

شبکه های نوری پسیو (Passive Optical Network)

مقدمه:

در این مقاله سعی شده است ضمن تعریف شبکه های نوری غیر فعال (پسیو) بصورت اجمالی ، تفاوت های آنها در انواع برتر این سیستمها (EPON و GPON) بررسی شود.

استفاده از بستر ارتباطی فیبر نوری بدلیل قطر کم کابلهای نوری نسبت به مسی و قابلیت های غیر قابل انکار شبکه نوری جزو بحث های جدید و روز دنیای ارتباطی و کشورمان میباشد . در سالهای اخیر باوجودیکه استفاده از کافو های نوری (اکتیو) رشد فراوانی یافته و کمک شایانی در کاهش موثر شبکه های کابل مسی نموده است ولی بدلیل هزینه های نگهداری زیاد و تعدد خرابیها که ناشی از استفاده از عناصر فعال در اجزای این سیستم هاست ، متخصصان را بر آن داشته است که گام را فراتر نهاده و از عناصر تمام نوری استفاده بیشتری نمایند ، زیرا این نوع شبکه ها ضمن کارایی بهتر و نگهداری آسانتر ، نیاز به هیچ منبع الکترونیکی نداشته و مبدل های زاید الکترونیکی به نوری و بالعکس لازم ندارند .

شبکه های نوری پسیو که ارائه دهنده سرویسهای روز به کاربران و مشترکین میباشد ، نمونه ای مناسب برای بحث FTTH میباشد و با کاهش فاصله دسترسی مشترکین به فیبر (تا خانه) امکانات و مزایای فراوانی در اختیار مشترکین پر توقع دنیا قرار میدهند . افزایش فاصله دسترسی در این شبکه ها مشترک با فاصله حداکثر 20 کیلومتر را به مرکز سرویس دهنده وصل میکند ، در حالیکه این فاصله در دسترسی مسی با کابل قطر 0.4 میلی متر محدود به 4200 متر است . امکانات تغییرات در توسعه شبکه در PON بمراتب سریعتر و راحتتر از سایر شبکه های موجود میباشد و در نهایت هزینه های ارتباط مشترک لینک نوری با لحاظ تمام امکانات و محدودیت های موجود افقی روشن در افزایش مشترک FTTH در کشور خواهد بود.

تعریف PON :

یک PON که مخفف Passive Optical Network (شبکه نوری پسیو) میباشد یک شبکه نوری قابل دسترسی باند عریض است که دارای عناصر غیر اکتیو یا پسیو بوده و جزو شبکه های Point to Multi point است که ارائه دهنده سرویسهای مختلف Voice و Data و CATV می باشد.

PON ها برای تهیه پهنای باند وسیعتر در شبکه دسترسی [1] بکارگیری میشوند. در اصل یک PON یک شبکه نوری نقطه به چند نقطه میباشد جائیکه یک لاین ترمینال نوری در مرکز تلفن به چندین یونیت نوری ONU در گره ها (Nodes) از طریق یک یا چند اسپلیتر نوری 1:N متصل است. شبکه نوری مابین OLT و ONU پسیو میباشد یعنی احتیاج به هیچ منبع تغذیه ای ندارند.

ساختار PON :

تمامی ساختار PON مابین لاین ترمینال نوری (OLT) و یونیت ONU بوجود می آید. لاین ترمینالهای نوری در محل مرکز تلفن (CO) قرار دارند و کافوهای نوری (ONU) در طرف و نزدیکی مشترکین میباشد. کافوهای نوری سرویسهای مختلف صدا و تصویر را برای مشترکین بوجود می آورد.

