

Le Lan spingono sull'acceleratore

Testo scritto da Pizzichetti Pasquale del 184° RGT SUP TLC "Cansiglio" in Treviso - aprile 1999 - Ver.1.2

Le reti locali stanno rapidamente evolvendo da un'architettura condivisa ad una commutata. Nuovi dispositivi, come gli **switch di livello tre**, portano al massimo le prestazioni. Rimane in ogni modo difficile per l'utente finale scegliere, cercando di perseguire anche un obiettivo d'affidabilità.

Come ampiamente descritto nelle pagine seguenti, l'evoluzione delle Lan è tutta diretta ad accrescerne le prestazioni. Si pongono problemi d'affidabilità e di gestibilità.

Secondo alcuni analisti del settore, alcuni fattori favoriranno l'adozione di questo tipo d'apparati. Il primo di questi è legato all'esistenza di backbone (dorsali) "storici", basati su router, che devono evolvere per gestire l'aumento di traffico Lan e Wan. la migrazione in atto da vecchie architetture condivise a dieci Mbps a strutture a 100 Mbps e switched (commutate) porta alla necessità, in prospettiva, di reti più efficienti e veloci. La richiesta di banda, inoltre, è destinata a crescere in funzione delle applicazioni multimediali e della convergenza di reti voce e dati. La migrazione da realtà multiprotocollo a strutture solo IP, infine, renderà sempre meno importante l'uso di router.

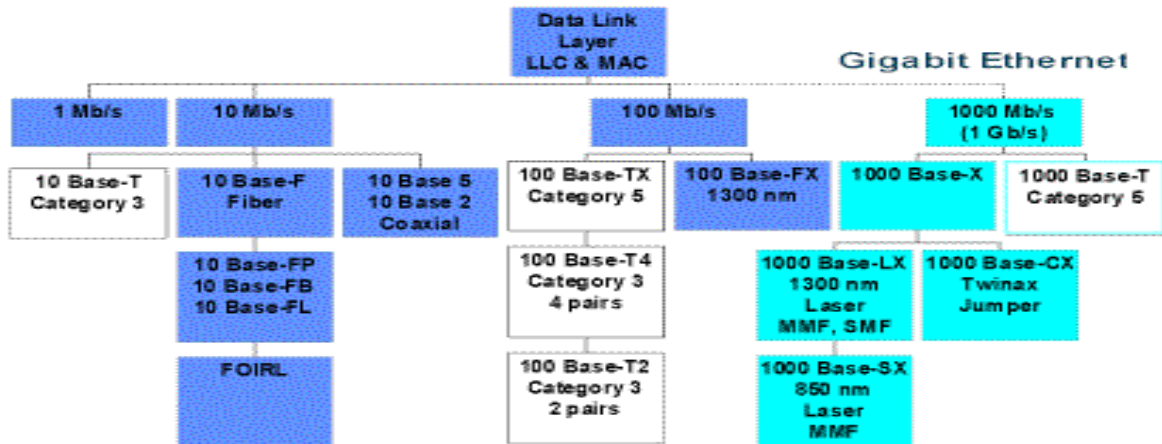
Attualmente, i dispositivi sul mercato sono nati proprio con il dichiarato obiettivo di relegare il router ad un ruolo di "periferia", cioè di gestione delle interconnessioni Wan. In questa fase, i *layer tre switch* offrono alcune funzionalità di routing, implementandole a livello hardware (tramite Asic - Application Specific Integrated Circuit). I successi sbandierati sono quelli del raggiungimento del wire speed. Una possibilità relegata al mondo IP, ma destinata a diffondersi su interfacce Wan (come Atm Oc-12 e Sonet over Atm). Secondo gli analisti, quando arriveranno queste interfacce la vendita di router di fascia alta, comincerà a calare sensibilmente. A favorire il processo, ci sarà anche il "naturale" calo dei prezzi dei nuovi dispositivi, che andranno sempre più a costituire il backbone centrale delle reti.

