

Reti locali

Le reti locali sono ormai ubiquitarie. E' raro trovare una azienda o, più in generale, un'organizzazione in cui non ce ne sia almeno una. In questo capitolo si illustrano gli aspetti fondamentali del loro funzionamento, lasciando i dettagli ai capitoli successivi.

Nelle LAN il mezzo di trasmissione è di solito condiviso, anche se ciò non è più vero nelle reti molto recenti. Il funzionamento, sul mezzo di trasmissione condiviso, deve essere a commutazione di pacchetto. Le comunicazioni sono assicurate da una scheda di rete per ogni computer, che deve essere conforme alle normative previste per il livello fisico del tipo di rete locale che si realizza.

Analizziamo a grandi linee cosa avviene in una rete locale quando si devono scambiare informazioni.

1. Trasferimento dei dati dalla memoria del computer a quella della scheda.
Nella scheda di rete è compreso un buffer di memoria che disaccoppia la velocità istantanea della CPU da quella istantanea della rete.
 2. Creazione del pacchetto. Il software di controllo della scheda provvede alla generazione del pacchetto (frame), diverso a seconda della rete fisica adottata. In questo momento vengono aggiunte informazioni accessorie prima e dopo il messaggio che si deve spedire. Per esempio verranno aggiunti l'indirizzo del destinatario e quello del mittente.
In questa fase può anche essere necessario spezzare il messaggio originario in diversi pacchetti, che vengono spediti in rete separatamente.
 3. Codifica delle informazioni. Viene spesso effettuata una conversione delle informazioni in un codice diverso dal puro codice binario. Ciò può permettere una migliore trasmissione.
 4. Conversione parallela seriale: l'hardware della scheda provvede a fare in modo che la trasmissione sia seriale.
In tutte le reti locali d'interesse la trasmissione è seriale, dato che distanze che si devono raggiungere è perlomeno dell'ordine delle centinaia di metri.
 5. Trasmissione. L'hardware della scheda accede al mezzo di trasmissione, rispettando regole specifiche, diverse per ciascun tipo di rete locale, e trasferendo serialmente i bit del frame al computer destinatario.
- Operazioni analoghe vengono eseguite in ordine inverso quando si effettua la ricezione di un pacchetto.

1.1 Indirizzi

Dato che in una rete ci possono essere più di due schede di rete è necessario identificarle tutte univocamente, in modo che si possa sapere a chi deve essere spedito ogni messaggio e da chi proviene. Ciò che permette questa identificazione è un numero, che viene chiamato "indirizzo".

Gli indirizzi associati ai computer di una rete possono essere di diversi tipi, essi possono identificare non solo il computer ma anche l'applicazione che gira sul computer e con la quale si vuole comunicare.

Gli indirizzi più importanti che identificano un computer sono l'indirizzo fisico, di livello 2 OSI, che viene utilizzato dalle schede di rete per riconoscersi, e l'indirizzo di rete, di livello 3 (network), che è l'indirizzo di "internetwork", che deve permettere di uscire dalla rete locale e collegarsi anche ad altre reti.

Nelle più importanti reti esistenti ogni scheda di rete prodotta al mondo ha un indirizzo diverso. L'indirizzo fisico è perciò un indirizzo "di scheda" ed è univoco "in hardware", se cambia la scheda di rete cambia anche l'indirizzo fisico.

Al contrario l'indirizzo "di rete" è univoco "in software" e non cambia se cambia la scheda di rete.

Utilizzando indirizzi fisici non sarà necessario configurare le schede di rete quando le si installerà, dato che avranno comunque indirizzi diversi. L'uso di indirizzi logici è comodo quando si vuole unire stazioni diverse in modo che costituiscano un gruppo omogeneo. Utilizzando indirizzi di rete "simili" si costituiscono raggruppamenti logici di stazioni, cioè vere e proprie sottoreti. Un altro vantaggio dell'uso di indirizzi logici è il fatto che l'instradamento verso indirizzi simili è estremamente semplificato. La possibilità di raggruppare gli indirizzi di livello 3 permette anche il multicast delle informazioni da una a molte stazioni.

1.2 Frame (trame)

Ogni standard di rete ha il suo frame. Di solito la lunghezza del frame è variabile a seconda del suo contenuto, anche se ci sono esempi importanti di reti con frame di lunghezza fissa.

