

Descrizione dell'Invenzione Industriale avente per titolo:

**Nuova unita' di accesso a una rete di trasporto dati a
larga banda, attraverso coppie telefoniche simmetriche**

Inventore: Carlo Mozetic

**Nuova unita' di accesso a una rete di trasporto dati a
larga banda, attraverso coppie telefoniche simmetriche**

INDICE

1	BREVE DESCRIZIONE	3
2	INTRODUZIONE	3
3	DESCRIZIONE	6
4	RIVENDICAZIONI	22
5	TABELLE E FIGURE	23

1 BREVE DESCRIZIONE

Il presente documento descrive una nuova unità di accesso a una rete di trasporto dati a larga banda che consente di inserire e di estrarre un insieme di canali Ethernet 10 Base-T su altrettante coppie telefoniche simmetriche (doppini telefonici) senza cambiare il tipo di modulazione e mantenendo inalterato il codice di linea. Gli stessi doppini possono essere utilizzati simultaneamente per il normale servizio telefonico pubblico, sia di tipo POTS sia di tipo ISDN, senza alcuna apprezzabile degradazione qualitativa.

2 INTRODUZIONE

L'accesso dati a larga banda in ambito residenziale è un argomento che recentemente stà riscuotendo un interesse sempre maggiore sia da parte degli operatori di servizi telematici, sia da parte dei fornitori di infrastrutture dedicate al trasporto dati ad alta velocità. Mentre le problematiche realizzative per costruire reti a larga banda a costi relativamente contenuti sono state già affrontate in passato e successivamente risolte attraverso l'utilizzo delle più moderne tecnologie oggi a disposizione, rimane ancora aperto il problema di come raggiungere l'utente finale. Alcune possibili soluzioni sono state già trovate e sperimentate: ad esempio, attraverso le tecnologie ADSL e VDSL è possibile far transitare dati ad alta velocità sul comune doppino telefonico a distanze anche ragguardevoli. Un'altra soluzione è quella di ricablare gli edifici con speciali fibre ottiche che possono essere inserite con aria compressa in condotti molto sottili che hanno funzione di guida e che

vengono preventivamente infilati negli appositi spazi già utilizzati per altre forniture (luce, telefono, TV, ecc.). Eppure queste soluzioni, benchè valide, hanno suscitato non poche perplessità fra gli operatori perchè, se da un lato risolvono il problema di raggiungere l'utente ovunque esso sia ubicato, d'altro ne limitano l'utilizzo a una utenza di tipo business o small business a causa del costo eccessivo delle infrastrutture o della necessità di dover eseguire lavori di installazione in loco, spesso invasivi e difficili da pianificare e gestire. In particolare, la tecnologia ADSL permette di adattare automaticamente la velocità con cui vengono trasmessi i dati in base alle caratteristiche di ogni singolo mezzo trasmissivo (doppino); sulla media distanza, quindi, questa tecnologia non garantisce a tutti gli utenti la stessa qualità di servizio a meno che non venga utilizzata per distanze più brevi e con cablaggi più omogenei (collegamenti locali nell'ambito di un singolo edificio), nel qual caso l'installazione potrebbe diventare eccessivamente costosa per una clientela di tipo residenziale. Un'altra soluzione è quella di realizzare una piccola LAN via radio (W-LAN) che sia in grado di raggiungere tutti gli utenti all'interno di un edificio. Anche questa soluzione, apparentemente valida, nasconde non pochi problemi, uno dei quali è la necessità di dover condividere una comune risorsa già di per se limitata, la banda radio, con tutti gli utenti collegati alla stessa LAN. Questo si traduce in una progressiva riduzione della velocità trasmissiva in funzione della quantità di traffico che dipende, non solo dal numero di utenti connessi in un determinato momento, ma anche dal tipo di servizio essi stanno utilizzando (E-Mail, traffico Internet, Voice Over IP, ecc.).

L'ideale sarebbe poter raggiungere ogni singolo edificio attraverso un

mezzo trasmissivo qualsiasi idoneo al trasporto dati ad alta velocità (fibra ottica, cavo coassiale o attraverso un collegamento a microonde) e, quindi, raggiungere l'utente mediante una unità di accesso a basso costo che permetta di condividere due o più servizi su un comune supporto trasmissivo esistente, già cablato, attraverso un tecnica di trasmissione dati che offra a tutti gli utenti la stessa qualità di servizio.

