

# SPERIMENTAZIONE DEL VIRTUAL PRIVATE LAN SERVICE PER IL CONTROLLO DELLA QUALITA' DEL SERVIZIO IN RETI PASSIVE OTTICHE (PON)

A. Valenti, S. Pompei, F. Matera, L. Rea,  
Fondazione Ugo Bordoni, via B. Castiglione 59, 00142 Roma, a@valenti.fub.it

G.M. Tosi Beleffi, D. Del Buono  
Istituto Superiore delle Comunicazioni e Tecnologie dell'Informazione, viale America 201,  
00144 Roma

A. Rufini  
Università di Roma La Sapienza, INFOCOM Department  
Via Eudossiana 18, 00184 Roma

*In this work we experimentally demonstrate how to achieve logic point-to-multipoint paths, by means of the Virtual Private LAN Service, in GbE networks with access based on passive optical networks (PON), guaranteeing upstream/downstream Quality of Service even in condition of traffic congestion.*

## 1. Introduzione

La richiesta di banda sempre più crescente dei servizi di nuova generazione, come ad esempio i servizi Triple Play, sta portando a profondi cambiamenti nelle reti di telecomunicazioni. In questo scenario la fibra ottica gioca un ruolo chiave, e la sua introduzione (graduale) nelle reti di accesso fino ad arrivare a casa dell'utente, risulta essere fondamentale per avere disponibilità di banda sempre più elevate. A tale proposito si parla di architetture Fiber To The x (FTTx) [1], tra cui le Passive Optical Networks (PONs) risultano essere le più semplici e le più economiche da implementare. Esistono differenti versioni di reti ottiche passive: attualmente le Ethernet PON (EPON) [2] sono principalmente impiegate in Asia, in particolare nel sud-est asiatico, mentre le Gigabit PON (GPON) [3] sono implementate in Europa e Nord America. Uno dei limiti principali delle PON, nonostante l'elevato bit-rate delle attuali versioni (tra 1 e 2.5 Gbit/s), è rappresentato dalla condivisione della capacità tra tutti gli utenti, che limita così l'effettiva banda disponibile. Inoltre tali reti non permettono l'unbundling fisico, se non ricorrendo ad un approccio WDM, e ciò pone dei chiari limiti alla libera competizione tra gli operatori. Per questi motivi risultano indispensabili nelle PONs tecniche che consentano il controllo della Qualità del Servizio (QoS) al fine di rispettare i requisiti richiesti dai diversi tipi di traffico e che permettano la configurazione di percorsi con precise garanzie in termini di banda e di affidabilità. A tal fine è necessario introdurre nella rete tecniche che permettano un controllo della QoS da estremo a estremo e il Virtual Private LAN Service (VPLS) [4] ben si presta a tale scopo. In particolare, il VPLS permette di realizzare un servizio Ethernet [5] tramite il protocollo Multiprotocol Label Switching (MPLS), consentendo di ottenere eccellenti prestazioni in termini di gestione della rete e di controllo della QoS. In sostanza, il VPLS è una sorta di Layer 2 Virtual Private Network (L2VPN) dove gli utenti hanno la percezione di appartenere ad un'unica rete locale (LAN) senza tener conto della loro effettiva dislocazione geografica. A differenza delle tradizionali VPN di strato 2 in cui i diversi customers sono connessi in modalità punto-punto, il VPLS realizza connessioni multipunto-multipunto, grazie alla sue intrinseche capacità di effettuare operazione di multicasting.

In questo articolo si mostra come, utilizzando il VPLS in reti Gigabit Ethernet comprendenti una sezione di accesso EPON, sia possibile ottenere flussi con prestazioni garantite anche in caso di congestione nella rete. Questa tecnica permetterebbe quindi anche di definire un unbundling logico, molto affidabile, nelle reti PON.

