzazione o di intercettazione di un determinato terminale: infatti, anche

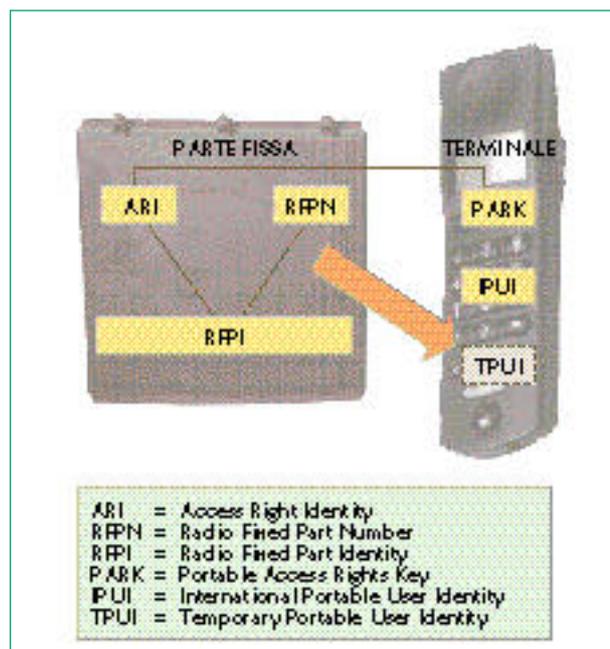


Figura 11 Caratteristiche di identità del sistema DECT.

intercettando via radio l'identità concordata (temporaneamente) tra parte fissa e terminale, non è possibile associarla univocamente a un determinato terminale, e quindi localizzare, ad esempio, gli spostamenti di esso all'interno dell'area di copertura DECT.

Le identità precedentemente descritte consentono:

- di gestire il servizio in ambienti differenziati: residenziale, pubblico, privato;
- di associare più diritti di accesso ad un unico

terminale: questa caratteristica può servire, ad esempio, per dare al terminale la possibilità di accedere a sistemi pubblici di gestori differenti, con due sottoscrizioni distinte;

- di gestire gli accordi di roaming tra sistemi DECT diversi, appartenenti allo stesso o a diversi gestori: questa prestazione può servire, ad esempio, per poter accedere a più sistemi con un'unica sottoscrizione.

5.2 Sicurezza del sistema

Le caratteristiche peculiari dello standard DECT per gli aspetti di sicurezza sono due: anzitutto l'autenticazione, ovvero la possibilità di controllare che l'identità comunicata da una parte, fissa o mobile, corrisponda a quella reale e non sia, invece, dovuta ad una simulazione o a una parziale clonazione. In secondo luogo la confidenzialità, ovvero la possibilità di garantire la segretezza dei dati (privacy), scambiati sull'interfaccia aerea tra parte fissa e terminale, mediante l'uso di algoritmi crittografici, che rendono in pratica (quasi) impossibile intercettare in aria una comunicazione.

5.2.1 Autenticazione

La procedura di autenticazione può essere richiesta sia dalla parte fissa per controllare il terminale (*portable part authentication*), sia dal terminale per controllare la parte fissa (*fixed part authentication*), oppure da entrambe le parti (*mutual authentication*). Il controllo dell'identità della parte fissa, che a prima vista può apparire inconsueto, è stato realizzato nello standard DECT in quanto è possibile che una parte fissa rimuova i diritti di accesso (PARK) di un terminale, ovvero che radii il terminale dal sistema: quando il terminale riceve, quindi, una richiesta di cancellazione dei diritti di accesso, prima di eseguirla deve verificare la reale identità della stazione emittente. Questo controllo serve ad evitare la cancellazione maliziosa da parte di terzi, di terminali da un sistema.

La procedura di autenticazione utilizza un meccanismo di interrogazione (sfida) e risposta, e prevede l'utilizzo di un algoritmo, esclusivo per il DECT e non di pubblico dominio, chiamato DSAA (*DECT Standard Authentication Algorithm*). La procedura ha l'obiettivo di dimostrare il possesso di una chiave K, sia dalla parte fissa, sia da quella mobile, in genere diversa per ogni terminale, memorizzata nel terminale nel corso di una procedura detta di inizializzazione (descritta nel successivo paragrafo 5.3).

A titolo esemplificativo qui di seguito è riportata la procedura di autenticazione del terminale:

- la parte fissa riceve dalla rete una tripletta di valori, diversi ad ogni esecuzione della procedura, denominati RS, RAND_F e XRES1;
- la parte fissa invia al terminale la coppia di valori RS e RAND_F, utilizzati dal terminale, unitamente alla sua chiave K, come parametri di ingresso dell'algoritmo DSAA;
- l'algoritmo DSAA genera due valori: RES1, ovvero il risultato della sfida con la parte fissa, e DCK (*Derived Cipher Key*), che è inserito nella memoria

volatile del terminale e che è usato per la cifratura dei dati trasmessi (vedi paragrafo 5.2.2);

- il risultato RES1, generato dall'algoritmo, è ritrasmissione verso la parte fissa, che lo confronta con il risultato atteso XRES1;
- se il risultato RES1 coincide con XRES1 la procedura è conclusa con esito positivo; altrimenti la connessione con il terminale è abbattuta.

La procedura di autenticazione può rivelarsi utile in più occasioni: ad esempio quando il terminale effettua una registrazione, quando esegue una richiesta di chiamata uscente, oppure quando sta per ricevere una chiamata entrante.

Questa procedura limita molto i rischi di clonazione di un terminale DECT: per riprodurre fraudolentemente un terminale risulta infatti necessario conoscere sia l'IPUI, sia la chiave segreta K comunicata al terminale durante il processo di inizializzazione.

5.2.2 Confidenzialità

Per garantire la segretezza dei dati scambiati sull'interfaccia aerea tra parte fissa e terminale, il DECT si avvale di un algoritmo di crittografia ad hoc chiamato DSC (*DECT Standard Cipher*). Questo algoritmo, che riceve in ingresso i dati in chiaro e una chiave di cifratura, genera un flusso crittografato di dati. La chiave di cifratura DCK deve essere nota sia al terminale, sia alla parte fissa in quanto è utilizzata in ricezione, insieme al flusso crittografato, per ottenere nuovamente in chiaro il flusso di dati.

La chiave di cifratura viene sostituita ad ogni esecuzione della procedura di autenticazione: come si è visto nel paragrafo precedente, la chiave DCK è, infatti, generata nel terminale dall'algoritmo DSAA, mentre la rete provvede a comunicarla alla parte fissa insieme alla tripletta usata per l'autenticazione.

L'elevata dinamicità della chiave di cifratura rende in pratica impossibile la decriptazione di una chiamata DECT cifrata e, quindi, evita l'intercettazione maliziosa di una chiamata in corso.

5.3 Scelte effettuate da Telecom Italia per la sicurezza del DECT

Tra le diverse opzioni permesse dallo standard DECT per gli aspetti di sicurezza dell'interfaccia radio, Telecom Italia ha effettuato alcune scelte: per quanto riguarda la sicurezza delle identità, in modo da rendere la localizzazione di un cliente da parte di terzi più ardua possibile, è stato anzitutto stabilito di associare ad ogni terminale una identità temporanea TPUI, utilizzata per tutti gli scambi informativi tra un terminale e la rete, dal momento della registrazione del terminale in rete fino allo spegnimento di esso, o nel passaggio in un'area di copertura gestita da un altro CCFP, che, come si è detto, comporta una nuova procedura di *location registration* da parte del terminale, e quindi l'attribuzione al terminale di un nuovo TPUI.

La rete chiede la verifica dell'identità, e quindi l'autenticazione del terminale, al primo tentativo dello stesso di effettuare una chiamata uscente e,

successivamente, dopo un numero N di chiamate uscenti ed entranti (con N configurabile a livello centralizzato e, in genere, variabile da uno a cinque): in questo modo è possibile da un lato impedire che vengano effettuate chiamate fraudolente, dall'altro cambiare molto frequentemente la chiave di cifratura DCK, riducendo ulteriormente il rischio che le chiamate siano intercettate. Lo standard consente, inoltre, di richiedere la procedura di autenticazione sia ad ogni spostamento del terminale in un'area di copertura gestita da un'altra centrale (*location registration*), sia ad ogni spostamento del terminale tra celle gestite dalla stessa centrale (*location update*).

Riguardo alla sicurezza dalle intercettazioni, tutte le chiamate sono effettuate con modalità cifrata; per diminuire i rischi di intercettazione, la chiave DCK di codifica è cambiata, come si è accennato al paragrafo precedente, molto di frequente.

L'inizializzazione dei terminali DECT per il servizio Fido, ovvero la fase in cui sono inserite nel terminale le informazioni relative ai diritti di accesso (IPUI, PARK) e alla chiave da utilizzare nella procedura di autenticazione *UAK (User Authentication Key*, da cui viene poi derivata K) è effettuata, come tutte le procedure DECT, sull'interfaccia aerea; è stata così sviluppata una procedura (i cui dettagli sono riservati), che risulta essere particolarmente efficace sia nel prevenire intercettazioni durante l'inizializzazione, sia nel comunicare una nuova inizializzazione al database di gestione dei terminali e della mobilità, CMDB.

Il servizio Fido prevede, in aggiunta alle procedure di sicurezza relative all'interfaccia DECT, ulteriori sistemi per controllare e prevenire le frodi non specifiche dell'interfaccia radio, la cui trattazione esula dai contenuti di questo articolo.

6. Conclusioni

Alla luce di quanto presentato in questo articolo e negli articoli che lo hanno preceduto, il DECT può essere definito come uno *strumento*, utilizzabile in tutte le reti di telecomunicazioni per migliorare specifiche prestazioni delle reti (aumento del traffico gestibile, aumento della velocità di trasmissione sull'interfaccia radio con conseguente estensione dei servizi offribili all'utente, estensione della mobilità offerta dal cordless domestico all'ambito cittadino). Si è anche visto che lo standard DECT risulta essere una tecnologia matura per l'utilizzo non solo in ambito privato, ma anche in ambito pubblico: le sue caratteristiche garantiscono una elevata qualità della fonia ed una buona probabilità di raggiungere i singoli utenti; la certificazione degli apparati DECT garantirà un corretto interlavoro tra apparati di costruttori diversi; il ventaglio di opzioni possibili nell'ambito della scelta della sicurezza del sistema fornisce poi un livello di sicurezza più che adeguato rispetto alle aspettative degli utilizzatori. Tutte queste caratteristiche hanno reso lo standard DECT il candidato naturale per l'offerta di un nuovo servizio basato sull'accesso cordless alla rete fissa, ovvero per il servizio Fido realizzato da Telecom

Italia. E' infine importante sottolineare come lo standard DECT sia già naturalmente predisposto per l'offerta di servizi a valore aggiunto quali i servizi dati (tra i quali trasmissione fax, e-mail, short-message): quella del DECT risulta essere, quindi, una scelta che tiene nella dovuta considerazione esigenze future, sempre più articolate e complesse, della clientela mobile.

Bibliografia

- [1] Fiorina, E.: *Sistema DECT, Caratteristiche e Prestazioni; Il protocollo DECT*. Quaderni CSELT, Giornata di studio, Torino, 11 febbraio 1993.
- [2] Palestini, V.: *Sistema DECT, Caratteristiche e Prestazioni; Aspetti Radio*. Quaderni CSELT, Giornata di studio, Torino, 11 febbraio 1993.
- [3] ETS 300 175-2: *Radio Equipment and Systems (RES); Digital European Cordless Telecommunications (DECT)*. Common Interface (CI), Part 2, Physical Layer (PHL), ETSI, marzo 1996.
- [4] ETS 300 175-3: *Radio Equipment and Systems (RES); Digital European Cordless Telecommunications (DECT)*. Common Interface (CI), Part 3, Medium Access Control (MAC) Layer, ETSI, ottobre 1992.
- [5] ETR 310: *Radio Equipment and Systems (RES); Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT)*. Traffic capacity and spectrum requirements for multi-system and multi-service DECT applications co-existing in a common frequency band. ETSI, agosto 1996.
- [6] ETS 300 175-5: *Radio Equipment and Systems (RES); Digital European Cordless Telecommunications (DECT)*. Common Interface (CI), Part 5, Network (NWK) Layer, ETSI, ottobre 1992.
- [7] Dionisi, S.: *Architettura di rete per un sistema cordless urbano a standard DECT*. «Notiziario Tecnico Telecom Italia», Anno 5, n° 3, dicembre 1996.
- [8] Venuti, E.: *Operator requirements for a CTM service*. Conferenza "DECT '96". Londra, 24-26 gennaio 1996.



Elio Fiorina si è laureato nel 1986 in Ingegneria Elettronica presso il Politecnico di Torino. Nel 1987 ha iniziato la sua attività lavorativa presso la FIAT Auto, dove ha gestito progetti di ricerca mirati ad introdurre innovazioni elettroniche sulle automobili del futuro (progetto Prometeus). Nel 1990 è stato assunto in CSELT ed ha iniziato a lavorare nell'ambito della Direzione "Servizi Mobili e Radio" occupandosi dapprima di sistemi satellitari ed in un secondo tempo degli aspetti

funzionali e di protocollo relativi ai sistemi radiomobili cellulari GSM e DCS 1800 e alla tecnologia di accesso radio DECT. In ambito ETSI ha partecipato allo sviluppo degli aspetti di rete del GSM/DCS 1800 (Sotto-comitato tecnico SMG3) e della Common Interface DECT (gruppo di lavoro RES3N) ed ha contribuito nel 1992 alla realizzazione di un sistema italiano per la validazione dello standard DECT. E' attualmente responsabile dell'Unità di ricerca "Apparati per sistemi Mobili" e presiede il coordinamento delle attività di uno dei Workpackage che animano il progetto europeo ACTS RAINBOW (Radio Access Independent Broadband On Wireless).



Paolo Impiglia ha conseguito la laurea con lode in Ingegneria Elettronica presso l'Università Tor Vergata di Roma nel 1994. Nel 1995 è stato assunto in Telecom Italia nella linea Tecnologie e Architetture della Divisione Rete dove si è occupato delle specifiche tecniche per le stazioni radio a standard DECT e della sperimentazione in campo per il servizio "Fido"; in seguito è stato anche impiegato nelle misure in campo e nelle valutazioni teoriche riguardanti gli effetti sulla popolazione

dall'esposizione ai campi elettromagnetici. E' membro dell'European Telecommunication Standard Institute (ETSI) presso il quale partecipa alla definizione dello standard DECT sia nel gruppo DECT/Project sia nel sottogruppo tecnico DECT/Network.



Enrico Venuti ha conseguito la laurea con lode in Ingegneria Elettronica presso l'Università degli Studi La Sapienza di Roma nel 1990. Nel 1991 è stato assunto in SIP (oggi Telecom Italia) nella linea di Ricerca e Sviluppo, ove si è occupato dello studio di servizi di mobilità sviluppati su Rete Intelligente. Dal 1994 opera nel settore "Sviluppo Progetto PCS (Personal Communications Services)" nell'ambito della linea Tecnologie ed Architetture della Divisione Rete, collaborando alle attività

tecniche del Progetto DECT ed alle sperimentazioni in campo ad esso relative. Partecipa, in ambito europeo, alle attività normative in ETSI per quanto riguarda lo standard DECT ed il servizio CTM (Cordless Terminal Mobility). E' membro del Board del DECT Forum e presiede il gruppo "CTM Applications", appartenente al DECT Forum.

Abbreviazioni

ARI	Access Rights Identity
BER	Bit Error Ratio
CCFP	Common Control Fixed Part
CRC	Cyclic Redundancy Code
CTR	Common Technical Regulation
DCK	Derived Cipher Key
DCS	Dynamic Channel Selection
DLC	Data Link Control
DSAA	DECT Standard Authentication Algorithm
DSC	DECT Standard Cipher
FP	Fixed Part
GAP	Generic Access Profile
IPIU	International Portable User Identity
MAC	Medium Access Control
MC	Multi Carrier
NWK	NetWork Layer
PARK	Portable Access Rights Key
PHL	PHysical Layer
RFP	Radio Fixed Part
RFPI	Radio Fixed Part Identity
RSSI	Radio Signal Strength Indicator
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TPUI	Temporary Portable User Identity
UAK	User Authentication Key

Coperture radio per ambienti microcellulari urbani: il caso DECT

ERALDO DAMOSSO
FIORENZO TALLONE

Per il dimensionamento di sistemi microcellulari è necessario impiegare modelli di propagazione innovativi, anche dal punto di vista concettuale: infatti i modelli statistici utilizzati per le strutture cellulari tradizionali, nonostante siano compatti (perché individuati tramite un numero ridotto di parametri) e siano largamente applicabili nella previsione di valori medi di intensità di campo, non portano, nel caso di strutture microcellulari, a valutazioni sufficientemente accurate, in quanto le informazioni circa le condizioni di trasmissione non risultano adeguate. Per descrivere la propagazione nelle microcelle debbono essere perciò utilizzate tecniche differenti, che possono essere raggruppate in due classi: modelli empirici o modelli deterministici, questi ultimi basati su una caratterizzazione di tipo "ray tracing", che consiste nel tracciamento delle traiettorie dei cammini elettromagnetici generati dal trasmettitore.

A tale riguardo Telecom Italia, volendo avere informazioni sulle caratteristiche della propagazione in ambienti urbani di tipo microcellulare, ha affidato allo CSELT il compito di condurre una campagna di misure nella città di Reggio Emilia, a partire da alcune stazioni radio base appartenenti alla rete realizzata in tecnologia DECT, e oggi in fase di sperimentazione nell'ambito del servizio Fido.

Queste misure, effettuate con un sistema di rilevamento a larga banda, hanno permesso di descrivere compiutamente la funzione di trasferimento del canale trasmissivo (in ampiezza e fase), mediante la caratterizzazione della risposta impulsiva tipica di differenti condizioni topografiche ambientali, ed hanno consentito di ricavare i parametri essenziali che consentono di applicare i modelli deterministici, di cui si è parlato, ai processi di dimensionamento e di pianificazione di reti mobili (o di mobilità locale) operanti in ambiente microcellulare urbano.

1. Introduzione

Un modello di propagazione in ambiente mobile deve consentire di effettuare in modo efficiente - in termini di complessità di trattazione e rapidità di calcolo - valutazioni analitiche o simulazioni quanto più possibile prossime alle condizioni fisiche del fenomeno che intende descrivere. Il modello deve essere perciò in grado di descrivere le caratteristiche della propagazione rispetto alla configurazione dell'ambiente e alla situazione degli oggetti, statici o in movimento, presenti all'interno di esso; a questo scopo è possibile impiegare approcci, più o meno complessi, di diversa natura, ad esempio, elettromagnetica, statistica o empirica: attività in questo senso sono state svolte o sono ancora in corso in campo internazionale nell'ambito di organismi quali ITU-R/SG3 (*International Telecommunications Union-Radiocommunication, Study Group 3*) e di progetti europei promossi nel quadro dei Programmi ACTS (*Advanced Communications Technologies and Services*) e delle Azioni COST (*Cooperation in Science and Technology in Europe*).

Il modello deve poter caratterizzare, seppur con diversi livelli di approssimazione, i fenomeni di propagazione nelle seguenti situazioni:

- celle e macro-celle, con dimensioni comprese fra 1 e 30 km di raggio, in ambiente urbano, suburbano, aperto, con stazioni radio base caratterizzate da antenne poste a quote generalmente elevate (30-100 m) rispetto all'ambiente circostante;
- micro-celle, di dimensioni comprese fra 100 m e 1 km, tipiche di ambienti urbani, con stazioni radio base dotate di antenne poste ad altezza ridotta sul suolo (5-20 m), o comunque inferiore o confrontabile con l'altezza degli edifici circostanti;
- pico-celle, con dimensioni inferiori a 100 m, tipiche di ambienti chiusi di varia natura: uffici, capannoni industriali, centri commerciali, stazioni, aeroporti.

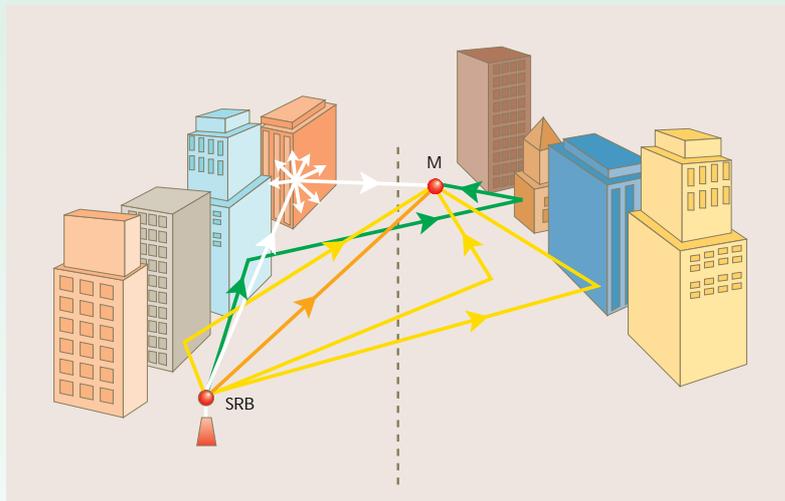
Da un punto di vista puramente teorico, è possibile ricorrere a metodi analitici o a metodologie di tipo numerico di soluzione diretta delle equazioni di Maxwell, tenendo presenti le opportune condizioni al contorno, utilizzando, ad esempio, la tecnica dei

IL FENOMENO DEGLI ECHI DI PROPAGAZIONE (Cammini multipli)

Le caratteristiche della propagazione in ambiente radiomobile, ancor più di quanto accada nel campo dei servizi fissi terrestri o via satellite, risultano pesantemente condizionate dalla presenza di ostacoli naturali o artificiali. Una previsione puramente teorica dei livelli di campo elettromagnetico in ambiente radiomobile risulta perciò molto complessa, per la ridotta altezza dell'antenna del terminale mobile, per il

e diffusione da parte di edifici o di ostacoli naturali come indicato nella figura; questo fenomeno causa la generazione degli affievolimenti rapidi del segnale, le cui caratteristiche dinamiche (ad una singola frequenza) sono state oggetto di un numero rilevante di indagini sperimentali e di valutazioni statistiche.

Meno consolidata è invece la conoscenza dei ritardi con cui i vari echi arrivano al mezzo mobile; essa risulta tuttavia essenziale per caratterizzare in modo completo (a larga banda) il canale radiomobile, nel caso di sistemi a modulazione numerica, quali ad esempio GSM e DECT, in termini di selettività (distorsione in banda) e quindi di interferenza intersimbolica (con conseguente aumento del tasso di errore).



Schematizzazione della generazione di cammini multipli in ambiente urbano microcellulare.

gran numero di cammini di propagazione (generalmente detti "echi") che si stabiliscono tra l'antenna e la stazione fissa e, nel caso di un terminale in movimento, per la enorme variabilità nel tempo e nello spazio di questi cammini multipli.

La propagazione dei segnali avviene infatti essenzialmente per riflessione

Il canale radiomobile, nell'accezione di cui sopra, risulta compiutamente descritto solo quando sia nota la sua risposta all'impulso, variabile nello spazio (e quindi nel tempo, attraverso la conversione operata dalla velocità del terminale mobile), ed è rappresentabile con una funzione complessa, che permette, sia di descrivere i ritardi associati agli echi di propagazione, sia di

considerare la eventuale non-invarianza del canale con il tempo. Per una misura adeguata della risposta all'impulso occorre disporre di un sistema ideale dotato di larghezza di banda infinita, capace cioè di generare in trasmissione impulsi infinitamente stretti e di distinguere in ricezione impulsi comunque vicini. In pratica, un sistema di misura avrà una banda limitata, per cui le componenti da cammini multipli non potranno essere comunque separate quando si superi la capacità di risoluzione propria del sistema, rispetto alle irregolarità della risposta all'impulso e in particolare, alla durata della risposta.

Un sistema di misura può essere considerato alternativamente a banda "stretta" o "larga", a seconda che abbia o no la capacità di riconoscere singolarmente (risolvere) le singole componenti da cammini multipli; uno stesso sistema si può perciò ad esempio considerare a banda stretta in ambiente urbano, dove la durata della risposta all'impulso, a causa della ridotta distanza degli oggetti riflettenti e diffondenti dal mezzo mobile, è compresa tra il centinaio di nanosecondi e qualche microsecondo; non può invece più essere considerato a banda stretta in zone montagnose, nelle quali la durata della risposta può raggiungere anche le decine di microsecondi.

Il fenomeno risulterà comunque particolarmente significativo in sede di progetto per tutti quei sistemi che non contemplano l'impiego di adeguate contromisure; questa situazione si presenta in qualche modo con la tecnologia DECT, il cui standard non prevede l'adozione di dispositivi di equalizzazione incorporati negli apparati, anche se l'utilizzo della diversità di spazio, predisposta nella stazione radio fissa, contribuisce a ridurre sensibilmente gli aspetti critici legati alla propagazione.

momenti o il metodo delle differenze finite. Dal punto di vista pratico questi approcci non sono però soddisfacenti per un gestore che deve procedere ad operazioni di dimensionamento e pianificazione della rete e che deve seguire la rapida evoluzione di essa nel tempo, per i limiti intrinseci di conoscenza e per la complessità delle caratteristiche geometriche ed elettriche dei dati di ingresso, nonché per i tempi di calcolo richiesti. È perciò necessario ricorrere a soluzioni alternative, più

facilmente trattabili dal gestore, ma comunque in grado di fornire risultati ancora soddisfacenti, nonostante le inevitabili approssimazioni.

