

RIPRISTINO VELOCE IN RETI OTTICHE ETHERNET UTILIZZANDO COME PERCORSI ALTERNATIVI LE LUNGHEZZA D'ONDA

F.Matera, L. Rea, M. Venezia, L. Capanna
Fondazione Ugo Bordoni, via Baldassarre Castiglione 59, 00142, Roma.

S. Cascelli, G. Del Prete
ISCOM, viale America 201, 00144 Roma

We propose a novel restoration technique for optical ETHERNET networks based on the alternative wavelength paths, and we report the tests obtained in a GbE test bed network showing very fast recovery time.

1. Introduzione

Le architetture delle reti di telecomunicazione stanno evolvendo verso configurazioni che sono sempre più basate sulla trasmissione ottica Gigabit Ethernet (GbE) che ben si associano con la diffusione di servizi triple play su protocollo IP [1-2]. Una delle ragioni del successo della tecnica GbE è il costo che risulta inferiore a quello di altre tecniche, quali ad esempio le SDH (o SONET), tanto che oggi si registra un grande interesse per i sistemi GbE non solo per le reti in ambito metropolitano ma anche per quelle in aree geografiche ben più ampie. Tuttavia occorre precisare che la tecnica GbE, al contrario di quella SDH, non possiede intrinsecamente tutte quelle funzioni di OA&M, fondamentali per garantire la buona funzionalità della rete, che sono invece presenti nelle reti SDH (SONET). Tra queste funzionalità risulta di fondamentale importanza l'applicazione di efficienti meccanismi di protezione/restoration allo scopo di garantire la più elevata affidabilità e disponibilità dei servizi offerti all'utenza derivante dalla capacità di recupero/ripristino e/o di sopravvivenza della rete nei confronti di uno o più guasti. A tale riguardo, i meccanismi di protezione tipici dell'SDH consentono un ripristino del traffico in caso di guasto con tempi ≤ 50 ms. Il ripristino nelle reti ottiche Ethernet, può essere trattato con tecniche proprie dell'IP, che però richiedono tempi molto lunghi se non vengono utilizzate particolari metodologie [3-4]. Per esempio l'utilizzo di un meccanismo di protezione/ripristino del tipo Fast Reroute gestito dall'MPLS può fortemente migliorare la velocità del ripristino raggiungendo tempi confrontabili con quello tipico dell'SDH. Una via alternativa per ottenere un ripristino molto efficiente e veloce in reti GbE è quella di far ricorso a tecniche hardware basate sulla commutazione del traffico affetto da guasto, verso un cammino fisico alternativo [5], commutazione che è direttamente comandata dal rilevamento della mancanza segnale (LoL - Loss of Light) da parte dei router. In genere lo svantaggio di un meccanismo di protezione e/o di ripristino basato su un percorso fisico alternativo è la necessità di avere un cavo alternativo, il cui costo non sarebbe compatibile con l'economicità che deriva dalla tecnica di trasmissione GbE. Per questa ragione, in questo lavoro, si propone un meccanismo di ripristino che prevede di commutare e accoppiare (multiplexare) la lunghezza d'onda λ presente in un collegamento che è stato affetto da guasto su un collegamento alternativo già esistente. In questo modo, oltre a registrare una consistente riduzione dei tempi di ripristino del traffico in caso di guasto si riesce anche ad aumentare la potenzialità dei collegamenti in fibra ottica coinvolti nelle reti, rendendo questi più efficienti in termini di capacità trasportata. Questo meccanismo di protezione/ripristino, da noi denominato AWP (Alternative Wavelength Path), è stato verificato su un test-bed di rete IP e i risultati ottenuti in termini di "tempi di ripristino" sono stati confrontati con quelli ottenibili con altri meccanismi di protezione /restoration basati sui protocolli standard di instradamento (OSPF) e di segnalazione (RSVP-TE) gestiti dall'ASON/GMPLS.

2. Descrizione del test bed

Il citato meccanismo di protezione/restoration (fig. 1), è basato sul principio che quando si verifica un guasto nel collegamento tra due router, questi sono in grado di rilevare una segnalazione di allarme per mancanza segnale (LoL). Tale segnalazione di allarme viene poi utilizzata per far commutare uno switch ottico all'uscita del Router LAB1 e quindi instradare il traffico associato alla lunghezza d'onda λ_1 , dal percorso (a) ai percorsi (b)+(c), su cui già viaggiano rispettivamente le lunghezze d'onda λ_2 e λ_3 .

