

INTRODUZIONE

Il progetto e la realizzazione di un moderno impianto di elaborazione si basano sempre di più sul concetto di *rete*. Le reti di calcolatori sono nate negli anni sessanta come veicolo con cui collegare terminali periferici ad elaboratori centrali, i mainframe. Di anno in anno sono diventate sempre più importanti, ma soltanto con la comparsa dell'informatica individuale, e cioè dei personal computer e delle workstation, hanno assunto un ruolo insostituibile. Infatti, un insieme di personal computer e workstation, anche se molto potenti, non può da solo rimpiazzare un mainframe, in quanto questo è anche il luogo dove gli utenti del sistema informativo condividono le informazioni e le risorse hardware e software. Si consideri il classico sistema di prenotazione aerea: le informazioni sui voli e sui posti prenotati sono condivise da tutti gli utenti del sistema tramite la base di dati presente sul mainframe stesso. Un insieme di piccole basi di dati, localizzate su singoli personal computer, non produrrebbe lo stesso risultato.

L'informatica personale, con potenza di calcolo distribuita nei singoli posti di lavoro, diventa competitiva rispetto a quella centralizzata basata su un mainframe soltanto se i personal computer e le workstation sono interconnessi da un'adeguata rete di calcolatori. È la rete di calcolatori che diventa il veicolo di condivisione dell'informazione e permette quindi di sostituire al mainframe e ai suoi terminali "stupidi" una moltitudine di piccoli elaboratori "intelligenti", opportunamente interconnessi tra loro. È questa la rivoluzione più importante che l'informatica sta affrontando e che prende il nome di *downsizing*.

Affinché ciò avvenga i problemi tecnici da affrontare sono molti. Per prima cosa occorre considerare che i sistemi informativi non sono entità statiche: essi infatti si devono adattare rapidamente alla continua evoluzione delle realtà in cui sono inseriti. Si pensi alle aziende che vengono ogni giorno acquistate, fuse, trasformate, cedute: i loro sistemi informativi devono seguire sorti simili. Si pensi poi ai sistemi informativi per le amministrazioni pubbliche e private che devono ogni giorno adattarsi ai cambiamenti legislativi.

Quindi i sistemi informativi stessi devono essere estremamente flessibili ed in particolare devono esserlo le reti di calcolatori che ne sono la spina dorsale. Recentemente si parla spesso di autostrade elettroniche, cioè di sistemi di telecomunicazioni ad altissima velocità in grado di veicolare informazioni di qualsiasi tipo: proprio queste autostrade elettroniche dovrebbero fungere da elemento trasmissivo portante per le reti di calcolatori aziendali ed interaziendali del futuro.

1.1 CARATTERISTICHE DI UNA RETE DI CALCOLATORI

Abbiamo già detto che lo scopo principale delle reti di calcolatori è la condivisione dell'informazione e delle risorse hardware e software. Creiamo reti di calcolatori perché i loro utenti possano condividere programmi, dati, dispositivi periferici, indipendentemente dalla loro collocazione fisica. Questa struttura è effettivamente concorrenziale rispetto al mainframe perché presenta i seguenti vantaggi:

Alta affidabilità

Con una rete di calcolatori è possibile disporre di risorse alternative in caso di necessità. Infatti i singoli componenti hanno costi contenuti ed ogni azienda può avere a disposizione parti sostitutive senza immobilizzare grandi capitali. Rendere affidabile un mainframe costa molto di più che rendere affidabile una rete di piccoli calcolatori.

Risparmio

Non vi è dubbio che i costi dell'hardware e del software per realizzare un sistema distribuito sono di un ordine di grandezza inferiori a quelli per realizzare un sistema centralizzato basato su mainframe. L'unico aspetto negativo è legato all'impossibilità di trasportare facilmente un software scritto per un sistema centralizzato su un sistema distribuito: è indispensabile una ricodifica con tecniche più moderne, ma, d'altro canto, si ottiene un prodotto con caratteristiche estremamente superiori. Non deve infine essere trascurato il problema dell'istruzione permanente degli analisti, dei programmatori e degli utenti verso queste nuove tecnologie.

