



Dipartimento di Scienze Economiche, Matematiche e Statistiche

Università degli Studi di Foggia

**Resilient Packet Ring: una tecnologia per il
futuro delle Reti Metropolitane**

Crescenzo Gallo e Concetta Santoro

Quaderno n. 10/2007

“Esemplare fuori commercio per il deposito legale agli effetti della legge 15 aprile 2004 n. 106”

Quaderno riprodotto al
Dipartimento di Scienze Economiche, Matematiche e Statistiche
nel mese di luglio 2007 e
depositato ai sensi di legge

Authors only are responsible for the content of this preprint.

Dipartimento di Scienze Economiche, Matematiche e Statistiche, Largo Papa Giovanni Paolo II, 1,
71100 Foggia (Italy), Phone +39 0881-75.37.30, Fax +39 0881-77.56.16

Resilient Packet Ring: una tecnologia per il futuro delle Reti Metropolitane

Crescenzo Gallo *

c.gallo@unifg.it

Concetta Santoro †

t.santoro@unifg.it

Sommario

Il rapido aumento del volume di traffico nelle reti metropolitane sta sfidando i limiti di capacità delle esistenti infrastrutture di trasporto basate su tecnologie *circuit-oriented* quali SONET e ATM. Le inefficienze associate al trasporto di crescenti quantità di traffico dati su reti *circuit-switched* ottimizzate per la voce rende difficile fornire nuovi servizi ed incrementa il costo dell'aggiunta di capacità oltre i limiti della maggior parte dei carrier.

In questo articolo viene esaminata la tecnologia di trasporto *packet-based* RPR (Resilient Packet Ring), una solida alternativa per adattare le reti metropolitane alle crescenti richieste.

JEL classification: C69, C93.

Keywords: Metropolitan Area Network, Resilient Packet Ring.

*Dip.to di Scienze Economiche, Matematiche e Statistiche - Università di Foggia

†Centro Sistemi Informativi - Università di Foggia

Indice

1	Introduzione	4
2	Ethernet nelle reti metropolitane	4
3	Le limitazioni di SONET ed Ethernet nelle reti metro	6
3.1	SONET	6
3.2	Ethernet	8
4	L'architettura Resilient Packet Ring	9
5	Le caratteristiche di RPR	10
5.1	L'architettura a pacchetto ADM	10
5.2	La versatilità dello strato fisico	10
5.3	Resilienza	11
5.4	Equidistribuzione della banda	13
5.5	Broadcast o Traffico Multicast	16
5.6	Fornitura di servizi semplificati	17
6	Applicazione dei Packet Ring	18
7	Lo standard Packet Ring nell'IEEE 802.17	19
8	Considerazioni finali	20
	Bibliografia	21

Elenco delle figure

1	Packet Ring: evoluzione del trasporto packet-based	5
2	SONET Accesso con reti completamente a maglia	7
3	Topologia Ethernet su anello - diagramma logico	8
4	Switch Ethernet connessi da link point-to-point accodano e schedulano il traffico in ciascun nodo	11

5	I dispositivi RPR agiscono come ADM a pacchetto connessi ad un mezzo condiviso	12
6	Un Packet Ring bidirezionale	13
7	Recovery da un'interruzione della fibra	14
8	Equidistribuzione globale dell'ampiezza di banda.	15
9	SONET rispetto al Multicast Packet Ring.	16
10	Una soluzione Packet Ring di accesso/aggregazione metro.	18

1 Introduzione

Una importante tendenza nella progettazione delle reti è la migrazione di tecnologie basate su pacchetti dalle LAN (Local Area Network) alle MAN (Metropolitan Area Network). Il rapido aumento del volume di traffico nelle reti metropolitane sta sfidando i limiti di capacità delle esistenti infrastrutture di trasporto basate su tecnologie *circuit-oriented* quali SONET e ATM. Le inefficienze associate al trasporto di crescenti quantità di traffico dati su reti *circuit-switched* ottimizzate per la voce rende difficile fornire nuovi servizi ed incrementa il costo dell'aggiunta di capacità oltre i limiti della maggior parte dei carrier. La tecnologia di trasporto *packet-based* è considerata da molti essere l'unica alternativa per adattare le reti metropolitane alle crescenti richieste.

2 Ethernet nelle reti metropolitane

Detto semplicemente, un servizio Ethernet è qualsiasi servizio dati offerto per mezzo di un'interfaccia Ethernet (porta Ethernet da 10/100/1000 Mbps). Una differenza chiave tra i servizi Ethernet e i tradizionali servizi dati come le linee affittate, il Frame Relay o l'ATM e la scalabilità nell'interfaccia del servizio.

Con i servizi dati tradizionali, i requisiti dell'interfaccia fisica variano con la velocità del servizio. In tal modo l'hardware richiesto per un servizio T1 è del tutto differente da quello richiesto per servizi DS-3 o OC-3.

Con il servizio Ethernet, invece, un fornitore di servizi può assegnare una porta fast Ethernet o Giga Ethernet ad un utente e aggiornarla successivamente senza ulteriori aggiunte oltre l'installazione iniziale. L'ampiezza di banda e altre modifiche al servizio possono essere amministrare in remoto, semplificando e accelerando l'erogazione dei servizi.

I servizi Ethernet sono ampiamente visti come un'offerta che mantiene la promessa di una rapida accettazione nel mercato. Resta la questione di quale infrastruttura possa efficacemente scalare per soddisfare la domanda.

