

Notiziario Tecnico

Archivio

1/1992

 **TIM**

Frequenti, quasi quotidiani, sono i segnali che inducono a verificare il livello delle competenze tecniche di cui la Società dispone per operare nell'attuale quadro tecnologico. Ed è una verifica che, mentre fa emergere la necessità di continuo adeguamento di tali competenze ad una realtà che si evolve, mette in luce uno degli aspetti più critici del problema da risolvere: la scelta e la predisposizione di strumenti aziendali efficaci e flessibili, coerenti con una struttura organizzativa la cui complessa articolazione deriva dalla natura stessa dell'esercizio delle telecomunicazioni. Il "Notiziario Tecnico SIP", la pubblicazione periodica che prende avvio con questo numero, vuole essere uno di tali strumenti.

La diffusione dell'informazione tecnica nell'azienda, e l'aggiornamento professionale, sono problemi certamente non nuovi nei termini generali, ma assumono oggi connotazioni diverse dal passato, sia per quanto concerne la complessità, sia per quanto attiene alla criticità per la SIP; il quadro in cui l'azienda opera è, infatti, in continuo mutamento, ed il versante tecnologico è sicuramente tra quelli caratterizzati dalle più intense e rapide trasformazioni.

Sono appunto tali trasformazioni che rendono l'aggiornamento professionale simultaneamente essenziale e difficile da attuare, in quanto la dinamica che le caratterizza, e in generale la velocità dell'innovazione, non trovano per lo più riscontro in una letteratura tecnica esauriente, consolidata ed organica nelle trattazioni.

Problemi difficili, dunque, che l'azienda deve tuttavia urgentemente affrontare e risolvere, per essere e rimanere all'altezza dei propri compiti e, in particolare, per espletare con successo il ruolo cui sarà chiamata già nel prossimo futuro.

E' indubbio, infatti, che nello scenario liberalizzato che si va configurando, le più importanti partite si giocheranno con le regole della "competizione", sul terreno, ricco di opportunità ma non privo di insidie,

delle nuove tecnologie, e con concorrenti particolarmente esperti ed attrezzati per operarvi.

In questa prospettiva, proprio con riferimento alle nuove tecnologie, la capacità professionale dei singoli tecnici, e dell'azienda nel suo insieme, divengono fattori discriminanti, di importanza strategica. Da ciò, l'esigenza di un continuo ed effettivo aggiornamento professionale dei tecnici della SIP: un obiettivo che, in relazione ad una struttura organizzativa diffusa sul territorio, alla numerosità dei soggetti interessati, ed alla continua e veloce evoluzione delle tecnologie utilizzate nelle Telecomunicazioni è, come si è detto, non facile da raggiungere.

Varie iniziative e vari strumenti si stanno perciò simultaneamente attivando a questo fine, tra cui, appunto, il "Notiziario Tecnico SIP". Ma chi ritenesse d'aver risolto il problema dell'aggiornamento professionale dei tecnici avendo assicurato la circolazione dell'informazione tecnica, avrebbe certamente dimenticato i vari ed importantissimi passaggi del complicato processo che conduce dalla informazione alla conoscenza e, successivamente, alla conoscenza attiva ed utilizzabile: alla scienza.

Se è indubbio che all'origine del processo si trova l'informazione, e si deve pertanto avviarlo con la predisposizione degli strumenti per la diffusione di essa, non possono essere lasciate in ombra le premesse soggettive all'aggiornamento professionale: la volontà e l'impegno dei singoli tecnici, ai quali va dunque rivolto un appello per un consenso concreto ed attivo, sia nell'utilizzare il Notiziario, sia nel contribuire alla sua redazione.

L'avvio della pubblicazione di una rivista periodica aziendale -un veicolo ed uno strumento di informazione che opera prevalentemente, ma non esclusivamente, all'interno della struttura- è un avvenimento di seria rilevanza per ogni azienda, per le implicazioni logistiche ed organizzative, e per le risorse che richiede: non tanto per la produzione fisica della pubblicazione, quanto per lo sforzo intellettuale che saranno chiamati ad erogare gli autori di contributi e di articoli, per lo più già notevolmente impegnati nelle funzioni di pertinenza.

La predisposizione di un testo tecnico, da pubblicare e da diffondere, presuppone infatti, da parte dell'autore, una riflessione molto attenta, e una revisione ed una verifica delle proprie conoscenze di cui, inoltre, implica il completamento e, soprattutto, il riordino; e ciò prescindendo dagli aspetti puramente espositivi, formali ma importanti per una corretta interazione con i lettori.

Si tratta di un impegno, intenso e non breve, necessario per elaborare ogni singolo contributo ma giustificato, d'altra parte, dall'importanza degli obiettivi, già richiamati, che la pubblicazione persegue. Mi sembra però anche indispensabile sottolineare, a tal proposito, che l'impegno richiesto agli autori non può essere considerato solamente come un compito aggiuntivo, un'ulteriore prestazione senza alcun ritorno soggettivo: riordinare le proprie conoscenze, per esporle con completezza e correttezza formale, è uno dei principali metodi, e forse il più valido, per aggiornarsi. L'aggiornamento va infatti attuato nell'ambito di un processo che, volendo essere efficace, non può fare a meno della verifica: dell'incontro e del dibattito con i lettori, con altri tecnici di uguale o diversa specializzazione, di uguale o diversa esperienza, ma comunque sicuramente qualificati per la comprensione e per il commento.

Il Notiziario, quindi, vuole anche essere una tribuna per i tecnici più esperti, cui assicurare un uditorio ampio, qualificato e stimolante. E, ancora, uno strumento, per la Società, di ricerca e di individuazione delle migliori potenzialità professionali, su cui poter contare per gli affidamenti più critici e vitali; ed un modo per mobilitare tali professionalità in vista del loro più proficuo impiego.

Nell'augurare alla pubblicazione un successo di diffusione e di interesse che possa, nel tempo, superando i limiti iniziali, richiamare l'attenzione anche dei tecnici del settore che operano in altre istituzioni italiane e straniere, ringrazio sin d'ora i volonterosi che vorranno contribuirvi.

Il Presidente

Perché un notiziario tecnico

Il primo numero di una nuova rivista contiene, usualmente, un editoriale di presentazione che ne enuncia gli obiettivi: finalità e destinatari.

Dietro questi traguardi dichiarati -collocati nell'area degli auspici- vi sono il crescente interesse dei lettori e la diffusione della rivista, che confermino la validità delle scelte concernenti gli argomenti trattati e gli autori che ne hanno curato l'esposizione.

Nel caso di una pubblicazione aziendale, di cui è noto il numero dei potenziali lettori, al generico interesse ed alla diffusione, vanno sostituiti obiettivi più specifici e funzionali, quali l'utilità delle informazioni fornite ai lettori per l'espletamento delle attività loro demandate e, ancora, la chiarezza delle trattazioni, per un'agevole interpretazione di quanto esposto.

Una precisazione su tali obiettivi è dunque dovuta poichè, per il "Notiziario Tecnico SIP", sulle motivazioni di carattere generale -tra cui quella ovvia di "immagine"- ha prevalso appunto una logica più specifica, che si confida possa trovare un concreto riscontro nella selezione dei temi sviluppati, nel grado di approfondimento dei vari argomenti, e negli strumenti formali di esposizione utilizzati.

La rivista nasce dopo una lunga riflessione e, per questo e per altri motivi, con notevole ritardo rispetto a quanto sarebbe stato necessario: vuole infatti rispondere ad un'effettiva esigenza da tempo avvertita.

Individuato un importante problema aziendale, -quello dell'aggiornamento professionale dei tecnici di alta qualificazione- si è ritenuto necessario l'avvio di varie iniziative che, attuate congiuntamente, possano dare soluzione al problema: tra queste si colloca la pubblicazione di un periodico di specifico contenuto tecnico.

Il termine aggiornamento è, peraltro, restrittivo ed in certa misura fuorviante; l'aggiornamento è infatti una parte molto significativa, ma non esauriente e non preponderante, di un problema molto più vasto che si pone a tutte le aziende le quali, in relazione al settore in cui operano, ed al proprio specifico ruolo, si avvalgono di nuove tecnologie.

Queste tecnologie sono caratterizzate, come è noto, da una rapida evoluzione, che si riflette pesantemente sui processi di formazione e di aggiornamento dei tecnici che con esse si devono confrontare. L'evoluzione non è, d'altra parte, l'unico fattore che complica il quadro delle competenze professionali necessarie; nelle telecomunicazioni, in particolare, sono infatti simultaneamente utilizzate varie tecnologie di base, e coesistono impianti ed apparecchiature appartenenti a diverse successive generazioni tecnologiche.

Di fronte ad uno scenario così vasto e complesso, già nel periodo di formazione universitaria, si pone dunque il problema di predisporre programmi di studio che contemperino le esigenze di specializzazione e di approfondimento con la numerosità dei temi da conoscere; e a ciò si aggiunge l'opportunità che i corsi universitari conferiscano una preparazione professionale a spettro sufficientemente ampio da consentire, ai giovani laureati, di scegliere, in seguito, tra diverse alternative di lavoro.

Ai vincoli generali, nel cui rispetto si devono configurare i piani di studio, corrisponde, per gli organismi che operano nel settore delle telecomunicazioni, l'oggettiva difficoltà di trasferire, al di fuori delle proprie strutture organizzative, problemi di formazione professionale fortemente connotati dalla specificità dei compiti che i tecnici devono espletare. Ma anche l'impossibilità di ricondurre ad un paradigma chiaro, e ragionevolmente semplice, le esigenze di formazione, molteplici e talvolta contraddittorie, che risultano da un'analisi attenta ed approfondita delle funzioni tecniche, e delle modalità con cui queste si concretizzano nell'ambito delle strutture stesse.

Dal quadro delineato emerge la necessità, per le aziende, di gestire in proprio una quota notevole del processo di formazione professionale, utilizzando istituti, di formazione specializzata o di perfezionamento, esterni o interni, ma soprattutto qualificando le proprie attività lavorative anche sotto il profilo dell'arricchimento delle competenze professionali.

Tale arricchimento, inoltre, non riguarda solamente la formazione iniziale, ma costituisce una necessità durante l'intero periodo di attività professionale dei tecnici: mentre il continuo trasformarsi delle tecniche utilizzate rende indispensabile un continuo aggiornamento, non meno necessaria è la "manutenzione" delle competenze già acquisite.

Si tratta di esigenze per soddisfare le quali è indispensabile attivare varie iniziative, e predisporre vari strumenti, con l'obiettivo di caratterizzare in modo opportuno la posizione organizzativa in cui il tecnico opera ed i compiti cui è chiamato: il tecnico deve sentirsi parte dell'ampio sodalizio culturale nel quale si sviluppano, per finalità scientifiche ed applicative, le competenze tecniche attinenti alle telecomunicazioni. Non a caso si è utilizzato il termine piuttosto desueto di sodalizio, che sottintende una partecipazione volontaristica.

Essenziale, a tale proposito, è lo scambio dell'informazione ed il dibattito su tematiche di natura tecnica: sia l'informazione da acquisire, sia quella da esporre, presuppongono la disponibilità, agevole e sistematica, per i tecnici della SIP, di un veicolo di informazione tecnica strutturato in modo coerente con l'organizzazione della Società, e dedicato principalmente alle tematiche di effettivo rilievo nel presente e nelle prospettive di breve e medio termine. Ed in cui, tra l'altro, il livello e le modalità di trattazione dei vari argomenti siano, pur nel rigore scientifico, accessibili anche ai non specialisti: il "Notiziario Tecnico SIP" si prefigge appunto questo scopo.

Una nuova pubblicazione periodica, anche se di carattere aziendale, e destinata pertanto ad un universo di lettori ben definito, nasce comunque tra dubbi e speranze: la modesta essenzialità del suo titolo "notiziario tecnico" nasconde di fatto un obiettivo molto ambizioso, che ben raramente ha riscontro nella letteratura periodica scientifica o tecnica.

Si tratta di agevolare sostanzialmente il processo di arricchimento professionale dei tecnici della Società, superando la collocazione di tale arricchimento nell'ambito della sola deontologia professionale; la rivista, integrandosi con altre iniziative avviate o allo studio, vuole creare un quadro di opportunità e di motivazioni, in cui i tecnici avvertano il piacere di apprendere e di approfondire quanto è necessario o utile conoscere per operare, con sicurezza ed efficacia, in un settore di attività particolarmente complesso: che rivela il suo enorme potenziale solamente a chi, essendo disposto a misurarsi con problemi difficili sotto il profilo sostanziale e formale, trovi, già nella consapevolezza di possedere un'elevata competenza professionale, un significativo fattore di appagamento e di motivazione.

p. r.

Informazione e dibattito sulla segnalazione “su canale comune”

P.Rumboldt (*)

Nell'ambito dei programmi di innovazione della rete della SIP, riveste particolare importanza l'introduzione della tecnica di segnalazione “su canale comune”, per i servizi di cui consente l'offerta, e per i sistemi di gestione di cui permette l'adozione. Le molteplici possibilità, che si aprono con la realizzazione di una rete di segnalazione su canale comune, non possono, però, essere considerate e valutate disgiuntamente dai problemi sollevati dalla centralizzazione delle funzioni logiche dei nodi commutazione o di intere reti: il quadro di opportunità e di rischi che si va delineando è, di fatto, piuttosto complesso e, per un'analisi adeguata, deve essere trapiantato da diversi punti di vista. Dato l'elevato interesse che l'argomento presenta si è ritenuto utile programmare la pubblicazione di un ciclo di articoli, incentrati appunto sulla segnalazione su canale comune, ed anticipare in questo testo preliminare alcuni aspetti rilevanti del processo logico e tecnologico che ha condotto alla concreta definizione dei programmi di introduzione di tale tecnica.

Inizia, in questo numero, un ciclo di articoli sulla segnalazione “su canale comune”: non si tratta semplicemente di una particolare modalità con cui trasferire i messaggi di segnalazione tra i nodi di commutazione della rete (ed eventualmente fino ai terminali), ma di una vera “filosofia di sistema”, per conferire alla rete commutata, considerata nel suo complesso, il carattere di “sistema altamente integrato”; e ciò, grazie ad una interazione rapida ed efficace tra i nodi, anche se non adiacenti.

1. La centralizzazione delle funzioni logiche nelle reti di TLC: vantaggi e problemi

1.1 L'impiego delle nuove tecnologie: sperimentazione e consolidamento

La segnalazione “su canale comune” apre la strada alla fornitura di nuovi servizi e di nuove prestazioni delle reti commutate (rendendola possibile o facilitandola notevolmente), purchè la metodologia di base venga utilizzata non limitatamente ad un fascio di circuiti ma ad un intero strato gerarchico della rete commutata. Ciò presuppone la predisposizione di un' apposita infrastruttura -la rete di segnalazione- che, dovendo offrire particolari garanzie in termini di affidabilità e di

qualità della trasmissione, deve essere opportunamente progettata e realizzata, per quanto concerne l'architettura, i nodi, i sistemi trasmissivi. Tale infrastruttura, peraltro, può essere in parte fisicamente coincidente con la rete commutata, di cui può utilizzare i sistemi trasmissivi, purchè rispondenti ad opportune specifiche.

Il processo di introduzione della segnalazione “su canale comune”, avviato già da qualche anno, ha fatto emergere alcuni problemi specifici che si stanno via via risolvendo, ma ha anche sollevato fondamentali interrogativi sulla centralizzazione delle funzioni logiche nelle grandi reti di TLC. Si tratta di interrogativi che non solamente ripropongono, con grande accentuazione, la necessità di utilizzare nelle funzioni centralizzate apparati caratterizzati (singolarmente, o nell'ambito di strutture ridondate) da un'adeguata affidabilità, ma riguardano, tra l'altro, l'effettiva natura di tali funzioni: la logica e la matematica, quando si concretizzano in applicazioni di software, presentano problemi di affidabilità e di “verificabilità” delle prestazioni che, in passato, si riteneva fossero caratteristiche tipiche ed esclusive delle tecnologie “fisiche”, delle macchine, dell'hardware.

L'esperienza di esercizio dei sistemi informatici, anche operanti in campi diversi dalle TLC fornisce, di fatto, numerosi avvertimenti sulla “guastabilità in senso lato” del software. Avvertimenti che, tuttavia, sembra influenzino in misura insufficiente l'atteggiamento del progettista chiamato a disegnare le nuove strutture di TLC; questi, non infrequentemente, nell'economia del

(*) ing. Paolo Rumboldt - SIP DG - Roma

progetto, sottostima i problemi connessi agli errori che si possono commettere nella predisposizione del software, ed alla pratica impossibilità di eliminarli totalmente in fase stesura dei programmi o, comunque, prima che i sistemi entrino in esercizio.

Il software dunque, diversamente da quanto sembrerebbe implicito nel termine con cui talvolta lo si denota in lingua francese -il logocale-, non è né pura logica pura né pura matematica: è "strumento" potente e, per certi versi, insostituibile, ma non esente da imperfezioni e, inoltre, come si è detto "guastabile".

1.2 *Progettare impiegando tecnologie in evoluzione*

Ad un esame retrospettivo, l'iter seguito dai grandi progetti riguardanti le TLC, dalle prime presentazioni dei sistemi ad un soddisfacente e consolidato esercizio, sorprende frequentemente per la cospicua durata, causata dall'emergere di problemi e di difficoltà, dei quali la letteratura tecnica di presentazione non aveva talvolta neppure adombrato l'esistenza.

Nella pratica infatti, come si è accennato, la sensazione di sicurezza e di affidabilità che promana dalle scienze esatte, -caratteristiche che si sono sempre ad esse tradizionalmente attribuite-, si trasferisce nelle componenti software dei sistemi di TLC; tanto che, nell'evoluzione tecnologica di tali sistemi, non è temuta, ed è anzi auspicata, la crescente proporzione che il software vi rappresenta; ciò nella fiducia di poter fruire pienamente, per l'espletamento delle funzioni di comando e di governo dei sistemi di TLC, della flessibilità e della potenza di calcolo di cui il computer "a programma registrato" è capace.

E' un atteggiamento che si riflette anche sulle modalità con cui, nella letteratura tecnica, vengono presentati i nuovi sistemi di TLC: si omette, di norma, di sottolineare la vulnerabilità e le ombre di incertezza che ancora gravano su quanto viene proposto, dando al lettore la sensazione di trovarsi di fronte a sistemi perfetti, la cui utilizzazione tarda solamente a causa della pigrizia degli utilizzatori o della limitatezza delle risorse finanziarie.

E' da sottolineare, a tal proposito, come l'informazione tecnica, perfino quando abbia un carattere semplicemente divulgativo, finisca coll'influenzare i centri decisionali responsabili dello sviluppo delle TLC, se non altro per l'effetto riflesso delle aspettative che suscita nell'opinione pubblica e nel mondo politico.

Data la destinazione "interna" e le finalità del Notiziario Tecnico, è ancora più marcata la necessità di presentare lo *stato dell'arte* in modo corretto ed esauriente: si cercherà perciò di richiamare l'attenzione del lettore sulla problematicità connessa all'impiego delle nuove tecnologie e, in particolare, sulla non infrequente ambivalenza di alcune soluzioni di cui è programmata

l'adozione; ciò verrà fatto con note o con interi articoli ausiliari di commento.

Chi, per problemi di impianto e di esercizio, si misura con i nuovi sistemi, deve assumere l'atteggiamento coraggioso, ma realistico e "smaliziato", dello sperimentatore, ansioso di progresso. Ma anche pronto nell'individuare i limiti che le nuove soluzioni possono presentare, e nel confrontarli, in particolare, con le esigenze e le responsabilità legate alla fornitura di servizi efficaci per l'utente e di adeguata qualità; un atteggiamento di cui è ovvio presupposto l'effettiva conoscenza dello "stato dell'arte". Una conoscenza approfondita e realistica che può essere conseguita solo tralasciando gli argomenti da vari punti di vista: da ciò i cicli di trattazioni che verranno presentati con riferimento alle grandi tematiche, tra cui quello dedicato alla segnalazione "su canale comune".

I cicli intendono fornire al lettore un'ampia informazione sugli argomenti trattati, che non pretendono comunque di esaurire; in altre parole, aprono un dibattito che, anche grazie all'interazione con i lettori, potrà essere ripreso ed ampliato.

2. **L'evoluzione delle tecniche di segnalazione e la centralizzazione delle funzioni logiche**

2.1 *Le funzioni logiche nei commutatori elettromeccanici*

I limiti caratteristici delle tecnologie di base, disponibili fino alla prima metà degli anni '60 per l'impiego nei sistemi delle telecomunicazioni civili, hanno condizionato in misura sostanziale sia il processo di sviluppo delle grandi reti commutate, sia le scelte riguardanti l'architettura di tali reti. Ma ancora, all'interno delle centrali di commutazione, la localizzazione delle funzioni logiche e le prestazioni, dei dispositivi di commutazione e delle reti nel loro complesso, legate appunto a tali funzioni.

Il termine stesso <autocommutatore> rivela, almeno in parte, l'integrazione delle funzioni di connessione e di comando; tale integrazione, peraltro, non si attua necessariamente a "livello di sistema" ma, nelle tecniche passo a passo, già nel modulo elementare: il classico "selettore a sollevamento e rotazione"; il modulo fondamentale per la realizzazione dei primi sistemi automatici di commutazione. Si tratta, come è noto, di un dispositivo che sarebbe irrazionale -oltre che storicamente errato- considerare come concreta soluzione, condizionata da fattori tecnologici, data ad un problema logico generale esaurientemente definito sin dall'inizio, ma semplificato di necessità in relazione all'incapacità di risolverlo nella sua interezza.

A ben guardare, l'intera struttura dell'autocommutatore fondato sull'impiego del selettore passo a passo, appare

oggi, ad un esame retrospettivo, come una costruzione logica e tecnologica progressivamente sviluppata attraverso un processo "dal basso" (bottom up): a mano a mano che si riusciva concretamente a combinare il modulo elementare in strutture più complesse e potenti, ci si poneva un obiettivo più ambizioso in termini di prestazioni che il sistema di commutazione doveva fornire; in altre parole, si ampliava e si modificava il problema da risolvere.

Nel settore a sollevamento e rotazione, l'inscindibilità delle funzioni logiche da quelle di connessione emerge chiaramente dalla struttura stessa del dispositivo; si deve osservare, però, che l'integrazione non è data solamente dalla presenza delle due funzioni già nel dispositivo elementare, ma anche dalla partecipazione degli organi di connessione al funzionamento logico del dispositivo. L'effetto più limitativo, derivante dalla interconnessione tra le due funzioni, è la coincidenza temporale tra l'istante in cui l'informazione perviene al dispositivo e quello in cui esso agisce sulla base dell'informazione ricevuta: in altre parole la coincidenza temporale tra informazione ed azionamento. Nella fase di ricerca automatica di una giunzione libera, ad esempio, il selettore riceve l'informazione di accessibilità solamente quando "tenta" la connessione: l'informazione di disponibilità della giunzione ne determina il blocco.

Nell'ambito delle tecnologie elettromeccaniche, i limiti delle capacità "logiche" dei sistemi di commutazione sono, appunto, da riferire alla difficoltà:

- di memorizzare l'informazione, soprattutto se la quantità di informazione non è esigua;
- di monitorizzare l'assetto del sistema, senza disturbarlo attraverso le "sonde" di rilevamento;
- di elaborare "in tempo reale" i dati di cui si dispone, relativi a tale assetto;
- di separare temporalmente l'informazione e l'azionamento.

E' ben noto che, nel caso degli autocommutatori elettromeccanici a comando centralizzato, i problemi richiamati hanno trovato soluzione con i registri ed i marcatori, ma la complessità ed il costo delle memorie elettromeccaniche ha costretto a limitare le funzioni di memorizzazione nella quantità e nel tempo: i complicati registri vengono, di fatto, liberati non appena abbiano realizzato la connessione e l'istadamento della chiamata.

Da un punto di vista più generale, l'informazione di indirizzo si "consuma", usualmente, via via che la connessione si istaura: può, ovviamente, essere conservata a prezzo di costi notevoli: l'effetto pratico primario di questa situazione tecnico-economica è che, nell'ambito delle tecnologie elettromeccaniche, tutti i servizi che, in qualche modo, implicano l'identificazione dell'utente chiamante da parte di quello chiamato, sono difficili da erogare.

Questa importante classe di servizi è, tuttavia, solamente una specificazione di un problema più ampio,

riguardante l'opportunità di considerare l'intera rete commutata come un unico sistema dotato di una logica che ne controlla in modo integrato ed interdipendente l'intero funzionamento.

Nella commutazione, le funzioni logiche sono state le prime a fruire del processo di elettrizzazione, dato che la natura "intrinsecamente numerica" di tali funzioni ha consentito sia la utilizzazione dell'esperienza maturata per il calcolo numerico, sia l'impiego progressivo di dispositivi di microelettronica di tipo numerico: i più adatti alla integrazione su larga scala.

2.2 *Dai commutatori SPC (Stored Program Control) alle reti di segnalazione*

Verso la metà degli anni '60 entrano in esercizio i primi sistemi di commutazione semielettronica, in cui le funzioni logiche sono assegnate a computer, opportunamente strutturati e programmati per il controllo del processo di commutazione: svolgono di fatto le funzioni di "comando" della rete di connessione.

La grande potenza di elaborazione e di memorizzazione dei computer elettronici consente però, a differenza di quanto accade nei commutatori elettromeccanici a comando centrale, di avere la logica del sistema sempre "in linea" e, pertanto, di tenere permanentemente sotto controllo l'intero sistema (ottimizzandone il funzionamento in relazione all'evoluzione, istante per istante, dell'impegno delle giunzioni che convergono sul nodo di commutazione) e di gestire in modo efficace i criteri di istadamento alternativo e di trabocco.

La conoscenza dello stato di tutte le giunzioni che convergono nel nodo, consente al computer, che ne ha il controllo (del nodo), di gestire al meglio l'istadamento del traffico che attraversa il nodo, ma non di tenere conto delle successive opportunità di istadamento che le chiamate troveranno in altri nodi commutazioni interconnessi con il primo.

Perchè ciò sia possibile, è necessaria una interazione tra i computer che governano i singoli nodi, uno scambio continuo di informazioni sullo stato dei nodi di pertinenza: in altre parole, un dialogo tra computer attraverso un' apposita rete per la trasmissione di dati, di alta affidabilità, all'uopo predisposta. Questa è la rete di segnalazione "su canale comune".

2.3 *La segnalazione nei sistemi di trasmissione*

Negli articoli che verranno presentati nell'ambito di questo ciclo, saranno esposti vari aspetti dell'intera strategia di sviluppo della segnalazione su canale comune.

Al fine di agevolare la lettura e l'interpretazione di tali articoli, è però utile richiamare alcune considerazioni

che, in parte, riguardano le motivazioni originarie che hanno spinto verso l'adozione della segnalazione "su canale comune".

A tal proposito è da sottolineare che il problema della segnalazione si è notevolmente complicato quando si è voluta consentire la trasmissione di messaggi di segnalazione durante lo svolgimento della comunicazione fonica: una simultaneità che implica la disponibilità di due canali trasmissivi (bidirezionali) indipendenti rispettivamente per la fonia e per la segnalazione.

Nei sistemi trasmissivi di tecnica analogica, la realizzazioni dei canali di segnalazione associati ai canali fonici ha sempre costituito un problema di non facile soluzione se considerato sotto il profilo tecnico-economico; e ciò sia nel caso di collegamenti a frequenze vocali, sia nel caso di quelli a frequenze vettrici. La limitata banda trasmissiva complessivamente disponibile per ciascun canale, per l'istradamento dei segnali vocali e di quelli di segnalazione (tipicamente 4 kHz nel caso dei sistemi a frequenze vettrici), unitamente alla necessità di assicurare l'indipendenza e la protezione reciproca delle due classi di segnali, ha infatti costretto all'impiego di meccanismi di modulazione/filtraggio piuttosto complessi e costosi, pur con una modesta capacità trasmissiva di ciascun canale di segnalazione.

Ad esempio, nel caso della segnalazione "fuori banda" centrata intorno alla frequenza di 3825 Hz, il canale di segnalazione assicura il transito di segnali di tipo telegrafico a banda traslata, costituiti da impulsi della durata di circa 50 ms, a posizionamento casuale nel tempo, con una distorsione telegrafica dell'ordine di alcuni ms (-5,+5): una capacità trasmissiva che, mentre è appena sufficiente per alcuni dei segnali previsti nei codici di segnalazione, lo è largamente per altri; inoltre il canale di segnalazione ha un tasso di utilizzazione piuttosto basso: nel complesso è costoso, poco efficiente sotto il profilo trasmissivo, piuttosto critico per quanto attiene alle interferenze, e poco utilizzato. Nella sezione "modem di canale" di un multiplex analogico, i dispositivi di segnalazione costituiscono, di fatto, una quota che supera talvolta il 25% del costo dell'intera sezione.

Da ciò l'idea di specializzare un canale fonico per convogliare, con una tecnica di trasmissione di dati, i messaggi di segnalazione di un intero fascio di circuiti, opportunamente serializzati e codificati (utilizzando codificazioni ridondate per consentire la correzione degli errori). A conti fatti, con un flusso di dati alla velocità di 2400 bit/s, è possibile trasferire i messaggi di segnalazione di alcune centinaia di circuiti telefonici.

E' ovvio che la pesantezza della segnalazione "fuori banda" si avverta maggiormente nei collegamenti a grandissima distanza. Per tali collegamenti fu di fatto progettato e messo a punto, sin dagli anni '60, il sistema di segnalazione "su canale comune" CCITT N°6, operante tipicamente, come si è detto, alla velocità di 2400 bit/s (1200 Baud).

Nell'impostazione iniziale, essendo destinato ad interfacciare nodi di commutazione di tecnica elettromeccanica, che non hanno l'intelligenza centralizzata, il CCITT N°6 si comporta come un "concentratore" di segnalazione, che restituisce, al terminale di ricezione, i comandi necessari per ogni circuito telefonico; è però da sottolineare che l'identificazione dei circuiti vocali, cui ciascun blocco di dati si riferisce nell'ambito di un unico flusso, è attuata con un metodo di "etichettatura" (label) notevolmente avanzato, che utilizza alcuni concetti poi largamente impiegati nella trasmissione/commutazione a pacchetto. I dati sono di fatto suddivisi in "unità di segnalazione", costituite da 28bit dei quali 11 destinati all'etichettatura, con la possibilità di individuare 2048 circuiti diversi; inoltre, allo scopo di evitare l'inutile ripetizione dell'indirizzo nel caso di più messaggi relativi allo stesso circuito, le unità di segnalazione possono essere raggruppate in "multiunità", aventi un solo <label> di indirizzo. Tale organizzazione dei dati è peraltro tipicamente utilizzata per il dialogo tra computer di comando di nodi di commutazione SPC, che attualmente è quella di prevalente impiego.

L'avvento dei sistemi PCM (Pulse Code Modulation) ripropone il problema della segnalazione, alla fine degli anni '50, in termini sostanzialmente nuovi: nei primi multiplex di progettazione Bell, a ciascun canale telefonico è associato un flusso di dati per la segnalazione di ben 8 kbit/s.

Nei multiplex di standardizzazione europea, un flusso a 64kbit/s è disponibile per 30 canali telefonici e permette di associare ad ogni canale telefonico un flusso di dati di circa 2 kbit/s. Si deve osservare, comunque, che nei sistemi PCM, il carattere impulsivo ed omogeneo di tutti i segnali di linea, e la tecnica di moltiplicazione "a divisione di tempo", consentono facilmente di associare o di raggruppare la segnalazione relativa ad un intero sistema; è anzi quest'ultima possibilità che, prima ancora di trovare utilizzazione per la segnalazione "su canale comune" nell'attuale accezione di significato (cioè per il dialogo tra computer dei nodi di commutazione), ha permesso la realizzazione di traslatori/traduttori comuni ad un intero sistema, con notevoli vantaggi di economia, di flessibilità e di sicurezza rispetto ai traslatori/traduttori destinati ad un singolo circuito telefonico. Per dare un'idea concreta di tali vantaggi, basta ricordare che una coppia di traslatori a codice impulsivo, aveva negli anni 60 un costo molto vicino a quello "per canale" di un modem di canale di tecnica analogica.

Il successivo sistema CCITT N°7, che utilizza un portante numerico a media velocità (tipicamente 64 kbit/s), interconnette direttamente gli organi logici centralizzati di comando dei nodi di commutazione, di cui consente una vera e propria interoperatività. Grazie alla collaborazione tra i centri logici, la rete commutata diviene un unico sistema integrato ad intelligenza

distribuita (tra i nodi) ma operante in modo coordinato; la rete di segnalazione "su canale comune" consente, peraltro, una notevole libertà nella localizzazione delle diverse funzioni intelligenti da espletare, che è la premessa necessaria alla costituzione delle cosiddette "reti intelligenti".

3. Le reti di segnalazione; il processo di realizzazione: obiettivi e cautele

Riassumendo, si può affermare che lo scenario della rete commutata, una volta completato il processo di trasformazione della segnalazione tradizionale nella segnalazione "su canale comune", sarà caratterizzato da un'unica intelligenza di governo, fisicamente distribuita nei nodi di commutazione, la cui unitarietà sarà appunto assicurata dalla rete di segnalazione.

E' ora da chiedersi quali problemi abbiano potuto consigliare di attuare con progressività - con un processo che è tuttora in corso - la trasformazione della segnalazione verso il canale comune, anche quando i nodi da interconnettere siano già di tipo SPC.

E' un fatto che, mentre sono ben noti i vantaggi della centralizzazione delle funzioni logiche di un nodo di commutazione e, quelli della interoperatività di tali funzioni logiche sull'intera rete (grazie alla rete di segnalazione), i nuovi problemi che possono sorgere in esercizio, a causa della centralizzazione e della interoperatività non sono del tutto noti. Pertanto non possono essere prese "tutte" le misure capaci di ovviare agli inconvenienti che potranno emergere.

E' facile indurre che un guasto (o un malfunzionamento dovuto ad errori di programmazione) di un sistema logico di controllo "centralizzato", può paralizzare l'intero sottosistema controllato; ma, a causa della interazione tra centri logici, gli inconvenienti possono estendersi ulteriormente, al limite a tutta la rete che fruisce della interconnessione.

Attraverso meccanismi del tipo di quelli delineati, si possono verificare i ben noti black out, i guasti catastrofici, che purtroppo non sono una mera ipotesi, ma si sono di fatto più volte manifestati nelle grandi reti in cui, appunto, la centralizzazione citata è stata effettivamente realizzata.

E' una situazione che, ripropone, ovviamente, l'esigenza di un confronto tra "pro e contro" della centralizzazione logica; ciò implica non solo il raffronto tra grandezze fortemente eterogenee (cosa non infrequente in molti problemi di Ricerca Operativa) ma anche la stima, in termini di aleatorietà, di fenomeni ai quali, sia per mancanza di dati storici sperimentali, sia per mancanza di una conoscenza generale dei fenomeni stessi, appare piuttosto arbitrario assegnare ipotetici valori da inserire nei modelli di stima.

Ancora con riferimento al rapporto tra costi e benefici,

è da osservare che, in reti della dimensione di quella italiana, quando si prescindono dalla fornitura di nuovi servizi, in particolare di quelli dipendenti dalla disponibilità di reti intelligenti, la centralizzazione della logica di controllo e di governo è giustificata principalmente da un miglioramento dell'affidabilità complessiva della rete, mentre appare meno motivata dalla opportunità di ottimizzare l'utilizzazione dei fasci, mediante l'impiego di complesse discipline di traffico.

...ed ora la segnalazione “su canale comune”!

L. Bonavoglia (*)

Per la potenza e per la flessibilità che la caratterizza, e per le prestazioni di cui rende capace la rete commutata, la segnalazione “su canale comune” sembra oggi destinata ad un impiego generalizzato; la sua realizzazione è di fatto, già da qualche anno, inserita nei programmi di sviluppo della rete della SIP: una soluzione, in certo senso, definitiva ed ineccepibile sotto il profilo logico, la cui concretizzazione tecnica, tuttavia, solleva alcuni problemi di notevole rilievo riguardanti l'affidabilità e la disponibilità; queste devono essere, ovviamente, commisurate agli effetti pratici che possono essere determinati da una anomalia di un sistema responsabile del funzionamento di grandi parti della rete commutata, ed al limite dell'intera rete. Quando si tenga conto di tale criticità, la rete di segnalazione “su canale comune” è, dunque, un problema tecnico non del tutto esaurito, in cui si ripropongono, tra l'altro, anche alcune delle difficoltà che si sono incontrate nella ideazione e nella realizzazione dei precedenti sistemi di segnalazione della rete telefonica, anche dei più antichi, nell'intento di perseguire l'obiettivo primario della sicurezza.

E' probabile che, per ragioni di età, non tutti coloro che leggeranno queste righe e le memorie del ciclo sulla segnalazione “su canale comune” ricordino come si “segnalava” con i vecchi telefoni, collegati a centrali di commutazione manuale.

Il telefono, oltre agli organi elettrici di trasmissione -microfono, pila, ricevitore e bobina- aveva tre organi prevalentemente meccanici e cioè il gancio, che svolgeva funzioni di scambio dalla posizione di attesa a quella di chiamata, la suoneria e il generatore a manovella della chiamata (che era costituita da un segnale di circa 20 Hz con una tensione di qualche decina di volt).