Tutti i frame devono contenere almeno una parte significativa dell'indirizzo del destinatario e di quello del mittente. Gli indirizzi tendono ad essere all'inizio del frame, cioè fra quei bit che vengono riconosciuti subito dagli altri computer.

La parte iniziale del frame, che non trasporta le informazioni del messaggio, viene detta "header" (testata). Oltre agli indirizzi l'header contiene altre informazioni di controllo necessarie alla spedizione corretta del messaggio ed alla gestione della rete.

La parte centrale del frame è l'informazione che deve essere spedita, il messaggio per trasportare il quale il frame è stato generato. Alcuni chiamano "payload" questa parte del frame, come il carico di una nave commerciale o di uno space shuttle.

Alcune trame, in diversi protocolli, hanno anche una parte finale, detta "trailer" (letteralmente rimorchio, roulotte), o "footer", che contiene informazioni ridondanti utili all'identificazione di errori di trasmissione, mediante algoritmi di

CRC o di checksum. Di solito, ma non sempre, il trailer viene dopo i dati perché il computer ricevente può calcolare il CRC solo dopo aver ricevuto tutti dati del payload.

1.3 Definizioni

Protocolli a ricezione garantita o non garantita

Protocolli che effettuano controlli per assicurarsi che ogni messaggio spedito giunga regolarmente a destinazione, vengono detti "a ricezione garantita" (guaranteed delivery). Nelle reti locali i protocolli di basso livello sono a ricezione non garantita, mentre quelli "garantiti" sono a livello più alto.

Protocolli a spedizione affidabile o non affidabile

I protocolli che fanno la verifica degli errori di trasmissione e che provvedono automaticamente alla correzione, di solito mediante richiesta di ritrasmissione, vengono detti protocolli "a spedizione affidabile" (reliable delivery).

Nelle reti locali i protocolli di basso livello sono a spedizione non affidabile.

Protocolli senza connessione (connectionless)

In un protocollo senza connessione i due sistemi che si mettono in comunicazione non si accordano in alcun modo prima dalla spedizione dei pacchetti di dati. I pacchetti stessi sono spediti come unità indipendenti, che possono avere ciascuno la sua storia e prendere, eventualmente, strade diverse per giungere a destinazione, per evitare nodi di rete non funzionanti o congestionati. In questo caso spesso i pacchetti vengono detti "**datagrammi**" per la loro analogia i telegrammi. Ciò che succede quasi sempre, nei protocolli connectionless, è che la rete fa del suo meglio per far giungere a destinazione il datagramma, ma non garantisce l'esito della trasmissione ("best effort delivery").

Una rete che usi un protocollo connectionless non mantiene informazioni riguardo al collegamento in nessuno dei suoi nodi.

Ogni messaggio complesso viene spezzato in molti datagrammi. Ogni datagramma deve contenere l'indirizzo completo del destinatario e del mittente e viene recapitato dalla rete come se fosse unico. Il ricevente può perciò ricevere il messaggio incompleto (pacchetti mancanti) o con un ordine di pacchetti diverso da quello di spedizione.

Protocolli orientati alla connessione (connection oriented)

In un protocollo orientato alla connessione gli utenti stabiliscono un collegamento logico fra di loro prima che abbia inizio l'effettivo trasferimento dei dati. In questo senso esso è simile ad una chiamata telefonica, per attivare la quale bisogna prima stabilire un collegamento fra i due utenti, poi cominciare a scambiare l'informazione.

I vari nodi della rete che devono trasportare l'informazione mantengono traccia dello stato del collegamento, che garantisce un canale logico da soggetto a soggetto ("end to end") attivo fino alla fine del collegamento. In un protocollo connection oriented ogni soggetto della comunicazione (mittente, rete, destinatario) memorizza al momento dell'inizio della connessione gli estremi per mantenere attivo il collegamento (p.es. l'indirizzo del nodo a cui deve inviare tutti i pacchetti relativi a quel collegamento). Dato che alcuni dati sono già memorizzati, di solito in questo caso i messaggi possono essere spediti con indirizzi semplificati (p.es. solo con il numero della connessione) e non con l'intero indirizzo di rete di entrambi i soggetti.

Il percorso che i pacchetti devono seguire viene di solito determinato in fase di attivazione del collegamento, e rimane lo stesso per tutta la sua durata (routing statico). Una modifica del percorso significa la caduta del collegamento.