Attualmente esistono dei sistemi a basso costo per condividere il comune cavo adibito alla ricezione TV terrestre o satellitare con un canale dati Ethernet a 10 Mbit/s. Questi sistemi hanno risolto gran parte delle problematiche di accesso residenziale mettendo a disposizione una velocità di trasmissione dati ragguardevole a costi contenuti.

E' necessario precisare che questa risorsa viene comunque condivisa e, quindi, soffre delle stesse problematiche di una W-LAN, ma con il vantaggio di offrire una capacità trasmissiva decisamente superiore.

D'altra parte questi sistemi risultano molto efficaci se abbinati a una rete di trasporto a microonde poichè sono in grado di sfruttare appieno le potenzialità, che si basano, appunto, sulla condivisione di un unico mezzo di trasporto fisico.

Quando si parla di reti di trasporto in fibra ottica o in cavo coassiale, il volume di traffico che si può originare e terminare per unità di tempo è di gran lunga superiore a 10 Mbit/s. Di conseguenza una fibra ottica è sicuramente sottoutilizzata se servisse per connettere un solo edificio che sviluppa un traffico di punta che non supererà mai tale velocità. Inoltre, quando si parla di velocità trasmissive superiori a 2 Mbit/s non condivisi, si pensa subito all'opportunità di trasmettere immagini (Video On Demand). Oggi,

le reti in fibra ottica consentono di poter usufruire di molteplici servizi a larga banda fra i quali c'è anche l'opportunità di scaricare immagini video in formato compresso (MPEG).

Per raggiungere questo scopo, è necessario disporre di una connessione alla rete di trasporto che sia in grado di sfruttarne appieno le potenzialità e che, contemporaneamente, sia di facile accesso e con costi di installazione e manutenzione contenuti e, quindi, alla portata di tutti.

3 DESCRIZIONE

La funzionalità di questa nuova unità di accesso a larga banda può essere sintetizzata osservando la fig.1

Questa nuova unità di accesso è costituita da una unità principale (MU) che gestisce n interfacce d'utente (UI). Ogni UI è connessa alla MU mediante una coppia telefonica simmetrica standard, idonea al cablaggio degli edifici, di lunghezza variabile ma comunque inferiore ai 75 metri. La MU è dotata di n connessioni di tipo POTS o ISDN, di n accessi Ethernet 10 Base-T e di n connessioni verso le UI. A sua volta, ogni UI è dotata di una connessione di tipo POTS o ISDN, di un accesso Ethernet 10 Base-T e di una connessione verso la MU.

L'unità principale è comune a tutti gli utenti e può essere ubicata in prossimità della scatola di attestazione delle linee telefoniche di abbonato all'interno dell'edificio da servire. Le interfacce di utente sono uguali fra loro e possono essere ubicate all'interno dell'appartamento di ogni singolo abbonato che desidera usufruire del servizio di accesso dati a larga banda.

L'unità principale è costituita da n moduli, uno per ciascun abbonato, ognuno dei quali esegue l'inserimento e l'estrazione dei pacchetti Ethernet su una singola coppia telefonica simmetrica già utilizzata per il trasporto di canali fonici analogici (POTS), o di canali digitali (ISDN). In pratica, poichè ogni modulo MU e ogni interfaccia UI hanno in comune sia parte dell'architettura interna sia le caratteristiche elettriche principali, per definizione nei prossimi paragrafi si farà riferimento per entrambi a un unico "modulo di sistema" rappresentato nello schema di fig.2. Questo modulo esegue l'inserimento e la estrazione di un canale Ethernet 10 Base-T su una singola coppia telefonica simmetrica. Il numero di questi moduli nell'unità di accesso residenziale è pari a $2n$ dove n è il numero di abbonati. Il terminale di utente, già dotato di una interfaccia Ethernet 10 Base-T, è in grado di raggiungere l'unità principale (MU) attraverso una semplice interfaccia di utente (UI) e il normale doppino telefonico già cablato nell'edificio. L'interconnessione verso rete di trasporto dati ad alta velocità sarà garantita attraverso un dispositivo commerciale che sia in grado di moltiplicare gli n accessi Ethernet a 10 Mbit/s, disponibili attraverso la MU, su un unico mezzo trasmissivo (ottico o elettrico) in grado di servire l'intero edificio. L'interconnessione del servizio telefonico di abbonato sarà semplicemente reinstradato a ogni singolo utente attraverso la MU.