Per quanto concerne le strutture cellulari di tipo tradizionale, quali quelle impiegate per il sistema radiomobile pubblico, gli strumenti oggi disponibili si basano su approcci di natura empirico-statistica per le previsioni di copertura radioelettrica e di valutazione delle interferenze; queste metodologie, ampiamente

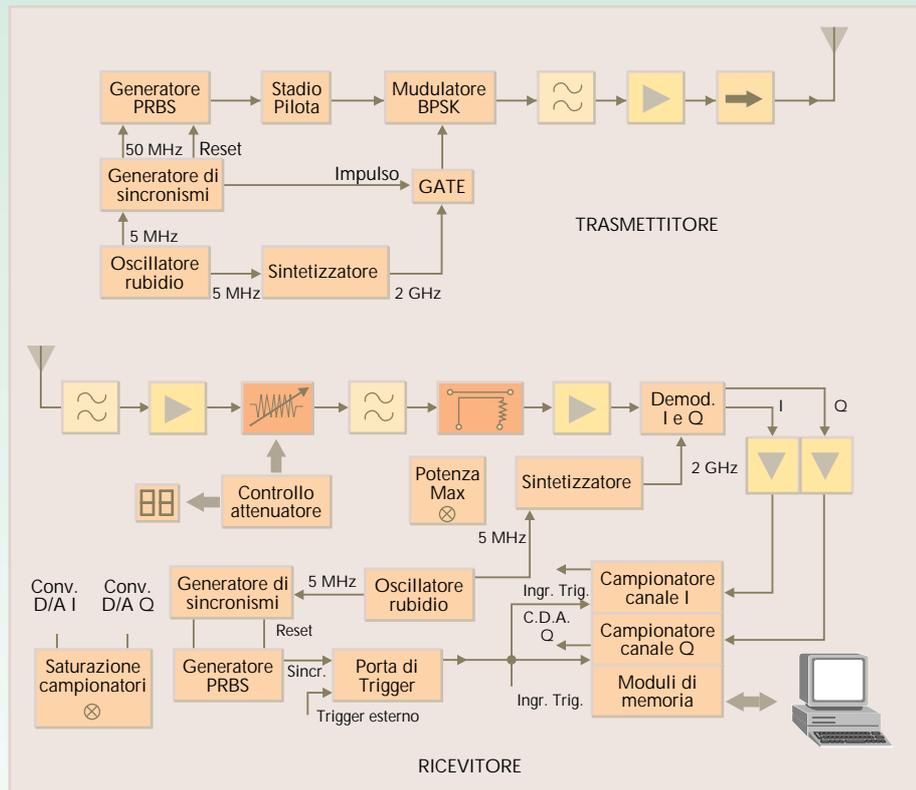
IL BANCO DI MISURA

Il principio di funzionamento del banco di misura è descritto nello schema a blocchi riportato in figura. Il trasmettitore genera un burst di una portante a 2 GHz modulata in BPSK (Binary Phase Shift Keying) da una sequenza PRBS (Pseudo Random Binary Sequence) selezionabile in durata (511 o 2047 chips), a seconda della risoluzione che si vuole avere nel dominio delle frequenze e del massimo ritardo risolvibile nel dominio del tempo. In questo modo è possibile caratterizzare in modo adeguato il canale di propagazione, utilizzando i risultati anche per la valutazione delle prestazioni di sistemi - quali il DECT - che utilizzino modulazioni differenti da quella impiegata in sede di misura. La frequenza di orologio di questa sequenza è di 50 MHz; si ha così una risoluzione nel dominio dei ritardi pari a 20 ns. Il segnale così generato è poi filtrato e amplificato a un livello di circa +26 dBm all'uscita del trasmettitore. La frequenza portante a 2 GHz è generata da un sintetizzatore con elevata purezza spettrale, sincronizzato con un oscillatore atomico al Rubidio, al quale è pure agganciato l'orologio della sequenza pseudo-casuale.

Il segnale ricevuto, distorto dal canale di propagazione, è nuovamente

filtrato, amplificato di circa 60 dB mediante un preamplificatore con cifra di rumore ridotta (0,8 dB) ed è direttamente demodolato, senza alcuna conversione a frequenza intermedia, utilizzando un demodulatore di precisione che consente di ottenere le due componenti del segnale I&Q (In Fase e in Quadratura); l'oscillatore locale del

atomico al rubidio sono a questo scopo controllati periodicamente in laboratorio e allineati tra loro; essi sono alimentati anche mediante batterie, ed è quindi possibile spostarli da un luogo all'altro senza perdere l'allineamento in frequenza precedentemente fissato in laboratorio. La stabilità a lungo termine di questi oscillatori è di 10^{-11} al



Schema a blocchi del banco di misura a larga banda.

demodulatore è generato da un altro sintetizzatore caratterizzato da una purezza spettrale estremamente elevata e dello stesso tipo di quello usato in trasmissione; esso è agganciato ad un secondo oscillatore atomico al rubidio che mantiene per il tempo di misura la necessaria coerenza (stabilità di frequenza e fase). I due oscillatori

mesa, e risulta perciò di un ordine di grandezza inferiore rispetto agli oscillatori al cesio, campioni primari di frequenza; la loro stabilità a breve termine (dell'ordine di $2 \cdot 10^{-12}$) è invece decisamente superiore a quella dei campioni al cesio (che è dell'ordine di $6 \cdot 10^{-12}$), e conferma quindi l'opportunità della scelta effettuata.

3. Descrizione delle misure

Le misure a larga banda sono state eseguite nelle aree riportate nella mappa di figura 1, con un ricevitore montato all'interno di un carrello-laboratorio trainato da un autoveicolo, mostrato nella figura 2; l'alimentazione era fornita da un gruppo elettrogeno installato a bordo del carrello. L'automezzo utilizzato per il traino era dotato di un odometro (e cioè di uno strumento costituito da una serie di sensori, in grado di rilevare lo spazio percorso dal veicolo e montati

sulle ruote dello stesso veicolo), con funzione di "trigger" per l'avvio delle misure ed in grado di fornire al ricevitore un impulso ogni 2 mm percorsi. All'odometro era inoltre abbinato un ricevitore GPS (Global Positioning System), che forniva anche i dati relativi alla velocità del mezzo, in aggiunta a quelli usuali di posizionamento (latitudine, longitudine, altitudine).

Il trasmettitore era alloggiato su un carrello porta strumenti, posizionato sotto la stazione radio fissa, RFP (Radio Fixed Part), in esame; l'alimentazione era fornita da un invertitore da corrente continua a cor-



Figura 4 Vista della RFP installata su palo con l'antenna omnidirezionale utilizzata nel corso delle misure in Piazza Martiri del 7 luglio a Reggio Emilia

4. Elaborazione delle misure

La caratterizzazione del canale è stata effettuata utilizzando una portante modulata ad hoc in *BPSK* (*Binary Phase Shift Keying*), e quindi in modo indipendente dalla effettiva modulazione caratteristica dello standard DECT; i risultati ottenuti sono comunque del tutto svincolati dal tipo di modulazione e sono perciò immediatamente utilizzabili per valutare le prestazioni anche di una rete DECT. La conoscenza delle componenti in fase e in quadratura della sequenza pseudocasuale trasmesse e ricevute, ottenute demodulando in modo coerente la suddetta portante, ha permesso di ricavare la funzione di trasferimento complessa del canale, tramite opportune trasformazioni di Fourier. Nel dominio delle frequenze sono state anche ricavate alcune grandezze statistiche riguardanti la funzione di trasferimento, come la densità di probabilità di ampiezza e fase, la curva corrispondente di distribuzione cumulativa e il numero di attraversamenti del modulo della funzione in corrispondenza di differenti soglie all'interno della banda del segnale, parametro che risulta essere un buon indicatore dell'entità delle distorsioni in banda. Mediante la funzione relativa alla risposta impulsiva è stato invece calcolato, in accordo con le definizioni ITU-R contenute nel Rapporto 567-4 [8], lo spettro di potenza (o profilo) dei ritardi, corrispondente al quadrato del modulo della risposta all'impulso, e le relative grandezze statistiche, in modo da ottenere la rappresentazione duale del canale anche nel dominio del tempo (*si veda in proposito il riquadro a pagina 74*). I parametri calcolati a partire dallo

spettro di potenza dei ritardi, *PDP* (*Power Delay Profile*), che fornisce la descrizione delle potenze associate ai vari cammini di propagazione dispersi nel tempo in funzione dei ritardi di arrivo ad essi associati, sono stati:

- l'energia totale ricevuta (ovvero l'area sottesa dalla curva PDP);
- il valor medio dei ritardi;
- il valore quadratico medio e la deviazione standard dei ritardi ("Delay Spread");
- la finestra dei ritardi ("Delay Window") relativa al 50, al 75 e al 90 per cento dell'energia;
- l'intervallo dei ritardi ("Delay Interval"), in corrispondenza dei livelli 9, 12 e 15 dB sotto il valore di picco del PDP;
- la banda di "coerenza", valutata in corrispondenza del 90 e del 50 per cento del picco di correlazione, inteso come valore massimo dell'autocorrelazione statistica della corrispondente funzione di trasferimento del canale (nel dominio delle frequenze).

Inoltre, poiché le misure effettuate erano di tipo dinamico, i valori precedenti devono essere tutti intesi come funzioni dello spazio (e quindi anche del tempo, mediante la conoscenza della velocità del terminale mobile); sono state così acquisite ulteriori informazioni concernenti:

- la distribuzione cumulativa del valor medio dei ritardi e della deviazione standard;
- il valor medio e la deviazione standard delle due funzioni cumulative dei ritardi e della deviazione standard;
- la media delle correlazioni ottenute, nell'ambito della stessa misura dinamica, dagli spettri dei ritardi misurati in differenti posizioni spaziali;
- lo spettro Doppler, caratterizzante gli spostamenti in frequenza dei singoli echi ricevuti, per effetto del moto del terminale;
- la lista degli angoli di arrivo per le diverse componenti da cammini multipli, in corrispondenza di

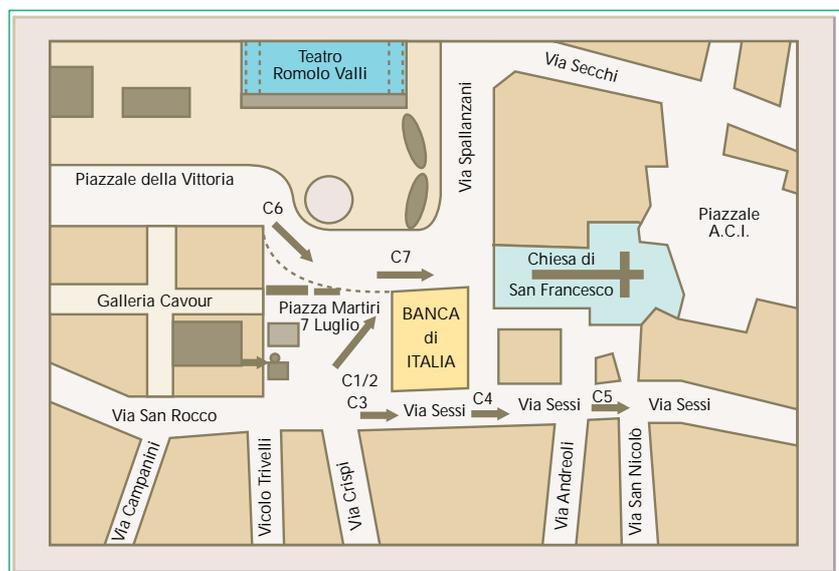


Figura 5 Pianta di Piazza Martiri del 7 luglio con i percorsi di misura; le frecce indicano il verso dello spostamento del ricevitore.

LA RISPOSTA IMPULSIVA DEL CANALE

Nella figura è riportato un esempio schematizzato di *PDP* (*Power Delay Profile*) o Risposta Impulsiva di Canale Radiomobile in accordo con la definizione contenuta nel Rapporto ITU-R 567-4 [5]; come si può vedere, la risposta è stata per ragioni di praticità sincronizzata sul primo eco in arrivo, rimuovendo quindi il ritardo di propagazione assoluto e mostrando i soli echi a cui sono associati ritardi in eccesso.

Una seconda normalizzazione è stata poi eseguita sul modulo quadro della risposta, normalizzando le potenze associate ai vari echi in relazione al massimo valore ricevuto. Nell'esempio riportato in figura questo valore coincide con quello dell'eco "primo arrivato"; non sono tuttavia rari i casi, soprattutto in condizioni di non visibilità, nei quali il primo cammino ricevuto non coincide con quello caratterizzato dal maggior livello di segnale. Nella figura sono stati anche riportati i parametri utilizzati nel calcolo delle varie grandezze statistiche che intervengono nella definizione del canale, così come proposto nel Rapporto citato ITU-R 567-4.

La loro definizione analitica è riportata di seguito; la soglia di rumore (cut-off level), al disotto della quale è scartato qualunque contributo, dipende dalla dinamica del banco di misura utilizzato per acquisire la risposta impulsiva. L'energia totale, P_m della risposta impulsiva è definita come:

$$P_m = \int_{t_0}^{t_3} P(t) dt$$

dove :

$P(t)$ = densità di potenza della risposta impulsiva, $|h(\tau)|^2$

t = ritardo in eccesso (excess delay)

t_0 = istante di arrivo del primo raggio (dopo aver rimosso il ritardo di propagazione)

t_3 = istante in cui $P(t)$ scende per l'ultima volta sotto alla soglia

Il Valor Medio dei Ritardi T_d (*Mean Delay*) è definito come:

$$T_d = \frac{1}{P_m} \int_{t_0}^{t_3} (t - t_0) P(t) dt$$

La Dispersione dei Ritardi S (*Delay Spread*) è definita come:

$$S = \sqrt{\frac{1}{P_m} \int_{t_0}^{t_3} t^2 P(t) dt - \left[\frac{1}{P_m} \int_{t_0}^{t_3} t P(t) dt \right]^2}$$

La Finestra dei Ritardi W_q (*Delay Window*) rappresenta la lunghezza della parte centrale della risposta impulsiva contenente una certa percen-

tuale q (50, 75 e 90 per cento) dell'energia totale ricevuta (rappresentata nella figura precedente dalla parte ombreggiata), secondo la definizione seguente:

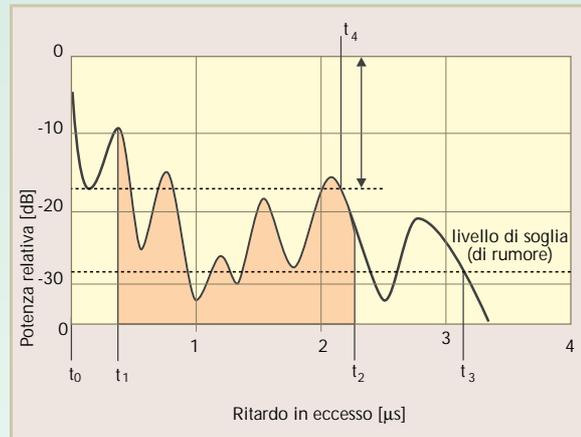
$$W_q = (t_2 - t_1)_q$$

dove i limiti t_1 e t_2 sono individuati dalla relazione:

$$\int_{t_1}^{t_2} P(t) dt = q \int_{t_0}^{t_3} P(t) dt = qP_m$$

alla quale si aggiunge l'ulteriore condizione che l'energia esterna alla finestra centrale risulti suddivisa in due parti uguali:

$$\left[(1 - q) / 2 \right] P_m.$$



Esempio di Risposta Impulsiva con definizione dei parametri utilizzati nelle valutazioni statistiche.

L'Intervallo dei Ritardi I_p (*Delay Interval*) è definito dall'intervallo di tempo compreso tra l'istante t_0 e l'istante t_4 , in corrispondenza dei quali la risposta impulsiva sale al di sopra (per la prima volta) e scende al disotto (per l'ultima volta) di una soglia prefissata p (9, 12 e 15 dB sotto il livello massimo di potenza contenuto nello spettro dei ritardi):

$$I_p = (t_4 - t_0) p$$

L'Attenuazione Media in Banda W_{pl} (*Wideband Path Loss*) è definita come :

$$W_{pl} = 10 \log \frac{P_m}{P_t}$$

dove P_t rappresenta la potenza trasmessa P_{RXAN} , ricavata durante la calibrazione del banco di misura in camera anecoica, compensata delle varie attenuazioni aggiuntive introdotte dal sistema di misura:

$$P_t = \int P_{RXAN}(\tau) d\tau + X_{dB}.$$

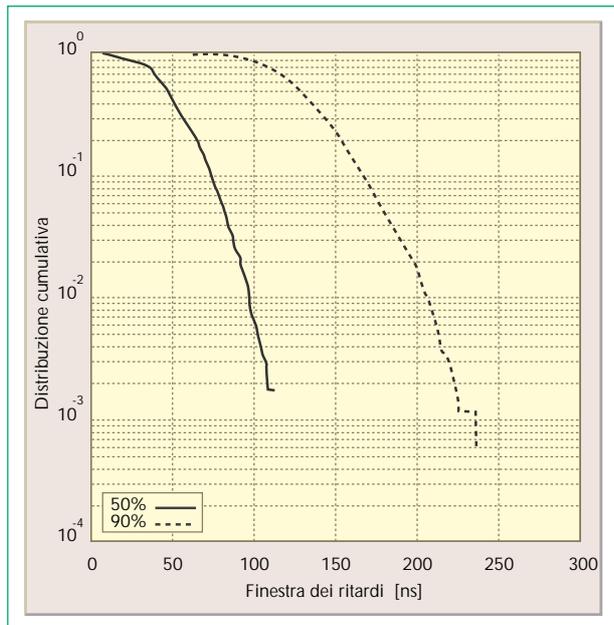


Figura 11 Distribuzione cumulativa relativa alle Finestre dei Ritardi contenenti il 50 e il 90 per cento dell'energia totale ricevuta, valutate lungo il percorso C2.

figure, può essere osservato come sui percorsi effettuati (30 m, corrispondenti a circa 200 λ), l'attenuazione media in banda possa subire fluttuazioni dell'ordine di 10 dB, i ritardi medi siano limitati ad un massimo dell'ordine di 100 ns (così come il Delay Spread); d'altro canto, la finestra dei ritardi associata al 90 per cento di energia della risposta impulsiva appare confinata entro circa 250 ns; e in modo del tutto simile si comporta l'intervallo dei ritardi, valutato a 15 dB sotto il picco del profilo dei ritardi.

Per completezza, in tabella 1 sono comunque riportati in sintesi tutti i parametri sopra illustrati, per ciascuno dei sette percorsi di misura effettuati nelle prove presentate in questo lavoro, e indicati nella figura 5: si può notare che solo in un caso il ritardo massimo supera (di poco) i 200 ns e l'attenuazione in banda presenta oscillazioni superiori a 22 dB; in tutte le altre situazioni i valori dei parametri in esame risultano molto prossimi a quelli indicati graficamente nelle figure 9÷12.

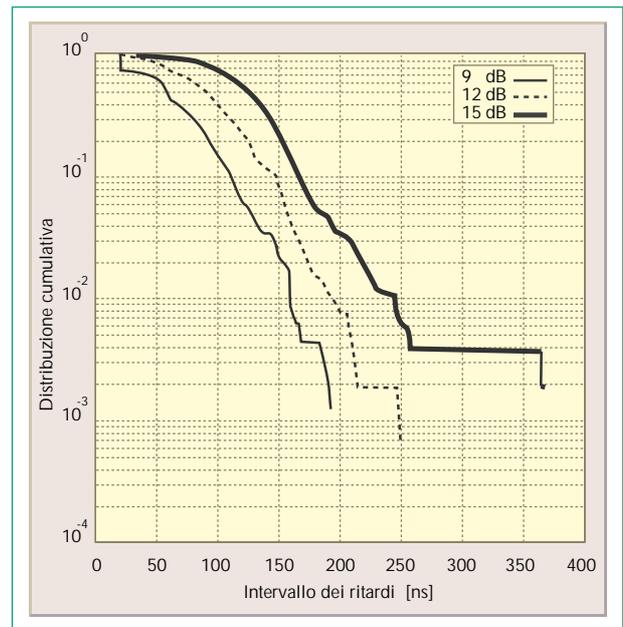


Figura 12 Distribuzione cumulativa relativa agli Intervalli dei Ritardi (a 9, 12, 15 dB) valutati lungo il percorso C2.

REGGIO EMILIA - PIAZZA MARTIRI DEL 7 LUGLIO												
Misura	Ritardo Medio [ns]			Dispersione dei Ritardi [ns]			Attenuazione a Larga Banda [dB]				Attenuazione del picco PDP rispetto allo spazio libero	
	Media	Dev. Std.	Mass.	Media	Dev. Std.	Mass.	Min.	Mass.	Media	Dev. Std.	[dB]	Pos. [λ]
C1	46	26	133,6	55	15	106,6	62,2	78,8	68	3	63,3	33,6
C2	34	11	79,5	48	9,6	82,4	62,6	72,1	66	1,7	64,4	10,56
C3	27	10	71,1	39	13	84,2	63,6	74,2	70	1,7	66,6	82,56
C4	46	20	132,2	54	19	128,1	71,2	92,5	79	4,2	73,5	12,24
C5	36	18	135,6	52	18	127,7	79,8	93,9	86	2,6	81,5	122,04
C6	73	30	212,8	100	22	189,8	70,4	84,9	76	2,1	70,7	183,6
C7	38	17	102,5	73	22	151,6	69,1	76,6	73	1,2	70,5	148,56

Tabella 1 Confronto tra i valori dei parametri acquisiti nei punti di misura in Piazza Martiri del 7 Luglio.

che causano i fenomeni di riflessione e di diffrazione, in aggiunta alla conoscenza geometrica dell'ambiente (quest'ultima necessaria con una risoluzione non inferiore al metro). Poiché una conoscenza teorica "puntuale" delle suddette caratteristiche (tipicamente, costante dielettrica e permeabilità magnetica) appare del tutto inverosimile, data l'enorme varietà dei materiali in gioco, l'unica strada di fatto percorribile sembra essere quella di un approccio sperimentale che consenta di individuare le possibili tipologie ambientali quale quello eseguito con le prove in campo a Reggio Emilia, raggruppandole in un numero ristretto di classi morfologiche alle quali associare valori medi delle grandezze elettriche ricordate.

7. Conclusioni

Risultati come quelli presentati nel paragrafo precedente, tradotti in termini di prestazioni dello standard DECT, indicano con una certa sicurezza che, con una accurata pianificazione del posizionamento delle stazioni radio fisse della rete, è possibile ipotizzare prestazioni soddisfacenti, nonostante la suscettibilità dello standard ai fenomeni di distorsione in banda e di interferenza intersimbolica originata dai cammini multipli di propagazione. Il risultato è ottenibile grazie ad una progettazione accurata del posizionamento relativo delle stazioni radio fisse che consente di avere valori massimi - e relative dispersioni - dei ritardi associati agli echi, limitati a 100-200 ns; valori di questa entità sono ancora tollerabili dal sistema, specie in quei casi in cui si utilizzano come contromisura la diversità di spazio nelle stazioni radio fisse mediante l'impiego di una coppia di antenne. È possibile anche ottenere valori delle finestre e degli intervalli di tempo, in cui si concentra la maggior parte dell'energia trasportata nel canale, notevolmente contenuti, e quindi ancora compatibili con le specifiche di sistema. Queste conclusioni sono state confermate anche dalle misure effettuate da Telecom Italia sulla effettiva situazione presentata dalla rete sperimentale, e già riportate in [6], in termini sia di tasso di errore, sia di qualità fonica.



Eraldo Damosso nel 1971 si è laureato in Ingegneria Elettronica presso il Politecnico di Torino; nello stesso anno è entrato in CSELT e nel 1980 è diventato responsabile del Gruppo Propagazione Radio. La sua attività è stata inizialmente rivolta alla caratterizzazione dei canali di propagazione terrestri e via satellite a frequenze superiori a 10 GHz, e in particolare allo studio dei fenomeni di interazione delle onde elettromagnetiche con le precipitazioni atmosferiche; successivamente i suoi interessi si

sono indirizzati alle comunicazioni mobili. Sotto questo aspetto è attivo nel campo internazionale dove agisce da vice-relatore nazionale della delegazione italiana alla Commissione di Studio 3 della ITU-R. Nel 1992 ha assunto la responsabilità della Linea Propagazione & Antenne dello CSELT. Ha partecipato in qualità di esperto, fin dall'inizio, al Progetto COST 207 incaricato di coordinare il Gruppo GSM nelle attività di specifica del sistema radiomobile omonimo, e nel 1992 è stato scelto come presidente del Progetto europeo COST 231, "Evolution of Land Mobile Radio (including personal) Communications", conclusosi nel 1996. È oggi Presidente del progetto successivo, COST 259, "Wireless Flexible Personalised Communications". Ha infine l'incarico di coordinare le attività svolte per Telecom Italia Mobile per la pianificazione e lo sviluppo di reti radiomobili in Italia e all'estero.

Bibliografia

- [1] Damosso, E.; Stola, L.: *Radiopropagazione*. SSGRR, L'Aquila, ottobre 1992, ISBN 88 85280 16 1.
- [2] Perucca, M. et alii: *Propagation models for micro-cellular environment*. Atti del VI Convegno Sistemi Radiomobili, Villa Griffone, Pontecchio Marconi, Bologna, 27-28 ottobre 1993.
- [3] Damosso, E.; Tenani P.G.: *La propagazione in ambienti chiusi: risultati sperimentali e modelli per il dimensionamento di strutture micro e picocellulari*. 93a Riunione AEI, Maratea, settembre 1992.
- [4] Gatti, F.; Tallone, F.: *Propagation measurements in wideband mobile channels*. Atti del XIII IMEKO World Congress - From Measurement to Innovation, Torino, 5-9 settembre 1994.
- [5] Loriga, M.L.; Morena, G.; Testa, M.: *Il servizio Fido*. «Notiziario Tecnico Telecom Italia», Anno 5, n. 3, dicembre 1996, pp. 27-37.
- [6] Dionisi, S.: *Architettura di rete per un sistema cordless urbano a standard DECT*. Ibid., pp. 11-26.
- [7] Parente, P.; Pietroiusti, R.: *La Conferenza Amministrativa Mondiale delle Radiocomunicazioni WARC'92*. «Notiziario Tecnico SIP», Anno 1, n. 2, dicembre 1992, pp. 71-82.
- [8] *Propagation data and prediction methods for the terrestrial land mobile service using the frequency range 30 MHz to 3 GHz*. ITU-R Report 567-4, Vol. V, Geneva, 1990.

Abbreviazioni

ACTS	Advanced Communications Technologies and Services
BPSK	Binary Phase Shift Keying
COST	Cooperation in Science and Technology in Europe
FPLMTS	Future Public Land Mobile Telecommunication Systems
GPS	Global Positioning System
PDP	Power Delay Profile
PRBS	Pseudo Random Binary Sequence
RFP	Radio Fixed Part
WARC'92	World Administrative Radio Conference



Fiorenzo Tallone, nato a Busca (Cuneo) il 21/6/1956, ha conseguito il diploma in Elettronica Industriale nel 1975 con il massimo dei voti. Nel 1976 è stato assunto al Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni (CSELT) presso il Centro Strumenti, dove si è occupato, tra l'altro, del collaudo di strumenti per telecomunicazioni. Dal 1991 lavora nella Linea di Ricerca di Propagazione presso la Direzione Servizi Mobili e Radio e si occupa della caratterizzazione sperimentale del canale di

propagazione sia per collegamenti in ponti radio numerici, sia per collegamenti mobili. Ha partecipato ad alcuni lavori del COST 235 ed è stato membro del gruppo di studi sulla propagazione nell'ambito del progetto europeo RACE II-CODIT (Code Division Testbed) dal 1992 al 1994.

Lo standard PHS

(Personal Handyphone System)

Il 1° Congresso mondiale fa il punto sulle applicazioni

Sandro Dionisi

"IL PHS (PERSONAL HANDYPHONE SYSTEM) HA TRAVOLTO IL MERCATO DELLE TELECOMUNICAZIONI GIAPPONESI COME UNA TEMPESTA ATTIRANDO IN SOLI QUINDICI MESI DI COMMERCIALIZZAZIONE DEL SERVIZIO PUBBLICO A MOBILITÀ LOCALE PIÙ DI 4,3 MILIONI DI SOTTOSCRITTORI CON 559MILA NUOVI CLIENTI IN UN SOLO MESE. I TERMINALI PIÙ PICCOLI E LEGGERI DI OGNI ALTRO TERMINALE CORDLESS ESISTENTE SUL MERCATO, CON BATTERIE DELLA DURATA DI 700-800 ORE E CHE CONSENTONO 7 ORE IN CONVERSAZIONE CONTINUA, I FUTURI PRODOTTI CORDLESS MULTIMEDIALI E APPLICAZIONI PER LA RETE DI ACCESSO CON ORDINI NELLE VARIE PARTI DEL MONDO: TUTTO CIÒ RENDE FENOMENALE IL SUCCESSO DELLA TECNOLOGIA PHS".

