



UNIVERSITÀ
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria e Scienza dell'Informazione

Corso di Laurea in
Ingegneria dell'informazione e delle comunicazioni

ELABORATO FINALE

PROGETTAZIONE DI RETI IN FIBRA OTTICA GPON
DA RETI PUNTO-PUNTO

Supervisore
Prof. Granelli Fabrizio

Laureando
Casagrande Alessandro

Anno Accademico 2019/2020

Ringraziamenti

Si ringraziano il professore Fabrizio Granelli per la revisione, il responsabile tecnico ACMS Franco Orlor per le preziose informazioni tecniche riguardanti la rete a Fiera di Primiero, i dipendenti dell'azienda Frizen/Tecnodata Gianluca Pedrolli e Gianni Ferrai per la collaborazione e la disponibilità.

INDICE

Sommario

1	Le reti NGAN (Next Generation Access Network)	8
2	Rete ottica passiva (PON)	8
2.1	GPON e AON (punto-punto) a confronto	9
2.2	Componenti e apparati di rete	11
2.3	Connettori UPC e APC	12
2.4	Le tecnologie e soluzioni per la rete PON	13
3	Progettazione e dimensionamento di una rete in fibra ottica	15
3.1	Dorsale provinciale in fibra ottica nel territorio Trentino	15
3.2	Progettazione generale di una rete punto-punto	16
3.3	Rete in fibra ottica di Fiera di Primiero	17
3.4	Esempio di progettazione rete GPON dell'azienda trentina Technodata a partire da POP di dorsale a Fiera di Primiero	18
3.5	Progettazione rete AON e GPON a Fiera di Primiero: due tecnologie a confronto	21
4	Rete GPON: scalabilità, flessibilità e aggiornabilità	22
5	Conclusioni	23
	Bibliografia	25

Sommario

In questo elaborato si è voluto analizzare e presentare lo stato dell'arte, riguardante la tecnologia per le connessioni in fibra ottica GPON e i vari apparati direttamente connessi ad essa. In particolare, si intende indicare quali siano le motivazioni e le scelte, che un'azienda effettua durante la progettazione di una rete con questa tecnologia, tenendo presente come esempio significativo un progetto di rete GPON, realizzato a Fiera di Primiero in Trentino dall'azienda Tecnodata di Trento. Del progetto realizzato nel primiero questo viene descritta la struttura della rete, i vari livelli di splitting, le capacità future e il dimensionamento della rete stessa. Vengono, anche, analizzate le criticità e le difficoltà, che potrebbero presentarsi nella realizzazione del progetto, se fosse utilizzata una tecnologia punto-punto, invece di quella GPON, indicando anche il numero, in misura quantitativa, dei possibili apparati richiesti dall'ipotetica rete.

Infine, vengono descritte le possibili capacità future delle reti in fibra ottica passiva, le varie possibilità di aggiornamento di una rete già esistente con questa tecnologia e i vari step evolutivi, che verranno effettuati negli anni a venire.

1 Le reti NGAN (Next Generation Access Network)

Per NGAN (Next Generation Access Network) si intende una rete di distribuzione in fibra ottica, in grado di garantire una connettività stabile, omogenea e di alte capacità trasmissive. Le soluzioni architetturali NGAN si basano su tecnologie trasmissive ultra-broadband, che richiedono l'utilizzo della fibra ottica nel segmento di rete di accesso.

La nuova rete di accesso fissa viene progettata in modo tale da minimizzare i costi operativi e allo stesso tempo garantire un'evoluzione e una scalabilità dei servizi per i prossimi decenni.

Esistono due tipi di architetture quelle AON e quelle PON. L'infrastruttura punto-punto (AON) è una tecnologia ampiamente utilizzata, ma, con il passare del tempo, sta per essere soppiantata da quella punto-multipunto (PON), che offre enormi vantaggi sotto molti punti di vista, i quali verranno evidenziati nel secondo capitolo.

Le nuove progettazioni sul territorio puntano a distribuire la fibra ottica in modo capillare al fine di raggiungere e servire la maggior parte degli edifici mediante la tecnica FTTH (Fiber to the Home). Per arrivare a questi risultati i provider, che forniscono i servizi di accesso a internet, dovranno scegliere e progettare le nuove infrastrutture sulla base di queste nuove tecnologie. Inoltre, dovranno considerare il fatto che la rete possa essere flessibile e scalabile, per poter essere adeguatamente aggiornata in base alle richieste del mercato. [1]

2 Rete ottica passiva (PON)

Per realizzare reti NGAN è possibile utilizzare diverse modalità tecniche tutte basate sull'utilizzo della rete in fibra ottica in rete di accesso.

Le architetture si differenziano per modalità di connessione, tecnologia utilizzata e punto di terminazione della fibra lato cliente. Per scegliere la soluzione ottimale che garantisca il miglior equilibrio, in base alle aree da servire, si fanno opportuni studi sulla densità abitativa, sulla tipologia della clientela, sulla disponibilità di infrastrutture ottiche o di canalizzazioni adatte all'uso e sull'impatto urbanistico.

Ultimamente gli operatori scelgono la tecnologia punto-multipunto GPON per la fornitura di servizi ultra-broadband all'utenza residenziale, invece delle tecnologie punto-punto. Questo avviene, perché quest'ultime sono più costose per chi le costruisce, poiché necessitano di una fibra per ciascun cliente, mentre nel caso della GPON la stessa fibra viene utilizzata per servire più clienti contemporaneamente. Questa soluzione è stata creata per ottimizzare l'uso delle infrastrutture, minimizzare gli scavi e i consumi elettrici.

Questi sistemi sono costituiti da un apparato attivo, che svolge funzioni di terminazione di linea, detto OLT (Optical Line Termination), posto in Centrale, il quale è collegato alle terminazioni di rete lato cliente, dette ONU/ONT (Optical Network Unit / Optical Network Termination). La rete, in fibra, che connette questi elementi è denominata ODN (Optical Distribution Network); essa è completamente passiva, quindi non richiede alimentazione ed è composta dalla fibra e dai diramatori ottici passivi. Perciò tra i due estremi della rete OLT e abitazioni non sono presenti dispositivi alimentati. I diramatori, chiamati anche splitter, consentono di ripartire un segnale in ingresso su n. uscite e viceversa. Un albero GPON può servire fino a 128 ONT/ONU,

ossia con un'unica interfaccia GPON si possono connettere fino a 128 clienti. Questo comporta un fattore di splitting di 1:128; quindi la banda per albero viene distribuita fra i clienti e la distanza tra centrale e cliente diminuisce a causa del power-budget usato dagli splitter. Un OLT può essere dotato di centinaia di porte e ciascuna di queste realizza un albero ottico che può servire un numero di utenze pari al fattore di splitting, mentre la velocità, di circa 2,5/1,25 Gbps (ITU-T Standard G.984), viene divisa tra tutti gli utenti che fanno parte dello stesso albero.

Tutto questo si verifica, se la tecnologia scelta dal provider è quella FTTH-GPON; infatti solo in questo modo la fibra ottica arriva in casa/ufficio del cliente senza che essa sia terminata in armadi in strada, che devono essere necessariamente alimentati.

L'accesso al mezzo condiviso, inizialmente, veniva effettuato utilizzando la tecnica TDM/TDMA. Si sfrutta, anche, la condivisione di una singola portante per entrambi i versi di trasmissione, 1260-1360 nanometri in upstream e 1480-1500 in downstream. Ma ultimamente si preferiscono altre tecniche di accesso come quella a suddivisione di frequenza per garantire una trasmissione più continua e lineare.