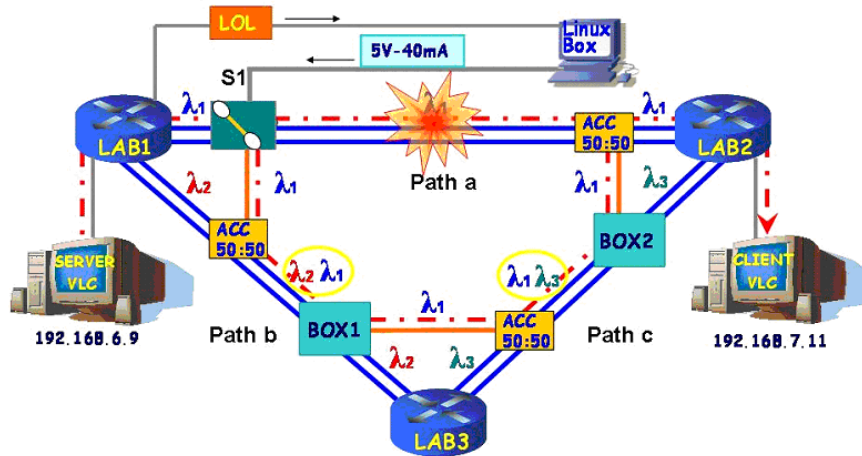


Fig.1: Procedura di ripristino basata sul percorso alternativo costituito da una lunghezza d'onda. Sui terminali VLC viene verificata la qualità di filmati DVD trasmessi in rete.

Il citato meccanismo di ripristino è stato sperimentato sul test bed riportato nella seguente Fig. 2. Questo è essenzialmente costituito da 3 core router con interfacce 1.25 GbE, operanti a 1550 nm (λ_1 , λ_2 , e λ_3 sono 1550.40, 1551.43 e 1553.36 nm) su lunga distanza. I router sono tra loro connessi con le fibre ottiche del cavo Roma-Pomezia (25 km), giunte a Pomezia in modo tale da realizzare delle connessioni lunghe 50 km. Le modalità con cui è stata realizzata la rete sono tali da garantire la QoS con tecnica DiffServ su MPLS [6].

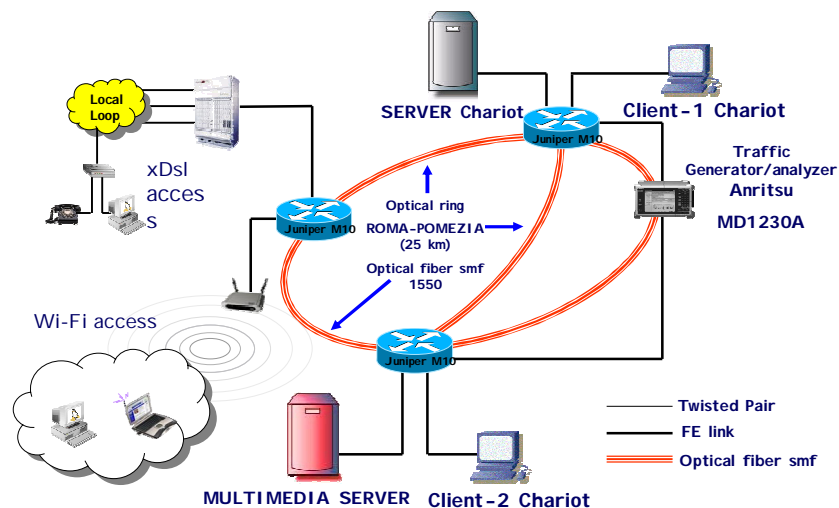


Fig.2: Schema del test bed sperimentale di rete GbE. Sono anche connessi diversi dispositivi di accesso (XDSL, WI-FI).

3. Risultati

Nella fig.3 è riportato l'andamento del segnale ottico registrato all'ingresso del router LAB2 prima della rilevazione del LoL per rottura del collegamento (a), durante la fase di commutazione ottica e dopo il reinstradamento del segnale stesso (λ_1) dal collegamento (a) al collegamento (b) + (c). La rottura del collegamento è ottenuta mediante uno switch, messo

dopo S1, comandato da PC in modo da calcolare accuratamente i tempi di ripristino. Dalla fig. 3 si può notare una interruzione del segnale di circa 20 ms.