PON ها یک تک طول موج را در هر دو طرف Downstream (مرکز بطرف مشترک) و Upstream (مشترک بطرف مرکز) بکار میبرند و طول موجها بر روی همان فیبر از طریق واحدهای ماکس و دماکس مالتی پلکس منتقل میشوند. (PON نوع WDM)

پس علت اینکه چرا PON بعنوان یک شبکه غالب نوری انتخاب میشود بدلیل زیر است:

1- افزایش قابلیت شبکه و ضریب اعتماد بالای این شبکه بعلمت اینکه هیچ ابزار اکتیوی در مسیر وجود ندارد.

2- کاهش هزینه های مربوط به منابع نوری

3- زمان کوتاه نصب شبکه

4- قابلیت مقیاس بالارونده به نحوی که اولاً : یک مشترک جدید براحتی میتواند به شبکه اضافه شود و ثانیاً : پهنای باند تقسیم شونده بگونه ای است که برای هر مشترک بر حسب تقاضا تعیین شود.

5- استفاده از یک فیبر با 128 مشترک

6- پشتیبانی چندین مشترک تا برد 20 کیلومتر بدون نیاز به تقویت کننده نوری یا ریپیتر .

6-1 توپولوژی PON :

با توجه به اینکه در PON لاین ترمینالهای نوری با واحدهای نوری ONU از طریق یک لاین فیبر ارتباط دارد، طرز قرار گرفتن واحدهای نوری ONU و ارتباط آنها با لاین ترمینال نوری سه نوع توپولوژی ایجاد میکند و یک کوپلر 1×2 و یک اسپلیتر $1 \times N$ عناصر اصلی این ارتباطها هستند :

1- PON با توپولوژی درختی (Tree PON Topology):

در این حالت از یک اسپلیتر $1 \times N$ برای ارتباط ONU ها استفاده میشود.

2- PON با توپولوژی (Bus PON Topology) (Bus)

در این حالت از چند کوپلر از نوع 1×2 برای ارتباط دهی ONU ها استفاده میشود.

2- PON با توپولوژی (Ring PON Topology) (Ring)

در این حالت از چند کوپلر از نوع 2×2 برای ارتباط دهی ONU ها استفاده میشود.

در اغلب آرایش های اصلی ، شبکه دسترسی برای حفاظت احتیاج به سوئیچ حفاظتی سریع [2] دارد و در این حالت چندین مسیر ارتباطی مابین لاین ترمینال و واحد نوری بصورت حفاظتی قابل سوئیچ کردن میباشد.

توپولوژی مختلف PON

در مسیر Upstream (از OLT به طرف واحدهای نوری ONU) یک PON همانند یک شبکه نقطه به چند نقطه (Point to Multi Point) عمل میکند ولی در مسیر Downstream (از ONU بطرف PON) همانند یک شبکه چند نقطه به یک نقطه (Multi Point to Point) میباشد و واحدهای نوری همه اطلاعات را بطرف لاین ترمینال مخابره میکنند.

بر اساس خاصیت یک اسپلیتر نوری اطلاعات یک ONU نمیتواند توسط ONU دیگر دریافت شود با اینحال جریان اطلاعات از ONU های مختلف ممکن است بطور همزمان در موقع ارسال بهم برخورد کنند . بنابراین در مسیر Upstream یک PON بایستی کانالهای جداگانه ای را برای جلوگیری از ادغام اطلاعات بکار بگیرد و بطور صحیح ظرفیت کانالهای فیبر نوری و منابع را تسهیم کند.

7-1 جداکننده های نوری یا ترکیب گرهای نوری [3] :

یک PON وسایل و قطعات پسیو (به منبع تغذیه نیاز ندارند) را برای انشعاب سیگنال نوری از یک فیبر به چند مسیر فیبر بکار میگیرد و بطور متقابل چند سیگنال نوری از چند مسیر فیبر نوری را به یک فیبر هدایت و ترکیب میکنند.

این وسیله همان ترکیباتی از کوپلر نوری میباشد. در ساده ترین حالت یک کوپلر نوری شامل دو فیبر میباشد که بهم آمیخته میشوند.