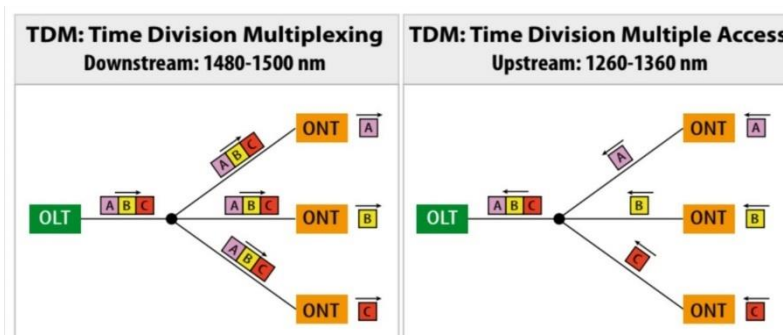


FIG. 01 Principio di funzionamento della tecnica TDM/TDMA (Notiziario tecnico Telecom 2012)

Lo standard descrive anche una serie di parametri relativi alla trasmissione ottica; il più comune è il margine di perdita di potenza fissato a 28 dB, che consente una portata di circa 20 km con uno *split* a 32 vie. Nei sistemi GPON l'impiego di tecniche di correzione degli errori (*Forward Error Correction*, FEC) consente di guadagnare un ulteriore margine di 2-3 dB. Si presume che il margine di 28 dB migliorerà contestualmente agli avanzamenti nella tecnologia ottica. Sebbene i protocolli GPON prevedano un rapporto di split elevato, nella pratica la maggior parte delle reti PON adotta un rapporto di split 1:32 o inferiore. [1]

2.1 GPON e AON (punto-punto) a confronto

Per realizzare le reti di nuova tecnologia in fibra ottica ci si può affidare a due architetture: la modalità di connessione punto-punto o quella EPON/GPON (Gigabit Passive Optical Network). La tecnologia che permette una migliore fornitura dei servizi verso una zona con molta densità abitativa è rappresentata da una soluzione punto-multipunto in tecnologia GPON: questo è possibile, in quanto, attraverso una sola fibra si può servire più clienti contemporaneamente, a differenza delle reti punto-punto, le quali necessitano di una fibra per ogni cliente.

I sistemi GPON offrono sia servizi simmetrici che asimmetrici e consentono di distribuire le risorse di banda fra i vari servizi e tra i diversi clienti attestati al medesimo albero GPON, fino al raggiungimento della capacità complessiva del sistema. Quindi i sistemi GPON consentono di offrire al cliente anche istantaneamente l'intera capacità disponibile. Inoltre, le parti attive sono presenti solo agli estremi della rete, perché gli splitter non richiedono alimentazione elettrica; infatti la separazione delle lunghezze d'onda avviene usando esclusivamente componenti ottici passivi, come filtri ottici passa-banda e prismi e, per queste caratteristiche, viene spesso impiegato per portare la cablatura in fibra fino in casa dell'utente finale.

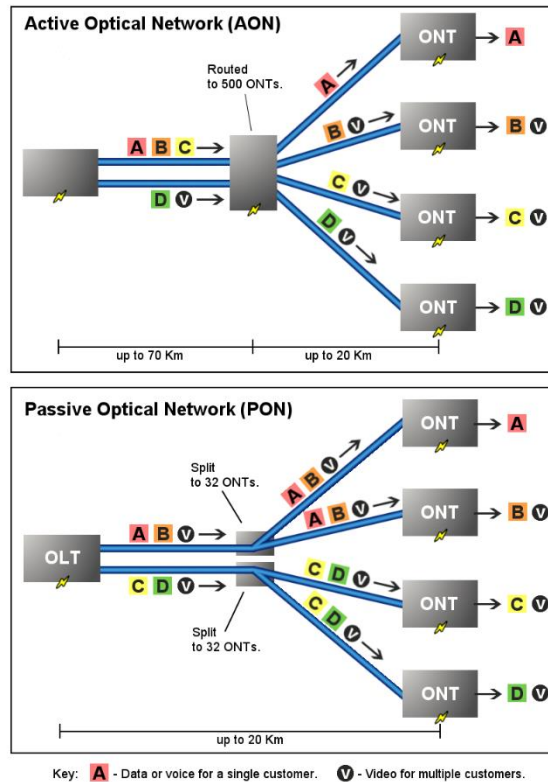


FIG.02 Confronto topologia tra AON e PON (Wikipedia)

Come si può notare dall'immagine, sopra riportata, il segnale in downstream in una rete PON viene trasmesso in "broadcast". Questo richiede, quindi, la presenza di algoritmi che cifrano il segnale in downstream, mentre i segnali in upstream vengono gestiti con opportuni protocolli ad accesso multiplo a divisione di tempo (TDMA). Quest'ultimo è uno dei pochi svantaggi rispetto a alle reti AON, le quali, avendo un canale dedicato, non possono soffrire di problemi di sicurezza o legati alla privacy.

Di seguito vengono descritte le differenze nelle infrastrutture delle due tipologie di reti:

- **Impatti di tipo infrastrutturale**

Le reti punto-punto, richiedendo una fibra per cliente, necessitano di scavi sul suolo pubblico, che sono più costosi e più invasivi, mentre con la rete GPON le infrastrutture esistenti possono risultare sufficienti. In alcuni casi è comunque necessario ricorrere ad uno scavo, ma si utilizzeranno tecniche di scavo meno invasive a causa del minor numero di fibre impiegate. Inoltre, si eviteranno costi extra di materiali, di installazione e di mantenimento.

- **Impatti in centrale**

Nel caso AON a monte del permutatore ottico ogni fibra di ogni cliente, è attestata ad una porta di apparato, mentre con la GPON una porta può gestire anche 50 clienti. Nel primo caso aumenta in modo proporzionale il numero degli apparati e di conseguenza, oltre ai costi di acquisto anche i costi di energia elettrica e gli spazi necessari per posizionarli.

- **Banda per cliente**

La banda a disposizione del cliente è fortemente influenzata dal dimensionamento dei segmenti di rete a monte della rete di accesso. Il meccanismo di allocazione dinamica della banda rende i sistemi GPON particolarmente efficienti nel modo di utilizzare e distribuire la risorsa banda a disposizione. Quindi la GPON non ha criticità prestazionali ed è del tutto comparabile alla Punto-Punto. In futuro le soluzioni PON continueranno ad essere ampiamente adeguate alle esigenze di traffico, mantenendo in ogni caso un'elevata efficienza di utilizzo della banda. [1]

2.2 Componenti e apparati di rete

2.2.1 OLT (Optical Line Terminal)

Il dispositivo di terminazione ottica OLT è l'elemento principale della rete ed è di solito posizionato nello scambio locale e permette di far funzionare il sistema FTTH. Pianificazione del traffico, controllo del buffer a allocazione di banda sono le funzioni principali dell'OLT. Tipicamente il dispositivo viene alimentato da sistemi di potenza ridondanti, ha minimo una scheda di rete per la connessione internet in entrata e una o più schede GPON con varie porte. La funzione principale dell'OLT è quella di controllare il flusso di informazioni che transitano attraverso l'ODN sia in entrata che in uscita, pur trovandosi in un ufficio centrale. La massima distanza supportata per la trasmissione attraverso l'ODN è 20 km. OLT ha due direzioni di flusso: upstream (ottenendo un traffico dagli utenti) e downstreams (ottenendo traffico dalla rete metro) o da una rete a lungo raggio per poi inviare a tutti i moduli ONT.

2.2.2 Optical Distribution Network (ODN) e splitter ottico

Lo splitter ottico si occupa di dividere la potenza del segnale luminoso, infatti ogni collegamento in fibra entrate nello splitter sarà suddiviso in un numero corrispondente a quante fibre escono da esso.

Di solito, tre o più livelli di fibre corrispondono a due o più livelli di splitter. Questo permette di condividere una fibra con vari utenti. Lo splitter ottico passivo ha la caratteristica di avere un ampio intervallo di lunghezze d'onda operative, basse perdite di inserimento e uniformità, dimensioni minime, alta affidabilità e supportare la rete e la politica di protezione.

L'ODN, è una parte integrante del sistema PON, provvede alla trasmissione ottica per il livello fisico da ONT a OLT e viceversa. La rete si estende per massimo 20 km. L'ODN è formata 5 elementi, i quali servono per alimentare, distribuire la fibra con punti di distribuzione ottica, come punto di accesso ottico e come derivazioni/collegamenti in fibra.

La derivazione/collegamenti in fibra connette il punto di accesso ottico ai vari ONT, ottenendo collegamenti in fibra fino dentro casa. In aggiunta, l'ODN è il percorso essenziale per la trasmissione dei dati in rete PON e la sua qualità ne consegue direttamente le performance, scalabilità, affidabilità del sistema PON. In direzione downstream lo splitter opera semplicemente copiando la luce dalla fibra alle varie fibre, dividendo l'intensità per N. In questo modo ciascun ONT riceve il traffico destinato ad altri ONT, perciò è necessario l'uso di tecniche di crittografia e opportuni protocolli per proteggere i dati e filtrarli. Invece in direzione upstream il compito dello splitter è quello di sommare i segnali luminosi portati dalle N fibre ottiche, anche in questo caso dovranno esserci opportuni protocolli, lato OLT, che permettano una trasmissione coordinata.