Con queste parole Andy Gent, Amministratore Delegato della società PHS International, costituita da NTT, Cable & Wireless, Itochu e Hong Kong Telecom, e Vice Presidente del PHS MOU (Memorandum Of Understanding) ha aperto il primo Congresso Mondiale sul PHS dal titolo "Servizi con sistemi numerici senza fili per il mercato di massa" che si è svolto nei giorni 18-20 novembre 1996 a Singapore.

Lo sviluppo dello standard PHS è iniziato nel 1990 ed è stato approvato nel 1993 dal Ministero P.T. giapponese. Nello stesso anno sono state avviate le sperimentazioni tecniche che si sono concluse nel 1994. Nello stesso anno il Ministero P.T. giapponese ha definito i criteri di assegnazione delle licenze per l'uso di sistemi PHS per un servizio pubblico a mobilità locale che i giapponesi chiamano semplicemente *Servizio PHS*. Nel 1995 sono state assegnate le licenze, e nel mese di luglio 1995 è

Veduta di Singapore dove si è tenuto il 1° Congresso mondiale sul PHS.



stato avviato il servizio commerciale da parte dei primi gestori (NTT Personal e DDI Pocket).

La normativa PHS prevede che la stazione radio pubblica faccia uso di un canale di controllo per comunicare con i terminali cordless e nella banda di frequenza assegnata a questo servizio sono assegnate solo tre frequenze per i canali di controllo; il numero di gestori operanti in una stessa area può perciò essere al più tre: in questo modo ogni gestore utilizza sempre una stessa frequenza per il canale di controllo.

Il Ministero P.T. giapponese ha assegnato tre licenze per ciascuna delle nove regioni in cui è stato suddiviso il territorio giapponese, più una licenza per il gruppo di isole che appartiene al territorio di Okinawa: in totale sono state attribuite quindi ventotto licenze. I gestori appartengono ai seguenti gruppi: Astel Group, DDI Pocket Telephone Group, NTT Personal Communications Networks Group.

Nel luglio 1996 è stato poi costituito il gruppo PHS MOU (*Memorandum Of Understanding*) con il compito di introdurre e di diffondere la tecnologia di questo sistema su scala mondiale: esso è costituito da un presidente, da un vicepresidente, da un comitato direttivo, da un gruppo tecnico e da un gruppo per la definizione e la promozione di brevetti connessi al PHS. Sempre nel luglio 1996 i membri firmatari del PHS MOU erano quarantotto tutti di società giapponesi o comunque asiatiche.

Nel mese di novembre lo standard PHS è stato adottato anche dall'*Austel (Australian Telecommunications Authority)*, che ha già adottato come standard cordless anche il DECT. L'Austel ha tuttavia stabilito che qualsiasi applicazione della tecnologia PHS non deve causare interferenze con i collegamenti in ponte radio il cui impiego è già previsto nella banda di funzionamento dei sistemi PHS.

A distanza di circa un anno dalla partenza del servizio, il congresso di Singapore ha inteso fare il punto della situazione e discutere sia su altre possibili applicazioni dello standard PHS sia sugli sviluppi futuri. Al congresso hanno aderito circa 280 partecipanti appartenenti a Paesi asiatici, europei e americani; circa il 60 per cento dei partecipanti apparteneva a manufattu-

Conferenze

riere, il 30 per cento a gestori ed il restante 10 a enti regolatori, istituti di ricerca e università. Per l'Italia erano presenti Telecom Italia e Telecom Italia Mobile.

Gli argomenti affrontati dai relatori hanno riguardato principalmente i seguenti temi:

- applicazioni della tecnologia PHS per la fornitura di servizi a mobilità locale (Servizio PHS);
- impiego di sistemi a standard PHS come alternativa ai collegamenti via cavo nella rete di accesso (applicazioni del tipo RLL - Radio in the Local Loop);
- stato dell'arte ed evoluzioni dei terminali cordless.
- trasmissione di servizi dati.

Nel seguito sono riportati gli aspetti principali e di maggiore interesse per Telecom Italia discussi per ognuno dei suddetti argomenti (per ulteriori particolari sullo standard PHS si veda Notiziario Tecnico n. 3 - Dicembre 1996, S. Dionisi "Architettura di rete per un sistema cordless urbano a standard DECT", pagina 16).

Sistemi PHS per comunicazione senza filo in movimento: l'esperienza in Giappone

Il servizio a mobilità locale realizzato dai tre gruppi di gestori di cordless mobility presenta le seguenti caratteristiche principali:

- il numero telefonico assegnato al terminale è del tipo: 050 xx-yyyy;
- il cliente può inoltrare e ricevere chiamate mediante il suo terminale cordless in tutte le aree nelle quali sia fornita la copertura radio all'interno delle nove regioni in cui è stato suddiviso il territorio giapponese: ad oggi è fornito il "roaming" fra una regione e l'altra solo tra le reti di uno stesso gestore;
- due utenti possono colloquiare tra loro direttamente, senza cioè passare per la rete pubblica o per la eventuale stazione radio domestica nel raggio di circa 100-200 m. La prestazione è tipo walkie-talkie; le chiamate non sono tassate e sono possibili anche nelle zone nelle quali non è fornita la copertura radio tramite stazioni radio;
- la prestazione di handover è prevista solo tra stazioni radio conti-

gue appartenenti alla stessa area di localizzazione, corrispondente ad un'area di centrale;

- è possibile abbinare al numero telefonico una casella vocale per registrare i messaggi in arrivo quando il terminale è fuori copertura o è spento. È inoltre possibile ricevere messaggi alfanumerici tramite l'abbinamento al servizio cercapersona (paging).

Il PHS, in definitiva, è presentato come un servizio di mobilità con alcune prestazioni ridotte, ma a costi inferiori rispetto a quello cellulare (copertura e mobilità limitate, funzionalità di handover inferiori).

La struttura di rete realizzata per la fornitura del servizio è di tipo microcellulare e impiega, per quanto possibile, le infrastrutture della rete fissa esistente, come le centrali di commutazione e i rilegamenti d'utente. Sia l'Astel sia la DDI Pocket utilizzano la rete NTT per l'interconnessione tra le proprie centrali locali.

Nella sola città di Tokyo nel luglio 1995, data di avvio del servizio, la NTT Personal aveva già installato 20mila stazioni radio, a fine ottobre 1996 ha installato 70mila stazioni, corrispondenti a circa il 66 per cento di copertura della popolazione, e ha dichiarato di prevedere di raggiungere le 120mila stazioni entro

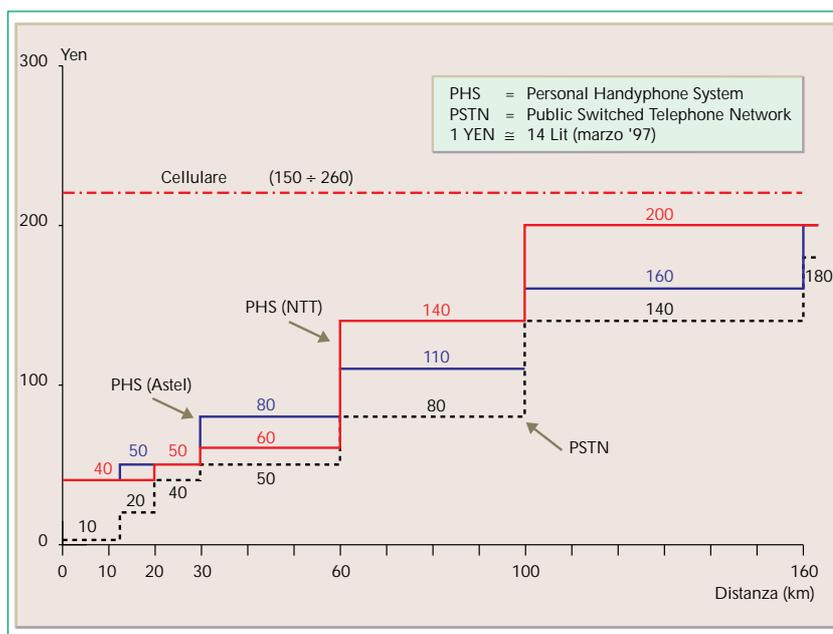


Figura 1

Confronto tra le tariffe (yen/3 minuti, fascia diurna) dei diversi servizi: cellulari, PHS e di telefonia di base (PSTN) in Giappone.

Conferenze

la primavera del 1997 per fornire la copertura del 90 per cento della popolazione.

Il costo delle stazioni radio varia da 300mila yen a 1 milione di yen a seconda della complessità e della potenza di trasmissione della stazione radio (dai 20 mW ai 500 mW).

Le stazioni sono installate generalmente su pali utilizzati per pubblici servizi, pareti di edifici, tetti, cabine telefoniche, macchine per la vendita di bibite e all'interno di edifici (stazioni metropolitane, uffici).

Dalle discussioni emerse durante la tavola rotonda è risultato che il servizio non ha ottenuto un successo immediato. I gestori prevedevano infatti di raggiungere 500mila utenti in soli quattro mesi, ma l'andamento dell'utenza nei primi due mesi era risultato più lento del previsto; s'impose quindi un'azione di marketing per accelerare la penetrazione del servizio.

La prima a operare in questa direzione è stata la DDI che, se da un lato incrementò la copertura offerta, dall'altro iniziò a commercializzare terminali anche senza il marchio DDI, ma solo con quello dei fornitori e ad accrescere le commissioni date ai venditori da circa 46 \$ USA a 180 \$ USA per ogni nuova sottoscrizione¹. Queste iniziative furono poi seguite anche dagli altri gestori. Un altro elemento che ha contribuito a far crescere la domanda è stato quello di arricchire il servizio con la presenza di una casella vocale e di messaggi cercapersona.

I risultati di queste nuove iniziative hanno riscosso successo; a fine ottobre 1996 i sottoscrittori del servizio hanno raggiunto il numero di 4 milioni e 315mila, con una previsione di raggiungere i 5 milioni alla fine del 1996². L'aumento repentino di utenti del PHS non ha peraltro inciso minimamente sulla crescita dei sistemi cellulari; anzi anche questi sistemi hanno avuto negli ultimi tempi uno sviluppo notevole che ha visto crescere a circa 15 milioni gli utenti dei sistemi cellulari, con un incremento di circa 10 milioni nell'ultimo anno. Questo aumento è stato favorito anche dalla riduzione delle tariffe che sono state adottate già a partire dal 1994 ai servizi cellu-

lari, soprattutto con l'introduzione del cosiddetto "Low Call System" caratterizzato da un canone mensile pari a 2700 yen contro i 6800 yen del cellulare normale e tariffe sulla singola chiamata di 225 yen ogni tre minuti contro i 150 del cellulare normale.

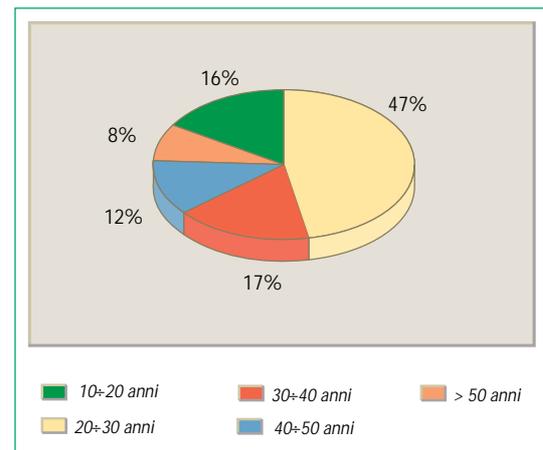


Figura 2 Suddivisione dei clienti del servizio PHS in funzione dell'età.

Nel corso del 1996, anche a seguito della diffusione del PHS, si è ridotta la domanda di nuovi clienti del servizio paging.

In figura 1 sono indicate le tariffe oggi in vigore per il servizio realizzato con la tecnologia PHS rispetto alle tariffe del sistema cellulare PDC e alle tariffe della rete telefonica fissa PSTN.

A fine ottobre i clienti del servizio PHS sono risultati così suddivisi tra i tre gruppi di gestori: 47 per cento sottoscrittori di DDI Pocket, 30 per cento di NTT Personal e 23 per cento dell'Astel. Come può essere notato dalla figura 2 la metà circa degli utenti del servizio ha un'età compresa tra i venti e i trent'anni. Le chiamate per utente sono circa tre al giorno, il 70 per cento delle quali sono chiamate originate; la durata delle chiamate è pari a circa 196 s per le chiamate ricevute e 82 s per quelle originate; le ore della sera sono quelle che maggiormente presentano traffico, con l'ora di picco intorno alle 22.

Se il ritmo di crescita degli utenti continuerà con la stessa velocità, i gestori prevedono che entro il 1997 i clienti del servizio supereranno i 10 milioni e nel 2000 i 25 milioni.

Gli elementi giudicati dai gestori come fondamentali per raggiungere l'elevato numero di sottoscrittori sono stati diversi: la copertura conti-

(1) Valori pubblicati su "Mobile Communications" di settembre 1996.

(2) L'obiettivo è stato raggiunto; infatti a fine dicembre '96 i sottoscrittori erano 4 milioni e 937 mila. A fine maggio '97 il numero dei clienti del servizio PHS ha raggiunto quota 6 milioni e 564 mila.

Conferenze

nua e non a "macchia di leopardo" degli ambienti esterni e la copertura di alcune aree interne quali le stazioni metropolitane e i grandi magazzini; in secondo luogo il costo ridotto del servizio (circa un terzo dei sistemi mobili); infine la grande varietà dei terminali. Altri fattori chiave del successo sono stati la scelta dei canali di vendita e la pubblicità centrata in particolare sull'impiego del servizio da parte dei giovani.

DDI ha comunicato di utilizzare più di 40mila agenti scelti tra i 60mila negozi sparsi per il Giappone che sono canali di vendita dei costruttori dai quali essa si rifornisce. L' "inizializzazione" dei terminali richiede circa 10 minuti di tempo ed è effettuata nei singoli negozi dove è anche assegnato sia il numero telefonico sia l'identificativo di terminale (per l'autenticazione) tramite un collegamento alla base dati della DDI; l'operazione prende altri 5-10 minuti.

Dal singolo cliente si trae profitto dopo quattro o cinque mesi dalla data di sottoscrizione del servizio. Mediamente in ciascun mese la quota di abbandono da parte dei sottoscrittori del servizio è di circa il 10 per cento rispetto a quelli di nuova acquisizione. Sia DDI Pocket sia NTT Personal hanno valutato che, a fronte degli investimenti già realizzati o che dovranno essere realizzati nei prossimi anni, il servizio comincerà a dare profitti a partire dal 2001.

Un altro caso di servizio con mobilità cordless: l'esperienza in Thailandia

Un'altra presentazione particolarmente interessante ha riguardato un'applicazione prevista per il PHS in Thailandia da Telecom ASIA che oggi gestisce 2 milioni di linee telefoniche nell'area di Bangkok (circa 4200 km²).

Telecom Asia ha individuato una soluzione di rete con mobilità cordless anzitutto per risolvere il problema dell'alta percentuale di chiamate senza risposta a causa della non raggiungibilità del chiamato. In secondo luogo il gestore ha voluto con questa applicazione fornire al cliente la possibilità di usare il proprio terminale anche fuori dalla propria abitazione o dall'ufficio.

La scelta della tecnologia effettuata è stata quella del PHS in quanto i sistemi basati su questo standard erano, al momento, gli unici commercialmente disponibili.

Il tipo di servizio che Telecom Asia ha sperimentato è stato denominato *PCT (Personal Cordless Telephone)* ed è fornito come un'estensione del servizio telefonico di base; in particolare nel caso di una chiamata entrante questa è instradata verso il nodo di commutazione al quale è associato il numero telefonico che, tramite l'impiego di funzionalità di rete intelligente, interroga la base dati centralizzata contenente l'ubicazione del terminale ed instrada

<i>Sottoscrizione</i>	32 \$ USA
<i>Canone mensile</i>	8 \$ USA
<i>Chiamate locali</i>	0,12 \$ USA per i primi due minuti di conversazione 0,06 \$ USA per ogni minuto successivo
<i>Chiamate a lunga distanza</i>	0,12; 0,32; 0,48 \$ USA a seconda delle distanze
<i>Chiamate internazionali</i>	Tariffe analoghe a quelle della rete fissa

Tabella 1

Tariffe previste da Telecom Asia per il servizio Personal Cordless Telephone.

in conseguenza la chiamata. Qualora il terminale non sia raggiungibile, la chiamata è instradata di nuovo verso il nodo di commutazione associato al numero telefonico, e quindi verso la corrispondente linea fissa.

Il cliente può utilizzare il terminale anche presso la propria abitazione o in ufficio purché abbia acquistato la stazione radio domestica (basetta) da connettere alla terminazione di rete (borchia d'utente).

Per quanto riguarda le tariffe previste per il servizio commerciale, i valori comunicati da Telecom Asia sono riportati nella tabella 1.

Il cliente che chiama il terminale cordless paga la normale tariffa della rete fissa PSTN.

Telecom Asia ha svolto una prima indagine di mercato e valuta in circa 1,7 milioni di utenti il bacino potenziale del servizio PCT al 2001 nella sola area metropolitana di Bangkok avendo considerato in questa prima analisi lo stesso livello di penetrazione del 15 per cento che oggi ha il PHS in Giappone.

L'ente regolatorio thailandese ha assicurato che Telecom Asia e la Thai Telephone and Telecommunication (TT&T) potranno effettuare il servizio PCT rispettivamente dalle loro reti fisse dell'area metropolitana e dalla area provinciale di Bangkok.

Conferenze

Impiego dello standard PHS in sistemi radio di raccolta dell'utenza fissa

Alcune manifatturiere tra cui la NEC e la Fujitsu hanno presentato prodotti radio *RLL (Radio in the Local Loop)* per la realizzazione di collegamenti per la raccolta di utenti fissi in tecnologia PHS.

La NEC ha, in particolare, illustrato la sperimentazione condotta in Argentina assieme a Telecom Argentina, in un'area delle città di Cordoba. Il sistema utilizzato è denominato *DCTS (Digital Cordless Telephone System)* e consente il collegamento di utenza da una postazione fissa (o alla quale è consentita una mobilità limitata) solo all'interno dell'area servita dal nodo di rete *WSC (Wireless System Controller)* che gestisce le celle radio; non è possibile infatti effettuare l'handover tra celle radio contigue o fruire del servizio in aree servite da WSC diversi da quello di sottoscrizione.

Ogni WSC può essere collegato alla rete PSTN tramite connessioni a due fili o con interfaccia secondo la Raccomandazione ITU-T V5.2 e può al massimo collegare rispettivamente all'incirca 1700 o 4000 utenti.

Nella città di Cordoba sono stati utilizzati due WSC per fornire il servizio a 400 utenti e gestire diciotto stazioni radio PHS; le stazioni radio sono state collegate ai moduli WSC mediante un sistema radio Punto-Multipunto operante a 2,4 GHz.

Altre terminazioni radio a 2,4 GHz sono state utilizzate per collegare direttamente ai WSC dodici telefoni pubblici.

Le stazioni radio lato utente a 2,4 GHz e quelle PHS erano entrambe collocate su pali di altezza maggiore di 10 m. Su ciascun palo è stata installata una stazione a 2,4 GHz e una stazione radio PHS; gli utenti serviti erano distribuiti su un'area di 35 km².

Le prestazioni fornite sono state:

- il servizio telefonico di base;
- la trasmissione dati fino a 4,8 kbit/s; è possibile, oggi, trasmettere anche a 9,6 kbit/s e in futuro è prevista la possibilità di trasmettere a 32 ed a 64 kbit/s;
- servizio facsimile di tipo G3.

La NEC ha segnalato di aver definito contratti per la fornitura di sistemi DCTS in otto Paesi (Colombia, Guatemala, Uruguay, Emirati

Arabi, Cina, India, Filippine e Thailandia) dove al più presto saranno avviati impianti sperimentali; la NEC ha dichiarato che stava trattando per la conclusione di contratti per il lancio commerciale di un numero di sistemi corrispondente complessivamente a circa 300mila utenti.

È stata successivamente presentata la sperimentazione condotta nella città di Semarang, in Indonesia, dal gestore PT Telekomunikasi: essa costituisce un'applicazione mista tra quella RLL e quella di mobilità limitata: è stata infatti offerta agli utenti una mobilità

nell'ambito della propria abitazione ovvero in alcuni ambienti esterni (parcheggi, zone pedonali, giardini pubblici); per coprire le aree interessate alla sperimentazione sono state utilizzate 77 stazioni radio che servono circa 140 utenti; ad ognuno dei terminali cordless è stato assegnato un numero telefonico della rete PSTN. Le stazioni radio erano connesse ad un nodo di commutazione dedicato contenuto in un armadio di dimensioni ridotte (1730x500x770 mm).

La sperimentazione avviata nel 1993 ha messo in luce la buona qualità del segnale e del sistema adottato; l'80 per cento circa degli utenti si è dichiarato soddisfatto.

PT Telekomunikasi intende lanciare la fase commerciale nel secondo quadrimestre del 1997 garantendo per ora la mobilità locale solo nell'ambito delle aree coperte (super-

mercati, centri commerciali, aeroporto, stazione ferroviaria, aree di servizio) appartenenti allo stesso nodo di commutazione locale, capace di gestire al massimo 192 stazioni radio e 2000 utenti, collegati tramite doppi in modo analogico o tramite stazioni radio. PT Telekomunikasi sta studiando al contempo le soluzioni tecniche atte ad estendere la mobilità anche tra aree coperte da nodi di commutazione diversi.

Soluzioni analoghe a quelle sperimentate in Semarang saranno utilizzate in ambienti rurali. PT Telekomunikasi prevede che tra pochi anni l'impiego di tecnologie quali quella PHS porterà il costo del collegamento radio per la rete d'accesso (RLL) a circa 500 \$ USA per singolo rilegamento d'abbonato. Questa valutazione è stata fatta assumendo di servire bacini estesi di utenza.



Un'altra immagine della città-stato di Singapore.

Terminali cordless

Un aspetto che sicuramente ha colpito i partecipanti al congresso è stata l'ampia gamma di terminali cordless PHS disponibili. Sono infatti numerose le società manifatturiere che già oggi propongono terminali PHS: fra queste ricordiamo NEC, Panasonic, Sharp, Sony, Toshiba, Sanyo, Kenwood, Casio, Mitsubishi. Tutti i prodotti sono di dimensioni e peso ridotti; il terminale Sharp JD-P10, ad esempio, ha dimensioni: 130x40x25,7 mm e pesa appena 106 g; il terminale Kyocera PS-701 ha dimensioni 130x40x18 mm e il peso è di appena 95 g. Il costo dell'hardware dei terminali è sceso nel 1996 di circa il 50 per cento rispetto a quello del 1995, ed è prevista una riduzione di un ulteriore 20 per cento entro il 1997.

Nel frattempo è stata migliorata la durata delle batterie che, da circa 4 h utilizzabili in conversazione per i prodotti disponibili nel 1995, è passata alle 6 h nel 1996; si prevede che possa arrivare a 7-8 h entro il 1997. La durata delle batterie con il terminale in attesa "stand by" è passata dalle 100 h del 1995 alle 500 h del 1996 e passerà molto probabilmente a 600 h entro il 1997.

Sono state incluse nei terminali prestazioni quali la segreteria telefonica, la possibilità di segnalare l'arrivo di una chiamata con un movimento vibratorio del terminale anziché con la soneria. Diversi terminali, inoltre, prevedono la possibilità di integrare un ricevitore per la ricezione di messaggi alfanumerici con funzionalità analoghe ad un cercapersona.

Per quanto riguarda il prezzo, durante la conferenza è stato comunicato che per i prodotti oggi disponibili esso oscilla tra 45 e 150 \$ USA. Questo valore non include il prezzo della eventuale stazione domestica (basetta).

Per i terminali gli sviluppi sono quindi orientati a ridurre costi, consumi e dimensioni pur aumentando le funzionalità oggi disponibili. Per i prossimi anni sono previste integrazioni che porteranno a svolgere tutte le funzionalità in due chip: il primo per la banda base, l'altro per la parte radio sia a frequenza intermedia sia a radio frequenza. Per il sistema radiante, sono previsti entro il 1997 modelli con antenne di piccole dimensioni realizzate con materiale dielettrico.

Le industrie manifatturiere stanno inoltre esaminando la possibilità di sviluppare terminali *dual mode* sia PHS/GSM sia PHS/PDC (servizio cercapersone analogo al teledrin); il costo di questi terminali dovrebbe essere pari a circa 1,1-1,3

volte quello dei terminali GSM o PDC. Tutti i rappresentanti dei costruttori intervenuti hanno, tuttavia, lamentato che finora i gestori non hanno formulato richieste precise per lo sviluppo di questi terminali. Altri sviluppi annunciati riguardano terminali cordless multimediali e applicazioni di moduli PHS, ad esempio, per i personal computer, il facsimile, i registratori di cassa, i contatori dell'acqua, gas o elettricità.

Trasmissione dati

Potrebbe essere oggi possibile trasmettere dati a varie velocità fino a 32 kbit/s sfruttando l'intera capacità trasmissiva dell'intervallo temporale messa a disposizione del ricetrasmittitore PHS.

Per ridurre, tuttavia, gli errori sul segnale ricevuto, che si verificherebbero soprattutto in occasione degli handover e durante le condizioni di distorsione del segnale, è stato necessario effettuare modifiche allo standard PHS, per inserire, in particolare, procedure di controllo dell'errore.

È stato perciò costituito, nel mese di luglio 1995, il PHS Internet Access Forum che ha definito lo standard *PIAFS (PHS Internet Access Forum Standard)*.

Nella prima metà del 1997 è prevista la fornitura di apparati PHS per comunicazione dati che consentano il servizio e-mail, il servizio facsimile, l'accesso a Internet³.

La NTT Personal ha valutato che intorno al 2000 il 25 per cento degli impieghi del PHS sarà per trasmissione dati. La massima velocità di trasmissione possibile su un canale a 32 kbit/s, senza l'impiego di alcuna tecnica di compressione dei dati e con terminali conformi alla normativa PIAFS è pari a 29,2 kbit/s.

Mediante compressione di dati secondo la Raccomandazione ITU-T V.24bis la NTT ritiene che sarà possibile trasmettere su un singolo intervallo di tempo del PHS un segnale a velocità di 115,2 kbit/s.

Altri studi avviati riguardano la possibilità di trasmettere un flusso a 64 kbit/s, utilizzando due intervalli temporali contigui della trama del segnale PHS, e la possibilità di trasmissione dati a pacchetto. Per entrambi questi temi saranno definite naturalmente apposite specifiche.

(3) Tutti e tre i gruppi: NTT Personal, Astel e DDI Pocket hanno mantenuto le previsioni, e in aprile '97 hanno lanciato il servizio dati a 32 kbit/s.

Conferenze

Conclusioni

Il congresso ha offerto un'occasione di particolare importanza per fare il punto sullo stato dell'arte e sugli sviluppi in corso relativamente sia ai sistemi in tecnologia PHS sia alle loro possibili applicazioni. Il numero dei partecipanti è stato elevato e sono stati presentati circa quaranta contributi, quasi tutti di buon livello; sono state, anche, tenute tre tavole rotonde su argomenti di regolamentazione, di servizio e di evoluzione tecnologica.