Non è facile per l'utente finale orientarsi di fronte ad offerte nuove che presentano differenze, anche sostanziali, tra costruttore e costruttore. Il consiglio generale è, poi, sempre lo stesso: partire dai propri bisogni. Inoltre, anche se non tutti i vendor (costruttori) sono disponibili a questo, è utile eseguire una prova sul campo, ponendo il dispositivo in esame direttamente a contatto con la propria realtà. Solo così, infatti, si potranno verificare i reali benefici che esso può apportare.

Evoluzione dalle lan

L'evoluzione dalle lan condivise, differenziate a livello Mac, alle nuove reti di campo a larga banda, con utilizzo di **Vlan** e **switching di livello 3**, sta annullando le differenze tra le topologie di rete.

La tecnologia **Fddi** è progressivamente abbandonata in favore d'altre tecnologie, preferendo velocità rispetto ad affidabilità. **Gigabit Ethernet** offre semplicità e scalabilità mentre **Atm** è diventata la dorsale d'eccellenza per chi ha traffico intenso e richiede QoS (Quality of Service). **Token Ring**, superato il limite dei sedici Mb, tecnologicamente non ha nulla da invidiare ad **Ethernet**, anzi, ma subisce l'handicap di costi superiori e forse meriterebbe un rilancio più deciso da parte dei costruttori.



Discutere su quale sia la migliore soluzione di rete, è il modo peggiore di affrontare il problema delle reti locali. Questo perché non esiste "la" soluzione migliore. Esiste la soluzione più veloce, quella più economica, quella più affidabile o sicura e spesso, quella più popolare. Alcune tra le differenze tecnologiche tra le tipologie di rete, stanno, infatti, scomparendo con l'introduzione delle nuove tecniche di progettazione e installazione di rete e con l'avvento di dispositivi ad alte prestazioni. E' quanto è emerso in recenti convegni sul tema.

Cercheremo di seguito di tracciare una mappa storica dell'evoluzione delle lan, evidenziando come le tendenze del mercato, le richieste tecnologiche, l'abbassamento dei costi o semplicemente la necessità di maggiore larghezza di banda, stiano definendo la fisionomia attuale delle reti locali, che parlano soltanto tra switch e usano velocità dell'ordine dei Gigabit.

All'inizio fu il Mac

Il livello network di una lan è caratterizzato da un'interfaccia unificata; al di sotto di questo, abbiamo il livello di data link caratterizzato dal Logical Link Control (LLC), ma è al di sotto di questo che è iniziata la differenziazione tra le differenti tecnologie trasmissive, in altre parole al sottolivello Mac (Media Access Control).

La richiesta fondamentale d'ogni tipo di Lan è di mettere in comunicazione molteplici stazioni. Inizialmente tale questione fu affrontata adottando una soluzione shared, ovvero con un unico canale trasmissivo condiviso da tutte le stazioni e utilizzato per arbitrare il lavoro tra più macchine. Con quest'impostazione ogni stazione immette un pacchetto in rete e lo comunica alle

altre stazioni con un sistema d'indirizzamento a livello Mac, in cui le informazioni sulla stazione mittente e destinataria risiedono nel pacchetto.

Per regolare la trasmissione sul canale condiviso, in modo da evitare sovrapposizioni da parte delle diverse stazioni, furono adottati sulle Lan principalmente due protocolli: il Cdma/Cd (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect) e il Token.

Il protocollo Cdma/Cd è quello che caratterizza le Lan Ethernet. In quest'approccio le stazioni, prima di trasmettere rilevavano, tramite un repeater, eventuali trasmissioni del concentratore (hub).