2.2.3 ONT (Optical Network Terminal) o ONU

L'ONT risiede presso la sede del cliente. Esso è connesso all'OLT mediante fibra ottica passiva, cioè senza elementi attivi sul collegamento. Nella rete GPON, dispositivo nell'ONT rappresenta la connessione fisica tra il cliente e il nodo centrale dell'OLT. Esso converte il segnale ottico trasmesso via fibra in segnale elettrico. Questi segnali elettrici sono destinati ad un solo cliente. In generale, c'è della distanza o un'altra rete di accesso tra ONU e l'utente finale. Inoltre, l'ONU può inviare e gestire diversi tipi di dati provenienti dai clienti e inviarli in upstream al OLT. Questo permette di ottimizzare e riorganizzare i flussi di dati per consegnarli in modo più efficienti. L'OLT supporta allocazione di banda che permette di realizzare consegne più fluide a sé stesso; infatti di solito i dati arrivano a raffica dai clienti. Inoltre, l'ONU può essere connessa in vari modi e cavi ad esempio con un doppino, cavo coassiale, fibra ottica e Wi-Fi.

Prima dell'ONT specialmente in condomini o un case con più appartamenti viene posizionato un ROE cioè un ripartitore ottico di edificio, questo si occupa di fare lo splitting della fibra ottica per dare maggiore flessibilità alla rete.

2.2.4 Le aree della rete GPON

La rete di distribuzione a fibre ottiche passive, generalmente, è costituita dall'insieme dei cavi, dagli elementi di terminazione e dai sistemi di trasmissione idonei al trasporto di segnali ottici. L'architettura GPON, con una topologia ad albero, massimizza la copertura con minime divisioni della rete, però riducendo così la potenza

ottica. Una rete di accesso FTTH comprende varie aree, le quali sono l'area di rete principale, l'area di ufficio centrale, l'area di distribuzione e quella dell'utente.

La rete principale include gli apparati del fornitore dei servizi internet (IPS), la rete telefonica generale (PSTN). Mentre la funzione dell'ufficio centrale è quella di ospitare l'OLT, l'ODF cioè i frame di distribuzione ottica e provvedere l'alimentazione necessaria. Qualche volta potrebbe includere qualche componente della rete principale. Invece, la rete di distribuzione si estende dall'ODF nell'ufficio centrale fino all'edificio del cliente. Tra questi punti ci sono tipicamente muffole, cioè contenitori sotto al livello della strada, dove vengono posizionati gli splitter livello 1. Quest'ultimi sono a loro volta connessi con gli splitter di livello 2 sparsi nelle varie abitazioni. Gli splitter secondari, di livello 2, sono posti all'interno dei ROE (Ripartitore Ottico di Edificio). Questi sono dei piccoli dispositivi passivi, solitamente posizionati nel piano sotterraneo per dividere il segnale luminoso tra i vari appartamenti presenti in uno stabile.

Infine, sono presenti i raccordi ottici di utente che costituiscono il collegamento ottico dedicato tra il ROE e la presa ottica di ogni singola ONT.



FIG.03 Schema che indica il posizionamento dei dispositivi nella rete. Disponibile a: <fibra.click>

L'infrastruttura di rete passiva che si espande nel territorio deve essere distribuita correttamente generalmente attraverso opportuni diramatori e splitter che dovranno essere posizionati in muffole o armadi appropriati. Realizzare questo tipo di rete richiede grandi investimenti iniziali e accurate ricerche di mercato per poter rientrare economicamente negli anni successivi, tuttavia dopo la sua realizzazione si sarà proprietari di un'infrastruttura al passo con i tempi e che rappresenta lo stato dell'arte delle tecnologie in fibra ottica.

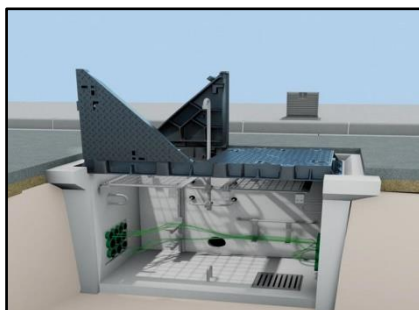


FIG.04 Muffola sotto il livello della strada. Disponibile a: <medialink-italia.it>

2.3 Connettori UPC e APC

La principale differenza fra i connettori APC e UPC è rappresentata dall'estremità della fibra. Il connettore APC è caratterizzato da un'estremità che forma un angolo di 8 gradi, invece il connettore UPC è piatto e non ha nessun angolo alla fine. Gli UPC non sono esattamente piatti, ma hanno una leggera curvatura per un miglior allineamento. Un modo per distinguerli immediatamente è quello nel colore UPC sono blu e gli APC sono verdi.

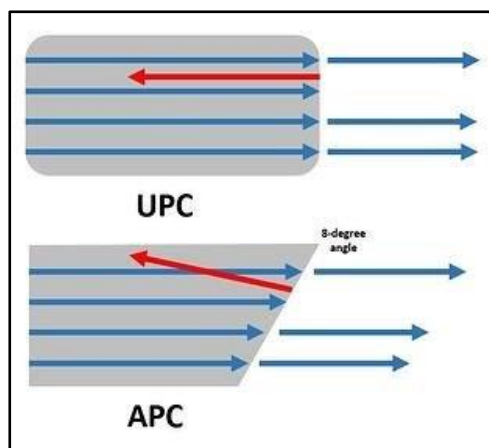


FIG.05 Differenze fisiche tra i connettori. Disponibile a: <belden.com>

In termini di performance, con i connettori UPC, qualsiasi luce riflessa viene riflessa esattamente dritta verso la sorgente luminosa. Mentre la faccia terminale ad angolo del connettore APC fa riflettere la luce riflessa ad un angolo nel rivestimento rispetto all'indietro verso la sorgente. Questo causa qualche perdita di rendimento, il quale è una misura della luce riflessa espressa in valori dB negativi.

La perdita di ritorno è diversa dalla perdita di inserimento, la quale si riferisce alla quantità di potenza ottica persa attraverso il connettore o nella lunghezza del cavo. La perdita di inserimento è quella che noi usiamo per determinare il budget delle perdite. Tipicamente con i connettori UPC è possibile ottenere una più bassa perdita di inserimento grazie al minor spazio d'aria rispetto al connettore APC. Comunque, le tecniche di realizzazioni sono migliorate significativamente per creare angoli più precisi per connettori APC e per generare una perdita di inserimento minore rispetto a quella dei connettori UPC.

Al giorno d'oggi le infrastrutture con tecnologia GPON si realizzano con connettori APC; infatti per ottenere performance accettabili, anche a grandi distanze e dopo vari livelli di splitting, c'è bisogno di una maggiore pulizia del segnale che solo questi connettori con terminazione obliqua riescono a ripulire le frequenze spurie che farebbero degradare il segnale luminoso. [4]

2.4 Le tecnologie e le soluzioni per la rete PON

2.4.1 WDM PON

Questa tecnica permette a ciascun flusso di informazioni di venire assegnato una lunghezza d'onda in modo da consentire il *multiplexing* di più segnali su un unico mezzo trasmissivo. Nel caso specifico di una rete WDM PON, una lunghezza d'onda, o più comunemente un paio di lunghezze d'onda (uno per il flusso in *downstream* e l'altro per il flusso in *upstream*), vengono assegnate a ciascun utente.

È come se a ciascuno di essi venisse fornito un collegamento dedicato in fibra ottica con un segnale ottico ad una determinata lunghezza d'onda, diversa da quelle assegnate ad altri utenti. In altri termini, a ciascun utente viene fornito un *link* ottico punto-punto con il CO. Ne derivano alcuni vantaggi immediati come QoS garantita, più sicurezza del collegamento e servizi simmetrici a banda dedicata.

A differenza del TDM, attraverso il quale a ciascun utente vengono assegnati due time slot uno per ricevere e uno per trasmettere, il WDM non soffre di problemi di scalabilità, ovvero l'impossibilità di ricevere un upgrade per adeguarlo alle future necessità, come lo streaming real-time. Un altro svantaggio della TDM è rappresentato dal fatto che dopo aver stabilito il numero di utenti serviti da ciascun albero PON, le perdite per gli splitter passivi sono fisse e questo limita ulteriormente il power budget. Infine, attraverso questa tecnologia è possibile effettuare un'unione tra reti di accesso e reti metro mediante architetture ad anello ROADM, al fine di creare una rete integrata (accesso-aggregazione-trasporto) altamente flessibile e riconfigurabile.