Sollevato il ricevitore, azionato il generatore, alla risposta della “signorina”, si comunicava a voce il numero dell'utente desiderato, e la connessione era pressoché immediata per traffico urbano ma, in genere, con attesa e richiamata da parte della operatrice per il traffico interurbano.

La chiamata era quindi in parte fuori banda (a 20 Hz) ed in parte in banda fonica (la voce che chiedeva il numero). Questa precisazione, che può oggi far sorridere, richiama peraltro un problema di

grande attualità riguardante l'interpretazione automatica dei messaggi parlati; necessaria per una più amichevole interazione tra l'uomo ed il computer e, conseguentemente, anche per l'offerta di alcuni servizi della rete commutata.

Più tardi, con i telefoni a batteria centrale (cioè alimentati dalla centrale stessa) la distinzione rimase, in quanto la richiesta di chiamata si otteneva semplicemente alzando il ricevitore o il microtelefono, e questo fatto era rivelato in centrale dalla presenza di corrente sul doppino d'utente; la segnalazione del numero desiderato era sempre (a voce) nella banda fonica.

Fu solo con l'introduzione della telefonia automatica e del disco combinatore che la segnalazione passò tutta, per il campo urbano, decisamente “fuori banda”, essendo il sollevamento del microtelefono rivelato dalla presenza di corrente sul doppino d'utente, e la richiesta del numero ottenuta “manipolando” (termine che appartiene alla telegrafia) con interruzioni la stessa corrente: ciò si riferiva, come si è detto, all'area urbana.

Per i collegamenti interurbani, fino all'introduzione della selezione automatica da parte dell'operatrice di partenza, la richiesta del numero era sempre “a voce” fra le due operatrici interurbane; la chiamata avveniva all'inizio, su linee non amplificate, semplicemente a 20 Hz in modo molto simile alla chiamata d'utente.

Le cose si complicarono quando sulle lunghe linee comparvero gli amplificatori che non lasciavano transitare il segnale di chiamata a 20 Hz. Si crearono circuiti di “aggiramento” dell'amplificatore (chiamati ripetitori 20/20) che sul lato di entrata dell'amplificatore rivelavano l'arrivo del segnale a 20 Hz con l'attrazione di un relé; questo, con un suo contatto, inseriva sull'altro lato dell'amplificatore il segnale a 20 Hz generato nella stazione amplificatrice. La chiamata continuò, quindi, ad essere fuori della banda fonica.

Un primo passo per semplificare la segnalazione per le linee amplificate fu l'introduzione della chiamata costituita da un segnale a 500 Hz, con livello vicino a quelli della voce, che transitava nella banda passante degli amplificatori; per evitare che il necessario rivelatore del segnale a 500 Hz in arrivo fosse azionato ogni volta che, durante una conversazione, la voce di uno dei due interlocutori emetteva frequenze vicine ai 500 Hz, il segnale a 500 Hz era interrotto con il

(*) Prof. Luigi Bonavoglia - SSGRR

ritmo di 20 Hz (25 ms di emissione e 25 ms di silenzio), ritmo che veniva rivelato in arrivo con metodi vari. Era una "guardia" contro gli inneschi involontari dovuti alla voce, piuttosto rozza ma abbastanza efficace. A quei tempi, però, i meccanici di centrale sapevano imitare perfettamente il trillo del 500/20 Hz e azionavano "a voce" il dispositivo di ricezione all'estremo del circuito, ottenendo l'inserzione dell'operatrice.

Si era sempre a uno stadio in cui la richiesta di impegno del circuito viaggiava in modo diverso della segnalazione del numero voluto. Un notevole progresso si ebbe con l'impiego di una portante a 50 Hz, sia per l'impegno che per la selezione del numero; fu ideato un codice a 50 Hz che, avendo sufficienti caratteristiche di rapidità e di sicurezza, consentì le prime teleselezioni in Italia su circuiti a breve distanza. Tale codice era però sostanzialmente inadatto nel caso di circuiti a frequenza vocale amplificati, data la difficoltà che si incontrava a far transitare il segnale a 50 Hz attraverso le sezioni di amplificazione e l'elevata distorsione telegrafica che si sarebbe determinata se se ne fosse tentata la rigenerazione per "rivelazione e riimmissione" (in relazione alla troppo modesta frequenza della portante -50Hz- rispetto alla frequenza di segnalazione -10Hz-).

Per i lunghi circuiti amplificati (a 2 Fili o a 4 Fili) il codice a 50 Hz presentava dunque diversi inconvenienti, e furono perciò studiati i codici in banda fonica, a una o due frequenze, con ricevitori muniti di dispositivi filtranti (guardie) per discriminare, su base frequenziale o logico-frequenziale, i veri segnali da quelli (falsi) dovuti ad un parlatore. La segnalazione totalmente in banda fonica aveva, peraltro, l'inconveniente di non consentire l'invio di "criteri" durante la conversazione; non consentiva, ad esempio, di inviare i criteri di tassazione ciclica e di realizzare, quindi, circuiti a "conteggio passante" durante la conversazione.

Con l'estendersi dell'uso dei circuiti a frequenze portanti, tendenzialmente tutta la segnalazione passò "fuori banda", cioè su una portante associata alla banda fonica di ogni canale (furono utilizzati a tal fine diversi valori: 3825, 3850, 3875, 4000 Hz) collocata nella zona oscura del filtraggio fra un canale e il successivo; nell'ambito di alcune tecniche di commutazione, tuttavia, i criteri più delicati, come quello di selezione, continuarono ad essere trasmessi in banda fonica, in alcuni casi con codici "asserviti", capaci di rivelare la presenza di errori. È importante sottolineare che la banda fonica, rispetto alla quale la frequenza di segnalazione è "fuori", non è la banda acustica ma quella standardizzata nella telefonia (300-3400 Hz).

Fuori banda è pure da considerare, in un certo senso, la segnalazione sui sistemi PCM, perchè

indipendente dalla banda fonica ed inviabile durante la conversazione; ciò, anche se gli impulsi di segnalazione vengono immessi nel "multiplo a divisione di tempo" dopo il codificatore (ed estratti prima del decodificatore). Nei primi sistemi trasmissivi numerici PCM fabbricati in USA, la voce era codificata su ottetti di bit, al ritmo di 8000 ottetti/secondo ma, periodicamente (ogni 6 ottetti), l'ottavo bit di un otteetto era assegnato alla segnalazione di canale; erano così disponibili 8000/6=1.330 bit/s circa, equivalenti a una ricca segnalazione, "fuori banda", associata ad ogni canale. In Europa i sistemi numerici PCM furono standardizzati dalla CEPT, con un intero otteetto destinato alla segnalazione, e cioè il 17° dei 32 intervalli temporali del sistema base a 30 canali telefonici. I 64 kbit/s forniti da questo otteetto furono suddivisi in modo da associare un flusso informativo di circa 2 kbit/s ad ogni segnale telefonico; questo flusso fu usato per dare addirittura 2 criteri di segnalazione distinti come se esistessero due portanti fuori banda manipolabili separatamente.

Ma a questo punto siamo quasi alla fine del balletto della segnalazione da fuori a dentro la banda fonica e viceversa.

Alcuni importanti fatti erano avvenuti sia nelle tecniche di trasmissione che in quelle di commutazione. Erano entrati in servizio (a partire dal '57) lunghi cavi sottomarini amplificati, e dal '62-'63 i satelliti per telecomunicazioni: entrambi presentavano ritardi trasmissivi apprezzabili; inoltre prima sui cavi e poi sui satelliti venivano usati sistemi di interpolazione¹ come il TASI (Time Assignment Speech Interpolation) e il DSI (Digital Speech Interpolation).

Questa nuova situazione trasmissiva, costrinse a cambiare i codici di segnalazione la cui efficienza non doveva essere pregiudicata dai ritardi dei segnali "a ritroso"; inoltre, il codice di segnalazione doveva essere congegnato in modo da non fare intervenire i sistemi del TASI o del DSI che, sensibili alla voce, avrebbero potuto togliere il collegamento (per passarlo ad altri utenti) durante una pausa all'interno della segnalazione.

Nacque così, dopo il codice numero 4, che presentava già qualche novità, un particolare codice di segnalazione che fu denominato n° 5, il quale aveva anche il pregio di funzionare in presenza di compandors sillabici sulle linee.

¹ Questi sistemi convogliavano su un fascio di circuiti transcontinentali (almeno una trentina) un numero maggiore di conversazioni, connettendo ai circuiti del fascio i circuiti in arrivo solo quando su di essi era presente un segnale (voce o segnalazione). Si ottenevano e si ottengono, in tal modo, miglioramenti compresi fra 2 e 3 nel rapporto fra il numero dei circuiti in corso di utilizzazione "statistica" e quello dei circuiti del fascio transcontinentale. Un altro tipo, analogo al TASI, prese il nome di CELTIC.

Questo codice usava ancora una segnalazione in banda fonica, con la distinzione fra segnali di linea (di supervisione) e segnali di registro (la numerazione). I primi erano del tipo a due frequenze e i secondi caratterizzati dalla scelta di 2 frequenze su 6 possibili; i segnali di supervisione erano di tipo continuo e semicontinuo, e si riusciva a tener conto dei ritardi possibili sul circuito e dell'eventuale presenza del TASI o del DSI. Era sempre, come si è detto, un metodo di segnalazione singolo per ogni canale, del tipo in banda fonica. Fu usato ai terminali delle lunghe arterie transoceaniche in cavo sottomarino e sui collegamenti via satellite, associato ai terminali di canale, e non uscì da questo campo di applicazione.

A quel tempo -era la fine degli anni '60- i tecnici cominciarono a pensare di concentrare gli organi di segnalazione, in modo da utilizzarli meglio, con ovvi vantaggi sui costi di erogazione dei servizi: si noti che, su una comunicazione della durata di qualche minuto, gli organi di segnalazione erano attivi per un tempo che non superava (allora) una ventina di secondi. Si ebbero così diversi tentativi di "concentrazione" della segnalazione e relativa "redistribuzione" all'arrivo.

Ma negli stessi anni avveniva nel campo della commutazione una innovazione che potremmo chiamare storica: l'applicazione alle centrali di un elaboratore elettronico a programma registrato (il software) che accentrava tutte le funzioni logiche di comando del nodo di commutazione (o gran parte di esse). Accorgersi che, dopo la concentrazione della segnalazione e il suo invio su un supporto trasmissivo diverso dal circuito a cui essa era pertinente, la successiva redistribuzione della segnalazione ai vari circuiti era inutile, portò a ideare la "segnalazione con canale comune", dato che l'intero complesso di segnali trasportato dal canale poteva essere "consegnato" all'elaboratore. A tal fine, un unico flusso di dati, convogliato appunto su un canale trasmissivo comune, doveva trasferire le informazioni che consentissero all'elaboratore non solo di controllare e di "comandare" lo svolgimento delle comunicazioni sui singoli circuiti ma, ovviamente, anche di attribuire correttamente i comandi: tale esigenza, unitamente alla opportunità di utilizzare al meglio la capacità trasmissiva del canale di supporto, conduceva ad un raggruppamento dei dati in pacchetti etichettati (il cui contenuto poteva essere attribuito ad ogni circuito di conversazione attestato al nodo di commutazione, indipendentemente dal posizionamento temporale dei dati nell'ambito del flusso).

Il primo codice studiato per questo scopo fu il «CCITT-CCSS (Common Channel Signalling System) N°6». In realtà tale codice era stato predisposto per "informare" non il computer di comando e di controllo di un nodo di commutazione, ma un "elaboratore di segnalazione" destinato ad accentrare le funzioni

logiche dei traslatori-trasduttori terminali di un fascio di circuiti; solo in un secondo tempo furono messe a punto applicazioni per il dialogo tra elaboratori di nodi di commutazione. Dopo le sperimentazioni ed i primi successi, risultò evidente la notevole potenzialità della tecnica di segnalazione "su canale comune": il colloquio diretto fra gli elaboratori delle centrali di commutazione, oltre alla finalità di controllo delle giunzioni, rendeva possibili altre funzioni per la gestione della rete e per la fornitura di nuovi servizi.

La flessibilità e la virtualizzazione dell'architettura della rete, l'istadamento del traffico con criteri generali di massima utilizzazione delle risorse, tenute presenti le condizioni mutevoli nel tempo di richiesta di servizi o, addirittura, di guasto dei fasci, la possibilità di realizzare reti virtuali, la rete intelligente, l'ingegneria dei servizi sono tra le principali prospettive che si aprono con la segnalazione "su canale comune".

Muovendo dalla logica del CCITT CCSS n°6, fu successivamente sviluppato alla fine degli anni '70 il CCITT N°7, più potente e versatile del precedente, anche perchè tipicamente studiato per l'impiego di un canale trasmissivo di tipo numerico.

Nell'ipotizzare l'evoluzione dei sistemi di segnalazione, non si può prescindere da una considerazione riguardante la coesistenza, in una rete complessa, di più sistemi, sia per motivi di progressiva sostituzione delle tecniche, sia per motivi di idoneità delle strutture di rete tradizionali ad utilizzare i nuovi sistemi di segnalazione. Così va ricordato che, finché esisteranno rilegamenti d'utente e telefoni analogici, anche se collegati a centrali numeriche, su di essi si userà "a consumazione" un sistema multifrequenza per la selezione, e la corrente continua di linea per l'impegno.

Un'ultima osservazione ci riporta, infine, alla premessa di questa nota: una rete di telecomunicazioni non può avere una affidabilità migliore di quella della sua rete di segnalazione; un concetto ovvio, ma importantissimo e sempre da ricordare: per dedicare allo sviluppo ed alla sicurezza di tale rete l'attenzione e le cure che merita un ganglio così vitale del sistema delle telecomunicazioni.

La segnalazione su canale comune: fondamenti, finalità generali e specifiche

E. Cancer, P. Como

Nel presente articolo viene introdotto il concetto di segnalazione su canale comune. Come premessa all'argomento viene richiamato il ruolo fondamentale svolto dalla segnalazione nelle reti di telecomunicazioni e sono sinteticamente illustrate le principali tappe che hanno caratterizzato l'evoluzione tecnologica dei sistemi di commutazione, allo scopo di mettere in evidenza come tale aspetto sia strettamente correlato con l'evoluzione dei sistemi di segnalazione ad essi associati. Sono infine descritti i principi fondamentali su cui è basata tale innovativa tecnica di segnalazione.

1. La segnalazione nelle reti di TLC: scenario evolutivo

In una rete di telecomunicazioni la segnalazione può essere considerata in generale come l'infrastruttura di base necessaria per attuare il comando ed il controllo degli organi della rete stessa. La sua funzione può grosso modo essere paragonata a quella del sistema nervoso centrale di un organismo vivente che ha appunto il compito di coordinare tutte le sue funzioni vitali pur rimanendo, al tempo stesso, completamente separato dalle altre sue parti e pur non effettuando alcuna delle loro funzioni.

In una rete telefonica, infatti, la fase di conversazione tra due utenti è in generale preceduta, seguita ed accompagnata dallo scambio di opportuni segnali (distinti da quelli vocali) ai quali è affidato il compito di trasmettere ordini e informazioni necessari agli organi della rete per instaurare, controllare ed abbattere un collegamento. L'insieme di tali segnali e delle relative tecniche impiegate per la loro trasmissione fa parte della segnalazione. Si usano distinguere, in particolare, due differenti tipi di segnalazione:

- a) segnalazione di utente, e
- b) segnalazione tra centrali o di rete.

La segnalazione di utente riguarda l'insieme dei segnali scambiati tra terminali d'abbonato e nodi della rete a cui tali terminali sono collegati, mentre la segnalazione di rete, oggetto della presente trattazione, si riferisce all'insieme dei segnali scambiati tra i nodi della rete stessa. Pertanto, nel caso più comune in cui ad esempio si debba instaurare un collegamento tra due utenti non attestati allo stesso autocommutatore occorrerà fare impiego di entrambi i suindicati tipi di segnalazione.

L'evoluzione che si è avuta nel campo della segnalazione nel corso degli ultimi decenni è stata fortemente influenzata ed è andata di pari passo con l'evoluzione tecnologica dei sistemi di commutazione impiegati e viene di seguito riassunta per grandi linee.

Tra i primi sistemi di commutazione automatici impiegati in telefonia sono da annoverare i cosiddetti sistemi a "comando diretto". In tali autocommutatori realizzati esclusivamente con tecnologia elettromeccanica, gli organi preposti all'espletamento delle funzioni di comando e segnalazione sono integrati con quelli impiegati per la funzione di connessione. Poiché le funzioni di segnalazione dell'autocommutatore sono realizzate attraverso l'impiego di dispositivi elettromeccanici (relè), che per loro natura limitano il numero di funzionalità logiche ottenibili, i sistemi di segnalazione impiegati in tali autocommutatori (es. segnalazione decadica) sono molto semplici (in modo da contenere la complessità e quindi il costo entro limiti accettabili), ma risultano quindi al tempo stesso poco "ricchi" in termini di numero di differenti segnali/criteri disponibili. Tali sistemi di segnalazione sono pertanto scarsamente flessibili e poco adatti all'introduzione di nuovi servizi e applicazioni, che possono richiedere, per il loro espletamento, uno scambio informativo, tra i nodi della rete, particolarmente ricco e sofisticato.

La successiva tappa evolutiva di particolare rilievo conseguita nella storia della commutazione è stata caratterizzata dall'avvento dei cosiddetti sistemi a "comando indiretto", e dal punto di vista tecnologico dall'impiego di dispositivi elettronici per realizzare le funzioni di comando e segnalazione (autocommutatori semielettronici). Ciò ha permesso di conseguire un parziale accentramento di tali funzioni. In particolare, le funzioni "intelligenti" necessarie per la costruzione del collegamento sono affidate, in tali sistemi, ad organi

(*) ing. Emilio Cancer, ing. Paolo Como- SIP DG - Roma

centralizzati denominati registri e marcatori, mentre le funzioni di tenuta, controllo e rilascio della connessione sono integrate nei singoli circuiti di linea risultando pertanto decentrate. Questa struttura ha determinato la scissione delle funzioni di segnalazione in: **segnalazione di linea** (decentrata, ma semplice) e **segnalazione di registro** (ad es. segnalazione multifrequenza) più ricca e veloce ma di norma centralizzata.

Ciò che ha costituito poi l'elemento fondamentale di svolta nello sviluppo degli autocommutatori e delle reti di telecomunicazioni è l'introduzione della tecnica SPC, cioè del controllo a programma registrato (SPC = Stored Program Control). In questi sistemi le funzioni di comando e segnalazione sono centralizzate e affidate ad uno o più elaboratori, i quali svolgono i loro compiti seguendo le istruzioni contenute in programmi residenti in memoria. Ne segue che la logica o, come impropriamente si usa dire, l'intelligenza del sistema è realizzata con tecnologia software, che è per la sua stessa natura riconfigurabile e suscettibile di elaborazioni estremamente complesse. Oltre ad un arricchimento delle funzionalità degli autocommutatori e delle reti associate, ciò ha comportato un sostanziale sviluppo dei sistemi di segnalazione, in particolare della segnalazione di rete mediante l'avvento della tecnica di segnalazione su canale comune.

Le cosiddette tecniche su canale comune, rappresentano infatti una delle soluzioni più potenti e flessibili per interconnettere le centrali di commutazione della rete. L'evoluzione verso tali tecniche come già accennato in precedenza ha avuto inizio contestualmente alla introduzione delle centrali di commutazione con comando a programma registrato SPC; essa si colloca nello scenario generale di sviluppo delle reti di telecomunicazioni, avviato a partire dai primi anni '60, che ha portato alla introduzione delle tecniche numeriche

inizialmente a livello di sistemi trasmissivi, successivamente nell'ambito degli apparati di commutazione (centrali numeriche) e più recentemente anche sul rilegamento d'utente (ISDN).

Infatti, la presenza degli elaboratori come organi di comando delle suddette centrali (SPC) ha creato le opportune premesse per lo sviluppo di tecniche di comunicazione tra gli autocommutatori più orientate al "linguaggio" proprio dei calcolatori.

Mentre nei sistemi di tipo tradizionale (normalmente utilizzati nelle centrali elettromeccaniche) la segnalazione fra gli autocommutatori viene inviata sugli stessi circuiti telefonici (giunzioni) su cui vengono trasportate le informazioni di utente, nei sistemi a canale comune essa viene inviata su circuiti separati dedicati specificamente al trasporto della segnalazione.

Il termine "canale comune" fa riferimento al fatto che su un unico canale (analogico o numerico) viene inviata la segnalazione relativa ad un fascio di circuiti telefonici che collegano due centrali. Viene stabilita in tal modo una via diretta di comunicazione tra gli elaboratori di comando delle due centrali sulla quale essi si scambiano sotto la forma di opportuni messaggi le informazioni di segnalazione.

E' da precisare che la tecnica di segnalazione a canale comune non è da considerarsi semplicemente come una modalità alternativa di trasferimento della segnalazione fra le centrali delle reti di telecomunicazioni (anche se inizialmente era stata concepita in tal senso). Essa infatti costituisce allo stato attuale una componente di fondamentale importanza nello sviluppo delle reti e dei servizi non solo per le intrinseche migliori prestazioni ottenibili nell'espletamento delle funzioni telefoniche, ma soprattutto perchè rappresenta la base per la realizzazione di nuove sofisticate applicazioni e prestazioni di telecomunicazioni.

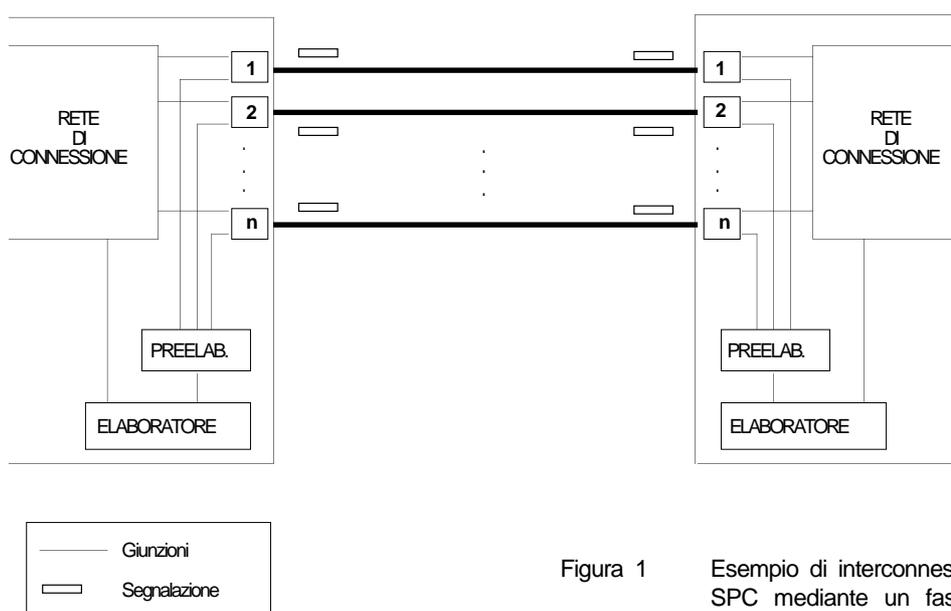


Figura 1 Esempio di interconnessione di due centrali SPC mediante un fascio di "n" giunzioni servite da segnalazione tradizionale

2. Fondamenti e finalità generali

Come sopra detto, il concetto di segnalazione a canale comune è strettamente legato alla nascita e successiva introduzione delle centrali a programma registrato (SPC). La suddetta correlazione tra tali due aspetti evolutivi della rete di telecomunicazioni è illustrata nelle Fig. 1 e 2, che rappresentano di principio le modalità di interconnessione tra due centrali SPC mediante un fascio di N circuiti telefonici servito con una tecnica di segnalazione di tipo tradizionale nel primo caso e a canale comune nel secondo.

Nell'esempio di Fig. 1 la segnalazione di controllo delle chiamate, trattata dagli elaboratori di comando delle due centrali, viene trasmessa, sotto forma di opportuni segnali elettrici, sulle stesse giunzioni utilizzate per lo scambio informativo tra gli utenti. Ciò implica che per ogni segnale telefonico da scambiare (ad es. impegno, cifre di selezione, ecc.) deve essere effettuata nella centrale di partenza un'operazione di conversione tra il relativo messaggio numerico originato dall'elaboratore di comando e l'effettivo segnale elettrico da inviare sulla giunzione interessata. Un'operazione analoga ma complementare (da segnale elettrico a messaggio) deve essere svolta nella centrale di arrivo. In tale contesto è quindi necessaria, oltre alla suddetta funzione di conversione dei segnali, una funzione di scansione ciclica e di controllo dei traslatori delle giunzioni per l'invio della segnalazione in partenza e per il riconoscimento della segnalazione in arrivo.

Tali funzioni (conversione e scansione ciclica), contraddistinte da sequenze di operazioni poco complesse e di tipo ripetitivo sono di norma svolte, negli autocommutatori SPC, da appositi organi denominati

preelaboratori della segnalazione distinti dall'elaboratore di comando della centrale.

Nel secondo caso (Fig. 2), la segnalazione relativa a tutte le N giunzioni del fascio viene inviata sotto forma di opportuni messaggi su un unico circuito (analogico o numerico) dedicato unicamente a tale scopo (nel seguito chiamato circuito di segnalazione); tale circuito stabilisce quindi una via di comunicazione, diretta e veloce, tra gli elaboratori di comando delle due centrali.

Con tale approccio, pertanto, viene meno la necessità di impiegare i preelaboratori di segnalazione (presenti invece nel primo caso) e le associate funzioni di conversione dei segnali e di scansione ciclica dei traslatori; ciò in quanto i messaggi relativi alla segnalazione telefonica delle N giunzioni vengono convogliati con un formato di principio analogo a quello con cui vengono generati dall'elaboratore di comando della centrale sul circuito di segnalazione sopraindicato. In tale contesto, ciascun messaggio di segnalazione scambiato tra le due centrali, dovrà contenere, oltre all'informazione relativa al segnale telefonico da trasmettere, anche l'identità della giunzione del fascio a cui il segnale stesso si riferisce.

E' da notare che il blocco funzionale che appare in Fig. 2, alle due estremità del circuito di segnalazione è la cosiddetta **Parte di Trasferimento dei Messaggi** che, come si vedrà più in dettaglio nei successivi articoli, ha lo scopo di assicurare il corretto trasferimento dei messaggi di segnalazione tra i due elaboratori di comando delle centrali.

I potenziali vantaggi e le prestazioni ottenibili mediante l'impiego della segnalazione su canale comune sono particolarmente rilevanti ed attraenti. Essi riguardano fondamentalmente i seguenti aspetti:

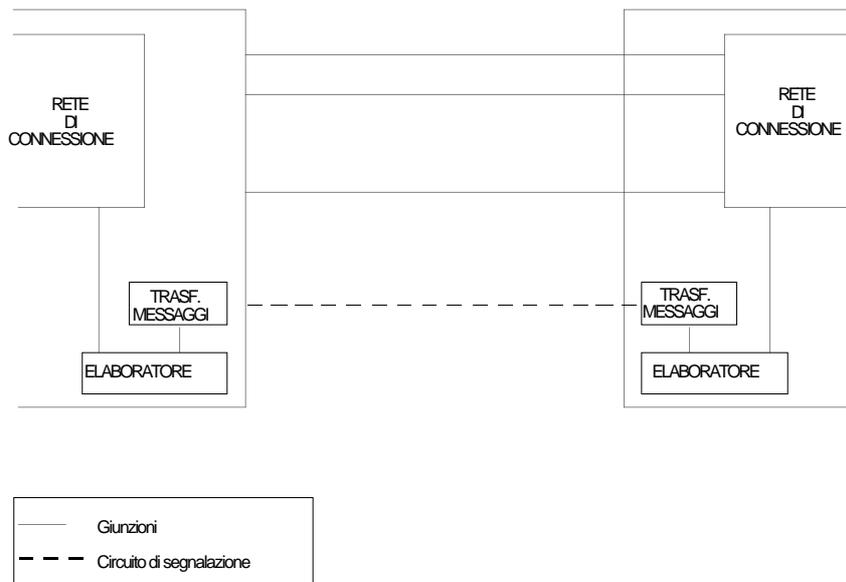


Figura 2 Esempio di interconnessione di due centrali SPC mediante un fascio di "n" giunzioni servite da segnalazione su canale comune

- miglioramento della qualità del servizio telefonico di base dovuta, ad esempio, a
 - riduzione dei tempi di formazione dei collegamenti,
 - migliore protezione contro gli errori nel trasferimento dei segnali,
 - adozione di un sistema di segnalazione unico e non di differenti sistemi di "marca" (come, invece, accade con i sistemi di segnalazione tradizionali);
- possibilità di offrire all'utenza nuovi servizi e prestazioni avanzate basate su procedure di comunicazione tra i nodi della rete complesse e ricche di contenuto informativo;
- nuove prestazioni per il gestore che consentono una accresciuta flessibilità nel controllo della rete in termini di riconfigurazione dinamica, supervisione, raccolta allarmi, raccolta di dati statistici di traffico, ecc.

Tali migliori prestazioni per il gestore e per l'utente sono fondamentalmente legate al fatto che la segnalazione a canale comune essendo basata su informazioni strutturate in messaggi numerici, non pone, di principio, alcuna limitazione alla realizzazione di nuovi servizi che richiedono eventualmente la definizione di nuovi segnali e dei relativi messaggi. Infatti ciò implica esclusivamente lo sviluppo della relativa logica nell'elaboratore di comando della centrale senza richiedere modifiche o aggiunte dell'hardware.

Di conseguenza la tecnica a canale comune permettendo uno scambio di informazioni tra le centrali pressochè illimitato consente di estendere all'intera rete i vantaggi che ciascuna centrale di nuova tecnica può offrire agli utenti ad essa attestati e inoltre dà la possibilità di introdurre in rete con relativa semplicità e flessibilità nuovi servizi e applicazioni che richiedono rispetto ai sistemi tradizionali una segnalazione più ricca e veloce.

Tale possibilità è particolarmente attraente anche in vista dell'evoluzione delle reti di TLC verso la rete numerica integrata nei servizi (ISDN) e verso la Rete Intelligente. Uno dei requisiti fondamentali di tale evoluzione è costituita, infatti, dalla disponibilità di un sistema di segnalazione che sia in grado di supportare una vasta gamma di prestazioni di comunicazione.

3. Le attività di specifica sulla segnalazione su canale comune

L'attività di studio relativa alla definizione dei sistemi di segnalazione a canale comune è stata svolta dal CCITT (Comitato Consultivo Internazionale per Telegrafia e Telefonia) che rappresenta l'Organismo di normativa internazionale nel campo delle telecomunicazioni. Tale attività, che è stata avviata nel 1964, ha portato alla definizione del primo Sistema di Segnalazione a canale comune denominato CCITT N. 6.

Esso era stato concepito per l'espletamento della

segnalazione telefonica sulle reti di tipo analogico e di conseguenza realizzato prevedendo l'utilizzazione di circuiti trasmissivi di tipo analogico funzionanti a 2400 bit/s in banda fonica. Il Sistema presenta, pertanto, delle caratteristiche limitative determinate in particolare dall'impiego di messaggi di lunghezza fissa e ridotta (28 bit, inclusi 8 bit per il controllo degli errori).

Le prime realizzazioni sperimentali sono state effettuate su collegamenti internazionali nel 1970. Attualmente il Sistema è utilizzato oltre che in ambito internazionale anche, a livello nazionale, in larga parte dell'area nord-americana e in Giappone.

A seguito dell'avvio nei primi anni '70 del graduale processo di numerizzazione delle reti di TLC, fu messa in luce l'esigenza di sviluppare a livello internazionale una nuova versione del Sistema di Segnalazione a canale comune ottimizzato per l'impiego su reti numeriche. Su queste basi iniziò un'intensa attività in ambito CCITT che portò nel 1980 alla prima definizione di un nuovo Sistema di Segnalazione a canale comune, denominato **CCITT N. 7** (versione "libri gialli" del CCITT, 1980). Tale attività è proseguita nel corso degli anni successivi ed è stata indirizzata sia all'aggiornamento delle specifiche esistenti che alla definizione di nuove prestazioni e funzionalità del Sistema (versioni "libri rossi", 1984 e "libri blu", 1988 del CCITT).

E' da segnalare comunque che in ambito internazionale le attività di normativa proseguono ancora e riguardano, oltre che l'affinamento e l'ulteriore consolidamento delle specifiche esistenti, anche e soprattutto la definizione delle nuove funzionalità necessarie per la realizzazione di nuovi applicazioni di TLC. Ciò è reso possibile dalla struttura estremamente modulare e flessibile che ha caratterizzato sin dall'inizio l'architettura del Sistema.

Sulla base delle specifiche internazionali, le Amministrazioni di vari Paesi, nella generalità dei casi, hanno definito versioni nazionali del Sistema CCITT N. 7 (da impiegare nelle rispettive reti) per tener conto di particolari requisiti ed esigenze strettamente nazionali. In generale le differenze tra le versioni nazionali e la corrispondente specifica internazionale riguardano aspetti di dettaglio delle procedure funzionali e di formato e codifica dei messaggi. Anche in Italia è stata prodotta una specifica nazionale del Sistema CCITT N. 7 che costituisce il documento di riferimento utilizzato dai Costruttori per la realizzazione dei relativi sistemi.

I principi fondamentali della segnalazione CCITT N. 7

E. Cancer, P. Como (*)

Il presente articolo descrive i principi e i concetti fondamentali della segnalazione su canale comune CCITT N.7. Sono illustrate, in particolare, le differenti modalità attraverso le quali è possibile attuare il trasferimento della segnalazione tra i nodi della rete di telecomunicazioni, in quanto come messo in evidenza nell'articolo tale aspetto è ritenuto particolarmente importante ai fini di una migliore comprensione del concetto di rete di segnalazione. Sono descritte, infine, le strutture di rete di segnalazione ritenute maggiormente significative, rivolgendo particolare attenzione alla descrizione della struttura di rete di segnalazione denominata rete a "Quad".

1. Concetti fondamentali, modi di segnalazione

Come indicato nel precedente articolo, la segnalazione su canale comune fornisce i mezzi necessari per il trasferimento di messaggi tra i nodi di una rete di TLC. In tale contesto detti nodi costituiscono, quindi, i punti di origine e di destinazione del traffico di segnalazione e vengono denominati **Punti di Segnalazione (SP)**. Essi rappresentano le unità che provvedono a generare e ad elaborare i messaggi di segnalazione e sono costituiti, considerando le varie possibili applicazioni del Sistema CCITT N. 7, dagli autocommutatori (sia locali che di transito), da centri servizi specializzati, da nodi intelligenti, ecc.

In particolare, il Punto di Segnalazione nel quale viene generato un messaggio (cioè il luogo ove è situata la funzione di utilizzazione che origina l'informazione in esso contenuta) è denominato **punto di origine** del messaggio stesso. Il Punto di Segnalazione, invece, al quale il messaggio è destinato (cioè il luogo ove è situata la funzione di utilizzazione che deve riceverlo) è denominato **punto di destinazione** del messaggio stesso.

Qualsiasi coppia di Punti di Segnalazione, per la quale esiste la possibilità di comunicazione tra le corrispondenti funzioni di utilizzazione, definisce una **relazione di segnalazione**. Un esempio di relazione di segnalazione è quello di due centrali direttamente connesse con un fascio di circuiti telefonici. La segnalazione telefonica relativa a tali circuiti costituisce una relazione di segnalazione fra le funzioni di utilizzazione residenti in quelle centrali.

Un certo numero di circuiti di segnalazione che

interconnettono direttamente due punti di segnalazione costituiscono un **fascio di segnalazione**. Tra due SP è possibile avere più fasci di segnalazione in parallelo.

Due SP direttamente connessi con un fascio di segnalazione (composto, al limite da un solo circuito di segnalazione) sono chiamati **Punti di Segnalazione adiacenti**.

Il trasferimento della segnalazione tra due SP può essere attuato secondo differenti modalità, denominate **modi di segnalazione**, che fanno riferimento alla associazione o meno tra il percorso di un messaggio di segnalazione e la relazione di segnalazione a cui esso si riferisce. I modi di segnalazione sono:

- a) **modo associato:** i messaggi relativi ad una certa relazione di segnalazione sono inviati su di un fascio di segnalazione che interconnette direttamente gli SP interessati. Un esempio di tale modo è un fascio di circuiti telefonici serviti da un circuito di segnalazione ad essi parallelo (vedi Fig. 1).
- b) **modo non associato:** i messaggi relativi ad una certa relazione di segnalazione sono inviati su due o più fasci di segnalazione in cascata, passando attraverso uno o più SP diversi da quelli di origine e di destinazione dei messaggi (vedi Fig. 2).
- c) **modo quasi-associato:** rappresenta un caso particolare del modo non associato. Il suo impiego può essere legato a particolari esigenze di mantenimento della corretta sequenza di messaggi, che anziché essere inoltrati su circuiti di segnalazione in modo indipendente l'uno dall'altro, vengono tutti inviati su circuiti di segnalazione predeterminati. Tale modo è normalmente impiegato per la segnalazione telefonica.