Gradualità della crescita

Dopo che l'infrastruttura di rete è stata creata, l'aggiunta di nuove potenzialità, ove servono, è semplice e poco costosa. Si possono aggiungere un posto di lavoro o attivare nuovi servizi o potenziare i server esistenti senza interruzioni di servizio e con costi dilazionati nel tempo.

1.2 TIPI DI RETI

La tabella 1.1 riporta una tassonomia dei vari tipi di rete, in funzione dell'ambito operativo e delle distanze coperte.

Il primo gruppo di reti si utilizza per l'interconnessione di più processori all'interno dello stesso calcolatore (calcolatori paralleli) ed esula dalla trattazione fatta in questo testo. Il secondo gruppo prende il nome di reti di calcolatori e riguarda l'interconnessione di elaboratori eterogenei.

	Ambito	Distanza	Rete
Calcolatori paralleli	Circuito stampato	0.1 m	Massive Parallel
	Sistema	1 m	Multi Processor
	Stanza	10 m	Cluster
Reti di Calcolatori	Edificio	100 m	Reti Locali
	Comprensorio	1 km	Reti Locali Estese
	Città	10 km	Reti Metropolitane
	Nazione	100 km	Reti Geografiche
	Continente	1000 km	Reti Geografiche
	Pianeta	10000 km	Reti Geografiche

Tab. 1.1 - Tipi di reti.

1.3 ASPETTI PROGETTUALI

Il progetto di una rete di calcolatori deve considerare, ai fini della flessibilità, diversi importanti aspetti:

- Le architetture proprietarie. Esistono oggi molte reti proprietarie che hanno grande diffusione a livello nazionale e internazionale e che non possono certamente essere ignorate anche se non sono assolutamente standard. Esse sono progettate in base a scelte indipendenti ed arbitrarie dei costruttori. Esempi sono IBM/SNA, Digital/DECnet-IV e Novell/IPX.
- Gli standard "de facto". Un esempio estremamente significativo è il TCP/IP, sistema di rete a larghissima diffusione non riconosciuto da nessun organismo internazionale di standardizzazione. Un altro esempio è Ethernet v.2.0, che è oggi la rete locale più diffusa, spesso confusa con IEEE 802.3.
- Gli standard "de iure", emessi dall'ISO (International Standard Organization)

e dal CCITT (Comité Consultatif International de Telegraphie et Telephonie). Tra questi spiccano il progetto IEEE/ISO 802 (per le reti locali) e l'OSI (Open Systems Interconnection).

- L'evoluzione tecnologica. Essa non può certo essere fermata in attesa che gli enti di standardizzazione abbiano completato il loro lavoro. Ad esempio, per definire lo standard ATM (Asynchronous Transfer Mode), le ditte realizzatrici di prodotti si sono riunite in un consorzio (ATM Forum) i cui lavori per le proposte di standardizzazione procedono molto più speditamente di quelli del CCITT.

1.4 LA STRUTTURA DI UNA RETE DI CALCOLATORI

Scopo di questo libro è spiegare quale può essere l'organizzazione di una rete di calcolatori di tipo *corporate* e *multiprotocol*.

- *Corporate* perché una rete di calcolatori deve servire l'intera azienda in tutte le sue funzioni (per esempio dalla progettazione alle vendite) e in tutte le sue sedi eventualmente distribuite sul territorio. Inoltre, tale rete deve essere collegata efficientemente con le reti di aziende appartenenti alla stessa holding o che hanno con essa frequenti rapporti interaziendali.
- *Multiprotocol* perché è illusorio pensare di riuscire ad imporre all'interno di una azienda un'unica architettura di rete. Infatti occorre considerare che le reti sono nate all'interno delle aziende non con un progresso progettuale "top-down", bensì con un'integrazione di tipo "bottom-up" in cui reti diverse, eterogenee, nate per risolvere problemi specifici, sono state a poco a poco integrate per formare una rete aziendale. Tale situazione si complica ulteriormente tutte le volte che si verificano fusioni interaziendali in cui occorre fondere anche sistemi informativi eterogenei.

In letteratura tale problema è anche noto con il termine *internetworking*. Questo testo vorrebbe avere un respiro un po' più ampio, insegnando prima a progettare e a realizzare le varie componenti di una rete di calcolatori e poi ad interconnetterle tra loro.