Inoltre è possibile per le due parti negoziare le caratteristiche del collegamento all'atto della sua attivazione (richiesta di **QOS**, "Quality of Service"). Ciò è particolarmente interessante e significativo nelle reti che possono fornire diverse velocità di trasmissione a seconda delle richieste dell'utente (p.es. ATM).

La maggior parte dei protocolli connection oriented rende disponibili i dati senza errori (spedizione affidabile), provvedendo automaticamente alla sequenziazione dei pacchetti ed alla richiesta di ritrasmissione di quelli danneggiati o perduti.

Nelle reti locali i protocolli di livello più basso di solito sono connectionless, mentre sono connection oriented quelli situati ai livelli superiori. Per contro i sistemi telefonici tendono ad essere orientati alla connessione anche negli strati più bassi.

La tabella successiva riepiloga le differenze tipiche fra i protocolli senza connessione e quelli orientati alla connessione:

Connectionless	Connection oriented
Routing dinamico	Routing statico
Indirizzamento completo	Indirizzamento abbreviato
Datagrammi	Sequenziazione e correzione errori
"Best effort delivery"	Qualità del servizio

Si fa rilevare che, per quanto i protocolli connectionless siano di solito non affidabili e non garantiti, mentre di solito lo sono quelli connection oriented, le due coppie di termini non sono sinonimi.

1.4 Deviazione dal modello OSI

Le reti locali effettivamente presenti sul mercato non seguono fedelmente il modello OSI. Infatti il livello di Data Link non è "monolitico", ma è suddiviso nei due "sottolivelli" MAC e LLC. MAC è il più vicino dei due al livello fisico.

MAC (Medium Access Control): comprende le funzioni che riguardano la sincronizzazione del passaggio dei dati sul mezzo di trasmissione ed il modo per garantire l'accesso in trasmissione ai soli soggetti che è possibile accettare

LLC (Logical Link Control): gestisce i frame e, se la rete garantisce comunicazioni affidabili fin da questo livello, controlla gli errori di trasmissione ed effettua la correzione e la ritrasmissione dei frame non correggibili. Per poter ritrasmettere il frame, nel caso che la sua trasmissione non vada a buon fine, il livello LLC deve mantenerne una copia duplicata fino all'arrivo di un "acknowledge" da parte del ricevente.

Il sottolivello MAC non è indipendente dal livello fisico, come il modello OSI richiederebbe, ma è diverso a seconda della rete fisica che viene utilizzata. Il sottolivello LLC è invece indipendente dal livello MAC utilizzato.

Livelli 802	Standard IEEE 802											Livelli OSI		
Network	802.1											3 Network		
LLC	802.2											2 DLL		
MAC	802.3	CSMA/CD Ethernet	802.4	Token Bus	802.5	Token ring	802.8	FDDI Token ring (doppio)	802.11	WLAN CSMA/CA	802.15	WPAN Bluetooth	802.16	WiMAX
Fisico														
		Thin-Coax												
		UTP (STP)												
		Fibra ottica												

1.5 Gli standard IEEE 802

IEEE 802.1 - Lo standard per la gestione della rete (management) e per il **bridging** di reti 802.

IEEE 802.2 - Standard che unifica le reti IEEE 802 a livello Data Link OSI. Stabilisce come deve essere fatto il livello LLC di 802. E' lo stesso per ogni protocollo MAC definito nelle reti 802 (Ethernet, token ring, token bus ..).

IEEE 802.3 - Versione IEEE 802 di **Ethernet** e reti locali CSMA/CD.

IEEE 802.4 - Standard 802 per reti Token Bus su supporto a larga banda. In pratica standardizza **MAP**.

IEEE 802.5 - Standard per reti a **Token Ring**. Definisce due tipi di rete, a 4 Mbit/s ed a 16 Mbit/s. Standardizza Token Ring IBM.

IEEE 802.6 - Standard per reti metropolitane (MAN) (conosciuto anche come DQDB). Poco utilizzato.

IEEE 802.8 - **FDDI** rete ad alta velocità su fibre ottiche. Usato in passato, oggi superato.

IEEE 802.11 - standard IEEE 802 per reti locali wireless (**WLAN**) da 4 Mbit/s a 54 Mbit/s.

IEEE 802.12 - Standard per Ethernet a 100 Mbit/s, detto anche 100VG-AnyLAN. Ora in disuso.