Ethernet è evoluta negli ultimi 25 anni da 10 mbps a 100 mbps a 1 Gbps e ora a 10 Gbps. Questi e altri cambiamenti adottati dall'IEEE fanno ora emergere la tecnologia Optical Gigabit Ethernet (capace di supportare fibre oltre gli 80 km) come una valida alternativa per il trasporto dati nelle reti pubbliche. Dato che

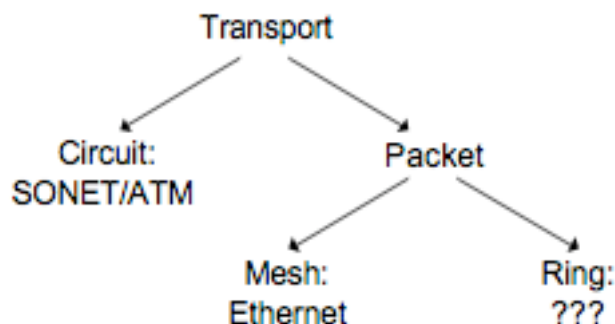


Figura 1: Packet Ring: evoluzione del trasporto packet-based

quasi tutti i pacchetti iniziano e terminano il loro tragitto attraverso Internet come Frame Ethernet, il trasporto dei dati in un formato consistente dei pacchetti dall'inizio alla fine attraverso l'intero percorso di trasporto elimina la necessità di strati aggiuntivi di protocollo e di sincronizzazioni che risultano in costi e complessità extra. In aggiunta alla gestione efficiente dei pacchetti IP, Ethernet ha i vantaggi della familiarità, semplicità e basso costo.

Gigabit Ethernet, comunque, è solamente il primo passo nell'evoluzione del trasporto basato sui pacchetti nella MAN. Sebbene ben adatta per topologie point-to-point e di rete a maglia, è difficile impiegare Ethernet in configurazioni ad anello e come un mezzo condiviso. Gli anelli si comportano come un mezzo condiviso e necessitano di meccanismi MAC ¹ per gestire l'accesso attraverso utenti multipli. Ethernet è evoluta per supportare infrastrutture switched full duplex e manca di questo MAC. Tuttavia la maggior parte delle esistenti installazioni di fibre nelle aree metropolitane è ad anello, perchè la principale tecnologia di trasporto (SONET) viene tipicamente impiegata su anelli in fibra.

Le topologie ad anello consentono a SONET di implementare anche un veloce (<50ms) meccanismo di protezione che può ripristinare la connettività utilizzando un percorso alternativo nell'anello in caso di interruzione nelle fibre o guasti nelle apparecchiature. Diversamente da SONET, Ethernet non possiede un meccanismo di protezione rapida incorporato. Vi sono, perciò grandi benefici in una nuova tecnologia che può far pieno uso degli anelli in fibra (in particolare la Re-

¹Media Access Control

silenza dell'anello) pur mantenendo tutti gli insiti vantaggi di un meccanismo di trasporto packet based come Ethernet. La soluzione emergente per le applicazioni di trasporto dati metropolitane è la tecnologia Resilient Packet Ring (RPR). Essa offre due caratteristiche chiave che sono state sin qui esclusiva di SONET: efficiente supporto alla tecnologia ad anello e rapido ripristino in caso di interruzione delle fibre e guasti nei collegamenti. Nello stesso tempo, la tecnologia Packet Ring può fornire efficienza nei dati, semplicità e vantaggi di costo che sono tipiche di Ethernet. In aggiunta RPR risolve problemi come il controllo di congestione che non sono sin qui stati affrontati dalle tecnologie utilizzate. Parecchi vendor stanno già sviluppando e introducendo tecnologie RPR per indirizzare questo mercato emergente. Questo capitolo introduce il networking RPR, ne spiega i vantaggi nell'ambiente metropolitano e fornisce alcuni esempi che illustrano le applicazioni che possono fare il miglior uso della tecnologia Packet Ring.

3 Le limitazioni di SONET ed Ethernet nelle reti metro

3.1 SONET

La maggior parte delle fibre nelle aree metropolitane è stesa anello. La topologia ad anello è la naturale implementazione per le reti TDM basate su SONET, che costituiscono la gran parte delle attuali infrastrutture di rete metropolitana. Tuttavia ci sono dei ben noti svantaggi nell'uso di SONET per il trasporto del traffico dei dati (o soluzioni di dati SONET point-to-point, come Packet Over SONET [POS]). SONET è stata progettata per applicazioni point-to-point a commutazione di circuito (ad es., traffico voce) la maggior parte delle limitazioni provengono da queste origini. Di seguito sono illustrati alcuni degli svantaggi nell'uso di anelli di SONET per il trasporto di dati.

- *Circuiti fissi.* SONET fornisce circuiti point-to-point tra i nodi dell'anello. A ciascun circuito è assegnata una quantità prefissata di ampiezza di banda che viene sprecata quando non utilizzata. Per quanto riguarda la rete SONET illustrata nella parte sinistra di fig.2, a ciascun nodo è allocato solo un quarto dell'ampiezza di banda totale dell'anello (ad es., un OC3 su ciascuno

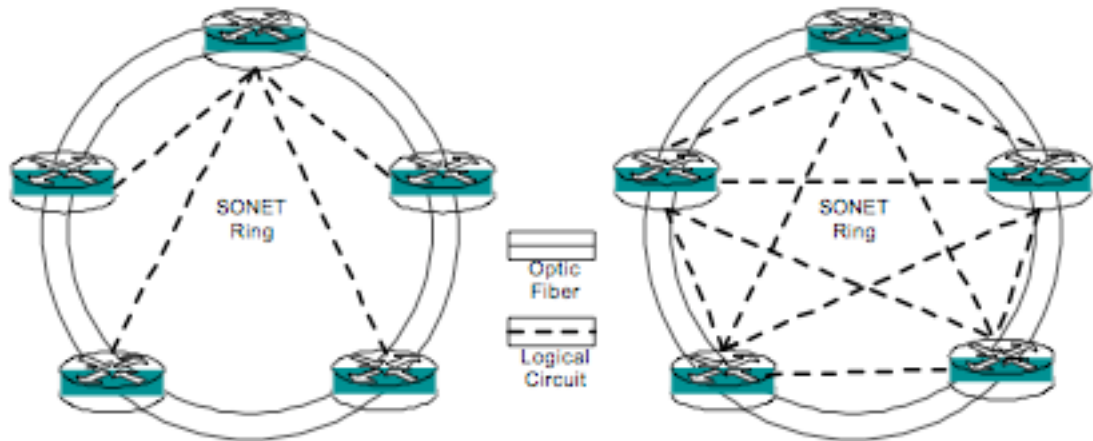


Figura 2: SONET Accesso con reti completamente a maglia

nodo in un anello OC12). Tale assegnazione fissa di banda pone un limite al massimo data transfer rate di picco per il traffico tra endpoint. Questo è uno svantaggio per il traffico dati che è intrinsecamente soggetto a picchi.