Se più stazioni trovavano il mezzo libero e decidevano di iniziare la trasmissione, si determinava un accesso multiplo: sulle varie porte si sommano i pacchetti, non funzionava la condivisione e la trasmissione era invalidata. Si rese quindi necessario un sistema di rilevamento delle collisioni che permettesse di sapere che il pacchetto non era partito. Per il funzionamento di una rete Ethernet era quindi necessario che venissero rispettati alcuni parametri, che servivano per rilevare le collisioni e, in tal caso, abortire la trasmissione per ritentarla in seguito. Questa esigenza ha portato alla definizione dello standard IEEE 802.3, con cui la parte di collision detection è entrata a far parte del protocollo, cioè dei sistemi di arbitraggio dei canali.

L'esigenza di rilevare le collisioni ha condizionato quindi la progettazione di molteplici parametri di trasmissione. La richiesta di un tempo sufficientemente lungo affinché ogni pacchetto trasmesso dalla stazione più remota potesse giungere alle altre stazioni, distinguendo tra pacchetti che si succedono, ha determinato una lunghezza minima dei pacchetti di 512 bit, velocità di trasmissione di dieci Mbps e un intervallo di tempo minimo tra i pacchetti di 9.6 ms.

Poiché la velocità di propagazione dei segnali nel mezzo trasmissivo (circa 108 metri al secondo) fa sì che con un segnale a dieci Mbps, un bit propaga per (cioè è "lungo") 20 metri, si determina in queste condizioni un "effetto memoria" sui cavi che limita l'estensione massima in una Lan Ethernet a 4 km.

Il Cdma/Cd è dunque un protocollo completamente distribuito, ma, da un punto di vista strettamente tecnico, di tipo non deterministico: un pacchetto potrebbe rimanere in attesa per un tempo infinito, anche in pratica ciò non avviene. Ha il vantaggio che l'inserimento/disinserimento di una stazione all'interno della rete è un'operazione molto semplice, che non altera le proprietà della rete, e questo ha determinato la sua larga diffusione e il basso costo.

Gli svantaggi risiedono soprattutto nel fatto che la rete, per funzionare, deve essere sgombra per un certo intervallo di tempo e ciò ne riduce l'efficienza del 40-60%.

Nell'altro protocollo considerato, il Token, le stazioni sono interconnesse in un anello in cui circola un unico "gettone", appunto il token: solamente la stazione in possesso del token è in grado di trasmettere e, appena ha finito, la stazione rinvia il token nell'anello. Questo sistema prevede, la trasmissione delle

informazioni in blocchi, in modo da lasciare, tra una trasmissione e la successiva, dei "tempi morti", che sono sfruttati da altre postazioni. Il meccanismo è di mutua esclusione tra le stazioni e se la rete risulta occupata il pacchetto non parte. A parte eventuali errori di trasmissione, non è possibile che si realizzi la situazione in cui la rete segnala che il pacchetto è partito, ma in realtà il pacchetto non arriva.

Il token è, di fatto, memorizzato nella rete e questo impone una lunghezza minima dell'anello che deve consentire all'intero token (lungo tre byte) di circolare tra le stazioni. Se le stazioni si spengono o si guastano è impedito al token di circolare; per tale motivo esistono reti cabiate a stella che permettono il passaggio dei token tramite opportuni concentratori. Il numero massimo di stazioni sopportato è elevato e la velocità di trasmissione nelle reti Token Ring varia tra i quattro e sedici Mbps.

Quello del Token Ring è un protocollo deterministico perché ogni stazione sa entro quanto tempo può ricevere il gettone. Tuttavia, in una rete Token Ring non è possibile aumentare la banda a piacere perché un maggior numero di stazioni determina un tempo più lungo per ricevere il token.

Il vantaggio di questo protocollo è perciò di avere la rete sempre utilizzata ed inoltre è affidabile perché nasce già come sistema fatto per isolare problemi presenti sull'infrastruttura ad anello (una stazione controlla in modo continuo l'anello); è tuttavia un sistema più complicato e costoso (sia per motivi tecnici sia di mercato), che richiede l'inizializzazione dell'anello e un controllo continuo affinché il token non vada perso o l'anello si interrompa.