سیگنال توان دریافتی در هر پورت ورودی به دو مسیر خروجی انشعاب داده میشود. نرخ و نسبت جداسازی سیگنال توان در یک اسپلیتر نوری میتواند توسط طول موثر کاپلینگ کنترل شود بنابراین مقدار ثابتی است.

یک کوپلر $N \times N$ توسط بکارگیری چندین کوپلر 2×2 که بطور متناوب چیده شده اند تولید میشود و یا بوسیله تکنولوژی موجبرهای نوری دو وجهی ساخته میشوند.

دو نوع کوپلر 8×8 : (3-stage) b) 4-stage a

کوپلرها توسط پارامترهای زیر توصیف میشوند :

Spilliting Loss	-1
Insersion Loss	-2
Directivity	-3



Spilliting Loss: این تضعیف عبارت است از سطح توان در خروجی کوپلر بر سطح توان در ورودی بر حسب دسی بل. برای یک کوپلر ایده ال 2×2 این پارامتر برابر 3 dB است.

در شکل 8 دونوع توپولوژی مختلف از کوپلر 8×8 که بر پایه کوپلرهای 2×2 میباشد رسم شده است. در حالت a تنها 1 تا 16 امین ورودی به هر خروجی انتقال داده میشود ولی در حالت b که یک طرح کارآمد و موثر است و این طرح معروف به طرح Multisatge Interconnection Network میباشد هر خروجی از 1 تا 8 امین ورودی دریافت میکند.

Inserion Loss: پارامتر تضعیفی که مربوط به نقیضه ساخت میشود و بطور نوعی برابر 0.1 تا 1 دسی بل است.

Directivity: در هر کوپلر قسمتی از توان یک ورودی به ورودی دیگر رخنه میکند. این پارامتر در کوپلرهای نوری - 40 dB تا 50 dB است.

اغلب کوپلرها بصورت یک ورودی یا یک خروجی ساخته میشوند که یک کوپلر تنها با یک ورودی همانند یک Splitter عمل میکند و یک کوپلر با تنها یک خروجی همانند یک Combiner است.

بعضی وقتها کوپلرهای 2×2 بصورت نامتقارن و با نسبت جداسازی $5/95$ یا $10/90$ ساخته میشوند. این نوع کوپلرها برای جداسازی یک جزء کوچک سیگنال مانند سیگنال مانیتورینگ (Monitoring) بکار میروند. این کوپلرها tap coupler نامیده میشوند.

8-1 تقسیم بندی PON از لحاظ سیستم مالتی پلکسینگ :

شبکه های نوری پسیو را میتوان از نظر سیستم مالتی پلکس بکار رفته در آنها به شاخه های مختلفی تقسیم کرد.

WDMA PON 1-8-1 :

یکی از راه های جداسازی کانالهای Upstream در ONU ها که بر اساس مالتی-پلکسینگ طول موج میباشد Access Wavelength Divition Multiplexing نامیده میشود. در اینحالت هر ONU در یک طول موج خاص خود کار میکند. از نظر تئوری این راه حل یک راه حل ساده است ولی هزینه گرانی برای شبکه دسترسی برجای میگذارد.

در WDMA یک گیرنده Tuneable (قابل تنظیم) در واحد گیرنده نوری در لاین ترمینال برای دریافت طول موجهای مختلف لازم دارد.

در تغییر مکان یک مشترک از یک ONU به ONU دیگر طول موج دریافتی و اختصاصی به مشترک بهم خواهد خورد و سیستم PON بدرستی عمل نخواهد کرد. بکارگیری لیزر از نوع Tunable در ONU میتواند بعنوان راه حلی مطرح شود ولی این نوع واحدهای نوری در تکنولوژی فعلی بسیار گران است.

شبکه از نوع WDMA PON بدلیلی که در بالا اشاره شد راه حل جذابی در دنیای امروزی نیست. چندین راه حل مناسب بر پایه WDMA پیشنهاد شده است. یکی از اینها نامیده میشود: Wavelength routed PON (WRPON)

یک WRPON یک AWG (Arrayed Waveguide Grating) را بجای یونیت های Splitter/Combiner استفاده میکند.