Il congresso ha permesso di acquisire nuove informazioni sullo standard PHS che consentono o di conoscere meglio le potenzialità di sistemi basati su questa tecnologia anche nei confronti di altre soluzioni quali quelle che utilizzano lo standard DECT definito dall'UE. Dalle presentazioni è poi emerso chiaramente che la risposta più che buona, da parte del mercato giapponese, al servizio di mobilità cordless realizzato con sistemi PHS è stata ottenuta a fronte di azioni di marketing mirate sia in termini di scelta dei canali di vendita sia di tariffe, di gamma di offerta di terminali e di nuove prestazioni, quali ad esempio il paging e la segreteria telefonica.

Occorre tuttavia osservare che, per accelerare la crescita del mercato, i gestori del servizio PHS hanno deciso di subsidiare almeno nella fase iniziale i prezzi di acquisto dei terminali. Questa decisione ha comportato che, secondo l'opinione prevalente dei gestori, nonostante gli oltre 6 milioni e mezzo di clienti del servizio a fine maggio 1997 e l'elevata percentuale di penetrazione prevista per i prossimi anni, il servizio inizierà a produrre profitti a partire dal 2001.

Non è possibile dedurre quanto dell'esperienza giapponese è trasferibile nella realtà italiana, in particolare per il servizio Fido di Telecom Italia. Il servizio fornito in Giappone è, infatti, molto diverso da quello di Telecom Italia, non tanto per la tecnologia che lo assicura "PHS anziché DECT", quanto perché, mentre Fido ha le caratteristiche di una prestazione supplementare del servizio telefonico di base, il servizio PHS è stato concepito e di fatto commercializzato come un servizio mobile che a fronte di alcune limitazioni rispetto agli altri sistemi cellulari - quali la copertura e la velocità di spostamento limitata - è decisamente, in termini di tariffe e di costo dei terminali, più conveniente rispetto ad essi. I servizi cellulari giapponesi presentano infatti tariffe particolarmente elevate rispetto a quelle della telefonia di base; anche questa situazione è diversa da quella ita-

liana, ove esiste una maggiore varietà di offerta di servizi e di forme di abbonamento per gli utenti dei servizi cellulari.

Da ultimo, si segnala che il prossimo congresso mondiale sul PHS sarà tenuto a Bangkok dal 18 al 20 novembre 1997.

Ing. Sandro Dionisi - Telecom Italia DG - Roma

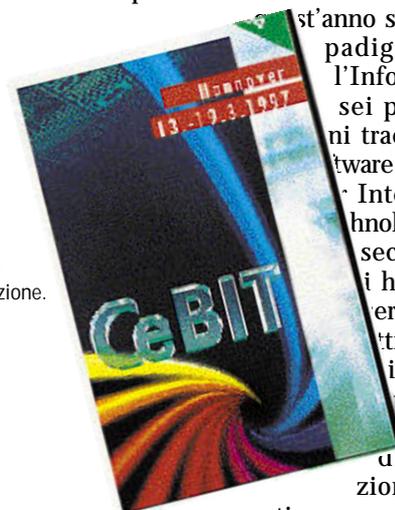
What's new at CeBIT 97

Hannover 13 -19 marzo 1997

Ugo Davide Miletto

IL CEBIT (CENTER BUSINESS OFFICE - INFORMATION - TELECOMMUNICATIONS) È, A DETTA DELLE MAGGIORI INDUSTRIE E DEI GESTORI PUBBLICI DI TELECOMUNICAZIONI, LA PIÙ IMPORTANTE MOSTRA-MERCATO DI TELECOMUNICAZIONI TRA QUELLE CHE SI TENGONO IN EUROPA CON CADENZA ANNUALE.

Colpiscono, anzitutto, le dimensioni dell'area espositiva della fiera nei sobborghi di Hannover,



Logo della manifestazione.

st'anno suddivisa in ventisette padiglioni: sei per l'Information Technology, sei per le telecomunicazioni tradizionali, sette per il software e i restanti padiglioni per Internet, Bank e Office Technology.

Al secondo luogo, i visitatori hanno la possibilità di osservare i sistemi e i prodotti delle maggiori industrie telefoniche e dei maggiori gestori di telecomunicazione mondiale. In questa edizione infatti erano presenti con un proprio stand in fiera seimilaottocento espositori provenienti da sessantacinque Paesi.

Il programma giornaliero prevedeva anche una serie di seminari e di conferenze sugli argo-

Conferenze

menti più attuali nel settore delle comunicazioni - quali, ad esempio, reti, strategie di management, sistemi di gestione e di videocomunicazione - da parte in genere di espositori per un totale di quattrocentocinquanta interventi nel corso della settimana.

L'obiettivo strategico perseguito dai singoli espositori era, naturalmente, quello di raggiungere il "Cliente" con le soluzioni tecnologicamente più avanzate e impiantisticamente più economiche, e quindi di interessarlo con un'offerta comprensiva dei possibili servizi multimediali richiesti ovviando a eventuali ostacoli tecnici sia comprimendo il segnale sia trasmettendo l'informazione via radio.

Le grandi sfide che si preparano tra i gestori dei servizi in concorrenza tra loro stimolano infatti le grandi industrie di telecomunicazione verso il cliente affari su temi riguardanti l'integrazione di tutti i servizi e la gestione unificata ad essi relativa. Di notevole rilevanza è stata l'affermazione, ripetuta dalla maggioranza dei gestori presenti, secondo la quale la tecnologia ATM risulta affidabile per la commutazione sia della voce sia dei dati e che è prossima la disponibilità di avere con un unico Centro ATM il controllo completo anche della rete di trasporto rigorosamente SDH.

Conferenze

Le conferenze di Deutsche Telekom sono state tra le più seguite per le diverse tematiche esposte: in particolare sono sembrate di interesse le soluzioni presentate sulla sicurezza e sulla protezione dei dati aziendali e sulla sicurezza della rete di telecomunicazione.

Hanno riscosso un vivo interesse tra i gestori gli argomenti più "scottanti" del momento, quali l'integrazione di reti eterogenee, la gestione della rete trasmissiva, ISDN e B-ISDN.

Un altro argomento, che è stato seguito con attenzione, ha riguardato la presentazione dei risultati conseguiti da Deutsche Telekom nella gestione della propria rete commerciale ATM (B-ISDN/ATM dal 1994 e ATM dal 1996) e il progetto a medio termine di far controllare, mediante questo sistema di gestione, anche la rete di trasporto con gli apparati trasmissivi SDH (R. Pfeiler D.T. *T-net ATM project*).

Deutsche Telekom mostra una grande attenzione alla rete ATM e alle caratteristiche di banda flessibile, di diffusione capillare e di politica tariffaria da essa consentita basata sulla durata dell'uso; su questa rete sono stati infatti inseriti i numerosi servizi Internet offerti alla clientela (T. Schreiber Head of ATM project of DT Network Division). Anche le industrie manifatturiere hanno tenuto in fiera numerose conferenze nel corso delle quali hanno presentato sia i prodotti più recenti

(con soluzioni per Internet, per la rete d'accesso multimediale e per la telefonia mobile multimediale) sia ipotesi di soluzioni "chiavi in mano" per centri di Assistenza Clienti o di tariffazione integrata.

Grande importanza è stata data al progetto presentato dalla Ericsson riguardante una rete d'accesso multime-

diale basata su una soluzione DECT per la connessione alla rete tradizionale, superando così i vincoli territoriali dell'accesso via cavo.

Allo stesso tempo anche Alcatel ha presentato propri sviluppi su Internet & ISDN, sulla gestione integrata della rete trasmissiva tradizionale e mobile e ha illustrato uno studio accurato sulle possibili soluzioni di telelavoro.

Su argomenti, relativi a reti geografiche di computer o per la gestione dei dati, le più importanti industrie di informatica (IBM, Oracle, Microsoft) hanno fornito contributi sui propri prodotti quali, ad esempio, Windows NT, Internet & Intranet solutions, Universal Warehouse.

Esposizione

Come è stato messo in evidenza per le conferenze, i grossi filoni espositivi di questa fiera riguardavano soluzioni multimediali, DECT e Internet e proposte di sistemi globali per la supervisione della rete.

Esponavano al CeBIT le principali industrie mondiali di telecomunicazioni tra le quali Lucent Tec, Siemens, Alcatel, Bosch, Ericsson, DSC, Italtel, Northern Telecom, NEC, Fujitsu, ed i più importanti gestori: France Télécom, Belga Telecom, Global One, Deutsche Telekom, STET (ora Telecom Italia). Particolarmente esteso era il padiglione di Taiwan con quattrocento espositori in diecimila metri quadri, secondo solo al padiglione



L'area espositiva della fiera nei sobborghi di Hannover.

Conferenze

degli Stati Uniti. A parte le numerose soluzioni hardware mostrate di computer, modem, router, telecamere integrate o non, una novità era costituita da una scheda per computer portatile (modello PCMCIA II) integrata per l'utilizzo in ISDN di modem, facsimile e segreteria telefonica (ad esempio: Micronet, COMone) e da schede sul computer portatile per videoconferenze via modem (ad esempio: Lifeview).

Sembra opportuno ancora segnalare soluzioni di unità veloci multiscambio per l'uso su protocolli LAN (Digital, ad esempio, ha presentato un multiswitch fast Ethernet) e una gamma di apparati multiplexer di rete d'accesso (ad esempio Rad).

Numerose erano le realizzazioni mostrate di apparati facsimile o telex con possibilità alternativa di invio del documento via Internet al costo di una telefonata urbana (ad esempio Neesgaard Int.) o l'accesso a Lan o Internet via radiomobile (soluzioni di questo tipo sono state esposte da Aaeonlan e da NTT).

Grande impressione poi suscitava lo spazio espositivo di Deutsche Telekom particolarmente esteso, che mostrava numerosi prodotti di interesse: in particolare lo stato avanzato della gestione dei servizi commerciali via rete Internet (supermercati, negozi di diverso genere tutti raggiungibili solo via computer).

Di rilievo anche la soluzione del Centro di gestione unico delle chiamate (Call Center) di Belgacom per tutta la clientela affari: il Centro risulta personalizzato a seconda delle necessità del cliente per orari, addetti, apparati e statistiche.

Un certo interesse ha destato il sistema Diamant di Bosch Telecom che permette di trasmettere segnali televisivi presso un qualsiasi utente telefonico, utilizzando i cavi coassiali d'accesso preesistenti, mediante la compressione e la numerizzazione del segnale televisivo.

France Télécom ha infine presentato una soluzione di gestione delle reti private tramite Internet che utilizzava una struttura di rete ATM con collegamenti a 34 Mbit/s di tipo pleiocrono (PDH), in via di migrazione su collegamenti sincroni (SDH) a 155 Mbit/s.

Conclusioni

Questa esposizione ha colpito i visitatori, più che per le particolari innovazioni tecnologiche mostrate, per il consolidamento di prodotti già noti e per il numero via via crescente di nuove applicazioni o servizi offerti ai clienti che utilizzano le strutture esistenti.

Questa impressione è stata confermata in particolare dalle presentazioni legate alla tecnologia ATM e alle reti multimediali, all'impiego sempre crescente di Internet e in generale ai sistemi terminali. Le soluzioni di rete d'accesso multimediale con collegamenti DECT hanno rappresentato poi l'aspetto più innovativo di questa edizione.

Il numero di visitatori, circa seicentocinquanta nei sette giorni, ha confermato l'interesse di quanti operano nelle telecomunicazioni a incontrarsi ogni anno a questo appuntamento che tende sempre più ad allargare i confini di espositori e di visitatori, a tutto il mondo industrializzato che ha legami con l'Information Technology.

Il successo di questa mostra-mercato sembra destinato a continuare nei prossimi anni ed è stato già presentato un programma per il CeBIT '98, che si terrà, sempre ad Hannover, dal 19 al 25 marzo: per questa esibizione sono annunciate già alcune novità sul piano dello sviluppo CAD e di Information Technology, su nuovi aspetti di gestione delle stazioni d'energia, oltre a sviluppi innovativi su ATM, Internet e sulla supervisione delle reti di computer.

Ing. Ugo Davide Miletto - Telecom Italia DG - Roma

DECT '97

Towards Full Commercialisation

Londra 27 - 29 gennaio 1997

Pasquale Fiorillo, Marcello Testa, Enrico Venuti

"ACCANTO ALLA GLOBALIZZAZIONE E ALL'INTERNAZIONALIZZAZIONE NEL SETTORE DELLE COMUNICAZIONI E ALLA NASCITA DEI SERVIZI MULTIMEDIALI - COMBINATI CON IL TRASPORTO NUMERICO DI VOCE, IMMAGINI E DATI - L'EVOLUZIONE DELLE COMUNICAZIONI MOBILI E PERSONALI RAPPRESENTA UNO DEI PRINCIPALI SVILUPPI DELL'IMMEDIATO FUTURO NELLE COMUNICAZIONI. IN PARTICOLARE IL DECT POTREBBE COSTITUIRE LA MAGGIORE INNOVAZIONE NELL'AREA DEI SISTEMI MOBILI LEGATI ALLE RETI FISSE".

Conferenze

Con queste parole Jorgen A. Richter della Commissione DG XIII dell'Unione Europea ha concluso la relazione di apertura del Congresso sul "DECT '97", tenuto a Londra dal 27 al 29 gennaio e organizzato dall'ibc.

Al Congresso, indirizzato principalmente ai gestori di telecomunicazione interessati allo sviluppo di servizi basati sulla tecnologia DECT, erano presenti oltre seicento persone, in numero presumibilmente molto maggiore rispetto a quello previsto dagli organizzatori (il grande successo di pubblico nelle partecipazioni ha peraltro enfatizzato le numerose carenze organizzative e logistiche registrate). L'interesse per i temi trattati è stato confermato dalla presenza di quasi tutti i partecipanti per l'intera durata del Convegno e dall'elevato numero di domande poste al termine di ciascuna esposizione.

Il panorama emerso è abbastanza completo: sono stati infatti trattati aspetti di regolamentazione, applicazioni legate al *WLL (Wireless Local Loop)*, al *CTM (Cordless Terminal Mobility)* e alla clientela business. Diversi relatori hanno più volte messo in particolare evidenza che la tecnologia DECT risulta essere di interesse sia per i gestori tradizionali di telecomunicazione, sia per nuovi gestori che vogliono inserirsi nel mercato esistente. Nel Convegno sono stati anche messi in luce gli aspetti evolutivi del DECT.

I numerosi interventi che si sono succeduti nei tre giorni sono stati presentati da relatori di diciassette Paesi: da tredici gestori, da ventiquattro Società manifatturiere e da sei rappresentanti di organismi di standardizzazione. Sono state tenute anche due tavole rotonde, rispettivamente dedicate alle prove di validazione dei sistemi e allo stato dell'arte delle realizzazioni di serie degli apparati DECT.

Nei giorni del Convegno è stata anche predisposta un'esposizione di apparati e di terminali già industrializzati che ha riscosso un notevole successo, a giudicare dall'affluenza dei presenti agli stand.

Non è semplice riassumere in poche pagine quanto discusso nei tre giorni; si riportano di seguito solo alcuni tra gli elementi emersi negli interventi ritenuti di maggiore interesse per i lettori del Notiziario.

Aspetti di regolamentazione

Jorgen A. Richter, nell'intervento introduttivo del Congresso *DECT, a global standard* ha anzi-

tutto ricordato lo sforzo compiuto dall'Unione Europea per lo sviluppo della tecnologia: finora l'UE ha contribuito con quasi 3 milioni di ECU alle attività di standardizzazione ed ha pianificato una spesa di 4,5 milioni di ECU per definire le prove di collaudo. Questo impegno finanziario è naturalmente un indice dell'interesse dell'UE per il DECT: l'UE è infatti abbastanza ottimista sulle potenzialità della tecnologia DECT e ritiene, anche in base al confronto con il sistema PHS, che essa possa costituire, come il GSM, una tecnologia europea vincente a livello mondiale.

Il relatore ha poi sottolineato che si prevede una crescita elevata per il mercato del DECT: comprendendo il cordless domestico, esso dovrebbe passare dagli attuali 5 milioni di terminali a 35 milioni nel Duemila.

Ultan Mulligan, responsabile nell'ETSI per il coordinamento delle specifiche di prova del DECT, ha presentato una relazione su *The role of ETSI standardisation in DECT*.

Mulligan ha anzitutto messo in evidenza che il DECT è una tecnologia di accesso radio per comunicazioni wireless su aree con raggio limitato e che esso è stato sviluppato per consentire non solo l'accesso alla rete telefonica tradizionale (PSTN) ma anche a quella ISDN, GSM, alle reti private, all'interno di centrali private (Wireless PABX). Mulligan ha poi chiarito che possono essere definite quattro aree di interesse per il DECT: 1) residenziale come i cordless; 2) impiego business con i cordless at-

stati a un PABX (ufficio con collegamenti interni realizzati con i terminali cordless); 3) accesso wireless alla rete pubblica per applicazioni che consentono la mobilità all'esterno degli edifici, del tipo *CTM (Cordless Terminal Mobility)*; 4) impiego nella tratta terminale dell'infrastruttura della rete di accesso per applicazioni "wireless in the local loop".

Il DECT, ha ricordato il relatore, è quindi solo una tecnologia di accesso e non è costituito da un sistema completo (comprensivo anche della commutazione) come, ad esempio, risulta il GSM.

La relazione di Mulligan è stata quindi indirizzata a presentare il grosso sforzo di standardizzazione compiuto dall'ETSI ed a mostrare che esso ha portato a norme che possono essere considerate "stabili" e che sono già approvate e pubblicate.

La tecnologia DECT è quindi passata dalla fase di sperimentazione a quella dell'utilizzazione effettiva.



Conferenze

Applicazioni WLL (*Wireless Local Loop*)

L'impiego nella rete di distribuzione dell'accesso radio è ritenuto, sia dai gestori sia dalle società manifatturiere, di sicuro interesse per la tecnologia DECT. Questa modalità di accesso, indicata come *WLL (Wireless Local Loop)* o come *RLL (Radio in the Local Loop)* è stata normalizzata come standard ETS e ha permesso di definire un profilo specifico chiamato *RAP (RLL Access Profile)*.

Seguendo questa modalità di utilizzazione, possono essere naturalmente ridotti i costi di installazione associati alla rete di accesso che, uniti al maggior grado di flessibilità presentato dalla pianificazione della rete, risulta essere di particolare interesse sia per i nuovi gestori - che debbono competere con quelli tradizionali già presenti sulla rete fissa - sia per i gestori di Paesi in via di sviluppo che vogliono estendere rapidamente ed a minor costo le proprie infrastrutture. Esempi di nuovi gestori, che operano in mercati nei quali è già presente una rete fissa con un elevato livello di sviluppo, sono Cegetel in Francia e RWE Telliance in Germania che, come sarà illustrato più avanti, hanno presentato risultati di prove in campo da essi effettuate.

Molto ampia è invece la casistica dei gestori di reti di telecomunicazioni in Paesi in via di sviluppo interessati alle applicazioni del Wireless Local Loop. La tabella 1 mostra che molti Paesi, con una ridotta penetrazione telefonica, sono orientati a introdurre in rete queste tecnologie, specie per far fronte alla rapida crescita della domanda del mercato.

	<i>Crescita utenti 95/94 (%)</i>	<i>Linee fisse per 100 abitanti</i>
Vietnam	83	0,7
Sri Lanka	84	1,1
India	non disp.	1,2
Indonesia	117	1,8
Filippine	66	2,1
Cina	91	2,6
Tailandia	58	5,8
Malesia	63	17

Tabella 1

Paesi con bassa penetrazione telefonica e con interesse per applicazioni del tipo DECT RLL.

Alcune relazioni presentate in questo Congresso hanno anche messo in luce che l'accesso radio, come alternativa alla rete fissa di distribuzione, è visto spesso dai gestori, che hanno deciso di impiegare questo accesso, come il primo passo per offrire successivamente una mobilità locale via via più estesa verso applicazioni di tipo CTM.

Sono stati mostrati i risultati di diverse sperimentazioni avviate con questo tipo di applicazione.

Damian Schlosser ha presentato, con *DECT as a WLL Technology for new operators*, l'esperimento della RWE Telliance nella città tedesca di Gelsenkirchen: l'esperimento ha permesso a questo nuovo gestore (che ha come alleati strategici VEBA e Cable & Wireless) di acquisire esperienza nella realizzazione di una rete di accesso costituita da Radio in Local Loop DECT e anche di valutare la possibilità in futuro sia di estendere la copertura - nell'ottica di rendere disponibile un servizio pubblico del tipo CTM - sia di offrire, quando saranno approntati i terminali, un servizio dual-mode (DECT-GSM).

Per quel che riguarda l'impiego del DECT nella rete di accesso (RLL), Schlosser ha sottolineato che per avviare il servizio RWE Telliance ritiene necessario l'avvio di una nuova ottimizzazione e semplificazione degli apparati oggi disponibili. Un'ulteriore criticità messa in evidenza da D. Schlosser, riguarda il costo di accesso alla rete locale in rame di Deutsche Telekom, soprattutto nel caso di applicazioni di mobilità locale pubblica offerte dai nuovi gestori.

Alessandro Bottonelli ha riferito sugli orientamenti di Infostrada su queste tematiche; nell'intervento che aveva come titolo *WLL DECT for voice and data*, ha anzitutto annunciato che Infostrada intende sperimentare nel 1997 in due città italiane "ancora da definire" l'accesso radio DECT nella rete di distribuzione. La relazione ha posto l'accento su una serie di condizioni abilitanti: il nuovo Piano di Numerazione Nazionale; il listino di interconnessione; la portabilità del numero da parte degli utenti; l'accesso alla rete del gestore dominante.

Sempre per queste applicazioni, gli interventi di tecnici delle Società manifatturiere hanno successivamente richiamato l'attenzione sull'attualità e sulla disponibilità delle soluzioni proposte, soffermandosi, in particolare, sulle realizzazioni in campo oggi in corso in Ungheria (Ericsson) e nella Repubblica Ceca (Siemens).

Conferenze

Come è stato già messo in evidenza dai dati riportati nella tabella 1, è tuttavia nel continente asiatico che si riscontra il più elevato interesse per l'impiego della tecnologia DECT per Radio in the Local Loop.

In particolare, in Indonesia il gestore PT Telekomunikasi impiega questa tecnologia dal 1995 principalmente nelle aree urbane, in alternativa ad altri sistemi (incluse alcune sperimentazioni con sistemi PHS) per aumentare e per rendere più rapida la penetrazione del servizio telefonico. Come ha ricordato Rahadian Krishna Sundara, del PT Telekomunikasi Indonesia, nella presentazione *DECT in Indonesia*, questo gestore ha un piano di sviluppo che prevede di disporre di circa 350mila linee con accesso radio nelle città di Giacarta e di Surabaia entro il 1999; il 65 per cento è di tipo DECT. Ulteriori sviluppi sono programmati in altre due isole importanti dell'arcipelago indonesiano.

In India sono state effettuate prove a Chennai (ex Madras) che hanno comportato l'installazione di 150 ripetitori posti presso gli utenti (in questo caso il collegamento radio più lungo misurava 3,2 km). Oltre alla facilità di installazione, i principali risultati positivi - presentati da M. Harish in *DECT Developments in*

India - riguardano la buona qualità della fonia - analoga a quella della rete fissa - e l'ottima accoglienza del terminale presso gli utilizzatori. Un aspetto negativo della soluzione realizzata è costituito dalla necessità di alimentare localmente le stazioni radio.

Applicazioni CTM (Cordless Terminal Mobility)

Emilio Cancer di Telecom Italia, nell'intervento dal titolo *Dect for Cordless Mobility*: Telecom Italia Experiences, ha presentato i principali risultati emersi dalle sperimentazione DECT di Brindisi e di Reggio Emilia, sottolineando le potenzialità del DECT come tecnologia di accesso alla rete fissa per applicazioni di tipo CTM e mostrando, anche con l'ausilio di un filmato, l'elevata qualità della fonia.

La presentazione ha riscosso un notevole interesse, e in base ai questionari restituiti dai presenti al termine del Congresso è stata giudicata tra i migliori interventi.

Nel corso della discussione, seguita all'esposizione, numerosi presenti hanno affermato che l'esperienza condotta da Telecom Italia nello sviluppo del servizio Fido è particolarmente significativa e consentirà di avere elementi per valutare la convenienza ad offrire lo stesso servizio in altri Paesi della Comunità.

Nicolas Houery, responsabile dei servizi telefonici business presso la Cegetel (nuovo gestore operante in Francia) e Presidente del DECT Forum, ha presentato una delle più interessanti relazioni: *DECT in Europe: the Cegetel case*. Per quanto riguarda le applicazioni Wireless Local Loop, Houery ha riportato l'esperienza della Cegetel a Saint Maur des Fossés dove è stata utilizzata la tecnologia DECT come accesso radio alla rete in cavo coassiale da essa gestita per il servizio di distribuzione televisiva (CATV). La sperimentazione, benché avesse

come obiettivo principale la verifica della soluzione Wireless Local Loop, consentiva l'accesso pubblico alla rete fissa e risultava da un punto di vista di principio, quindi, simile a quella effettuata per il servizio FIDO.

L'infrastruttura, già utilizzata per la distribuzione della televisione via cavo, è stata anche impiegata per fornire sostanzialmente un servizio telefonico cordless all'interno delle abitazioni - ottenuto con trasmettitori radio in esterno - che consentiva anche la mobilità all'interno di un quartiere con seimila abitanti e con superficie di circa due chilometri quadrati. In pratica, la soluzione adottata intendeva fornire primariamente il servizio telefonico cordless domestico (WLL) ma permetteva anche una mobilità all'esterno delle abitazioni.

I risultati sono stati positivi sotto l'aspetto tecnico e sono ritenuti accettabili dal mercato; l'esperienza ha tuttavia messo in evidenza limiti dal punto di vista economico (dovuti anche alla scelta di fornire coperture di interni con stazioni radio base installate all'esterno) e delle normative oggi applicabili (tariffe di interconnessione, access charge).

Emilio Cancer
presenta "Dect for
Cordless
Mobility".



Conferenze

Cegetel sta ora pianificando una sperimentazione commerciale di più ampio respiro a Nizza, in preparazione della liberalizzazione del servizio fonico da gennaio 1998.

Bob Merret di British Telecom ha messo in evidenza in *The CTM Industry viewpoint* che le applicazioni CTM, che impiegano un'architettura di rete intelligente, possono essere considerate come un passo importante nel cammino evolutivo verso l'UMTS, sebbene il ruolo del CTM in questo processo dipende in misura rilevante dalle scelte evolutive del singolo gestore. Merret ha anche comunicato che BT non prevede di introdurre applicazioni di questo tipo nel breve o nel medio termine (informazioni ricevute in tempi più recenti indicano un riesame di questa posizione).