Verso lo switching

Entrambi i sistemi presentavano due limiti fondamentali. Il primo era un limite fisico dell'estensione della rete e il secondo era legato al fatto che, con una banda condivisa, all'aumentare dei numeri di stazioni, la banda media disponibile per ogni stazione diminuiva.

Il primo aspetto, con la riduzione dei prezzi, ha perso importanza perché è aumentata considerevolmente la densità di cpu, mentre la limitazione di banda ha fatto nascere l'esigenza di partizionare la rete.

La prima evoluzione della tecnica di switching parte dai bridge, in altre parole da apparecchi che interconnettono due o più Lan, su ognuna delle quali agisce un singolo protocollo. I bridge non modificano il pacchetto ma, sulla base di tabelle di instradamento calcolate tramite gli indirizzi Mac, con un processo detto di backward learning, decidono se il pacchetto in partenza da una stazione, per arrivare alla stazione di destinazione, deve passare dalla rete uno alla rete due e così via.

Con l'arrivo dei bridge vengono separati i domini di collisione di rete, e aumenta, di conseguenza, la banda disponibile. Inoltre viene superato il limite di estensione della rete imposto dal Mac e diventa possibile la connessione tra reti con Mac diversi, in modo abbastanza trasparente.

La necessità di disporre di ridondanza per soluzioni fault tolerant ha imposto soluzioni di rete più sofisticate, portando alla topologia di rete magliata, che consente la trasmissione su cammini Lan multipli. Tuttavia, il backward learning richiede che ogni stazione sia vista da un'unica porta e quindi funziona solo con topologie di rete ad albero. Si è quindi reso necessario l'utilizzo di un algoritmo denominato **spanning tree**, in grado di "trasformare" la tipologia magliata in quella ad albero decidendo le porte da porre in stato di invio e quelle da bloccare.

Nelle reti Token Ring è stata adottata una tecnica differente rispetto all'abbinata backward learning e spanning tree, denominata source routing. Con questa tecnica, le stazioni scrivono nel pacchetto le informazioni per l'instradamento, in altre parole l'indirizzo Mac, con un sistema detto di Routing Information.

Il progressivo aumento della velocità d'oltro nei bridge ha portato all'introduzione degli switch, ovvero bridge multiporta a prestazioni elevate.

L'incremento di prestazioni ha determinato una velocità di trasmissione interna molto superiore a quella delle singole porte, lasciando tempo libero allo switch per compiere altre operazioni, come per esempio convogliare su una porta veloce traffico che arriva su più porte a bassa velocità. Inizialmente fu adottata una tecnica che inviava i pacchetti prima di analizzarli che fu abbandonata a favore del sistema di *store and forward* che ha permesso di collegare Lan a velocità differenti.

La tecnologia di trasmissione delle Lan era half duplex, ma l'esigenza di avere un apparecchio in grado di separare i protocolli di livello Mac ha portato all'uso della tecnologia full duplex.

Il cavo d'interconnessione (doppino o fibra ottica) è un cavo su cui il canale di trasmissione (Tx) e quello di ricezione (Rx) sono fisicamente distinti e, di fatto, ciò fa scomparire la condivisione dei canali. Inoltre qualsiasi nuova installazione di rete è ormai obbligatoriamente di tipo switched e l'uso degli switch ha confinato il protocollo Mac a una coppia di porte, eliminando il problema delle collisioni su Ethernet.

Alta velocità

Il passaggio da Ethernet a Fast Ethernet non rappresenta in realtà una sostanziale innovazione tecnologica. La dimensione minima dei pacchetti resta invariata, ma l'Ethernet veloce riduce di un fattore dieci la durata del pacchetto e l'intervallo di tempo tra due pacchetti successivi, incrementando l'ampiezza di banda in proporzione. La conseguenza di ciò è che si riduce la distanza massima cui un pacchetto può propagarsi, portando il diametro massimo della rete (con cavi Utp) a solo 205 metri, mentre gli armadi di commutazione sono connessi con un protocollo di linea che è il protocollo Mac. Questa cosa, come detto, non rappresenta più un grosso problema a causa dell'elevata densità di Cpu.