IEEE 802.15 - Standard che recepisce il protocollo **Bluetooth** reti wireless "personali" **WPAN** (Wireless Personal Area Network).

IEEE 802.16 - Standard per reti locali wireless a larga banda, detto anche **WiMax**.

1.6 MAC: metodi di accesso al mezzo di trasmissione

Il MAC di una rete è l'insieme delle regole che permettono il controllo dell'accesso al mezzo di trasmissione. Siccome nelle LAN "classiche" la banda del mezzo di trasmissione è condivisa fra tutte le stazioni che vi si affacciano, è necessario che una sola stazione alla volta prenda possesso del mezzo per effettuare una trasmissione. Il MAC è il metodo che usa la rete per decidere quale, fra tutte le stazioni che hanno bisogno di trasmettere, acquisisce il diritto di farlo. In questo senso è il "cuore" della rete e ne determina le caratteristiche e le prestazioni.

CSMA/CD

La sigla sta per "Carrier Sense Multiple Access / Collision Detect", ovvero accesso multiplo con rilevazione di portante e identificazione della collisione. È il MAC della più diffusa delle reti locali: Ethernet.

La topologia logica di CSMA/CD è a bus, ogni stazione può ricevere ciò che viene trasmesso in ogni istante, ma una sola alla volta può trasmettere. Peraltro solo una stazione, quella che riconoscerà il suo indirizzo nel messaggio, lo utilizzerà.

La filosofia CSMA è che trasmette il primo che ci prova o, meglio, il più fortunato. L'accesso al mezzo avviene così:

1. se una stazione ha bisogno di trasmettere, prima di farlo si accerta che nessuno stia già trasmettendo. Infatti, se qualcuno sta trasmettendo, sul mezzo di trasmissione si potrà rilevare la presenza del relativo segnale (rilevazione della "portante": Carrier Sense)
2. se il mezzo di trasmissione è occupato, non trasmette, attende un periodo di tempo di lunghezza sempre diverso, scelto a caso entro un campo prestabilito, poi riprova a vedere se la linea è libera
3. quando troverà il mezzo di trasmissione libero comincerà a trasmettere uno ed un solo pacchetto, liberando successivamente il mezzo di trasmissione. Se ha altri dati da spedire si contenterà ogni volta il mezzo di trasmissione con le altre stazioni, con lo stesso meccanismo appena spiegato. Non terrà il mezzo di trasmissione per più di un frame perché, dato il carattere "statistico" dell'accesso, non ci devono essere stazioni privilegiate che impegnano il mezzo di trasmissione per troppo tempo.

Il CSMA è analogo ad un gruppo di telefoni collegati in parallelo, ma non alla centrale telefonica (come i telefoni da campo militari). Se qualcuno ha bisogno di parlare, alza la cornetta ed ascolta se c'è già qualcuno che parla. Se sente parlare riappende e riprova più tardi.

Collisioni

Non è tutto così semplice. Se due o più stazioni che devono trasmettere guardano la portante nel medesimo istante, entrambe trovano il mezzo libero e cominciano a trasmettere. Di conseguenza, sul mezzo di trasmissione il segnale sarà rovinato da almeno due trasmissioni contemporanee. Questo evento viene detto "collisione" (collision). Tutte le stazioni sono in grado di rilevare la collisione (CD, Collision Detect, appunto). Non appena una stazione che sta trasmettendo rileva una collisione, smette di trasmettere, liberando il mezzo di trasmissione, poi, come se avesse trovato occupato, attende un tempo "casuale" e ritenta l'accesso.

Perché l'attesa è "casuale"? Se le stazioni attendessero per un tempo fisso, sempre uguale, una volta che si innesca una prima collisione ci sarebbe una ottima probabilità che ne avvenisse un'altra, in quanto entrambe ritenterebbero insieme.

Esistono protocolli di rete con MAC CSMA/CA, dove CA sta per "Collision Avoidance". Come dice il nome in questo caso è attivato un meccanismo che fa evitare (to avoid = evitare) il verificarsi di collisioni, mentre l'accesso al mezzo per la trasmissione è identico a quello già descritto (CSMA, appunto).

Comportamento in fase di congestione.

Come si vede, una rete CSMA/CD ha un metodo di accesso di tipo "statistico". Ogni stazione non ha la certezza di poter spedire un pacchetto entro un tempo preciso, perché l'accesso dipende dalla "fortuna". Ciò significa che è difficile trasportare dati di tipo real time, e che ciò può divenire impossibile in condizioni di congestione della rete.