(*) ing. Emilio Cancer, ing. Paolo Como - SIP DG - Roma

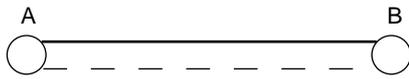


Figura 1 Modo associato

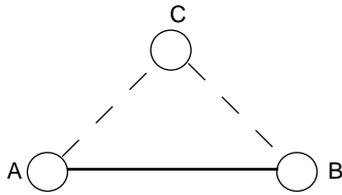


Figura 2 Modo non associato

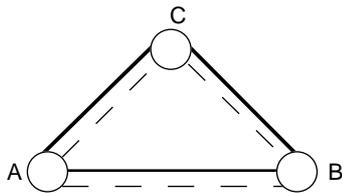


Figura 3a

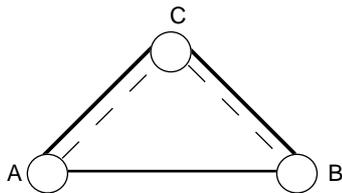


Figura 3b



Per chiarire ulteriormente le differenze esistenti tra i due modi di segnalazione suindicati si consideri la Fig. 3 che mostra un esempio di tre centrali telefoniche interconnesse a maglia completa. In particolare, la Fig. 3 a) illustra il caso in cui ad ogni fascio di giunzioni è associato un fascio di circuiti di segnalazione ad esso parallelo: in tale configurazione il modo di segnalazione impiegato è sempre di tipo associato. Viceversa, nella Fig. 3 b), a differenza del caso precedente, non esiste un fascio diretto di segnalazione tra le centrali A e C: in tale situazione la segnalazione relativa al traffico telefonico tra la centrale A e la centrale C rientra nella modalità non

associata, mentre è di tipo associato per le altre due relazioni di traffico (AB e BC). Si fa notare, pertanto, che la segnalazione di controllo delle giunzioni tra le centrali A e C viene instradata sui fasci di segnalazione AB e BC attraverso la centrale B: in tale contesto il nodo B svolge esclusivamente funzioni di trasferimento della segnalazione.

Più in generale è denominato **Punto di Trasferimento della Segnalazione (STP)** un Punto di Segnalazione che dopo aver ricevuto un messaggio da un circuito di segnalazione (entrante) provvede ad inviarlo su un altro circuito di segnalazione (uscente). La funzione STP, che costituisce uno dei componenti fondamentali della rete di segnalazione (vedi par. 2) può essere realizzata utilizzando apparecchiature dedicate, oppure può essere svolta all'interno di una centrale (funzione STP integrata).

La scelta del modo di segnalazione è influenzata da differenti fattori e, in particolare, dalla struttura della rete di telecomunicazioni. Infatti, per una rete caratterizzata da un limitato numero di relazioni di segnalazione ad alto volume di traffico, l'applicazione più appropriata del sistema di segnalazione è il modo associato. In questo caso la rete di segnalazione non utilizza nodi STP, ma realizza una struttura parallela alla rete di TLC, utilizzando per ciascun fascio due o più circuiti come mezzo di trasporto della segnalazione per i restanti circuiti del fascio stesso.

Per una rete di TLC caratterizzata invece da un elevato numero di relazioni di segnalazione a basso volume di traffico, risulta più conveniente adottare una rete di segnalazione funzionante in modo non associato (o quasi-associato). In questo caso, la rete di segnalazione utilizza nodi STP e realizza una struttura maggiormente complessa dipendente sia dalla capacità dei circuiti di segnalazione impiegati, sia dalle necessarie ridondanze per motivi di affidabilità.

2. La rete di segnalazione e la struttura a "Quad"

Sulla base di quanto esposto nei precedenti paragrafi appare evidente che l'impiego della segnalazione a canale comune comporta l'introduzione del concetto di **rete di segnalazione**, utilizzata specificamente per il trasferimento dei messaggi di segnalazione. Infatti la rete di segnalazione può essere considerata come **una struttura integrata nella rete di telecomunicazioni** (anche se da essa funzionalmente separata), specificamente utilizzata per il trasferimento dei messaggi di segnalazione.

E' da segnalare al riguardo la stretta analogia esistente tra rete telefonica e rete di segnalazione; infatti in quest'ultima gli utenti della rete sono costituiti dalle funzioni di utilizzazione residenti nei nodi SP, le centrali di commutazione sono costituite dai nodi STP e i portanti trasmissivi sono i circuiti di segnalazione. Dal

punto di vista più propriamente funzionale la rete di segnalazione è assimilabile ad una rete a commutazione di pacchetto.

Il Sistema di Segnalazione CCITT N. 7 può comunque essere impiegato con differenti configurazioni di rete di segnalazione. La scelta tra le possibili configurazioni è influenzata, come indicato nel precedente paragrafo, da differenti fattori e, in particolare, dalla struttura della rete di telecomunicazioni servita dalla rete di segnalazione.

A livello internazionale è stata definita una struttura di riferimento, denominata struttura a "Quad", accettata dalla maggior parte dei Paesi, le cui principali caratteristiche saranno illustrate nel seguito.

Tale struttura (vedi Fig. 4) è basata sui seguenti criteri fondamentali:

- il territorio viene suddiviso in un certo numero di regioni di segnalazione, in ciascuna delle quali, per ragioni di affidabilità, è prevista la introduzione di una coppia di STP "gemelli";
- ciascuno degli SP esistenti nella regione di segnalazione è collegato da circuiti di segnalazione ai due STP di quella regione;
- la coppia di STP di una certa regione di segnalazione è interconnessa con le coppie di STP delle altre regioni mediante un collegamento a maglia completa costituito da quattro fasci di circuiti di segnalazione (struttura a "Quarta" o "Quad"), ciascuno dei quali costituito da uno o più circuiti. Inoltre i due STP "gemelli" sono interconnessi da un fascio di circuiti di segnalazione.

Dall'esame della Fig. 4 si può notare che per collegare due SP (di origine e di destinazione rispettivamente),

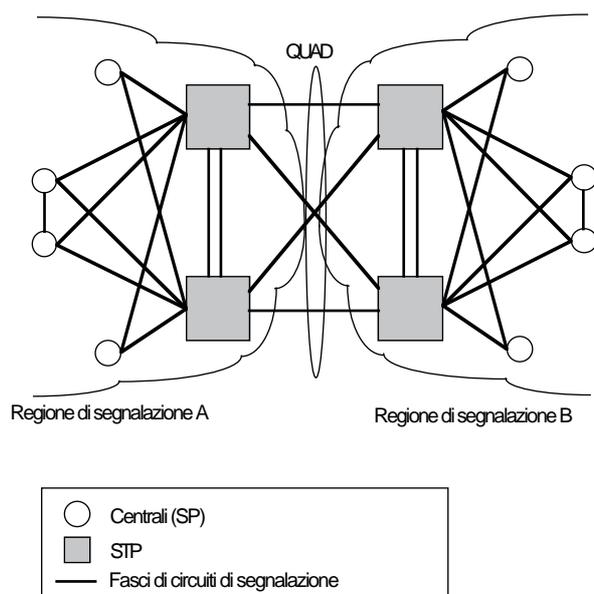


Figura 4 Modello di rete di segnalazione a "Quad"

appartenenti o meno alla stessa regione di segnalazione, è possibile utilizzare percorsi alternativi. Qualunque successione di circuiti di segnalazione che possa essere impiegata per trasferire un messaggio dal punto di origine a quello di destinazione definisce una via di segnalazione, che risulta quindi costituita da una successione predeterminata di fasci di segnalazione e di STP tra un SP di origine ed un SP di destinazione. In generale, quindi, per collegare due SP tra loro sono disponibili più vie di segnalazione alternative.

Le regole utilizzate, nella maggioranza dei casi, per l'instradamento dei messaggi di segnalazione in una struttura a "Quad" possono essere riassunte nei seguenti punti principali:

1. per una chiamata fra due centrali (SP) appartenenti alla stessa regione i messaggi di segnalazione ad essa relativi attraverseranno normalmente (cioè in assenza di guasti) un solo STP della regione;
2. per una chiamata fra due centrali (SP) appartenenti a due regioni differenti i messaggi di segnalazione ad essa relativi attraverseranno normalmente due STP.
3. in assenza di guasti, i messaggi di segnalazione utilizzati per applicazioni di telefonia hanno tutti lo stesso instradamento all'interno della Rete di Segnalazione (modo quasi-associato).

E' da notare che l'adozione di una simile struttura di rete, consente di realizzare da una parte la piena accessibilità tra SP i quali possono scambiarsi messaggi di segnalazione anche se non collegati da circuiti di segnalazione diretti (modo associato) e dall'altra permette di ottenere, per mezzo di sofisticate procedure di gestione della Rete di Segnalazione previste nell'ambito del Sistema CCITT N. 7, una elevata capacità di riconfigurazione degli instradamenti dei messaggi di segnalazione, anche in presenza di guasti multipli. In tale ottica la Rete di Segnalazione può essere considerata come una risorsa centralizzata, attraverso la quale i diversi nodi della rete possono scambiarsi, in modo affidabile e senza limitazioni la segnalazione necessaria all'espletamento dei vari servizi e applicazioni di TLC.

3. Modelli di rete di segnalazione alternativi

Oltre alla struttura di rete descritta esistono altri modelli con configurazioni simili. A titolo di esempio si ritiene possa essere interessante citare in particolare due modelli di rete di segnalazione, identificati nel seguito come modelli di tipo A e B rispettivamente.

Il modello di tipo A (Fig. 5), analogamente alla struttura a "Quad", prevede la distribuzione su tutto il territorio di un certo numero di STP collegati tra loro a maglia completa. A differenza del modello di Fig. 4, in quello di tipo A, ogni centrale (SP) può essere collegata a due STP qualsiasi della rete. Tale metodo di allocazione

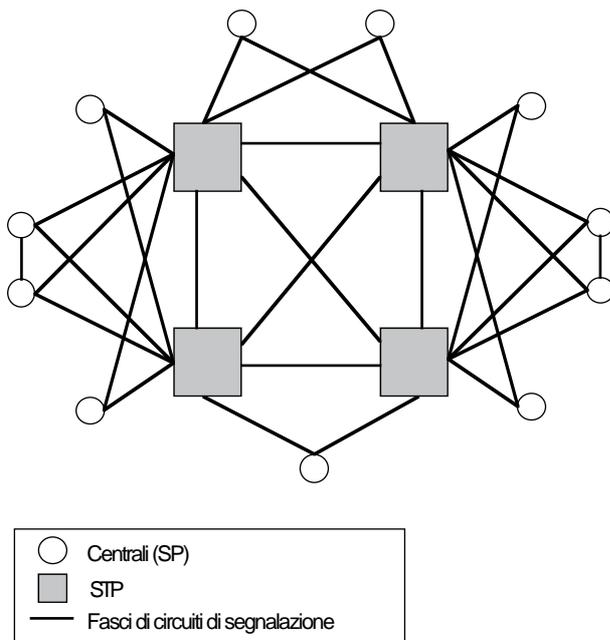


Figura 5 Modello di rete di segnalazione di tipo A

è stato denominato **flessibile** ("free allocation"), in quanto la posizione geografica di un SP non è più vincolante, come avviene nella struttura di rete a "Quad", per la sua appartenenza ad una determinata regione di segnalazione.

Le regole di instradamento dei messaggi nella rete di segnalazione sono sostanzialmente analoghe a quelle previste per la rete a "Quad".

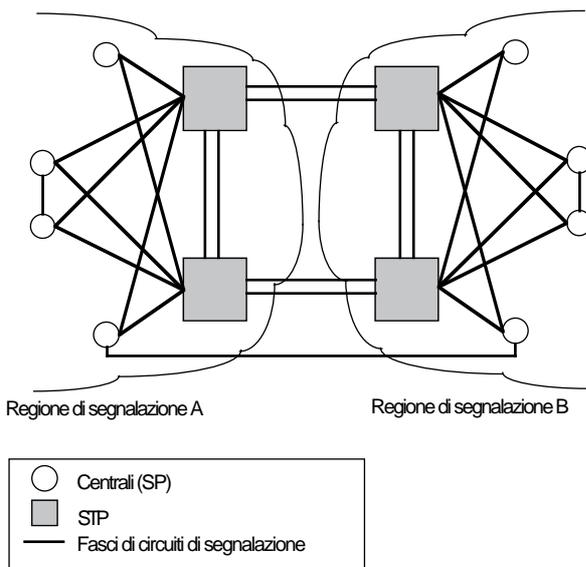


Figura 6 Modello di rete di segnalazione di tipo B

Fra i vantaggi indicati per questa soluzione sono da segnalare la riduzione del numero totale degli STP e la possibilità di massimizzare il traffico che attraversa un solo STP, con una riduzione del tempo di trasferimento dei messaggi di segnalazione. Per contro, il metodo della allocazione flessibile può rendere più complessa la gestione degli instradamenti dei messaggi nella rete di segnalazione al verificarsi, in particolare, di guasti e di sovraccarichi in alcune parti della rete.

Il modello di rete di segnalazione di tipo B (Fig. 6) prevede la suddivisione del territorio in un certo numero di aree geografiche in ognuna delle quali sono previsti due STP "gemelli", a cui fanno capo i circuiti di segnalazione provenienti dagli SP della regione. La differenza rispetto alla struttura a "Quad" consiste nel fatto che una coppia di STP appartenenti ad una generica regione di segnalazione è interconnessa con le coppie di STP delle altre regioni attraverso un collegamento non a maglia completa, ma mediante collegamenti diretti costituiti ciascuno da due fasci di circuiti paralleli.

Le regole di instradamento dei messaggi nella rete di segnalazione sono praticamente analoghe a quelle della rete a "Quad".

Rispetto alla struttura a "Quad", il modello di rete di tipo B permette, di principio, una più agevole reperibilità dei portanti trasmissivi in quanto la rete fra STP non è completamente magliata. Per contro, il ridotto numero di instradamenti alternativi rende la rete più vulnerabile al verificarsi di situazioni di guasto e di sovraccarichi in alcune sue parti.

4. L'unità di segnalazione di messaggio (MSU)

Come già indicato in precedenza, il trasferimento della segnalazione tra due centrali (SP) che utilizzano la tecnica a canale comune avviene mediante l'impiego di opportuni messaggi. Tenendo conto del fatto che questi sono inviati in una rete di segnalazione (funzionalmente separata dalla rete telefonica) ciascun messaggio oltre che contenere le informazioni di segnalazione vere e proprie (cifre di selezione, segnali di controllo di un collegamento, ecc.) deve contenere un indirizzo che permetta di identificare gli SP di origine e di destinazione del messaggio, nonché di individuare il circuito telefonico a cui il messaggio stesso si riferisce.

Per questa ragione, il contenuto informativo di ogni messaggio di segnalazione è preceduto da una intestazione costituita da un campo del messaggio che prende il nome di etichetta. La sua funzione può essere paragonata a quella di un indirizzo messo sulla busta di una lettera, la cui presenza è necessaria per poterne determinare il relativo destinatario.

L'etichetta dei messaggi utilizzati, ad esempio, per le applicazioni di telefonia, è infatti costituita a sua volta da tre campi: i primi due, contengono, rispettivamente,

l'identità dell'SP che ha inviato il messaggio (SP di origine) e quella dell'SP a cui questo deve essere consegnato (SP di destinazione), mentre il terzo campo permette di identificare la giunzione a cui il messaggio si riferisce.

Per le normali applicazioni telefoniche le etichette dei messaggi vengono generate solamente dai nodi della rete di segnalazione con funzioni di SP. Gli STP, invece, non modificano il contenuto delle etichette, ma si limitano solamente a leggerle e ad interpretarle.

Allo scopo di chiarire quest'ultimo punto si faccia riferimento all'esempio di Fig. 7, per il quale si fanno le seguenti ipotesi:

1. un utente attestato alla centrale A (SP A) vuole chiamare un utente attestato alla centrale B (SP B);
2. il fascio di circuiti telefonici tra l'SP A e l'SP B è servito in modalità non associata (fascio diretto);
3. la centrale T, dal punto di vista della segnalazione, può espletare sia le funzioni di SP che di STP (funzioni SP ed STP integrate);
4. la centrale A, per realizzare la connessione con la centrale B, utilizza una giunzione del fascio diretto come prima scelta (chiamata su fascio diretto) ed una giunzione del fascio tra l'SP A e l'SP T (fascio di trabocco) come seconda scelta (chiamata su fascio di trabocco).

A. Chiamata su fascio diretto

La centrale A, analizzate le cifre selezionate dall'utente, trova disponibile una giunzione uscente diretta verso la centrale B. La segnalazione verso l'SP B viene inviata per mezzo di messaggi contenenti la relativa etichetta, composta dall'identità del fascio (origine SP A, destinazione SP B) e dal numero della giunzione. Dall'analisi dei dati di configurazione di tale fascio la centrale A determina che esso è servito in modalità non associata dal circuito di segnalazione fra l'SP A e l'STP T (A-T). I messaggi di segnalazione destinati all'SP B verranno pertanto inviati dall'SP A all'STP T sul circuito di segnalazione A-T. Tale STP sulla base dell'analisi dell'etichetta determina che la destinazione del messaggio non è la centrale T, ma l'SP B e provvede quindi al reinstradamento del messaggio verso tale centrale.

B. Chiamata su fascio di trabocco

La centrale A, analizzate le cifre, non trova disponibile la via di 1^a scelta, determina quindi un instradamento di 2^a scelta con transito nella centrale T e di conseguenza impegna una giunzione uscente del fascio di trabocco. Dall'analisi dei dati di configurazione di tale fascio la centrale A determina che esso è servito in modo associato dal circuito di

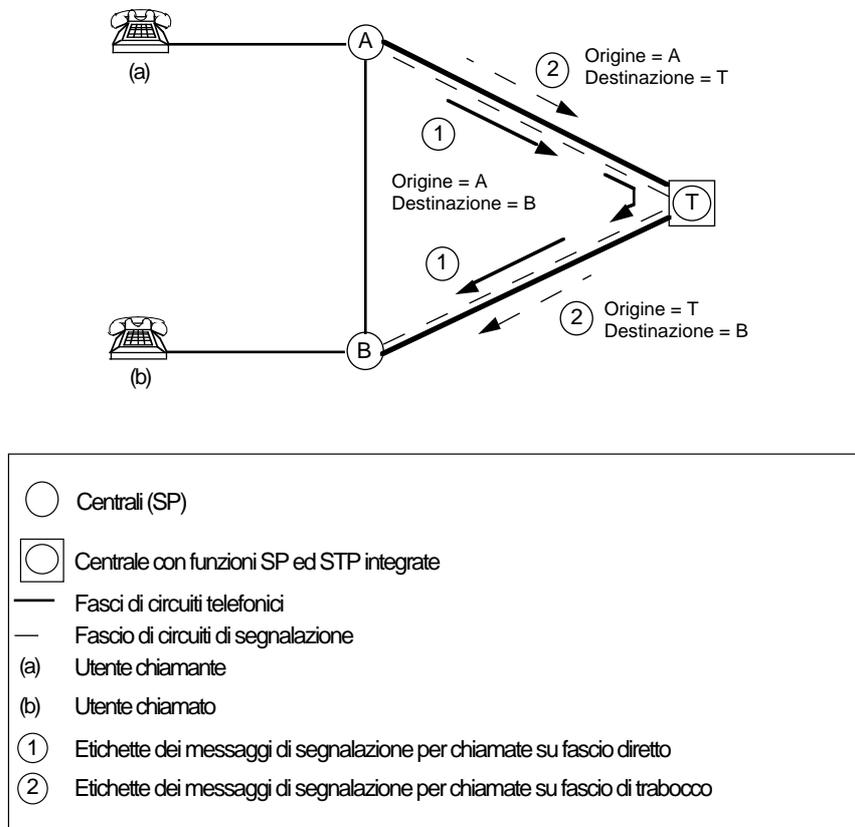


Figura 7 Esempio di utilizzo delle etichette



Figura 8 Formato base di un messaggio di segnalazione

segnalazione A-T. Pertanto l'etichetta dei messaggi inviati dall'SP A indicherà questa volta che l'origine del messaggio è A e la destinazione è l'SP T. Tale etichetta verrà analizzata dall'SP T, il quale, riconoscendosi come destinatario del messaggio, li passa ai programmi telefonici che ne analizzano il contenuto (in particolare analizza le cifre di selezione, per determinare l'ulteriore instradamento telefonico). Una volta impegnata la giunzione uscente verso la centrale B, l'SP T invierà i messaggi di segnalazione caratterizzandoli con un'etichetta indicante l'SP T come origine e l'SP B come destinazione.

In definitiva, un messaggio di segnalazione può essere immaginato come costituito da una stringa di bit di lunghezza variabile, a seconda delle particolari esigenze, nel quale si possono identificare due parti (Fig. 8):

a) l'etichetta e b) un campo segnali/indicazioni contenente le informazioni di segnalazione vere e proprie da trasmettere (ad es. le cifre di selezione inviate dal chiamante).

Oltre a ciò va considerato il problema del corretto trasferimento dei messaggi sui circuiti di segnalazione anche in presenza di eventuali malfunzionamenti o guasti degli apparati trasmissivi. Per questo motivo a ciascun messaggio di segnalazione vengono aggiunti ulteriori dati (bit di ridondanza), contenuti in appositi campi, necessari per il controllo del suo corretto trasferimento sui vari circuiti della rete di segnalazione. In particolare, come si vedrà in dettaglio nell'articolo successivo, tali bit dovranno, ad esempio, permettere di:

- determinare l'inizio e la fine di un messaggio,
- rivelare in un messaggio l'eventuale presenza di errori di trasmissione,
- poter garantire in ricezione l'ordinata ricostruzione della sequenza di messaggi relativi al controllo di una data connessione telefonica, ecc.

Un messaggio di segnalazione a cui oltre all'etichetta e al campo segnali/indicazioni vengono aggiunti ulteriori dati, per i motivi sopra indicati, prende il nome di Unità di Segnalazione di Messaggio (MSU) (Fig. 9).

Bibliografia

- [1] Raccomandazioni CCITT Q.700-Q.795: *Specifications of Signalling System No. 7*. Ginevra, 1989.
- [2] Decina, M.; Mossotto, C.; Romagnoli, M.: *Prospettive per la segnalazione su canale comune in Italia*. «Telecomunicazioni» No. 71-72, 1979.
- [3] Bonaventura, G.; Decina, M.; Roveri, A.: *La segnalazione su canale comune nelle reti numeriche integrate*. «Note Recensioni Notizie» Vol. XXVIII - Numero 1 - Gennaio-Marzo 1979.
- [4] Intorrella, M.; Romagnoli, M.: *Esperienze e piani per la segnalazione su canale comune in Europa*. «Elettronica e Telecomunicazioni» No. 5, 1983.
- [5] Amici, B.; Cancer, E.; Pietralunga, E.: *La segnalazione su canale comune, caratteristiche generali e piani di introduzione*. «XXXV Convegno Internazionale delle Comunicazioni» IIC, Genova, 12-14 Ottobre 1987.
- [6] de Julio, U.: *Signalling systems for digital networks*. «ASIA Telecom» Singapore, 1989.
- [7] «The Bell System Technical Journal» Special issue on the CCIS Network. Vol. 57, No. 2, Febbraio 1978.
- [8] Schlanger, G.: *An overview of SS7*. «IEEE Journal» 1986
- [9] Buatois, E.: *A Platform for No. 7 Signalling*. «Telecommunications» Vol. 24, No. 8, Agosto 1990
- [10] Specifiche di Accettazione dei Sistemi di Commutazione Numerici: *Sistema di Segnalazione su Canale Comune. Parte di Trasferimento dei Messaggi*. SIP-DG SASCN 6-1400/1, 1990.



Figura 9 Formato di una MSU

La struttura funzionale della segnalazione CCITT N.7

R. Michelessi (*)

L'articolo fornisce una panoramica del Sistema di Segnalazione a Canale Comune illustrandone i contenuti funzionali e le caratteristiche di interconnessione tra i vari livelli gerarchici. Esso descrive le funzioni della Parte di Trasferimento dei Messaggi (MTP, Message Transfer Part), della Parte di Controllo delle Connessioni (SCCP, Signalling Connection Control Part), della Capacità di Transazione (TC, Transaction Capabilities), della Parte di Utilizzazione per Telefoni (TUP-N National Telephon User Part) e della Parte di Utilizzazione per ISDN (ISDN-UP), Integrated Services Digital Network User Part).

1. La suddivisione a livelli funzionali

Il Sistema di Segnalazione su Canale Comune CCITT N. 7 definisce l'insieme delle procedure di segnalazione che permettono ai nodi di una moderna rete di telecomunicazioni di scambiare informazioni per un vasto e variegato campo di applicazioni.

I risultati fino ad oggi raggiunti sono il prodotto di successivi passi evolutivi e di differenti fasi di definizione del sistema, ottenuti attraverso il principio di suddivisione e stratificazione di un sistema complesso in più sottosistemi (su differenti livelli funzionali).

La segnalazione a canale comune, infatti è stata originariamente concepita per il trasferimento di informazioni riferite al controllo di giunzioni tra centrali. Per questa prima categoria di applicazioni (telefonia, dati, ISDN a commutazione di circuito), il controllo dei messaggi scambiati tra i due nodi adiacenti e relativi ad una stessa chiamata, è ottenuto associando ciascun messaggio con il codice di identificazione del circuito fonico cui la chiamata stessa si riferisce.

La necessità di soddisfare una seconda categoria di applicazioni (ad es. accesso a Basi Dati per validazioni traduzione codici, ecc.), ha comportato lo sviluppo di nuove procedure di segnalazione basate su un sofisticato dialogo tra i nodi della rete, non necessariamente associate alla costruzione di una connessione a circuito da utente a utente ma associate ad una connessione logica.

L'aggiunta di nuove funzionalità e il conseguente ampliamento del campo di applicazioni, ha richiesto la modifica dell'architettura originaria del sistema, ottenendo infine il completo allineamento con il modello di riferimento OSI (Racc. CCITT 1988).

Il modello di riferimento OSI (Open System Interconnection) rappresenta un modello logico di riferimento standard che specifica le funzionalità necessarie affinché due sistemi di telecomunicazioni interconnessi attraverso una rete di TLC possano comunicare. I modelli sviluppati in accordo con il modello OSI sono denominati "sistemi aperti". In particolare, nel modello di riferimento OSI, le funzioni sono distribuite secondo una struttura gerarchica a 7 livelli. Ciascun livello può interagire solo con i livelli immediatamente confinanti, attraverso interfacce standard di comunicazione (fig. 1).

I primi 4 livelli della struttura definiscono le funzioni caratteristiche della rete di telecomunicazioni (servizi di rete), mentre gli ultimi 3 livelli definiscono le funzioni caratteristiche dell'apparato di utente (servizi di utente).

L'implementazione degli ultimi 3 livelli dipende dalla quantità di "intelligenza" integrata in ciascun apparato.

Nella telefonia di base, ad esempio, il terminale telefonico non implementa nessuna di tali funzioni.

Secondo l'approccio OSI, i sistemi che utilizzano la rete di TLC come veicolo di trasporto delle informazioni, comunicano attraverso l'impiego di opportuni messaggi.

I dati all'interno di ciascun messaggio sono strutturati secondo precisi campi ed ogni funzione può accedere solo ai campi permessi dalla gerarchia del suo livello di appartenenza.

In ricezione, ciascuna funzione analizza solo i dati del messaggio di propria competenza, il resto dei dati viene ignorato e trasferito alle funzioni del livello confinante di gerarchia superiore.

(*) ing. Roberto Michelessi - SIP DG - Roma

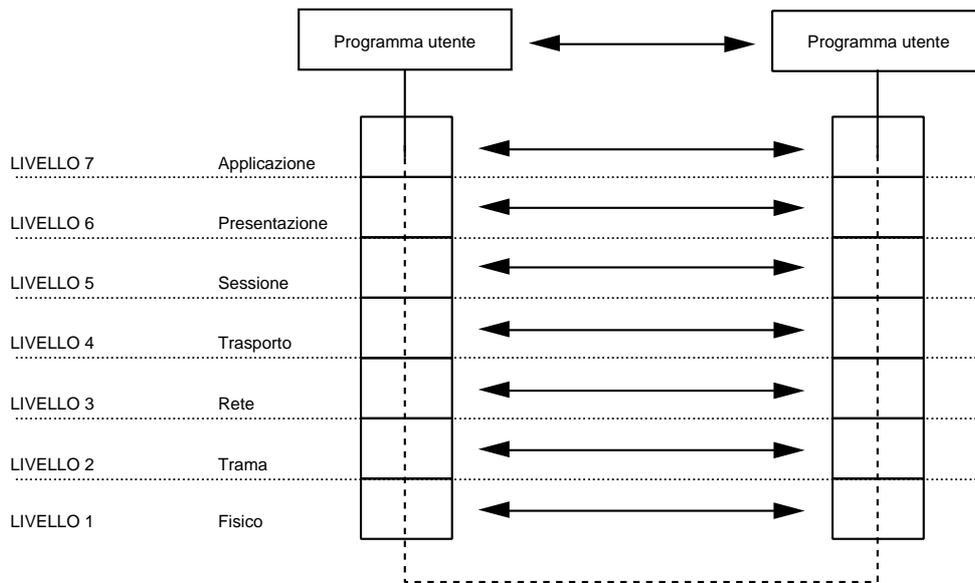


Figura 1 Modello di riferimento OSI

La struttura funzionale definita inizialmente dalla Racc. CCITT del 1980 prevedeva la suddivisione funzionale in quattro livelli (fig. 2), le cui caratteristiche essenziali sono in sintesi le seguenti:

- il livello 1 denominato Circuito Dati di Segnalazione è il mezzo trasmissivo costituito da un circuito numerico a 64 kbit/sec;
- il livello 2 denominato Circuito di segnalazione, definisce le funzioni e le procedure necessarie per il trasferimento dei messaggi su un circuito dati di segnalazione;

- il livello 3 denominato Rete di Segnalazione ha la funzione di instradare i messaggi nella rete di segnalazione, della quale gestisce la riconfigurazione i caso di guasto;
- Il livello 4 denominato Parte di Utilizzazione definisce le funzioni applicative relative alle varie utilizzazioni del sistema (ad es. TUP per applicazioni telefoniche, DUP per applicazione dati ecc.).

I livelli 1, 2 e 3, denominati complessivamente Parte di Trasferimento dei Messaggi (MTP, Message Transfer Part) forniscono un servizio di trasporto comune alle Parti di Utilizzazione (funzioni di liv. 4) e risultano di conseguenza funzionalmente indipendenti da esse. Nuove applicazioni e servizi possono essere pertanto realizzati definendo semplicemente nuove Parti di Utilizzazione o, eventualmente, modificando quelle esistenti, senza dover intervenire, di principio sulle funzioni della MTP.

La necessità di ampliare il campo di applicazione facendo evolvere il Sistema CCITT N.7 verso un protocollo di impiego più generale, ha portato successivamente alla definizione di un nuovo modello architetturale allineato con la struttura funzionale del modello di riferimento OSI (FIG. 3). Tale evoluzione è stata conseguita con la definizione di nuovi blocchi funzionali (al di sopra della MTP) e non ha comportato modifiche o rifacimenti delle funzioni già esistenti.

Il protocollo SCCP (Signalling Connection Control Part) definisce le funzioni aggiuntive alla MTP, necessarie per offrire un vero e proprio servizio di rete, orientato alla realizzazione di connessioni logiche di segnalazione, oltre a sofisticate funzioni di indirizzamento, di segmentazione e di ricomposizione dei messaggi. Le funzioni SCCP e MTP, nel loro insieme, corrispondono allo strato 3 del modello OSI.

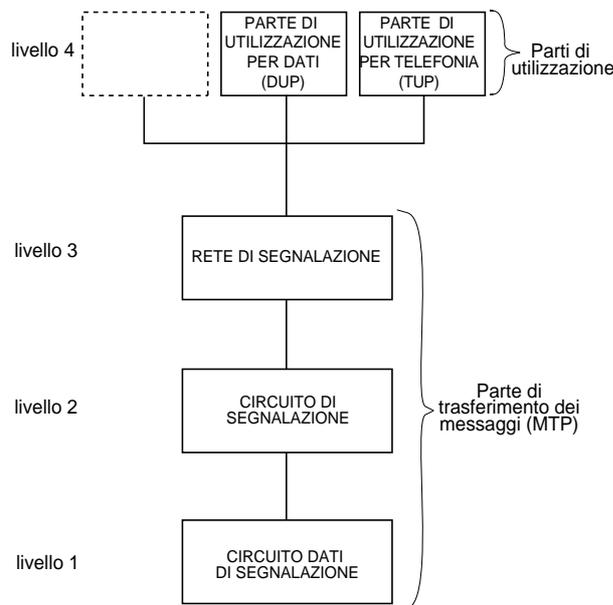


Figura 2 Struttura funzionale a livelli del sistema CCITT N. 7 (1980)

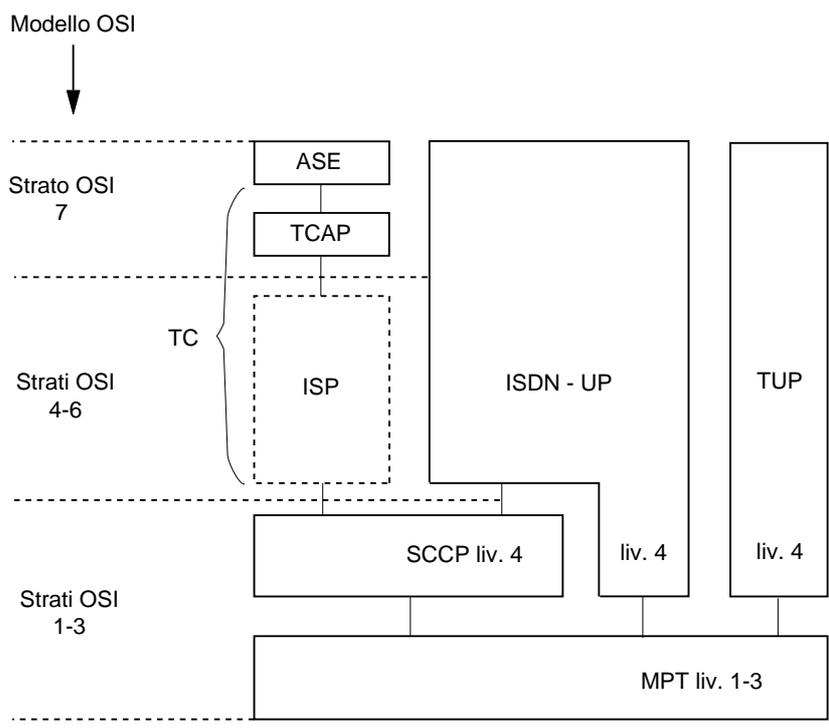


Figura 3 Struttura CCITT N. 7 (versione 1988) e confronto con il modello OSI

La ISDN-UP (ISDN User Part) svolge una funzione di liv. 4 analoga alla TUP, ma è prevista per essere utilizzata specificamente nelle Reti Numeriche Integrate nei Servizi (ISDN). In particolare la ISDN-UP può utilizzare anche le funzioni della SCCP per la fornitura di alcuni servizi supplementari tipici della ISDN, quali ad esempio la Segnalazione da Utente a Utente.

Infine, la TCAP (Transaction Capabilities Application Part) svolge le funzioni di liv. 7 fornendo le prestazioni di segnalazione aggiuntive per quelle applicazioni (indicate con il termine ASE Application Service Element) che sono orientate alle transazioni.

2. Parte di trasferimento dei messaggi (MTP)

2.1 Funzioni del circuito dati di segnalazione (liv. 1)

Il livello 1 definisce le caratteristiche fisiche elettriche e funzionali del circuito dati di segnalazione e dei mezzi per accedervi, fornendo il portante trasmissivo per le funzioni di livello 2.

Nell'Applicazione Nazionale il circuito dati di segnalazione è tipicamente costituito da un circuito numerico a 64 kbit/s, utilizzato per lo scambio simultaneo di segnali in entrambe le direzioni (due canali numerici, uno per ciascun verso di trasmissione).

Il circuito dati di segnalazione è generalmente estratto da un time-slot libero (di norma il time-slot 16) di un

sistema a 2048 kbit/s (Racc. Q.702).

L'accesso al circuito dati di segnalazione, nella rete di connessione numerica, può avvenire mediante commutazione semipermanente, facilitando così, in caso di guasto, le procedure di riconfigurazione automatica dei circuiti di segnalazione.

2.2 Funzioni del circuito di segnalazione (liv. 2)

Il livello 2 definisce le procedure per il trasferimento dei messaggi tra due punti di segnalazione (SP, Signalling Point) adiacenti, eseguito in modo affidabile su di un circuito dati di segnalazione (Racc. Q.703).

Il complesso di tali funzioni è svolto dal cosiddetto terminale di segnalazione il quale, insieme con il circuito dati di segnalazione costituisce il circuito di segnalazione.

I messaggi di segnalazione, denominati Unità di Segnalazione (SU, Signalling Unit) prima di essere trasmessi sul circuito dati di segnalazione, sono consegnati dai livelli superiori alle funzioni di livello 2 come pacchetti informativi di lunghezza variabile. Al contenuto informativo del pacchetto ricevuto, le funzioni di livello 2 aggiungono le informazioni di controllo necessarie per il corretto trasferimento dei messaggi sul circuito dati di segnalazione.

Sono definiti tre tipi di Unità di Segnalazione (fig. 4).

- Unità di Segnalazione di Messaggio (MSU, Message Signalling Unit): utilizzate per trasportare le informazioni generate dalle Parti di Utilizzazione (liv. 4).

- Unità di Segnalazione di Stato del Circuito (LSSU, Link Status Signal Unit): utilizzate nelle procedure di gestione del circuito di segnalazione per trasferire informazioni sullo stato dei terminali di segnalazione (ad es. terminale in servizio, fuori servizio, non allineato ecc.).
- Unità di Segnalazione di Riempimento (FISU, Fill In Signal Unit): inviate in assenza di unità informative da trasmettere, per assicurare il corretto funzionamento del circuito di segnalazione (in particolare allineamento dei terminali di segnalazione).