Alfonso Villanueva di Alcatel in *CTM and Personal Communication Services* ha presentato una panoramica sulle potenzialità delle applicazioni di tipo CTM; ha anche segnalato che, in una sperimentazione DECT effettuata per alcuni mesi a Madrid - dove era stata realizzata la copertura radio di un'area residenziale e di un vasto complesso commerciale - è stato osservato che la media del numero delle chiamate effettuate dagli utilizzatori dotati di terminale DECT fosse notevolmente superiore ai valori normali ottenuti per la fonia sulla rete fissa.

Applicazioni business

Diversi relatori hanno sottolineato come la tecnologia DECT abbia le potenzialità necessarie a fornire applicazioni specifiche per la clientela business. L'intervento di maggiore interesse è stato forse quello di Arik Elberse, della Teltec

irlandese, dal titolo *DECT for multimedia*. Il relatore, che partecipa a gruppi di standardizzazione ETSI, ha anzitutto elencato le potenzialità presentate dal DECT per rispondere al trasporto di segnali multimediali. Il protocollo radio DECT permette infatti non solo la trasmissione fonica ma anche quella di dati e di segnali video con diversa larghezza di banda, combinando diverse portanti ed occupando uno o più canali radio. Il relatore ha mostrato poi i riflessi sull'efficienza dello spettro a radiofrequenza sui diversi tipi di segnali di dati multimediali e i problemi di coesistenza con i sistemi per la fonia a standard DECT.

A. Elberse ha anche presentato servizi e applicazioni multimediali realizzabili, e si è soffermato sulle presumibili esigenze degli utenti business. Il relatore ha infine indicato i requisiti di un'architettura che, mediante la tecnologia DECT, consenta una graduale e flessibile introduzione dei servizi multimediali.

Al termine di questa sessione del Congresso, da questa e da altre presentazioni è stata ricavata l'impressione che i gestori non sembrano dare per ora una grande importanza a queste applicazioni e che il passaggio dalle normative alle realizzazioni non avverrà nel breve termine.

Aspetti evolutivi del DECT

Diversi gestori, e in particolare Telia, hanno espresso un notevole interesse verso l'integrazione tra il sistema GSM e il DECT: l'economicità delle infrastrutture DECT rispetto a quelle GSM, unita alla maggiore efficienza spettrale, porta infatti a prefigurare uno scenario futuro in cui i centri urbani e le

SPERIMENTAZIONI DELLA TECNOLOGIA DECT IN EUROPA

	MOBILITÀ	ACCESSO FISSO	DECT/GSM
GESTORI TRADIZIONALI	Helsinki Tel, Helsinki (<i>Finlandia</i>) Telenor, Førde (<i>Norvegia</i>) Telefonica, Madrid (<i>Spagna</i>) Telecom Italia, Reggio Emilia, Brindisi (<i>Italia</i>)	TeleDanmark, Aslborg (<i>Danimarca</i>) Hungarian Telecom (<i>Ungheria</i>) Del Tav (<i>Ungheria</i>)	Telia, Halsustad (<i>Svezia</i>) Swiss Telecom, Berna (<i>Svizzera</i>)
NUOVI GESTORI	RWE, Gelsenkirchen (<i>Germania</i>) Cegetel, Saint-Maur (<i>Francia</i>) Helsinki Tel, Porvoo (<i>Finlandia</i>)	RWE, Gelsenkirchen (<i>Germania</i>) Cegetel, Nizza (<i>Francia</i>)	Mannesman, Düsseldorf (<i>Germania</i>) Westel (<i>Ungheria</i>) Cegetel, La Défense, Parigi (<i>Francia</i>)

Conferenze

aree ad elevata densità di traffico saranno servite da applicazioni con la tecnologia DECT, mentre quelle più periferiche potranno utilizzare il GSM.

Questo scenario è però fortemente condizionato dalla disponibilità di terminali dual-mode - in grado cioè di dialogare con terminazioni fisse rispettivamente DECT e GSM - dalla definizione di normative in grado di ottimizzare le sinergie presenti nei due ambienti e dalle strategie commerciali degli operatori del settore (manifatturiere, gestori di servizio).

Alla domanda sullo stato di approntamento di terminali dual-mode, uno dei relatori di questa sessione ha risposto che una data plausibile per l'introduzione sul mercato potrebbe essere posizionata nel secondo semestre del 1998.

Steffan Ring della Motorola, presentando *Integrating DECT and paging* ha invece proposto una integrazione tra il DECT e il pager (teledrin): questa soluzione sarebbe più rapida e meno costosa rispetto a quella che prevede l'integrazione del DECT con il GSM e garantirebbe mobilità e reperibilità per gli utenti del DECT e, in particolare, per quelli CTM. L'elevata area di copertura assicurata dai sistemi paging fornirebbe, infatti, un completamento ai servizi che utilizzano coperture radio DECT realizzati in genere all'esterno delle abitazioni e in maniera discontinua (a macchia di leopardo).

La soluzione proposta da S. Ring è analoga a quella in corso di sviluppo in Giappone per il sistema PHS, che però deriva presumibilmente anche dall'alta diffusione del paging in questo Paese.

Riguardo alla possibilità di impiego del DECT per la trasmissione di dati e per applicazioni di tipo multimediale, a fronte di un ricchissimo catalogo di normative già realizzate o in fase di completamento, non sembra che vi sia una effettiva volontà di rendere disponibile un terminale DECT idoneo al traffico di dati. Le società manifatturiere si dichiarano infatti restie a realizzare questo tipo di terminali senza aver ricevuto indicazioni più precise dai gestori sull'effettivo interesse al lancio di que-

sti terminali e sui possibili scenari tecnico-commerciali di utilizzo.

Conclusioni

L'attenzione dei partecipanti a questo Convegno è stata molto alta anche per la qualità delle relazioni, in larga parte concrete e dettagliate. È stata ricavata quindi l'impressione che si stia passando dalla fase di studio e di sviluppo a quella delle realizzazioni in campo e dei prodotti disponibili per permettere l'impiego in esercizio della tecnologia DECT.

Hanno soprattutto suscitato interesse le soluzioni CTM, come quella presentata da Telecom Italia (servizio FIDO), e le applicazioni WLL, impiegate per accelerare la realizzazione della rete pubblica nei Paesi con una bassa penetrazione

telefonica ovvero per realizzare celermente le infrastrutture di rete da parte di nuovi gestori. Sono stati invece espressi pareri discordanti sulle potenzialità offerte dai terminali mobili dual-mode, idonei per ricevere in ambito pubblico segnali trasmessi sia con la tecnologia DECT sia con il sistema GSM. Probabilmente questa differenza di opinione sparirà quando saranno resi disponibili i terminali e si saranno meglio delineate le prospettive commerciali.

L'impiego del DECT per servizi multimediali incontra ancora qualche perplessità: a fronte del grosso lavoro di normativa, compiuto dagli organismi di standardizzazione, è stata osservata una certa freddezza da parte dell'industria manifatturiera a passare a sviluppi di serie.

Va sottolineato infine l'appoggio dato dai rappresentanti dell'Unione Europea al sistema DECT, e l'interesse di molti partecipanti per le prove in campo effettuate da Telecom Italia e per i risultati commerciali che saranno ottenuti nel nostro Paese dopo l'avvio del servizio.



Un momento del Congresso.

Ingg. Pasquale Fiorillo, Marcello Testa, Enrico Venuti - Telecom Italia DG- Roma

UNA STRUTTURA ORGANIZZATIVA IN LINEA CON LE GRANDI SFIDE DEL DUEMILA

CONVENTION '97
DELLA DIREZIONE RETE
DI TELECOM ITALIA

(ROMA, 24 LUGLIO 1997)



L'intervento di Tomaso Tommasi di Vignano, Amministratore Delegato di Telecom Italia alla Convention della Rete.

“È UN MOMENTO FELICE MA ANCHE STRAORDINARIAMENTE IMPEGNATIVO. LA FASE DI RIORGANIZZAZIONE È AVVENUTA IN TEMPI MOLTO BREVI E CON MODALITÀ MOLTO DIVERSE DA PRECEDENTI OCCASIONI; LE SCELTE SONO STATE ESEGUITE SECONDO UN UNICO PRINCIPIO: LE PERSONE PIÙ GIUSTE AL POSTO GIUSTO IN BASE ALLA PROFESSIONALITÀ ED ALL'IMPEGNO”.

Con queste parole *Giuseppe Gerarduzzi - Vice Direttore Generale di Telecom Italia, responsabile della Direzione Rete* - ha aperto l'incontro con i dirigenti e i responsabili di secondo e di terzo livello organizzativo per presentare la nuova struttura della Rete.

La risorsa umana è quindi considerata fattore strategico per affermare il successo del nuovo assetto organizzativo. Sono state individuate, nelle professionalità che già costituivano patrimonio della Divisione Rete, le potenzialità necessarie per dominare lo scenario variegato e complesso che Telecom Italia

dovrà affrontare in un futuro che è già iniziato. Le scelte espresse devono ora trovare puntuali conferme e, sulla base consolidata delle capacità tecniche disponibili, sarà necessario sviluppare, nel breve termine, indispensabili doti di adattamento ai cambiamenti imposti dall'esterno, puntualità di risposta, capacità propositiva, attenzione alla redditività di ogni attività intrapresa. Tutti questi comportamenti costituiranno lo “stile Telecom” distintivo in un mondo delle TLC sempre più popolato da nuove professionalità e contribuirà a imporre una rinnovata immagine dell'Azienda.

L'incalzare di importanti e numerose sfide impone alla nuova struttura di raggiungere rapidamente la completa operatività. Dopo la fusione tra STET e Telecom Italia si riguarda l'imminente scadenza della privatizzazione. Ma l'impegno sul riassetto interno non può giustificare soste sul fronte dello sviluppo internazionale. La globalizzazione

ha esteso il campo su cui affermare il business. Se la liberalizzazione dei servizi di TLC lascia prevedere una riduzione della quota controllata nel mercato interno, l'aggressività sui mercati internazionali dovrà permettere a Telecom Italia un importante recupero finanziario. L'ingegnere Gerarduzzi ha sottolineato che la Rete deve attivarsi per contribuire al conseguimento dei tre obiettivi fondamentali dell'Azienda:

- contenimento della concorrenza interna a valori fisiologici;
- mantenimento del fatturato;
- costante aumento degli utili.

In termini di operatività questi obiettivi devono tradursi nell'individuazione delle azioni corrispondenti. I punti di attenzione sono numerosi e l'elenco che segue, estremamente ridotto, vuol fornire solo la sensazione dell'impegno atteso. Sarà quindi necessario:

- individuare azioni per affrontare il sensibile calo dell'“access charge”;
- bilanciare il “listino

d'interconnessione" per consolidare il business della Direzione Rete e contemporaneamente consentire alle altre Direzioni commerciali di affermarsi sul mercato dei servizi;

- attuare nei tempi previsti, assolutamente sfidanti, il nuovo piano di numerazione della rete;
- perseguire importanti innovazioni tecnologiche, quali la "number portability", l'inserimento in rete degli autocommutatori di nuova generazione che, sintetizzando, permetteranno di evolvere verso la rete del prossimo futuro.

La nuova struttura organizzativa della Rete, disegnata per rispondere alle predette necessità, segue tre principi fondamentali. La chiarezza

Le attività della Rete sono imperniate su tre cardini: gli impianti, l'esercizio ed il coordinamento operativo. La nuova struttura fa corrispondere, a ciascuna delle predette componenti, un'Area con specifiche competenze e responsabilità.

La possibilità di individuare rapidamente responsabilità precise per ogni attività è stata mantenuta anche nel disegno delle strutture di linea all'interno di ogni Area.

La processività

A questo concetto fondamentale, che già permeava e costituiva un caposaldo della precedente organizzazione, è stata data maggiore incisività "verticalizzando" i processi, che nella precedente struttura erano articolati in logica trasversale nelle diverse Linee organizzative dell'Azienda. Le Linee di Direzione Generale sono state quindi ridefinite nella nuova struttura in modo da rendere univoco il presidio di ciascun processo.

Il territorio

Al territorio è stata riservata una particolare attenzione: esso costituisce infatti il "Centro di Produzione" della Direzione ed attraverso la costituzione dell'Area di Coordinamento Operativo si è inteso saldare la strategia all'operatività favorendo una rapida conoscenza, diffusione ed applicazione delle decisioni aziendali, in modo coerente con gli scenari individuati dalle scelte strategiche.

Con la presente struttura sono state attribuite alla Direzione Rete le leve per una gestione più autonoma e responsabilizzata, mediante la "fondazione" di una struttura articolata su quattro Aree.

Ilio Carlini, responsabile dell'Area Personale e Servizi (RPS), presentando la propria struttura ha sottolineato le principali novità con essa introdotte. Particolarmente rilevante è l'acquisizione di alcune responsabilità collocate nella linea "Affari Generali" che, oltre alla gestione degli "immobili e servizi" e in particolare della motorizzazione, degli affitti e dell'energia, fornirà anche supporto alla Direzione per gli aspetti di carattere giuridico. Sempre nella linea "Affari Generali" è collocata la funzione di "Tesoreria", ovvero la gestione diretta dei mezzi finanziari di responsabilità della Direzione, da svolgere in raccordo con le funzioni "Corporate" dell'Azienda.

Un'altra funzione di rilievo presente nell'Area RPS riguarda la responsabilità diretta nell'amministrazione e nel dimensionamento del personale della Direzione Rete. Anche in questo caso si tratta di un nuovo strumento rispetto alle competenze della precedente organizzazione.

Alberto de Petris, responsabile dell'Area Coordinamento Operativo (RCO), ha sottolineato il ruolo di rinnovata importanza che, nella nuova struttura, è chiamato a svolgere il territorio, definito la "fabbrica" della Direzione Rete. Continuando, ha sottolineato che la riorganizzazione potrebbe essere intesa come causa di una certa discontinuità tra la Direzione Generale e le unità territoriali la cui struttura, per il momento, è rimasta sostanzialmente immutata. Ma il contrasto, tra l'altro solo apparente, è stato voluto: questo nuovo assetto consente infatti una immediata individuazione delle responsabilità; le Linee centrali non governano direttamente il territorio ma hanno il compito di rendere disponibili leve operative - quali, ad esempio, sistemi informativi idonei, un sistema per la valutazione dei costi - per consentire all'Azienda di affrontare il mercato in modo competitivo; alle Direzioni Territoriali è invece delegata la responsabilità diretta dei risultati operativi. Sarà assicurato - ed è fortemente auspicato, puntualizza Alberto de Petris - un momento di negoziazione nel quale il confronto verterà sull'effettiva efficacia delle suddette leve, e la conseguente raggiungibilità degli obiettivi strategici.

Stefano Pileri, responsabile dell'Area Pianificazione e Sviluppo (RPS), enuclea cinque fattori chiave per interpretare il mandato della struttura organizzativa a lui affidata:

1. "la pianificazione della rete" che, per il suo ruolo direttivo sul complesso della realizzazioni, può essere definita come il "motore pensante" dell'intera Direzione e come tale risultare di fatto meno

Osservatorio

- impegnato in aspetti prettamente operativi;
2. "l'ingegneria", rafforzata dalla verticalizzazione dei processi, che accorpa attività di progettazione, di realizzazione, di collaudo e di normazione.
 3. "il rapporto con le Direzioni di business" che, inteso in un'ottica di integrazione, affida alla Rete il ruolo di "asse strategico" presente in Telecom Italia, messo a disposizione delle Direzioni di business per fornire un contributo determinante in un mercato sempre più competitivo;
 4. "il rapporto con il mercato esterno", che richiede alla Rete un ruolo di estremo equilibrio tra due opposte esigenze: la prima spinge la Direzione ad avere sempre più un atteggiamento aggressivo sul mercato del

- globale dell'Azienda.
5. "le reti dati", che debbono essere rese disponibili con tempestività alle Direzioni di business, in modo da permettere ad esse di rispondere con rapidità e con soluzioni efficienti ed efficaci alle richieste dei clienti.

Giovanni Muti, responsabile dell'Area Esercizio e Sistemi (RES), ha messo in evidenza che, nonostante la somiglianza delle denominazioni date alle nuove strutture di terzo livello con quelle della precedente organizzazione, sarebbe errato interpretare questa Area come una semplice "sommatoria" di vecchie responsabilità allocate in un nuovo contenitore organizzativo. L'Area RES è stata strutturata invece con una logica di integrazione verticale di responsabilità, per i diversi prodotti (Commutazione,

verifica dell'effettiva efficacia delle singole soluzioni individuate.

La Convention si è conclusa con l'intervento di *Tomaso Tommasi di Vignano, Amministratore Delegato di Telecom Italia*, che ha sottolineato alcuni dei principali temi che hanno caratterizzato l'intera giornata.

"La fusione è stato uno degli eventi che hanno caratterizzato questo anno denso di importanti sfide, ed è motivo di grande soddisfazione rilevare il pieno rispetto di tutte le scadenze prefissate, anche quelle intermedie". Con queste parole Tomaso Tommasi di Vignano ha iniziato il suo intervento.

Successivamente l'Amministratore Delegato ha riscontrato anche la favorevole reazione della borsa che ha in pratica premiato la nascita del nuovo Gruppo; la



Una fase della Convention della Rete '97.

proprio business, la seconda invece che impone limitazioni alle risorse che la Rete sarebbe in grado di offrire direttamente ai propri clienti. Infatti i clienti della Rete, soprattutto gli altri gestori di TLC, su altri fronti sono concorrenti di Telecom Italia. Il contrasto può essere risolto con un'attenta valutazione dei servizi da includere nel listino di interconnessione in modo da massimizzare il vantaggio

Trasmissione, Traffico), che in precedenza erano distribuite sull'intera organizzazione. Ogni Linea è responsabile di un intero processo: dall'acquisizione delle esigenze del cliente, alla realizzazione delle corrispondenti soluzioni tecnologiche. Inoltre, la responsabilità diretta dei costi impone alle Linee di verificare l'efficienza delle soluzioni prospettate negoziandole con l'Area Coordinamento Operativo. Il Territorio mantiene il ruolo di

capitalizzazione di quasi 77miliardi ha già raggiunto infatti i livelli posti come obiettivo per la conclusione degli adempimenti previsti nel Piano Industriale. Gli appuntamenti più significativi ai quali ha saputo rispondere l'Azienda, oltre alla fusione, sono tutti di notevole portata: anzitutto lo sviluppo internazionale del Gruppo che ha già segnato tappe di rilievo e di importanza prospettica elevata; in secondo luogo l'accordo tra

RAI e Telecom Italia per la televisione digitale, primo atto necessario di un possibile accordo più ampio per l'integrazione completa dei servizi di telecomunicazione e di quelli televisivi; infine gli adempimenti legislativi operati dal Ministero in previsione della apertura completa del mercato a partire da gennaio del 1998. Il 1997 è però un anno ancora denso di sfide: sono previsti ancora due passaggi fondamentali: la privatizzazione e il riorientamento del Gruppo. La privatizzazione dovrà portare ad un cambio della cultura aziendale. Soffermandosi su questo aspetto, l'Amministratore Delegato ha affermato che la privatizzazione non deve essere affrontata né con un atteggiamento di estrema tranquillità né, viceversa, con eccessiva preoccupazione. Si tratta, infatti, di un evento che è destinato ad incidere notevolmente sulla cultura dell'Azienda che, tuttavia, non è chiamata ad affrontare improvvisamente uno scenario assolutamente nuovo. Già da anni infatti l'azionariato privato è tenuto costantemente informato sulla redditività dell'Azienda. Ma il nuovo quadro in cui la Società è chiamata ad operare richiede una sempre maggiore attenzione sul profitto atteso da ogni singolo investimento.

Il secondo notevole impegno riguarda il riorientamento del Gruppo e, in tale contesto, devono essere collocate le scelte da operare per il Piano Triennale che tutte le strutture del Gruppo stanno predisponendo in coerenza con il Piano Industriale. Uno dei capisaldi è rappresentato dalla struttura dei costi; su questa componente un contributo di rilievo può venire dalla Rete che, in termini di costi e di investimenti, rappresenta una entità che incide in maniera sensibile sul totale aziendale. È necessario quindi gestire la spesa con molta attenzione: questo rappresenterà uno dei versanti su cui certamente nei prossimi mesi si dovranno affinare i comportamenti aziendali. Altro notevole impegno deve essere attuato per rafforzare la capacità di offerta sul mercato anche in considerazione di prezzi unitari destinati ad essere oggetto di forti riduzioni. Le manovre tariffarie si ripercuoteranno nell'immediato futuro sul versante dei ricavi e potranno essere fronteggiate solo attraverso una crescente competitività nel mercato. In questa ottica potrà risultare determinante l'apporto della Direzione Rete alle Direzioni che curano la clientela, in termini di velocità ed efficacia nel rendere disponibili le

infrastrutture necessarie all'offerta di servizi. L'Amministratore Delegato ha concluso il suo intervento affermando la sua fiducia sulle capacità della Rete di rispondere alle attese in accordo con la sua lunga tradizione sottolineando come "sia giunto il momento di prendere l'impegno, data la quantità e la qualità degli eventi che stanno attraversando la nostra vita professionale, di dare priorità assoluta ai risultati che ci vengono richiesti, e ci verranno richiesti con rinnovata incisività a partire dal prossimo mese di ottobre".

"Le scelte fatte in termini di risorse, oltre che di strutture organizzative, devono essere la premessa - ha aggiunto Tommasi - per avere da tutti garanzie di performance, senza dover in alcun modo scontare fasi ulteriormente critiche in un momento in cui la gara con il tempo, oltre che con gli altri fattori di competizione, risulta essere sempre più esasperata".

La Direzione Rete dovrà quindi concretamente dimostrare di essere in linea con le grandi sfide del Duemila.

*Gennaro Leone
Telecom Italia DG - Roma*

GLI ACCORDI IN AMBITO WORLD TRADE ORGANIZATION SULL'INFORMATICA E SULLE TELECOMUNICAZIONI

ESISTE UNA RELAZIONE TRA LA PRODUZIONE DI SEMI DI SOIA E LA LIBERALIZZAZIONE DEI MERCATI DELLE TLC?

La domanda, tutt'altro che peregrina, trova una risposta affermativa se si fa riferimento ai tavoli negoziali sui quali gli interessi economici di Paesi o di intere aree economiche vengono

trattati nella loro globalità, e quindi per quanto possibile, bilanciati.

Uno di questi tavoli è sicuramente rappresentato dal WTO, l'Organizzazione del Commercio Mondiale, presieduta dall'italiano Renato Ruggiero, cui aderiscono oltre centoventi Paesi e che, costituita il primo gennaio 1995, eredita le

funzioni prima svolte dal GATT (Generale Agreement on Tariffs and Trade).

I Paesi membri dell'Organizzazione sono impegnati a partecipare agli accordi che portino reciproci vantaggi al commercio, essenzialmente attraverso la riduzione dei dazi e di altre barriere agli scambi, nonché attraverso l'eliminazione di trattamenti discriminatori nelle relazioni commerciali internazionali.

Il principio chiave, inserito negli accordi condotti sotto l'egida del WTO, è costituito dalla "clausola della nazione più favorita", che impone di garantire ai prodotti e ai servizi offerti dagli altri Paesi membri dell'Organizzazione, un trattamento non meno favorevole di quello accordato ai prodotti e ai servizi offerti da qualunque altra Nazione. Inoltre, una volta che i prodotti siano entrati nel mercato interno, essi non devono essere trattati con meno favore rispetto agli equivalenti prodotti nazionali.

In linea con questi principi, il WTO ha recentemente concluso con successo due negoziati aventi per oggetto l'Information Technology e le Telecomunicazioni.

Il primo accordo, meglio conosciuto come ITA (Information Technology Agreement), firmato a Singapore il 13 dicembre 1996 da ventotto Paesi che rappresentavano l'84 per cento del commercio mondiale dell'informatica (circa 600 miliardi di dollari), è divenuto operativo a marzo 1997 quando, con l'adesione di altri undici Paesi, la percentuale rappresentata del commercio mondiale ha superato la soglia minima del 90 per cento. Questo accordo prevede la progressiva riduzione, a partire dal luglio 1997, delle barriere tariffarie, che saranno definitivamente

eliminate all'inizio del 2000, per trecento categorie di prodotti sia hardware che software.

Tra i prodotti oggetto della progressiva liberalizzazione (fortemente voluta dagli Stati Uniti) si trovano: i chip, tutta la componentistica, i computer, le apparecchiature di telecomunicazioni, il software, le fotocopiatrici digitali, i cavi in fibra ottica, mentre rimangono escluse le fibre ottiche. Non rientra nell'accordo, per l'opposizione dei produttori europei, l'elettronica di consumo (ad esempio i televisori, i videoregistratori, i lettori di CD) su cui gravano dazi medi del 14 per cento.

Gli impatti economici derivanti della firma di questo accordo saranno positivi soprattutto per i consumatori finali, che potranno godere di risparmi che, secondo alcune stime, potranno raggiungere i 10-15 miliardi di dollari l'anno. Meno entusiasmanti saranno gli effetti dell'accordo sulle casse dell'Unione Europea, che dovrà rinunciare globalmente a circa 830 milioni di dollari di tasse all'importazione, e su quelle degli Stati Uniti, i cui minori introiti per dazi sono stimati in circa 360 milioni di dollari.

Il secondo accordo, firmato a Ginevra il 15 febbraio 1997, ha come principale obiettivo l'eliminazione dei monopoli pubblici nell'offerta dei servizi di telecomunicazione e l'apertura agli investitori esteri dei capitali degli operatori nazionali di TLC. In estrema sintesi l'intesa, alla quale hanno aderito sessantanove Paesi (non sono, al momento, compresi nell'accordo Cina e Russia in quanto non facenti parte del WTO) rappresentanti circa il 92 per cento del mercato dei servizi di telecomunicazione (stimato al 1996 intorno ai 630 miliardi di dollari), prevede, per i Paesi dell'Unione Europea che

ne costituiscono oltre il 28 per cento, la completa liberalizzazione dei servizi di telecomunicazione di base (sia di rivendita che basati su infrastrutture) a partire dal primo gennaio 1998 per tutti i segmenti di mercato (locale, interurbano ed internazionale).

L'accordo, che recepisce un approccio "tecnologicamente neutro" (prescinde quindi dalle modalità tecnologiche dell'offerta), copre anche reti e servizi satellitari, nonché i sistemi ed i servizi di comunicazione cellulare.

Le restrizioni mantenute consistono in una limitazione generale alla proprietà straniera in Portogallo (25 per cento) ed in Francia (20 per cento), ma relativamente alla sola proprietà diretta degli operatori radio. Inoltre, l'apertura dei mercati è ritardata all'anno 2003 per la Grecia, al 2000 per il Portogallo, al 1999 per l'Irlanda ed a fine novembre 1998 per la Spagna. Per quanto riguarda l'Italia, l'unica limitazione che permane è quella, a carattere generale, che prevede la possibilità di limitare in alcuni casi i diritti di voto in società appena privatizzate (golden share) e di subordinare all'approvazione del Ministro del Tesoro l'acquisizione di rilevanti partecipazioni azionarie nel capitale di società operanti nei settori della difesa, dei trasporti e dei servizi di telecomunicazione e di energia.

Con riferimento agli Stati Uniti, si ha la riconferma di un mercato già ampiamente liberalizzato, ad eccezione dei servizi di diffusione diretta via satellite per i quali gli USA hanno chiesto l'esonero dall'applicazione della "clausola della nazione più favorita". Permane inoltre la restrizione del 20 per cento alla partecipazione di capitale estero nella proprietà diretta di operatori radio.