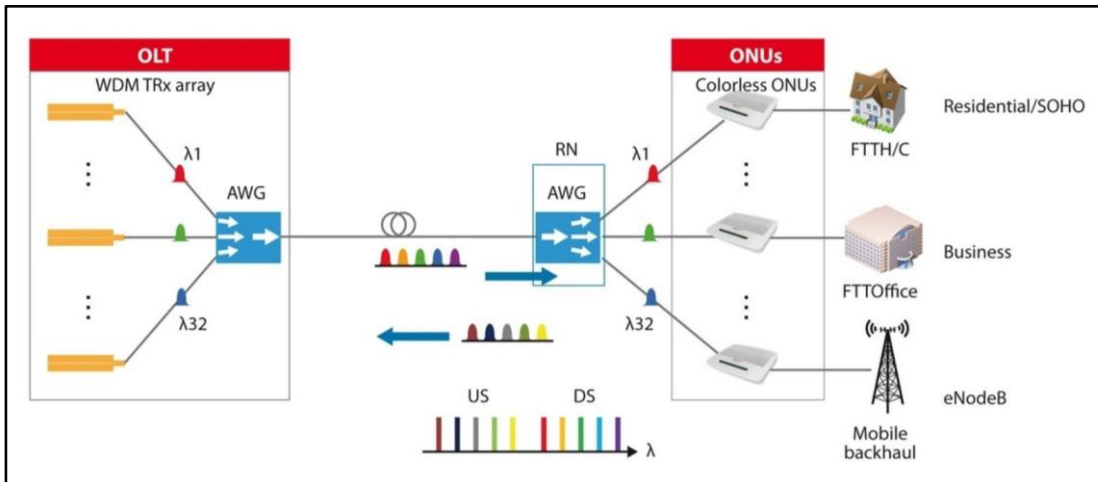


FIG.06 Architettura di rete di accesso WDM PON. (Notiziario Tecnico Telecom 2012)

Nell'architettura WDM PON, mostrata in figura, i trasmettitori settati su diverse lunghezze d'onda sono presenti sia lato OLT che lato ONU, cioè presso il cliente. Invece nel nodo RN è presente un multiplexer/de multiplexer, che separa e ricombina i segnali con diverse lunghezze d'onda da e verso gli utenti finali. Esso è un dispositivo ottico passivo da M ingressi, N uscite e due accoppiatori collegati da K guide d'onda. Se un segnale WDM in *downstream* incide su una porta di ingresso, esso verrà separato nelle diverse componenti cromatiche alle varie porte di uscita, l'esatto opposto succederà con un segnale un *upstream*. Il vantaggio di questo dispositivo è rappresentato dalle basse perdite di inserzione, indipendentemente dal numero di porte. Concludendo le reti WDM PON permetteranno di soddisfare la crescente domanda di servizi che richiedono un alto assorbimento di banda. Negli ultimi anni si è deciso di non utilizzare questa tecnologia per le zone residenziali a causa dell'alto costo e la difficoltà nel gestire e terminare una lunghezza d'onda per utenza, tuttavia questo tipo di reti ha buone potenzialità solo in alcune applicazioni, ad esempio, per supportare reti mobili con una fissata larghezza di banda. [3]

2.4.2 TDWM-PON

La TDWM-PON riesce a combinare i vantaggi di TDM e WDM; infatti offre una maggiore larghezza di banda, un'ottimale flessibilità per la banda assegnata ad utente e una migliore condivisione delle risorse e gestione delle fibre.

Rappresenta lo standard futuro e sarà presente per ogni tipo di PON, anche perché permetterà e supporterà la sovrapposizione di servizi multipli e differenti di varie utenze allo stesso tempo, con lunghezze d'onda dedicate per isolare le applicazioni diverse delle organizzazioni connesse.

La TDWM garantirà una flessibilità senza precedenti, ad esempio permetterà ad un utente di sfruttare la banda di altri utenti, che in quel momento non utilizzano, per accelerare, ad esempio, operazioni di download o upload su cloud.

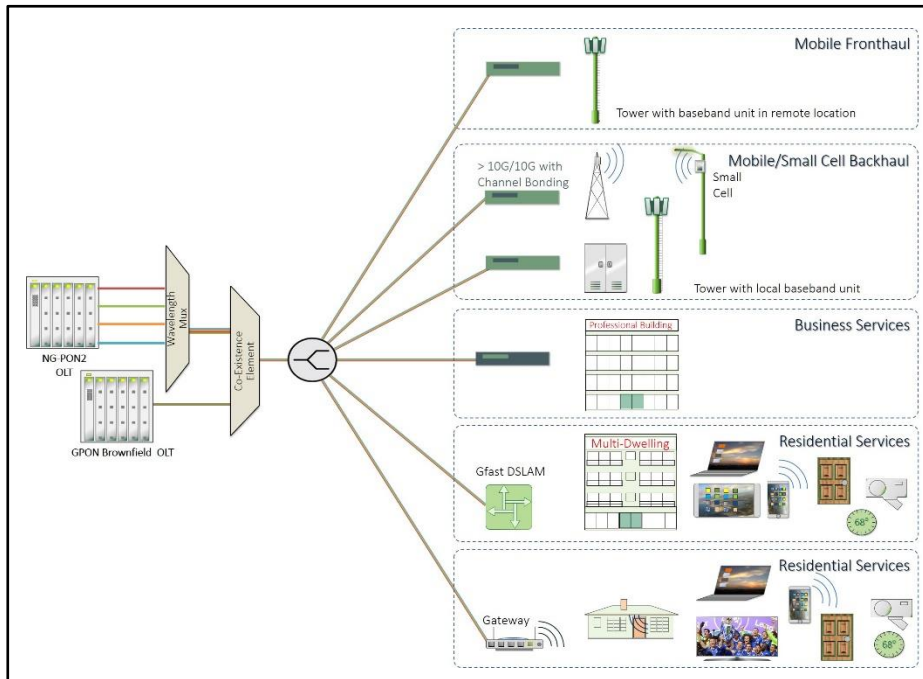


FIG.07 TWDM PON varie implementazioni possibili. Disponibile a: <broadband-forum.org>

In generale questa tecnologia permette di aggiungere flessibilità e scalabilità sia lato provider che lato cliente; infatti differenti lunghezze d'onda possono essere assegnate allo stesso tempo a vari operatori, anche per bilanciare il traffico in certe situazioni. Inoltre, le reti GPON attuali già installate saranno perfettamente compatibili con TWDM-PON, non porta a costi aggiuntivi e la transizione alla nuova tecnologia può avvenire gradualmente e in modo trasparente. [5]

3 Progettazione e dimensionamento di una rete in fibra ottica

3.1 Dorsale provinciale in fibra ottica nel territorio Trentino

La dorsale in fibra ottica in Trentino è già operativa dal 2012, dopo circa 10 anni di lavori. Questa si struttura in tre livelli: quello di dorsale, quello di distribuzione e quello di accesso. La rete è composta da vari punti di accesso cioè nodi di dorsale chiamati POP/Shelter circa 93, creati per interconnettere la dorsale con le reti di accesso territoriali. È stata progettata con una struttura ad anello, per garantire continuità del servizio in caso di guasti e transita attraverso i principali comuni della provincia mediante un cavo con 288 fibre percorrendo circa 1100 Km, sfrutta la tecnologia AON punto-punto. Inoltre, può essere definita, come una rete di transito ad alto livello, che porta connettività sul territorio, fermandosi però solo nei vari nodi.

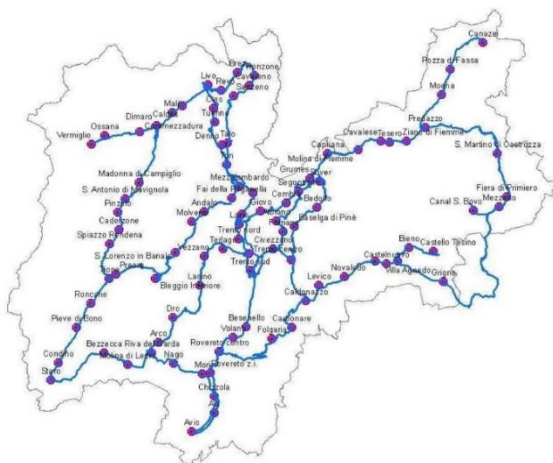


FIG.08 Dorsale punto-punto in Trentino
Disponibile a: <trentinonetwork.it/rete-fibra>



FIG.09 Nodo di dorsale POP/Shelter

Ognuno dei 93 nodi è formato da un piccolo box (POP) che contiene gli apparati degli operatori e i “cassetti” nei quali vengono avvolte le fibre per poterle maneggiare e distribuire, dai tecnici, verso le nuove destinazioni in paese. Questi sono distribuiti omogeneamente nel territorio nei principali comuni trentini. Sta ai vari operatori, ottenendo l’autorizzazione dalla provincia, il compito di noleggiare e richiedere le fibre per poi distribuirle nelle zone limitrofe, dal POP verso i clienti. [6]

3.2 Progettazione generale di una rete punto-punto

Per quanto riguarda la progettazione di una rete punto-punto, sempre basandosi sulla fibra provinciale, le fibre installate si dividono in fibre di transito e di accesso. Quelle di transito provengono direttamente dal POP e giungono nelle aree desiderate o in appositi armadi, in queste tubazioni transita un numero di fibre proporzionale ai possibili utenti da servire, stimati da una valutazione del sistema abitato. Mentre le fibre di accesso raggiungono direttamente le utenze sui singoli tratti e sono posizionate in base al numero delle utenze presenti sul tratto. La topologia della rete “ad anello” è la scelta migliore, in questo modo si può garantire una maggiore affidabilità e stabilità della linea.