- *Spreco di ampiezza di banda per la magliatura.* Se il progetto di rete richiede una magliatura logica (cfr. parte destra di fig.2, il progettista della rete deve dividere l'ampiezza di banda OC12 dell'anello in 10 circuiti. La realizzazione dei circuiti necessari alla creazione di una maglia logica su un anello SONET è non solo difficile ma comporta anche un utilizzo estremamente inefficiente dell'ampiezza di banda dell'anello. All'aumentare del traffico dati della rete metropolitana, una rete interamente magliata che sia facile da realizzare, gestire e aggiornare sta diventando un importante requisito.
- *Traffico multicast.* In un anello SONET, il traffico multicast richiede che per ciascuna sorgente sia assegnato un circuito separato per ciascuna destinazione. Una copia separata dei pacchetti è inviata a ciascuna destinazione. Il risultato è che molteplici copie di pacchetti multicast viaggiano intorno all'anello, con uno spreco di ampiezza di banda.
- *Spreco di ampiezza di banda protetta.* Tipicamente il 50% dell'ampiezza di banda dell'anello è riservata alla protezione. Mentre la protezione è

ovviamente importante SONET non raggiunge questo obiettivo in modo efficiente, tale da fornire al provider di scegliere quanta ampiezza di banda riservare alla protezione.

3.2 Ethernet

E che dire di Ethernet su un anello? Ethernet fa un uso efficiente della ampiezza di banda disponibile per il traffico dati, ed offre una soluzione ben più semplice ed economica. Tuttavia, poiché Ethernet è ottimizzata per le topologie point-to-point o a maglia, non lo è nella topologia ad anello.

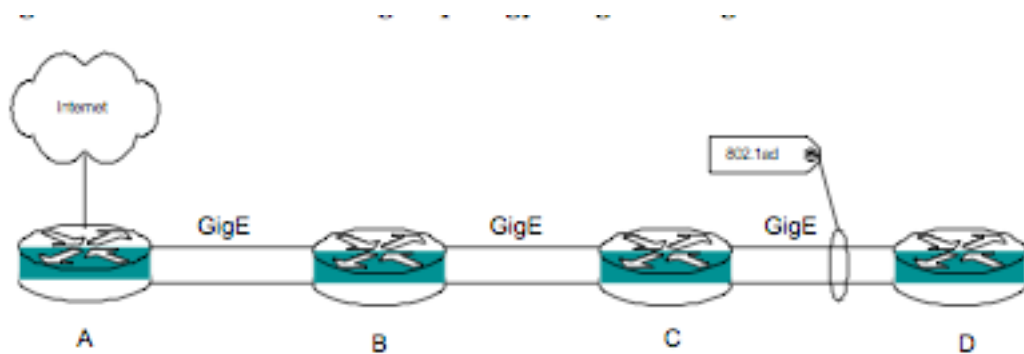


Figura 3: Topologia Ethernet su anello - diagramma logico

Diversamente da SONET, Ethernet non permette di sfruttare i vantaggi di una topologia ad anello per implementare un meccanismo di protezione rapido. Generalmente Ethernet conta sul protocollo spanning tree per eliminare tutti i loop da una rete commutata. Anche se il protocollo spanning tree può essere utilizzato per ottenere la ridondanza del percorso, esso recupera in maniera relativamente lenta un'interruzione di fibra dato che il meccanismo di recovery richiede la propagazione seriale della condizione di failure a ciascun nodo soprastante. L'aggregazione di link (802.1ad) può fornire una soluzione di affidabilità a livello di collegamento, ma è relativamente lenta (~500ms contro ~50ms) e non appropriata per fornire una protezione a livello di percorso.

Ethernet è anche poco adatta per l'implementazione di adeguate politiche globali per condividere l'ampiezza di banda dell'anello. Gli switch Ethernet possono

fornire una corretta gestione a livello link, ma ciò non si traduce necessariamente o facilmente in un'adeguata gestione a livello globale. Come descritto in dettaglio successivamente, un metodo più semplice ed efficiente deriva dal trarre vantaggio dalla topologia ad anello per creare un'adeguata politica globale.

4 L'architettura Resilient Packet Ring

Come abbiamo visto, né SONET né Ethernet sono ideali per la gestione di traffico dati su una rete ad anello. SONET trae vantaggio dalla topologia ad anello, ma non gestisce in maniera efficiente il traffico dati, sprecando ampiezza di banda dell'anello. Ethernet, anche se naturalmente adatta per il traffico dati, è di fatto difficile da implementare su un anello e non ne sfrutta al meglio le capacità.

Resilient Packet Ring è un'architettura e tecnologia di rete emergente progettata per soddisfare i requisiti di una rete metropolitana a pacchetto. Differentemente dalle architetture correnti basate su switch Ethernet o ADM² SONET, RPR affronta il problema del collo di bottiglia della MAN con un approccio pulito.

Negli ultimi anni si sono diffusi anelli in fibra nella maggior parte delle aree metropolitane. La sfida consiste nello sfruttare la capacità latente disponibile in questi anelli in fibra per ricavarne quanti più servizi possibili.

Questo problema della gestione efficace di una risorsa condivisa (in questo caso l'anello in fibra è la risorsa che deve essere condivisa da migliaia di utenti in un'area metropolitana) è risolto in maniera più efficiente al livello MAC dello stack dei protocolli. RPR (IEEE 802.17) sarà un nuovo protocollo MAC progettato per reti metropolitane ad anello in fibra ottica.