Malgrado l'esistenza di due coppie simmetriche distinte in una connessione Ethernet 10 Base-T, una per la trasmissione e una per la ricezione dei dati, non è ammessa la possibilità di trasmettere e ricevere pacchetti Ethernet simultaneamente (CSMA/CD). Qualora un terminale decida di iniziare

una trasmissione in coincidenza con l'inizio della trasmissione di un altro terminale connesso in rete, si dice che avviene una "collisione". In questo caso entrambi i terminali vengono avvertiti dell'avvenuta collisione dall'unità di accesso alla rete (MAU). Essi, quindi, proveranno a ritrasmettere il pacchetto che ha generato la collisione dopo un tempo casuale in modo da evitare successivi e ripetuti eventi di collisione fra gli stessi terminali. Questo sta a significare che, malgrado sia statisticamente molto difficile che due soli terminali connessi a una unica rete possano generare collisioni, tali eventi si possono comunque verificare soprattutto nel caso in cui il traffico Ethernet generato dai due terminali sia piuttosto sostenuto. Inoltre, l'evento di collisione deve necessariamente essere diagnosticato affinché si possa provvedere alla successiva ritrasmissione del pacchetto che ha generato la collisione. Di conseguenza, non è corretto ipotizzare di trasmettere e ricevere pacchetti Ethernet attraverso una singola coppia simmetrica commutando il verso di trasmissione ogniqualvolta un terminale decida di trasmettere. In questo caso non sarebbe possibile accorgersi dell'esistenza di collisioni e, quindi, alcuni pacchetti potrebbero essere persi senza alcuna possibilità di recupero. La necessità di mantenere la bidirezionalità in una connessione Ethernet è, quindi, mandatoria.

Attraverso un normale doppino telefonico un utente può dialogare con un altro utente inviando e ricevendo segnali elettrici simultaneamente su un unico supporto trasmissivo sfruttando un particolare circuito chiamato "forchetta" o "dispositivo anti-locale". Su questa affermazione si fonda il principio di funzionamento questa nuova unità di accesso residenziale.

Mediante speciali "forchette" è possibile inserire ed estrarre dati già codificati ad alta velocità su un comune doppino telefonico simulando, così, un collegamento a quattro fili, necessario per una connessione Ethernet 10 Base-T. Con questa unità, malgrado non sia possibile raggiungere distanze superiori ai 75 m, è stato dimostrato che è possibile far coesistere due servizi completamente diversi su un unico mezzo di trasporto fisico in modo molto semplice, adottando la stessa tecnica comunemente utilizzata per realizzare un collegamento bidirezionale nel servizio di telefonia pubblica. Inoltre, questa nuova unità rappresenta una possibile soluzione a basso costo alle problematiche di accesso alle reti di trasporto dati a larga banda.

In fig.2 è mostrato un esempio di architettura di un singolo modulo di sistema. Si possono distinguere nove blocchi funzionali: i tre trasformatori T1, T2 e T3 sono utilizzati per garantire l'isolamento galvanico delle interfacce di linea Ethernet LR e LD, e della forchetta F.

Il nodo sommatore S, attraverso i due filtri di banda HPF e LPF, esegue la moltiplicazione e demoltiplicazione nel dominio della frequenza del canale Ethernet e del canale telefonico sullo stesso mezzo trasmissivo (coppia telefonica simmetrica).

Il trasformatore T1 si affaccia verso la linea di ricezione dell'accesso Ethernet ed è collegato al ricevitore di linea LR, attraverso una connessione monodirezionale (1). Il trasformatore T2 si affaccia verso la linea di trasmissione dell'accesso Ethernet ed è collegato al trasmettitore di linea LD, attraverso una connessione monodirezionale (8). Il ricevitore di linea LR è

collegato al trasformatore T1, attraverso una connessione monodirezionale (1), e alla forchetta F, attraverso la connessione monodirezionale (2). A sua volta, il trasmettitore di linea LD è collegato al trasformatore T2, attraverso una connessione monodirezionale (8), e alla forchetta F, attraverso la connessione monodirezionale (7). La forchetta F è collegata al ricevitore di linea LR, attraverso la connessione monodirezionale (2), al trasmettitore di linea LD, attraverso la connessione monodirezionale (7), nonché al trasformatore T3, attraverso la connessione bidirezionale (3). Il trasformatore T3 è collegato alla forchetta F, attraverso la connessione bidirezionale (3), e al filtro passa alto HPF, attraverso la connessione bidirezionale (4). A sua volta, il filtro passa alto HPF è collegato al trasformatore T3, attraverso la connessione bidirezionale (4), e al nodo sommatore S, attraverso la connessione bidirezionale (5). Il filtro passa basso LPF si affaccia verso la linea POTS o ISDN ed è connesso al nodo sommatore S, attraverso la connessione bidirezionale (6). Infine, il nodo sommatore S si affaccia verso la coppia telefonica simmetrica ed è connesso al filtro passa alto HPF, attraverso la connessione bidirezionale (5), nonché al filtro passa basso LPF, attraverso la connessione bidirezionale (6).