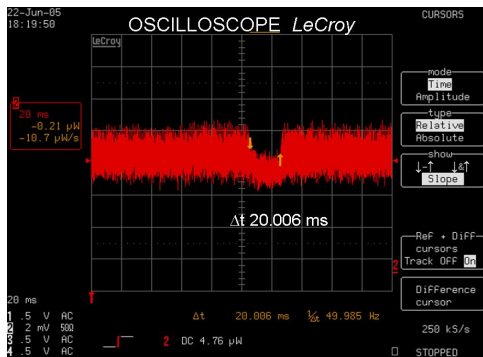


Fig. 3 segnale ottico all'ingresso di LAB2

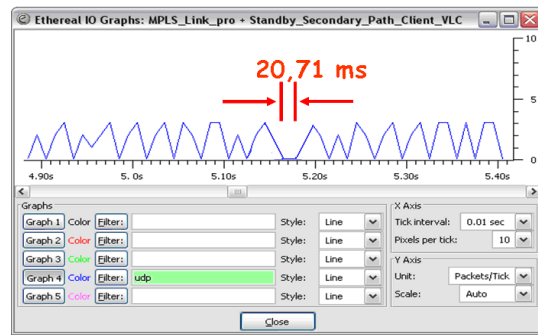


Fig.4: Comportamento del segnale in LAB2

Oltre che al controllo del segnale ottico abbiamo anche analizzato il flusso dei pacchetti per mezzo del Software "Ethereal", che conferma la perdita di pacchetti per soli 20 ms (fig. 4).

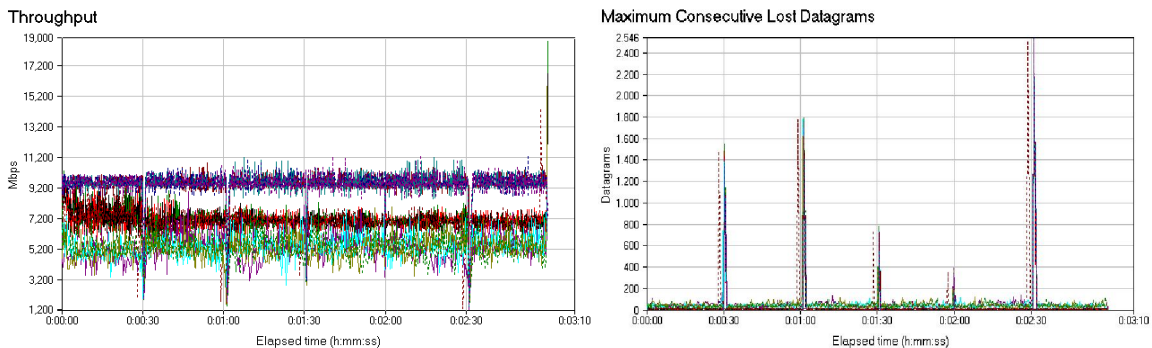


Fig.5: andamento del throughput (a sinistra) e del jitter (a destra) in corrispondenza di 5 interruzioni.

Sono state fatte anche prove di throughput e data lost, effettuando 5 rotture consecutive ed i risultati sono riportati in fig. 5, che confermano che la diminuzione del throughput e le perdite di pacchetti avvengono per brevissimi intervalli (20 ms) durante le operazioni di ripristino. Viceversa è stato verificato che nel processo di commutazione (ritorno) alla via working (a) iniziale non si verificava alcuna perdita percettibile dei dati dal momento che questa commutazione avveniva con tempi ancora più rapidi (circa 3 ms) in quanto era una operazione che non richiedeva il processo con il segnale LoL. Questo è un punto fondamentale per le future reti ottiche perché mostra come i processi di riconfigurazione della rete (operazioni di add/drop, cambio di lunghezze d'onda, ecc...) possono rendere trascurabile la degradazione del traffico se fatti con tempi estremamente brevi.

Oltre a verificare il comportamento della rete con prove oggettive [6] sono state realizzate anche delle prove percettive per verificare la soddisfazione dell'utente per questa procedura di ripristino. Allo scopo sono stati mostrati ad un gruppo di valutatori dei filmati da DVD che circolavano nella rete durante le operazioni di ripristino. Il risultato è stato che i valutatori non percepivano alcun degrado nelle immagini mostrate.