Con la creazione di un protocollo MAC per reti ad anello, RPR tenta di trovare una soluzione radicale al problema dei colli di bottiglia di una MAN. Altre soluzioni tentano di apportare cambiamenti implementali ai prodotti esistenti ma non affrontano il problema di base e sono quindi inefficienti. Né gli ADM SONET né gli switch Ethernet affrontano la necessità di uno strato MAC progettato per l'ambiente MAN. SONET impiega tecniche Layer 1 (connessioni point-to-point) per gestire la capacità su un anello. Gli switch Ethernet si basano sul bridging Ethernet o sul routing IP per la gestione dell'ampiezza di banda. Conseguente-

²Add-drop multiplexer

mente, la rete è o sottoutilizzata nel caso di SONET o non deterministica nel caso di switch Ethernet.

5 Le caratteristiche di RPR

RPR ha parecchie caratteristiche uniche che ne fanno una piattaforma ideale per l'erogazione dei servizi dati in reti metropolitane.

5.1 L'architettura a pacchetto ADM

E' interessante confrontare l'architettura a pacchetto ADM dei dispositivi RPR con l'architettura a commutazione di pacchetto degli switch Ethernet. Come mostrato in 4, una rete metropolitana realizzata con switch Ethernet consiste di nodi connessi da collegamenti point-to-point. Il traffico di rete viene accodato e schedato ad ogni nodo intermedio tra il sorgente e la destinazione: questo crea problemi di scalabilità. Ciascun nodo ora deve processare traffico che proviene dalla rete alla velocità della linea. La tecnologia di elaborazione dei pacchetti in ciascun nodo deve essere in grado di gestire le velocità più basse di 1 Gbps o 2.5 Gbps; ma quando la rete scala a 10 Gbps e oltre, quest'approccio fallisce.

5.2 La versatilità dello strato fisico

Lo standard RPR crea solo un nuovo protocollo MAC progettato per le topologie ad anello; questo ha il vantaggio di lasciare aperto il Layer 1. Quindi, le topologie Packet Ring saranno compatibili con gli standard al livello fisico Ethernet, SONET, DWDM.

I dispositivi RPR d'altro canto implementano il concetto di un percorso di transito. In ciascun nodo, il traffico che non è destinato al nodo semplicemente lo attraversa; esso non viene accodato e schedato. Come mostrato in 5, l'entità MAC su ciascun nodo esegue tre funzioni "add" per l'inserimento del traffico utente dal nodo, "drop" o rimozione del traffico destinato ad un utente sul nodo e "pass" o trasferimento diretto del traffico di transito da un link di rete ad un altro. Il percorso di transito viene effettivamente a far parte del mezzo di trasmissione e fa comportare l'anello RPR come un mezzo continuo condiviso da tutti i nodi RPR.

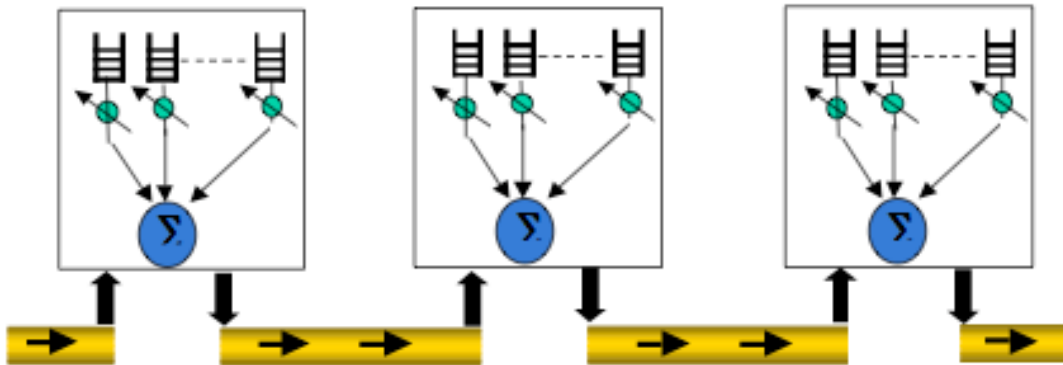


Figura 4: Switch Ethernet connessi da link point-to-point accodano e schedulano il traffico in ciascun nodo

Poichè un nodo ADM a pacchetto non elabora il traffico di transito, l'architettura ADM a pacchetto può scalare più facilmente verso più alte velocità di trasmissione dati.

Il vantaggio basilare di un Packet Ring è che ciascun nodo può assumere che un pacchetto inviato sull'anello raggiungerà alla fine il suo nodo di destinazione indipendentemente dal percorso effettuato sull'anello. Poichè i nodi fanno di essere su un anello, solo tre azioni base di manipolazione di pacchetti sono necessarie: inserimento (aggiunta di un pacchetto nell'anello), inoltra (invio di un pacchetto al nodo successivo) e rimozione (eliminazione del pacchetto dall'anello). Ciò riduce la quantità di lavoro individuale che i nodi devono effettuare per comunicare tra di loro, specialmente se confrontato con reti magliate dove ciascun nodo deve prendere una decisione di inoltra su quale porta di uscita utilizzare per ciascun pacchetto.

5.3 Resilienza

Un Packet Ring possiede il vantaggio di una resilienza naturale. Nel caso Ethernet, questo può essere ottenuto utilizzando un protocollo spanning tree. Questo meccanismo di recupero è relativamente lento; il file-over dell'anello è spesso descritto come "autocompensazione" o "recovery automatico". In pratica, i sistemi di trasporto ad anello hanno raggiunto in maniera affidabile periodi di file-over