La realizzazione della struttura di accesso deve affidarsi per ovvie ragioni di costi e di tempi all'utilizzo di canaline e tubazioni esistenti e sfruttare la concomitanza con altri lavori pubblici in corso per posare la fibra. Le infrastrutture già esistenti devono essere analizzate per garantire la compatibilità di utilizzo per la posa dal punto di vista della stabilità, sicurezza e messa a disposizione dal proprietario.

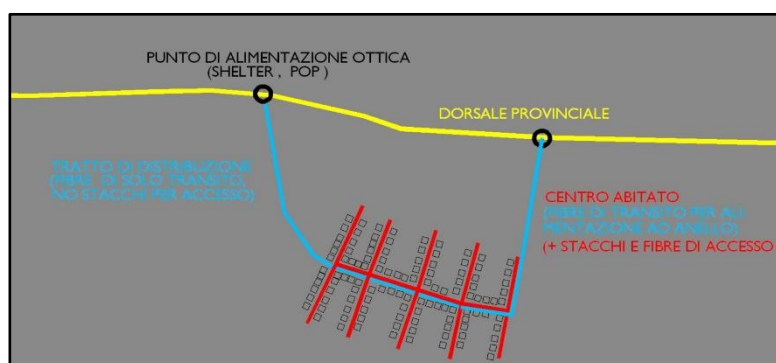


FIG.10 Schema di una topologia “ad anello” comunemente utilizzata

Prima di realizzare un intervento viene eseguito un dimensionamento “a progetto” che ha l’obiettivo di definire, nei tratti interessati, una corretta progettazione delle eventuali infrastrutture e del numero di utenti tenendo conto di eventuali future ricostruzioni o ampliamenti. Perciò si dovrà definire la topologia di distribuzione della zona urbana e la geometria della rete di accesso per quanto riguarda gli interventi da eseguire.

Questo tipo di rete, essendo attiva, richiede alimentazione, perciò in alcune zone, che necessitano una diramazione per raggiungere un numero maggiore di clienti, bisogna posizionare degli apparati, di solito degli switch in fibra e bisogna appositamente installare delle linee di alimentazioni dedicate. Questo fa lievitare inevitabilmente i costi e, ovviamente, non è la scelta da prendere per connettere migliaia di utenti ma solo per fornire connettività ad aziende e a edifici provinciali che richiedono una grande affidabilità e una banda garantita in ogni momento della giornata. [7]

Questo tipo di reti sono generalmente progettate ad anello, in questo modo se in una parte della rete avviene un guasto o un’interruzione, il cliente potrà essere raggiunto sempre dal fascio luminoso anche dalla direzione opposta. Tuttavia, l’uso di questa tecnologia è sempre più raro e i nuovi investimenti in nuove reti puntano quasi totalmente alle reti GPON.

3.3 Rete in fibra ottica di Fiera di Primiero

In questo elaborato si è deciso di analizzare la struttura e gli apparati connessi alla rete in fibra ottica a Fiera di Primiero.

Questa rete è stata installata in concomitanza dei lavori per la posa dei tubi di teleriscaldamento, che servono circa 3000 unità abitative del paese. La connettività al mondo esterno è presa dallo Shelter/POP di Trentino Digitale, attraverso il quale transita la dorsale. Connette la sede ACSM tramite due cavi da 48 fibre, che garantisce un'ampia capacità di banda anche negli anni futuri ed è in grado di supportare in futuro un notevole aumento di utenze.

Dalla centrale escono 3 cavi da 288 e, man mano che vanno verso valle, vengono splittati in cavi da 144/48/24 fino ad arrivare all'utenza con cavi da 12 fibre e in alcuni rari casi con 24 fibre per grandi condomini. Lungo la rete sono presenti due livelli di splittaggio, nella maggioranza dei casi prima un 1/4, poi successivamente un 1/8: ma questo dipende dalle zone e dalla densità abitativa, più un altro livello fatto dall'operatore Tecnodata. Le fibre provenienti dal paese vengono consegnate in un armadio adiacente a quello dell'operatore, le quali sono collegate con delle bretelle. I connettori utilizzati sono APC verdi per ridurre gli errori che potrebbero insorgere sui punti di connessione.

Lo scopo di questi collegamenti era in un primo momento solo quello di controllare in tempo reale i consumi energetici di ogni singola utenza attraverso degli scambiatori, per ottenere una gestione interna dei servizi. Questo servizio è stato, in fase progettuale, volutamente sovradimensionato per esigenze future. Nel periodo successivo alla realizzazione si è pensato di ragionare su come sia possibile sfruttare al meglio le fibre posate per il telecontrollo, in quanto una grande quantità di fibre sono ancora libere e non utilizzate. Inizialmente era stato costruito tutto con anelli chiusi inizialmente circa 50. All'interno di ogni anello erano collegati mediamente 20 utenti, ognuno di essi partiva in centrale e arrivava al primo utente, poi al secondo e così via per poi ritornare in centrale. Però questo imponeva, che tutti gli apparati, in questo caso degli switch, che facevano parte di un anello, fossero attivi e sempre alimentati. Purtroppo, questo regolarmente non succedeva, perché il cliente, per vari motivi, disalimentava la propria utenza, facendo cadere l'intera rete ad anello. Questo ha portato alla necessità di convertire la rete esistente, anche quella di teleriscaldamento, con una nuova, basata sulla tecnologia GPON.

Sono stati creati alberi per il teleriscaldamento, raggiungendo una quasi saturazione delle linee, prendendo delle aree che contenevano 50-60 utenti per realizzare un albero. Invece, per quanto riguarda la rete di connettività Internet, è stata fatta una saturazione molto inferiore intorno al 35-40% delle utenze, questo perché non tutti gli edifici sono connessi alla rete di teleriscaldamento, ma circa solo 1/3. Perciò, in fase progettuale, è stato pensato di raggiungere solo 1/3 di saturazione, al fine di potere connettere più utenti in un successivo momento. Sono, quindi, stati realizzati vari alberi, i quali hanno tutti come nodo centrale la sede ACSM, che supportano un massimo teorico di 64 utenti ognuno, nella realtà sono molti meno nell'ordine dei 25-30. Alcune fibre in centrale sono ancora libere e c'è, anche, la possibilità di posarne altre, quindi è possibile creare altri alberi successivamente. In alcune zone è stato creato un doppio albero sovrapposto per dare la possibilità a più operatori di offrire il servizio, ma poi questa attività è stata sospesa, perché i nuovi apparati GPON di ultima generazione permettevano il transito in contemporanea di vari operatori sullo stesso albero, grazie alla suddivisione delle frequenze, assegnando colori diversi a ciascun operatore. Perciò, in definitiva, si è andato a creare un unico albero per la connettività e un altro solo per il telecontrollo degli impianti di riscaldamento.

In centrale ACSM è presente l'armadio, nel quale arrivano tutte le fibre e dove si trovano gli apparati degli operatori. Attualmente risiedono due ISP: uno Tecnodata che offre connettività attraverso la rete GPON e un altro che usa invece le fibre inutilizzate per offrire servizi punto-punto.

Nel caso dell'azienda trentina Tecnodata questa si occupa di interfacciarsi con i clienti, per quanto riguarda la vendibilità del servizio di connessione. Ma nei successivi mesi, come da suggerimento della provincia di Trento, si provvederà a convertire la rete, passando dall'operatore a un soggetto superiore, come OpenFiber e, quindi, si potrebbe dare accesso alla rete a tutti gli operatori possibili.