E' possibile osservare che il modulo di sistema rappresentato in fig.2 è dotato di una sola forchetta, necessaria per convertire la linea Ethernet a quattro fili in una a due fili e viceversa. Due moduli di sistema connessi tra loro attraverso una normale coppia telefonica simmetrica sono quindi in grado di far transitare un canale Ethernet a 10 Mbit/s su un singolo doppino telefonico insieme al normale servizio di telefonia pubblica senza che essi in-

terferiscano fra loro poichè operano su bande di frequenza completamente diverse.

Inoltre, è possibile osservare che ogni modulo di sistema prevede l'utilizzo di dispositivi attivi; ad esempio il ricevitore di linea LR e il trasmettitore di linea LD. Questo significa che ogni modulo di sistema, inclusa l'unità di utente UI, sarà alimentato attraverso una sorgente di alimentazione locale. Tuttavia, il nodo sommatore S e il filtro passa basso LPF, essendo entrambi di tipo passivo, garantiscono la continuità del servizio di telefonia pubblica POTS o ISDN anche nel caso in cui venga tolta l'alimentazione alla UI e/ o alla MU.

Un generico segmento di linea idoneo al trasporto di un canale Ethernet 10Base-T è costituito da un cavo formato da due coppie ritorte aventi le seguenti caratteristiche minime:

- impedenza $100 \pm 15 \Omega$ misurata alle frequenze comprese tra 1 e 16 MHz;
- attenuazione massima del segmento, includendo cavi e connettori, 11,5 dB nelle frequenze comprese tra 5 e 10 MHz;
- valore minimo richiesto di attenuazione di diafonia tra le coppie: $A_{(dB)} = 26 - 15 \log (f / 10)$ nell'intervallo di frequenze compreso tra 5 e 10 MHz, dove "f" è la frequenza espressa in MHz.

Normalmente la lunghezza massima del segmento da considerare è pari a 100 m, ma potrebbe anche aumentare qualora i valori relativi alla somma di tutte le attenuazioni e le considerazioni sulla diafonia rientrino nei limiti sopra descritti.

Un generico segmento di coppia telefonica simmetrica, idonea per il cablaggio degli edifici, è costituito da un cavo formato da una coppia ritorta avente le seguenti caratteristiche tipiche:

- sezione del filo di rame isolato: 0,6 mm di diametro;
- impedenza $120 \pm 10 \Omega$ misurata alla frequenza di 10 MHz;
- attenuazione tipica pari a 7,1 dB X 100 m misurata alla frequenza di 10 MHz.

Si può osservare come le caratteristiche elettriche tipiche di una comune coppia telefonica simmetrica siano decisamente migliori di quelle utilizzate per la realizzazione di segmenti Ethernet 10 Base-T. Malgrado ciò, la tecnica utilizzata per consentire il transito del canale Ethernet su una singola coppia simmetrica limita la massima lunghezza del segmento di linea a 75 metri.

Il costo effettivo di una unità d'utente UI potrebbe essere estremamente contenuto, poichè ricalca, in grandi linee, l'architettura di un singolo modulo di sistema. Il costo effettivo di una unità MU dipende sostanzialmente dal numero di utenti che essa è in grado di servire nonchè dal numero e dal tipo di telecontrolli che si intendono implementare. Questi telecontrolli, sebbene apparentemente superflui a causa della semplicità del dispositivo, possono ridurre considerevolmente gli interventi di manutenzione e di attivazione in loco, con una conseguente riduzione dei costi di gestione.

E' stato ripetuto più volte che questa nuova unità di accesso può supportare sia a servizi di telefonia pubblica di tipo POTS sia quelli di tipo ISDN.