Le funzioni associate al livello 2 includono:

- a) La trasmissione sul circuito dati di segnalazione di unità di riempimento (FISU), in assenza di unità informative (MSU) da trasmettere.
- b) La delimitazione dei confini fra unità di segnalazione consecutive, per mezzo di una particolare configurazione di 8 bit (01111110) denominata "flag" (campo F), necessaria per consentire al terminale di segnalazione di ricevere correttamente unità di segnalazione di lunghezza variabile, riconoscendo con il flag l'inizio e la fine di ciascun messaggio.
- c) La prevenzione dall'imitazione dei flag, basata sulla cosiddetta tecnica di inserzione di bit, mediante la quale è assicurato che nessun altro campo delle unità SU possa contenere la stessa configurazione di bit del campo F.

La tecnica di inserzione di bit prevede in trasmissione l'inserzione da parte del terminale di segnalazione, di

un bit 0 dopo ogni sequenza di cinque bit 1 consecutivi (attuata su tutti i campi delle SU ad eccezione delle Flag). Una operazione complementare è svolta dal terminale di segnalazione ricevente che, per la ricostruzione della informazione originaria, cancella ogni bit 0 immediatamente successivo ad una sequenza di cinque bit 1.

- d) La verifica da parte del terminale di segnalazione ricevente, del corretto stato di allineamento con il terminale di segnalazione trasmittente, eseguita attraverso il controllo sulla congruenza della lunghezza e sulla relativa configurazione di bit delle Unità di Segnalazione ricevute.

In particolare, se la lunghezza della SU non è compresa tra 5 ottetti per le FISU e 272+6 ottetti per le MSU, oppure la SU contiene una configurazione di bit costituita da più di sei bit 1 consecutivi, l'evento viene interpretato come una condizione di perdita di allineamento. In questo caso, tutti gli ottetti ricevuti, a partire dall'ultima flag riconosciuta come valida, vengono scartati, fino a quando non viene ricevuta la successiva flag corretta. Se la perdita di allineamento permane per un tempo superiore ad un prefissato valore di soglia, il circuito di segnalazione è messo fuori servizio.

- e) La rivelazione degli errori trasmissivi, eseguita per mezzo di 16 bit di controllo (campo CK), previsti alla fine di ogni unità di segnalazione e generati secondo un determinato algoritmo dal terminale di segnalazione trasmittente in funzione della configurazione di bit

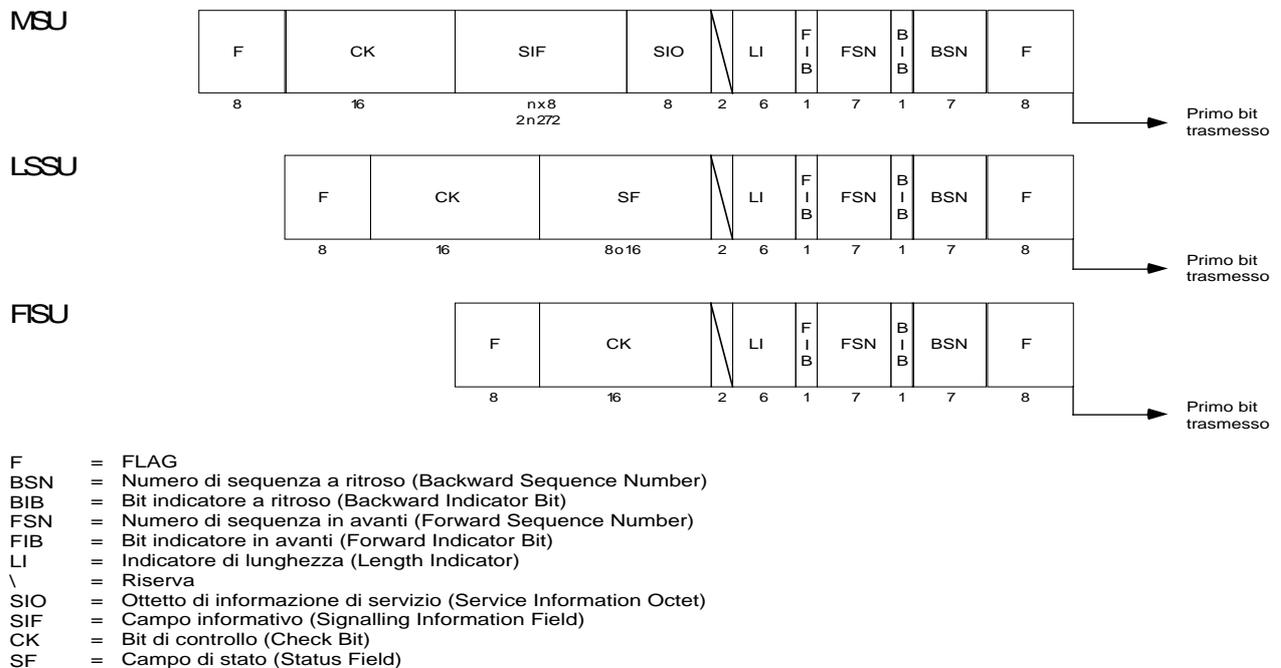


Figura 4 Elementi fondamentali delle unità di segnalazione

della SU trasmessa. All'estremità ricevente, il terminale di segnalazione elabora i bit di ciascuna SU utilizzando lo stesso algoritmo del terminale trasmittente. Se i 16 bit di controllo ricevuti non coincidono con i 16 bit di controllo ottenuti come risultato della elaborazione, il terminale ricevente rivela la presenza di errori e l'Unità di Segnalazione è scartata.

f) La correzione degli errori per mezzo della ritrasmissione continua e il controllo della sequenza delle unità di segnalazione, utilizzando numeri di sequenza, inviati sia in trasmissione che in ricezione come riscontro.

In condizioni di funzionamento normale, il metodo assicura un corretto trasferimento (in sequenza e senza duplicazioni) delle MSU sul circuito dati di segnalazione. Di conseguenza, le Parti di Utilizzazione non debbono eseguire alcuna operazione, relativa al riordino sequenziale o alla eliminazione dell'informazione ricevuta.

La tecnica di correzione tramite ritrasmissione, impiega riscontri positivi per segnalare il corretto trasferimento delle MSU e riscontri negativi per richiedere in modo esplicito la ritrasmissione delle Unità di Segnalazione di Messaggio ricevute in forma non corretta.

Per minimizzare il numero di ritrasmissioni ed il conseguente ritardo nel trasferimento delle SU, la richiesta di ritrasmissione viene generata dal terminale di segnalazione ricevente solo quando una MSU è stata persa, ad esempio a causa di disturbi o errori di trasmissione.

Il metodo richiede che le MSU trasmesse, ma non ancora riscontrate positivamente siano memorizzate

dal terminale di segnalazione trasmittente, per una loro eventuale successiva ritrasmissione.

Ogni unità di segnalazione MSU è numerata in sequenza da 0 a 127. Per le unità di segnalazione in avanti, questo numero apparirà come indicatore di sequenza in avanti (FSN, Forward Sequence Number), mentre per le unità di segnalazione a ritroso, come indicatore di sequenza a ritroso (BSN, Backward Sequence Number).

Quando un messaggio è ricevuto correttamente, il terminale ricevente trasmette una SU con il numero di sequenza BSN uguale al numero di sequenza FSN ricevuto (riscontro positivo).

Quando un messaggio è ricevuto errato, il messaggio viene scartato e il terminale ricevente trasmette una SU con il numero di sequenza BSN uguale all'ultimo numero di sequenza FSN ricevuto correttamente.

Quando un messaggio è ricevuto correttamente, ma con il numero FSN fuori sequenza, il messaggio viene scartato e il terminale ricevente trasmette un SU con il numero di sequenza BSN uguale all'ultimo numero di sequenza FSN ricevuto correttamente. Il bit indicatore a ritroso (BIB, Backward Indicator Bit) è invertito (riscontro negativo).

Quando un messaggio è ricevuto correttamente, con il bit indicatore BIB invertito, il terminale ricevente ritrasmette i messaggi non ancora riscontrati, partendo dal messaggio con il numero di sequenza FSN uguale al numero di sequenza BSN ricevuto. Il bit indicatore in avanti (FIB, Forward Indicator Bit) è invertito. In fig. 5 è illustrato un esempio di recupero di errori trasmissivi.

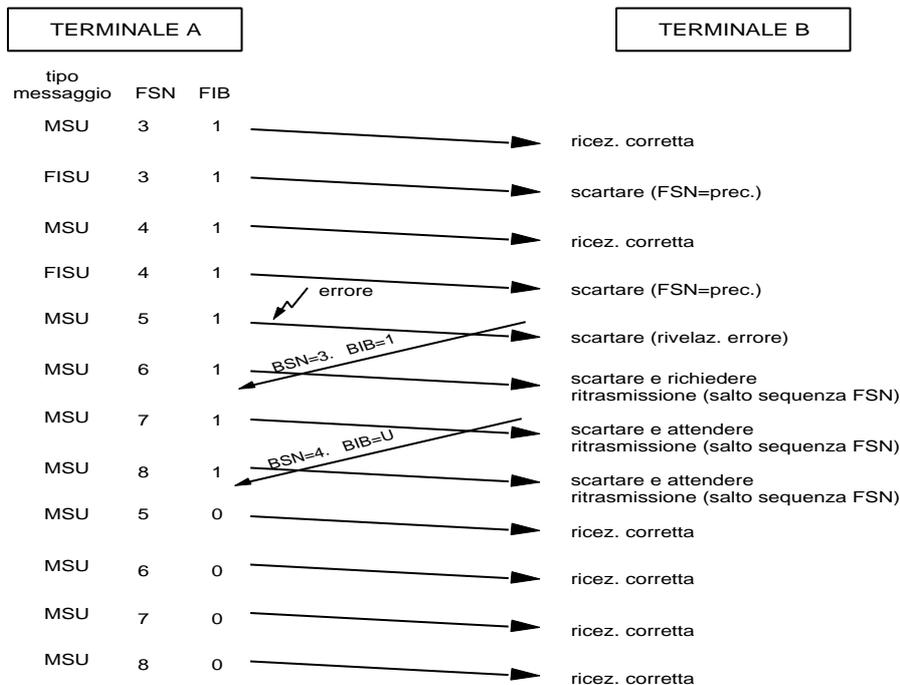


Figura 5 Esempio di procedura di correzione degli errori

g) La procedura di allineamento iniziale, per attivare o rimettere in servizio dopo un guasto il circuito di segnalazione.

E' una procedura di tipo asservito, eseguita dai terminali di segnalazione mediante lo scambio di unità LSSU contenenti le seguenti informazioni di stato della linea:

- l'indicazione di stato "O" (Out) è trasmessa con l'avvio dell'allineamento iniziale, quando nessuna indicazione di stato "O", "N", "E", è stata ancora ricevuta;
- l'indicazione di stato "N" (Normal) è trasmessa quando, avviato l'allineamento iniziale, è stata ricevuta l'indicazione di stato "O", "N", o "E" ed il terminale è nella condizione di allineamento normale;
- l'indicazione di stato "E" (Emergency) è trasmessa quando, avviato l'allineamento iniziale, è stata ricevuta l'indicazione di stato "O", "N" o "E" ed il terminale è nella condizione di allineamento di emergenza. Ad esempio è disponibile un solo circuito per una specifica destinazione;
- l'indicazione di stato "PO" (Processor Outage) è trasmessa quando, a causa di problemi relativi a funzioni di livello superiore al 2 è precluso l'uso del circuito di segnalazione;
- l'indicazione di stato "OS" (Out of Service) è trasmessa al terminale di segnalazione remoto, quando il terminale del circuito di segnalazione

non può ricevere nè trasmettere unità di messaggio per ragioni differenti dal guasto dell'elaboratore.

h) La rivelazione di guasto sul circuito di segnalazione, eseguito attraverso il controllo del tasso di errore:

- la prima funzione è utilizzata quando il circuito di segnalazione è in servizio ed identifica uno dei criteri per porre il circuito stesso fuori servizio. In questo caso, il controllo del tasso d'errore è realizzato mediante l'impiego di un contatore e basato su un conteggio non lineare delle SU ricevute errate. Il contatore è incrementato di una unità ad ogni SU ricevuta errata e decrementato di una unità solo dopo la ricezione di un numero prefissato di SU ricevute prive di errore (256 nel caso di circuito di segnalazione numerico). Al raggiungimento di una soglia predefinita (64 nel caso di circuito di segnalazione numerico) il circuito di segnalazione viene messo fuori servizio;
- la seconda funzione è utilizzata quando il circuito è nello stato di prova, durante la procedura di allineamento iniziale. Il controllo del tasso d'errore è basato su un conteggio lineare delle SU ricevute errate che provoca il fallimento della prova nel caso di raggiungimento di una soglia predefinita (4 per il periodo di prova normale e 1 per il periodo di prova di emergenza).

Se il numero di fallimenti raggiunge il limite di 5, la linea viene posta nello stato di fuori servizio.

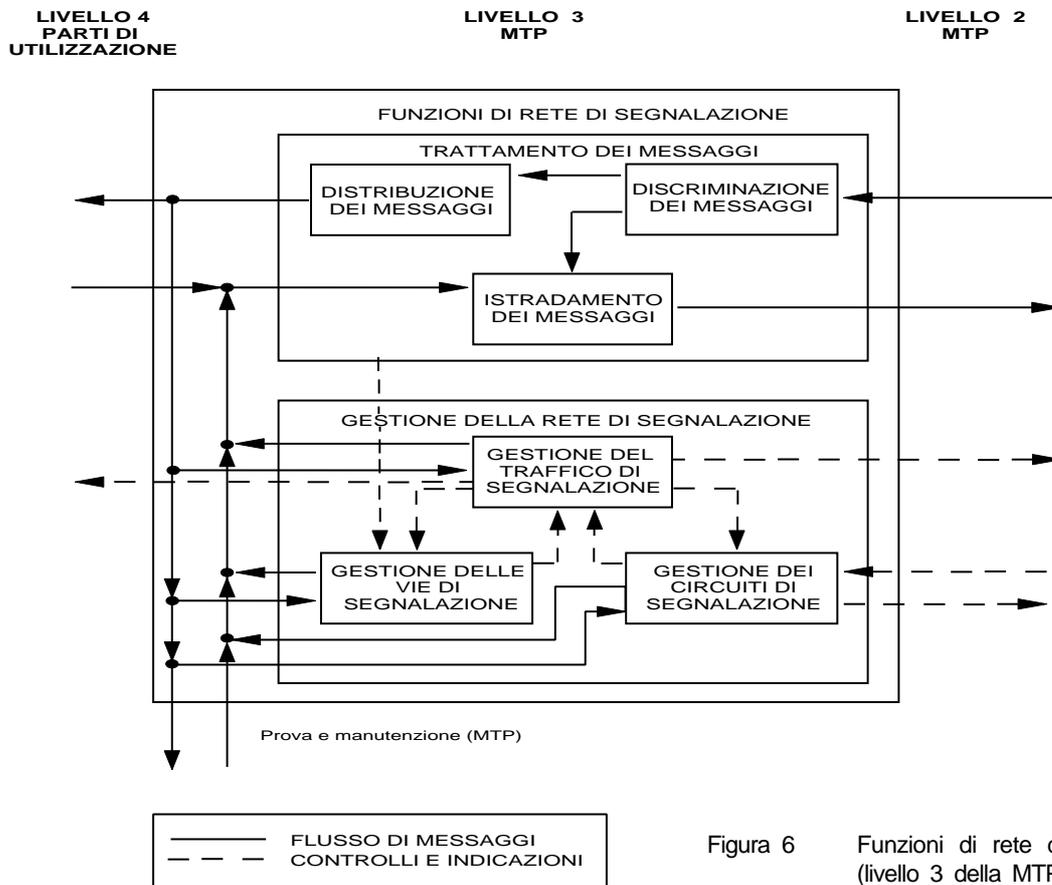


Figura 6 Funzioni di rete di segnalazione (livello 3 della MTP)

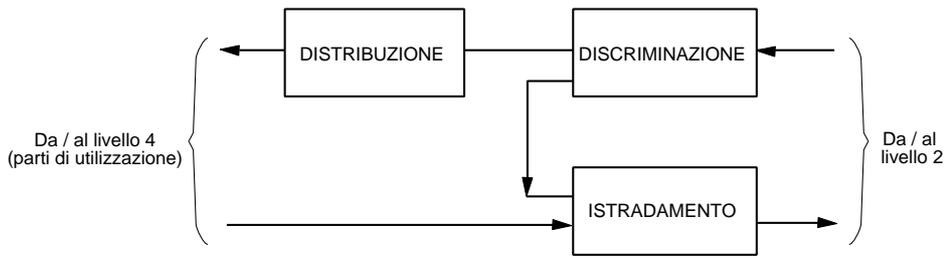


Figura 7 Istradamento discriminazione e distribuzione dei messaggi

2.3 Funzioni della rete di segnalazione (liv.3)

Il livello 3 definisce l'insieme di procedure per il trattamento dei messaggi di segnalazione e la gestione della rete di segnalazione (fig. 6).

Il loro impiego garantisce il trasferimento delle informazioni, oltre che in condizioni di funzionamento normale, anche in condizione di funzionamento anomalo (es. guasto di un nodo della rete o inaccessibilità di una via di segnalazione, per congestione o guasto dei circuiti all'interno della via).

Scopo delle funzioni di trattamento dei messaggi di segnalazione è assicurare che i messaggi originati nel Punto di Segnalazione di origine (da una determinata Parte di Utilizzazione UP), arrivino alla stessa Parte di Utilizzazione, nel punto di segnalazione di destinazione (indicato nella UP di origine).

Il trattamento di messaggi di segnalazione è realizzato mediante le seguenti funzioni (fig. 7);

a) la funzione di instradamento dei messaggi, determina nel nodo di segnalazione interessato, il circuito di segnalazione uscente da utilizzare per il trasferimento di un messaggio verso un altro nodo della rete.

L'instradamento è effettuato in base al codice DPC (Destination Point Code) del nodo SP di destinazione, verso cui il messaggio è indirizzato e al codice SLS (Signalling Link Selection) di divisione di carico, utilizzato per distribuire il carico dei messaggi tra più circuiti di uno stesso fascio di segnalazione (fig. 8) o tra circuiti di differenti fasci (fig. 9).

Tale approccio consente, di bilanciare il carico tra le varie vie di segnalazione esistenti tra la centrale di origine e la centrale di destinazione del messaggio. In tal modo si ottengono condizioni ottimali di funzionamento della rete, sia in termini di tempi di trasferimento dei messaggi, sia in occasione di eventuali sovraccarichi istantanei.

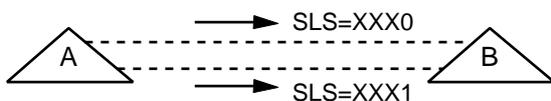


Figura 8 Esempio di divisione di carico entro il fascio di segnalazione

b) La funzione di discriminazione dei messaggi determina se il nodo di segnalazione interessato è il punto di destinazione del messaggio.

La decisione si basa sul confronto, tra il codice DPC del punto di destinazione verso cui il messaggio è indirizzato e il codice OPC (Originating Point Code) di identità del nodo SP di ricezione del messaggio. Se i codici DPC e OPC sono uguali, il nodo SP è riconosciuto come punto di destinazione del messaggio. In caso contrario, il nodo è riconosciuto come punto STP (Signalling Transfer Point) di transito e il messaggio verrà consegnato alla funzione di instradamento dei messaggi per essere inviato verso un nodo successivo.

c) La funzione di distribuzione dei messaggi, determina nel punto di destinazione interessato, la parte di utilizzazione (livello 4) a cui il messaggio deve essere consegnato.

L'analisi viene fatta utilizzando l'indicatore di servizio SIO (Service Information Octect) contenuto nel messaggio ricevuto.

Dalla descrizione delle suddette funzioni risulta che la procedura di instradamento dei messaggi è una funzione applicata ai messaggi in trasmissione, mentre le procedure di discriminazione e distribuzione sono funzioni applicate ai messaggi in ricezione. Tutte le funzioni di trattamento dei messaggi (instradamento, discriminazione, distribuzione) sono basate sul contenuto di uno specifico campo informativo denominato etichetta di instradamento (fig. 10).

Essa appartiene a un campo più ampio del messaggio, denominato etichetta globale, del quale rappresenta un sottoinsieme. L'etichetta di instradamento contiene:

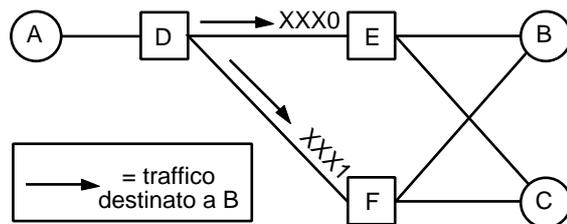


Figura 9 Esempio di divisione di carico tra fasci di segnalazione

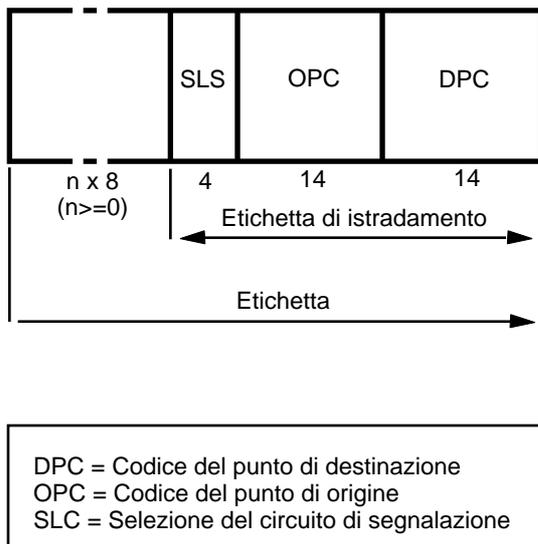


Figura 10 Etichetta di instradamento nella rete di segnalazione

- l'indicazione esplicita dei punti di origine (OPC) e di destinazione (DPC) del messaggio, ossia l'identificazione della relazione interessata;
- il codice (SLS) usato per la divisione di carico tra le diverse vie utilizzabili nella rete di segnalazione.

L'etichetta di instradamento è stata definita in modo tale da avere un formato indipendente dalla specifica applicazione del messaggio che la contiene, mentre l'etichetta globale può essere diversa a seconda dell'applicazione.

Tutti i messaggi relativi ad una specifica utilizzazione (ad es. tutti i messaggi di una stessa chiamata telefonica) sono contraddistinti dallo stesso valore dell'etichetta di instradamento.

Infine, va sottolineato che, applicando la funzione di instradamento con le regole sopra esposte, in condizioni di funzionamento normale, tutti i messaggi che hanno la stessa etichetta di instradamento (ad es. i messaggi per la costruzione ed il controllo di una chiamata telefonica su un particolare circuito) sono instradati attraverso gli stessi circuiti di segnalazione e gli stessi STP, garantendo quindi il corretto ordine di sequenza dei messaggi.

Da notare che le funzioni di livello 2 garantiscono la corretta sequenza dei messaggi solo tra gli estremi del circuito dati di segnalazione e non su tutta la tratta del collegamento tra la centrale di origine e la centrale di destinazione del messaggio.

Scopo delle funzioni di gestione della rete di segnalazione è assicurare la riconfigurazione della rete di segnalazione in caso di guasti. Tale riconfigurazione si ottiene per mezzo di appropriate procedure atte a modificare l'instradamento del traffico di segnalazione in modo da escludere dalla rete i circuiti guasti o i punti di segnalazione fuori servizio.

Mediante queste funzioni, ciascun nodo di segnalazione ha la possibilità, a seguito del verificarsi di una anomalia nella rete (es. fuori servizio di un nodo o inaccessibilità di una via di segnalazione), di trasmettere l'informazione di guasto ai restanti nodi della rete (in particolare ai nodi STP).

La ricezione della informazione di guasto, genera in ciascun nodo di segnalazione, l'interruzione immediata del traffico diretto verso il punto della rete colpito da anomalia. Contemporaneamente, gli stessi nodi, in funzione del tipo di guasto, hanno la possibilità di riconfigurare i propri dati di instradamento, indirizzando il traffico precedentemente interrotto attraverso altri percorsi all'interno della rete di segnalazione.

La gestione della rete di segnalazione è realizzata mediante le seguenti funzioni:

- a) La funzione di gestione del traffico di segnalazione modifica l'instradamento dei messaggi in modo da conservare, quando richiesto, l'accessibilità di tutti i punti di destinazione interessati.

Essa realizza il controllo di flusso dei messaggi, evitando il verificarsi di irregolarità durante il cambio di instradamento. La stessa funzione provvede, con la cessazione del guasto, al ripristino del normale instradamento.

Il controllo di instradamento dei messaggi si basa sull'analisi di informazioni prestabilite, relative a tutte le possibili alternative di instradamento e alle informazioni dello stato della rete di segnalazione (cioè l'effettiva disponibilità dei circuiti e delle vie di segnalazione che possono essere usati in alternativa).

I mutamenti di stato della rete di segnalazione, conducono normalmente alla modifica dei dati di instradamento e quindi al trasferimento di certe porzioni di traffico di segnalazione all'interno di ciascun nodo. Le procedure impiegate per la modifica dell'instradamento sono concepite in modo da evitare, finché le circostanze lo permettono, delle irregolarità nel trasferimento dei messaggi, come la perdita, l'errata sequenza o la duplicazione degli stessi.

L'espletamento di questi controlli è realizzato attraverso procedure di scambio, ripristino, reinstradamento forzato, reinstradamento comandato e controllo di flusso del traffico di segnalazione.

L'obiettivo della procedura di scambio è di assicurare che il traffico di segnalazione trasmesso attraverso un circuito di segnalazione divenuto indisponibile (ad es. guasto), sia trasferito ad uno o più circuiti alternativi il più velocemente possibile e senza perdita, duplicazione o fuori sequenza dei messaggi.

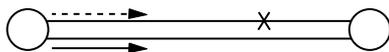
Nel caso normale, la procedura di scambio comprende l'aggiornamento dei "buffer" di ritrasmissione e il recupero dei messaggi non ancora inviati (o inviati ma non riscontrati dalla stazione remota). Queste azioni sono eseguite prima di riaprire il traffico sul/sui circuito/i di segnalazione alternativo/i.

L'aggiornamento dei "buffer" di ritrasmissione, consiste in una prima attività di identificazione di tutti messaggi presenti nel "buffer" che sono stati ricevuti dall'estremità lontana. Tale informazione è ottenuta per mezzo di una procedura basata su appositi messaggi di scambio, controllati dai due nodi posti alla estremità del circuito indisponibile. La seconda attività, consistente nel trasferimento dei messaggi dal "buffer" del circuito indisponibile al /ai "buffer" di trasmissione del/dei circuito/i di segnalazione alternativo/i.

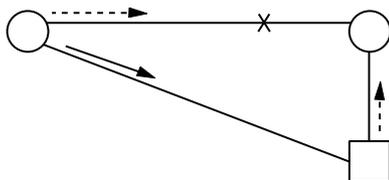
La procedura di scambio (fig. 11) può avvenire con il trasferimento del traffico su uno o più circuiti nell'ambito dello stesso fascio di segnalazione o su uno o più differenti fasci di segnalazione.

Le procedure di ripristino, sono sostanzialmente analoghe a quelle di scambio. Esse sono utilizzate per attuare il trasferimento del traffico dal circuito di segnalazione alternativo al circuito nuovamente disponibile.

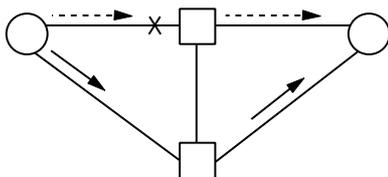
Il reindirizzamento forzato è la procedura utilizzata dal nodo SP, quando una via di segnalazione verso una particolare destinazione diventa indisponibile. Essa consiste nel trasferire il traffico verso una particolare destinazione attraverso una via alternativa uscente dall'SP stesso.



Esempio di scambio su circuito parallelo.



Esempio di scambio su via alternativa diverso da quello del circuito indisponibile ma che **passa** ancora attraverso l'SP lontano.



Esempio di scambio su via alternativa diverso da quello del circuito indisponibile ma che **non passa** per l'SP lontano.

Figura 11 Esempi di scambio

La fig. 12 riporta un esempio di applicazione di tale procedura attivata da una situazione di doppio guasto sui circuiti di segnalazione DF e DE. In tali condizioni l'STP B è informato da D (tramite le procedure di gestione delle vie di segnalazione, di seguito descritte) che la destinazione F non è più raggiungibile attraverso D. In risposta a ciò, l'STP B effettua un reindirizzamento forzato, inviando verso E (sul circuito di segnalazione BE) il traffico destinato ad F (originariamente inoltrato su BD).

Al termine del guasto, il normale instradamento viene ripristinato con la procedura di reindirizzamento comandato.

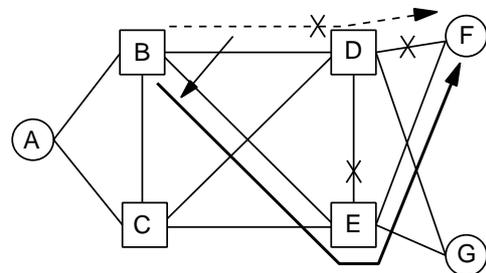
Le funzioni di controllo di flusso consentono di limitare il traffico di segnalazione sui nodi di origine, quando, a causa di guasti o di sovraccarichi, la rete di segnalazione non è in grado di trasferire tutto il traffico offerto dalle Parti di Utilizzazione. Quando la normale capacità di trasferire il traffico è stata ristabilita, le funzioni di controllo del flusso provocano la normale ripresa del traffico di segnalazione.

- b) La funzione di gestione delle vie di segnalazione è impiegata nel modo quasi associato, dove per via di segnalazione si intende una predeterminata successione di fasci di segnalazione e punti di trasferimento di segnalazione (STP) definiti tra due nodi SP di origine e di destinazione.

La funzione realizza il trasferimento delle informazioni circa i cambiamenti dello stato di disponibilità delle vie di segnalazione, consentendo ai nodi SP lontani di intraprendere le opportune azioni di gestione del traffico di segnalazione.

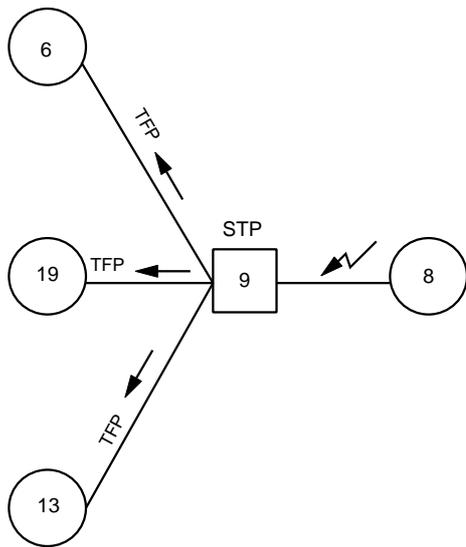
Questa funzione è impiegata per distribuire informazioni sullo stato della rete di segnalazione, al fine di bloccare o sbloccare vie di segnalazione. Essa è realizzata mediante le seguenti procedure:

- La procedura di trasferimento proibito, è utilizzata da un STP per avvisare i Punti di Segnalazione (centrali o altri STP) adiacenti che l'STP stesso non può raggiungere una certa destinazione (ad es.



L'STP B effettua un reindirizzamento forzato inviando verso l'STP E il traffico destinato all'SP F

Figura 12 Procedura di reindirizzamento forzato



L'STP invia un messaggio di trasferimento proibito (TFP) a ciascun SP adiacente.

Il messaggio contiene le seguenti informazioni:

- Punto di destinazione della segnalazione (dpc) = 6,19 o 13
- Punto di origine della segnalazione (OPC) = 9
- Indicazione di messaggio TFP
- Destinazione interessata dal TFP=8

Figura 13 Procedura di trasferimento proibito (TFP)

una certa centrale). Tali Punti di Segnalazione dovranno quindi effettuare la procedura di reinstradamento forzato. La fig. 13 riporta un esempio di trasferimento proibito, illustrando anche i contenuti del messaggio che l'STP invia ai Punti di Segnalazione Interessati.

- La procedura di trasferimento permesso è complementare alla procedura di trasferimento proibito e viene usata alla riparazione del guasto. I Punti di Segnalazione interessati, alla ricezione di un messaggio di trasferimento permesso, ripristinano il normale instradamento della

segnalazione mediante la procedura di reinstradamento comandato.

- La procedura di prova delle vie di segnalazione consente al punto di segnalazione che ha ricevuto un messaggio di trasferimento proibito, di interrogare periodicamente l'STP interessato sullo stato della via di segnalazione.
- c) La funzione di gestione dei circuiti di segnalazione, controlla per ciascun nodo, i fasci di segnalazione connessi localmente. In caso di cambio nello stato di disponibilità di un fascio di segnalazione (es. ripristino da un guasto) la funzione intraprende e controlla azioni tendenti a ristabilire la normale capacità del fascio stesso.

Questa funzione garantisce, nonostante l'insorgenza dei guasti, che tra due punti di segnalazione adiacenti sia attivo un prefissato numero di circuiti di segnalazione. Essa comprende diverse procedure atte a sostituire in modo più o meno automatico le entità guaste (circuiti trasmissivi o terminali di segnalazione) con altre di riserva, per ripristinare circuiti guasti, per attivare circuiti in riserva fredda (non ancora allineati) e per disattivare i circuiti attivati in precedenza. Tali procedure sono:

- attivazione, ripristino e disattivazione di circuiti di segnalazione;
- attivazione di un fascio di segnalazione;
- assegnazione automatica dei terminali di segnalazione e dei circuiti di segnalazione.

La Fig. 14 mostra un esempio della procedura di attivazione di un circuito di segnalazione, con allocazione automatica del terminale. La figura evidenzia una condizione di guasto di un circuito dati di segnalazione. In tal caso il circuito di segnalazione può essere riattivato collegando il terminale di segnalazione interessato ad un altro portante trasmissivo. Invece, in caso di guasto di un terminale di segnalazione, con una procedura analoga si può collegare allo stesso circuito trasmissivo un terminale di segnalazione di riserva.

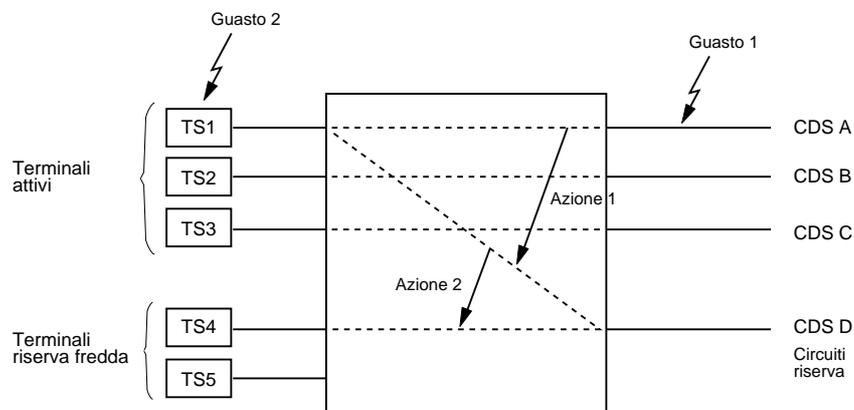


Figura 14 Attivazione di un circuito di segnalazione con allocazione automatica del terminale

3. Parte di controllo delle Connessioni di Segnalazione (SCCP).

La Parte di Controllo delle Connessioni di Segnalazione (SCCP) fornisce funzioni aggiuntive alla Parte di Trasferimento dei Messaggi (MTP) e realizza il trasferimento di informazioni con o senza la formazione di una connessione di segnalazione (connection-oriented o connection-less).

Nella struttura funzionale OSI, la SCCP è posta al di sopra del protocollo MTP. Essa utilizza i servizi MTP e realizza insieme alla MTP la Parte dei Servizi di Rete (NSP Network Service Part) di livello 3.

Diverse sono le applicazioni che richiedono per il trasferimento dei dati l'impiego delle procedure SCCP, ad esempio:

- L'interrogazione di una banca dati centralizzata durante la fase di instaurazione di una chiamata (come richiesto per l'espletamento di servizi avanzati quali Numero Verde, Carta di Chiamata, ecc.)
- L'aggiornamento, nel servizio radiomobile, dei dati di posizionamento di un veicolo.
- L'attivazione remota di servizi supplementari.
- L'utilizzazione del canale "D" per il trasferimento dati tra due utenti ISDN.
- Il trasferimento dati tra i centri di gestione della rete, per applicazioni di telemetria, teleallarmi ecc.

La modalità di trasferimento dei dati, si differenzia in funzione del volume e delle caratteristiche dei dati stessi, del tipo di applicazione e del grado di affidabilità con cui si intende trasferire tali informazioni. Il protocollo SCCP prevede quattro differenti modalità (classi) di trasferimento dei dati:

- CLASSE - 0 (senza connessione base): i dati sono trasferiti attraverso i nodi della rete di segnalazione in modo indipendente, senza il controllo di sequenza.
- CLASSE - 1 (senza connessione, con controllo di sequenza): presenta le stesse caratteristiche della classe 0, completate dal controllo di sequenza, realizzato dalla funzione di instradamento dei messaggi che attraverso il campo SLS sceglie lo stesso circuito per tutti i messaggi appartenenti ad una stessa chiamata.
- CLASSE - 2 (orientata alla connessione base): il trasferimento bidirezionale delle Unità Dati di Segnalazione è realizzato attraverso connessioni logiche (temporanee o permanenti) settate all'interno dei nodi della rete di segnalazione.
- CLASSE - 3 (orientata alla connessione, con controllo di flusso): presenta le stesse caratteristiche della classe 2, completate dalla funzione di controllo di flusso, con recupero di errore di messaggi persi o fuori sequenza.