در تغییراتی ONU ها مدولاتورهای خارجی را برای مدوله سازی سیگنالهای دریافتی از لاین ترمینال نوری (OLT) و بازگشت آنها در مسیر Upstream بکار میگیرند. این راه - حل نه تنها ارزان نیست بلکه تقویت کننده های جداگانه ای بدلیل تضعیف سیگنال در پروسه انتقال دوطرفه لازم دارد. و نیز قطعات نوری گرانتیتمت برای محدود کردن سیگنال بازتابشی نیاز است از آنجائیکه در هر دو مسیر Upstream و Downstream همان طول موج بکار میرود. بنابراین برای انتقال مستقل بایستی N گیرنده در OLT و یک گیرنده در هر واحد نوری ONU داشته باشیم.

در تغییری دیگر ONU ها از LED های ارزان در باند طیفی پهن انشعابی از AWG در مسیر Upstream استفاده میکند ولی همچنان نیاز به چندین گیرنده در OLT بر جای میماند.

اختیارات مربوط به انتخاب طول موج و پنجره های طول موجی مختلف شامل موارد زیر میباشد که بر اساس نیازهای انتخابی و شرایط شبکه های موجود انتخاب میشوند:

الف - CWDM با فاصله 20 نانو متر

ب - WWDM با فاصله 4-5 نانو متر

ج - DWDM با فاصله 8 دهم نانو متر

د- UDWDM با فاصله کمتر از 4 دهم نانو متر

شکل 4 : باندهای مختلف طول موج نوری WDM-PON

: WDM PON 2-8-1

معماری WDM PON در سال 1990 میلادی پیشنهاد شده است و در این معماری از چندین طول موج با استفاده از تکنولوژی WDM استفاده شده است ولی بنا به دلایلی زیر هنوز تجارتي نشده است و توپولوژی های دیگر همچون E-PON و G-PON ترجیح داده میشود این دلایل عبارت است از:

1- فقدان یک مارکت قابل دسترسی که نیاز به پهنای باند بالا داشته باشد.

2- تکنولوژی ایزاری نابالغ و فقدان یک شبکه مناسب درخور که پروتکلها و نرم افزاری برای این معماری را پشتیبانی کند.

درست است که در طی سالهای اخیر عوامل بالا تعدیل یافته است ولی هنوز مشکلات باقی است. یک ساختار WDM PON با پشتیبانی چندین طول موج بر روی یک فیبر نوری زیر ساخت نمیتواند تلفات قدرتی اسپلیترهای مورد استفاده در ساختارهای TDMA PON را تحمل کند.

در WDM PON هر واحد نوری (ONU) میتواند در یک نرخ بالا بسوی بیت کامل یک کانال طول موجی عمل نماید و علاوه بر این اختلاف طول موجها ممکن است در بیت ریت های مختلفی در صورت نیاز عمل نماید، از اینرو گونه های متفاوتی از سرویسها میتواند بر روی همان شبکه پشتیبانی شود. بعبارت دیگر تنظیمات مختلف طول موجها میتواند برای پشتیبانی از مشترکین PON های مستقل و متمایز بر روی همان فیبر زیرساخت عمل نماید.

در مسیر پائین رونده یک WDM PON کانالهای طول موجی عبوری از لاین ترمینال نوری به واحد نوری توسط یک روتر AWG پسیو که در [4]RN مستقر شده، جمع میشود.

AWG که یک ابزار نوری پسیو است با یک حالت دنباله دار [5] و دوره ای چندین طیف نوری حاصل از ورودی را در پورت خروجی جمع میکند. برای فواصل دوباره استفاده شده در کانالهای طول موجی لازم است که برای انتقال چندین طول موج به واحد های نوری یک منبع چند طول موج در لاین ترمینال نوری استفاده شود.