### 1. Il Virtual Private LAN Service

Gli elementi principali di un VPLS sono il Customer Edge (CE) e il Provider Edge (PE). Il primo è l'apparato dislocato, appunto, nei locali del customer e si occupa, in sostanza, di fornire un collegamento verso il PE; tale collegamento è in generale una Virtual LAN (VLAN). Nel PE risiede invece tutta l'intelligenza necessaria al funzionamento del VPLS; è il PE infatti che si occupa della segnalazione e del forwarding all'interno del VPLS. Ciò che avviene è un doppio incapsulamento: un frame Ethernet viene prima "taggato" con un VLAN Tag da un CE, il PE aggiunge poi, oltre ad un' etichetta per la discriminazione tra diversi servizi VPLS (VPLS label), un'etichetta più esterna per il trasporto sulla rete MPLS (MPLS label). I nodi intermedi non sono quindi a conoscenza del VPLS, ma elaborano il pacchetto sulla base della sola etichetta MPLS più esterna. Sfruttando quindi questa doppia etichettatura, che definiamo VPLS&VLAN Tagging, è possibile definire delle Classi di Servizio (CoS) da estremo a estremo.

### 3. Il Test-Bed Sperimentale

Il Test-Bed sperimentale utilizzato è mostrato in Fig. 1 e maggiori informazioni possono essere trovate in [6].

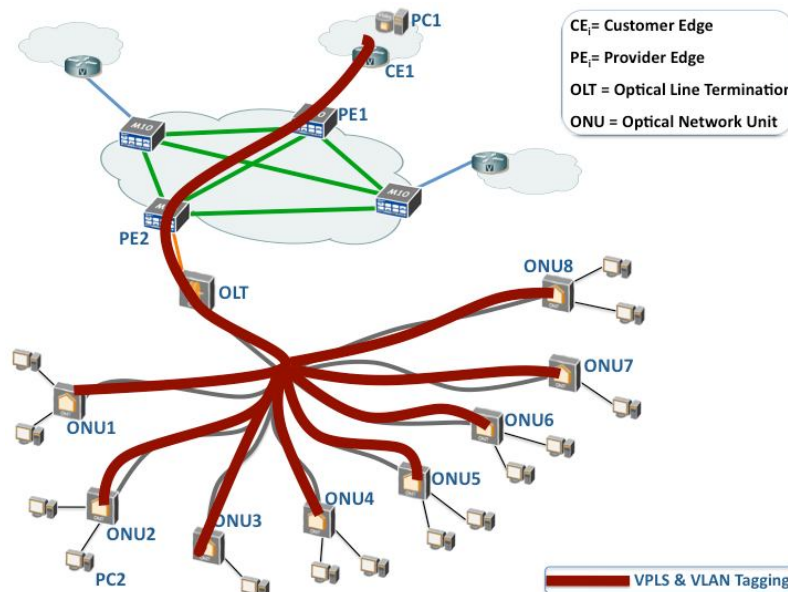


Figura 1 – Test-Bed sperimentale e implementazione del VPLS

La sezione core di questa rete è rappresentata da quattro router Juniper M10 configurati come Provider Edge e completamente magliati mediante fibre monomodali G.652 di lunghezza pari a 50 km contenute nel poligono ottico sperimentale Roma-Pomezia. La parte edge del Test-Bed è composta da tre router Cisco 3845, agenti come Customer Edge, connessi con i router Juniper mediante fibre G.652 di circa 1-2 km. La sezione di accesso corrisponde ad una tipica architettura FTTx, in particolare è una Ethernet PON della FiberHome composta da un Optical Line Terminal (OLT) e da otto Optical Network Units (ONUs). L' OLT e le ONUs sono connesse mediante fibra monomodale: la lunghezza d'onda utilizzata per il downstream (da OLT verso ONU) è pari a 1490 nm, mentre per l'upstream viene utilizzata una lunghezza d'onda pari a 1310 nm.

La configurazione di rete considerata corrisponde a quella tipica che si ha in caso di un servizio che parte da un server fino ad arrivare ad un certo numero di utenti.

Al fine di garantire la QoS dei flussi transitanti nella rete mediante il VPLS, viene eseguita una operazione di marcamento del traffico ed è possibile definire fino a otto Classi di Servizio. Infatti, considerando la direzione downstream (stesso discorso vale in direzione upstream, cioè dalle ONUs verso CE1), ricordando che CE1 e PE1 sono connessi per

mezzo di VLAN, il marcamento viene effettuato da CE1 sui tre bit User Priority del VLAN Tag, secondo lo standard IEEE 802.1p (contenuto nel IEEE 802.1Q [7]).