La congestione della rete avviene quando molte stazioni vorrebbero trasmettere contemporaneamente. In questo caso le collisioni aumentano, aumentano le richieste di ritrasmissione, che a loro volta fanno aumentare le collisioni, e così via, in un processo che può far calare bruscamente le prestazioni della rete.

Ethernet

Il CSMA/CD è il MAC di Ethernet, prima rete locale sviluppata ed a tutt'oggi la più venduta.

La rete "Ethernet" è stata standardizzata nella norma IEEE 802.3.

I vantaggi del MAC CSMA/CD sono: semplicità, e perciò basso costo delle apparecchiature, ubiquità (Ethernet è presente davvero ovunque).

Gli svantaggi, rispetto a token ring sono legati all'accesso non deterministico: come visto CSMA/CD decade in modo brutale quando il traffico supera una certa soglia; inoltre, dato funzionamento "statistico" del MAC, le stazioni non possono avere priorità nell'accesso al mezzo.

Token ring

La topologia logica di token ring è ad anello (ring), ogni stazione è collegata logicamente a due sole altre in modo che siano messe in "fila" una dopo l'altra. La fila viene chiusa collegando l'ultima stazione alla prima, in modo che la disposizione che ne risulta ha forma di anello.

Il MAC Token ring è di tipo "token pass" ed è più sofisticato del CSMA/CD. Per questo ha avuto implementazioni commerciali molto più tardi, quando ormai Ethernet si era affermata. E' basato su un pacchetto particolare, detto "token" (gettone), che viene fatto circolare nell'anello delle stazioni, una alla volta. Il token è un pacchetto che inizia con una particolare codifica che può essere riconosciuta molto rapidamente dalla stazione che riceve.

Solo la stazione che ha il gettone ha il diritto di trasmettere. Se una stazione riceve il gettone e non ha nulla da trasmettere, passa il pacchetto (token) immutato alla stazione successiva dell'anello. Se invece la stazione ha necessità di trasmettere ritira il token, non lo fa circolare più e trasmette alla stazione successiva il pacchetto di dati che deve spedire. Il pacchetto circola su tutto l'anello, fino a che non raggiunge la stazione cui era destinato, che lo riconosce perché c'è il suo indirizzo come destinazione. La stazione di destinazione legge il frame, poi lo passa alla successiva, eventualmente modificandolo con una codifica che significa "messaggio arrivato". Il messaggio prosegue la sua circolazione fino a che non ritorna alla stazione sorgente. La stazione sorgente può quindi controllare se la trasmissione è andata a buon fine, quando riceve il messaggio in ritorno. Completato il "giro" del pacchetto la stazione che lo aveva spedito rimette in circolo il gettone, passandolo alla stazione successiva.

In questo modo è assicurata una certa regolarità nell'accesso al mezzo di trasmissione ed anche l'acknowledge della ricezione del messaggio spedito. Ogni stazione è sicura di avere una possibilità di trasmettere al peggio una volta per ogni "giro" del gettone, se anche tutte le altre stazioni hanno bisogno di trasmettere. Questo è importante se si vogliono spedire in rete delle informazioni real - time, che richiedono una spedizione periodica, non inframmezzata da lunghi intervalli di attesa. Al contrario l'accesso CSMA, essendo basato sulla fortuna, non può garantire la consegna di pacchetti con termini di tempo stringenti.

Il caso della perdita del token

Può succedere che il token vada perduto, per esempio per un errore di trasmissione quando passa da una stazione all'altra. Dato che se non circola il token non avviene nessuna trasmissione di informazione, questa eventualità viene tenuta in considerazione. Esiste una particolare stazione che, se non riceve il token oltre un determinato tempo limite, ne mette in circolazione uno nuovo. Questa stazione non è fissa, ma viene stabilita "dinamicamente" e può essere sostituita nel caso si guasti.

I vantaggi della token ring stanno nell'accesso deterministico che implica migliori prestazioni real time ed un decadimento "gentile" in fase di congestione (graceful degradation). Inoltre esiste la possibilità di gestire semplicemente la priorità dei messaggi, perché eventualmente la stazione che ne abbia il diritto può trattenere il token per la trasmissione di più di un pacchetto.