Ultimamente, una società esterna ha fornito opportuni report sulle capacità di estensione della rete GPON. Infatti, in fase di progettazione si deve tenere conto dei vincoli tecnici del sistema GPON, cioè la distanza massima tra due ONT appartenenti allo stesso ramo non deve superare i 20 km; perciò, se si superasse questo limite, si potrebbe creare un'attenuazione superiore a 28 dB, che determina l'impianto non utilizzabile, se non solo dopo aver modificato il power budget. Tuttora le utenze più "distanti" ottengono valori intorno a 20 dB, quindi c'è ancora margine per raggiungere ulteriori clienti con ulteriori fattori di splitting. Tutta la rete è stata

collaudata punto per punto, quindi ogni singola unità abitativa ha una verifica e una scheda tecnica del power budget certificato.

Per effettuare le misurazioni e i test per l'attenuazione totale si fa uso della seguente formula, attraverso opportuni algoritmi, qui in forma semplificata: [1.5]

$$At = A_{sg} + (A_f * L) + (N_g * A_g) + (N_d * A_d) + (N_c * A_c) + (A_m * L) + (A_{s \text{ prim}} + A_{s \text{ sec}})$$

A_{sg} = attenuazione introdotta dal sistema di gestione/monitoring per accoppiamento dei segnali pari a 2 dB (apparati WDM + switch)

A_f = attenuazione media introdotta dalle fibre pari a 0,35 (dB/km)

L = lunghezza della tratta (km)

N_g = numero dei giunti a fusione nella tratta

A_g = attenuazione media introdotta da un giunto a fusione pari a: 0,1 dB giunzione fibra singola

N_d = numero dei dispositivi mixer nella tratta

A_d = attenuazione convenzionale introdotta da un dispositivo mixer pari a 0,25 dB

N_c = numero dei connettori presenti nella tratta

A_c = attenuazione media introdotta da un connettore pari a 0,35 dB

A_m = margine di progettazione pari a 0,05 dB/km.

$A_{s \text{ 1/32}}$ = attenuazione introdotta dagli splitter ottici 1/32 pari a 17,5 dB

$A_{s \text{ 1/16}}$ = attenuazione introdotta dagli splitter ottici 1/16 pari a 14,1 dB

$A_{s \text{ 1/8}}$ = attenuazione introdotta dagli splitter ottici 1/8 pari a 10,6 dB

$A_{s \text{ 1/4}}$ = attenuazione introdotta dagli splitter ottici 1/4 pari a 7,4 dB

$A_{s \text{ 1/2}}$ = attenuazione introdotta dagli splitter ottici 1/2 pari a 4,2 dB

Inoltre, ACSM internamente ha fatto un'analisi con un algoritmo che guarda la potenza dello scambiatore al fine di capire quanti utenti potrebbe servire e quindi quante fibre destinare a una determinata zona abitativa. Questo perché è presente uno scambiatore di energia termica per ogni edificio: ad esempio con 4 unità abitative giungono 12 fibre dallo splitter, la prima fibra è destinata al teleriscaldamento la seconda è di riserva, dalla numero 7 alla 10 in poi vengono dedicate alla connessione ad Internet per questa palazzina di 4 unità abitative: queste 4 utenze fanno parte delle 64 potenziali, che possono essere connesse alla fibra dedicata alla connettività, partita dalla centrale. Ma è anche possibile connettere alcune abitazioni non raggiunte da teleriscaldamento semplicemente giuntando le fibre che arrivano in uno stabile con quelle che connettono quello nuovo; infatti molto spesso alcune delle fibre rimangono libere ed è quindi possibile effettuare queste operazioni, al fine di poter fare accedere alla rete un numero sempre maggiore di persone.

Fiera di Primiero e i suoi abitanti dispongono ora di un'infrastruttura moderna e pronta per digitalizzare il comune, questo permetterà di valorizzare il territorio e permettere lo sviluppo di nuove aziende.

3.4 Esempio di progettazione rete GPON dell'azienda trentina Technodata a partire da POP di dorsale a Fiera di Primiero

3.4.1 Tecnodata, l'impresa trentina di telecomunicazioni

L'azienda in questione è un'impresa con sede a Trento, la quale opera nel campo delle telecomunicazioni sia via radio che via fibra ottica nel territorio del Trentino. Si distingue dalle altre note aziende nazionali per il fatto, che riesce a coprire zone e valli della provincia, non raggiunte da altri operatori, attraverso reti radio proprietarie e, quindi, offrire una connettività a banda larga anche verso piccoli paesi. Oltre a questo, vengono venduti servizi cloud e database per le aziende. Si occupa di informatica da oltre 30 anni ed è partner di Trentino Network per la rivendibilità della connettività su rete provinciale WiNet e sulla progettazione e realizzazione di impianti per connettività in fibra ottica. Dal 2011 l'azienda è iscritta al registro degli "Operatori di Comunicazione" con licenze di ISP e WISP.

Non disponendo di grandi budget riesce a fornire i servizi, in fibra ottica, solo ed esclusivamente, dopo aver fatto delle ricerche di mercato e interrogato i possibili clienti sul loro possibile interessamento. Quindi prima della realizzazione di una rete in fibra ottica studia e contatta i possibili clienti al fine di ottenere un ritorno economico sufficiente per mantenere e aggiornare i collegamenti nel tempo.

La realizzazione di una rete GPON, nel caso in esame dell'azienda Tecnodata, viene fatta partendo da un nodo di rete esistente, cioè quello della dorsale provinciale Trentina. L'azienda richiede il noleggio delle

infrastrutture come operatore e, in base alle possibilità, valutare la soluzione migliore da adottare: ad esempio quante fibre noleggiare e da chi noleggiare eventuali tubazioni. Vengono, quindi, fatte tutte le opportune valutazioni in base ai servizi e agli utenti, che ne usufruiranno.

3.4.2 Progetto GPON dell'azienda Tecnodata

Di seguito viene descritta come è stata organizzata la rete e come sono collegati gli apparati dell'azienda, tuttora la rete GPON è gestita solo da questo operatore.



FIG.11 Armadio alimentato con apparati OLT GPON e splitter in sede ACSM Fiera di Primiero (Foto Tecnodata)

A Fiera di Primiero è presente un nodo rappresentato da uno shelter, attraverso il quale transita la dorsale provinciale. L'azienda Tecnodata, come prima cosa, si è occupata prendere a noleggio un cavo dai gestori della dorsale e acquistare una banda pari a 1 Gbps simmetrica sia un upload che download. La posa dei cavi, di circa 500 metri verso la sede ACSM Primiero era già stata effettuata. Sempre in sede è presente un armadio dove vengono attestate tutte le fibre, questa zona rappresenta il nodo centrale delle fibre.

Dalla sede partono tutte le tubazioni, che si diramano sempre di più verso i clienti verso tutte le unità immobiliari. Durante la posa di queste infrastrutture sono state posizionate condotte secondarie al fine di fare passare i cavi in fibra ottica per il controllo in tempo reale dei consumi e dei sistemi di funzionamento. L'azienda Tecnodata ha posizionato in sede ACSM un armadio, mostrato in figura, contenente vari apparati GPON. È presente uno switch in fibra, il quale ha in ingresso il cavo in fibra proveniente dallo snodo dorsale di rete, mentre in uscita è collegato con i tre apparati GPON presenti nello stesso armadio. Questi ultimi hanno 8 porte ciascuno, mentre quello più in alto nell'immagine ha la possibilità di essere aggiornato nel tempo con ulteriori slot. L'azienda in fase di progettazione ha deciso di inserire un ulteriore fattore di splitting nella rete, pari a 1/4 al fine di sfruttare al meglio i rami poco utilizzati e anche gestire un numero maggiore di clienti sulla stessa macchina. È stato possibile anche prendere questa decisione per il fatto che la banda "venduta" ai clienti non supera i 100 Mbps in download e 20 in upload, perciò teoricamente la rete potrebbe supportare molti utenti a fronte del gigabit di banda a disposizione. Gli splitter, sempre montati nello stesso armadio, hanno in ingresso l'uscita di un apparato GPON e in uscita il segnale splittato in 4 cavi in fibra, pronti per essere portati nella direzione delle utenze. Il segnale delle 8 uscite di ogni apparato GPON viene, quindi, ulteriormente diviso in

4, portando la capacità di ramificazioni a 32. In questo caso, in totale si hanno 96 ramificazioni uscenti sulla linea di teleriscaldamento, ogni albero potrà supportare più di 32 utenti, dovuto all'ulteriore fattore aggiunto, ma questo ovviamente dipenderà da molti altri fattori come le distanze tra le zone abitative.