E' necessario comunque distinguere questi due servizi in quanto essi richiedono diverse caratteristiche elettriche dei filtri necessari per eseguire l'inserimento e l'estrazione del canale Ethernet sulla coppia simmetrica. In particolare, mentre la frequenza di taglio dei filtri HPF e LPF di un modulo di sistema che opera l'inserimento e l'estrazione del canale Ethernet su una coppia già connessa a un servizio di tipo POTS puo' essere scelta arbitrariamente in un vasto campo di frequenze compreso tra 20 KHz e 1 MHz senza, peraltro, creare distorsioni di fase tali da alterare la qualità dei segnali in transito, nel caso in cui la coppia sia già connessa a un servizio di tipo ISDN è necessaria una maggiore accuratezza sul calcolo delle frequenze di taglio dei filtri nonché alla loro attenuazione d'eco, alla perdita di inserzione di ciascun filtro e alla possibile alterazione delle caratteristiche di distorsione di fase sulle bande di frequenza utilizzate dai due servizi. Tutto questo si traduce in una differenza di costo fra i due tipi di modulo.

Precedentemente si è affermato che, malgrado una coppia telefonica simmetrica standard sia qualitativamente superiore al cavo comunemente utilizzato per realizzare segmenti Ethernet, in questa particolare applicazione è sconsigliabile utilizzarlo per segmenti superiori ai 75 metri. Questa affermazione si fonda su alcune considerazioni, finalizzate a rispettare limiti massimi di diafonia tollerati, senza le quali sarebbe stato tecnicamente impossibile realizzare l'unità di accesso descritta nel presente documento.

Poichè, con questa nuova unità, il limite massimo di attenuazione di diafonia di un segmento Ethernet si traduce, in pratica, nel limite massimo di at-

tenuazione d'eco che le "forchette" devono comunque garantire, un valore di attenuazione d'eco minimo richiesto pari 26 dB a 10 MHz, per quanto oggi sia raggiungibile e addirittura superabile con le tecnologie più avanzate, non lascerebbe margini sufficienti a garantire l'affidabilità del collegamento in tutte le possibili situazioni di cablaggio che si possono trovare in un edificio. Inoltre, ammettendo pure di riuscire a bilanciare perfettamente una "forchetta", una qualsiasi variazione di impedenza lungo la linea o sul carico provocherebbe inevitabilmente una drastica riduzione dell'attenuazione d'eco e, di conseguenza, si potrebbe oltrepassare il limite di guardia dei 26 dB minimi contemplati.

D'altra parte, sarebbe rischioso regolare la soglia di squelch di un ricevitore di linea di una interfaccia Ethernet esattamente a 26 dB sotto il livello nominale di trasmissione in quanto, in ambienti molto rumorosi, si rischierebbe di veder aprire lo squelch del ricevitore casualmente, senza che vi sia una reale necessità, con il conseguente rischio di provocare collisioni fittizie, ovvero inesistenti. Di conseguenza, onde migliorare la caratteristica di reiezione al rumore ambientale delle interfacce Ethernet, molti costruttori regolano la soglia di squelch del ricevitore di linea a circa 20 dB sotto il livello nominale di trasmissione (che è, comunque, ben distante dal livello minimo di segnale richiesto per il corretto funzionamento della rete, ovvero -11,5 dBi). Questo vuol dire che, al di sotto di tale valore qualsiasi segnale viene considerato come un disturbo e, quindi, viene ignorato. Inoltre, il circuito di squelch di un ricevitore di linea di una interfaccia Ethernet non viene realizzato con la tecnica del semplice rivelatore di picco, ma attraverso una architettura più complessa in grado di distinguere un segnale

Ethernet dal rumore ambientale, pur mantenendo le caratteristiche di velocità di intervento richieste dallo standard IEEE-802.3. Quindi, per aprire lo squelch di un ricevitore di linea Ethernet 10 Base-T, è sufficiente applicare all'ingresso di tale ricevitore un segnale Ethernet che abbia una tensione di picco 10 volte inferiore a quella nominale di trasmissione. In valore assoluto la tensione di picco di trasmissione equivale a $2,5 \pm 0,3$ V ($5,0 \pm 0,6$ Vpp); conseguentemente il livello di soglia dello squelch di un ricevitore di linea viene di solito regolata a $0,25 \pm 0,03$ V (500 ± 60 mVpp).

Supponendo di dover convertire la linea a quattro fili di una interfaccia Ethernet (10 Base-T) in una linea a due fili e viceversa, utilizzando una speciale "forchetta" caratterizzata da una attenuazione d'eco tipica pari a 20 dB e una perdita di inserzione trascurabile, sulla linea a due fili, opportunamente terminata, verrà inserito un segnale avente un livello pari al valore nominale di una trasmissione Ethernet 10 Base-T (5Vpp). Il non perfetto bilanciamento della "forchetta" produrrà all'uscita di ricezione di quest'ultima un segnale indesiderato (eco) pari a 500 mVpp ovvero di 20 dB inferiore a quello effettivamente inserito sulla linea a due fili, che potrebbe essere sufficiente ad aprire la soglia di squelch del ricevitore dell'interfaccia Ethernet locale. Questa condizione bloccherebbe il funzionamento dell'interfaccia Ethernet locale poichè ogni tentativo di trasmissione verrebbe erroneamente diagnosticato dal ricevitore di quest'ultima come causa di un evento di collisione.