Tra i PE il traffico invece viene trasportato per mezzo di MPLS Label Switched Paths (MPLS LSP) e pertanto il marcamento viene effettuato secondo la tecnica Diffserv over MPLS (RFC 3270) [8] andando ad impostare opportunamente i tre bit del campo EXP della label MPLS più esterna. In pratica, il PE effettua un mapping tra i tre bit di priorità del VLAN Tag e i tre bit del campo EXP.

Le misure dei parametri prestazionali sono state effettuate per mezzo di un analizzatore di traffico che consente la valutazione di parametri prestazionali quali throughput, data loss, ritardo e jitter. Tuttavia, per motivi di brevità, in questo articolo sono riportate solo misure di throughput per dare comunque una chiara indicazione sulla bontà del funzionamento della tecnica proposta.

#### 4. Risultati

Come descritto nella sezione precedente e mostrato nella Fig.1, è stato configurato un VPLS tra CE1 e le diverse ONU. In particolare, le prove sono state effettuate considerando scenari di downstream/upstream, inviando un flusso da/verso PC1 verso/da un client (PC2) all'uscita della ONU2. Al VPLS viene associata una CoS, detta Gold Class, in grado di garantire le prestazioni; in pratica tutto il traffico trasportato mediante il VPLS viene etichettato con Gold Class, mentre quello trasportato senza VPLS non riceve alcuna classe o, meglio, viene etichettato con classe Best Effort.

Al fine di testare la QoS, sono state effettuate due tipologie di prove: nella prima, il traffico esaminato è stato inviato al di fuori del VPLS quindi con classe Best Effort. Nella seconda tipologia, il traffico è trasportato per mezzo del VPLS e quindi etichettato con classe Gold.

La rete è stata congestionata per mezzo di un generatore di traffico, andando a saturare il link tra i PE mediante un traffico di background pari a 1 Gbit/s con classe Best Effort.

I vantaggi del metodo proposto sono riportati in Fig. 2, dove è riportato il throughput ottenuto all'uscita di ONU2 per un flusso di 40 Mbit/s proveniente da CE1, sia con VPLS che senza.

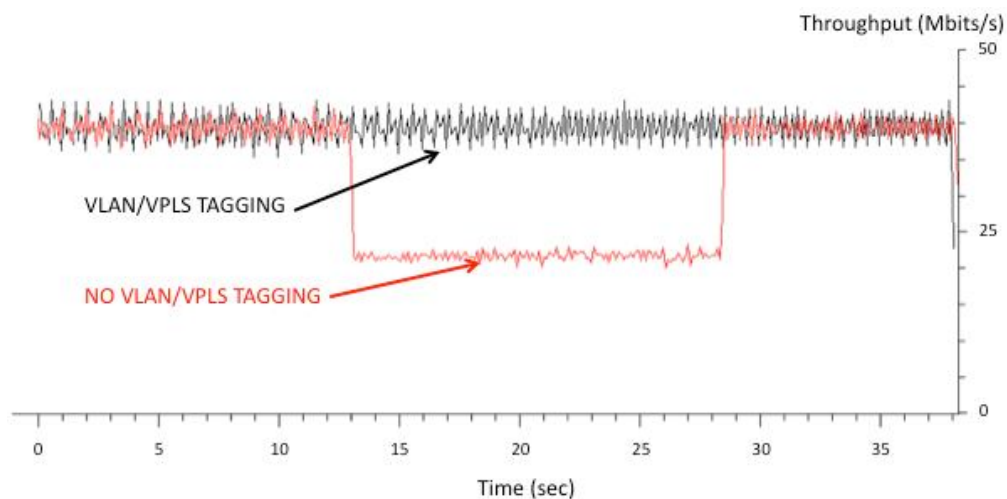


Figura 2 – Misura del throughput in downstream

Si può notare come il traffico con VPLS tagging mostri un throughput praticamente costante anche in caso di congestione della rete; al contrario, senza VPLS una congestione della rete va ad impattare in maniera diretta e significativa degradando fortemente il traffico.

Le stesse prove sono state effettuate anche per la direzione upstream inviando flussi a 40 Mbit/s dalla ONU2 a CE1. I risultati, riportati in Fig. 3, mostrano l'importanza del VPLS come tecnica per la garanzia della QoS.