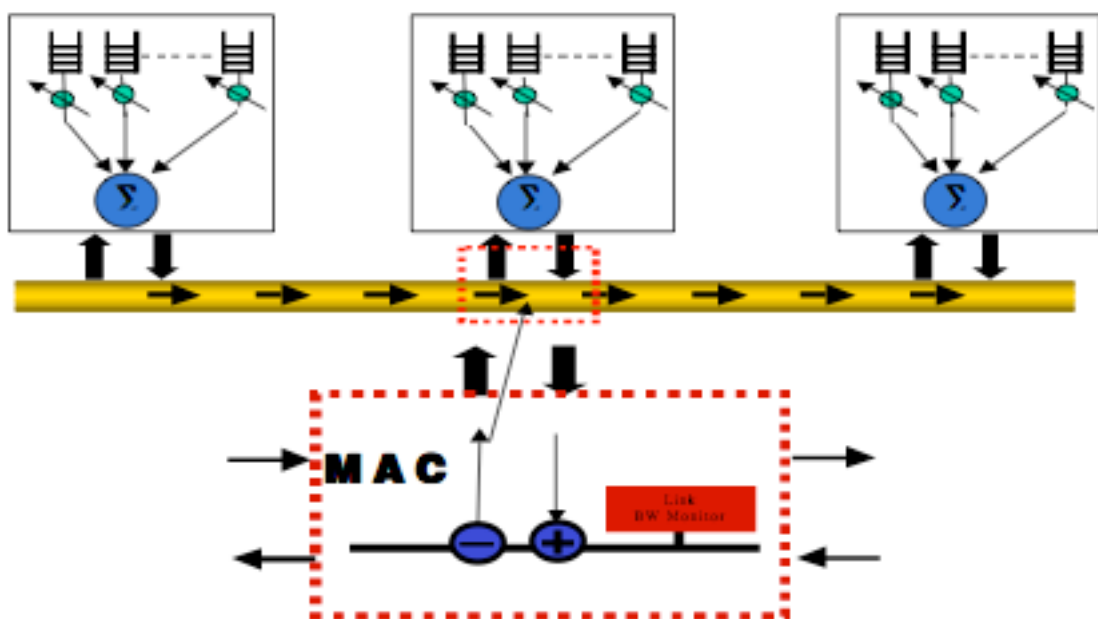


Figura 5: I dispositivi RPR agiscono come ADM a pacchetto connessi ad un mezzo condiviso

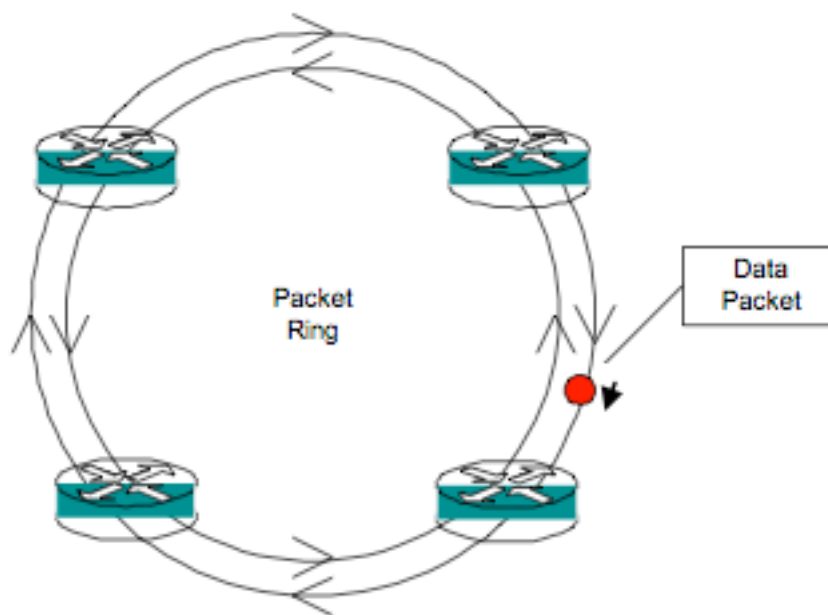


Figura 6: Un Packet Ring bidirezionale

inferiori a 50ms. Un protocollo Packet Ring può iniziare un “ring wrap” nei nodi vicini all’interruzione (vedi 7) o un reinoltro dei pacchetti facendo ridirigere i pacchetti al nodo emittente. In entrambi i casi, il traffico può raggiungere la destinazione originaria attraversando l’anello nella direzione opposta nel caso di una interruzione nella fibra.

5.4 Equidistribuzione della banda

I Packet Ring hanno anche un intrinseco vantaggio per l’implementazione di algoritmi di equidistribuzione per regolare l’uso dell’ampiezza di banda. L’ampiezza di banda dell’anello è una risorsa condivisa ed è vulnerabile ed è soggetta ad eccessi da parte dei singoli utenti o nodi della rete. Un algoritmo di equidistribuzione (*fairness*) è un meccanismo che dà a ciascun utente sull’anello un’equa porzione dell’ampiezza di banda disponibile, idealmente senza obbligo di fornire un circuito. Un algoritmo di equidistribuzione a livello di anello può e dovrebbe allocare l’ampiezza di banda come una risorsa globale. Le politiche di ampiezza di banda che possono consentirne il massimo utilizzo tra due nodi qualsiasi in assenza di

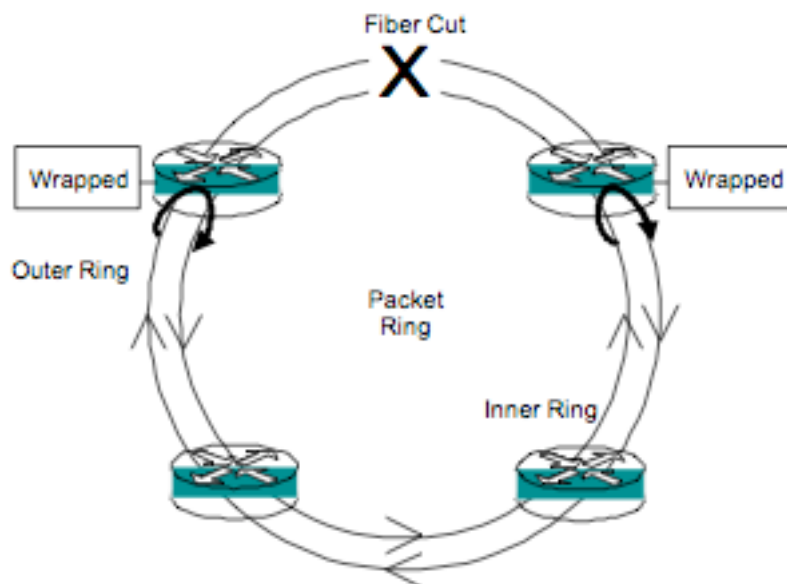


Figura 7: Recovery da un'interruzione della fibra

congestione possono essere implementate senza la rigidità di un sistema a circuito fisso come SONET ma con maggior efficacia rispetto a Ethernet point-to-point.