Si supponga ora di utilizzare una "forchetta" avente la medesima caratteristica di attenuazione d'eco (20 dB), ma con una perdita di inserzione pari

a 6 dB solo sul ramo di trasmissione. In questo caso, poichè il livello del segnale che viene effettivamente inserito sulla linea a due fili è pari alla metà di quello nominale di una trasmissione Ethernet 10 Base-T all'uscita di ricezione della forchetta si otterrà un segnale indesiderato (eco) avente un livello pari a 250 mVpp, ovvero un livello insufficiente per aprire la soglia di squelch del ricevitore dell'interfaccia Ethernet locale. In questo caso, i dati riuscirebbero a transitare sulla linea a due fili senza alcun problema anche se al ricevitore dell'interfaccia Ethernet remota arriverebbe un segnale utile pari a 6 dB inferiore rispetto a quello previsto calcolando solo le perdite della linea.

Di conseguenza, si può certamente affermare che, aumentando la perdita di inserzione del ramo di trasmissione di una "forchetta", si riduce il limite minimo di attenuazione d'eco che la stessa deve garantire per il corretto funzionamento del ricevitore dell'interfaccia Ethernet locale.

L'unità di accesso residenziale prevede appunto di inviare sulla coppia telefonica simmetrica un livello pari a 6 dB inferiore a quello applicato all'ingresso di un singolo modulo di sistema in modo da aumentare i margini di tolleranza della attenuazione d'eco minima che l'unità deve garantire in tutte le situazioni di cablaggio di un qualsiasi edificio. D'altra parte, inserire in linea un segnale già attenuato riduce la massima lunghezza del segmento della coppia telefonica simmetrica. In particolare, con un segnale in linea pari a 6 dB più basso del livello nominale di trasmissione si possono effettuare collegamenti fino a un massimo di 75 m, utilizzando una coppia simmetrica standard idonea al cablaggio degli edifici.

Come si potrà osservare in seguito, con 6 dB di attenuazione del segnale inserito in linea si ottengono ampi margini di tolleranza rispetto all'attenuazione d'eco minima necessaria al corretto funzionamento dell'unità di accesso. Inoltre, malgrado la limitazione della lunghezza massima del segmento di linea, questa nuova unità di accesso può essere applicabile nella maggior parte degli edifici, compresi quelli di altezza superiore ai 40 metri (palazzi con più di 10 piani).

Al fine di avvalorare quanto è stato affermato nei precedenti capitoli, è stato realizzato un semplice dimostratore dell'unità di accesso descritta nel presente documento. Esso è costituito da due moduli di sistema interconnessi tra loro da una coppia telefonica simmetrica avente una lunghezza compresa fra 10 e 75 m. La fig. 3 ne illustra lo schema di collegamento.

Sulla stessa coppia telefonica simmetrica transitano simultaneamente un canale telefonico di tipo POTS e un canale Ethernet 10 Base-T.

Ciascuno dei due terminali è dotato di una interfaccia Ethernet ed è connesso al proprio modulo di sistema attraverso una corta bretella UNI a quattro fili. Uno dei due moduli di sistema può essere anche collegato a un centralino, oppure, in alternativa, può essere connesso a un normale accesso telefonico pubblico presente all'interno di un qualsiasi edificio; l'altro modulo di sistema può essere connesso direttamente a un comune telefono POTS.

Grazie al dimostratore, sono stati misurati gli effetti dello sbilanciamento delle "forchette" a causa delle differenti situazioni di cablatura di un edifi-

cio, ovvero all'avvicinamento della coppia a estese superfici di metallo, all'arrotolamento della coppia su se stessa e alla sua manipolazione. Gli effetti di questi tentativi di sbilanciare le "forchette", simulando variazioni delle caratteristiche fisiche della coppia telefonica simmetrica, non sono mai riusciti a ridurre l'attenuazione d'eco al di sotto dei 22 dB (vedi tab. 1).

Supponendo trascurabili le perdite di inserzione delle due bretelle UNI di raccordo fra i due terminali e i due moduli di sistema, nel caso di una perdita di inserzione del circuito a "forchetta" pari a 6 dB, si ottengono i risultati riportati sulla tabella 1.