La maggiore complicazione e la minore diffusione determinano il costo complessivamente superiore delle soluzioni token ring.

Token ring IBM (IEEE 802.5)

Token ring è il MAC di "Token Ring IBM", la rete locale di IBM. Token ring IBM ha cablaggio a stella, basato su concentratori detti "hub". L'hub ha anche la funzione di commutatore, che esclude automaticamente le linee dei computer che sono spenti o che si guastano. L'hub è anche destinato alla messa in circolo del primo token ed alla rilevazione della sua eventuale perdita.

Si noti come in questa rete la topologia logica (anello) e quella fisica (stella) siano del tutto diverse.

La rete "Token Ring IBM" è stata standardizzata nella norma IEEE 802.5.

I mezzi di trasmissione sono l'UTP di categoria 4 e l'STP, i connettori sono del tipo RJ-45. Il cablaggio token ring utilizza due sole coppie di cavi del connettore RJ-45.

La velocità di trasmissione è di 4 o 16 Mbit/s e il throughput massimo è di 3 o 12 Mbit/s. La dimensione massima del pacchetto token ring è 17 kByte.

FDDI

Fiber Distributed Data Interface è uno standard inizialmente sviluppato per link ad alta velocità in fibra ottica, destinato alle dorsali delle reti più importanti. In un secondo tempo sono state emesse delle specifiche anche per l'uso di doppipli telefonici non schermati di categoria 5. La velocità di trasmissione delle reti FDDI è di 100 Mbit/s. La topologia logica di FDDI è ad anello, ma comprende due anelli, uno percorso in un senso, l'altro in senso contrario. Questo assicura una certa "fault tolerance" del sistema perché se si rompe un link fra stazioni, cioè uno dei due anelli, il traffico può essere ancora fatto circolare sull'altro anello, a velocità massima più bassa. Il MAC è token ring, con differenze minori. FDDI è definita dallo standard ISO 9314.

Token bus

Il MAC Token Bus è definito dalla norma IEEE 802.4 ed è stato sviluppato dalle grandi aziende automobilistiche USA, nell'ambito del progetto MAP-TOP (**M**anufacturing **A**utomation **P**rotocol), per fornire una soluzione alle esigenze dell'automazione di fabbrica e per costituire l'ossatura delle comunicazioni nella "fabbrica integrata".

Per questo scopo le due specifiche più importanti sono: determinismo dell'accesso e risparmio nei cablaggi.

Il determinismo serve per assicurare che i sensori vengano interrogati regolarmente, cosa che nelle regolazioni automatiche è ovviamente decisiva.

La minimizzazione del costo dei cablaggi è necessaria perché senza soluzioni di rete i dispositivi di automazione devono essere collegati da punto a punto ai relativi sistemi di controllo, usando grandi quantità di cavi ed essendo costretti ad una grande complicazione nell'installazione.

La soluzione ovvia è quindi "bus" per la topologia fisica (cablaggio lineare) e "token" per il MAC. Nel MAP TOP anche la topologia logica è a bus.

La contesa per l'accesso al bus si risolve tramite un token, che viene distribuito in broadcast invece che ad anello. Ciò assicura il determinismo dell'accesso, con un tempo di attesa massimo dipendente dal numero delle stazioni collegate. La velocità di trasmissione di una LAN di tipo MAP è di 10 Mbit/s, il throughput massimo di 8 Mbit/s.

WPAN

Si intende per PAN una rete "localissima", che deve collegare a velocità relativamente bassa dispositivi di uso personale, che stanno sulla persona od a sua portata di mano, quali per esempio un telefono mobile alle cuffie acustiche o ad un computer notebook, una tastiera od un mouse ad un computer, un orologio al cardiofrequenzimetro e che più ne ha, più nel metta.

Dato che i fili ingombrano e danno fastidio, la maggior parte delle PAN è wireless (WPAN, Wireless PAN).

Bluetooth

WiMax

LAN sulla rete elettrica

Esistono standard per reti locali che trasmettono le informazioni modulando un segnale "sopra" la tensione di alimentazione alternata a 220 V della rete elettrica di potenza. Il vantaggio di questa soluzione è che non è necessario cablare alcunchè, perchè i cavi di rete elettrica, già presenti se si vuole alimentare i dispositivi, trasportano anche i dati. Nonostante le promesse, queste tecnologie non hanno avuto grande diffusione, probabilmente perchè danno velocità di trasmissione più basse e sono un po' meno flessibili delle normali reti locali.