Nelle prime due classi (connection-less), non orientate alla connessione, ciascuna unità dati è trasmessa all'interno della rete in modo completamente

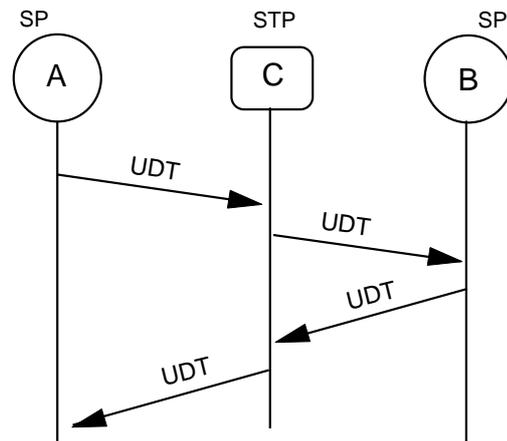


Figura 15 Trasferimento dati senza connessione

indipendente dalle altre unità. La trasmissione dei messaggi all'interno della rete viene eseguita attraverso l'impiego dei codici DPC e OPC. Il codice DPC è utilizzato per istradare il messaggio fino all'utente e il codice OPC per l'invio a ritroso del messaggio di risposta.

Questo tipo di approccio, realizzato senza la costruzione di una connessione logica di segnalazione, è particolarmente appropriato per quelle applicazioni che richiedono uno scambio informativo limitato (tipo domanda/risposta), di principio analogo a quello del servizio "Datagram" (fig. 15).

Nelle ultime due classi (connection-oriented), orientate alla connessione, esistono messaggi per la costruzione e l'abbattimento di connessioni logiche.

Le connessioni possono essere temporanee o permanenti. Nel primo caso, i messaggi sono trasmessi dai nodi della rete prima e dopo il trasferimento delle unità dati, nel secondo caso, la formazione è stabilita dal locale Centro Operativo di Manutenzione.

Questo tipo di approccio, realizzato con la costruzione di una connessione logica di segnalazione, è particolarmente appropriato per quelle applicazioni che richiedono il trasferimento di grossi volumi di dati, di principio analogo a quello del servizio "Chiamata Virtuale" nell'ambito della commutazione di pacchetto (Fig. 16).

Con l'impiego delle classi 2, 3 è possibile indirizzare non solo i nodi di segnalazione, ma anche i singoli processi applicativi all'interno di detti nodi.

Per tale scopo, il protocollo SCCP considera ciascun utilizzatore come un Sottosistema, identificato all'interno della rete da uno specifico Numero di Sottosistema (*SSN, Subsystem Signalling Number).

L'instradamento dei messaggi di segnalazione verso un generico utilizzatore verso un generico utilizzatore è realizzato attraverso l'analisi di una numerazione (GT, Global Title) basata su un piano di numerazione

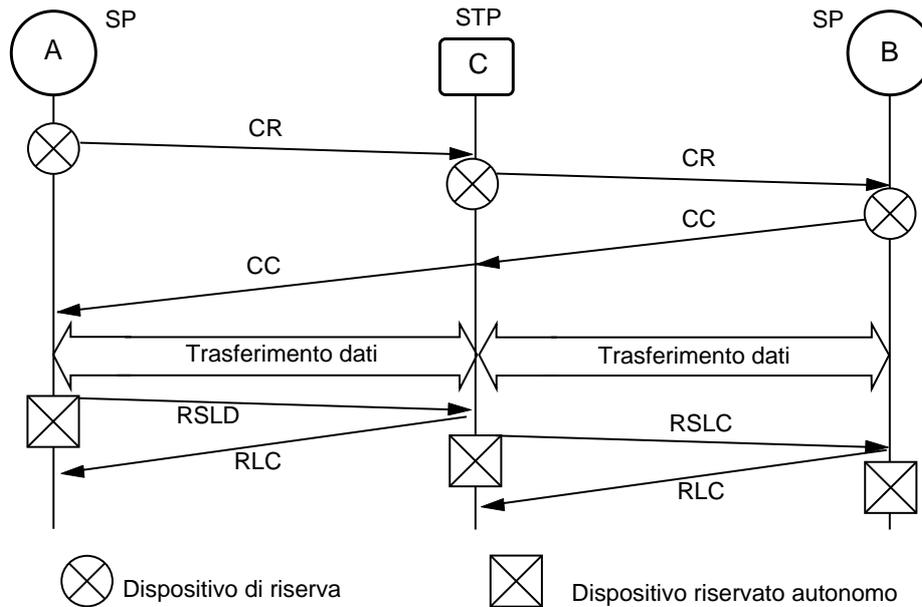


Figura 16 Trasferimento dati con connessione

differente dal piano di numerazione della rete di segnalazione (es. piano di numerazione telefonico).

Questa prestazione consiste nella traduzione (al nodo STP) del Global Title in un codice di punto di segnalazione (DPC) e in un numero di sottosistema (*SSN) che identificano il nodo della rete di segnalazione e l'applicazione destinatari del messaggio.

Tale traduzione è fornita da una apposita funzione della SCCP localizzata in opportuni nodi della rete di segnalazione. La possibilità di indirizzamento dei messaggi sulla base del GT garantisce maggiore flessibilità alle funzioni SCCP. Infatti la traduzione del GT permette, ad esempio, di indirizzare con lo stesso Global Title differenti combinazioni di DPC+*SSN, dipendente dallo stato di disponibilità della rete o degli utilizzatori SCCP finali, senza che ciò abbia un impatto sulle modalità di indirizzamento dell'utilizzatore SCCP di origine.

4. Transaction Capabilities (TC)

Le Transaction Capabilities, rappresentano un blocco funzionale, che si colloca al di sopra della SCCP, specificamente definito per consentire la realizzazione di applicazioni avanzate di TLC orientate alle transazioni, per le quali le Parti di Utilizzazione definite per la telefonia non risultano adeguate. Infatti, come già visto nel paragrafo 1, la caratteristica comune di tali

applicazioni è quella di richiedere un trasferimento di messaggi di segnalazione non riferito ad alcun circuito fisico.

Tale prestazione è stata concepita per essere utilizzata sia nella modalità "connectionless" sia in quella "connection-oriented". Con riferimento al modello OSI le TC sono state progettate per svolgere funzioni allineate a quelle degli strati OSI superiore al terzo livello (in particolare, il blocco ISP per svolgere le funzioni degli strati 4-6 e il blocco TCAP per svolgere, unitamente alla specifica applicazione - ASE, funzioni dello strato 7 OSI).

E' da segnalare, tuttavia, che il protocollo attualmente definito dal CCITT contiene solamente la parte relativa alla modalità "connectionless", mentre quella "connection-oriented" deve essere ancora completamente sviluppata. Dal momento che nella modalità "connectionless" le funzioni degli strati 4, 5 e 6 non sono state ritenute necessarie, la parte di protocollo delle TC attualmente definite dal CCITT coincide con quella del blocco TCAP.

L'obiettivo principale della TCAP è quello di costituire un protocollo standard utilizzabile per una molteplicità di applicazioni secondo le modalità stabilite nella specifica ASE. In altri termini la TCAP può essere utilizzata, ad es., per effettuare interrogazioni ad una Base Dati in tutte le applicazioni in cui tale funzione sia richiesta; le modalità variano, tuttavia, da applicazione ad applicazione e sono definite nella ASE stessa.

5. Parti di Utilizzazione (UP)

5.1 Parti di Utilizzazione per il Controllo delle Chiamate a Commutazione di Circuito.

Le Parti di Utilizzazione per il controllo delle chiamate a commutazione di circuito attualmente definite dal CCITT sono le seguenti:

- la Parte di Utilizzazione per Telefonia (TUP);
- la Parte di Utilizzazione per Dati (DUP);
- la Parte di Utilizzazione per ISDN (ISDN-UP).

A queste Parti di Utilizzazione va aggiunta la cosiddetta "TUP evoluta" (TUP-E), normalizzata solamente in ambito Europeo e non a livello CCITT, che rappresenta una estensione della sopracitata TUP per rendere possibile la fornitura di sopracitata TUP per rendere possibile la fornitura di servizi ISDN. La TUP-E è stata prevista per essere utilizzata da alcune Amministrazioni Europee per la realizzazione di prime sperimentazioni o servizi Pilota ISDN, in attesa di un maggiore grado di consolidamento della ISDN-UP.

E' da sottolineare che delle tre Parti di Utilizzazione sopraindicate la DUP non ha mai trovato un significativo impiego nel mondo ed è da considerarsi largamente superata. Della TUP esistono già diverse realizzazioni in campo, mentre la ISDN-UP è di più recente definizione e una versione sufficientemente consolidata è stata prodotta dal CCITT nel 1988.

5.2 Parte di Utilizzazione per Telefonia (TUP-N)

Il protocollo di segnalazione TUP-N definisce le funzioni di liv. 4 della struttura OSI per le applicazioni telefoniche.

La TUP-N è un protocollo di segnalazione riferito unicamente al circuito, in quanto ciascun messaggio contiene il codice di identificazione del circuito fonico (CIC, Circuit Identification Code) cui il messaggio stesso si riferisce. Il codice CIC identifica il circuito all'interno del fascio che interconnette i punti di origine e di destinazione del messaggio. Tutti i messaggi TUP-N scambiati tra due nodi adiacenti e appartenenti ad una stessa chiamata, contengono lo stesso CIC.

La segnalazione TUP-N realizza le procedure per il controllo delle chiamate base ed è applicata sia in ambito distrettuale che interdistrettuale, consentendo l'interconnessione con i sistemi di segnalazione associata. Inoltre, potendo trasportare un maggior numero di informazioni, rispetto ai sistemi con segnalazione associata, consente di espletare un considerevole numero di servizi tipo:

- documentazione addebiti
- telelettura contatore
- identificazione abbonato disturbatore

- trasferimento ad altro numero
- selezione passante
- chiamata in attesa
- conferenza a tre
- disabilitazione del traffico uscente
- identità linea connessa (prestazione e restrizione)

Con riferimento ai messaggi di segnalazione, la specifica della TUP definisce esclusivamente il formato e la codifica del campo SIF della MSU. Tale campo comprende gli elementi informativi qui di seguito indicati:

- l'etichetta (da cui in particolare viene estratta l'etichetta di instradamento della MTP), che identifica il circuito fonico cui il messaggio si riferisce. Essa è costituita da tre campi OPC (identità della centrale di origine), DPC (identità della centrale di destinazione) e CIC (identità della giunzione). I primi due identificano il fascio di giunzioni interessato e l'ultimo identifica lo specifico circuito fonico all'interno di tale fascio;
- il tipo di messaggio, che identifica il criterio telefonico da trasferire;
- e indicazioni aggiuntive, che forniscono indicazioni dettagliate in aggiunta all'informazione base implicita nel tipo di messaggio (ad es. l'indicazione della causa in caso di fallimento della chiamata).

I messaggi della TUP sono classificati in base alla loro appartenenza a gruppi di tipo funzionale. Un gruppo funzionale può contenere, a seconda dei casi, uno o più tipi di messaggi telefonici. Essi sono così suddivisi:

- a) messaggi di indirizzo: sono messaggi inviati in avanti all'inizio del collegamento e contengono informazioni relative all'instradamento e al trattamento della chiamata. Esistono differenti tipi di messaggi di indirizzo, in particolare:
 - Messaggio in Indirizzo Iniziale, contenente i segnali di indirizzo, informazioni sulla categoria del chiamante e altre informazioni relative al trattamento della chiamata;
 - Messaggio di Indirizzo Successivo, inviato in avanti, successivamente al Messaggio di Indirizzo Iniziale, e contenente un singolo segnale di indirizzo (in particolare una cifra di indirizzo dell'utente chiamato);
 - Messaggio di Indirizzo Iniziale con Informazioni Aggiuntive, contenente oltre alle informazioni del Messaggio di Indirizzo Iniziale anche informazioni relative a servizi telefonici supplementari (ad es. identità della linea chiamante, Gruppo Chiuso di Utenti, ecc.).
- b) messaggio di Indirizzo Completo, contengono informazioni sull'esito della chiamata. A questo gruppo appartiene in particolare:
 - Messaggio di Indirizzo Completo, contenente l'informazione che l'utente chiamato è stato

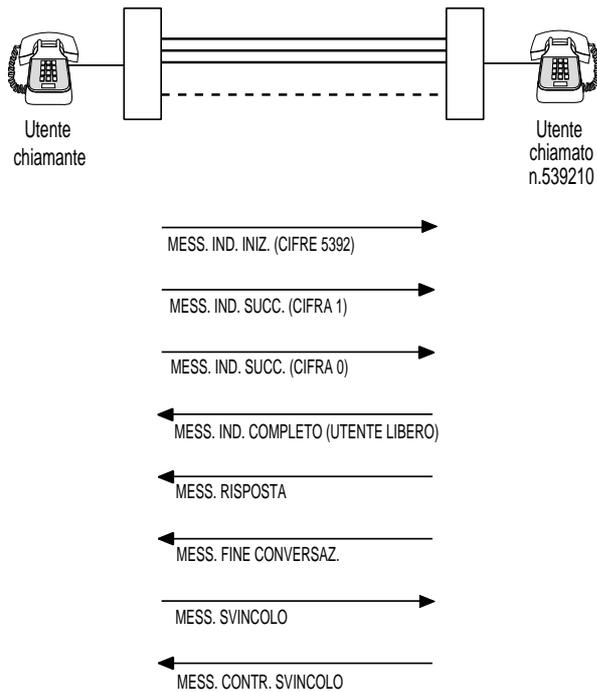


Figura 17 Esempio di procedura di segnalazione per chiamata telefonica

raggiunto, ulteriori informazioni riguardanti il chiamato stesso e l'indicazione se la chiamata è da tassare o meno.

- c) messaggi di supervisione della chiamata. Questi messaggi non contengono indicazioni aggiuntive; essi comprendono in particolare:
- Messaggio di Risposta, inviato a ritroso per indicare che il chiamato ha risposto;
 - Messaggio di Fine Conversazione, inviato a ritroso per indicare che il chiamato ha riagganciato;
 - Messaggio di Svincolo, inviato in avanti per liberare il collegamento.
- d) messaggi di esito negativo della chiamata. Questi messaggi non contengono indicazioni aggiuntive; essi sono inviati a ritroso e forniscono informazioni sulla causa del fallimento della chiamata.
- e) messaggi di supervisione del circuito: si tratta di messaggi senza indicazioni aggiuntive, inviati sia in avanti che a ritroso e contengono informazioni relative alla supervisione del circuito, quali il controllo svincolo, blocco, sblocco ecc.

La fig. 17 contiene un esempio di procedura di segnalazione per una chiamata telefonica ed evidenzia le affinità con le analoghe procedure previste dai sistemi di segnalazione tradizionale.

5.3 Parte di Utilizzazione per ISDN (ISDN-UP)

Definisce le funzioni di liv. 4 della struttura OSI per applicazioni Foniche e non Foniche, relative ai servizi portanti, ai teleservizi e ai servizi supplementari integrati nella rete digitale ISDN (Integrated Services Digital Network).

I servizi portanti (bearer services), si riferiscono alla modalità di trasporto delle informazioni, senza entrare nel merito del tipo di informazione trasportata.

I servizi portanti offerti sono:

- Fonia
- Connettività analogica in banda fonica (3.1 KHz)
- Connettività numerica a 64 kbit/s
- Connettività a pacchetto

I teleservizi definiscono in modo completo le funzionalità di comunicazione degli utenti, comprendendo le funzioni di generazione e trattamento dell'informazione nei terminali di utente e i relativi protocolli. I teleservizi offerti sono:

- Telefonia
- Facsimile
- Teletex

Bibliografia

- [1] Raccomandazioni CCITT Q. 700-Q. 795: *Specification of Signalling System N. 7*. Ginevra, 1989
- [2] Raccomandazione CCITT X. 200: *Data Communication Networks Open Systems Interconnection [OSI]*. Ginevra, 1989
- [3] Specifiche di Accettazione dei Sistemi di Commutazione Numerici: *Sistema di Segnalazione su Canale Comune. Parte di Trasferimento dei Messaggi*. SIP-DG SASCN 6-1400/1, 1990
- [4] British Telecommunications Engineering: *CCITT Signalling System N. 7*. Volume 7, N.1, aprile 1988
- [5] Brysh, H.: *Security in the OSI Network*. «Telecommunications», Febbraio 1989
- [6] Pusch, H.: *Aspects of CCS7 Network Configurations*. «Telecommunications», Febbraio 1989
- [7] Modarressi, A. R.; Skoog, R. A.: *Signalling System N. 7: A Tutorial*. «IEEE Communications Magazine», Volume 28, N.7, Luglio 1990

La nuova gerarchia di multiplazione sincrona (SDH)

A. Mariconda, R. C. Misul, F. Parente, R. Pietroiusti (*)

In questo articolo vengono descritte le principali caratteristiche della nuova gerarchia numerica sincrona (SDH - Synchronous Digital Hierarchy). Dopo una prima parte introduttiva, vengono esaminati i vantaggi derivanti dalla introduzione della gerarchia sincrona nelle reti di telecomunicazione. Successivamente vengono introdotti i concetti essenziali e le strutture numeriche tipiche della SDH, per giungere alla descrizione della struttura di multiplazione e delle caratteristiche della trama.

1. Introduzione

La disponibilità dei primi circuiti integrati, consentendo un progressivo incremento della velocità di elaborazione dei dati, rese possibili le prime sperimentazioni di trasmissione di segnali numerici; tali sperimentazioni condussero, durante gli anni '60, allo sviluppo negli Stati Uniti dei primi sistemi di trasmissione di segnali PCM con frequenza di cifra di 1,544 Mbit/s.

Negli anni successivi, la continua crescita della domanda di servizi dati e la progressiva "numerizzazione" dei servizi analogici, resero necessario un aumento delle frequenze di cifra dei flussi numerici trasmessi in rete. Tale incremento poteva essere ottenuto utilizzando tecniche di multiplazione nel dominio del tempo dei segnali numerici; di conseguenza, agli inizi degli anni '70, furono definite le due gerarchie di multiplazione plesiocrona attualmente utilizzate: la gerarchia americana, ottenuta a partire dalla multiplazione di flussi base a 1,544 Mbit/s, e la gerarchia europea, ottenuta a partire dalla multiplazione di flussi base a 2,048 Mbit/s.

In entrambi i casi, la multiplazione viene effettuata utilizzando la tecnica del "pulse stuffing" che consente di trasmettere i flussi tributari mantenendo inalterato il relativo orologio di temporizzazione nonostante esso sia generato da una sorgente diversa da quella del flusso aggregato.

Tali gerarchie di multiplazione tuttavia erano state ottimizzate per collegamenti punto-punto e non consentono quindi di seguire agevolmente il processo evolutivo oggi in corso verso strutture di rete flessibili e riconfigurabili tramite gestione centralizzata. Questo a causa soprattutto della scarsa capacità dei canali di controllo (overhead) e della struttura di trama troppo complessa che rende difficoltoso l'inserimento o

l'estrazione di un singolo tributario in/da un flusso aggregato.

Per superare tali difficoltà è necessario utilizzare una strategia di multiplazione sincrona che, allineando i flussi in ogni nodo della rete trasmissiva, consenta un accesso diretto ai tributari all'interno del flusso aggregato. Ciò ha portato alla definizione della nuova Gerarchia di Multiplazione Sincrona (SDH).

La SDH è definita da tre fondamentali Raccomandazioni del CCITT; la G.707, la G.708 e la G.709 che stabiliscono rispettivamente le velocità di cifra dei vari ordini gerarchici, i principi e la struttura generale della multiplazione con i relativi elementi costitutivi e le specifiche modalità di multiplazione con le relative strutture di trama.

Le tre raccomandazioni furono approvate nella riunione di Seul del Febbraio 1988 e successivamente ratificate nell'Assemblea Plenaria del CCITT tenutasi a Melbourne nel Novembre 1988.

L'accordo sulla SDH in CCITT è stato laborioso in quanto la proposta originaria avanzata dagli USA nel 1986, e nota con il nome di SONET (Synchronous Optical Network), era ottimizzata per il trasporto dei flussi della gerarchia plesiocrona americana e non teneva nella dovuta considerazione i corrispondenti flussi della gerarchia plesiocrona europea.

Il lavoro del CCITT, svolto in esemplare spirito cooperativo, ha comportato diverse modifiche alla proposta originaria SONET.

La versione di gerarchia sincrona in uso negli USA è tuttora chiamata SONET e può essere considerata una particolare versione dello standard internazionale SDH; in particolare il primo ordine gerarchico SDH (STM-1 Synchronous Transport Module - 1) si può immaginare ottenuto per multiplazione a interallacciamento di ottetti di tre flussi del primo ordine gerarchico SONET (STS-1 Synchronous Transport Signal - 1).

(*) ing. Alfonso Mariconda, ing. Roberto Clark Misul, ing. Fulvio Parente, ing. Romolo Pietroiusti - SIP DG - Roma

Successivamente esamineremo i principali motivi che hanno condotto a definire una nuova gerarchia di multiplazione numerica; qui conviene puntualizzare per ora che il concetto di SONET, elaborato in USA nell'ambito delle attività di standardizzazione svolte dalla commissione T1 dell'ANSI (American National Standard Inst.), può essere considerato una evoluzione di un concetto simile di rete sincrona nota negli USA come SYNTRAN (Synchronous Transport) che però aveva avuto un uso molto limitato.

Sebbene apprezzabile per l'idea di base di una multiplazione sincrona di 28 tributari a 1,544 Mbit/s con una allocazione fissa degli ottetti nella trama, che semplificava drasticamente il problema dell'accesso diretto ai tributari, SYNTRAN era affetta da diversi problemi derivanti in gran parte dalla struttura di trama molto complicata e dalla scarsa ridondanza disponibile nella trama per le funzioni di supporto essendo stata fissata la frequenza di cifra lorda a 44,736 Mbit/s per essere compatibile con il terzo livello della gerarchia plesiocrona americana (DS3). Un altro notevole difetto di SYNTRAN consisteva nell'impossibilità di controllare gli slittamenti di trama (slip) dovuti a degradazioni accidentali e/o sistematiche nella distribuzione dei sincronismi di rete, che mise chiaramente in evidenza la necessità, anche per le reti sincrone, di una giustificazione fra l'orologio della trama e quelli dei tributari.

E' opportuno notare altresì che l'avvio del processo che ha portato alla nuova gerarchia di multiplazione era stato determinato, in ambito ANSI, dalla necessità di definire una interfaccia ottica standard che consentisse l'interconnessione diretta (mid-span meet) di terminali ottici trasmissivi di diversi costruttori. Tale esigenza era particolarmente sentita dalle compagnie locali di telecomunicazioni (BOC - Bell Operating Company) per interrompere la proliferazione di sistemi trasmissivi ottici incompatibili e ottenere nella rete trasmissiva un vero ambiente 'multivendor' necessario per il perseguimento di politiche di approvvigionamento indipendenti.

Il processo così avviato si arricchì, mano a mano, di nuovi requisiti accogliendo nuove esigenze ed esperienze, tra cui quella SYNTRAN, sfociando così nella SONET.

La standardizzazione e l'accettazione a livello mondiale della gerarchia SDH (Synchronous Digital Hierarchy) come base per la futura generazione di sistemi trasmissivi prospetta un rinnovo completo e cambiamenti radicali della rete di telecomunicazione paragonabili a quelli conseguenti al passaggio dalle tecniche e tecnologie analogiche a quelle numeriche.

L'adozione della nuova gerarchia di multiplazione ha infatti innescato un processo di sviluppo e di evoluzione eccezionale verso nuove architetture di rete, nuove strutture altamente flessibili, nuovi apparati nonché nuove concezioni e organizzazione dei sistemi di gestione di rete.

Tutti i principali gestori di reti sono oggi alla ricerca delle strategie più adeguate per l'introduzione in rete dei nuovi sistemi e per una transizione armoniosa dalla attuale gerarchia plesiocrona (Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH) a quella SDH confortati in questo dalla possibilità dei nuovi apparati di trasportare i flussi della gerarchia plesiocrona.

L'inserimento in rete dei nuovi sistemi richiede la soluzione di diversi problemi, molti dei quali connessi al notevole contenuto software necessario per lo sviluppo e alla gestione dei sistemi stessi.

La nuova gerarchia SDH si prospetta come un substrato di rete fondamentale anche per lo sviluppo dei nuovi servizi a larga banda in quanto costituirà tra l'altro la base per il trasporto dei flussi relativi alla futura tecnica di multiplazione e commutazione a pacchetti (nella fattispecie denominati celle) nota con la sigla ATM (Asynchronous Transfer Mode) designata in CCITT come tecnica base per la futura rete B-ISDN (Broadband-ISDN).

Ulteriori raccomandazioni CCITT sulla SDH riguardano le caratteristiche delle interfacce fisica ed elettrica (G.703), i parametri delle interfacce ottiche (G.957), le funzioni interne degli apparati (G.781, G.782, G.783, G.958, G.sdx1, G.sdx2, G.sdx3), i canali e le funzioni di gestione, amministrazione, manutenzione e configurazione (OAM&P - Operations, Administration, Maintenance and Provisioning) (G.784), l'architettura e le caratteristiche di rete (G.sna1, G.sna2), le caratteristiche degli orologi degli apparati sincroni (G.81s) e le modalità per il controllo del 'jitter' e del 'wander' (G.82j).

2. Limiti della gerarchia plesiocrona

Le reti numeriche attualmente esistenti sono basate sulle gerarchie plesiocrone definite dalla Racc. G.702 del CCITT, che risale al 1972 e normalizza, a livello mondiale, due diversi standard generalmente noti come standard europeo ed americano.

La versione europea prevede:

- un flusso di base a 64 kbit/s, che è multiplato con una trama sincrona entro un flusso primario a 2.048 Mbit/s.
- flussi di ordine superiore, a 8.484, 34.368 e 139.264 Mbit/s, ottenuti mediante multiplazione plesiocrona successiva, a gruppi di quattro tributari, partendo dal flusso primario.

La caratteristica fondamentale, comune alle due diverse gerarchie digitali esistenti, è costituita dalla multiplazione plesiocrona effettuata con la tecnica del "pulse stuffing" che consente, mediante l'aggiunta dei bit di giustificazione e dei relativi bit di controllo, la trasmissione di flussi tributari mantenendone inalterato il relativo orologio di temporizzazione, pur essendo quest'ultimo originato da

una sorgente diversa da quella del flusso aggregato. Tale tecnica comporta però che la relazione di fase tra i bit di diversi tributari e tra gli ottetti di diversi canali a 64 kbit/s nella trama multipla è casuale e variabile nel tempo; pertanto l'estrazione/inserzione di flussi tributari dal segnale multiplo richiede di passare attraverso il meccanismo di giustificazione di ogni stadio di moltiplicazione.

Le gerarchie plesiocrone sono attualmente largamente diffuse; esse sono state un elemento essenziale per lo sviluppo delle reti numeriche e quindi per l'evoluzione complessiva della rete TLC. Tuttavia negli ultimi anni sono emerse parecchie nuove esigenze dei gestori di rete e degli utenti che hanno messo in evidenza diversi limiti della moltiplicazione plesiocrona.

D'altra parte le accresciute esigenze ed aspettative sono state avallate dagli eccezionali sviluppi verificatesi nella tecnologia dei circuiti integrati e degli sviluppi di software che consentono reti di telecomunicazioni con funzionalità sempre più sofisticate.

Le gerarchie plesiocrone sono state concepite essenzialmente per collegamenti punto-punto completamente terminati agli estremi e non adatte per reti più complesse come quelle magliate che richiedono parecchi trattamenti (per es. drop-insert) sui singoli canali tributari.

Le limitazioni delle attuali gerarchie plesiocrone, sono emerse soprattutto a fronte della necessità di una maggiore flessibilità e di una gestione più efficiente della rete e dei servizi e possono essere riassunte nei seguenti punti:

- complessità della struttura di trama, che costringe ad effettuare tutte le moltiplicazioni/demoltiplicazioni dei flussi di ordine superiore anche per inserire/estrarre un singolo tributario;
- diversità di trame per diversi ordini gerarchici, oltre che per i diversi standard mondiali.
- scarsa capacità trasmissiva ausiliaria utilizzabili sia da parte dell'utente che da parte del gestore. Ciò per esempio non consente un adeguato controllo in servizio delle prestazioni dei collegamenti e richiede per la gestione della rete sistemi e/o reti sovrapposte alla rete trasmissiva.

Queste limitazioni risultano di particolare rilievo nella realizzazione di sistemi e/o reti flessibili con ripartitori numerici (digital cross connect) apparati drop-insert ed in generale apparati riconfigurabili a distanza.

3. Vantaggi della nuova gerarchia di moltiplicazione sincrona

I vantaggi offerti dalla SDH sono molteplici; nel seguito ci si limiterà ad una breve illustrazione dei principali di essi.

• *Flessibilità di gestione dei flussi trasmissivi*

La SDH consente di svolgere in modo più efficiente le funzioni di drop-insert e di cross-connect grazie alla

visibilità diretta dei flussi tributari nelle trame dei diversi ordini gerarchici caratteristica della tecnica di moltiplicazione sincrona.

Tale aspetto, insieme alla notevole disponibilità di canali ausiliari inclusi nelle trame SDH, risulta di fondamentale rilievo in una moderna rete di telecomunicazione basata su strutture flessibili in grado di permettere la riconfigurazione dei flussi di traffico in modo dinamico in funzione della richiesta degli utenti e delle necessità operative dei gestori. Tali strutture di rete flessibili, basate sull'impiego di apparati cross-connect e moltiplicatori add-drop, sono molto più semplici da realizzare nell'ambito della rete sincrona ma soprattutto più ricche di funzionalità e molto più agevoli da gestire.

• *Interfacce ottiche standard*

La normativa SDH include la definizione di Interfacce ottiche standard per consentire l'interconnessione a livello di linea fra apparati di diversi costruttori, per tutti gli ordini gerarchici. La normalizzazione riguarda sia le caratteristiche fisico elettriche del segnale sia le caratteristiche logico-funzionali dei vari flussi ausiliari di servizio.

L'adozione di interfacce ottiche standard era ormai diventata improcrastinabile, oltre che per i motivi accennati nell'introduzione, per il fatto che i terminali di linea, nei nuovi sistemi trasmissivi, stanno sparendo come apparati meccanicamente separati.

Tradizionalmente i terminali di linea costituivano elementi di separazione fra i nodi di rete (moltiplicatori, centrali, ripartitori numerici ecc), cui si interconnettevano con interfacce normalizzate G.703, e le linee trasmissive vere e proprie. Essi svolgevano tra l'altro funzioni molto onerose oggi non più necessarie, come il telecontrollo e la telealimentazione dei rigeneratori di linea. Attualmente i terminali di linea sono realizzati in singole schede, o addirittura in parti di esse, normalmente integrate meccanicamente negli apparati dei nodi di rete. Pertanto l'interconnessione di apparati di costruttori diversi deve essere fatta a livello di interfaccia ottica ovviamente normalizzata.

L'importanza della standardizzazione dell'interfaccia è esaltata in una rete "flessibile", dotata cioè di organi di ripartizione distribuiti sul territorio. In una rete così strutturata, i flussi possono seguire instradamenti diversi e non è sempre possibile quindi assicurare che un organo di trasmissione possa colloquiare sempre con lo stesso organo di ricezione, per lo più dello stesso costruttore.

L'esistenza di interfacce standard consente quindi al gestore di rete di operare in ambiente multivendor garantendo contemporaneamente la compatibilità tra gli elementi di rete.

Dal punto di vista dei costruttori, la standardizzazione delle interfacce di linea, dei servizi e degli accessi ai sistemi di gestione e manutenzione consente sia di poter disporre di componenti normalizzati realizzati su vasta scala, sia di poter operare su un mercato caratterizzato da uniformità di soluzioni.

- *Protezione del traffico*

Un aspetto fondamentale della normativa SDH sono le tecniche previste per la protezione del traffico.

Tutti gli apparati SDH saranno strutturati in modo da poter operare in topologie di rete (per es. anelli) e/o in configurazioni di linea ridondate ideate per salvaguardare il traffico anche in caso di guasto degli apparati e/o dei portanti trasmissivi.

Nell'attuale rete PDH il conseguimento di standard qualitativi elevati ha comportato l'introduzione, onerosa in termini economici, di ridondanze di apparato (del tipo 1+1 o N+1) e di complessi sistemi di scambio normalmente esterni agli apparati trasmissivi.

Nella rete plesiocrona inoltre le modalità di protezione si basano esclusivamente sugli allarmi dei flussi trasmissivi e quindi intervengono in caso di degrado totale del servizio, mentre nella SDH è possibile avere un controllo continuo del tasso d'errore consentendo una protezione del flusso anche per degrado della qualità trasmissiva.

I sistemi SDH soddisfano quindi la necessità di una protezione più efficiente e generalmente distribuita in ogni nodo della rete.

Nel caso di architettura di rete a maglia (tipicamente nella rete a lunga distanza), in caso di interruzione è possibile proteggere la linea instradando il traffico su linee alternative a quella fuori servizio. Tale operazione sarà possibile tramite i DXC collegati ad un centro di controllo remoto. Per i flussi SDH si avrà una maggiore rapidità di intervento rispetto a quelli PDH in quanto nella rete SDH è previsto un apposito meccanismo per isolare il guasto e fornire dati sulla integrità del reinstradamento alternativo. Diversamente, nella rete PDH, le operazioni necessarie per il reinstradamento (localizzazione guasto e misura di continuità dell'instradamento alternativo) richiedono al controllo centrale tempi lunghi ed elaborazione complesse.

Quando la rete sarà completamente SDH, sarà inoltre possibile eventualmente sfruttare i canali ausiliari disponibili per effettuare una protezione di rete distribuita a livello di DXC al fine di ridurre ulteriormente i tempi di protezione.

- *Aspetti di esercizio e manutenzione*

Nella rete plesiocrona gran parte delle funzioni relative al riporto di allarmi, raccolta delle informazioni di prestazioni, localizzazione guasti, invio di telecomandi, ecc. sono normalmente svolte da sistemi esterni sovrapposti alla rete trasmissiva.

Tali sovrastrutture comportano notevoli limitazioni nella gestione della rete, sia perché difficilmente estendibili in modo capillare in varie parti della rete, tra cui la rete di distribuzione, sia per la grande varietà ed il numero di mezzi e di apparati da controllare. Un altro problema dei sistemi trasmissivi plesiocroni, già citato nel paragrafo precedente, è l'impossibilità di controllare adeguatamente in servizio le prestazioni di tasso d'errore potendosi basare il controllo solo sulle parole di allineamento delle trame.

Nella rete SDH sono previste in tutti gli apparati prestazioni ricchissime di esercizio e manutenzione; la rete logica di gestione si estende parallelamente alla rete trasmissiva vera e propria essendo i relativi canali ausiliari integrati nelle stesse trame trasmesse senza quindi richiedere ulteriori sistemi di supporto.

- *Il fattore standardizzazione*

Come già accennato in precedenza, la normativa SDH prevede anche la standardizzazione delle funzioni di gestione, amministrazione, manutenzione e configurazione (funzioni di OAM&P). Ciò si colloca nel quadro generale di realizzazione di sistemi "aperti", in grado cioè di interfacciarsi fra loro secondo l'approccio OSI. L'interfacciamento di applicazioni software, oltre che di apparati a livello di interfacce elettriche ed ottiche, rende possibile la realizzazione di un ambiente multivendor anche nei centri OAM&P. La rete di gestione della SDH si inserisce nel contesto più ampio della TMN, dalla quale viene vista come sottorete. A questo risultato si giunge tramite una tecnica di progettazione software di tipo "Object-Oriented", che consiste nel modellare risorse fisiche e logiche sotto forma di "oggetti". Gli apparati, i punti di terminazione di linea, le connessioni di rete, ecc. vengono realizzate mediante un insieme di "oggetti" e tutte le operazioni di gestione vengono effettuate mediante "azioni" sugli oggetti definiti, i quali emettono a loro volta delle "notifiche" verso il loro centro di gestione. Questo implica la standardizzazione di tutti e sette i livelli ISO/OSI dell'interfaccia, detta "Q", fra l'apparato ed il sistema di gestione (Raccomandazione CCITT G.773).

4. Concetti preliminari e definizioni

Al fine di rendere più agevole la descrizione della gerarchia e della struttura di trama è opportuno premettere alcuni concetti e definizioni.

4.1 *Interfaccia dei nodi di rete*

La gerarchia SDH è definita in relazione a punti di riferimento per l'interconnessione fra elementi di rete. Il generico di tali punti è denominato Interfaccia di Nodo di Rete (Network Node Interface, NNI vedi fig. 1).