La perdita massima ammissibile del segmento di coppia telefonica simmetrica che collega i due moduli di sistema è il risultato della differenza fra l'attenuazione massima ammissibile di un generico segmento Ethernet 10 Base-T e la somma di tutte le perdite di inserzione calcolate fra l'uscita di ciascun terminale e l'ingresso della coppia simmetrica. Ciò significa che, nel caso in cui le due bretelle UNI che collegano i due terminali ai due moduli di sistema presentino una attenuazione finita, quest'ultima deve essere considerata poichè incide sul calcolo della massima estensione del segmento di linea che collega i due moduli di sistema. Ad esempio, nel caso in cui ciascuna delle due bretelle UNI presentasse una perdita di inserzione pari a 0,5 dB, la perdita della coppia non deve superare i 4,5 dB con la conseguente riduzione della massima estensione del segmento di linea a 63,3 metri.

Comunque, la perdita di inserzione delle due bretelle UNI può essere compensata direttamente dai due moduli di sistema prevedendo un semplice

circuito AGC che regoli automaticamente il guadagno del ricevitore di linea LR e del trasmettitore di linea LD (vedi fig.4) al fine di garantire un livello di segnale costante all'ingresso delle due forchette F.

La tecnologia adottata per realizzare i due moduli di sistema è sostanzialmente basata su componentistica a montaggio superficiale. In particolare, si è scelto di utilizzare una "forchetta" attiva poichè permette una migliore regolazione del bilanciamento e, di conseguenza, di ottimizzare l'attenuazione d'eco. A tale proposito è stato utilizzato un veloce amplificatore operazionale video (con una risposta all'impulso pari a $1200 \text{ V}/\mu\text{s}$, una banda di amplificazione lineare fino a 100 MHz e 80 dB di reiezione di modo comune a 10 MHz).

Il ricevitore di linea utilizzato (LR) presenta una banda di amplificazione lineare fino a 90 MHz ($\pm 0.1 \text{ dB}$), una distorsione armonica pari a -65 dBc su carico adattato a 120 ohm a 5 MHz e una reiezione di modo comune pari a 75 dB a 10 MHz.

Il trasmettitore di linea (LD) presenta una banda di amplificazione lineare fino a 70 MHz ($\pm 0.1 \text{ dB}$), una distorsione di seconda armonica pari a -80 dBc a 10 MHz e una distorsione di terza armonica pari a -67 dBc a 10 MHz. I trasformatori utilizzati sono tutti a larga banda (200 KHz - 40 MHz) e hanno una induttanza di perdita trascurabile fra i 5 e i 10 MHz.

La tensione di alimentazione dei due moduli di sistema è duale; in condizioni di esercizio la potenza dissipata complessiva misurata è pari a circa 600 mW.

Osservando lo schema funzionale del dimostratore riportato in fig.3 e supponendo di disconnettere l'alimentazione di uno dei due moduli di sistema il terminale collegato all'unico modulo di sistema rimasto attivo vedrebbe la rete in perenne stato di congestione. Questo accade perchè, a causa della mancata alimentazione di un modulo di sistema, la terminazione della coppia simmetrica verrebbe alterata e, conseguentemente, si ridurrebbe l'attenuazione d'eco in linea, provocando eventi di collisione ogniqualvolta il terminale tenterebbe di trasmettere. Inoltre, questa situazione si verifica anche in caso di interruzione della linea che connette i due moduli di sistema oppure in caso di guasto.

In una LAN Ethernet la disconnessione di un cavo o l'eventuale guasto di un dispositivo collegato in rete non causerà mai falsi eventi di collisione; al massimo potrebbe rendere impossibile l'accesso verso un certo numero di terminali. Onde evitare che questo accada è necessario che l'unità principale (MU) permetta la connessione Ethernet attraverso una coppia simmetrica soltanto nel caso in cui a valle della coppia stessa sia presente una unità d'utente (UI) attiva e funzionante. A tale proposito è necessario che la UI invii un segnale di riconoscimento alla MU (canale di controllo) senza il quale il canale Ethernet verrebbe bloccato prima del suo inserimento in linea. Inoltre, esso potrebbe essere anche utilizzato per identificare l'utente e per stabilire la qualità del collegamento con ciascuna UI. La banda del canale di controllo può essere centrata su una frequenza più bassa rispetto alla banda di frequenza utilizzata dal canale Ethernet (vedi fig.5) e, comunque, deve poter essere discriminata e, quindi, eliminata efficacemente dalla MU onde limitare interferenze col canale Ethernet.