Giappone, Messico e Canada limitano a quote inferiori al 50 per cento la partecipazione straniera nel capitale dei propri gestori nazionali, mentre i Paesi dell'America Latina si sono impegnati ad una pressoché totale liberalizzazione dei mercati entro l'anno 2000. Anche le nazioni dell'Est europeo prevedono di effettuare questo passo in un periodo che va dal 2000 al 2005.

Il legame che unisce i due negoziati, quello sull'Information Technology e quello sulle Telecomunicazioni di base, è rappresentato dalla volontà, espressa dai Paesi più sviluppati appartenenti al WTO (segnatamente gli USA, il Giappone e i Paesi dell'Unione

Europea), di procedere il più rapidamente possibile verso la realizzazione della Società dell'Informazione ove le tecnologie informatiche e di telecomunicazione siano pienamente integrate e capillarmente diffuse. La rimozione delle barriere doganali al commercio delle apparecchiature, e soprattutto la possibilità da parte delle aziende più competitive di entrare nel settore delle TLC senza le limitazioni imposte da regolamentazioni orientate a preservare condizioni di monopolio locale, creeranno nuove opportunità di business. Questo vale anche per aziende come Telecom Italia che, dell'espansione verso i mercati

esteri, stanno facendo uno dei principali strumenti sia per combattere la inevitabile erosione del mercato interno dovuta alla liberalizzazione, sia per offrire servizi globali ai clienti multinazionali.

L'eliminazione delle limitazioni all'accesso ai capitali dei gestori di telecomunicazione negli altri Paesi, costituisce un'ulteriore opportunità per gestire, in un contesto sovranazionale, quelle profonde trasformazioni sul piano tecnologico e regolatorio che, a livello nazionale, possono imporre scelte organizzative non ottimali in termini reddituali.

*Giovanni Valgimigli
Telecom Italia DG - Roma*

IL LISTINO DI INTERCONNESSIONE DI TELECOM ITALIA

Questo articolo riporta gli aspetti di maggior rilievo contenuti nel listino di interconnessione pubblicato da Telecom Italia il primo luglio 1997: la pubblicazione del listino sancisce la fine del monopolio di Telecom Italia sulla telefonia vocale e l'apertura della propria rete di TLC all'interconnessione con altri gestori di rete fissa a partire dal primo gennaio del prossimo anno. Il listino di interconnessione costituisce quindi il momento di rottura nello scenario delle TLC e introduce ad un futuro in cui vincerà chi saprà rendere la propria rete più efficiente e in grado di fornire servizi rispondenti alle esigenze dei clienti in termini di qualità, prezzi e capacità di personalizzazione. Le tematiche trattate dal listino di interconnessione riguardano in particolare i livelli di

interconnessione alla rete telefonica di Telecom Italia; le modalità di interconnessione fisica; le interfacce tecniche; i servizi di trasporto commutato usufruibili da ciascun punto di interconnessione; i servizi accessori offerti; le modalità di "carrier selection".

Nel presente articolo sono indicati i criteri che hanno guidato la costruzione del listino, l'ambito di applicazione di esso, le tipologie di interconnessione previste, i livelli gerarchici della rete telefonica di Telecom Italia dove è possibile richiedere interconnessione e i servizi di trasporto commutato usufruibili a partire da ciascun punto di interconnessione nonché le modalità tecniche per la realizzazione dell'interconnessione fisica.

1. Premessa

Il primo luglio 1997 Telecom Italia ha reso pubblico il suo primo listino di interconnessione. Si tratta di un evento di rilievo per il settore delle

telecomunicazioni italiane in quanto rappresenta una tappa fondamentale per la completa liberalizzazione del settore prevista a livello europeo per il primo gennaio 1998. Secondo quanto prescritto dall'articolo 4 bis comma 2 della Direttiva 96/19/CE della Commissione Europea, relativa alla completa apertura alla concorrenza dei mercati delle telecomunicazioni, Telecom Italia, per garantire il pieno rispetto della data del primo gennaio 1998 per l'avvio della concorrenza sulla telefonia vocale, doveva pubblicare entro il primo luglio 1997 una offerta di interconnessione di riferimento con la descrizione delle componenti funzionali di base del servizio di telefonia vocale e della rete telefonica pubblica fissa. Con questa offerta dovevano essere compresi i punti di interconnessione e le interfacce offerte in conformità con le esigenze del mercato.

Con la pubblicazione del listino, Telecom Italia si allinea agli altri Paesi europei e di fatto accetta in casa la sfida della globalizzazione del mercato: questa globalizzazione vede da una parte altri gestori di telecomunicazioni, europei ed americani, costituire nuove società per entrare nel mercato italiano e dall'altra la partecipazione di Telecom Italia in nuove società per operare in altri Paesi. Questa globalizzazione "elimina" anche le frontiere tariffarie e porta ad un confronto sugli stessi clienti del "know how" dei maggiori gestori di telecomunicazioni del mondo.

2. Ambito di applicazione e criteri di costruzione del listino Telecom

L'interconnessione è il collegamento fisico e logico delle reti di telecomunicazione di due gestori che consente agli utilizzatori della rete di uno di comunicare con quelli dell'altro o di accedere ai servizi da esso forniti. Il listino di interconnessione, e le condizioni economiche dei servizi in esso contenuti, si applica perciò solo ai soggetti titolari di una licenza individuale per l'installazione e la fornitura di reti pubbliche di telecomunicazioni. Per individuare l'ambito di applicazione del listino, il Regolatore deve tenere conto anche del carattere nazionale o locale di ciascuna licenza. Al contrario di quanto avvenuto negli altri Paesi europei il listino di interconnessione di Telecom Italia è stato formulato "al buio" ovvero in assenza di una regolamentazione nazionale; i riferimenti assunti per la sua costruzione riguardano infatti, oltre alla Direttiva 96/19/CE:

- la posizione comune del Parlamento europeo e del Consiglio in vista dell'adozione della Direttiva

sull'Interconnessione nel settore delle telecomunicazioni;

- la bozza di Regolamento Attuativo delle Direttive comunitarie nel settore delle telecomunicazioni predisposto dal Ministero PT;
- le esperienze di altri gestori europei e, in particolare, il listino di interconnessione di BT, pubblicato da OFTEL nel novembre 1996, e quello di France Télécom, pubblicato il 9 aprile 1997 dall'ART (Autorité de Régulation des Télécommunications).

Il listino di Telecom Italia si basa sulle elaborazioni del Sistema di "Accounting Regolatorio" alimentato dalle procedure aziendali (quali, ad esempio, SIPEC, SIA) e riconciliato con i dati di bilancio. Esso si basa perciò su una metodologia di costo di tipo FDC/HCA (costi storici pienamente distribuiti) in analogia a quanto già avviene in altri Paesi Europei (Francia, Spagna e Gran Bretagna fino al 1996) per tener conto di tutti gli investimenti fatti dal gestore in monopolio, per fornire a tutti gli utilizzatori potenziali i servizi di telecomunicazioni. Nei prossimi anni è prevedibile un passaggio graduale ad una metodologia di costo di tipo CCA (costi correnti) e successivamente a metodologie di tipo LRIC (costi incrementali di lungo periodo) per tener conto della tecnologia più efficiente per fornire i servizi di telecomunicazione e quindi per stimolare i singoli gestori ad investire per innovare la propria rete.

3. Contenuti del listino di interconnessione di Telecom Italia

Il listino di interconnessione predisposto da Telecom Italia, in

coerenza con le disposizioni normative, riporta i servizi prescrittivi di interconnessione e le condizioni economiche ad essi relative, che Telecom Italia propone che siano applicati, a partire da gennaio 1998.

Il listino prevede tre tipi di interconnessione:

- a) *l'interconnessione di terminazione*, che consente di terminare, sui clienti e sui servizi della rete telefonica pubblica di Telecom Italia, chiamate provenienti da altri gestori e instradate sulla rete di Telecom Italia a partire dal punto di interconnessione;
- b) *l'interconnessione di raccolta*, che permette di raccogliere chiamate originate da clienti della rete telefonica pubblica e di consegnare queste nel punto di interconnessione alla rete di un altro gestore per permettere ai clienti di Telecom Italia di divenire clienti anche del gestore ad esso interconnesso e di utilizzare i servizi da esso resi disponibili. Il nuovo gestore, che fornisce i servizi sulla propria rete, provvede a definire il prezzo di offerta al pubblico ed a fatturare al singolo cliente in base a condizioni di abbonamento e di consumo;
- c) *l'interconnessione internazionale* che consente di instradare verso altri Paesi le comunicazioni originate in Italia da clienti di altri gestori.

Il listino di interconnessione non comprende (anche perché non prescritto dalle Direttive dell'Unione Europea e, d'altra parte, coerentemente con i listini di altri gestori):

- i Collegamenti Diretti Analogici e Numerici (CDA; CDN);
- i servizi di trasporto e di interconnessione di tipo ISDN.

Per questi servizi sono possibili accordi diretti tra gestori su base commerciale.

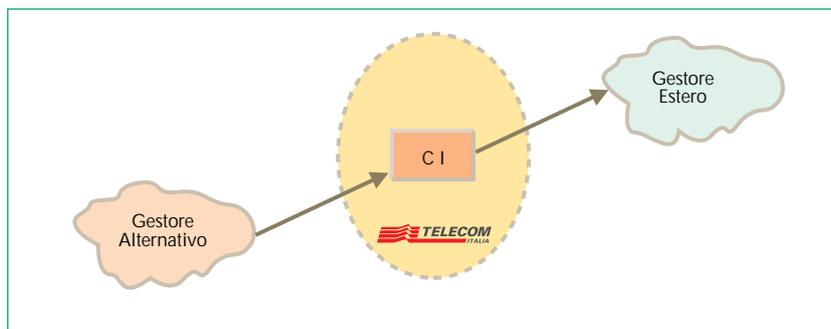


Figura 1 Instradamento delle comunicazioni verso l'estero da Centrali Internazionali.

4. Livelli di interconnessione con la rete e servizi di trasporto commutato fruibili in ciascun punto di interconnessione

Il listino prevede tre livelli di interconnessione alla rete di Telecom Italia:

- a livello di Centrali Internazionali (6 CI) (per il traffico diretto all'estero);
- a livello di Stadio di Gruppo di Transito (66 SGT);
- a livello di Stadio di Gruppo Urbano (636 SGU) a partire da settembre 1998.

Il gestore che richiede l'interconnessione a livello di CI oppure di SGT, per assicurare lo stesso livello di affidabilità e di qualità del servizio garantito ai clienti Telecom, deve richiedere l'accesso rispettivamente ad una coppia di CI, oppure di SGT e deve offrire il traffico su due fasci secondo il criterio di equa ripartizione del carico.

A partire da ciascun punto di interconnessione il gestore interconnesso può usufruire di una serie di servizi di trasporto commutato, di seguito descritti, per ognuno dei quali è previsto il pagamento di una tariffa specifica (Access Charge).

4.1 Servizi di interconnessione usufruibili a partire dalle Centrali

Internazionali (CI) verso altri Paesi

Telecom Italia provvede a fornire il Servizio di trasporto verso l'estero delle comunicazioni originate in Italia: il gestore interconnesso rilascia la comunicazione instradata sulla propria rete da un proprio cliente all'autocommutatore internazionale di Telecom Italia (figura 1).

4.2 Servizi di interconnessione usufruibili a partire dagli Stadio di Gruppo di Transito (SGT)

La rete di Telecom Italia risulta suddivisa in trentatré Aree

Gateway: ciascuna di queste aree è costituita da due SGT - con funzioni di instradamento delle chiamate interdistrettuali e internazionali - e dagli SGU ad essi collegati.

a) Terminazione delle comunicazioni via SGT

Questo servizio consente di terminare le chiamate su clienti di Telecom Italia attestati a uno qualsiasi degli Stadi di Gruppo Urbano collegati alla coppia di Stadi di Gruppo di Transito costituenti l'Area Gateway di interconnessione: il gestore alternativo interconnesso alla rete di Telecom Italia rilascia la comunicazione ad uno dei due SGT che identificano l'Area Gateway; l'instradamento fino alla sede dell'utilizzatore finale avviene sulla rete pubblica commutata di Telecom Italia (figura 2).

b) Raccolta delle comunicazioni via SGT

Questo servizio permette la raccolta delle chiamate originate dai clienti di Telecom Italia attestati ad uno qualsiasi degli Stadi di Gruppo Urbano, collegati alla coppia di Stadi di Gruppo di Transito, costituenti

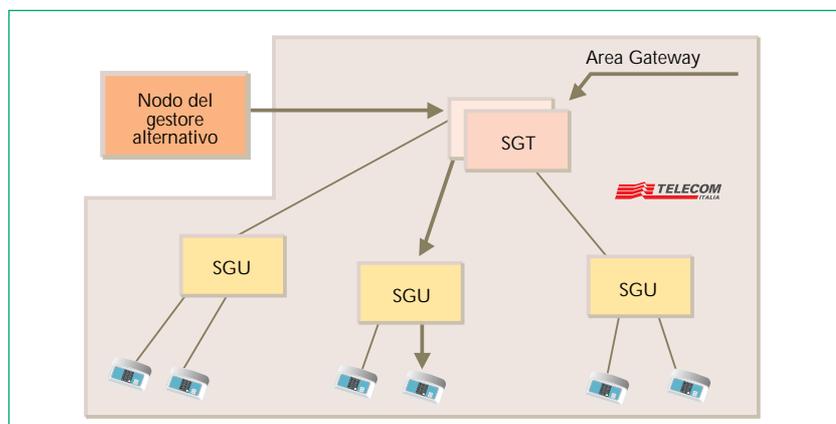


Figura 2 Terminazione delle comunicazioni tramite Stadi di Gruppo di Transito.

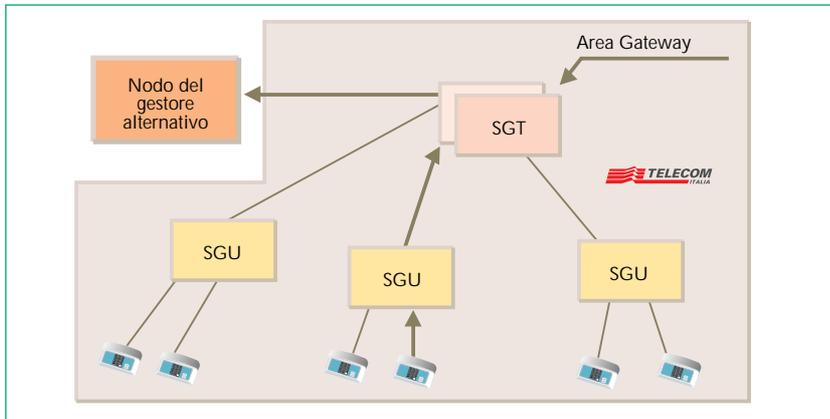


Figura 3 Raccolta delle comunicazioni tramite Stadi di Gruppo di Transito.

l'Area Gateway di interconnessione: Telecom Italia provvede ad instradare la comunicazione dalla sede del cliente di Telecom Italia fino a uno dei due SGT che identificano l'Area Gateway; il gestore interconnesso prende in consegna la comunicazione da questo SGT (figura 3). Il servizio è utilizzabile solo nel caso in cui il cliente di Telecom Italia sia anche cliente del gestore interconnesso.

4.3 Servizi di interconnessione usufruibili a partire dagli Stadi di Gruppo di Transito (SGT)

a) Terminazione delle comunicazioni via SGU

Questo servizio consente la terminazione delle chiamate su clienti di Telecom Italia attestati allo Stadio di Gruppo Urbano: il gestore interconnesso consegna una comunicazione che è stata generata sulla rete SGU prescelta; il trasporto su rete commutata fino alla sede del cliente finale avviene sulla rete pubblica commutata di Telecom Italia (figura 4).

b) Raccolta delle comunicazioni via SGU

Questo servizio permette la

raccolta delle chiamate originate dai clienti di Telecom Italia, attestati allo Stadio di Gruppo Urbano: Telecom Italia provvede al trasporto commutato della comunicazione dalla sede del cliente fino all'SGU alla quale essa è attestata; il gestore

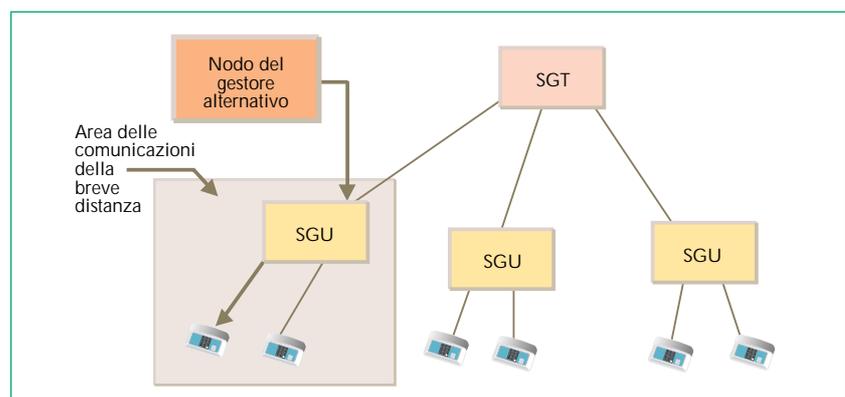


Figura 4 Terminazione delle comunicazioni via Stadi di Gruppo Urbano.

interconnesso prende in consegna, da questo SGU, la comunicazione (figura 5). Il servizio è utilizzabile solo nel caso in cui il cliente di Telecom Italia sia anche cliente del gestore interconnesso.

5. Modalità tecniche di interconnessione alla rete Telecom Italia

L'accesso agli autocommutatori della rete di Telecom Italia aperti all'interconnessione è realizzato con giunzioni a 2 Mbit/s e può essere richiesto con due diverse modalità impiantistiche a seconda della differente localizzazione del Punto di Interconnessione (PdI):

a) *Accesso alla rete di Telecom Italia con il PdI posto presso il nodo del gestore che richiede l'interconnessione*
 questa modalità di accesso prevede, tra l'altro, come chiarito in seguito, la fornitura da parte di Telecom Italia dei collegamenti trasmissivi dedicati tra il nodo di Telecom Italia e il nodo del gestore che lo richiede; in questo caso il punto di interconnessione è localizzato presso il sito del gestore richiedente l'accesso;

b) *Accesso alla rete di Telecom Italia con il PdI posto presso un sito adiacente al nodo di Telecom Italia*
 questa modalità di accesso permette, come chiarito in seguito, la predisposizione da parte del gestore che ne farà

richiesta, del collegamento trasmissivo con capacità minima di 34 Mbit/s tra il proprio sito e quello di Telecom Italia; in questo caso il punto di interconnessione è localizzato presso un "sito".

In entrambi i casi il nodo del gestore deve essere ubicato nella medesima Area Gateway prescelta per l'interconnessione.

Italia, l'offerta prevede il "corredo" per l'interconnessione di base costituito da:

- due interfacce a 2 Mbit/s (due canali di segnalazione a 64 kbit/s e sessanta canali fonici) con unità per la gestione della segnalazione;
- l'uso condiviso dell'unità di gestione della segnalazione fino a quaranta flussi a

di SGT o CI, per motivi di affidabilità e di protezione della rete, deve attestarsi, come è stato indicato in precedenza, ai due SGT dell'Area Gateway di suo interesse o a due delle sei Centrali Internazionali con le modalità descritte in precedenza. Deve perciò prendere in affitto almeno due corredi per l'interconnessione: uno per ciascun nodo su cui esso desidera interconnettersi.

Per tutti i livelli di accesso (CI, SGT, SGU) possono essere richiesti i seguenti canali fonici in ampliamento:

- una interfaccia a 2 Mbit/s senza unità di gestione della segnalazione (trentuno canali fonici in ampliamento di fasci esistenti);
- un flusso a 2 Mbit/s fra un moltiplicatore e l'impianto di commutazione con interfaccia di accesso in accordo con le Raccomandazioni G.703 e G.704 dell'ITU-T;
- la configurazione del flusso in un fascio per traffico entrante (nel caso di terminazione) o uscente (nel caso di raccolta) dal nodo Telecom Italia per l'accesso al solo servizio di trasporto telefonico di base;
- la configurazione per l'instradamento delle sole numerazioni appartenenti agli archi di numerazione consentiti dal servizio di trasporto del traffico commutato scelto dal gestore;
- la funzione di contabilizzazione del traffico.

È possibile richiedere, per ogni corredo di interconnessione, fino a quaranta flussi a 2 Mbit/s (compresi i due noleggiati con il corredo di base) con un uso condiviso dell'unità di gestione della segnalazione contenuta nel corredo base di interconnessione. Quando si supera questo limite è necessario affittare un nuovo corredo di interconnessione.

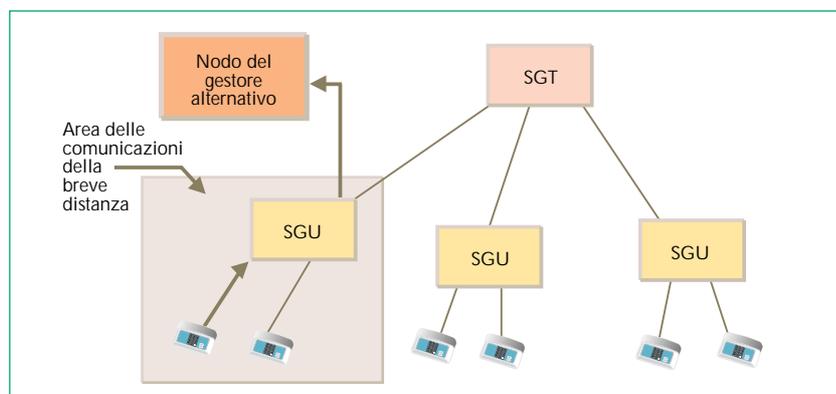


Figura 5 Raccolta delle comunicazioni negli Stadi di Gruppo Urbano.

Nel seguito sono descritte le modalità tecniche e le soluzioni impiantistiche che debbono essere adottate per realizzare due modalità differenti di interconnessione.

5.1 Accesso alla rete con il PdI posto presso il nodo del gestore che richiede di essere connesso

Questa modalità di interconnessione (figura 6) comporta che Telecom Italia fornisca congiuntamente:

- l'accesso fisico ad un proprio nodo;
- il collegamento trasmissivo diretto di interconnessione tra questo nodo e quello del gestore alternativo che lo richiama.

a) *Accesso al nodo di Telecom Italia*
Per quanto riguarda l'accesso fisico ad un nodo di Telecom

- 2 Mbit/s;
 - due flussi a 2 Mbit/s fra moltiplicatore e impianto di commutazione (interfaccia di accesso in accordo con le Raccomandazioni G.703; G.704 dell'ITU-T);
 - la configurazione dei due flussi in un fascio per traffico entrante (nel caso di terminazione) o uscente (nel caso di raccolta) dal nodo Telecom Italia per l'accesso al solo servizio di trasporto telefonico di base;
 - la configurazione per l'instradamento delle sole numerazioni appartenenti agli archi di numerazione consentiti dal servizio di trasporto del traffico commutato scelto dal gestore;
 - la funzione di contabilizzazione del traffico.
- Il gestore interconnesso a livello

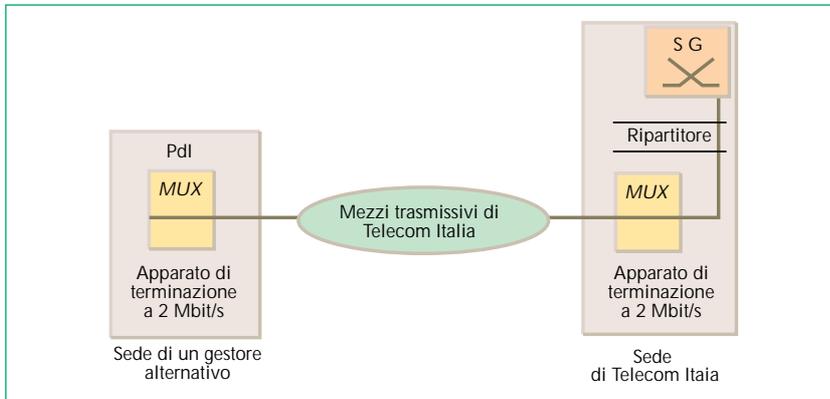


Figura 6 Accesso alla rete di Telecom Italia con PdI presso il nodo del gestore che richiede l'interconnessione.

b) Collegamento trasmissivo tra il nodo Telecom e quello del gestore richiedente

Telecom Italia fornisce il collegamento trasmissivo a 2Mbit/s tra un proprio nodo e il nodo del gestore. In particolare è fornito un collegamento trasmissivo di interconnessione a 2Mbit/s che comprende:

- la terminazione di linea presso la centrale di Telecom Italia;
- il servizio di moltiplicazione sul lato Telecom Italia;
- la terminazione di linea presso il nodo del gestore;
- il servizio di moltiplicazione presso il nodo del gestore;
- un circuito trasmissivo tra le suddette terminazioni realizzato sui mezzi di Telecom Italia.

5.2 Accesso alla rete con PdI presso un sito adiacente al nodo Telecom Italia

Questa modalità di interconnessione (figura 7) comporta che Telecom Italia fornisca sia l'accesso ad un proprio nodo sia un collegamento trasmissivo tra questo nodo e il punto di interconnessione situato in prossimità della centrale di commutazione:

l'interconnessione avviene a livello di portante fisico in fibra ottica con una capacità minima di 34 Mbit/s.

Per ogni nodo di commutazione aperto all'interconnessione, Telecom Italia definisce, in funzione della struttura di rete (tubazioni, canalizzazioni, pozzetti, sala muffole), un "sito" (punto di interconnessione o PdI), posto nelle immediate vicinanze dell'edificio dell'autocommutatore, nel quale si realizza l'interconnessione (tramite un giunto o un ripartitore ottico) tra il cavo in fibra ottica del gestore richiedente e quello di Telecom Italia per il raccordo verso la sala trasmissione.

Telecom Italia e il gestore richiedente concordano il tipo di apparato trasmissivo sul quale attestare le coppie di fibre ottiche (terminale di linea PDH o SDH). La scelta della tecnologia da utilizzare e del costruttore deve essere compatibile con quella utilizzata da Telecom Italia nella sala

trasmissione adiacente alla propria centrale di commutazione. Questa modalità di interconnessione implica, quindi, che Telecom Italia fornisca congiuntamente:

- l'accesso fisico ad un proprio nodo;
- il collegamento trasmissivo tra PdI e un proprio nodo.

a) Accesso a un nodo di Telecom Italia

Per quanto riguarda l'accesso fisico a un nodo di Telecom Italia vale quanto indicato al precedente punto a) del paragrafo 5.1.

b) Collegamento trasmissivo tra il PdI e un nodo di Telecom Italia

Per quanto riguarda il collegamento trasmissivo di capacità minima di 34 Mbit/s tra il PdI e un nodo di Telecom Italia esso comprende:

- un raccordo trasmissivo tra il "sito" e la sala trasmissiva di Telecom Italia;
- una terminazione di linea PDH o SDH presso una centrale di Telecom Italia;
- un servizio di moltiplicazione

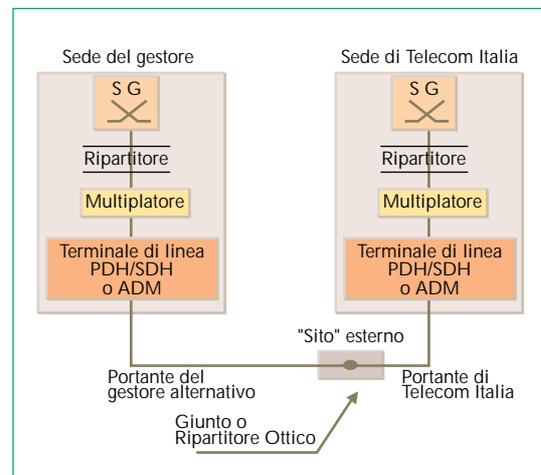


Figura 7 Accesso alla rete di Telecom Italia con PdI presso un sito adiacente al nodo Telecom Italia.