4.2 *Stratificazione della rete a livelli*

Le varie unità definite nell'ambito della gerarchia di multiplazione sincrona sottointendono una stratificazione della rete trasmissiva in tre livelli (sottolivelli del livello fisico OSI) (vedi anche fig. 2):

1) il livello del supporto trasmissivo. Esso costituisce il supporto per il livello di percorso (path) e può essere

ulteriormente suddiviso in livello fisico (mezzo trasmissivo vero e proprio) e livello di sezione trasmissiva. Le sezioni possono essere o di rigenerazione o di moltiplicazione e hanno riscontro in specifiche funzioni associate a canali di servizio della trama SDH.

- 2) Il livello di percorso (path). Esso è relativo al trasferimento di informazione fra i punti di accesso al percorso, è indipendente dal servizio e dal tipo di mezzo trasmissivo e costituisce il supporto per il livello di circuito. A seconda della capacità di trasferimento delle informazioni il percorso può essere di ordine basilare (Lower Order, LO) o superiore (Higher Order, HO). Analogamente alle sezioni di rigenerazione e di moltiplicazione, anche i percorsi hanno specifiche funzioni associate a canali di servizio della trama SDH.
- 3) Il livello di circuito. E' il livello relativo al trasferimento di informazioni fra i punti di accesso al circuito stesso e costituisce il supporto diretto dei servizi di telecomunicazioni. Esso è sovrapposto alle funzionalità SDH, costituisce per così dire l'oggetto del trasporto e non ha quindi funzioni associate ai canali di servizio SDH, pertanto non è oggetto di ulteriore descrizione nell'articolo.

Una rappresentazione schematica del modello di stratificazione della rete trasmissiva nei livelli suddetti è riportata in fig. 2.

4.3 Il meccanismo dei puntatori e della relativa giustificazione di frequenza

Il concetto di rete e di moltiplicazione sincrona presuppone

che gli orologi di tutti gli elementi della rete siano agganciati ad un orologio comune di sincronizzazione di rete. Tuttavia la normativa SDH ha previsto una struttura della trama tale da consentire alla rete di operare correttamente anche in presenza di flussi da trasportare e/o di elementi di rete con orologi non agganciati all'orologio di sincronizzazione di rete; ciò sia per consentire alla rete SDH di trasportare i flussi della attuale gerarchia plesiocrona sia per poter far fronte a possibili guasti e/o disfunzioni ed inevitabili disturbi sul sistema di distribuzione della sincronizzazione di rete. Infatti anche in una rete completamente sincrona le fasi dei diversi segnali che arrivano in un nodo possono essere diverse fra di loro per i diversi tempi di propagazione e variabili nel tempo a causa delle variazioni dei tempi di propagazione dovute alle variazioni di temperatura e/o al jitter introdotto dai rigeneratori di linea.

Nella moltiplicazione e generazione delle trame SDH sono previsti due stadi di moltiplicazione in cascata (uno a livello di Unità Amministrative, AU, ed uno a livello di Unità Tributarie, TU) ove è possibile attuare un processo di sincronizzazione dei flussi numerici (aligning) destinati a costituire la trama SDH. In entrambi i suddetti stadi di moltiplicazione è possibile identificare due entità: una costituisce la struttura di trasporto (AU o TU) e l'altra, da inserire nella struttura di trasporto, costituisce il carico da trasportare (Contenitore Virtuale, VC). Il carico ha una frequenza ed una fase che, entro certi limiti, può essere diversa ed indipendente da quella della struttura di trasporto. Tale differenza di frequenza e fase viene compensata nel tempo facendo fluttuare opportunamente la posizione del carico all'interno della struttura di trasporto. La identificazione della posizione del carico all'interno della struttura di trasporto e lo

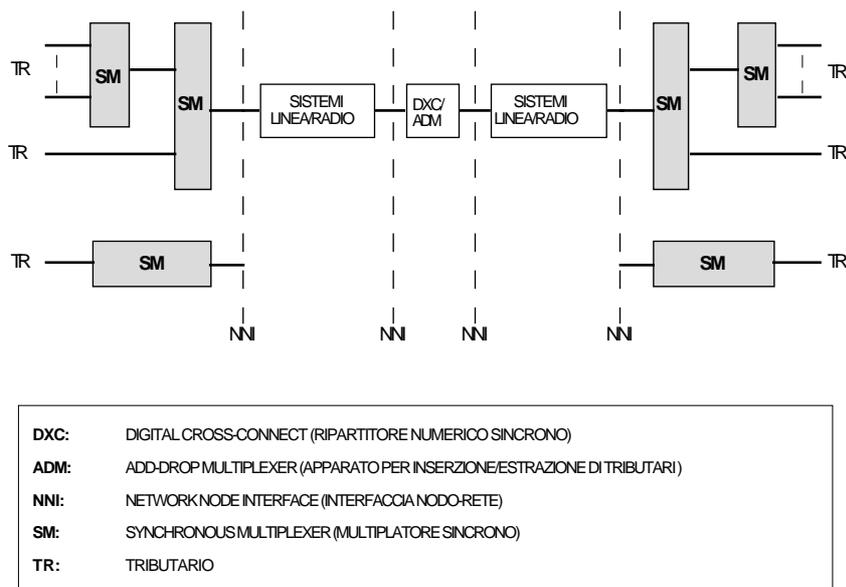


Figura 1 Possibili localizzazioni degli NNI nella rete trasmissiva (riferimento raccomandazione G.708 figura 1.1).

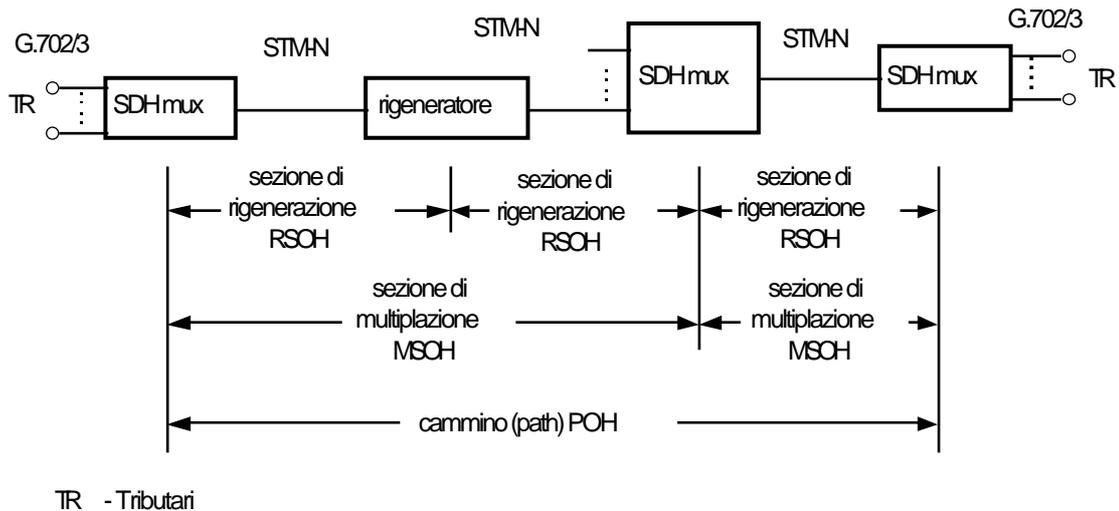


Figura 2 Rappresentazione della stratificazione della rete trasmissiva.

spostamento dello stesso nel tempo sono effettuate con un meccanismo di puntatori e di giustificazione di frequenza.

Le strutture di trasporto contengono in posizioni predeterminate e fisse un certo numero di bit denominati puntatori ed uno o più byte cosiddetti di opportunità di giustificazione positiva e negativa.

I puntatori identificano le posizioni del carico all'interno della struttura di trasporto con una tecnica adeguata ad irrobustire il meccanismo contro gli errori di linea.

L'attivazione del meccanismo dei puntatori e della relativa giustificazione di frequenza viene detta brevemente "aggiustamento dei puntatori".

L'aggiustamento dei puntatori si attiva quando la differenza di fase fra gli orologi della struttura di trasporto e del carico supera una soglia predeterminata. Il meccanismo prevede uno spostamento, di entità predeterminata, in avanti o indietro della posizione del carico all'interno della struttura di trasporto e un conseguente aggiornamento del valore del puntatore. Se l'orologio della struttura di trasporto è più lento di quello del carico si attua un decremento (aggiustamento negativo) del valore del puntatore ed una giustificazione di frequenza negativa cioè una occupazione da parte del carico dei byte di opportunità di giustificazione negativa per la trama in cui si effettua lo spostamento del carico e la conseguente variazione del puntatore. In modo simile, se l'orologio della struttura di trasporto è più veloce di quello del carico si attua un incremento (aggiustamento positivo) del valore del puntatore ed una giustificazione di frequenza positiva cioè la liberazione da parte del carico dei byte di opportunità di

giustificazione positiva. Il meccanismo è rappresentato schematicamente in fig. 3a per la giustificazione negativa e in fig. 3b per la giustificazione positiva.

Fintanto che la posizione del carico non cambia, come nelle trame N e N+1, anche il valore del puntatore non cambia ed i byte di opportunità di giustificazione non vengono utilizzati. Quando viene variata la posizione del carico, come nella trama N+2, il valore del puntatore viene modificato di conseguenza (-1 in figura 3a e +1 in figura 3b). Questa variazione comporta in figura 3a l'occupazione dei byte di giustificazione ed in figura 3b lo svuotamento ed il conseguente riempimento con 'stuffing' dei byte di opportunità di giustificazione positiva.

4.4 Controllo interallacciato di parità

Nelle strutture numeriche della gerarchia SDH è prevista una codifica a controllo di parità per la rivelazione del tasso d'errore in servizio.

In particolare, il tipo di codifica è a controllo interallacciato di parità ed è denominato BIP-n (Bit Interleaved Parity-n).

L'operazione, in linea di principio, può essere immaginata in questo modo: si segmenta la stringa di cifre binarie, che costituisce la struttura numerica da controllare, in n blocchi da m cifre ciascuno. Si fa il controllo di parità sulle prime cifre degli m blocchi, quindi sulle seconde cifre e così via. Alla struttura numerica si associa quindi una n-pla ordinata di cifre binarie la j-esima delle quali assume valore 0 o 1 a seconda che il numero di 1 delle j-esime cifre degli m blocchi sia rispettivamente pari o dispari.

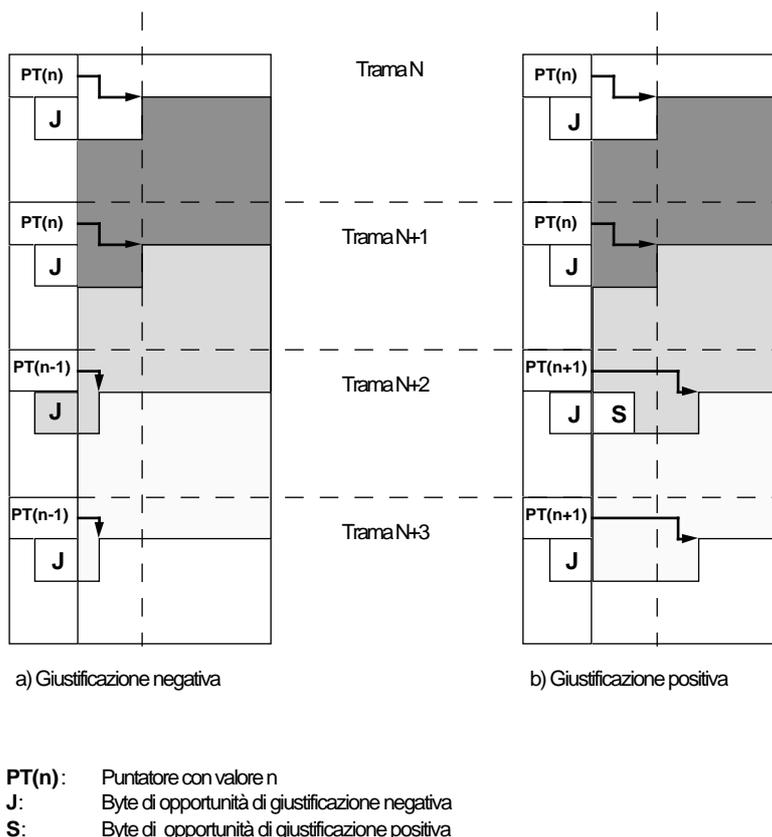


Figura 3 Uso del puntatore e giustificazione.

Dette X_{ij} ($i=1,2,\dots,m$; $j=1,2,\dots,n$) la j -esima cifra dell' i -esimo blocco e Y_i ($i=1,2,\dots,h$) le cifre di parità, la codifica può essere rappresentata come in figura 4.

Dal confronto delle cifre di parità calcolate in ricezione con quelle effettivamente ricevute è possibile stimare il tasso d'errore sul flusso numerico.

5. Strutture numeriche

Le strutture numeriche definite nelle Raccomandazioni G.708 e G.709 sono i contenitori, i contenitori virtuali, le unità tributarie, i gruppi di unità tributarie, le unità amministrative, i gruppi di unità amministrative e il modulo di trasporto sincrono al quale si perviene utilizzando le precedenti strutture numeriche secondo le varie possibilità previste nello schema di moltiplicazione illustrato nel paragrafo 6.

Come descritto successivamente, i contenitori virtuali, le unità tributarie, le unità amministrative e il modulo di trasporto sincrono sono strutture numeriche ciascuna costituita da due parti, una è la capacità utile trasportata (payload) e l'altra è la capacità di servizio che a seconda del tipo di struttura numerica svolge funzioni di supporto differenti. Poiché, come vedremo, queste strutture sono inserite l'una nell'altra in modo

modulare è ovvio che la capacità utile trasportata da una struttura contiene anche le capacità di servizio delle strutture componenti.

5.1 Contenitori (Container, C)

Sono le strutture numeriche elementari che contengono le informazioni dell'utilizzatore (quelle cioè del livello di circuito) da trasportare fra i punti terminali di un percorso. Sono definiti cinque tipi di contenitori denominati C-11, C-12, C-2, C-3 e C-4. Essi, pur essendo concepiti per il trasporto dei flussi gerarchici plesiocroni, possono contenere altri flussi; quelli per esempio di futuri servizi a larga banda. Allo stato attuale sono state definite le modalità di inserimento (mapping) nei contenitori dei flussi dei quattro livelli delle gerarchie plesiocrone secondo la associazione riportata in tabella 1 ove le lettere A ed E denotano rispettivamente la gerarchia americana e quella europea. È stata inoltre definita la modalità di inserimento delle celle ATM (Asynchronous Transfer Mode) all'interno del C-4.

Il mapping è l'insieme delle operazioni effettuate alle estremità della rete sincrona per inserire/disinserire i vari flussi tributari nei contenitori. L'inserimento di flussi tributari non sincroni con la frequenza del

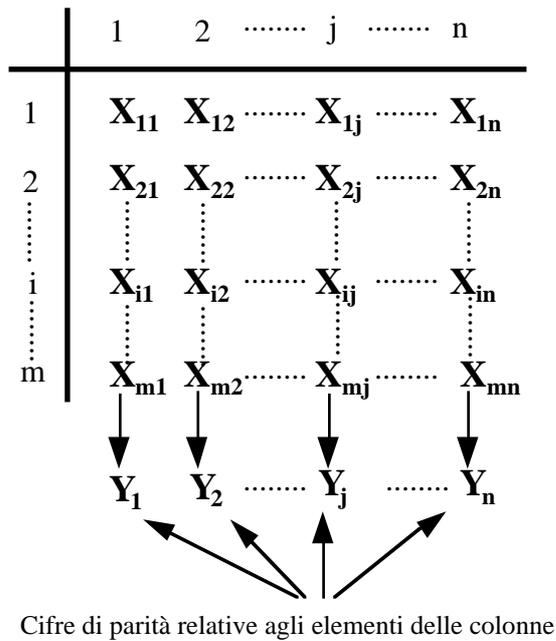


Figura 4 Codifica BIP-n.

contenitore che deve trasportarli (asynchronous mapping) viene effettuato tramite la tecnica della giustificazione (pulse stuffing). Nel caso di tributari sincroni non è necessaria alcuna giustificazione e sono previsti due tipi di mapping: bit e byte sincrono. Il primo è utilizzabile anche per flussi numerici destrutturati, mentre il secondo sfrutta, per una maggiore razionalità del mapping per il trasporto, le informazioni derivanti dalle caratteristiche della trama (strutturata ad ottetti) del tributario (ad esempio, per un flusso a 2.048 Mbit/s, tale trama è descritta nella racc. G.704).

Occorre notare che le effettive capacità dei contenitori sono leggermente superiori alle frequenze di cifra dei tributari plesiocroni ad essi associati. Questo ha comportato una completa definizione della modalità di mapping dei tributari nei contenitori per garantirne una corretta estrazione all'uscita dalla rete SDH. Tale definizione è stata fatta in termini di quali siano nel contenitore i bit informativi, quali di eventuale overhead, quali di riempimento e, nel caso di mapping asincrono, quali di controllo per la giustificazione e quali di opportunità di giustificazione.

5.2 Contenitori Virtuali (Virtual Container, VC)

Sono le strutture numeriche usate come supporto per le connessioni a livello di percorso; esse pertanto sono assemblate/disassemblate solo all'ingresso/uscita della rete sincrona. I VC sono costituiti essenzialmente da una capacità utile trasportata (payload), formata da un contenitore o da gruppi di unità tributarie (TUG) definite in seguito, e da una capacità di servizio (Path Overhead, POH) per l'attuazione di funzioni come: la stima del tasso d'errore, l'allarmistica, identificazione del tipo di contenuto del carico.

Esistono 5 tipi di contenitori virtuali, cioè VC-11, VC-12, VC-2, VC-3, VC-4, ciascuno corrispondente al contenitore di uguale indice.

I contenitori VC-11, VC-12, VC-2 sono detti di ordine basilare (LO-VC, Lower Order VC) invece VC-3 e VC-4 sono detti di ordine superiore (HO-VC, Higher Order VC).

5.3 Unità tributarie (Tributary Unit, TU)

Sono le strutture numeriche impiegate per l'adattamento fra i diversi livelli di percorso. Esse sono costituite da una capacità utile trasportata pari ad un VC e da una capacità di servizio costituita dal puntatore, che indica la posizione nella trama del VC trasportato, e dalla opportunità di giustificazione. Tale capacità di servizio è impiegata, come descritto nel par. 4.3, per sincronizzare i VC tributari rispetto al VC di ordine superiore in cui devono essere inseriti. I TU sono pertanto le prime strutture numeriche nel processo di formazione della trama predisposte per la moltiplicazione ad interallacciamento di ottetto per formare un TUG.

5.4 Gruppo di Unità Tributarie (Tributary Unit Group, TUG)

Per limitare le numerosissime combinazioni possibili nell'assemblare VC di diverso tipo in un VC di capacità superiore e, quindi, per limitare la complessità degli apparati e la gestione dei flussi in rete, sono stati introdotti i gruppi di unità tributarie (TUG). Essi sono

1° livello		2° livello		3° livello		4° livello
A	E	A	E	A	E	E
1,544	2,048	6,312	8,448	34,368	44,736	139,264
C-11	C-12	C-2		C-3		C-4

Tabella1 Frequenze di cifra in Mb/s

costituiti da aggregati omogenei di TUG di livello inferiore o di TU ed occupano posizioni fisse e predeterminate all'interno della capacità utile di trasporto del contenitore virtuale di capacità superiore. Essi contengono in modo solidale in posizioni predeterminate i puntatori dei TU trasportati.

In particolare, esistono il TUG-2, che può essere costituito o da un TU-2 o da tre TU-12 o da quattro TU-11, ed il TUG-3 che può essere costituito o da un TU-3 o da sette di TUG-2.

5.5 Unità Amministrativa (*Administrative Unit, AU*)

Sono le strutture numeriche impiegate per l'adattamento del livello di percorso superiore al livello di sezione di multiploazione. Esse sono costituite da una capacità utile trasportata, formata da un VC di ordine superiore e da una capacità di servizio, costituita dal puntatore e dai byte di opportunità di giustificazione, che permette di sincronizzare il VC trasportato rispetto alla trama della sezione di multiploazione detta anche modulo di trasporto sincrono di livello 1 (STM-1).

I puntatori degli AU sono ovviamente solidali con la trama STM-1 ed in posizioni predeterminate.

Esistono due tipi di AU; l'AU-4 che contiene il VC-4 e l'AU-3 che contiene il VC-3.

Queste unità sono dette amministrative in quanto, essendo le strutture numeriche di ordine più elevato trasportate dalla trama sincrona, sono particolarmente indicate per le necessità operative della rete; per esempio esse sono impiegate nelle operazioni di reinstradamento dei flussi per la protezione della rete.

Analogamente ai TU, la presenza della capacità di servizio per funzioni di puntamento e giustificazione consente una semplice multiploazione ad interallacciamento di otto fra AU per formare un AUG.

5.6 Gruppo di Unità Amministrative (*Administrative Unit Group - AUG*)

L'AUG ha funzione analoghe ai TUG ed è costituito da aggregati omogenei di AU; in effetti nel caso dell'AU-4, AUG e AU-4 coincidono. In particolare l'AUG consente di inserire 3 AU-3 in una trama STM-1 o in modo misto un certo numero di AU-4 e di AU-3 in un modulo di trasporto sincrono di ordine superiore (STM-N).

5.7 Modulo di trasporto sincrono (*Synchronous Transport Module, STM*)

Sono le strutture numeriche che costituiscono il supporto per il livello di sezione della rete SDH; esse sono in effetti le trame dei diversi ordini gerarchici della

gerarchia sincrona ed hanno una durata di 125 microsecondi. La trasmissione delle cifre dei moduli di trasporto sincrono avviene in modo seriale ed in modo sincrono con l'orologio di rete; ogni STM è costituito da una capacità utile di trasporto e da una capacità di servizio, detta di sezione (*Section Overhead, SOH*), che è relativa appunto alle sezioni che costituiscono il supporto trasmissivo ed è adibita a funzioni quali allineamento di trama, controllo del tasso di errore ed altre funzioni di esercizio e manutenzione..

Il STM base della gerarchia è detto di ordine 1 (STM-1); la frequenza di cifra corrispondente è di 155.52 Mbit/s.

Il STM-N contiene N AUG, multiplati byte a byte, ed una capacità di SOH pari ad N volte quella di un STM-1 ed ha quindi una frequenza di cifra di $155.52 \times N$ Mbit/s.

5.8 Concatenazione di tributari

E' una procedura per cui alcuni VC vengono associati solidalmente o logicamente l'uno all'altro in modo che la capacità risultante dalla somma di quelle dei singoli VC possa essere utilizzata come un unico contenitore.

La multiploazione SDH prevede la possibilità di concatenare sia i TU, sia gli AU-4 e contraddistingue le due suddette possibilità rispettivamente con le sigle TU-iJ-mc (nel caso di m strutture TU-ij concatenate) e AU-4xc (nel caso di x strutture AU-4 concatenate). La concatenazione consente di svincolare il dimensionamento della capacità dei servizi a larga banda dai valori previsti per i contenitori dell'SDH.

Infatti, in base al principio della concatenazione, il trasporto sincrono di un flusso numerico avente una capacità non necessariamente coincidente con alcuno dei valori standardizzati per i contenitori, può essere realizzato suddividendo tale flusso in un determinato numero m di flussi componenti omogenei ciascuno avente la capacità di uno dei contenitori, e vincolando i contenitori omogenei, necessari a ospitare i vari flussi componenti, a comportarsi come un'unica struttura numerica.

La possibilità di utilizzare la concatenazione, oltre che a livello di TU anche a livello delle strutture AU-4, consente il trasporto di eventuali servizi a larga banda aventi capacità superiore a 149.760 Mb/s (capacità utile del VC-4).

5.9 Esempio di costituzione e multiploazione delle strutture numeriche

Nella figura 5 è riportato un esempio di come le varie strutture presentate sono associate per costituire un modulo trasmissivo sincrono; l'esempio si riferisce in

particolare alla formazione di un modulo STM-N a partire da contenitori C-1 ed usando come unità amministrativa l'AU-4.

6. Schema di moltiplicazione e strutture di trama sincrona

6.1 Schema di moltiplicazione

Lo schema generale di moltiplicazione, che mostra le relazioni fra le varie strutture numeriche introdotte nel paragrafo 5, è riportato in figura 6. Dettagli sulla tecnica di moltiplicazione e sui contenuti quantitativi nei vari punti dello schema sono riportati nei paragrafi successivi.

Lo schema generale di moltiplicazione è comprensivo delle opzioni più significative ottimizzate per il trasporto dei flussi più diffusi delle attuali gerarchie plesiocrone. Esso ha il merito di configurare una soluzione che in prospettiva, con l'estendersi della rete sincrona, potrebbe portare al superamento delle difficoltà odierne dovute alla esistenza in continenti diversi di gerarchie plesiocrone diverse. Occorre anche considerare che i nuovi servizi, per esempio quelli a larga banda, potranno subito diffondersi a livello mondiale con opportuna normalizzazione dell'inserimento dei relativi flussi nei contenitori virtuali.

Tuttavia sistemi e/o reti che realizzassero tale schema risulterebbero oltremodo complicati sia dal punto di

vista dello sviluppo degli apparati sia dal punto di vista della gestione della rete. D'altra parte, considerato che le reti numeriche esistenti sono basate su gerarchie plesiocrone diverse, di fatto alcune opzioni di accesso e di moltiplicazione ottimizzate per un continente sarebbero praticamente non utilizzate nei continenti con diversa gerarchia plesiocrona.

Allo stato attuale si è ritenuto opportuno operare una selezione delle opzioni disponibili nello schema generale di moltiplicazione, che limita ovviamente la flessibilità complessiva della rete SDH, sacrificando quelle che troverebbero scarsa applicazione vista la rete plesiocrona esistente.

Una riduzione sostanziale di complessità è stata ottenuta eliminando uno degli AU; infatti una gestione di rete basata su entrambi i tipi di AU (AU-4 e AU-3) sarebbe stata molto onerosa. Ovviamente, per le considerazioni suddette, gli operatori americani hanno mantenuto l'AU-3 mentre gli europei hanno scelto l'AU-4.

Lo schema di moltiplicazione SDH normalizzato dall'ETSI (Raccomandazione ETS DE/TM-301) per l'Europa è riportato in fig.7.

Come si può notare dal confronto delle due suddette figure la strategia di moltiplicazione europea, pur consentendo il trasporto dei flussi della gerarchie plesiocrone europea ed americana, minimizza il numero dei possibili instradamenti e quindi rende più semplice sia la realizzazione sia degli apparati sia la relativa gestione.

Per consentire l'interlavoro di reti che implementano

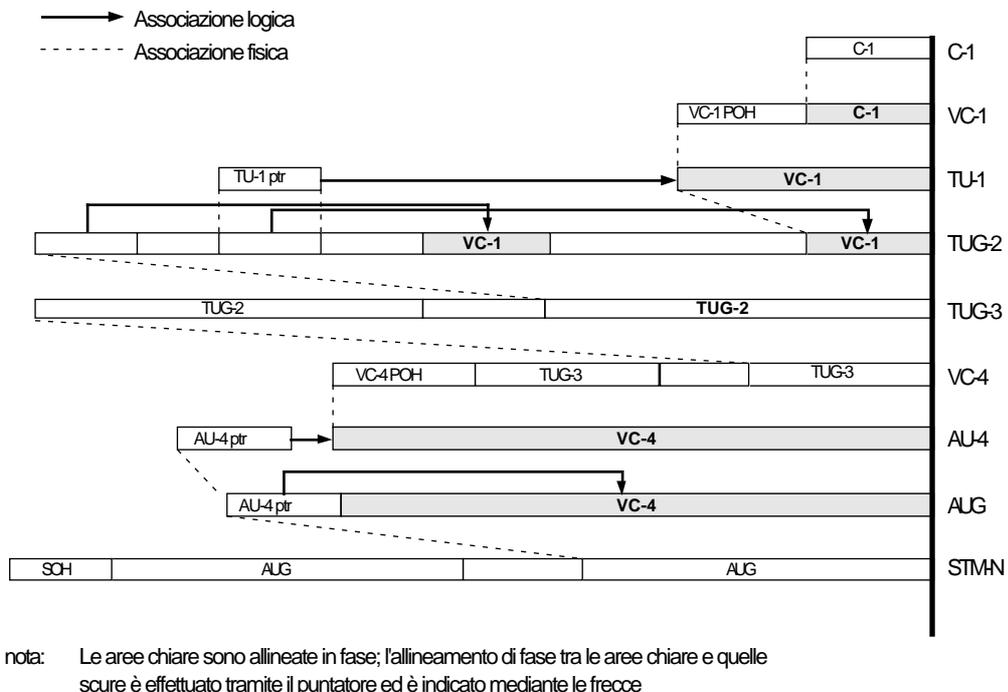


Figura 5 Formazione di un STM-N a partire da un C-1 (riferimento raccomandazione G.708 figura 2.2).

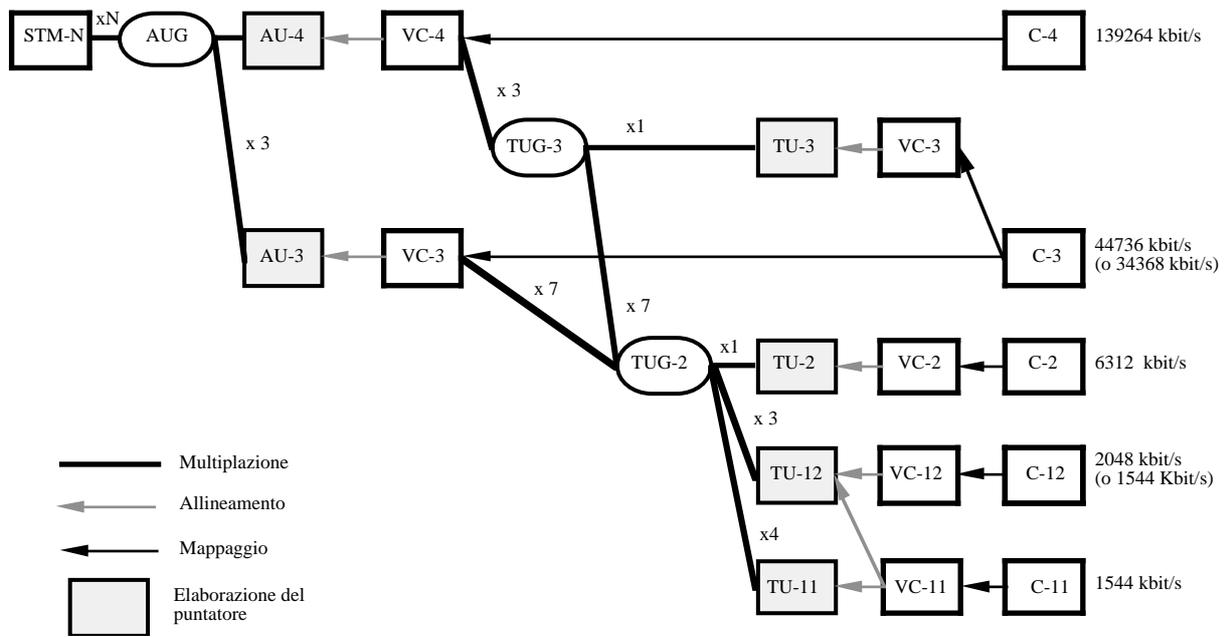


Figura 6 Schema di moltiplicazione SDH (riferimento. raccomandazione G.708 figura 2.1)

opzioni diverse dello schema generale di moltiplicazione, sono state stabilite precise regole di interconnessione. Per esempio l'interconnessione a livello di AU fra una rete basata sull'AU-4 ed una basata sull'AU-3 prevede che la seconda demultipli l'AU-3 fino al livello di TUG-2 o di VC-3, a seconda del tipo di payload portato, e rimultipli gli stessi nell'AU-4 tramite il percorso

TUG-3 → VC-4 → AU-4. Per quanto riguarda il VC-11 (1,5Mbit/s) che in Nord-America è trasportato con un TU-11 ed in Europa con un TU-12, l'interconnessione è prevista con l'impiego del TU-11.

Per semplicità di esposizione nel seguito si farà riferimento allo schema ed ai relativi elementi della moltiplicazione SDH-ETSI.

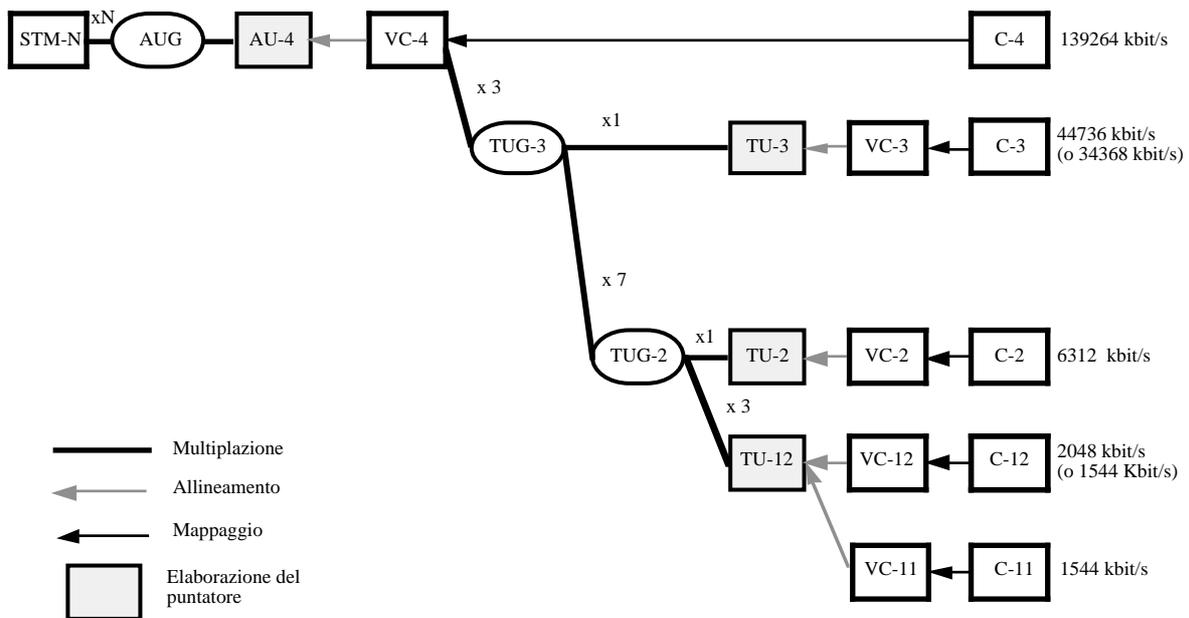


Figura 7 Schema di moltiplicazione SDH ETSI (riferimento racc. ETS DE/TM- 301)

6.2 Strutture di trama

La struttura di trama del generico ordine N della gerarchia SDH è costituita dal Modulo di trasporto sincrono di ordine N (STM-N).

Essa può essere rappresentata sotto forma matriciale come mostrato in figura 8. Ciascun elemento della matrice è un byte (8 bit), il numero di righe è 9, mentre il numero di colonne è $270 \times N$.

L'ordine di trasmissione dei byte della matrice è per righe, da sinistra a destra, in modo sequenziale a partire dalla prima riga.

La durata della trama è di 125 microsecondi; la frequenza di cifra corrispondente al STM-N è quindi pari a $155,52 \times N$ Mbit/s, ed ogni byte corrisponde ad un canale di 64 Kbit/s.

All'interno della struttura di trama possono essere identificate tre aree principali:

- Overhead di sezione (Section Overhead, SOH) costituita dai byte nelle righe 1-3 e 5-9 delle colonne 1-9 x N.
- Area dei puntatori degli AU (Administration Unit Pointer AU PTR) costituita dai byte della riga 4 delle colonne 1-9 x N.
- Payload di N AUG (N AU-4).

La struttura di trama dell'AU-4 è illustrata in figura 9. Come si può osservare, l'AU-4 è costituito da una matrice di 9 per 261 byte che contiene il carico utile (un singolo VC-4) e dalla capacità di servizio contenuta nei byte della quarta riga delle colonne 1-9 della trama STM-1.

Le strutture di trama del VC-4 e del VC-3 sono illustrate in figura 10. Esse sono rispettivamente una matrice di 261

per 9 byte ed una di 85 per 9 byte. In entrambi i casi la prima colonna costituisce il POH (Path OverHead) il quale contiene la capacità di servizio (overhead) del VC e le rimanenti contengono il carico utile. La funzione dei byte costituenti il POH è descritta in seguito.

Le strutture di trama del VC-2, del VC-12 e del VC-11 sono illustrate in figura 11. Esse sono rispettivamente matrici di 12, 4 e 3 per 9 byte meno 1 byte (per un totale rispettivamente di 107, 35 e 26 byte). Il primo otetto contiene il POH del VC, mentre i rimanenti contengono il 'payload'. La funzione dei bit costituenti il POH è descritta in seguito.

La struttura di trama del TU-3 è illustrata in figura 12. Essa è una matrice di 86 per 9 byte. La prima colonna contiene 3 byte di capacità di servizio. I rimanenti 6 byte della prima colonna sono di riempimento. Le restanti colonne contengono il carico utile.

La figura 13 illustra le strutture di trama del TU-2, TU-12 e del TU-11. Esse sono rispettivamente matrici di 12, 4 e 3 per 9 byte. I quattro byte (V1-V4) di capacità di servizio del TU sono trasportati nel primo byte di tale matrice, usando una multitrama di quattro trame (durata 500 ms). I restanti ottetti della matrice costituiscono il carico utile.