Questa nuova unità di accesso consente di sfruttare appieno le potenzialità di una rete realizzata in cavo o in fibra ottica. Tale unità è particolarmente indicata per applicazioni di tipo multimediale, Voice Over IP, Video Conference, ecc. Tutti questi servizi, necessitano di una connessione Internet almeno dieci volte più veloce rispetto a quelle attualmente utilizzate dall'utenza residenziale. Ancora oggi, purtroppo, questi tipi di accesso sono alla portata soltanto una utenza di tipo business a causa del costo ancora eccessivo delle infrastrutture e, quindi, delle elevate tariffe imposte dagli operatori.

Questa nuova unità di accesso residenziale a larga banda potrebbe contribuire alla riduzione dei costi di accesso consentendo agli operatori di poter offrire connessioni Fast Internet a prezzi più contenuti e, quindi, più vantaggiosi per l'utenza di tipo residenziale.

Inoltre, riducendo il numero di condivisioni sui supporti trasmissivi periferici di accesso agli edifici (cavi coassiali o fibre ottiche) e prevedendo alcuni canali preferenziali verso altrettanti Video-Server sarebbe possibile scaricare dalla rete interi films in pochi minuti.

Nella tabella 2 sono confrontate le caratteristiche di velocità dei vari tipi di canale trasmissivo adibiti al trasporto dati su coppia telefonica simmetrica. E' possibile osservare che le prestazioni offerte dalla tecnologia ADSL e quelle di un collegamento Ethernet 10 Base-T, in termini di velocità, possono anche coincidere. Entrambe offrono velocità decisamente superiori a quelle offerte dalle tecnologie Dial-up POTS e ISDN.

4 RIVENDICAZIONI

1) Unità di accesso a una rete di trasporto dati a larga banda che consente di inserire e di estrarre un insieme di canali codificati Ethernet 10 Base-T su altrettante coppie telefoniche simmetriche (doppini telefonici) senza cambiare il tipo di modulazione e mantenendo inalterato il codice di linea. Gli stessi doppini possono essere utilizzati simultaneamente per il normale servizio di telefonia pubblica, POTS o ISDN, senza alcuna apprezzabile degradazione qualitativa.

2) Unità di accesso a una rete di trasporto dati a larga banda, secondo la rivendicazione 1), che consenta a un certo numero di terminali, ubicati all'interno di altrettanti appartamenti di un singolo edificio ciascuno equipaggiato soltanto con una interfaccia Ethernet 10 Base-T, di trasmettere e ricevere pacchetti Ethernet a 10 Mbit/s attraverso una singola coppia telefonica simmetrica (doppino telefonico) senza utilizzare alcun modem di linea.

3) Unità di accesso a una rete di trasporto dati a larga banda, secondo le rivendicazioni precedenti, che utilizza speciali circuiti denominati "forchette", "forcelle" o "dispositivi antilocale" in grado di convertire un certo numero di linee a quattro fili, idonee al trasporto di segnali digitali codificati Ethernet a 10 Mbit/s, in linee a due fili e viceversa mantenendo, tuttavia, la compatibilità elettrica con tali segnali.

4) Unità di accesso a una rete di trasporto dati a larga banda, secondo le rivendicazioni precedenti, che consenta l'allaccio di un canale digitale Ethernet a 10 Mbit/s verso un qualsiasi utente, ubicato all'interno di un edificio, senza dover effettuare alcuna operazione di ricablatura dell'edificio stesso, ma sfruttando la stessa coppia telefonica simmetrica (doppino telefonico) già cablata e utilizzata dall'utente per il servizio telefonico di abbonato.

5 TABELLE E FIGURE

- La figura 1 mostra i blocchi funzionali di una unità di accesso a larga banda e le relative interconnessioni.
- La figura 2 mostra lo schema a blocchi di un generico modulo di sistema.
- La figura 3 mostra lo schema di collegamento del dimostratore.
- La figura 4 mostra l'implementazione del circuito AGC necessario per compensare le perdite di inserzione delle bretelle UNI.
- La figura 5 raffigura una possibile allocazione spettrale del canale di controllo.
- La tabella 1 mostra le caratteristiche elettriche di un generico modulo di sistema.
- La tabella 2 mostra le diverse velocità di trasferimento di alcuni tipi di media in funzione delle varie tecniche di accesso.

Roma, 4 Aprile 2000

L'inventore: Carlo Mozetic