Per aumentare l'efficienza del meccanismo di ripristino AWP e per assicurare il corretto funzionamento di una rete è necessario però automatizzare anche il ripristino del traffico sulla via working iniziale una volta che è stato riparato il guasto. Questo potrebbe essere realizzato utilizzando un Rilevatore di Potenza Ottica (RPO) da ubicare all'ingresso dell'accoppiatore situato davanti al router LAB2 e facendo in modo che lo switch S1 non

commuti il 100% della potenza al suo ingresso verso il cammino (b)+(c); in questo modo vi sarebbe sempre un segnale nel percorso (a), che verrebbe rilevato da RPO nel momento in cui si elimina il guasto. RPO sarebbe quindi in grado di comunicare (da LAB2 a LAB1) al linux Box di far commutare S1 per riportare la λ_1 sul percorso di partenza.

Per completezza abbiamo confrontato la nostra procedura con le tecniche di ripristino offerte dai protocolli per reti Ethernet basate su IP, come l'OSPF (Open Short Path First) e l'MPLS (Multi Protocol Label Switching). Per quanto concerne l'MPLS, che ad oggi è il protocollo più efficiente per il ripristino, abbiamo confrontato l'AWP oltre che con le configurazioni tradizionali anche con due configurazioni ottimizzate per il ripristino a seguito di link failure che vanno sotto il nome di MPLS-LP ed MPLS-LP+SSP. La prima MPLS - LP (LP sta per Link Protection) pre-allocava le risorse per la protezione del link a seguito ad esempio di una rottura; la seconda MPLS LP+SSP (SSP sta per Stand by Secondary Path) in aggiunta alla allocazione delle risorse per la link protection prevede l'instaurazione di un LSP secondario che faccia da back up a quello in esercizio.

Come si può ben notare, risulta chiaro il vantaggio che si può ottenere con il meccanismo AWP in termini di tempo di ripristino.

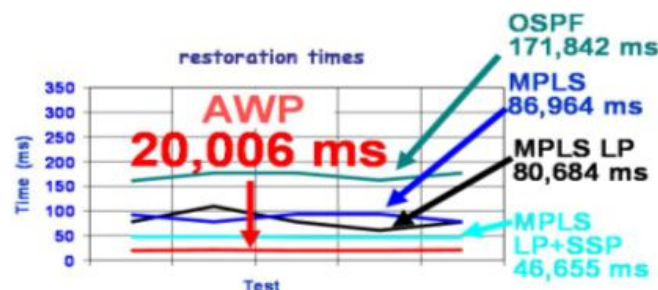


Fig.6: Confronto tra la nostra tecnica AWP e altre tecniche di ripristino OSPF e MPLS.

Conclusioni

In questo lavoro è stato mostrato un meccanismo di ripristino in reti ottiche GbE basato sulla commutazione di lunghezza d'onda λ su un percorso ottico alternativo esistente. Tale meccanismo di protezione/restoration permette di ottenere un ripristino estremamente veloce (20 ms) e consente di sfruttare la potenzialità dei collegamenti in fibra ottica coinvolti nelle reti, rendendo questi più efficienti in termini di capacità trasportata, senza richiedere l'ausilio di fibre ottiche aggiuntive da dedicare alle vie di protezione.

Ringraziamenti. Lavoro svolto con il parziale contributo del progetto E-Photon/One+. Gli autori ringraziano il Dott. Davide Forin per il contributo dato nelle misure ottiche.

Riferimenti

- [1] <http://www.ieee802.org/3/efm/baseline/index.html>
- [2] A. Zapata, M. Duser, J. Spencer, P. Bayvel, I. de Miguel, D. Breuer, N. Hanik, A. Gladish, "J. of Lightwave technology, vol. 22, n. 11, 2420-2434, 2004.
- [3] A. Lometti, Proceedings ECOC 2006, September 26, Cannes (FR) 2006.
- [4] B. Rajagopalan, D. Pendarakis, D. Saha, R. S. Ramamoorty, K. Bala, IEEE Communications Magazine, September 2000, pp. 90-102.
- [5] M. Kantor, K. Wajda, L. Rea, A. Tarantino, F. Matera, F. Cugini, F. Paolucci, L. Valcarenghi, P. Castaldi, "Broadband Europe 2005 Conference-Bordeaux (France) December 2005.
- [6] F. Matera, F. Matteotti, P. Pasquali, L. Rea, G. Tosi-Beleffi, A., V. Baroncini, G. Del Prete, G. Gaudino, Fiber & Integrated Optics, Volume 25, Number 3 2006, pp. 245 – 255; vedi pure www.iscom.gov.it