Lo standard più diffuso in questo campo è HomePN, che non fa parte della "serie" IEEE 802.

LLC: un frame comune. IEEE 802.2

A seconda di come lo si configura questo strato può fornire servizi connection oriented con consegna garantita o connectionless a datagramma; la modalità connectionless è di gran lunga la più diffusa.

Network layer

Tipici protocolli LAN in prodotti commerciali

IPX e SPX

Netware, software per i server di rete locale dell'azienda Novell, è stato il primo software che ha avuto grande diffusione nei sistemi a basso costo. Con Netware ed Ethernet sono nate le reti locali di PC delle quali Novell aveva un monopolio di fatto. Oggi la situazione è molto cambiata e si assiste ad una competizione fra i server Microsoft e quelli Unix-Linux, con Novell a giocare un ruolo di seconda linea.

IPX e SPX sono i protocolli utilizzati in Netware. IPX (**I**nternet**W**ork **P**acket **e**xchange) è il protocollo di più basso livello, è connectionless e provvede alla sola spedizione del datagramma, non garantisce l'arrivo dei pacchetti, non controlla l'ordine con il quale essi arrivano. SPX (**S**equenced **P**acket **e**xchange) è connection oriented e controlla l'arrivo integro a destinazione dei pacchetti. I protocolli sono utilizzati dal server, che esegue il sistema operativo Netware e dalla workstation, che usa i servizi del sistema operativo installato sulla workstation. Se essa usa il sistema MSDOS i programmi che devono essere lanciati per avere accesso alla rete sono: IPX.COM e NETX.COM. Essi sono programmi TSR; IPX.COM realizza il protocollo IPX-SPX, mentre NETX.COM fa la ridirezione su rete delle richieste al DOS, quando la richiesta effettuata appartiene ad una risorsa di rete e non ad una locale alla workstation.

APPC

TCP/IP

Sono i protocolli di rete di Unix, che possono funzionare facilmente anche in rete geografica. Sono stati adottati per la realizzazione della "rete delle reti" Internet. IP è la parte di più basso livello, connectionless, che corrisponde al livello 3 di OSI, TCP funziona con i servizi di IP, è connection oriented e copre i livelli 4 e 5 di OSI.

NetBIOS

Fu sviluppato per il software della prima rete locale IBM fra personal computer, come estensione per la rete al BIOS di sistema. Oggi è molto datato, anche se può capitare di dover ricorrere ai suoi servizi per questioni di compatibilità con vecchie schede o vecchie applicazioni.

NetBEUI

NetBIOS Extended User Interface è una estensione dei servizi NetBIOS utilizzata da Microsoft nel suo software di rete. Fu inizialmente introdotta da IBM nel 1985 per il suo primo sistema di rete locale, ai tempi in cui IBM e Microsoft collaboravano per la scrittura di MS-DOS. Successivamente fu sviluppato da Microsoft ed infine abbandonato a favore di IP. Infatti, a partire dal 2000, i software Microsoft possono fare a meno di tutti i servizi a basso livello richiesti da NetBEUI. Nelle reti Microsoft i servizi NetBIOS possono essere ancora usati perchè vengono incapsulati su datagrammi IP (NetBIOS over IP). Reti locali che includono computer con Windows 98 potrebbero richiedere, per funzionare correttamente, che siano installati sui computer i software per NetBEUI.

NetBEUI è un protocollo che non prevede il routing (vedi prossimi capitoli) e quindi rimane strettamente al secondo livello ISO-OSI e non può funzionare in rete geografica.

NetBIOS	NetBIOS over IP
NetBEUI (DLL)	IP
fisico	DLL

SNA

L'architettura di rete di IBM, volta all'integrazione di tutte le risorse di elaborazione della grande azienda, con particolare riguardo ai computer mainframe.

RPC

Remote procedure calls. E' un protocollo che usa i servizi di TCP. Sviluppato da Sun per i suoi sistemi Unix, ha guadagnato una ottima accettazione negli ambienti di elaborazione distribuita ed è stato portato anche su tutti gli altri Sistemi Operativi.

Riferimenti

IEEE 802 "Standards for Local and Metropolitan Area Networks": recentemente IEEE ha reso disponibili al pubblico generale le norme 802, che si possono trovare in <http://standards.ieee.org/getieee802>