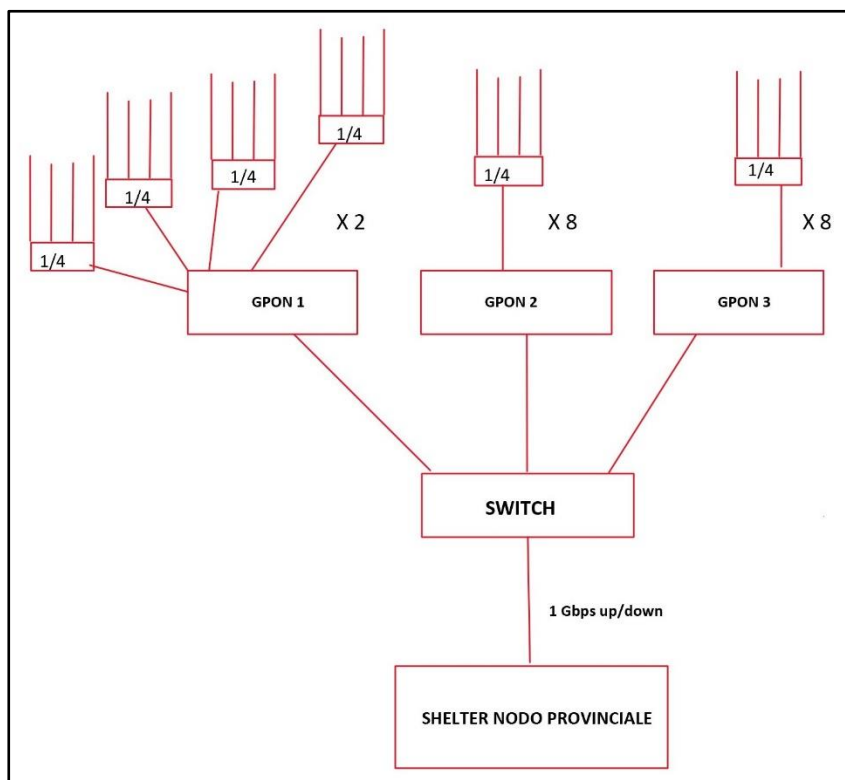


FIG.12 Schema di rete a Fiera di Primiero gestita da Tecnodata (tutti i collegamenti sono in fibra)

Le utenze più distanti da raggiungere risiedono a circa 5 Km dalla sede ACSM. I tecnici dell'azienda hanno calcolato un Power Budget sufficiente per poter connettere anche i luoghi più lontani. Infatti, si deve tenere conto dei successivi fattori di split, che si avranno nelle diramazioni passive sparse per il paese (ad esempio si ha una perdita di 6-7 dB per ogni splitter da 1 a 4, ma c'è anche da tenere a mente che la fibra in sé genera una perdita costante di 0,2 dB al km). Secondo gli standard riguardanti la qualità e potenza del segnale espressi in dB per avere un segnale utilizzabile deve risultare tra -8 e -28 dB (misurato presso l'ONT), perciò l'azienda ha dovuto calcolare fino a quanto poteva spingersi con la rete in base alla distanza dei clienti e al numero di splitting richiesto. Tuttora non ci sono problemi di attenuazione; infatti, solo alcune unità abitative sono nell'ordine dei -20 dB.

L'azienda, non essendo proprietaria della rete fisica, non può operare direttamente su di essa senza il consenso dei gestori del teleriscaldamento, infatti le uniche operazioni che sono state effettuate da Tecnodata sono state quelle in sede centrale, presso i suoi apparati, introducendo solamente un ulteriore fattore di splitting.

Tecnodata ha in questo momento pochi clienti, ma prevede che aumenteranno considerevolmente nei prossimi anni. Se la crescita sarà consistente dovrà necessariamente aumentare la banda a disposizione e cercare di distribuire nel miglior modo possibile le varie utenze per evitare di saturare alcune porte degli apparati GPON. In ogni caso, l'infrastruttura, che gestisce, difficilmente arriverà alla saturazione, ma si dovrà verificare se i collegamenti rispettano le specifiche richieste.

3.5 Progettazione rete AON e GPON a Fiera di Primiero: due tecnologie a confronto

In questa sezione ho voluto analizzare e descrivere un'ipotetica progettazione della rete descritta sopra con struttura di rete AON, questo per fare un confronto diretto ed evidenziare le differenze principali nello sviluppo della rete.

Se la connettività agli abitanti di Fiera di Primiero fosse stata realizzata con tecnologia punto-punto la situazione sarebbe stata molto diversa. Tuttavia, fino allo switch in fibra presente alla sede ACSM la struttura della rete, nella sua semplicità sarebbe stata la medesima. Nell'armadio non sarebbero più presenti apparati GPON, ma sarebbero sostituiti da switch in fibra, che diramerebbero il segnale in vari cavi verso le zone abitative. Purtroppo, questa situazione genererebbe un problema "strutturale", quindi non realizzabile fisicamente. Prima di tutto per collegare le circa 4000 unità abitative, bisognerebbe creare molte decine di diramazioni, in questo caso la tecnologia, essendo attiva, richiederebbe molti apparati alimentati e costosi in molte zone del paese, già questo renderebbe il progetto irrealizzabile. Infatti, per garantire una buona affidabilità del sistema si dovrebbe disporre in questi snodi di sistemi per evitare blackout e avviare la realizzazione di nuovi collegamenti ad anello per aumentare la ridondanza, ovviamente questo farà crescere in modo esponenziale il costo dell'infrastruttura e la difficoltà nel gestirla. In aggiunta anche i costi degli abbonamenti per l'utente risulterebbero proibitivi. Un'altra limitazione, molto importante, non immediatamente riconosciuta, è quella degli aggiornamenti; infatti se in un prossimo futuro si decidesse di aumentare drasticamente la capacità dei collegamenti, a causa di richieste di mercato, non è detto che i dispositivi attivi, tra l'utente e la sede, siano in grado di supportare queste velocità. In questo caso si avrà la necessità di sostituire i vecchi apparati con nuovi con tutte le conseguenti criticità e disservizi.

D'altronde ci sarebbero dei vantaggi riguardanti l'affidabilità e l'ampia banda a disposizione la quale non deve essere condivisa con altre utenze, inoltre i clienti distanti molti km possono essere coperti senza problemi di attenuazione del segnale. Un ulteriore vantaggio ci sarebbe quando a seguito di un guasto o di un'interruzione sulla linea risulterebbe più facile e veloce identificarlo e localizzarlo, questo perché i dispositivi attivi collegati alla rete saprebbero indicare e informare quali collegamenti e connessioni non sono più in linea.

Tuttavia, questi benefici non giustificano, gli enormi investimenti che una società andrebbe a effettuare per coprire, nel caso di Fiera di Primiero, una città con solo qualche migliaio di abitanti, infatti questo servizio, specialmente nei primi anni, sarà richiesto solo da una piccola parte di possibili clienti.

Questo era solo un esempio per chiarire il fatto che la tecnologia punto-punto, anche se garantisce le migliori performance, non è adatta per connettere migliaia di utenze, ma invece è stata ideata e sarà sempre utilizzata per garantire una connessione stabile e affidabile a grandi strutture, come aziende o istituti provinciali e statali.

4 Rete GPON: scalabilità, flessibilità e aggiornabilità

Le reti di nuova generazione vengono per la maggior parte realizzate attraverso la tecnologia GPON, questa si rivelerà come la scelta infrastrutturale migliore, perché è la soluzione ideale per connettere una zona con molta densità abitativa, riducendo i costi e, dove è possibile, sfruttare le tubazioni esistenti grazie al minor numero di fibre richieste. Ma l'aspetto più importante è quello della sua grande scalabilità, flessibilità e aggiornabilità nel tempo; infatti ogni modifica alla rete risulterà del tutto trasparente all'utente e non si avrà la necessità di modificare fisicamente la rete se non in minima parte agli estremi della rete stessa, solo in alcune rare situazioni. La GPON è solo la prima di una serie evolutiva di versioni, nei prossimi anni a causa dell'aumento dei dispositivi connessi e della quantità di banda richiesta sarà necessario passare agli step successivi, come indicato nell'immagine sottostante.