Con Gigabit Ethernet non era possibile adottare un approccio analogo, perché portare la distanza da 200 a 20 metri risultava insufficiente. Si è dunque deciso di allungare il pacchetto, portandolo a 4.096 ms (rispetto ai 51,2 ms di Ethernet

e i 5,12 ms di Fast Ethernet) e mantenendo una distanza massima tra le stazioni entro un raggio di 100 metri. Con l'introduzione di Gigabit Ethernet, si arriva quindi ad un sistema di connessione ad alta velocità tra due switch nel quale si deve semplicemente aggiungere un'informazione addizionale al pacchetto.

Il vantaggio è quello d'avere banda elevata e di avere la possibilità di servire un gran numero di stazioni, con la necessità di suddividerle in molteplici gruppi. Come vedremo meglio in seguito, quando i gruppi sono fisicamente vicini si tende ad utilizzare la tecnologia di **switching layer3**, mentre per gruppi fisicamente distanti si preferisce l'adozione di Lan virtuali (VLAN).

Anche per Token Ring è arrivato il momento dell'alta velocità: con l'introduzione dell'High Speed Token Ring (Hstr), infatti, l'ampiezza di banda passa a 100 Mb. Quest'evoluzione tecnologica mantiene, a livello di Data Link e a livello Mac, lo standard esistente (802.5r) per i Token Ring a quattro e sedici Mb (con il supporto full duplex), mentre a livello fisico adotta il medesimo schema di trasmissione sviluppato per Fast Ethernet e Gigabit Ethernet.

L'Hstr nasce già come tecnologia switch, ovvero dedicata per connessioni punto a punto in ambienti Token Ring switched con la tecnica del source routing. Questo perché la creazione di una soluzione condivisa avrebbe causato ulteriori ritardi nella messa a punto dello standard, ma soprattutto perché ormai è impensabile parlare di una nuova implementazione di rete di tipo non switched.

E arriviamo dunque ad Atm, che nasce dall'esigenza di condivisione di diverso tipo di traffico sulle reti private dei provider. Atm fa uso di celle di lunghezza fissa anziché di un'impostazione a pacchetti per il trasporto dell'informazione.

Sulle grandi distanze, in altre parole su Wan, Atm offre un sistema valido per ottimizzare lo sfruttamento della velocità. In ambito locale Atm si presenta come una soluzione orientata alla connessione, in cui rappresenta un canale che si apre e si chiude, su cui viaggiano i dati ad alta velocità. In questo processo si è dunque perso il controllo di flusso a livello Mac, che regolava l'uso e l'invio di pacchetti. Nelle reti commutate (switched) la rete stessa, ovvero ogni switch, è un consumatore di pacchetti. Il pacchetto parte dallo switch, ma se non riesce ad arrivare a destinazione per il traffico, si perde. Per la risoluzione di questo problema si generano, in alcuni casi, finte collisioni. Inoltre il controllo è stato spostato a livello tre, utilizzando cicli di Cpu per motivi non necessari e quindi riducendo le prestazioni.

In attesa di vedere se in futuro il mercato renderà disponibili solo schede ad alta velocità, una questione fondamentale, che assumerà sempre più importanza con il progressivo aumentare del traffico è quindi di decidere dove e come mettere il collegamento ad alta velocità e gli switch.

E' vero che le alte velocità servono dove la banda si aggrega, ovvero sulle dorsali. Una delle implementazioni naturali per le reti veloci è quindi quella delle reti di campus.

Come cambiano le reti campus

Parlando di reti per grossi edifici o campus, la questione si pone su due livelli: **velocità** e **affidabilità**.