La figura 1.1 riporta la struttura di una rete di calcolatori di una ipotetica azienda. Essa è formata da una rete locale (LAN: Local Area Network) in ogni sede (edificio) dell'azienda; le LAN presenti all'interno di un'area metropolitana sono collegate tra di loro tramite MAN (Metropolitan Area Network) e queste a loro volta tramite una rete geografica (WAN: Wide Area Network). Occorre notare che oggi la diffusione delle MAN è limitata e i loro compiti sono spesso affidati alle WAN.

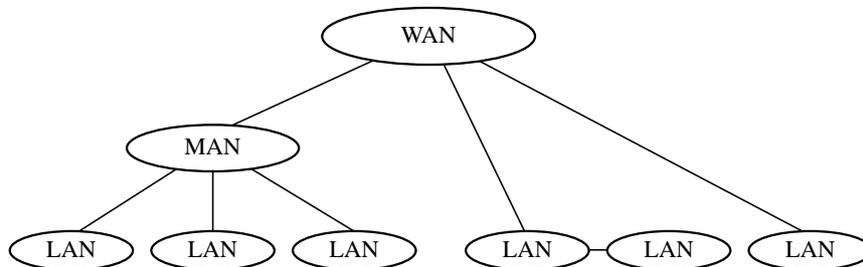


Fig. 1.1 - Esempio di interconnessione di reti.

1.5 GLI STANDARD

Il compito di progettare e gestire una "corporate multiprotocol network" può sembrare immane, e in parte lo è, anche se oggi gli standard sia de iure che de facto ci vengono in aiuto. In questa introduzione è bene ricordare quali sono gli enti pubblici e privati di standardizzazione che si occupano di reti di calcolatori e quindi quali sono i principali standard.

1.5.1 "Chi è chi" nel mondo degli standard

- PTT (*Post, Telegraph & Telephone*) è l'amministrazione che gestisce in una nazione i servizi trasmissivi (in Italia il Ministero delle Poste e delle Telecomunicazioni);
- CCITT (*Comité Consultatif International de Telegraphie et Telephonie*) è l'organismo internazionale che emette le specifiche tecniche che devono essere adottate dalle PTT. È recentemente entrato a far parte dell'ITU (*International Telecommunication Union*).
- ISO (*International Standard Organization*) è il principale ente di standardizzazione internazionale che si occupa anche di reti di calcolatori.
- ANSI (*American National Standards Institute*) è il rappresentante USA nell'ISO.
- UNINFO è il rappresentante italiano nell'ISO per le tematiche di reti di calcolatori.
- IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) è l'organizzazione professionale mondiale degli ingegneri elettrici ed elettronici con gruppi di standardizzazione sulle reti di calcolatori.

1.5.2 L'OSI (Open Systems Interconnections)

L'OSI è un progetto di ampio respiro formulato dall'ISO alla fine degli anni '70 con lo scopo principale di fungere da *modello di riferimento* per le reti di calcolatori. Esso, infatti, doveva servire come base comune per coordinare gli sforzi dei vari sviluppatori, ad esempio standardizzando la terminologia e definendo quali sono le funzionalità di una rete. Per gestire la complessità dei problemi, l'OSI ha adottato un approccio a livelli (*layers*): l'intero problema della comunicazione tra due applicazioni è stato spezzato in un insieme di sette livelli, ciascuno dei quali esegue funzioni ben specifiche. OSI ha avuto inoltre il merito di fungere più in generale da elemento di coordinamento tra tutte le attività di standardizzazione, scopo che è stato senza dubbio raggiunto.

Tuttavia OSI si prefigge di essere molto più di un importante modello di riferimento. Infatti l'ISO ha standardizzato per OSI una serie di *protocolli*, da inserirsi ai vari livelli del modello, per formare una vera e propria architettura di rete concorrenziale con altre quali SNA, DECnet o TCP/IP.

Nel processo di standardizzazione, OSI è partito dai livelli bassi (quelli più vicini all'hardware) ed è salito verso quelli alti (quelli più vicini all'uomo) ricevendo gradimento ed accettazione differenti. I livelli 1 (Fisico) e 2 (Data Link) di OSI sono oggi assolutamente standard e questo consente l'interoperabilità dei prodotti. Dal livello 3 al livello 7 i protocolli esistono da tempo, ma hanno difficoltà ad imporsi per l'alto impatto che la loro adozione ha sul software dei sistemi informativi stessi e sui dispositivi di instradamento (router). Solo la Digital Equipment Corp. ha deciso di abbandonare la propria architettura di rete proprietaria (DECnet fase IV) a favore di un'architettura totalmente OSI (DECnet fase V).