SONET inoltre implementa circuiti point-to-point che assegnano e riservano una porzione fissa di ampiezza di banda per ciascuna connessione, ma il problema è la mancanza di flessibilità. L'aggiunta o la sottrazione di ampiezza di banda richiede una configurazione manuale di nuovi circuiti e la disponibilità di tali circuiti spreca ampiezza di banda.

In una rete con i modelli di traffico dinamicamente variabili (tipico di alcune reti Packet), l'unica strada per ottimizzare l'utilizzo della rete senza scartare il traffico è avere un meccanismo di ritorno sviluppato nella rete. Il meccanismo di feedback informa le sorgenti di traffico della capacità disponibile sulla rete, in modo che possano adattare la velocità a cui esse immettono traffico sulla rete.

L'entità MAC su ciascun nodo, controlla l'utilizzo dei collegamenti più vicini, e rende tali informazioni disponibili a tutti i nodi dell'anello. Ogni nodo può allora introdurre più dati o rallentare. Questo uso efficiente della larghezza di banda permette agli anelli RPR di scalare oltre il 95% della loro capacità totale.

Gli switch Ethernet o gli ADM SONET non hanno alcuna capacità di ampiezza di banda e non possono quindi massimizzare l'utilizzo della rete.

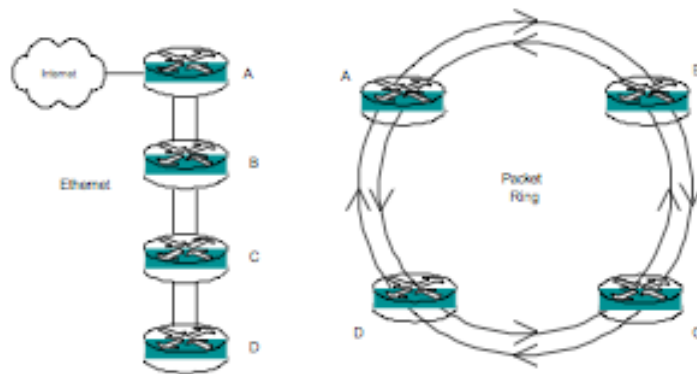


Figura 8: Equidistribuzione globale dell'ampiezza di banda.

Nella catena di switch a sinistra possiamo osservare che il nodo D è vulnerabile alle tipologie di utilizzo della banda dei nodi A, B e C. Gli switch Ethernet tipicamente assegnano banda di uscita equamente tra tutte le porte di ingresso. Se ciascun nodo ad esempio tenta di inviare 2 Gbps di traffico verso Internet tra le 8:00 e le 12:00, il nodo A potrà inviare 1 Gbps, il nodo B potrà inviare 500 Mbps e i nodi C e D potranno inviare solamente 250 Mbps ciascuno. Al crescere del numero di nodi della catena la diseguaglianza di banda tra gli switch Ethernet per i nodi inferiori della catena diviene sempre più evidente.

Una soluzione è quella di implementare limiti di banda a livello di link su ciascun nodo: per es., il traffico in ingresso a ciascuno switch potrebbe essere limitato a 500 Mbps. Ma politiche che limitino la velocità a livello di link non si traducono in una equidistribuzione globale e creano problemi di fornitura ed efficienza per il traffico dati best effort simili ai circuiti SONET: se alle 4:00 nessun altro sta utilizzando banda, non è necessario limitare il traffico del nodo D a 500 Mbps.

Nel Packet Ring a destra, è molto più facile implementare una “global fairness policy”, poichè il Packet Ring implementa tali politiche al livello dell’intero anello e non dei singoli collegamenti. Il service provider può impostare regole che governano la velocità alla quale i pacchetti vengono inoltrati dai nodi sopra o sottostanti in relazione ai pacchetti originati dal nodo. In tal modo se la banda dell’anello non è utilizzata, il nodo D è libero di emettere quanti pacchetti desidera. D’altro canto se i nodi A-C utilizzano ciascuno 100 Mbps, un Packet Ring può automaticamente limitare la quantità di pacchetti per D controllando la relazione source/forward.

5.5 Broadcast o Traffico Multicast

I Packet Ring si adattano naturalmente al traffico broadcast e multicast. Come in precedenza esposto in dettaglio, per il traffico unicast i nodi di un Packet Ring in genere possono scegliere di rimuovere o inoltrare i pacchetti. Tuttavia, per un multicast i nodi possono semplicemente ricevere il pacchetto e inoltrarlo finchè il nodo sorgente rimuove il pacchetto. Ciò rende possibile effettuare il multicast o il broadcast di un pacchetto inviandone una sola copia sull’anello.

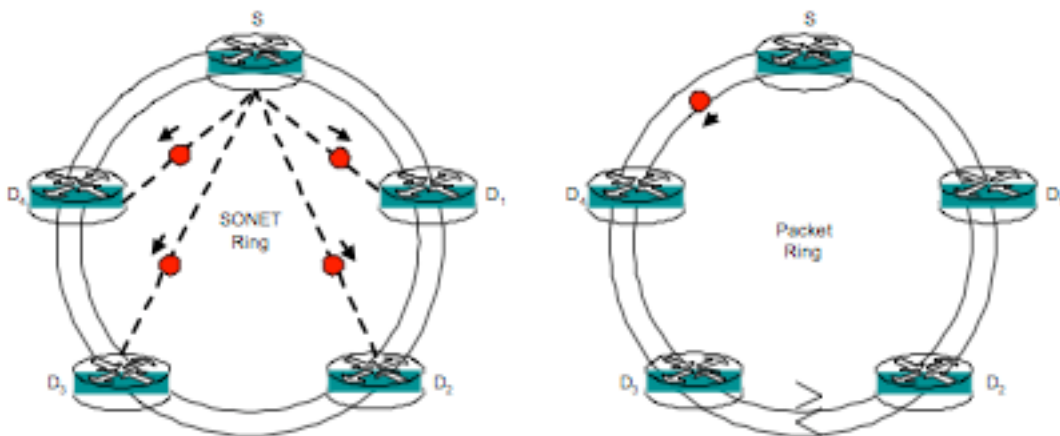


Figura 9: SONET rispetto al Multicast Packet Ring.