Nel caso di reti per campus, oltre alle prestazioni è, infatti, richiesto almeno un livello minimo di fault tolerance. Dal punto di vista dell'affidabilità la tecnologia Fddi resta ancora, a detta di molti, insuperata, grazie alle caratteristiche di ridondanza di anello fisico (accanto all'anello primario è usato un anello secondario in caso di guasto), con la possibilità di connettere macchine sui due anelli e con tempi di ripristino bassi (100 millisecondi contro i circa 60 secondi dello spanning tree).

E' tuttavia una tecnologia che sta sparendo per mancanza d'investimenti da parte dei produttori. Su queste realtà si sta dunque assistendo ad una migrazione da soluzioni Fddi verso reti magliate Fast Ethernet e Gigabit Ethernet su cui è implementato lo spanning tree. Questa scelta è dovuta, in particolare, alla semplicità delle reti Ethernet nelle scalabilità della rete verso il Gigabit, ai costi contenuti, al vantaggio che il pacchetto non deve essere modificato (per esempio con conseguenti problemi di frammentazione) e alla tendenza dei mercati a privilegiare la velocità rispetto all'affidabilità. In effetti, la **fault tolerance** costa e non sempre i costi associati agli investimenti e alla manutenzione dei dispositivi ridondanti appaiono giustificati ai clienti, che preferiscono accettare la possibilità che la rete si fermi, per esempio, una volta ogni due anni. Ovviamente da questa categoria sono escluse installazioni di tipo primario (come, per esempio, il controllo del traffico aereo o le applicazioni di Borsa), per le quali l'affidabilità potrebbe apparire una, necessità irrinunciabile, spesso la fault tolerance "assoluta" è una strada che non viene percorsa.

Molti problemi d'efficienza possono però essere risolti con un'accurata progettazione e anche con alcuni semplici accorgimenti. Uno di questi è legato proprio all'impostazione dello spanning tree, che ha la caratteristica di configurare la rete in modo arbitrario.

Anche se il cabiaggio è fatto in modo appropriato non è detto, infatti, che gli switch diventino i centri stella della rete. Si deve intervenire sui parametri di spanning tree, in particolare sul bridge priority. Tutti i bridge hanno la possibilità di diventare 1a radice dell'albero. All'accensione ogni bridge invia l'indirizzo Mac e quello con l'indicatore di **bridge priority** più basso diventa la radice dell'albero. Per rimediare a ciò, si deve configurare il parametro di bridge priority, che come valore iniziale è impostato 32768: per forzare la rete a scegliersi come radice un determinato bridge basta abbassare leggermente questo valore sul bridge *primario*, mentre sul bridge secondario si deve impostare un valore intermedio tra quello di default e il primario.

Senza quest'accorgimento la rete non funziona in modo desiderato. Nel caso cui non venga configurato bridge priority, è possibile che diventi radice uno qualsiasi dei bridge, magari uno di quelli a basse prestazioni per arrivare al quale è necessario attraversare una serie altri bridge.

L'introduzione delle tecnologie ad alta velocità

Le nuove tecnologie, ovvero **Gigabit Ethernet**, **Vlan** e **Switching di livello 3**, vengono attualmente implementate per incrementare le prestazioni e determinano una revisione dell'impostazione della rete esistente a livello fisico e logico. Il punto di partenza è in genere molto diversificato. Le reti sono, infatti, nate ed evolute in tempi e modi differenti e spesso senza una pianificazione accurata. Per esempio non tutte dispongono di cablaggio strutturato oppure ci si trova in presenza di reti miste nelle quali coesistono sulla medesima Lan più reti logiche IP di classe C. Bisogna, di conseguenza, avere ben presente quale è la situazione di partenza.

La prima cosa da fare per impostare correttamente una rete campus è di valutare quanto traffico ha la rete e la larghezza di banda che richiede. In caso di grossi picchi (100-200 Mb) può effettivamente servire una dorsale ad alta velocità.