1.5.3 Il progetto IEEE 802

Tale progetto, perfettamente inserito nel modello OSI, riguarda i livelli 1 e 2 limitatamente alle reti locali e metropolitane. Concepito anch'esso tra la fine degli anni '70 e l'inizio degli anni '80, ha portato ad una voluminosa serie di standard noti con sigle del tipo 802.X, oggi anche approvati dall'ISO. IEEE 802 è nato per razionalizzare i numerosi sforzi presenti in quegli anni per la creazione di nuove reti locali, spesso appositamente concepite - per ragioni commerciali - per essere incompatibili una con l'altra, ed ha ottenuto un notevole successo. Acquistare oggi una scheda di rete locale compatibile con uno standard 802 è certezza di buon investimento.

1.5.4 Gli standard CCITT

L'ISO non può affrontare autonomamente il problema della standardizzazione dei livelli 1 e 2 del modello OSI per le reti geografiche. A tal scopo si appoggia al CCITT che a livello 1 utilizza standard consolidati quali RS-232 (o gli equivalenti V.24 e V.28), V.35 e G.703/704, mentre a livello 2 adotta una famiglia di standard derivati dal protocollo SDLC (Synchronous Data Link Control) proposto da IBM per la rete SNA. SDLC stesso non viene riconosciuto come standard, ma alcune sue importanti varianti sì, quali HDLC, LAP-B, LAP-D e LAP-F. Inoltre, una variante di HDLC denominata LLC (Logical Link Control) viene adottata dall'IEEE per le reti locali con la sigla 802.2.

1.6 IL CABLAGGIO STRUTTURATO DEGLI EDIFICI

L'ingegneria civile ha da lungo tempo incluso nel progetto della costruzione o ristrutturazione degli edifici una parte impiantistica. Esistono norme su come realizzare la distribuzione elettrica, gli impianti idraulici, gli impianti telefonici, ecc., ma ancora oggi vengono spesso trascurati gli impianti per la "trasmissione dei segnali" (TV, citofonia, dati digitali, ecc.). Di questi, i più importanti in ambiente industriale e commerciale sono quelli per la trasmissione dei dati digitali. Essi sono nati come strutture stellari rispetto al mainframe, spesso in cavo coassiale. L'avvento delle reti locali modificò tali cablaggi che comunque rimasero dedicati a fungere da mezzo fisico per le reti di calcolatori. Inoltre, tali impianti non venivano quasi mai compresi nel capitolato dei lavori di realizzazione o ristrutturazione degli edifici e quindi erano sempre realizzati successivamente (su edifici già ultimati) con risultati discutibili a causa della necessità di attraversare quasi ogni vano con numerosi cavi.

Negli anni '80 ci si è orientati verso l'adozione di centralini telefonici digitali (PABX) come mezzo con cui trasportare le reti di calcolatori, con risultati molto scadenti, come discusso nel paragrafo 5.1.3. Gli anni '90 sono stati caratterizzati dalla comparsa di standard quali l'EIA/TIA 568 e 569 e il successivo ISO/IEC 11801 sul cablaggio strutturato degli edifici. Tali standard regolamentano la progettazione e realizzazione degli impianti per il trasporto dei segnali da effettuarsi contestualmente alla costruzione o alla ristrutturazione organica di un edificio. Sul cablaggio strutturato si veicolano molte informazioni di natura diversa: le LAN, la telefonia classica e numerica (ISDN), gli allarmi, i controlli e le regolazioni, le immagini video, il controllo presenze, ecc. Quando oltre alla struttura di cablaggio sono presenti elaboratori e software appositi dedicati al controllo dell'edificio allora si parla di *edifici intelligenti*.

1.7 I MEZZI TRASMISSIVI

Grazie alle recenti innovazioni tecnologiche, i mezzi trasmissivi attualmente utilizzati per le reti locali sono soltanto più due, la fibra ottica e il doppino di rame, e il cavo coassiale è stato quasi del tutto abbandonato.