In questo esempio, Il nodo sorgente S desidera trasmettere in broadcast un pacchetto ai nodi di destinazione D1–D4. Usando una rete POS, S deve replicare il pacchetto e spedirne una copia separata a ciascun circuito attivato. In un Packet Ring, il nodo sorgente S trasmette semplicemente un singolo pacchetto sull'anello che viene a sua volta ricevuto da ciascuno dei nodi D e rispedito. Il Packet Ring, in questo esempio, usa un quarto dell'ampiezza di banda come l'anello SONET per lo stesso multicast

5.6 Fornitura di servizi semplificati

Un frequente reclamo degli utenti di servizi dati è che i carrier ritardano troppo la fornitura dei servizi. Tempi di attivazione dell'ordine da sei settimane a sei mesi per i servizi DS1 e DS3 sono abbastanza frequenti, con i servizi OC3 e superiori con tempi di attivazione anche maggiori.

Una significativa parte di questo ritardo nell'attivazione del servizio può essere attribuita alla sottostante infrastruttura SONET e al suo modello a circuito. La creazione di un circuito end-to-end può comportare più fasi. Primo, l'operatore di rete identifica i punti finali fisici del circuito per il sistema di gestione. L'operatore deve quindi configurare ciascun nodo all'interno dell'anello per tutte le necessarie connessioni *pass-through* e *add-drop*: tale operazione è lunga e laboriosa.

I moderni sistemi SONET automatizzano alcuni dei suddetti passi, ma l'operatore di rete deve ancora ingegnerizzare manualmente il traffico per ottimizzare l'utilizzo di banda sull'anello. L'operatore deve essere a conoscenza della topologia di rete, della distribuzione di traffico sull'anello e della banda disponibile su ciascun collegamento attraversato dal circuito.

La fornitura di servizi su una rete di switch Ethernet è leggermente migliore poiché essi non necessitano di circuiti attraverso ciascun nodo. La fornitura, comunque, avviene ancora un nodo alla volta. In aggiunta, se i fornitori desiderano erogare SLA sulla rete, l'operatore deve ancora ingegnerizzare manualmente il traffico.

Un sistema RPR, invece, offre un modello di servizi estremamente semplificato. In un sistema RPR, l'anello funziona come un mezzo condiviso: tutti i nodi sull'anello condividono l'ampiezza di banda del Packet Ring. A ciascun nodo è

visibile la capacità disponibile sull'anello; fornire un nuovo servizio è quindi di gran lunga più semplice. Non vi è alcuna necessità di pianificare la capacità, di ingegnerizzare e di effettuare la fornitura nodo per nodo e collegamento per collegamento. L'operatore di rete identifica semplicemente un flusso di traffico e ne specifica la qualità del servizio attraverso l'anello.

6 Applicazione dei Packet Ring

I Packet Ring soddisfano la necessità di molti tipi di servizi nell'area metropolitana. Un Packet Ring è utile là dove necessita il trasporto dati su un anello in fibra.

Esaminiamo prima una soluzione di accesso/aggregazione metropolitana che potrebbe essere usata da un fornitore di servizi o, in forma modificata, da un carrier broadband/ADSL. Tali carrier hanno la tipica necessità di fornire servizi di trasporto dati preferibilmente senza l'overhead SONET. La tecnologia Packet Ring si adatta perfettamente a queste necessità.

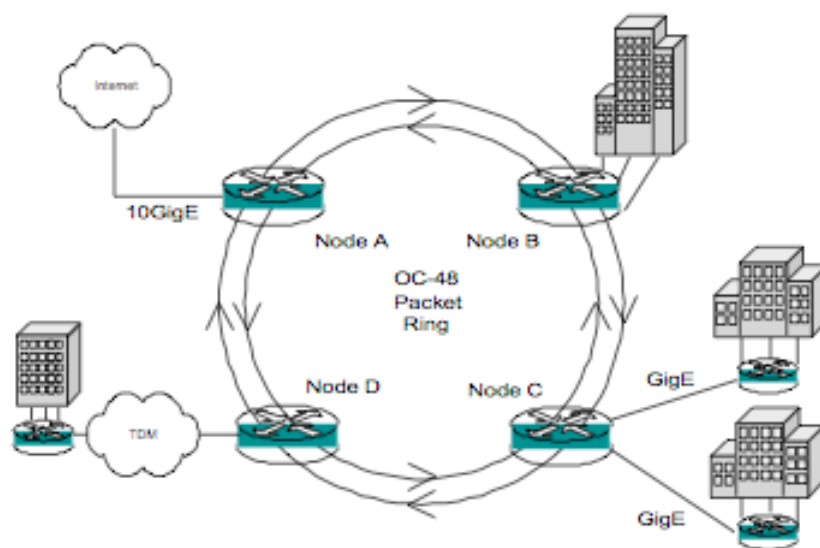


Figura 10: Una soluzione Packet Ring di accesso/aggregazione metro.