Poiché la trasmissione del modulo STM-N è fatta in modo sincrono con l'orologio di rete SDH, anche il payload risulta ovviamente sincrono con detto orologio. Tuttavia il VC-4 associato ad un determinato AU-4 può avere una relazione di fase variabile rispetto alla trama STM-N; ciò consente di trasportare con il VC-4 anche flussi numerici plesiocroni cioè con orologi non agganciati a quello della rete SDH. La sincronizzazione del VC-4 con la trama STM-N avviene con il meccanismo

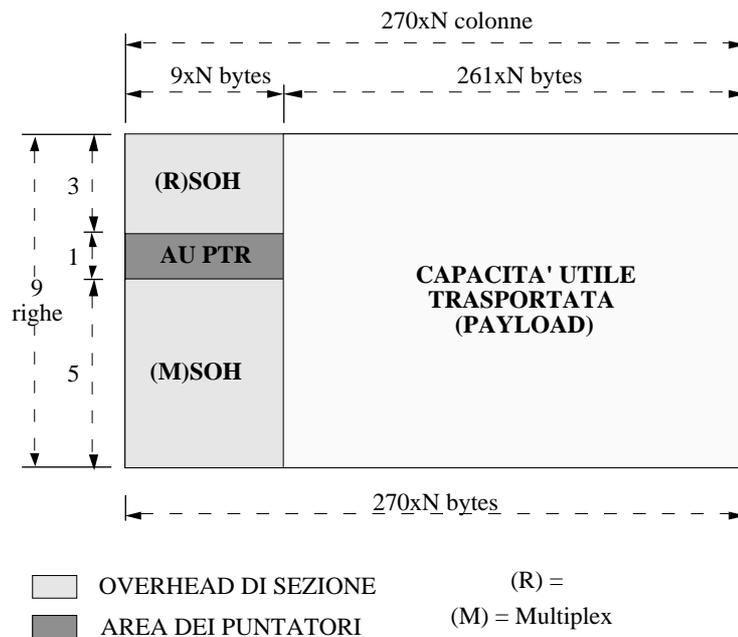


Figura 8 Struttura della trama del modulo base STM-N (riferimento raccomandazione G.708 figura 3.1)

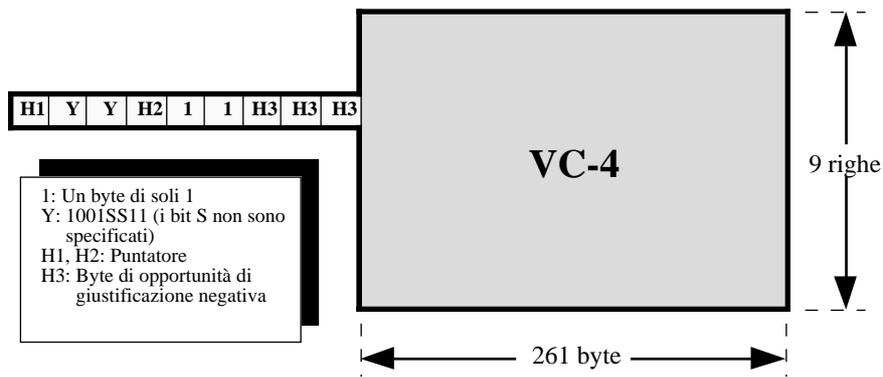


Figura 9 Struttura della trama dell'AU-4 (riferimento raccomandazione G.709 figura 3.6)

dei puntatori e della giustificazione di frequenza illustrata nel paragrafo 4.3.

La posizione del primo byte del VC-4 è indicata dal puntatore dell'AU-4 corrispondente.

L'AU-4 può essere usato per portare, tramite il VC-4, un certo numero di TU attraverso due stadi di moltiplicazione.

I VC associati a ciascuno dei TU possono avere a loro volta una relazione di fase variabile rispetto al VC-4; ciò consente di trasportare con i VC di ordine inferiore anche flussi numerici con orologi plesiocroni rispetto a quello del VC-4. La sincronizzazione dei VC di ordine inferiore con la trama del VC-4 avviene ancora col meccanismo dei puntatori e della relativa giustificazione.

La posizione di ciascuno dei VC di ordine inferiore rispetto alla trama del VC-4 è indicata dai puntatori dei TU corrispondenti che hanno posizioni fisse e predeterminate nella trama del VC-4.

Da quanto detto, i puntatori previsti nella gerarchia di moltiplicazione SDH sono di tre tipi: quello dell'AU (di seguito si farà riferimento in particolare all'AU-4) quello del TU-3 e quello dei TU-1 e TU-2.

In una determinata struttura di trama SDH si possono incontrare al massimo due dei tre tipi suddetti, ciò perchè non è previsto che più TU-1 o TU-2 siano moltiplicati in un TU-3 (vedi paragrafo 6.3).

Il puntatore dell'AU-4 è contenuto nei byte H1 e H2 della quarta riga della trama STM-1 come indicato in fig. 9. I tre byte H3 sono di opportunità di giustificazione negativa, mentre i tre byte successivi della stessa riga sono di opportunità di giustificazione positiva. L'incremento o decremento del valore del puntatore avviene a passi di 3 byte; aggiornamenti consecutivi devono essere separati temporalmente da almeno tre trame.

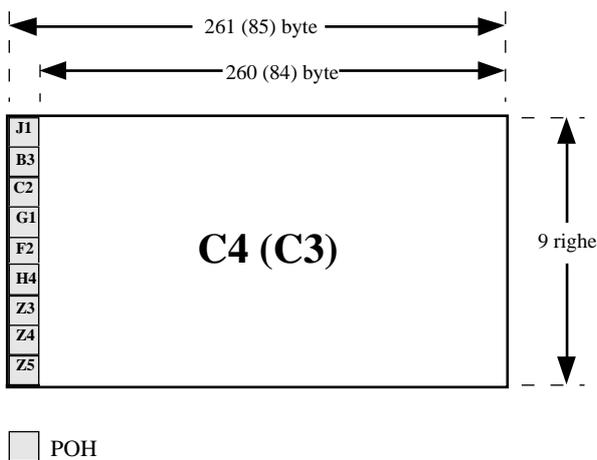


Figura 10 Struttura della trama del VC-4 e del VC-3; le indicazioni tra parentesi si riferiscono al VC-3 (riferimento raccomandazione G.709 figura 2.5)

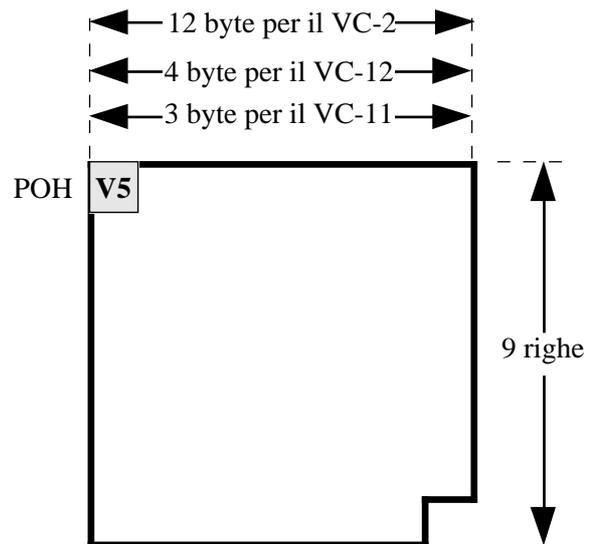


Figura 11 Struttura della trama del VC-2 e del VC-12 e del VC-11 (riferimento raccomandazione G.709 figura 2.6)

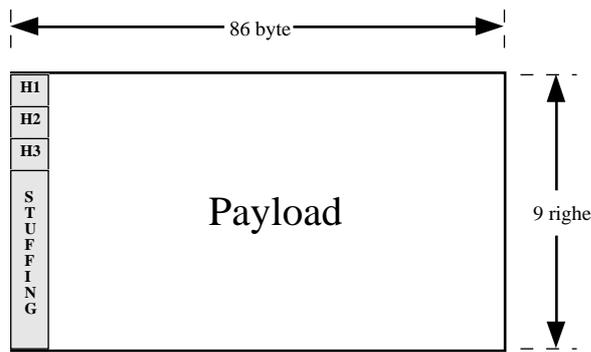


Figura 12 Struttura della trama del TU-3 (riferimento raccomandazione G.709 figura 2.5)

Il puntatore del TU-3 è contenuto nei byte H1 e H2 della 1° colonna del TU-3 (vedi figura 12); c'è un solo byte di opportunità di giustificazione negativa ed è denominato H3, mentre il byte successivo della stessa riga è di opportunità di giustificazione positiva.

Il puntatore del TU-1 e del TU-2 è contenuto nei byte V1 e V2 della capacità di servizio, il byte V3 è utilizzabile per opportunità di giustificazione negativa, il byte successivo della stessa riga è di opportunità di giustificazione positiva, mentre il byte V4 è riservato per funzioni non ancora standardizzate.

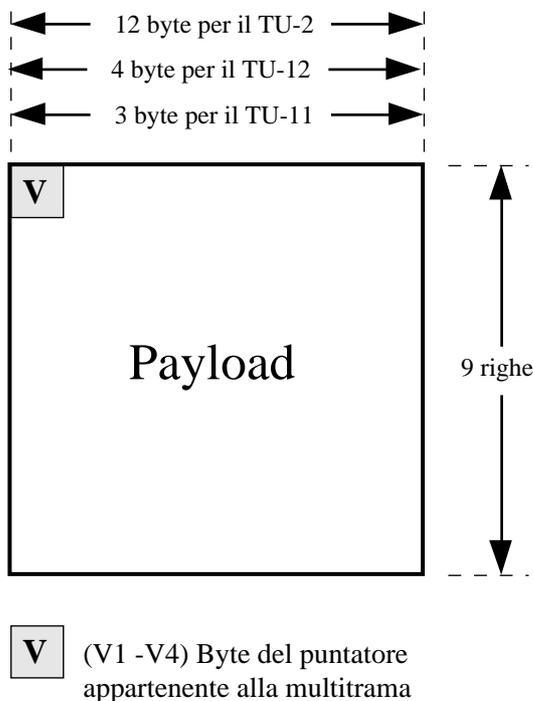


Figura 13 Struttura della trama del TU-2 (riferimento raccomandazione G.709 figura 5.1)

6.3 Tecnica di moltiplicazione

Nella SDH la moltiplicazione viene effettuata ad interlacciamento di otte (byte interleaving) a tutti i livelli della gerarchia.

Per illustrare tale tecnica si può considerare, ad esempio, la moltiplicazione di N AUG in una trama STM-N. La moltiplicazione avviene iniziando a riempire il 'payload' della trama STM-N con il primo byte di ognuno degli N AUG tributari, poi con il secondo byte di ognuno dei tributari e così via per i successivi byte, come illustrato in fig. 14. Contemporaneamente viene generato lo 'overhead' della trama STM-N (SOH - Section OverHead) che viene utilizzato per funzioni di OAM&P. Procedendo in questa maniera, alla fine del processo di moltiplicazione, ogni AUG è inserito nel 'payload' della trama STM-N in maniera tale che un byte del 'payload' ogni N appartenga ad un determinato AUG.

Occorre osservare che questa modalità di moltiplicazione, resa possibile dalla sincronizzazione tra i tributari precedentemente effettuata, prevede una allocazione rigida di questi ultimi all'interno della trama. Ciò consente una inserzione/estrazione immediata dei tributari, fatto che costituisce uno dei principali vantaggi della SDH rispetto alla gerarchia plesiocrona.

Le moltiplicazioni previste nella gerarchia sincrona sono le seguenti (vedi figura 6):

- Un singolo TU-2 o quattro TU-11 o tre TU-12 in un TUG-2.
- Un singolo TU-3 o sette TUG-2 in un TUG-3;
- Sette TUG-2 in un VC-3;
- Tre TUG-3 in un VC-4;
- Un singolo AU-4 o tre AU-3 in un AUG;
- N AUG in un STM-N.

Come detto in precedenza i TUG sono delle strutture contenenti aggregazioni omogenee di TU. Essi assumono posizioni fisse e predeterminate all'interno delle strutture numeriche che li trasportano.

In particolare il TUG-2 è costituito da 9 righe e 12 colonne e contiene esattamente o un TU-2 (in questo caso TUG-2 e TU-2 coincidono) o tre TU-12 (o quattro TU-11) moltiplicati ad interlacciamento di otte; la composizione specifica del TUG-2 è deducibile da un'apposita codifica del primo byte (puntatore) del primo dei TU-1 componenti.

Il TUG-3 è costituito da 9 righe e 86 colonne e contiene o esattamente un TU-3 (in questo caso TUG-3 e TU-3 coincidono) o sette TUG-2 moltiplicati ad interlacciamento di otte. In quest'ultimo caso il TUG-3 contiene, oltre ai sette TUG-2, due colonne: la prima contiene due byte (Null Pointer Indication, NPI) prestabiliti e chiaramente distinguibili dai puntatori del TU-3; i restanti byte della prima colonna e quelli della seconda sono di riempimento (vedi fig. 15).

Nel caso del VC-3 e del VC-4, la distinzione tra 'payload' costituito da un contenitore (C-3 o C-4) o

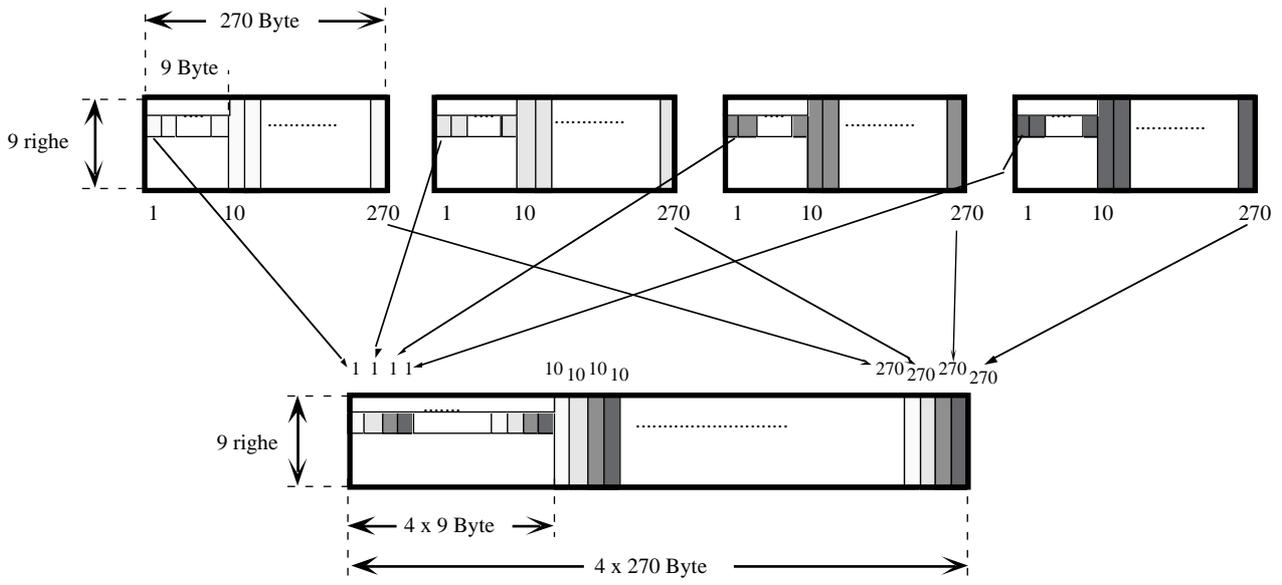


Figura 14 Esempio di multiploazione ad interallacciamento di otto di 4 AUG in una trama STM-4 (riferimento raccomandazione G.709 figura 2.3)

strutturato a TUG avviene tramite un codice opportuno e contenuto nel byte C2 del POH del VC.

Infine, la distinzione tra le due opzioni di composizione dell'AUG (un AU-4, in questo caso coincidente con l'AUG, o tre AU-3 multiplate ad interallacciamento di otetto) avviene mediante due diverse codifiche dell'area puntatori dell'AUG stesso (riga 4 delle prime 9 colonne della trama STM-1).

Allo stato attuale la SDH prevede la formazione dei seguenti flussi aggregati:

- STM-1, corrispondente a 155.52 Mbit/s (usualmente denominato 155 Mbit/s).

- STM-4, corrispondente a 622.080 Mbit/s (usualmente denominato 622 Mbit/s).
- STM-16, corrispondente a 2488.320 Mbit/s (usualmente denominato 2.5 Gbit/s).

7. Tipi e funzioni dell'overhead

Come descritto nel paragrafo 4, la rete trasmissiva SDH è stratificata in diversi livelli logici per consentire la realizzazione di un efficiente sistema di gestione della rete stessa. Tale stratificazione logica si riflette in

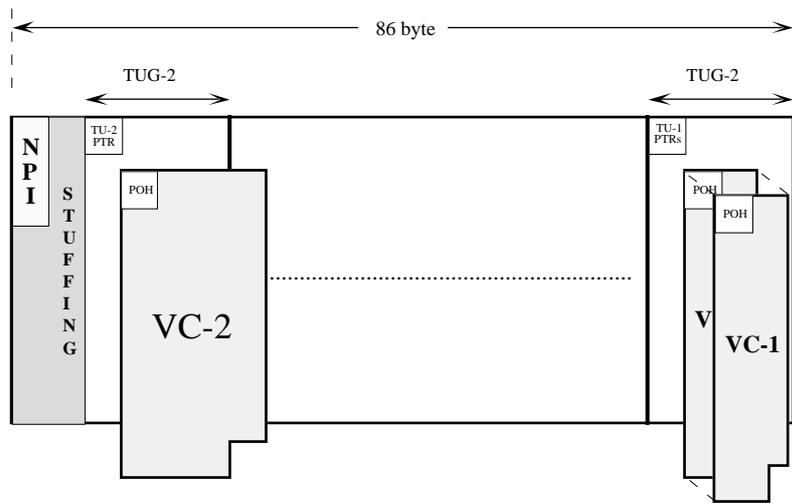


Figura 15 Struttura di trama di un TUG-3 composto di sette TUG-2 (riferimento raccomandazione G.709 figura 2.6)

una corrispondente segregazione delle funzioni svolte dalla capacità di supporto (overhead). In particolare le funzioni di supporto e la capacità ad esse dedicata possono essere distinte in due grandi categorie: quelle di sezione, la cui capacità di supporto è denominata SOH e quelle di percorso la cui capacità di supporto è denominata POH. Le funzioni di sezione sono a loro volta distribuite in funzioni di sezione di rigenerazione (R-SOH) e di sezione di moltiplicazione (M-SOH). Una rappresentazione schematica della stratificazione dell'overhead è indicata in figura 16 (confronta anche con la figura 2). Ogni tipo di apparato svolge le funzioni che competono al livello logico terminato nello stesso.

7.1 SOH

La SOH della generica trama STM-N è costituita dai byte compresi nelle prime 9xN colonne delle righe da 1 a 3 (R-SOH) e da 5 a 9 (M-SOH). Le funzioni svolte dai vari byte ai diversi ordini gerarchici sono analoghi per cui qui di seguito si farà riferimento alla SOH del primo ordine gerarchico (STM-1) riportata in figura 17a.

Le funzioni principali associate ai vari byte sono le seguenti:

- A1, A2 parola di allineamento di trama;
- C1 byte di identificazione di un STM-1 all'interno di un STM-N;
- D1, D12 canali dati per la gestione di rete;
- E1, E2 canali fonici per comunicazioni di servizio (order wire);
- F1 servizi di utente;

- B1 byte utilizzato per la rivelazione degli errori di bit in una sezione di rigenerazione (Bit interleaved Parity di 8 bit - BIP-8) esso è calcolato su tutta la trama STM-1 precedente;
- B2 byte utilizzati per la rivelazione degli errori di bit in una sezione di moltiplicazione (BIP 24); essi sono calcolati su tutta la trama STM-1 precedente escluse le prime tre righe di SOH.
- K1, K2 byte utilizzati nelle procedure di scambio, secondo quanto definito nel protocollo APS (Automatic Protection Switching - vedi annesso A della racc. G.783) e per il FERF;
- Z1, Z2 riservati a usi futuri;
- 6 byte X riservati per uso nazionale;
- 6 byte M disponibili nel solo RSOH per applicazioni dipendenti dal mezzo fisico utilizzato (Media Specific Bytes).

Gli altri 26 byte sono soggetti a futura standardizzazione.

7.2 POH

Le funzioni di supporto svolte a livello di percorso provvedono alla integrità dei VC fra il punto di accesso e di uscita della rete SDH. Sono previsti due categorie di POH:

- POH per i VC di ordine basilare (VC-1 e VC-2); esso è costituito dal primo byte del VC corrispondente che è denominato V5, come illustrato in fig. 11. I bit del V5 sono usati per il controllo del tasso di errore (BIP-2), per il riporto di indicazione d'errore, per il controllo continuo sulla provenienza del flusso ricevuto, per identificare

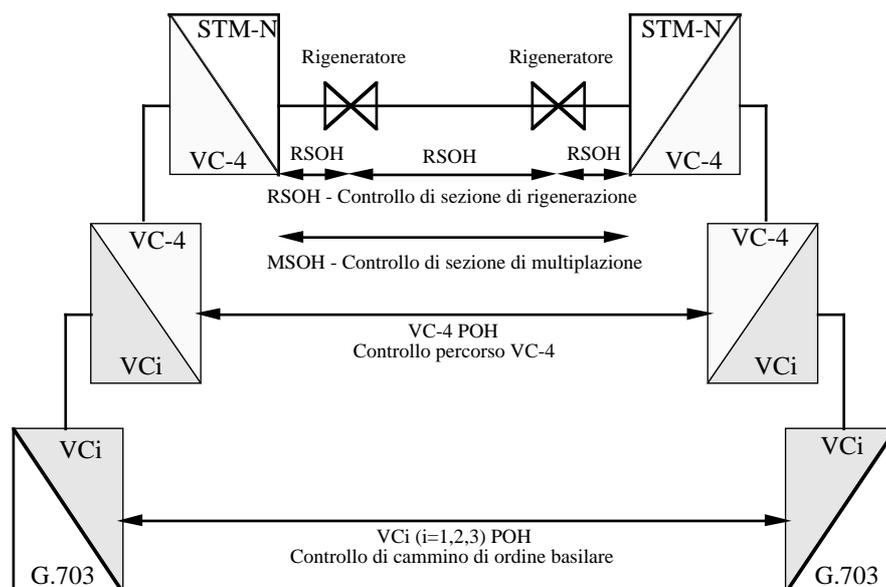


Figura 16 Stratificazione logica dei diversi tipi di overhead.

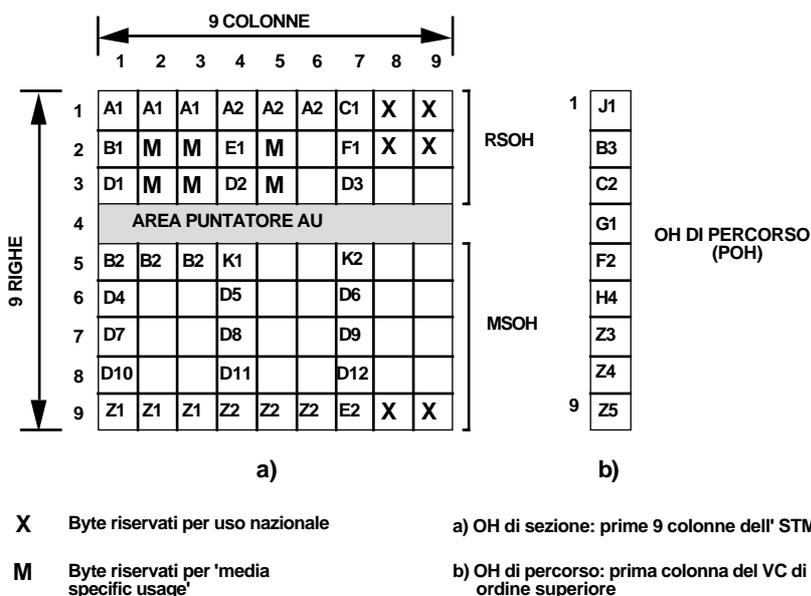


Figura 17 Dettaglio dei byte di sezione e di percorso all'interno dell'OH della trama STM-1

la composizione del VC, e per l'indicazione di eventuale stato di allarme al corrispondente terminale remoto.

- POH per i VC di ordine superiore (VC-3 e VC-4); essa è costituita dai 9 byte della prima colonna del VC corrispondente come indicato nelle figure 10 e 17b. Le funzioni principali associate ai vari byte sono:
 - J1 indirizzo del percorso relativo al VC. Tale indirizzo, che lega logicamente il punto di generazione del VC con quello di terminazione, consente un controllo continuo sulla provenienza del flusso ricevuto;
 - B3 byte utilizzato per la rilevazione degli errori di bit avvenuti sul percorso (BIP-8);
 - C2 byte di caratterizzazione della composizione del VC;
 - G1 indicazione dello stato (FERF - Far End Receive Failure) e delle prestazioni del percorso (FEBE - Far End Block Error);
 - F2, Z3 servizi di utente (consentono comunicazioni tra elementi costituenti il percorso e sono dipendenti dal 'payload');
 - H4 fornisce una indicazione generalizzata di posizione per tipi differenti di payload e può essere dipendente dal 'payload' (per esempio può essere utilizzato come indicatore di multitrama o come indicatore della posizione di inizio di cella nel caso di payload ATM in un VC-4);
 - Z4 riservato a usi futuri;
 - Z5 utilizzato per fini di gestione specifici del gestore di rete.

8. L'interfaccia di linea ottica

Le caratteristiche generali dei sistemi trasmissivi ottici SDH (Synchronous optical Line System, SLS) sono descritte nella raccomandazione G.958, mentre l'interfaccia di linea ottica è normalizzata nella raccomandazione G.957.

In particolare la G.958 tratta le applicazioni dei SLS, i criteri generali di progetto, la struttura funzionale del rigeneratore, gli aspetti di sicurezza e le prestazioni di affidabilità.

Le specifiche sulle interfacce ottiche degli apparati SDH, svolgono un ruolo chiave per lo sviluppo di sistemi con compatibilità trasversale e sono descritte nella raccomandazione G.957. Le interfacce sono state classificate, a seconda della applicazione, in tre categorie: 'intra-office', 'inter-office' a breve e media distanza e 'inter-office' a lunga distanza. Per ogni categoria e per ognuno dei livelli gerarchici SDH (STM-1, 4, e 16) sono stati definiti numerosi parametri ottici con i corrispondenti valori riguardanti il trasmettitore, il portante ed il ricevitore. Ad esempio i parametri relativi al trasmettitore ottico includono il tipo di sorgente, le caratteristiche spettrali, la potenza media trasmessa ed il rapporto di estinzione.

9. Considerazioni conclusive

La nuova gerarchia sincrona (SDH) normalizzata dagli organismi internazionali alla fine degli anni '80 faciliterà la interconnessione di reti basate sulle differenti gerarchie numeriche utilizzate nel mondo e normalizzate

in passato. Inoltre essa garantirà la compatibilità fra apparati di diversi costruttori sia a livello trasmissivo sia a livello gestionale.

La tecnica di multiploazione utilizzata nella SDH consentendo un facile accesso ai diversi tributari trasportati in rete rende più semplice lo sviluppo di architetture di rete flessibili.

La standardizzazione dei canali dati di servizio (DCC) e delle relative funzioni di gestione faciliterà e migliorerà sensibilmente l'esercizio dell'intera rete di trasporto.

Peraltro lo stato attuale di definizione delle normative internazionali sulla SDH non è ancora tale da consentire l'acquisizione di tutte le funzionalità e le compatibilità perseguite negli intenti. Tuttavia le attività proseguono febbrilmente per cui c'è da attendersi che le normative vengano completate nell'immediato futuro con il conforto dei risultati delle sperimentazioni in corso.

Bibliografia

- [1] Parente, F.: *SDH architecture in the italian access network*. FORUM 1991, sec. 4.5, p. 459-461.
- [2] Balena, F.; Bars, G.; Passeri, P.; Vogt, N.; Wright, T.: *Introduction strategies of SDH systems in Europe*. IEEE LCS Magazine, agosto 1991.
- [3] Pellegrini, G.; Wery, P.: *Synchronous Digital Hierarchy*. ITU Journal, novembre 1991.
- [4] Ledonne, R.; Mazzei, U.: *SDH transmission network: target structure and evolution strategy*. Memoria presentata al VII Network Planning Workshop, Les Arcs, 11-15.3, 1991.
- [5] Ledonne, R.; Passeri, P.: *Introduction of the SDH systems into italian network*. Convegno Globecom '91, 2-5 dicembre 1991, Phoenix, USA.
- [6] Bellato, L.; Marchini, G.: *Evoluzione dei sistemi di trasmissione ottici verso la gerarchia numerica sincrona (SDH)*. Telettra Review no. 46, febbraio 1991.
- [7] Raccomandazione CCITT G.703: *Physical electrical characteristics of hierarchical digital interfaces*. Blue book, Melbourne, 14-25 Nov. 1988
- [8] Raccomandazione CCITT G.707: *Synchronous Digital Hierarchy bit rates*.
- [9] Raccomandazione CCITT G.708: *Network Node Interface for the Synchronous Digital Hierarchy*.
- [10] Raccomandazione CCITT G.709: *Synchronous multiplexing structure*.
- [11] Raccomandazione CCITT G.781: *Structure of Recommendations on multiplexing equipment for the Synchronous Digital Hierarchy (SDH)*.
- [12] Raccomandazione CCITT G.782: *Types and general characteristics of Synchronous Digital Hierarchy (SDH) multiplexing equipment*.
- [13] Raccomandazione CCITT G.783: *Characteristics of Synchronous Digital Hierarchy (SDH) multiplexing equipment functional blocks*.
- [14] Raccomandazione CCITT G.784: *Synchronous Digital Hierarchy (SDH) management*.
- [15] Raccomandazione CCITT G.957: *Optical Interfaces for Equipment and Systems relating to the Synchronous Digital Hierarchy*.
- [16] Raccomandazione CCITT G.958: *Digital Line Systems based on the Synchronous Digital Hierarchy for use on optical Fiber Cables*.
- [17] Bozza di raccomandazione CCITT G.sna1: *Architectures of transport networks based on the Synchronous Digital Hierarchy* Ver. gennaio 1991.
- [18] Bozza di raccomandazione CCITT G.sna2: *Performance and management capabilities of transport networks based on the SDH* Ver. gennaio 1991.
- [19] Bozza di raccomandazione CCITT G.SDXC-1: *Structure of Recommendations on Crossconnect Equipment for the Synchronous Digital Hierarchy (SDH)*.
- [20] Bozza di raccomandazione CCITT G.SDXC-2: *Types and general characteristics of Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Crossconnect Equipment*.
- [21] Bozza di raccomandazione CCITT G.SDXC-3: *Characteristics of Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Crossconnect Equipment Functional Blocks*.
- [22] Bozza di raccomandazione CCITT G.81s: *Timing characteristics of slave clocks suitable for operation in SDH equipments* Ver. ottobre 1991.
- [23] Bozza di raccomandazione CCITT G.82j: *The control of jitter and wander within digital networks which are based on the Synchronous Digital Hierarchy (SDH)*. Ver. ottobre 1991.
- [24] Bozza di raccomandazione CCITT G.82x: *Error performance parameters and objectives for constant bit rate international digital connections at or above the primary rate*. Ver. ottobre 1991.
- [25] Bozza di raccomandazione CCIR AA/9: *Architectures and functional aspects of radio-relay systems for SDH-based networks*. Ver. luglio 1991.
- [26] Bozza di raccomandazione CCIR AB/9: *Transmission characteristics and performance requirements of radio-relay systems for SDH-based networks*. Ver. luglio 1991.
- [27] Raccomandazione CCITT G.810: *Considerations on time and synchronization issues*. Blue Book, Melbourne, 14-25 Nov. 1988.
- [28] Raccomandazione CCITT G.811: *Timing requirements at the outputs of primary reference clocks suitable for plesiochronous operation of international digital links*. Blue Book, Melbourne, 14-25 Nov. 1988.
- [29] Raccomandazione CCITT G.812: *Timing requirements at the outputs of slave clocks suitable for plesiochronous operation of international digital links*. Blue Book, Melbourne, 14-25 Nov. 1988.
- [30] Raccomandazione CCITT G.773: *Protocol suites for q interfaces for management of transmission systems*.

Presentiamo un sistema di commutazione

La tecnologia dei semiconduttori è stata rapidamente introdotta, già nella seconda metà degli anni '50, nei sistemi di trasmissione delle reti di telecomunicazione civili, cosicchè nel 1970 l'impiego dei tubi elettronici era ormai limitato ad alcune particolari applicazioni, in cui erano necessarie potenze ragguardevoli a frequenze elevate. Più lunga e complessa, sebbene per vari motivi fortemente auspicata, è stata invece la trasformazione tecnologica dei sistemi di commutazione, per i nodi delle grandi reti pubbliche per telefonia; tale trasformazione, di fatto, è stata progressivamente attuata su un arco di tempo di oltre un quarto di secolo. Essa è inoltre destinata a proseguire via via che si rendono disponibili nuove opportunità nell'area delle tecnologie di base, e si matura una maggiore esperienza -soprattutto con riferimento al software- sugli strumenti con cui affrontare i problemi di elaborazione *di processo*.

Prescindendo comunque da quanto avverrà in futuro, è da sottolineare che, muovendo da strutture totalmente elettromeccaniche, nei primi anni 60 la trasformazione ha inizialmente interessato la funzione *comando*, e solo successivamente la funzione *connessione*.

Nel comando, infatti, i dispositivi cui sono affidati compiti logici e di controllo potevano essere realizzati con tecnologie elettroniche già allora sufficientemente affidabili (e sperimentate nei computer numerici). Ma non così per la connessione; ciò, principalmente, per l'eccessiva criticità e l'elevato costo dei punti di incrocio delle matrici di connessione, realizzati con dispositivi a semiconduttori *discreti*, capaci di assicurare un sufficiente disaccoppiamento tra i segnali analogici relativi a giunzioni diverse, garantendo simultaneamente un'adeguata linearità nei confronti dei segnali che attraversano il *contatto*.

Non si è trattato di un breve stacco temporale tra le due trasformazioni, poichè la realizzazione di matrici di connessione a circuiti integrati -a divisione di tempo o di spazio (queste ultime operanti comunque, di norma, nel tempo)- efficienti e ragionevolmente economiche è stata, in pratica, subordinata alla rinuncia a commutare i segnali analogici, ed alla possibilità di attuare la funzione di connessione operando sistematicamente su segnali già digitalizzati. E' stato anzi l'estendersi di questa possibilità, in relazione all'evoluzione delle tecnologie, il fattore principale anche se non unico, che ha scandito il processo di elettrizzazione dei sistemi di commutazione.

La numerizzazione dei segnali telefonici, per renderli idonei ad essere commutati da matrici di connessione elettroniche, è stato un passaggio molto critico di tale processo, data la costosità dei "codec", cioè dei convertitori analogico-digitali e vv delle prime generazioni, che ne rendeva

inaccettabile, sotto un profilo tecnico-economico, un inserimento *dedicato* su ogni attacco di utente, cioè su parti del sistema di commutazione a *basso impegno statistico*.

Nei quindici anni che sono intercorsi tra l'elettronizzazione delle funzioni di comando e l'elettronizzazione *generalizzata* di quelle di connessione, sono state sviluppate tecniche di commutazione ibride, dovendosi tale aggettivo riferire non solo alla coesistenza, nel sistema di commutazione, di tecnologie elettromeccaniche ed elettroniche, ma anche alla simultanea presenza in esso di stadi operanti su segnali analogici e di stadi operanti su segnali numerici.

Sono della metà degli '60 i primi sistemi di tecnica *semielettronica*, in cui le funzioni di connessione sono attuate con relè rapidi in tutti gli stadi e, degli anni '70 i sistemi realizzati ancora con dispositivi elettromeccanici negli stadi di linea, e matrici elettroniche negli stadi di gruppo; ciò con l'ovvio obiettivo di inserire i codec su giunzioni ad alto impegno statistico (dopo la concentrazione), eventualmente utilizzandoli per più giunzioni con tecniche di moltiplicazione a divisione di tempo. Nell'ambito di questa stessa logica furono sviluppati sistemi con stadi di linea analogici elettronici, ed anche intere centrali terminali, totalmente elettroniche, con parti notevoli delle funzioni di connessione operanti su segnali analogici e con tecniche a divisione di tempo.

L'evoluzione delle tecnologie di base negli anni '70, ha posto in pratica i progettisti dei sistemi di commutazione di fronte a difficili scelte, tecnologiche e di architettura, riguardanti la funzione di connessione. Ed è appunto in tali scelte che si sono concretizzate, almeno inizialmente, le diverse «filosofie di marca»; tutto ciò, mentre sembrava scontata la necessità di mantenere concentrate le funzioni logiche, per utilizzare al meglio i costosi computer dedicati all'espletamento di tali funzioni. In questo quadro appariva anche indispensabile accentrare sui computer i compiti di governo delle *unità periferiche* del sistema di commutazione, di dimensione insufficiente per meritare una *propria intelligenza*.

Si deve richiamare, a questo punto, che negli anni '70 il costo per linea di un sistema di commutazione semielettronico risultava, nel complesso, superiore -a parità di prestazioni- rispetto a quello dei sistemi elettromeccanici, cosicché sembrava inevitabile giustificare i maggiori costi unitari con la possibilità di offrire nuovi servizi, il cui mercato appariva peraltro di entità molto incerta.