PDH o SDH sino a 2 Mbit/s lato Telecom Italia.

c) *Accesso con PdI presso un sito adiacente al nodo di Telecom Italia con estensione del collegamento*

Questa situazione si presenta quando il "sito" esterno, nel quale avviene il raccordo tra la rete del gestore richiedente e quella di Telecom Italia, non coincide con il nodo di commutazione presso cui si vuole realizzare l'interconnessione ma con una centrale diversa (figura 8): in questo caso Telecom Italia, offre la possibilità di prolungare la richiesta di collegamento, descritto nel paragrafo precedente, su propri mezzi fino al nodo al quale il gestore richiedente ha interesse ad interconnettersi. La tecnologia utilizzata (PDH o SDH) deve essere compatibile con quella scelta per il collegamento trasmissivo fra la centrale del gestore interconnesso e la prima centrale di Telecom Italia. Per quanto riguarda l'accesso fisico al nodo di Telecom Italia vale quindi quanto indicato al precedente punto a) del paragrafo 5.1.

Per quanto riguarda il collegamento trasmissivo, oltre a quanto indicato nel punto b) del paragrafo 5.2. deve essere fornita una estensione del collegamento trasmissivo di interconnessione che comprende:

- la terminazione di linea nella centrale Telecom Italia sede di PdI;
- la terminazione di linea nella centrale Telecom Italia alla quale il gestore vuole interconnettersi;
- un collegamento trasmissivo a 2 Mbit/s tra le suddette

terminazioni;

- un servizio di moltiplicazione tra la centrale Telecom sede di PdI e quella a cui il gestore vuole interconnettersi.

6. Conclusioni

Da quanto si è indicato in questo articolo, emerge che la definizione di un listino di interconnessione rappresenta un momento nel quale si presenta una soluzione di continuità nella gestione delle reti di telecomunicazioni: il listino infatti oltre ad essere uno "strumento tecnico" - in cui si definiscono i livelli di interconnessione, i servizi di telecomunicazioni da essi

disponibile per comporre offerte di gestori concorrenti in una logica che si potrebbe chiamare del "lego" (dal nome delle note costruzioni giocattolo).

In questo scenario, nel quale poi la globalizzazione porta l'ex monopolista a confrontarsi nel suo mercato "domestico" con gli ex monopolisti di altri Paesi, si manifesta la necessità di apprendere velocemente le nuove regole del gioco che non lasciano margine a sussidi incrociati fra differenti servizi e clienti. Queste nuove regole impongono ai gestori di concentrarsi sul proprio "core business" sia per raggiungere una elevata efficienza di rete, in termini di contenimento dei costi e di

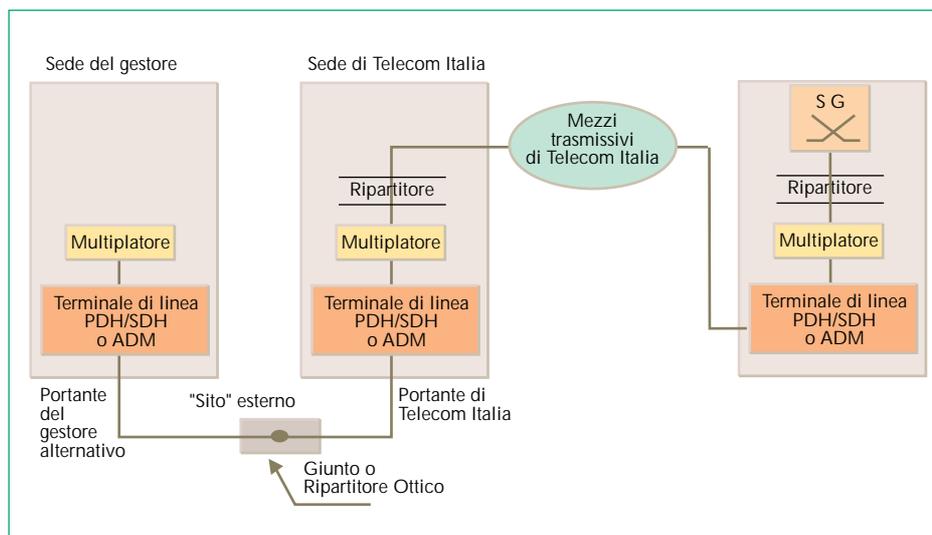


Figura 8

Accesso alla rete di Telecom Italia con PdI presso un sito adiacente al nodo Telecom Italia con estensione del collegamento.

usufruibili e le interfacce tecniche necessarie a collegare le reti di altri gestori alla rete di Telecom Italia nonché i relativi prezzi - rappresenta anche la conclusione del monopolio nelle telecomunicazioni e prefigura uno scenario in cui la rete dell'ex monopolista - oggi, e non si sa per quanto tempo, gestore dominante - è aperta e resa

velocità di introduzione di nuovi servizi sia, anche, per tradurre questa nuova efficienza in capacità di soddisfare nel tempo le esigenze del cliente in termini di qualità, flessibilità e prezzi.

*Fabrizio Bellezza,
Massimo Cordaro
Telecom Italia DG - Roma*

RAPPORTI SULLA NORMATIVA TECNICA NELLE TELECOMUNICAZIONI

I NOMI IN INTERNET:
PRESENTE E POSSIBILE FUTURO

IL GOVERNO DI INTERNET E LE MUTANTI
CONDIZIONI COMMERCIALI

RETI E SERVIZI ATM:
RACCOMANDAZIONI ITU E SPECIFICHE
ATM FORUM

IN INTERNET VI SONO DUE TIPI DIVERSI DI IDENTIFICAZIONE, UNO DEI QUALI A LIVELLO FISICO È PARAGONABILE AL NUMERO TELEFONICO, MENTRE L'ALTRO A LIVELLO PIÙ ALTO RIFLETTE IL "NOME" (NEL SENSO COMUNE DEL TERMINE) DI CHI ACCEDE ALLA RETE.

Le apparecchiature di rete utilizzano gli indirizzi di livelli fisico. Gli utenti invece fanno ricorso ai nomi, più facili da ricordare e da usare. L'uso dei nomi e la loro traduzione automatica in indirizzi sono considerati tra i fattori principali di successo di Internet.

L'assegnazione di nomi è basata su una suddivisione gerarchica dello spazio degli identificativi. Al livello più alto della gerarchia c'è il dominio di primo livello *TLD (Top Level Domain)*, corrispondente al prefisso internazionale telefonico.

I TLD previsti sono uno per ogni nazione riconosciuta dall'ISO, cui è assegnato un codice a due lettere secondo lo standard ISO3166 (IT per Italia, FR per la Francia e così via), più un certo numero di TLD sovranazionali (COM, ORG, NET, INT, EDU) o dedicati esclusivamente agli Stati Uniti (GOV, MIL).

L'organismo deputato alla supervisione del processo di creazione di nuovi TLD è l'*IANA (Internet Assigned Numbers Authority)*. La registrazione dei TLD è affidata alla *NSI (Network Solutions Incorporated)*.

La registrazione dei domini di secondo livello al di sotto dei TLD nazionali è normalmente delegata a enti che agiscono in ambito nazionale. Per l'Italia l'ente in questione è il *GARR (Gruppo per l'Armonizzazione delle Reti di Ricerca)*.

La registrazione dei domini di secondo livello al di sotto dei TLD generici (COM, ORG e NET) è invece effettuata a pagamento e in regime di monopolio da NSI.

La gestione attuale dei nomi a dominio presenta nel suo insieme criticità riconosciute: infatti l'intero processo è oggetto di revisione. Il tentativo di rinnovamento è però portato avanti in maniera confusa e tumultuosa, rendendo a tutt'oggi molto incerto il risultato finale.



DOPO I PROGETTI PILOTA A LIVELLO NAZIONALE ED EUROPEO, LA PRIMA FASE DI OFFERTA COMMERCIALE DI SERVIZI SU RETI ATM, INIZIATA A FINE 1995, STA CONFERMANDO LA VALIDITÀ DELLE RACCOMANDAZIONI DI BASE RILASCIATE DALL'ITU-T E DELLE SPECIFICHE PRODOTTE DA ATM FORUM. Nel frattempo prosegue il completamento della normativa su diversi temi. Solo recentemente - e quindi è ancora prematuro valutarne l'efficacia in campo - sono state rese disponibili specifiche per la segnalazione, la voce ed alcuni servizi multimediali su ATM, e sono state completate le specifiche per le classi di servizio e la qualità. Il trasporto ottimale del protocollo IP (tipico del mondo Internet) su rete ATM costituisce un tema di interesse largamente condiviso, per il quale il dibattito permane aperto e si fanno strada anche soluzioni di marca.

Nuovi ambiti di studio sono relativi ad esempio alla applicazione di ATM in ambiente "wireless", dalle LAN radio alle reti via satellite; sono specificate soluzioni per la rete di accesso, e sono affrontati i problemi di sicurezza e gestione.

Sul mercato, si registra un crescente dispiegamento di reti di trasporto ATM da parte dei maggiori gestori. In ambito locale, i segmenti dei sistemi ATM "al desktop" e delle applicazioni ATM "native" sono frenati dalla competizione di soluzioni alternative, quali le evoluzioni di Ethernet e le applicazioni su piattaforme IP.

Non sempre i prodotti ATM in campo realizzano appieno la conformità alla

RIPOSIZIONAMENTO RISPETTO ALLE ESIGENZE DEL MERCATO

normativa e ciò limita di fatto, in alcuni casi, l'interoperabilità in ambiente multi-vendor.

Considerando completata la normativa di base per l'ATM, le attività di standardizzazione tendono ora a riposizionarsi rispetto ad esigenze del mercato concrete e a più breve termine. Emerge in ITU-T, ETSI e ANSI una maggiore tendenza all'armonizzazione dei rispettivi programmi di lavoro con i gruppi di interesse riconosciuti (come ATM Forum ed IETF); questo orientamento porta a definire nuove forme di collaborazione e di riutilizzo dei risultati.



IL VALORE ECONOMICO DELLO SPETTRO

IL DELICATO PROCESSO DI GESTIONE DELLE RISORSE SPETTRALI DEVE ESSERE VISTO ALLA LUCE DELLA LIBERALIZZAZIONE E DELLA GLOBALIZZAZIONE DELLE TELECOMUNICAZIONI, SE SI VUOLE EFFETTIVAMENTE PROMUOVERE LA MIGRAZIONE VERSO SERVIZI DI COMUNICAZIONE PERSONALE (PCS) CON LA SCOMPARSA DELLA STORICA DIVISIONE TRA RETI FISSE E RETI MOBILI.

I problemi attuali di saturazione delle frequenze, come è detto da più parti, risultano dovuti in buona parte ad una non adeguata (o non corretta) procedura di allocazione, piuttosto che a una limitazione vera e propria della risorsa. Una corretta gestione dello spettro impone la ricerca di un uso, per quanto possibile, omogeneo ed efficiente della banda disponibile: prerequisito fondamentale appare perciò la necessità di procedere alla standardizzazione dei sistemi in ambito internazionale.

Nell'ambito delle strategie percorribili per l'assegnazione delle frequenze è possibile operare una distinzione tra approcci basati su norme o comportamenti di tipo amministrativo-legislativo e metodi fondati sulle forze del mercato, con riconoscimento del valore economico della risorsa.

Tuttavia l'unica via realisticamente praticabile sembra essere quella riconducibile ad una soluzione ibrida tra questi due approcci, caratterizzata dal fatto che il bene in oggetto resterebbe di proprietà di una Autorità centralizzata (quale ITU, se in grado di gestire al meglio il processo), a garanzia dei diritti degli utilizzatori e dei gestori (protezione dalle interferenze ed eliminazione o controllo di posizioni dominanti), lasciando ad esempio alla contrattazione di mercato le porzioni di banda "vuote", utilizzabili per servizi che non richiedano un coordinamento internazionale.

Inoltre, un incentivo ad occupare la minor banda possibile dovrebbe venire da una appropriata politica tariffaria, in grado di tenere conto della larghezza di banda richiesta, della sua collocazione nello spettro, nonché del numero di utenti previsti per il servizio considerato.



GESTIONE DELLE FREQUENZE CENTRALIZZATE E LIBERO MERCATO: CONTRAPPOSIZIONE O COMPLEMENTARITÀ?

L'EVOLUZIONE DEI SERVIZI GSM

LA FASE 2 DEL GSM È PRONTA PER LE FUTURE EVOLUZIONI (FASE 2+), OVVERO PER L'INTRODUZIONE MODULARE DI UN INSIEME DI NUOVE FUNZIONALITÀ.

IL LAVORO DI STANDARDIZZAZIONE DELLA FASE 2+ È ORGANIZZATO PER MODULI, COSÌ CHE OGNI NUOVA FUNZIONALITÀ PUÒ ESSERE INTRODotta NEL SISTEMA SENZA INFLUIRE SULLE ALTRE. In questo modo si garantisce che lo studio di ogni funzionalità proceda con il proprio ritmo e che l'introduzione di essa in rete può essere adattata alle richieste del mercato. La vera sfida in gioco è il mantenimento della "upward compatibility".

Il *CAMEL (Customised Application for Mobile network Enhanced Logic)*, che prevede l'inserimento di punti di "trigger" all'interno delle procedure di gestione della chiamata secondo i principi di Rete Intelligente, consente di fornire servizi a valore aggiunto tramite una rete GSM (rete visitata)

appartenente ad un gestore diverso da quello con cui l'utente ha sottoscritto l'abbonamento.

Il servizio *USSD (Unstructured Supplementary Service Data)* permette all'utente di inviare stringhe di caratteri direttamente ad un applicativo e quindi instaurare con questo un protocollo ad hoc. Esiste cioè la possibilità di avere degli applicativi personalizzati o personalizzabili con una buona flessibilità. Questa opportunità è garantita anche nel caso in cui l'utente sia ospite di una rete GSM visitata.

Il *SIM (Subscriber Identity Module) Application Toolkit* consente di estendere il concetto di trasparenza anche al tipo di terminale utilizzato, grazie al colloquio diretto fra utente e SIM e fra questo e l'applicativo in rete. Infatti, mediante questo approccio un qualunque terminale, predisposto per il SIM Application Toolkit, può essere indifferentemente utilizzato dall'utente, mantenendo invariate le caratteristiche del servizio offerto.

Per quanto riguarda i servizi dati, la fase 2+ prevede due principali linee evolutive: l'introduzione di servizi completamente a pacchetto anche sull'interfaccia radio; il miglioramento dell'attuale limite di velocità di trasmissione per i dati d'utente, fissato a 9600 bit/s. I relativi servizi di fase 2+ sono: il *GPRS (General Packet Radio Service)* e l'*HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)*.



LE RETI CORPORATE SONO VISTE SEMPRE PIÙ COME UNA RISORSA STRATEGICA PER AUMENTARE LA COMPETITIVITÀ DELLE IMPRESE E COME UNO STRUMENTO DI RIORGANIZZAZIONE ED OTTIMIZZAZIONE DELLE FUNZIONI AZIENDALI, ALLA LUCE DEI MUTAMENTI DI TIPO ECONOMICO, NORMATIVO E TECNOLOGICO VERIFICATISI E TUTTORA IN CORSO DI SVOLGIMENTO.

Il trasporto uniforme e omogeneo di informazioni a costi ragionevoli nell'ambito di aziende multi-localizzate e la possibilità per utenti fisicamente attestati su PABX geograficamente distribuiti di comunicare tra loro in maniera equivalente a quelli connessi allo stesso PABX ("PABX Virtuale"), sono solo due dei problemi che l'impiego di questo tipo di rete può risolvere. La decentralizzazione e la globalizzazione delle attività economiche pongono dei requisiti di economicità e flessibilità che la soluzione di corporate networking tradizionale, basata sull'impiego di PABX e collegamenti dedicati, non sempre è in grado di soddisfare completamente, anche se il continuo decremento delle tariffe dei circuiti dedicati, unitamente all'impiego di sistemi di commutazione privata (PABX) in grado di effettuare compressione vocale, rendono queste soluzioni più convenienti rispetto a qualche anno fa.

In aggiunta, dal punto di vista del gestore di rete, questa soluzione appare povera in termini di opportunità di offerta servizi, vincolando di fatto il possessore dell'infrastruttura di rete a competere sul piano degli sconti sui portanti fisici. L'impiego di infrastrutture commutate quali la rete ISDN arricchita dai servizi di Rete Intelligente o le reti sovrapposte dedicate all'utenza affari, come ad esempio la rete *Feature Net* realizzata da British Telecom, costituisce un'interessante alternativa alle soluzioni tradizionali e può essere considerato, per i gestori pubblici, un efficace strumento per mantenere un posizionamento competitivo in vista dell'imminente completa liberalizzazione del mercato delle telecomunicazioni. Un simile approccio è reso possibile anche grazie ai risultati ottenuti in ambito di standardizzazione (ETSI/ECMA) sui protocolli di interconnessione di PABX (QSIG).

Giorgio Fioretto
Normative Tecniche CSELT - Torino

I SERVIZI CAMEL, USSD, GPRS ED HSCSD

LE RETI CORPORATE:
UNA RISORSA STRATEGICA PER LA
COMPETITIVITÀ DELLE IMPRESE E UNO
STRUMENTO DI RIORGANIZZAZIONE
AZIENDALE

RAPPORTI SULLA NORMATIVA TECNICA NELLE TELECOMUNICAZIONI

I NOMI IN INTERNET:
PRESENTE E POSSIBILE FUTURO

IL GOVERNO DI INTERNET E LE MUTANTI
CONDIZIONI COMMERCIALI

RETI E SERVIZI ATM:
RACCOMANDAZIONI ITU E SPECIFICHE
ATM FORUM

IN INTERNET VI SONO DUE TIPI DIVERSI DI IDENTIFICAZIONE, UNO DEI QUALI A LIVELLO FISICO È PARAGONABILE AL NUMERO TELEFONICO, MENTRE L'ALTRO A LIVELLO PIÙ ALTO RIFLETTE IL "NOME" (NEL SENSO COMUNE DEL TERMINE) DI CHI ACCEDE ALLA RETE.

Le apparecchiature di rete utilizzano gli indirizzi di livelli fisico. Gli utenti invece fanno ricorso ai nomi, più facili da ricordare e da usare. L'uso dei nomi e la loro traduzione automatica in indirizzi sono considerati tra i fattori principali di successo di Internet.

L'assegnazione di nomi è basata su una suddivisione gerarchica dello spazio degli identificativi. Al livello più alto della gerarchia c'è il dominio di primo livello *TLD (Top Level Domain)*, corrispondente al prefisso internazionale telefonico.

I TLD previsti sono uno per ogni nazione riconosciuta dall'ISO, cui è assegnato un codice a due lettere secondo lo standard ISO3166 (IT per Italia, FR per la Francia e così via), più un certo numero di TLD sovranazionali (COM, ORG, NET, INT, EDU) o dedicati esclusivamente agli Stati Uniti (GOV, MIL).

L'organismo deputato alla supervisione del processo di creazione di nuovi TLD è l'*IANA (Internet Assigned Numbers Authority)*. La registrazione dei TLD è affidata alla *NSI (Network Solutions Incorporated)*.

La registrazione dei domini di secondo livello al di sotto dei TLD nazionali è normalmente delegata a enti che agiscono in ambito nazionale. Per l'Italia l'ente in questione è il *GARR (Gruppo per l'Armonizzazione delle Reti di Ricerca)*.

La registrazione dei domini di secondo livello al di sotto dei TLD generici (COM, ORG e NET) è invece effettuata a pagamento e in regime di monopolio da NSI.

La gestione attuale dei nomi a dominio presenta nel suo insieme criticità riconosciute: infatti l'intero processo è oggetto di revisione. Il tentativo di rinnovamento è però portato avanti in maniera confusa e tumultuosa, rendendo a tutt'oggi molto incerto il risultato finale.



DOPO I PROGETTI PILOTA A LIVELLO NAZIONALE ED EUROPEO, LA PRIMA FASE DI OFFERTA COMMERCIALE DI SERVIZI SU RETI ATM, INIZIATA A FINE 1995, STA CONFERMANDO LA VALIDITÀ DELLE RACCOMANDAZIONI DI BASE RILASCIATE DALL'ITU-T E DELLE SPECIFICHE PRODOTTE DA ATM FORUM. Nel frattempo prosegue il completamento della normativa su diversi temi. Solo recentemente - e quindi è ancora prematuro valutarne l'efficacia in campo - sono state rese disponibili specifiche per la segnalazione, la voce ed alcuni servizi multimediali su ATM, e sono state completate le specifiche per le classi di servizio e la qualità. Il trasporto ottimale del protocollo IP (tipico del mondo Internet) su rete ATM costituisce un tema di interesse largamente condiviso, per il quale il dibattito permane aperto e si fanno strada anche soluzioni di marca.

Nuovi ambiti di studio sono relativi ad esempio alla applicazione di ATM in ambiente "wireless", dalle LAN radio alle reti via satellite; sono specificate soluzioni per la rete di accesso, e sono affrontati i problemi di sicurezza e gestione.

Sul mercato, si registra un crescente dispiegamento di reti di trasporto ATM da parte dei maggiori gestori. In ambito locale, i segmenti dei sistemi ATM "al desktop" e delle applicazioni ATM "native" sono frenati dalla competizione di soluzioni alternative, quali le evoluzioni di Ethernet e le applicazioni su piattaforme IP.

Non sempre i prodotti ATM in campo realizzano appieno la conformità alla

RIPOSIZIONAMENTO RISPETTO ALLE ESIGENZE DEL MERCATO

normativa e ciò limita di fatto, in alcuni casi, l'interoperabilità in ambiente multi-vendor.

Considerando completata la normativa di base per l'ATM, le attività di standardizzazione tendono ora a riposizionarsi rispetto ad esigenze del mercato concrete e a più breve termine. Emerge in ITU-T, ETSI e ANSI una maggiore tendenza all'armonizzazione dei rispettivi programmi di lavoro con i gruppi di interesse riconosciuti (come ATM Forum ed IETF); questo orientamento porta a definire nuove forme di collaborazione e di riutilizzo dei risultati.



IL VALORE ECONOMICO DELLO SPETTRO

IL DELICATO PROCESSO DI GESTIONE DELLE RISORSE SPETTRALI DEVE ESSERE VISTO ALLA LUCE DELLA LIBERALIZZAZIONE E DELLA GLOBALIZZAZIONE DELLE TELECOMUNICAZIONI, SE SI VUOLE EFFETTIVAMENTE PROMUOVERE LA MIGRAZIONE VERSO SERVIZI DI COMUNICAZIONE PERSONALE (PCS) CON LA SCOMPARSA DELLA STORICA DIVISIONE TRA RETI FISSE E RETI MOBILI.

I problemi attuali di saturazione delle frequenze, come è detto da più parti, risultano dovuti in buona parte ad una non adeguata (o non corretta) procedura di allocazione, piuttosto che a una limitazione vera e propria della risorsa. Una corretta gestione dello spettro impone la ricerca di un uso, per quanto possibile, omogeneo ed efficiente della banda disponibile: prerequisito fondamentale appare perciò la necessità di procedere alla standardizzazione dei sistemi in ambito internazionale.

Nell'ambito delle strategie percorribili per l'assegnazione delle frequenze è possibile operare una distinzione tra approcci basati su norme o comportamenti di tipo amministrativo-legislativo e metodi fondati sulle forze del mercato, con riconoscimento del valore economico della risorsa.

Tuttavia l'unica via realisticamente praticabile sembra essere quella riconducibile ad una soluzione ibrida tra questi due approcci, caratterizzata dal fatto che il bene in oggetto resterebbe di proprietà di una Autorità centralizzata (quale ITU, se in grado di gestire al meglio il processo), a garanzia dei diritti degli utilizzatori e dei gestori (protezione dalle interferenze ed eliminazione o controllo di posizioni dominanti), lasciando ad esempio alla contrattazione di mercato le porzioni di banda "vuote", utilizzabili per servizi che non richiedano un coordinamento internazionale.

Inoltre, un incentivo ad occupare la minor banda possibile dovrebbe venire da una appropriata politica tariffaria, in grado di tenere conto della larghezza di banda richiesta, della sua collocazione nello spettro, nonché del numero di utenti previsti per il servizio considerato.



GESTIONE DELLE FREQUENZE CENTRALIZZATE E LIBERO MERCATO: CONTRAPPOSIZIONE O COMPLEMENTARITÀ?

L'EVOLUZIONE DEI SERVIZI GSM

LA FASE 2 DEL GSM È PRONTA PER LE FUTURE EVOLUZIONI (FASE 2+), OVVERO PER L'INTRODUZIONE MODULARE DI UN INSIEME DI NUOVE FUNZIONALITÀ.

IL LAVORO DI STANDARDIZZAZIONE DELLA FASE 2+ È ORGANIZZATO PER MODULI, COSÌ CHE OGNI NUOVA FUNZIONALITÀ PUÒ ESSERE INTRODotta NEL SISTEMA SENZA INFLUIRE SULLE ALTRE. In questo modo si garantisce che lo studio di ogni funzionalità proceda con il proprio ritmo e che l'introduzione di essa in rete può essere adattata alle richieste del mercato. La vera sfida in gioco è il mantenimento della "upward compatibility".

Il *CAMEL (Customised Application for Mobile network Enhanced Logic)*, che prevede l'inserimento di punti di "trigger" all'interno delle procedure di gestione della chiamata secondo i principi di Rete Intelligente, consente di fornire servizi a valore aggiunto tramite una rete GSM (rete visitata)

appartenente ad un gestore diverso da quello con cui l'utente ha sottoscritto l'abbonamento.

Il servizio *USSD (Unstructured Supplementary Service Data)* permette all'utente di inviare stringhe di caratteri direttamente ad un applicativo e quindi instaurare con questo un protocollo ad hoc. Esiste cioè la possibilità di avere degli applicativi personalizzati o personalizzabili con una buona flessibilità. Questa opportunità è garantita anche nel caso in cui l'utente sia ospite di una rete GSM visitata.

Il *SIM (Subscriber Identity Module) Application Toolkit* consente di estendere il concetto di trasparenza anche al tipo di terminale utilizzato, grazie al colloquio diretto fra utente e SIM e fra questo e l'applicativo in rete. Infatti, mediante questo approccio un qualunque terminale, predisposto per il SIM Application Toolkit, può essere indifferentemente utilizzato dall'utente, mantenendo invariate le caratteristiche del servizio offerto.