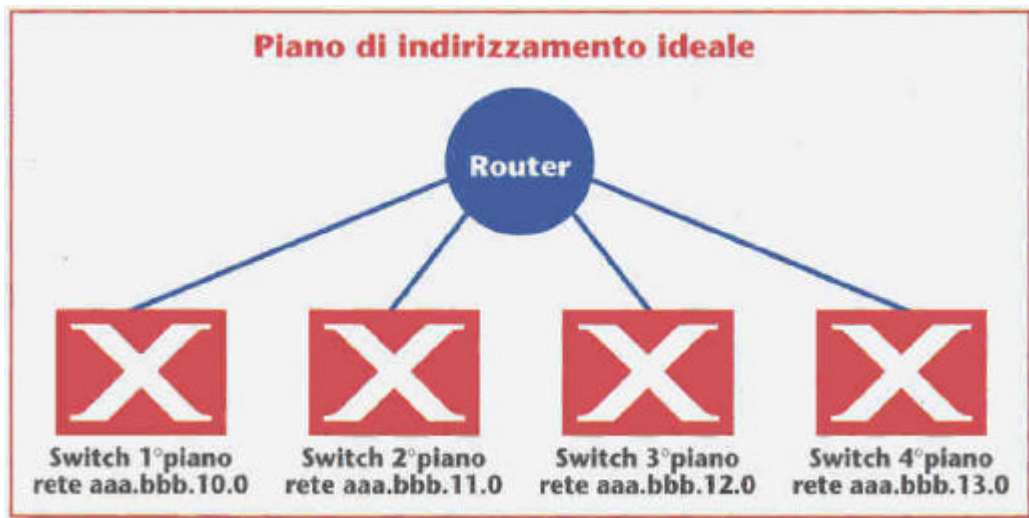
Accanto alle reti Fast Ethernet totalmente switched (in cui ogni macchina è connessa fisicamente ad uno switch) abbiamo anche reti switched segmentate. Poiché molte interfacce presenti sul mercato hanno basse prestazioni, e consumano pesantemente la Cpu, ha ancor oggi senso parlare di soluzioni di reti switched segmentate; può essere, infatti, preferibile avere un buon ripetitore rispetto all'adottare una filosofia in cui si hanno schede a dieci Mb connesse a uno switch di fascia bassa che, per esempio, può avere un buffer limitato che quando è pieno perde i pacchetti.

Parallelamente, non sono sempre sufficienti lo switching e le connessioni ad alta velocità per garantire un incremento di prestazioni su reti di grandi dimensioni. Nel caso in cui si hanno diverse reti logiche IP, il router che le connette può diventare un collo di bottiglia, se ci sono flussi elevati di traffico tra reti logiche Ip differenti oppure se il dispositivo compie il routing tra reti IP tramite un'unica interfaccia Ethernet connessa sulla Lan switched.

La condizione ideale sarebbe quella di realizzare un piano di indirizzamento basato sulla rete fisica, in cui a una Lan switched è associata una rete logica IP e poi tutte le reti vengono collegate tramite un router.

Tuttavia, la situazione concretamente appare molto differente perché le reti sono nate in tempi e modi diversi. Il piano di indirizzamento IP è spesso basato sull'applicazione e i gestori di rete sono in genere poco propensi a modificare il piano esistente. Si devono perciò trovare delle soluzioni che tendono a migliorare le prestazioni della rete senza modificare il piano d'indirizzamento.

Una soluzione è rappresentata dall'utilizzo di VLAN. Con l'uso delle VLAN è possibile realizzare una virtualizzazione del livello fisico: tutte le reti logiche IP vengono riunite in una VLAN e quindi le macchine vengono marcate indipendentemente dalla loro collocazione fisica.