La tecnologia per la produzione della fibra ottica è un sottoprodotto di quella per la purificazione del silicio sviluppata per la costruzione dei circuiti integrati. La fibra ottica è un mezzo trasmissivo quasi ideale: altissima banda, bassissima attenuazione, totale immunità ai disturbi elettromagnetici. Purtroppo il costo della connettorizzazione ne limita ancora molto l'utilizzo su larga scala. Essa è praticamente sempre adottata per la realizzazione di dorsali (interconnessione di reti), ma trova difficoltà ad imporsi come mezzo trasmissivo per il cablaggio fino alla stazione utente. Per quest'ultima applicazione si usa il doppino in rame che ha beneficiato negli ultimi anni di incredibili miglioramenti tecnologici. Nato per trasportare la telefonia in banda base (con spettro del segnale dell'ordine di 3 KHz), è stato migliorato e ingegnerizzato sino a poter trasportare segnali a frequenze dell'ordine delle centinaia di MHz. Ridotti costi, semplice connettorizzazione, facilità di posa, naturale compatibilità con la telefonia sono le sue caratteristiche vincenti. Oggi è acceso il dibattito se il doppino di rame debba essere schermato oppure no e di questo parleremo nei capitoli 3 e 4.

1.8 LE RETI LOCALI

Il cablaggio strutturato è il veicolo preferenziale per il trasporto dei dati delle reti locali (LAN). Accanto alle due reti locali "storiche" Ethernet e Token Ring si sono oggi aggiunte tutte quelle comprese nel progetto IEEE 802 e altre ancora che sono state standardizzate da altri enti (ad esempio l'ANSI ha standardizzato FDDI).

Una rete locale è un mezzo di trasporto equamente condiviso tra tutte le stazioni che vi si collegano, ad alta velocità e basso tasso di errore, limitato ad un ambito locale (senza attraversamento di suolo pubblico). Dato che l'estensione è limitata a comprensori privati, le LAN non necessitano di essere conformi agli standard CCITT.

Le velocità trasmissive sono comprese nell'intervallo 4 Mb/s - 100 Mb/s. Il mercato delle medie prestazioni è ormai dominato da IEEE 802.3 (evoluzione di Ethernet), mentre quello delle alte prestazioni è in grande fermento per i molti contendenti: FDDI, Ethernet a 100 Mb/s e ATM. Tutte queste reti adottano come mezzo trasmissivo preferenziale il doppino di rame e la fibra ottica per le dorsali.

1.9 LE RETI METROPOLITANE

Nate dallo sforzo di standardizzazione congiunto tra ISO e CCITT, sono estensioni delle reti locali in ambito urbano. All'interno di una città, infatti, le PTT dispongono spesso di dorsali in fibra ottica, veloci ed affidabili. Le prestazioni classiche raggiunte sono comprese tra i 2 Mb/s e i 140 Mb/s.

1.10 LE RETI GEOGRAFICHE

Le reti geografiche si basano sui servizi offerti dal fornitore nazionale di telecomunicazioni. In Italia, ad esempio, la trasmissione dati è nata con i CDA (Canali Diretti Analogici) i quali sono stati sostituiti nel tempo con i CDN (Canali Diretti Numerici) forniti dalla Telecom Italia. Le velocità di tali canali attualmente variano dai 2400 b/s ai 2 Mb/s. Sono inoltre state realizzate reti pubbliche per la sola trasmissione dei dati quali quelle conformi allo standard X.25 (in Italia ITAPAC).

Grazie anche alla liberalizzazione del mercato delle telecomunicazioni stanno comparando nuove offerte di rete pubblica (WAN e MAN). Tra queste ricordiamo Frame-Relay, SMDS (Switched Multi-Megabit Data Service) e ATM (Asynchronous Transfer Mode), che sono concepite per trasmissione dati a velocità rispettivamente medie (64 Kb/s-2 Mb/s), alte (2 Mb/s-34 Mb/s) e altissime (155 Mb/s e oltre).