Per quanto riguarda i servizi dati, la fase 2+ prevede due principali linee evolutive: l'introduzione di servizi completamente a pacchetto anche sull'interfaccia radio; il miglioramento dell'attuale limite di velocità di trasmissione per i dati d'utente, fissato a 9600 bit/s. I relativi servizi di fase 2+ sono: il *GPRS (General Packet Radio Service)* e l'*HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)*.



LE RETI CORPORATE SONO VISTE SEMPRE PIÙ COME UNA RISORSA STRATEGICA PER AUMENTARE LA COMPETITIVITÀ DELLE IMPRESE E COME UNO STRUMENTO DI RIORGANIZZAZIONE ED OTTIMIZZAZIONE DELLE FUNZIONI AZIENDALI, ALLA LUCE DEI MUTAMENTI DI TIPO ECONOMICO, NORMATIVO E TECNOLOGICO VERIFICATISI E TUTTORA IN CORSO DI SVOLGIMENTO.

Il trasporto uniforme e omogeneo di informazioni a costi ragionevoli nell'ambito di aziende multi-localizzate e la possibilità per utenti fisicamente attestati su PABX geograficamente distribuiti di comunicare tra loro in maniera equivalente a quelli connessi allo stesso PABX ("PABX Virtuale"), sono solo due dei problemi che l'impiego di questo tipo di rete può risolvere. La decentralizzazione e la globalizzazione delle attività economiche pongono dei requisiti di economicità e flessibilità che la soluzione di corporate networking tradizionale, basata sull'impiego di PABX e collegamenti dedicati, non sempre è in grado di soddisfare completamente, anche se il continuo decremento delle tariffe dei circuiti dedicati, unitamente all'impiego di sistemi di commutazione privata (PABX) in grado di effettuare compressione vocale, rendono queste soluzioni più convenienti rispetto a qualche anno fa.

In aggiunta, dal punto di vista del gestore di rete, questa soluzione appare povera in termini di opportunità di offerta servizi, vincolando di fatto il possessore dell'infrastruttura di rete a competere sul piano degli sconti sui portanti fisici. L'impiego di infrastrutture commutate quali la rete ISDN arricchita dai servizi di Rete Intelligente o le reti sovrapposte dedicate all'utenza affari, come ad esempio la rete *Feature Net* realizzata da British Telecom, costituisce un'interessante alternativa alle soluzioni tradizionali e può essere considerato, per i gestori pubblici, un efficace strumento per mantenere un posizionamento competitivo in vista dell'imminente completa liberalizzazione del mercato delle telecomunicazioni. Un simile approccio è reso possibile anche grazie ai risultati ottenuti in ambito di standardizzazione (ETSI/ECMA) sui protocolli di interconnessione di PABX (QSIG).

Giorgio Fioretto
Normative Tecniche CSELT - Torino

I SERVIZI CAMEL, USSD, GPRS ED HSCSD

LE RETI CORPORATE:
UNA RISORSA STRATEGICA PER LA
COMPETITIVITÀ DELLE IMPRESE E UNO
STRUMENTO DI RIORGANIZZAZIONE
AZIENDALE

Aldo Roveri

PROGETTO FINALIZZATO TELECOMUNICAZIONI - SPERIMENTAZIONE DI SERVIZI E APPLICAZIONI

*Editore: CSELT
Torino marzo 1997
pp. 240, L. 20.000
Distribuzione UTET Libreria*

Gli autori

Il volume è opera di un gruppo di esperti CSELT e di qualificati rappresentanti del mondo accademico, noti per l'alto livello di preparazione e di esperienza scientifica e tecnica, impegnati in molti anni di ricerche e di sperimentazioni (di laboratorio e in campo) per lo sviluppo della tecnica ATM (Asynchronous Transfer Mode), seguendo lo sviluppo da versioni prototipali a soluzioni commerciali, e partecipando costantemente ai diversi enti di normativa e gruppi di interesse in ambito internazionale. La realizzazione del volume è stata curata da Aldo Roveri, docente presso l'Università di Roma "La Sapienza" e responsabile del Progetto Finalizzato Telecomunicazioni del CNR, con esperienza pluridecennale ai massimi livelli nel campo delle telecomunicazioni.

L'opera

Questo volume ha l'obiettivo di illustrare approfonditamente le sperimentazioni di servizi ed applicazioni effettuate nell'ambito del Progetto Finalizzato Telecomu-

nicazioni del CNR su piattaforme di rete ad alta velocità, messe a punto nel corso del Progetto stesso: la MAN (Metropolitan Area Network) Toscana a Firenze e Pisa, il Test-bed ATM, ospitato nei laboratori dello CSELT a Torino, e la rete ATM NeaNet a Napoli. In particolare, sono descritte le sperimentazioni di applicazioni di tipo medico, museale e ambientale effettuate sulla MAN Toscana, e le sperimentazioni di applicazioni relative alla comunicazione multimediale a larga banda e al lavoro cooperativo effettuate sulle piattaforme ATM NeaNet e sul Test-bed ATM.

Di ogni sperimentazione presentata è anche riportata e discussa un'accurata valutazione prestazionale basata su misure in campo.

Il mercato

L'opera si rivolge in particolare ai docenti e agli studenti di corsi di studio in telecomunicazioni e ai responsabili e tecnici che operano nel settore delle Telecomunicazioni, allo scopo di fornire una visione d'insieme delle prospettive delle tecniche MAN e ATM per il supporto di servizi ed applicazioni su infrastrutture di rete ad alta velocità. Le applicazioni considerate sono di interesse, oltre che per l'ambiente scientifico e universitario, anche per un pubblico più vasto (teledidattica, telelavoro, applicazioni orientate alla fruizione di beni culturali). Il volume permette inoltre di approfondire gli aspetti relativi alla valutazione e alla misura in campo delle prestazioni di queste infrastrutture.

Andrea Baiocchi



Coordinatore Silvano Giorcelli

COLLANA ATM

*Editore: CSELT Torino
Dieci volumi da oltre 200 pp.
ciascuno
L. 20.000 a volume
Distribuzione UTET Libreria*

Una nuova Collana di libri CSELT, curata da Silvano Giorcelli, descrive la tecnica ATM (Asynchronous Transfer Mode) di commutazione e multiplexazione flessibile ad alta velocità per il trasporto di dati, video e voce.

Questa tecnica ha convogliato in questi ultimi anni le attenzioni di vari esponenti non solo del mondo delle telecomunicazioni - a cui appartengono le origini di questa tecnica - ma anche di esperti che operano nelle tecnologie dell'informazione.

Prima nel suo genere in Italia, la Collana dello CSELT illustra gli aspetti essenziali di questa tecnica (tecnologici, di rete e di servizio) e identifica i possibili ambiti applicativi di essa, anche in relazione con le soluzioni emergenti nelle reti di computer e nelle piattaforme di networking, come risposta alle richieste di connettività globale e di qualità del servizio per le reti corporate.

L'opera si rivolge ad un vasto pubblico di possibili lettori (dal network manager allo studente, dal responsabile di marketing a chi vuole semplicemente approfondire alcuni concetti base) ed è stata impostata con una struttura modulare che permette di soddisfare queste molteplici esigenze attraverso la fruizione di volumi di interesse specifico per ciascuna classe di lettori.

La Collana ATM è articolata su

l'amplificazione ottica e i fenomeni non lineari in fibra: sono descritti gli amplificatori ottici a fibra attiva con riferimento particolare al drogaggio della silice con erbio per ottenere amplificazione nella terza finestra ottica. Sono poi presentati gli effetti non lineari che si realizzano in fibra per livelli di potenza del segnale sufficientemente elevati (automodulazione di fase, scattering di Raman e di Brillouin, four-wave-mixing).

Il contesto in cui il libro è stato realizzato, con l'intervento di autori provenienti dalla ricerca, dalla didattica e dalla produzione, ha portato a un risultato con connotazione originale nel panorama bibliografico esistente. Esso coniuga infatti il rigore dell'approccio teorico con la concretezza dell'esperienza di produzione e delle sperimentazioni e realizzazioni di impianti, anche se una trattazione più ampia di aspetti quali la giunzione e la terminazione dei cavi, con i relativi criteri di scelta dei materiali in funzione delle condizioni di installazione, avrebbe reso il testo ancora più completo.

Il libro è adatto a quanti, nel mondo delle telecomunicazioni, desiderino approfondire le proprie conoscenze circa le caratteristiche che rendono la fibra ottica il portante che ha completamente modificato il trasporto dell'informazione. Il rigore della trattazione scientifica e l'efficace presentazione dei concetti rendono il testo adeguato anche a corsi di "Ottica" e di "Propagazione guidata", nell'ambito dei Corsi di Laurea in Ingegneria o in Fisica e dei Corsi di Diploma Universitario.

Francesco Montalti



A cura di Silvano Giorcelli

LA TECNICA ATM NELL'EVOLUZIONE DELLE RETI E SERVIZI

Editore CSELT
Torino, dicembre 1996
pp. 245, L. 20.000
Distribuzione UTET Libreria

Questo libro appartiene alla Collana, curata da Silvano Giorcelli, che descrive la tecnica ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) e ne identifica i possibili ambiti applicativi. Il volume costituisce un momento di sintesi sull'argomento "ATM", con la descrizione dei principi fondamentali di questa tecnica e con un accurato esame delle prospettive di impiego sia nelle reti di telecomunicazioni sia nelle reti di calcolatori.

In questo libro viene infatti effettuata una approfondita descrizione dei principi base della commutazione ATM, dalla definizione della "cella ATM" alle peculiarità della moltiplicazione "statistica" che ATM offre, dalle tipologie di connessione ai principi architettonici di un nodo di commutazione, fino ad arrivare ai singoli protocolli utilizzati per il trasporto dell'informazione. Una particolare attenzione è data anche allo scenario applicativo della tecnica ATM, tenendo conto delle soluzioni emergenti nelle reti di computer (quali le interrelazioni fra ATM e IP) e delle possibili evoluzioni delle reti di telecomunicazioni.

Questo volume costituisce anche

il punto di riferimento per la consultazione dell'intera Collana, fornendo un inquadramento di tutti quegli aspetti descritti in dettaglio nei volumi successivi: dagli aspetti tecnici e tecnologici (quali l'impatto della tecnica ATM sui sistemi di commutazione e trasmissione) agli aspetti di rete e di servizio (quali gli aspetti di segnalazione, controllo, gestione e traffico). La descrizione della tecnica ATM si basa in massima parte su quanto prodotto in sede di standardizzazione, sottolineando quanto è ancora in discussione. Per meglio comprendere le motivazioni alla base di alcune scelte, al termine del volume è anche fatta una breve presentazione dei principali enti di normativa e di specificazione impegnati nella definizione dei principi e delle evoluzioni di questa tecnica.

L'opera si rivolge sia ai lettori che desiderano acquisire una visione d'insieme dei vari aspetti connessi alla definizione e allo sviluppo della tecnica ATM, sia a quelli che desiderano approfondire i protocolli ATM. Per la prima tipologia di lettori sono fornite (soprattutto nei primi due capitoli del volume) alcune nozioni di base sulla tecnica ATM, sulle sue origini, sulla situazione attuale dei relativi sviluppi e sulle prospettive evolutive, mentre per quei lettori che intendono migliorare le conoscenze in materia di protocolli ATM sono fornite le informazioni di carattere specialistico contenute nei successivi capitoli del volume.

L'opera si rivolge in particolare a docenti e a studenti di corsi di studio in telecomunicazioni e ai responsabili e ai tecnici che operano nel settore delle Telecomunicazioni, quali i progettisti di reti, i "network manager" e i responsabili di marketing delle aziende del settore.

r.c.

"...È REALMENTE STAZIONARIO UN SATELLITE PER TELECOMUNICAZIONI IN ORBITA GEOSTAZIONARIA?"

(Luciano Graziosi, Firenze)

Quando si sente parlare di telecomunicazioni satellitari, si pensa immediatamente alle molteplici e ingenti difficoltà che devono essere superate da un punto di vista trasmissivo; ma un satellite per telecomunicazioni presenta altri numerosi aspetti di interesse per la riuscita della sua missione. In particolare, la domanda sollevata dal lettore Luciano Graziosi, circa i problemi che deve fronteggiare un satellite in orbita geostazionaria per mantenere un corretto assetto orbitale, fa scoprire che anche un aspetto apparentemente "innocuo" determina una risposta tutt'altro che semplice e soprattutto evidenzia problemi che possono incidere in modo decisivo sulla vita e operatività del satellite.

Nel testo che segue, in risposta alla domanda pervenuta alla Redazione del "Notiziario", l'ing. Marco Principi riassume i punti principali del problema della stabilità dell'orbita geostazionaria, sottolineando gli aspetti critici per le applicazioni di telecomunicazioni.

N.d.R.

geostazionaria ha la caratteristica di rimanere fisso allo zenit di un punto della superficie terrestre. Per semplicità possiamo immaginare che detto punto sia proprio la stazione a terra, per quanto questa non sia la migliore soluzione nell'economia della comunicazione. Una delle caratteristiche dell'orbita geostazionaria è dunque il sincronismo fra il periodo di rotazione terrestre e il periodo di rivoluzione del satellite. Il periodo di rotazione terrestre però va considerato rispetto ad un riferimento inerziale: per i nostri scopi le stelle fisse. In questo riferi-

mento la terra non solo ruota intorno al proprio asse ma descrive lungo l'orbita di rivoluzione un angolo α pari a:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{365,25} = 0,9856^\circ = 0^\circ 59' 8,25''$$

avendo considerato con il fattore 365,25 anche il giorno in più degli anni bisestili. La figura 1 illustra quanto appena detto. Il periodo di rotazione terrestre rispetto al riferimento inerziale (T) è dato dalla proporzione:

$$360,9856^\circ : 24h = 360^\circ : T$$

Ne consegue che $T=23h 56' 4''$ e questo dovrà essere anche il periodo di rivoluzione del satellite.

Riferiamoci ora alle prime due leggi di Keplero sostituendo il sistema Sole/pianeta con il sistema Terra/satellite; questa sostituzione è accettabile nei limiti dei nostri scopi.

La prima legge di Keplero afferma che i satelliti nel loro moto intorno alla Terra descrivono orbite ellittiche e la Terra occupa un fuoco (detto fuoco pieno) di queste orbite.

La seconda legge di Keplero afferma che la congiungente Terra-satellite descrive aree uguali in tempi uguali. La figura 2 illustra visivamente questa seconda legge.

Le aree A e B sono uguali, dunque gli archi PQ e RS sono descritti nello stesso tempo. È evidente però che, in una ellisse, l'arco PQ trovandosi nell'intorno del perigeo risulta più lungo dell'arco RS che si trova viceversa nell'intorno dell'apogeo. Quindi il satellite descrive più velo-

Problemi di stabilità nei collegamenti con le stazioni a terra dei satelliti per telecomunicazioni

Le orbite geostazionarie hanno, come indica il nome stesso, la caratteristica di mantenere il satellite fisso rispetto alla stazione a terra. Queste orbite, sviluppandosi a notevole distanza dalla terra, oltre 36mila km di quota, garantiscono una notevole visibilità della superficie terrestre.

Per questi ed altri motivi le orbite geostazionarie sono quelle più efficaci, e dunque più richieste per i satelliti per telecomunicazioni, al punto che alcune longitudini presentano attualmente problemi di sovraffollamento.

La stabilità del collegamento stazione-satellite è determinante ai fini della continuità del segnale: basti pensare ad una trasmissione televisiva in diretta che subisca continue interruzioni.

I problemi di stabilità inoltre possono divenire inaccettabili ove la trasmissione del segnale fra punti diversi della superficie terrestre richieda l'utilizzo di almeno due satelliti. In questo caso è necessario garantire la stabilità non solo dei satelliti rispetto alle stazioni a terra ma anche di un satellite rispetto all'altro.

Come detto, un satellite in orbita

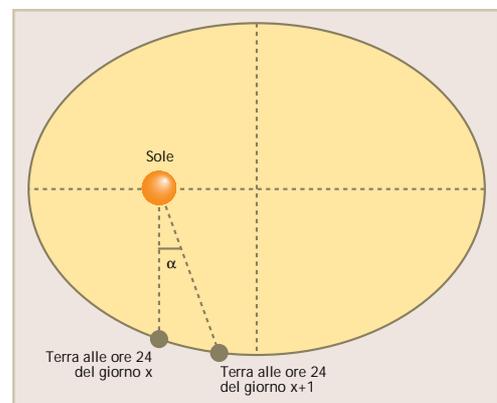


Figura 1 La rivoluzione intorno al sole induce un angolo che varia la posizione di zenit del satellite.

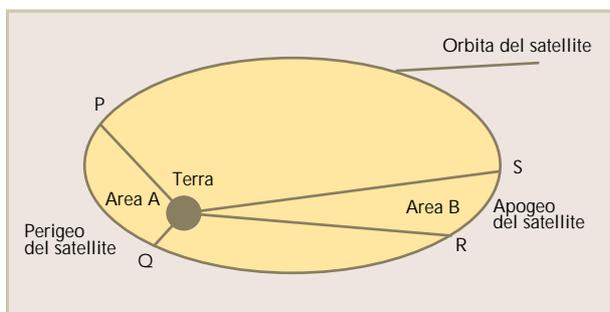


Figura 2 *La congiungente terra-satellite descrive aree uguali in tempi uguali.*

cemente l'arco PQ dell'arco RS. Per questo motivo l'orbita geostazionaria del satellite per telecomunicazioni deve essere non ellittica ma circolare, unico caso in cui i tratti PQ e RS risultano comunque uguali per ogni scelta delle aree A e B.

La Terra è un corpo di forma non perfettamente sferica. Essa presenta uno schiacciamento ai poli (circa 21 km di differenza fra raggio equatoriale medio e raggio polare) e l'equatore ha la forma di una ellisse (circa 150 m di differenza fra asse maggiore e asse minore). Questi valori sono piccoli rispetto alle dimensioni in gioco (raggio equatoriale terrestre medio = 6378 km circa) ma nel lungo periodo gli spostamenti causati dalle forze indotte da queste differenze fra realtà e teoria (Terra perfettamente sferica) risultano sensibili.

In particolare lo schiacciamento polare provoca uno spostamento del satellite in latitudine nell'intorno del piano equatoriale. Esso avviene poiché la Terra si comporta come se avesse all'equatore un anello di massa aggiuntiva pari a quella che difetta ai poli (a causa dello schiacciamento). Il satellite è dunque attratto verso l'equatore sia che si trovi a nord che a sud di esso, innescando un continuo problema di puntamento e di correzione con la stazione. Per evitare questa difficoltà è necessario immettere il satellite su un'orbita equatoriale (che giace cioè nel

piano equatoriale).

Riassumendo l'orbita geostazionaria deve essere:

1. sincrona rispetto ad un riferimento inerziale;
2. circolare;
3. equatoriale.

L'orbita circolare è detta a eccentricità nulla ($e = 0$) e l'orbita equatoriale è detta a inclinazione nulla ($i = 0$) dove e è l'eccentricità dell'orbita del satellite ed i è l'angolo fra il piano equatoriale terrestre e il piano orbitale del satellite.

Questi requisiti con cui va impostata l'orbita geostazionaria sono necessari per la stabilità del satellite ma non sono comunque sufficienti.

Le asimmetrie morfologiche della Terra già citate (schiacciamento ai poli ed ellitticità dell'equatore) provocano, anche su un satellite che si muova lungo un'orbita equatoriale e circolare, un moto di deriva (che normalmente è definito drift) longitudinale, ovvero una variazione della velocità orbitale che sposta la sua posizione rispetto alla stazione a terra. Non è possibile evitare questo drift, l'unica soluzione è quella di apportare periodicamente correzioni appropriate. Gli effetti si sentono soprattutto nel lungo periodo e i parametri orbitali che sono influenzati sono l'ascensione retta Ω e l'argomento del perigeo w (la figura 3 illustra come si definiscono questi due angoli).

I problemi di sincronismo non sono però gli unici presenti: sia l'eccentricità che l'inclinazione (parametri orbitali e ed i) subiscono modifiche durante l'orbita a causa delle masse del Sole e della Luna.

Il piano equatoriale è infatti inclinato rispetto al piano di rivoluzione terrestre di 23° e $27'$; questo significa che la medesima inclinazione esiste anche con il piano di rivoluzione del satellite. La Luna transita su un'orbita che subisce periodiche variazioni durante il tempo.

Le masse del Sole e della Luna esercitano sul satellite un'attrazione che è relativamente piccola ma che ha un effetto non trascurabile nel lungo periodo. In particolare queste forze di attrazione provocano una inclinazione del piano di rivoluzione del satellite innescando, per quanto detto sopra, i problemi citati di stabilità della latitudine.

Due formule indicative per valutare questi effetti sono rispettivamente:

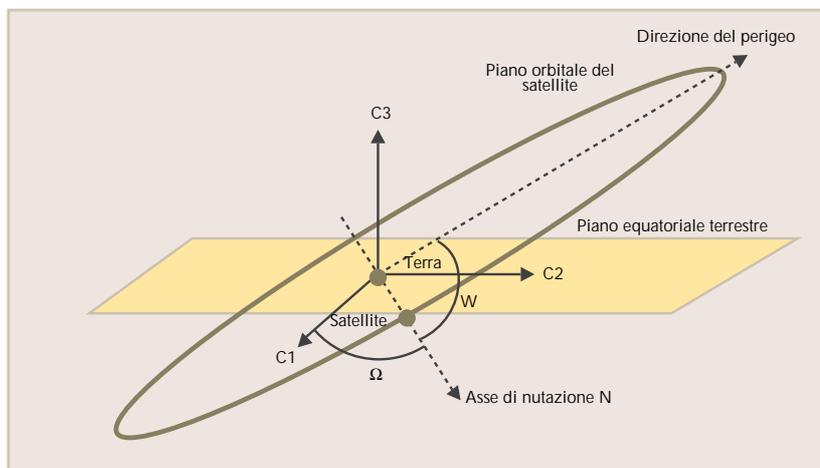


Figura 3 *Costruzione geometrica degli angoli di ascensione retta Ω e di argomento del perigeo w . L'asse di nutazione N è l'intersezione fra il piano equatoriale terrestre e il piano orbitale del satellite.*

$$\frac{di}{dt} \cong \frac{3\mu_s r^2}{4hr_s^3} \sin(\Omega) \sin(i_s) \cos(i_s)$$

$$\frac{di}{dt} \cong \frac{3\mu_l r^2}{4hr_l^3} \sin(\Omega - \Omega_l) \sin(i_l) \cos(i_l)$$

dove μ_s e μ_l sono le costanti gravitazionali del Sole e della Luna (prodotto di massa e costante di gravitazione universale), r_s e r_l le distanze di sole e luna dal centro della Terra, i_s e i_l gli angoli di inclinazione fra piano di rivoluzione terrestre e piano equatoriale e piano dell'orbita lunare e piano equatoriale; Ω_l è l'ascensione retta lunare che, al contrario di quella solare, è variabile; h è il momento della quantità di moto del satellite ed r è la distanza centro della terra-satellite. Il risultato è un valore medio di

$$\frac{di}{dt} = \frac{0,576^\circ}{\text{anno}}$$

Un problema non modesto, soprattutto per satelliti in orbita geostazionaria, è quello causato dalla pressione della radiazione solare.

Il sole emette un grande numero di fotoni che cadono sulla superficie del satellite e gli trasferiscono la loro quantità di moto. La forza esercitata sarà proporzionale, tramite una costante C_s (che contiene coefficienti di forma, costanti di emissione, ecc.), all'area investita dai fotoni e alla massa del satellite e consente di pervenire alla relazione:

$$F_{PS} = C_s \frac{A}{m_s}$$

L'effetto di questa forza è quello di provocare una variazione di eccentricità nell'orbita del satellite. Consideriamo poi che la forza incide lungo l'intera orbita del satellite e sempre nella medesima direzione. Se si parte da un'orbita inizialmente circolare, gli effetti di questa forza provocano un rallentamento lungo tutto l'arco in cui il satellite si muove "verso" il sole e un'accelerazione nell'arco opposto. Nel punto A in cui il satellite si muove "verso" il sole, si avrà un rallentamento e quindi l'orbita del punto B si abbasserà di quota. Raggiunto B (modificato) il satellite subirà un'accelerazione e il punto A subirà un aumento di quota. L'effetto finale descritto in figura 4 sarà una modifica sostanziale dell'eccentricità dell'orbita iniziale. Per quantificare il fenomeno possiamo dire che:

$$\Delta e \cong \frac{10^{-2} \div 10^{-3}}{\text{anno}}$$

L'influenza della pressione di radiazione solare è particolarmente importante sui satelliti che descrivono orbite a quote alte (come quelli geostazionari) e risulta essere il principale dei problemi. Un satellite che non effettui correzioni infatti incorre in un continuo abbassamento della quota di perigeo e alla fine, una volta entrato nell'atmosfera terrestre, con l'aumentare dell'attrito, provoca, descrivendo spirali sempre più strette, la caduta sulla superficie terrestre.

Possiamo quindi riassumere queste considerazioni affermando che non solo l'orbita dei satelliti per telecomunicazioni deve essere attentamente pianificata ma anche durante la vita del satellite questa richiede periodiche correzioni che vanno continuamente valutate per garantire il miglior puntamento con la stazione a terra. Queste grandezze in particolare vanno calcolate in fase di progettazione in quanto influenzano in maniera irreversibile (una volta in orbita) la vita del

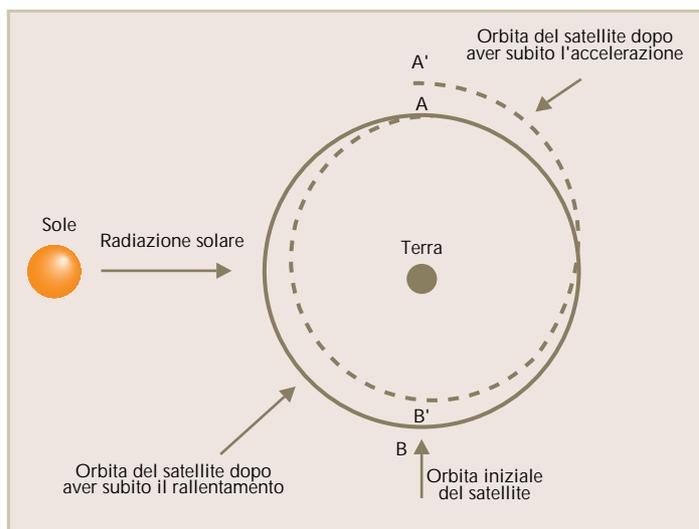


Figura 4 Effetto della pressione di radiazione solare sull'eccentricità dell'orbita del satellite geostazionario.

satellite. Il tempo di permanenza efficace in quota è determinato non tanto dall'usura della strumentazione o delle apparecchiature di bordo quanto piuttosto dall'esaurimento del carburante dei motori ausiliari necessario alle correzioni. L'entità delle correzioni inoltre non è, a meno di casi particolari, determinata all'ultimo momento ma va accuratamente pianificata in modo da evitare che la soluzione di uno dei problemi ne inneschi un altro.

Marco Principi
Tel. 06/66393440