Misure effettuate su data loss, ritardo e jitter confermano tali risultati.

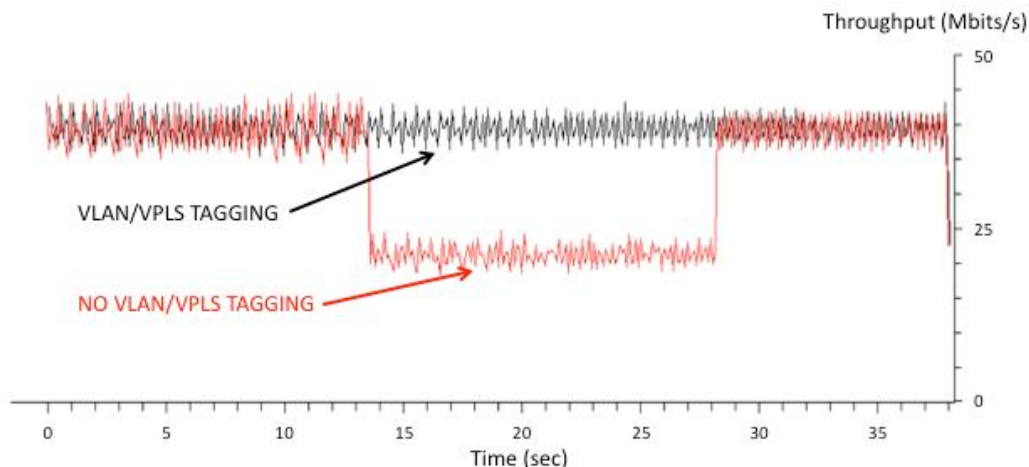


Figura 3 – Misura del throughput in upstream

La validità del metodo proposto è stata confermata anche da prove soggettive effettuate sottoponendo a un gruppo di valutatori streaming video in Alta Definizione.

## 5. Conclusioni

In questo lavoro abbiamo dimostrato come sia possibile ottenere, con un'architettura basata su Virtual Private LAN Service in reti Gigabit Ethernet, un efficiente controllo della Qualità del Servizio fin nella sezione di accesso, permettendo di soddisfare pienamente i requisiti richiesti sia dagli operatori che dai customers.

Inoltre i risultati ottenuti mostrano che è possibile realizzare, con un tale approccio, percorsi affidabili e ben definiti (in termini di QoS) in reti ottiche passive; da ciò lo spunto di un possibile impiego del VPLS (e quindi delle VLAN) come tecnica per superare il problema dell'unbundling nelle reti ottiche, in particolare nelle PON. Come è infatti mostrato nella fig. 1 il VPLS&VALN Tagging permetterebbe a più operatori di raggiungere i loro clienti connessi ad un'unica rete PON, assegnando a ciascuno una banda garantita.

## Ringraziamenti

The work described in this paper was carried out with the support of the BONE-project ("Building the future Optical Network in Europe"), a Network of Excellence funded by the European Commission through the 7th ICT-Framework Programme.

## Bibliografia

- [1] L. Hutcheson, "FTTx: current status and the future", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 46, Issue 7, July 2008, pp. 90-95
- [2] IEEE Standard 802.3, 2005
- [3] ITU-T Recommendation G.984.1, "Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON): general characteristics", March 2003
- [4] K. Kompella, Y. Rekhter, "Virtual Private LAN Service (VPLS) using BGP for Auto-Discovery and signaling", IETF RFC 4761, January 2007
- [5] MEF 10.1, "Ethernet Service Attribute Phase 2", Metro Ethernet Forum, November 2006
- [6] Valenti, A., Pompei, S., Rea, L., F.Matera, Tosi Belleffi, G., Settembre, M., "Network Performance Investigation in a Wide Area Gigabit Ethernet Test Bed adopting the All Optical Wavelength Conversion" *Phot. Techn. Letters* 2008, vol. 20, pp. 2144-2146.
- [7] IEEE Standard 802.1Q, "Virtual Bridged Local Area Networks", May 2006
- [8] F. Le Faucher et al., "Multi-Protocol Label Switching (MPLS) support of Differentiated Services", IETF RFC 3270, May 2002.