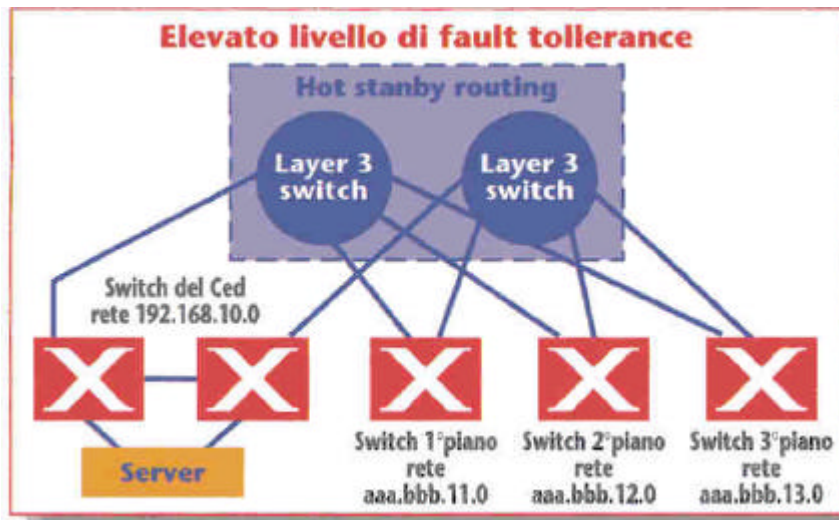
In queste condizioni, quando i flussi di traffico tra le differenti reti logiche IP sono elevati, il router può diventare un collo di bottiglia. Sui router sono presenti due processi software: *inoltro* e *routing*; di questi il routing ha tempi lunghi (dell'ordine del secondo). Si può quindi, migliorare la situazione portando la parte di inoltro da livello software a quello hardware. Questo ha portato all'introduzione dello switching di livello tre in cui il routing IP (e in alcuni casi anche IPX) viene portato in hardware. In tal caso, lo switch di livello tre opera come un router molto efficiente, che deve essere configurato manualmente porta per porta, come un router classico.

Per quanto riguarda la fault tolerance, il router, che collega le differenti reti logiche IP, rappresenta un "single point of failure" ed è opportuno quindi inserire un router di standby.

Nel caso in cui la rete abbia un piano di indirizzamento ben strutturato, in cui, per esempio, si assegna una rete logica per ogni piano dell'edificio e gli switch di piano sono collegati a uno switch layer 3, l'utilizzo di VLAN non si rende necessario e nelle nuove installazioni può quindi essere evitato.

Infine bisogna considerare anche il fatto che quando si parla di guasti in genere si pensa alle dorsali, ma ci possono essere problemi anche con il server, che può essere connesso a uno switch che si può guastare.

Una soluzione che offre massimo livello di fault tolerance dovrebbe prevedere anche la presenza di due switch layer due cui connettere, con collegamenti doppi, i server. Questa soluzione è adatta solo per nuove installazioni, perché richiede la riconfigurazione di tutte le macchine.



In conclusione, abbiamo visto come l'implementazione della tecnica switch abbia tolto il token dalle reti Token Ring, mentre il full duplex ha eliminato i problemi di collisione su Ethernet.

Il livello Mac è quindi di fatto sparito e l'unica differenziazione si ha sulla forma del pacchetto e sull'algoritmo d'indirizzamento che può essere lo spanning tree o il source routing. Adesso l'implementazione dello spanning tree avviene per lo più su reti Ethernet. In realtà sarebbe possibile anche il suo uso su reti Token Ring, ma su queste si preferisce in genere il source routing che è più sicuro e affidabile e con più bassi tempi di ripristino.

Le due tipologie di rete tendono quindi ad assomigliarsi molto, mentre altri elementi legati al mercato si fanno sentire di più nel condizionamento delle scelte strategiche e tecnologiche.

BIBLIOGRAFIA

Rivista Linea EDP edita dal gruppo AGEPE

Rivista Network News edita dal gruppo Jackson