GPON	→ XG-GPON	→ XGS-PON	→ NG-PON2
Downstream 2,5 Gbit/s	Downstream 10 Gbit/s	Downstream 10 Gbit/s	Downstream 40 Gbit/s
Upstream 1,25 Gbit/s	Upstream 2,5 Gbit/s	Upstream 10 Gbit/s	Upstream 10 Gbit/s

FIG.13 Evoluzione di GPON nei prossimi anni. Disponibile a: <OpenFiber>

Il primo step evolutivo è rappresentato dalla tecnologia XG-PON che riesce a garantire fino a 10 Gbit/s solo in downstream mentre l'XGS-PON anche in upstream. L'ultima evoluzione quella più interessante è la NG-PON2, infatti riesce a spingersi fino a 40 Gbit/s in downstream e 10 in upstream. Come tutte le altre la NG-PON2 è compatibile con le esistenti reti PON e richiede solo la sostituzione degli apparati agli estremi della rete. Utilizza l'architettura TWDM-PON con lunghezze d'onda tra 1524 nm e 1554 nm in upstream, mentre tra 1596 e 1602 nm nella direzione di downstream, quindi combina la luce proveniente da 4 OLT con lunghezza d'onda fissa attraverso un multiplexer, poi la luce viene filtrata per ogni ONU con un filtro attivo che fa passare solo la frequenza desiderata al ricevitore. Mentre in direzione upstream i laser di ogni ONU vengono dinamicamente assegnati a una lunghezza d'onda che si combinano in splitter e multiplexer passivi, la ricezione da parte dell'OLT viene gestita dal protocollo TDM.

Le reti di nuova generazione hanno una rete ottica basata su DWDM di tipo EON (Elastic Optical Network) con tecnologie ROADM-FLEX (Reconfigurable Optical Add and Drop Multiplexer) attraverso le quali è possibile aggregare allo stesso tempo più canali ottici su una fibra singola per ottenere elevate capacità e alti gradi di scalabilità. [8]

Per quanto riguarda il caso di Fiera di Primiero essendo in fase di progettazione sovradimensionato non avrà problemi a supportare un aumento considerevole di banda e di utenze, quindi sarà pronto anche in un prossimo futuro quando sarà necessario evolvere la rete verso le nuove generazioni di GPON. Grazie alle fibre in eccesso e non utilizzate il comune potrà offrire nuove opportunità ai cittadini e gli operatori avranno più libertà nell'espandere e aggiornare le capacità dei propri servizi.

5 Conclusioni

L'uso di internet è in continuo aumento, siamo sempre più connessi e andiamo verso una diffusa e generale digitalizzazione. Buona parte, se non quasi la totalità, delle nostre attività quotidiane richiedono un collegamento alla rete. Per questo motivo è necessario permettere a tutti l'accesso ad Internet in maniera veloce, efficiente, sicura. Per quanto riguarda l'accesso fisso, è e sarà preponderante il ruolo delle tecnologie che sfruttano la fibra ottica per il raggiungimento di tali risultati. Per realizzare le reti di nuova tecnologia in fibra ottica ci si può affidare a due architetture: la modalità di connessione punto-punto o quella GPON. La tecnologia dominante, almeno per quanto riguarda l'ambito europeo, è la GPON. Questa permette una migliore fornitura dei servizi verso una zona con molta densità abitativa ed è rappresentata da una soluzione punto - multipunto. In questo elaborato, dopo aver descritto i componenti, gli apparati e gli aspetti rilevanti della rete in fibra ottica passiva, si è affrontato, con maggior dettaglio, la progettazione e il dimensionamento di un'infrastruttura in fibra ottica per la rete di accesso, che implementa la tecnologia GPON, della quale vengono indicati vantaggi, sviluppi e aggiornamenti. Questo lavoro si è, inoltre, concentrato sul caso della realizzazione della rete GPON a Fiera di Primiero da parte dell'azienda Tecnodata di Trento. GPON è attualmente la più solida tecnologia di accesso fisso su reti PON e consentirà in futuro un progressivo e considerevole aumento della capacità trasmissiva.

Si evidenzia che i vari service provider potranno provvedere a far evolvere la rete gradualmente senza la necessità di grandi investimenti per riprogettare l'intera rete, se la medesima è stata ideata in precedenza in modo che fosse scalabile e flessibile. Può, quindi, essere aggiornata gradualmente e in modo trasparente per gli utenti. In questi casi, avendo a disposizione una rete in fibra ottica passiva, non si dovrà più preoccuparsi che nel giro di pochi anni questa possa diventare obsoleta; infatti per una rete di questo tipo non saranno più necessari grandi cambiamenti strutturali o implementativi. Le zone, che richiederanno un aggiornamento, saranno solo agli estremi di questa, rendendo, così, il sistema estremamente solido e affidabile nel tempo. I successivi investimenti riguarderanno solo la necessità di creare una rete passiva più capillare possibile.

Nel caso di Fiera di Primiero, i gestori hanno già iniziato a organizzare i primi incontri con operatori per decidere, come verrà gestita e organizzata logicamente la rete; infatti si è pensato di affidare tutto a Open Fiber e, quindi, permettere a tutti gli operatori di poter accedere e vendere i propri servizi. Per fare questo si può sfruttare la tecnologia di suddivisione della frequenza, assegnando cioè a ciascun operatore una lunghezza d'onda diversa da utilizzare in contemporanea nelle fibre ottiche condivise. Inoltre, questa rete, essendo sovradimensionata ha a disposizione ancora delle fibre inutilizzate le quali potranno essere destinate per l'espansione della rete, in modo da coprire i clienti non raggiunti da teleriscaldamento o destinarle a nuovi progetti come lo sviluppo del 5G.

Le reti punto-punto, come dimostrato dalle ipotesi di realizzazione, si sono dimostrate inefficienti nel contesto urbano con una elevata densità abitativa. Inoltre la posa dei questo tipo di infrastruttura potrebbe provocare disagi ai cittadini. In questo elaborato si è voluto evidenziare, come la tecnologia GPON stia causando cambiamenti, dal punto di vista commerciale, ma soprattutto da quello infrastrutturale, le scelte che effettuano gli ISP. Infatti, gli investimenti si stanno concentrando sullo sviluppo di reti destinate a coprire più clienti possibili, solo tramite queste nuove tecnologie, come i protocolli di suddivisione di frequenze e i nuovi apparati passivi sarà possibile realizzarle. I provider si stanno, inoltre, muovendo verso una direzione, nella quale non esistono più reti separate proprietarie, ma esiste una sola rete, performante, all'avanguardia e, soprattutto, condivisa. Questo però non limiterà i vari operatori, anzi, grazie alle varie tecniche di trasmissione sarà possibile sfruttare i collegamenti non solo per fornire connessione alle utenze. Infatti, nel prossimo futuro, quello, che differenzierà un ISP da un altro, sarà rappresentato non tanto dalla velocità di connessione, ma dai servizi aggiuntivi, offerti all'utente, che, solo grazie alle reti GPON, sarà possibile sviluppare.

Bibliografia

- [1] Cinato P., Marigliano F., Valvo M., 02/2012, *Notiziario tecnico Telecom 2-2012*
- [1.5] Documento Norma tecnica: Criteri di progettazione FLASH FIBER della rete ottica di distribuzione secondaria con sviluppo dell'architettura "FTTH OVERLAY" con GPON a 64 (Telecom)
- [2] John, 13/05/2015, *ABC of PON: Understanding OLT, ONU, ONT and ODN*. Disponibile a: <community.fs.com/blog/abc-of-pon-understanding-olt-onu-ont-and-odn.html>
- [3] Muciaccia T., Pileri S., *Reti WDM PON: principali sfide*. Disponibile a: <www.telecomitalia.com/tit/it/notiziariotecnico/numeri/2014-2/capitolo-10.html>
- [4] Dwayne Crawford, *APC vs. UPC: What's the Difference?* Disponibile a: <www.belden.com/blog/data-centers/upc-or-apc>
- [5] 08/06/2015, *TWDM-PON: Taking Fiber to New Wavelengths*. Disponibile a: <www.fiber-optical-networking.com/tag/twdm-pon>
- [6] *Fibra ottica, La rete in fibra ottica: una garanzia sul futuro*. Disponibile a: <www.trentinodigitale.it/Infrastrutture/Reti-Tlc/Fibra-ottica>
- [7] 08/2012, *Linee guida per la realizzazione della distribuzione orizzontale per la rete provinciale di accesso in fibra ottica NGN*.
- [8] 01/06/2020, *NG-PON2*. Disponibile a: <en.wikipedia.org/wiki/NG-PON2>