1.11 L'INTERNETWORKING

La struttura di rete corporate e multiprotocol precedentemente descritta implica problematiche di *internetworking* tutte le volte che ci si trova a collegare due LAN tra di loro, una LAN con una MAN, una LAN con una WAN, ecc. L'*internetworking*, a causa dell'eterogeneità delle architetture di rete già citate, deve essere necessariamente *multiprotocollo*. Questo significa che la stessa struttura fisica, sia locale sia geografica, deve essere utilizzata simultaneamente da più architetture di rete (SNA, DECnet, TCP/IP, ecc.) le quali devono convivere il più armoniosamente possibile. In generale, è opportuno cercare di minimizzare gli investimenti creando sinergie tra tutte le strutture atte a trasportare informazione. Ad esempio, a livello di rete geografica si cerca sempre più di far convivere sugli stessi mezzi trasmissivi non solo i vari protocolli delle reti di calcolatori, ma anche le comunicazioni telefoniche e le videoconferenze tra sedi distinte della stessa azienda. All'interno degli edifici tale problema è così sentito che sono nati i già citati standard che specificano come

realizzare i cablaggi.

La convivenza di più protocolli diversi è una realtà presente a vari livelli del modello OSI. Una prima forma si ha a livello di cablaggio strutturato: mezzi trasmissivi generici (doppini e fibre) possono essere utilizzati per trasportare diversi standard di rete locale (Ethernet, FDDI, ecc.).

Una seconda soluzione, che è probabilmente la più interessante, è quella di far convivere più architetture di rete sulla stessa rete locale: ad esempio, una rete Token Ring può trasportare contemporaneamente i protocolli TCP/IP e OSI. Tale supporto multiprotocollo è ormai standard da tempo sulle LAN grazie all'adozione del già menzionato LLC (802.2), ma diventa problematico quando lo si debba estendere alla rete geografica. Per questo sono nati i bridge/router multiprotocollo (spesso detti brouter) in grado di fornire tale supporto sia sulla rete locale che su quella geografica.

Una terza forma di convivenza di protocolli diversi si ha quando su un protocollo di livello 3 si appoggiano più pile di protocolli di livello superiore: in DECnet fase V, ad esempio, sul livello 3 OSI si appoggiano sia la pila di protocolli OSI (per fornire applicativi quali X.400, FTAM, X.500) sia la pila di protocolli DECnet fase IV (a partire dal protocollo di livello 4 in su) per garantire l'utilizzabilità di tutti i classici applicativi DECnet.

1.12 I SISTEMI OPERATIVI DI RETE

Le reti di calcolatori sarebbero di poca utilità se non fossero corredate da una grande varietà di software. In particolare, se si vogliono realizzare dei sistemi distribuiti di basso costo concorrenziali ai mainframe (il downsizing di cui si è parlato precedentemente) è necessario che il software operi sulle piattaforme utilizzate (ad esempio personal computer e workstation), congiuntamente ai sistemi operativi più diffusi: MS-DOS, Microsoft Windows, Unix e Macintosh. Sono nate a tal scopo apposite architetture di rete, spesso dette anche *sistemi operativi di rete*, per risolvere i problemi di downsizing prima citati. Un primo gruppo prende il nome di sistemi *peer-to-peer* e comprende, ad esempio, Windows for Workgroup e Novell Lite; un secondo gruppo, con funzionalità più sofisticate, prende il nome di *client-server* e comprende, ad esempio, Novell Netware, Microsoft LAN Manager e Banyan Vines. Queste due classi di sistemi offrono sostanzialmente le stesse funzionalità, ma i primi sono indicati per ambienti di dimensioni ridotte, mentre i secondi possono collegare migliaia di client e decine di server e fornire le interfacce verso altre architetture.

1.13 GLI APPLICATIVI

Gli applicativi di rete sono quei programmi che scambiano informazioni utilizzando la rete. Le tre applicazioni per cui le reti sono storicamente nate sono il terminale virtuale, il trasferimento di file e la posta elettronica. Accanto a queste tre applicazioni, oggi sono disponibili numerose altre quali l'accesso a banche dati, la ricerca e il trasferimento di dati e programmi, lo scambio di documenti con validità legale, le bacheche elettroniche, la localizzazione di utenti sulla rete, ecc.

Tali applicativi, grazie anche all'adozione di interfacce grafiche e a finestre, sono diventati facili da usare anche per utenti inesperti e hanno contribuito enormemente alla diffusione delle reti stesse.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Tanenbaum, "Computer Networks", Prentice-Hall.
- [2] W. Stalling, "Data and Computer Communication", Macmillan.