Ma il quadro delle opportunità offerte dalle tecnologie di base evidenziava un processo evolutivo in corso riguardante, in particolare, la crescente scala di integrazione dei "circuiti integrati al silicio": di tale processo si potevano prevedere con notevole chiarezza le tendenze, ma non con altrettanta facilità i tempi. Ed è appunto in questo quadro che, per motivi di competizione reale o paventata, si doveva avviare urgentemente la progettazione delle grandi filiere di commutazione.

Nella seconda metà degli anni '70, con il rapido crollo dei costi per unità

di funzione dei circuiti integrati per tecniche numeriche, si rendeva possibile la realizzazione di un potente "macrocomponente" logico: il «microprocessore». Il microprocessore unitamente alle memorie (anche di tipo semipermanente o permanente) realizzate con dispositivi integrati, sovvertiva le fondamentali tendenze evolutive dell'informatica, aprendo formidabili prospettive all'*informatica distribuita*, ma imponeva anche una sostanziale riconsiderazione delle ipotesi progettuali assunte a base dei sistemi di commutazione, per quanto concerne le funzioni logiche e di controllo.

I sistemi di commutazione oggi in produzione risentono, di fatto, della risposta che i progettisti hanno dato a quesiti sulla opportunità di utilizzare tecnologie commercialmente disponibili e già ragionevolmente sperimentate, rischiando una rapida obsolescenza del progetto, o di puntare su tecnologie *esordienti*, probabilmente migliori delle prime ma non del tutto conosciute, affrontando rischi di altro tipo riguardanti, ad esempio, l'affidabilità complessiva dei sistemi.

Altri fattori di valutazione emergono dall'esame dei livelli di intelligenza e di flessibilità necessari per il governo delle diverse specifiche funzioni che si compiono nel commutatore; altri ancora, da considerazioni sulla influenza dei guasti dei singoli componenti sul servizio erogato, e sulla maggiore o minore facilità di realizzare strutture ridondate.

Quasi tutte le scelte hanno "pro e contro", soprattutto se si tratta di scelte coeve, operate presumibilmente sulla base delle stesse conoscenze; si deve però sottolineare che i lunghi tempi necessari per lo sviluppo di un sistema di commutazione, ed il suo carattere altamente integrato, rendono per lo più problematici i mutamenti di orientamento in *itinere* cioè durante lo sviluppo del progetto; d'altra parte sistemi *meno moderni* nell'impostazione, ma che fruiscono di consistenti modifiche apportate sulla base dell'esperienza di esercizio, possono fornire prestazioni reali migliori di altri più innovativi.

Non è esagerato sostenere che i sistemi di commutazione sono sviluppati dalle diverse industrie nell'ambito di vere e proprie "filosofie di marca", di "scuole di pensiero" in cui i vari criteri di giudizio hanno diverso peso per i progettisti. Nel caso dei sistemi elettronici le differenze tra tali filosofie sono forse meno marcate di quelle rilevabili nei sistemi elettromeccanici; è da richiamare, al riguardo, il ruolo di indirizzo svolto dai gestori delle reti oltre che, ovviamente, le oggettive esigenze di interoperatività tra sistemi di diversi costruttori e di diverse generazioni.

Sotto tale premessa nell'avviare, con la filiera UT dell'Italtel, la presentazione dei sistemi di commutazione in esercizio nella rete della SIP, si ritiene utile lasciare all'industria la libertà e la responsabilità di illustrare -anche nei principi ispiratori- le proprie scelte e le proprie soluzioni; rimane comunque aperto un dibattito che, se limitato ai fatti tecnici oggettivi, non può che essere utile per tutti gli interessati.

p. r.

Architettura del Sistema UT

A. D'Angelo, S. Dal Monte (*)

Questo è il primo di una serie di articoli, che si propongono di illustrare, con un livello di dettaglio progressivamente crescente, le caratteristiche della Linea UT, il sistema di commutazione numerica attualmente prodotto da ITALTEL. L'articolo presenta una panoramica delle alternative architetture per il progetto dei sistemi di commutazione numerica, fa poi un breve cenno all'evoluzione dei criteri di progetto tra gli anni '70 e gli anni '80 e, infine, introduce l'architettura della Linea UT, analizzando le scelte e le metodologie progettuali.

Introduzione

ITALTEL Società Italiana Telecomunicazioni (SIT) è la maggiore azienda manifatturiera italiana di telecomunicazioni, coprendo oltre il 50% del mercato nazionale della commutazione, ed è uno dei quattro maggiori fornitori globali del settore in Europa.

La business unit di commutazione di ITALTEL produce e commercializza in Italia ed all'estero le centrali di commutazione numerica della LINEA UT, i sistemi di esercizio e manutenzione (OSS, Operation Support System), gli apparati per reti dati a commutazione di pacchetto ed i sistemi di energia.

Nel 1991 le centrali UT installate nel mondo hanno superato le 2500 unità, di cui oltre 300 di grande capacità, per un totale di oltre 8 milioni di linee telefoniche. Sono inoltre entrate in esercizio le prime centrali UT predisposte per la Rete numerica integrata nei servizi (ISDN) e sono stati avviati i collaudi, presso la SIP, delle centrali UT con funzioni di accesso alla "Rete Intelligente" (SSP - Service Switching Point). ITALTEL è stata infatti scelta come fornitore di apparati e sistemi per la "Rete Intelligente" e contribuirà allo sviluppo di una rete di telecomunicazioni pubblica a valore aggiunto.

Sempre nel 1991, sono state avviate le attività di collaudo delle centrali UT con funzioni di centro di controllo radiomobile per la rete digitale GSM.

Per gli anni Novanta ITALTEL punta a consolidare la propria presenza sui mercati esteri sia attraverso l'acquisizione di significative partecipazioni in società ad alta specializzazione presenti sui diversi mercati, sia attraverso la costituzione di joint venture di carattere produttivo e commerciale.

Tale orientamento strategico ha portato al consolidamento della collaborazione con l'americana AT&T, sia per il deployment di prodotti a tecnologia già

consolidata, sia per lo sviluppo di nuove tecnologie, quali ad esempio ISDN a larga banda, sistemi in fibra ottica, sistemi di office communication.

L'architettura della LINEA UT favorisce in tal senso l'apertura all'evoluzione e alla crescita dei servizi di telecomunicazioni.

Nell'ambito degli accordi e delle joint venture realizzate dall'azienda, che ne permettono la presenza in oltre 40 mercati in tutto il mondo, di grande importanza è la costituzione di Telezarja, una società mista, in partecipazione con Krasnaja Zarja, primaria azienda manifatturiera di telecomunicazioni russa, per la produzione e commercializzazione di oltre un milione e mezzo di linee UT all'anno.

1. Fattori evolutivi

Il progetto di una nuova architettura per un sistema di commutazione numerica è dettato dall'esigenza dei costruttori di difendere ed espandere il proprio mercato o da profonde evoluzioni tecnologiche che hanno reso il loro prodotto obsoleto.

Questo secondo fattore, negli anni passati, ha spinto i costruttori a orientarsi verso l'adozione di sistemi di trasmissione e di commutazione numerici, resi economicamente convenienti dalle innovazioni nel campo dell'elettronica. In particolare gli anni '80 hanno visto la nascita dei sistemi di commutazione elettronici di seconda generazione, realizzati grazie alla disponibilità di microprocessori custom e semicustom in tecnologia VLSI, di componenti in tecnologia MSI e LSI e dall'esistenza di un vasto mercato di componenti "INFO" (e.g. processori, memorie, interfacce), nati per le applicazioni informatiche ma impiegati diffusamente, e di componenti "TLC" (e.g. elementi per le matrici di commutazione), progettati per le telecomunicazioni. E' importante osservare che l'evoluzione dei componenti

(*) ing. Antonino D'Angelo, ing. Sergio Dal Monte - ITALTEL SIT

“INFO” risulta più rapida e mutevole di quella dei componenti “TLC”, essendo questi ultimi vincolati da standard internazionali e da costi più elevati, dovuti alla maggior complessità e al minor numero di pezzi prodotti.

2. Requisiti architetturali “classici”

Oltre allo scenario tecnologico sopra descritto esiste una serie di requisiti chiave tradizionalmente impiegati per caratterizzare il progetto architeturale dei sistemi di commutazione. Si può darne la seguente classificazione:

- a) Capacità (numero di terminazioni, traffico di rete, carico elaborativo)
- b) Servizi/Prestazioni (specifiche di trasmissione, elaborazione delle chiamate, integrazione di rete, controllo del sovraccarico)
- c) Affidabilità (MTBF, autodiagnosi, ridondanza)
- d) Impiantistica (ingombri, dissipazione/consumi, condizioni ambientali)
- e) Esercizio e Manutenzione / Amministrazione (allarmi, applicativi per diagnosi, riconfigurazione, raccolta dati etc., possibilità di avere gli apparati di OA&M remotizzati o collocati rispetto alla centrale, MML, report).

3. Vincoli e requisiti aggiuntivi per il progetto architettuale

I principali requisiti per il progetto dell’architettura di sistema, imposti dallo scenario tecnologico e normativo, possono essere schematizzati come segue:

- 1) Compatibilità con i sistemi ed i servizi già presenti in campo
- 2) Predisposizione per supportare nuovi servizi (servizi avanzati, servizi a valore aggiunto, Narrowband ISDN, radiomobile, Broadband ISDN)
- 3) Copertura dell’intero arco di dimensioni (dalla centrale molto piccola a quella molto grande)
- 4) Flessibilità nella configurazione di centrale e nella remotizzazione dell’utenza
- 5) Rispetto dei requisiti nazionali ed internazionali per applicazioni Rurali, Locali, Combine, Tandem/ Transit/Toll
- 6) Fornitura dei servizi di OA&M, servizi di operatore e servizi di gestione della rete
- 7) Lungo tempo di vita del sistema
- 8) Competitività

4. Panoramica sulle architetture di sistema

La classificazione delle architetture di sistema proposta in questo paragrafo si basa sulla ripartizione delle funzioni di controllo del sistema. Tali funzioni possono essere associate alle tre principali categorie di terminazioni presenti in una centrale telefonica:

- Terminazioni di utente (da poche centinaia a centinaia di migliaia)
- Terminazioni di giunzione (da poche decine a decine di migliaia)
- Terminazioni per OA&M (da poche unità a qualche decina)

Tali terminazioni possono essere viste come “porte” per differenti tipi di processi e richiedono, in momenti

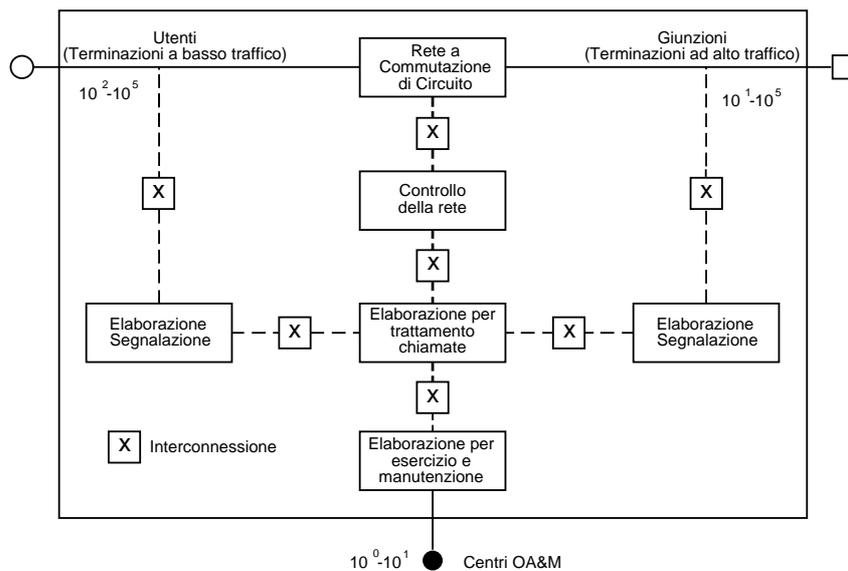


Figura 1 Funzioni/blocchi di un generico sistema di commutazione

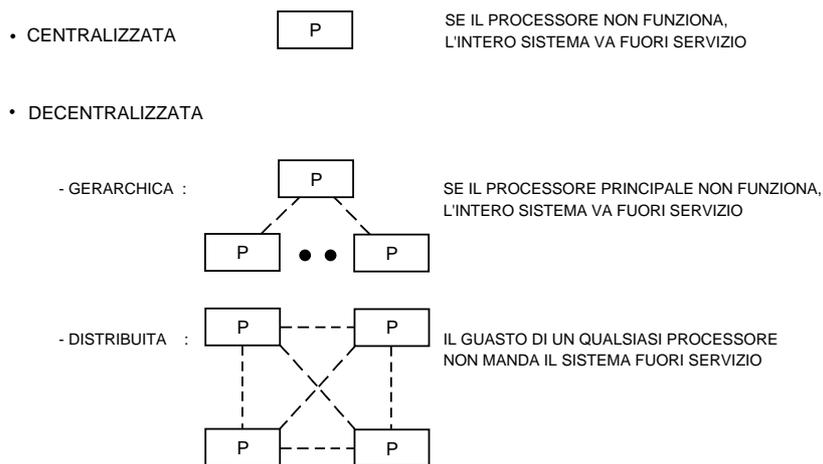


Figura 2 Tipologie di architettura

diversi, differenti tipi di interconnessione. Perciò le terminazioni richiedono appropriate funzioni di controllo e differenti reti di commutazione per il colloquio tra loro e tra le funzioni di controllo stesse.

Nella fig. 1 viene presentata una schematizzazione delle principali funzioni di controllo che devono essere implementate in un sistema di commutazione.

Tali funzioni possono essere suddivise in due classi fondamentali:

- Funzioni per la corretta esecuzione dei servizi di base (trattamento dei segnali)
- Funzioni ausiliarie di controllo (segnalazione, esercizio e manutenzione, amministrazione del sistema)

In linea di principio tutte le funzioni di controllo di un sistema di commutazione potrebbero essere eseguite da un singolo processore.

Tuttavia le varie funzioni hanno esigenze diverse in termini di tipo/dimensione delle memorie richieste, tempistiche di elaborazione (real time o meno), tassi di errore tollerabili etc.

Ciò apre la strada a diverse possibili strutture di controllo, ossia a differenti architetture di sistema.

Il principale criterio usato per classificare le architetture di sistema distingue fra *Architettura Centralizzata* e *Architettura Distribuita*, a seconda che l'elaborazione delle funzioni di controllo sia realizzata da un processore centralizzato o ripartita tra più processori; nel primo caso qualsiasi "down" del processore centralizzato provoca il down dell'intero sistema, pertanto le strutture centralizzate vengono per lo più ridondate in modo da contenere i tempi di malfunzione del sistema.

E' possibile dettagliare ulteriormente la classificazione delle architetture, in base ai criteri di suddivisione funzionale e ripartizione di carico elaborativo. In molte implementazioni questi criteri aggiuntivi sono applicati congiuntamente.

Inoltre, per quanto riguarda le architetture non centralizzate, si può distinguere (fig. 2) tra architetture propriamente distribuite, in cui il down di un processore non pregiudica il funzionamento del sistema, e architetture gerarchiche, dove le funzioni di controllo sono ripartite in modo gerarchico tra processori asserviti e un processore "master", il cui down comporta quello dell'intero sistema.

Infine esistono implementazioni "miste", in cui alcune funzioni sono strutturate in modo centralizzato e altre in modo distribuito o gerarchico.

5. Confronto fra architettura centralizzata e architettura distribuita

L'architettura distribuita (fig. 3) è basata su Moduli Standard (SM) con processori autonomi per le funzioni di controllo delle chiamate, ognuno dei quali ha in memoria la configurazione delle risorse di centrale.

I moduli standard possono essere suddivisi in:

- Moduli Periferici (PM), che si interfacciano alla rete telefonica (rilegamenti di utente/giunzioni)
- Moduli Comuni (CM), che realizzano funzioni comuni (segnalazione CCS, OA&M, etc.)

L'architettura distribuita è caratterizzata dall'uso di molti processori, di una rete per la commutazione dei messaggi tra i processori e della ripartizione del traffico e delle funzioni tra i moduli.

La modularità dell'architettura distribuita è fondata sul concetto di "unisystem" (fig. 4), cioè un singolo sistema che permette di realizzare centrali di ogni dimensione e di ampliare le centrali esistenti (sia in termini di dimensioni che di prestazioni), grazie all'aggiunta di nuovi moduli.

Al contrario le architetture centralizzate sono

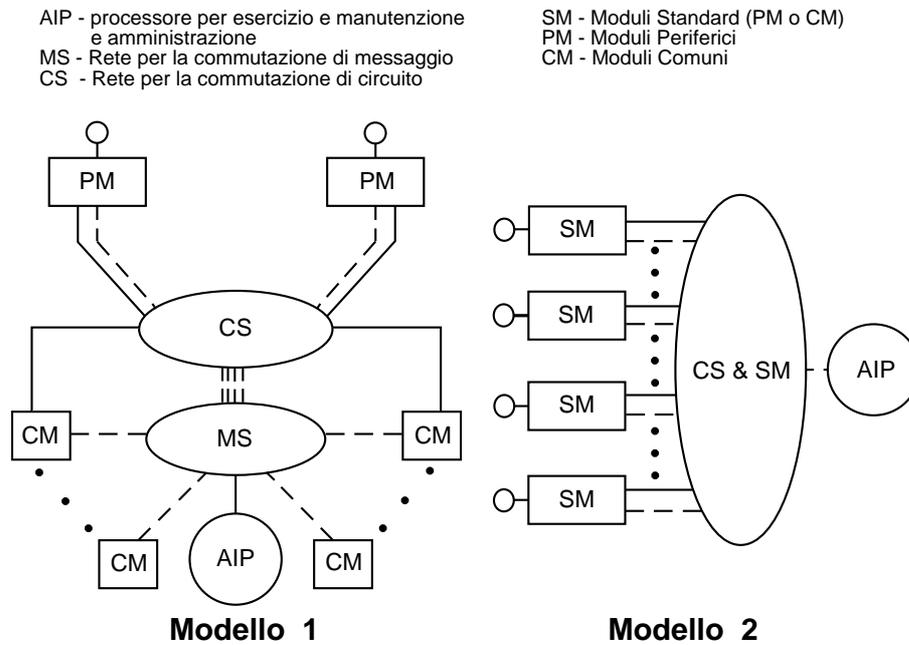


Figura 3 Esempi di architettura

realizzate attraverso una “famiglia di sistemi” (fig. 4), ognuno progettato per una precisa applicazione.

E' possibile definire una relazione quantitativa tra il costo di un sistema di commutazione ed il numero (N) delle sue terminazioni, osservando che esistono elementi il cui costo è costante e non dipende da N (gruppi di alimentazione, strutture meccaniche, controllore centrale), elementi il cui costo cresce linearmente o quasi linearmente con N (interfacce d'utente, interfacce di giunzione, dispositivi centrali dipendenti dal traffico) ed elementi il cui costo cresce intrinsecamente in modo quadratico con N, costo che di fatto viene linearizzato nell'implementazione (rete di connessione).

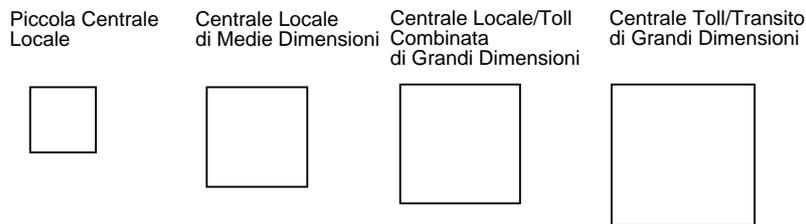
Qualitativamente, l'architettura centralizzata e quella distribuita hanno gli andamenti di costo mostrati in fig. 5.

Si osservi che al crescere di N le funzioni di costo relative ad architettura centralizzata e ad architettura distribuita tendono a divenire asintotiche, esprimendo costi uguali per grandi dimensioni di centrale.

La differenza sostanziale nei profili di costo si osserva per piccoli valori di N, laddove il costo di grossi processori centralizzati ha un peso notevole rispetto ai piccoli processori di un sistema distribuito.

I rimanenti vantaggi dell'architettura distribuita rispetto a quella centralizzata consistono in:

FAMIGLIA DI SISTEMI



UNISYSTEM

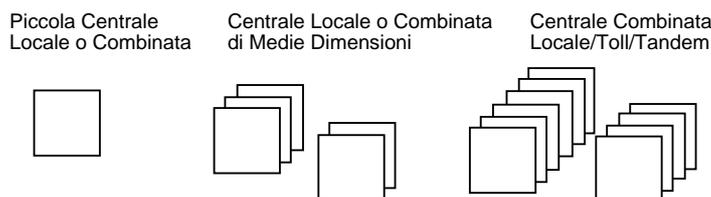


Figura 4

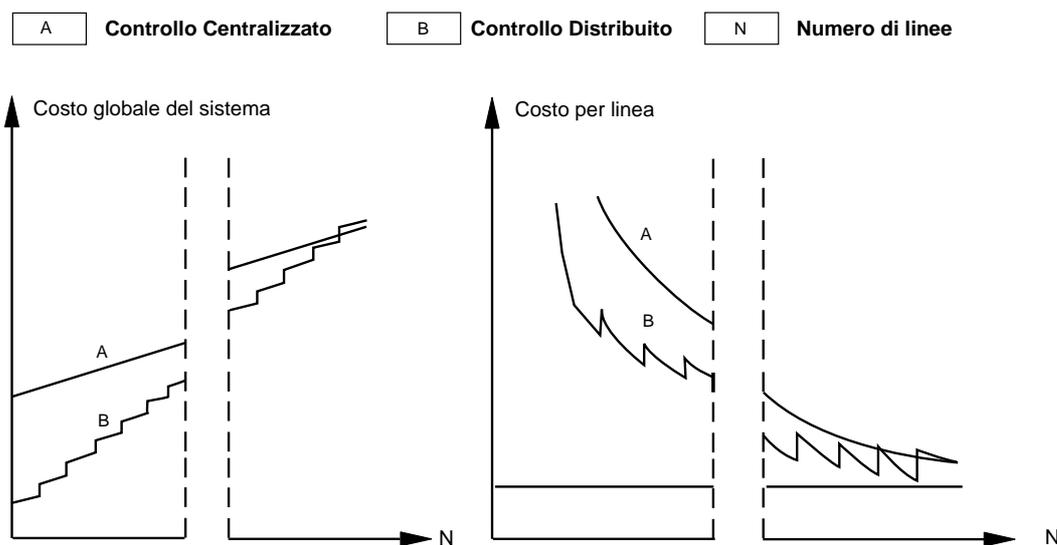


Figura 5 Confronto qualitativo di costi tra architettura centralizzata e architettura distribuita

- Grande affidabilità: comporta un'alta qualità dei servizi e un basso costo di esercizio
- Sviluppo "step by step": sono possibili una migliore distribuzione dei costi di ricerca e sviluppo ed un ritorno più rapido degli investimenti
- Lungo tempo di vita di sistema: si può realizzare la graduale introduzione di prestazioni e servizi e innovazioni tecnologiche; sono salvaguardati gli investimenti dei clienti
- Unisystem: comporta minori costi di gestione, di addestramento del personale e di installazione/ampliamento

6. Evoluzione storica delle architetture di sistema

La fig. 6 riassume le principali linee di tendenza nell'evoluzione delle architetture di sistema.

7. Architettura della Linea UT

7.1. Caratteristiche generali

La Linea UT è un sistema di commutazione digitale, che copre l'intero spettro delle applicazioni di rete ed è caratterizzata da un'architettura modulare e a controllo distribuito.

Sebbene la Linea UT sia stata progettata per applicazioni digitali, essa è in grado di "interfacciarsi" perfettamente con le applicazioni analogiche attualmente presenti nella rete telefonica mondiale.

I moduli di UT sono interconnessi tramite reti distinte per la commutazione di messaggio e per la commutazione

di circuito, ottimizzate per la specifica dimensione ed applicazione di ogni centrale, che può servire da poche centinaia di linee sino a 100.000 utenti o 60.000 linee di giunzione.

La Linea UT è un sistema estremamente flessibile nel quale ogni modulo forma un'entità hardware e software completamente autonoma. Questo tipo di modularità permette di introdurre nuovi servizi in centrali già installate e facilita lo sviluppo graduale da piccole centrali locali a grandi configurazioni di centrale multi-sito.

Grazie alla sua estrema flessibilità, la Linea UT può essere introdotta nella rete telefonica a qualsiasi livello gerarchico; essa è inoltre progettata per evolvere come nucleo della Rete Intelligente e della rete ISDN (rete numerica integrata nei servizi, Integrated Services Digital Network) con integrazione del trattamento del pacchetto e, successivamente, del servizio Broadband (tecnica ATM etc.).

L'evoluzione tecnologica ed i nuovi rilasci del software per UT sono pianificati in modo da essere integralmente compatibili ed intercambiabili con l'hardware ed il software già installati, salvaguardando così gli investimenti iniziali del cliente.

Un ambiente di sviluppo completamente integrato produce, valida e gestisce il software utilizzando i linguaggi e le metodologie più evolute.

7.2. Caratteristiche di progetto

La flessibilità e l'affidabilità di UT sono frutto di criteri di progetto che nascono dalla moderna ingegneria di sistema, criteri fondamentali nel disegno di una macchina complessa ed in continua evoluzione quale è la centrale telefonica di oggi.



Figura 6 Evoluzione dei sistemi di commutazione

Tali criteri si riassumono in:

- Modularità
- Distribuzione del controllo
- Decentralizzazione
- Uniformità
- Ridondanza

Di seguito viene illustrato come i criteri sopra esposti siano individuabili nell'architettura di UT.

7.2.1 Modularità

La Linea UT è costituita da una famiglia di moduli base, impiegati per costruire ogni centrale.

I moduli sono organizzati in classi funzionali: moduli periferici e di commutazione (Peripheral and Switching Module: PSM), moduli di interconnessione, moduli per funzioni comuni e moduli di supervisione (fig. 7).

Attualmente sono presenti in campo due tipi di centrale UT: UT 20 e UT 100. In seguito alla ristrutturazione della rete telefonica e alla creazione degli Stadi di Gruppo è in corso il processo di trasformazione delle centrali UT 20 in centrali UT 100 o in isole remote di centrali UT 100; si arriverà in tal modo a realizzare una linea unisystem: UT100 sarà impiegata per tutte le applicazioni.

Per competere efficacemente con le famiglie di sistemi centralizzati, ottimizzati per le varie applicazioni, è stata adottata un'architettura modulare con capacità di elaborazione distribuita, in modo che il numero delle terminazioni e la potenza elaborativa crescano gradualmente e con continuità al crescere delle dimensioni del sistema.

7.2.2 Distribuzione del controllo

Le funzioni di controllo del sistema sono completamente distribuite in unità di elaborazione autonome. I processori

sono debolmente accoppiati e scambiano informazioni tramite protocolli ed interfacce standard.

I moduli che implementano le funzioni di controllo delle chiamate, quali la scansione delle linee per il rilevamento di segnali entranti o la risposta ad allarmi, rispondono a requisiti di tempo reale e di tolleranza ai guasti.

All'estremo opposto, i moduli che implementano le funzioni di tipo amministrativo/gestionale, quali le procedure di esercizio e manutenzione, gestione di basi dati, diagnostica di secondo livello ed interfacce uomo-macchina, rispondono a requisiti meno stringenti in termini di tempo reale, garantendo però una maggiore integrità dei dati.

Questa scelta permette di non appesantire risorse di calcolo estremamente veloci ed affidabili con funzioni amministrative delegabili a processori di taglio ridotto.

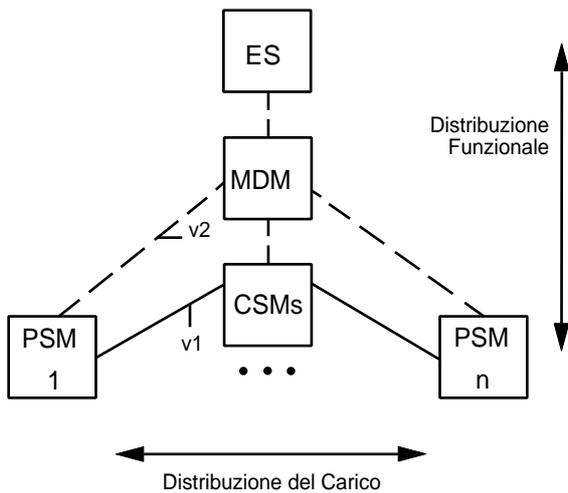
7.2.3 Decentralizzazione

Il controllo della centrale è organizzato in tre livelli di processori e nessuna attività in tempo reale o decisione operativa è intrapresa da una sola e specifica unità o modulo del sistema.

Ciò consente di massimizzare il traffico smaltito, di eliminare colli di bottiglia e di scongiurare il non funzionamento totale della centrale.

7.2.4 Uniformità

L'uniformità degli equipaggiamenti impiegati è decisamente estesa nella Linea UT: gruppi di piastre a circuito stampato ed intere unità funzionali possono essere utilizzate in diversi moduli del sistema, con modifiche minime al software ed al firmware.



v1 = Canali a circuito a 64 Kbit/s
v2 = Canali dati a 256 Kbit/s

- SM → PSM = Moduli Periferici (Periphery & Switching Module)
- CS → CSM = Moduli per la Commutazione di Circuito (Circuit Switching Module)
- MS → MDM = Moduli per la Commutazione di Messaggio (Message Switching Module)
- AIP → ES = Elaboratore di Supporto (per esercizio e manutenzione e collegamento con centri di OA&M)

Figura 7 Architettura della Linea UT

7.2.5 Ridondanza

L'affidabilità della Linea UT è garantita dal diffuso impiego di elementi duplicati e dalla decentralizzazione delle funzioni.

Tutti gli equipaggiamenti hardware che servono più di 64 utenti o più di 30 giunzioni sono duplicati, mentre il controllo di modulo lavora in configurazione master-slave.

7.3 Sviluppo Software e Hardware

7.3.1 Software

Il software della Linea UT è prodotto e collaudato in un moderno ambiente di sviluppo, utilizzando linguaggi evoluti ed internazionalmente riconosciuti, tanto per la specifica quanto per l'implementazione.

La fabbrica software Italtel fornisce una serie di "tools" integrati che gestiscono l'intero ciclo di vita del software e che garantiscono:

- sviluppo conforme a metodologie standard
- documentazione completa ed automatizzata
- supporto alla gestione del progetto
- impianti di prova per l'integrazione ed il test funzionale

- strumenti automatici di "software management" per gestire le diverse versioni rilasciate

Come illustrato in fig. 8 e fig. 9, le fasi e gli strumenti impiegati per lo sviluppo del software sono:

- 1) Raccolta ed analisi dei requisiti: linguaggio informale
- 2) Specifica formale: linguaggio di specifica SDL
- 3) Implementazione: C e CHILL
- 4) Integrazione: MAKE SCCS
- 5) Test: debugger simbolico / in-circuit emulator
- 6) Gestione del software: strumenti automatici di "software management"

Il software della Linea UT è distribuito su tre livelli di processori:

- I) Processori periferici (Peripheral Processors, PP)
- II) Processori di controllo di modulo (Module Control Processors, MCP)
- III) Processori del modulo di esercizio e manutenzione (OMM processors)

Ogni modulo software implementa una funzione specifica e si compone di una serie di moduli autonomi e compatibili.

La struttura generale del software, applicabile a tutti i processori utilizzati nel sistema, consta di (fig. 10):

- Sistema operativo
- Sistema degli applicativi

Il sistema operativo è composto da una serie di moduli software che controllano le risorse di ogni singolo processore: la CPU, la memoria e le unità di input/output. Inoltre il sistema operativo gestisce e

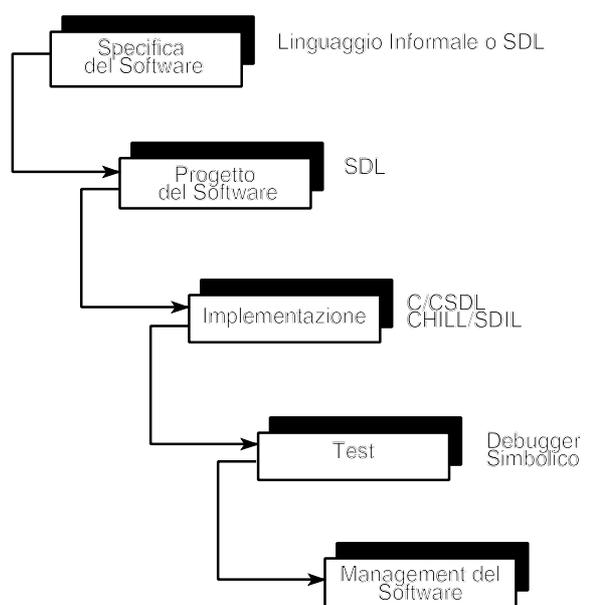


Figura 8

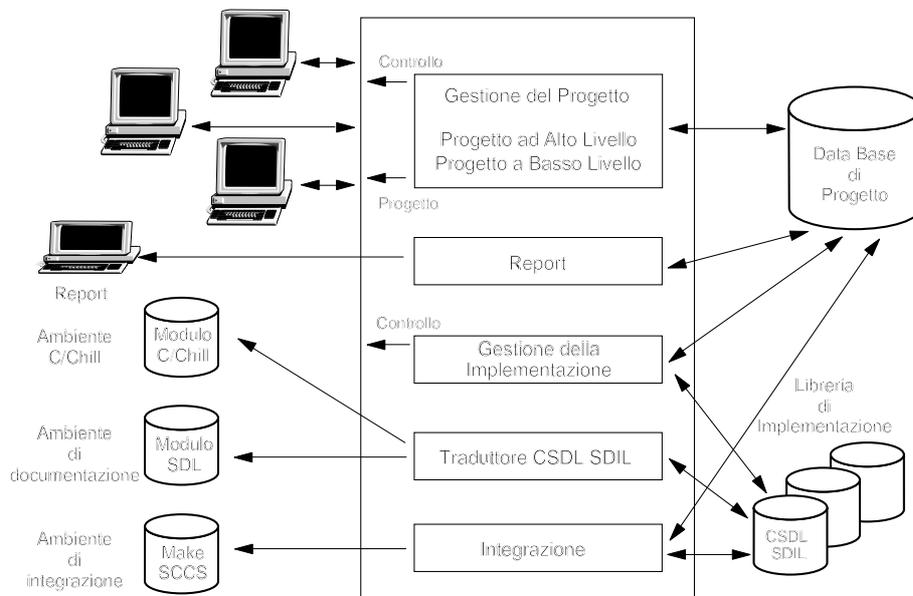


Figura 9

controlla le attività dei processi applicativi, virtualizzando per ognuno di essi le risorse hardware.

Il sistema degli applicativi è composto da una serie di moduli software che sono raggruppati in “automi”, la cui funzione è quella di implementare processi descritti e progettati come macchine a stati finiti (Finite State Machine, FSM).

Una macchina a stati finiti esegue una specifica attività in base all’evento comunicatole ed al suo stato operativo.

Gli eventi (composizione del numero, etc.) vengono comunicati alle opportune FSM tramite messaggi gestiti dal sistema operativo.

7.3.2 Hardware

La Linea UT adotta le più avanzate tecniche della micro-elettronica ed è stata concepita per essere compatibile con le evoluzioni future.

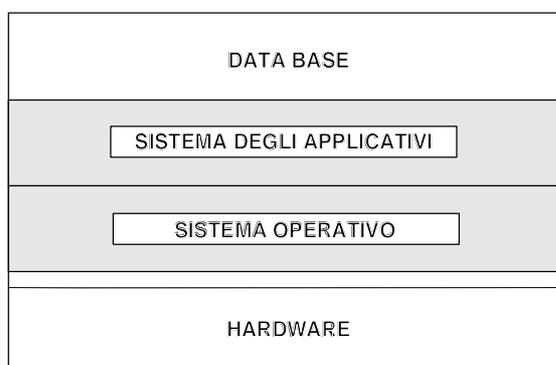


Figura 10

I componenti sono scelti in base a requisiti molto stringenti in termini di affidabilità e disponibilità commerciale (almeno 2 fornitori per ogni componente: in tal modo la produzione di UT prosegue e si può fare fronte alle richieste dei clienti, anche quando un fornitore interrompa le consegne).

Lo sviluppo di componenti “custom” è intrapreso esclusivamente quando particolari condizioni economiche o strategiche lo richiedano.

I componenti e le tecnologie impiegati ricadono nelle seguenti categorie:

- Circuiti a piccola e media scala di integrazione: la tecnologia TTL e la tecnologia FAST sono utilizzate per le funzioni logiche e per la distribuzione delle temporizzazioni.
- Circuiti a larga scala di integrazione: viene largamente impiegata la tecnologia MOS; in particolare, sono utilizzate memorie statiche e dinamiche N-MOS e “combo” C-MOS. Nei controllori di modulo vengono invece adottati processori in tecnologia bipolare.
- Componenti “custom” in tecnologia MOS: componenti di questo tipo sono stati sviluppati in particolare per implementare funzioni chiave nella matrice di interconnessione (es.: elemento di commutazione ECI) e nelle interfacce digitali.
- Tecnologia a film spesso: è utilizzata nei moduli periferici, in particolare nelle piastre di linea analogica (Analog Line Card, ALC).
- Tecnologia a montaggio superficiale (Surface Mounting Technology: SMT): per le piastre di maggiore complessità, in particolare per quelle di comando di modulo, viene fatto largo uso di componenti Surface Mounting Device (SMD).