In questa soluzione, un singolo Packet Ring serve le necessità di più edifici in un'area metropolitana (in fig.10 sono illustrati solo tre edifici, ma in pratica un singolo anello sarà capace di supportare dozzine di nodi). Questa soluzione possiede parecchie interessanti caratteristiche:

1. Il Resilient Packet Ring al centro di questa soluzione consentirà al fornitore l'erogazione di ampiezza di banda realmente protetta agli utenti finali, con una promessa di fail-over <50 ms.
2. Gli algoritmi di *fairness* interni al Resilient Packet Ring eviteranno che un qualsiasi nodo dell'anello possa "bloccare" gli altri nodi o imporre ritardi eccessivi.
3. Dispositivi RPR di forma contenuta significheranno apparecchiature facilmente installabili negli esistenti spazi già configurati; in generale, piccoli dispositivi comporteranno anche una soluzione Packet Ring meno costosa.
4. La soluzione illustrata dimostra una salutare integrazione delle tecnologie Ethernet e Packet Ring. Ethernet è utilizzata qui per l'accesso e l'uplink, sia a 10/100 Mbps (nodo B) che Gigabit (nodo C) e 10 Gigabit (nodo A).

7 Lo standard Packet Ring nell'IEEE 802.17

Il gruppo di lavoro IEEE 802.17 RPR ha sviluppato uno standard che definisce un protocollo di accesso Resilient Packet Ring da utilizzare nelle reti locali, metropolitane e geografiche. Il gruppo di lavoro 802.17 è stato istituito nel dicembre 2000; oltre 200 persone provenienti da più di 90 compagnie vi hanno partecipato.

Alcuni degli obiettivi del gruppo di lavoro 802.17 erano:

1. supporto per la topologia "dual counter rotating ring";
2. piena compatibilità con le architetture IEEE 802, 802.1D, 802.1Q e 802.1f;
3. meccanismo di protezione con fail-over inferiore a 50ms;
4. possibilità di rimozione dei pacchetti alla destinazione;
5. adozione dell'esistente mezzo a livello fisico per evitare rischi tecnici.

L'alleanza RPR supporta lo sforzo 802.17, ed è costituita da un gruppo di compagnie che cooperano per la promozione dello standard Resilient Packet Ring e l'interoperabilità multi-vendor.

8 Considerazioni finali

Con tutti i confronti fatti tra switch Ethernet e ADM SONET, si potrebbe credere che lo standard RPR intenda competere con due tecnologie ben consolidate e testate da tempo. In realtà RPR è complementare sia a SONET che a Ethernet. Entrambe sono eccellenti tecnologie Layer 1: mentre SONET è stata progettata come una tecnologia Layer 1, Ethernet (attraverso le sue varie incarnazioni) si è trasformata dall'architettura di rete a bus condiviso CSMA/CD ad una architettura di rete commutata full duplex, point-to-point. La maggior parte delle innovazioni in Ethernet si sono concentrate sul suo strato fisico, con l'aumento della velocità alla quale opera. Lo strato MAC è rimasto sostanzialmente immutato ed è praticamente irrilevante; la porzione dello strato MAC che continua a prosperare è il formato del Frame MAC.

RPR è un protocollo MAC e opera al Layer 2 dello stack OSI. RPR per progetto ignora il Layer 1, il che significa che può "girare" sia su SONET che su Ethernet. RPR consente di costruire reti metropolitane più scalabili ed efficienti mediante gli strati fisici SONET o Ethernet.

Gli anelli in fibra sono estremamente comuni nell'ambiente metropolitano ed anche in altri ambienti di rete. E' maturo il tempo per una tecnologia di trasporto che da un lato tragga il massimo del potenziale dalle reti ad anello e che sia anche facile da integrare con le attuali tecnologie Ethernet e SONET. Il MAC RPR insieme al livello fisico Ethernet o SONET offre un approccio standardizzato alla realizzazione di reti metropolitane altamente efficienti.

Riferimenti bibliografici

- [1] D.E. Comer, *Internetworking with TCP/IP Volume I: Principles, Protocols, and Architectures*. Prentice Hall International (1991).
- [2] D.E. Comer, D.L. Stevens *Internetworking with TCP/IP Volume II*. Prentice Hall International (1991).
- [3] M.T. Rose, *The Open Book: A Practical Perspective on OSI*. Prentice Hall (1990).
- [4] Tanenbaum, *Reti di Computer*. Prentice Hall International - UTET (1997).
- [5] S. Gai, P.L. Montessoro, P. Nicoletti, *Reti locali: dal cablaggio all'internetworking*. SSGRR, L'Aquila (1997).
- [6] R. Adinolfi, *Reti di Computer*. McGraw Hill (1994).
- [7] A. Pattavina, *Reti di telecomunicazione*. McGraw Hill.
- [8] J. Kurose, K.W. Ross, *Computer Networking*, II Ed. Addison Wesley
- [9] M. Baldi, P. Nicoletti, *Switched LAN*. McGraw Hill (2002)
- [10] C. Huitema, *Routing in the Internet*. Prentice Hall (1995)
- [11] D. Bertsekas, R. Gallager, *Data Networks*, II Ed. Prentice Hall (1991)
- [12] W. R. Stevens, *TCP/IP Illustrated - Volume 1: The Protocols*. Addison-Wesley (1994)
- [13] M. Baldi, P. Nicoletti, *Internetworking*, II Ed. McGraw Hill (2004)
- [14] C. Hunt, *TCP/IP Network Administration*. O'Reilly & Associates, ISBN 0-937175-82-X.
- [15] D. Russell, G.T. Gangemi Sr., *Computer Security Basics*. O'Reilly & Associates, ISBN 0-937175-71-4.
- [16] D.B. Chapman, E.D. Zwicky, *Building Internet Firewalls*. O'Reilly & Associates, ISBN 1-56592-124-0.

- [17] C. Liu, J. Peek, R. Jones, *Managing Internet Information Services*. O'Reilly & Associates, ISBN 1-56592-062-7.
- [18] A. Frisch, *Essential System Administration*. O'Reilly & Associates, ISBN 0-937175-80-3.
- [19] P. Albitz, C. Liu, *DNS and BIND*. O'Reilly & Associates, ISBN 0-56592-010-4.
- [20] M. Loukides, *System Performance Tuning*. O'Reilly & Associates, ISBN 0-937175-60-9.
- [21] E. Krol, *Internet*. Jackson Libri, ISBN 88-256-0647-8.