برای مسیر بالارونده، در لاین ترمینال نوری از یک دمالتی پلکسر WDM موازی با یک گیرنده آرایه ای برای دریافت سیگنالهای Upstream استفاده میشود. بعلاوه اینکه ارسالهای بالارونده و پائین رونده در پنجره های طول موجی مختلف اتفاق می افتد، هر واحد نوری به یک فرستنده و گیرنده برای ارسال و دریافت روی طول موجهای مخصوص بخود مجهز میشود.

این نوع PON که همان در تقسیم بندی WDM PON میباشد چندین طول موج در یک رشته از فیبر برای افزایش ظرفیت شبکه بدون افزایش نرخ دیتا بکار میرود. طرحهای مختلفی پیشنهاد شده است ولی کانون اکثریت معماری شبکه آنها به شیوه های است که در آن یک روتر نوری پسیو جایگزین اسپلیتر نوری مورد استفاده در PON های دیگر شده است.

در این طرح هر جفت لاین ترمینال و واحد نوری یک طول موج اختصاصی دارند و بنابراین دو واحد ارسال و دریافت در لینک نقطه به نقطه خود لازم دارند. (شکل 1-10)

یک روتر نوری پسیو در محل گره دور [6] قرار داده میشود و توسط AWG [7] یا یک مجموعه ای از فیلترهای فیلم باریک (TFFs) [8] تحقق می یابد. یک AWG میتواند بر روی چندین رنج طیفی آزاد عمل نماید و اجازه دارد در هر دو مسیر بالارونده و پائین رونده بکار رود.

برای بکارگیری AWG در محیط بیرونی نیاز به طراحی خاصی است زیرا یک AWG در حدود 5dB تلفات نوری دارد که این 12dB کمتر از آنچه است که در یک Power Splitter از نوع 1:32 بکار میرود.

شکل 5: یک نوع از معماری WDM PON با استفاده از AWG

یک طراح WDM PON بایستی بر روی اختصاص طول موجها و نیز فاصله آنها مبتنی بر مشخصات مورد نیاز تصمیم بگیرد. در این راستا دو نوع گزینه عمده برای WDM PON وجود دارد:



1- [9]CWDM-PON

2- [10]DWDM-PON

کلیه لاین ترمیالها و واحدهای نوری شامل فرستنده و گیرنده و مالتی پلکسر نوری هستند و قسمتهای گیرنده و فرستنده به تلفات و پروتکلهای مربوطه وابستگی دارند و مالتی پلکسر ها و دمالتی پلکسر ها که در RN گسترش یافته اند متغیر هستند.

1-3-8 CWDM-PON :

فواصل طول موجی بیشتر از 20 نانومتر عموماً CWDM نامیده میشود. اینترفیس های نوری که برای CWDM استاندارد شده است میتوان در ITU G.695 یافت و در اینجا طیف شبکه ای برای CWDM تعریف شده است.

اگر رنج طول موجی کامل 1271-1611 نانومتر که در استاندارد ITU G694.3 آورده شده است بصورت فواصل 20 نانومتر بکار روند پس در مجموع 18 کانال CWDM طبق شکل 10 قابل دسترسی خواهد بود.

یک نوع از فیبر نوری که در استاندارد D&ITU G.652 C تعریف شده است و دارای خاصیت مولفه پیک آب پائین است و تلفات توانی آن نیز در رنج 1370-1410 نانومتر حذف شده است، بعنوان فیبر نوری تک مد برای طیف پهن ارسال (CWDM) میتواند بکار برده شود.

پارامتر دیسپرشون در شکل 11 به گسترش سیگنال بستگی دارد و این پارامتر ممکن است فاصله انتشار را بطوریکه نرخ اطلاعات بالاتر شود محدود نماید. از اینرو تنظیم محض طول موج ها برای شبکه نوری پسیو از نوع CWDM نیاز نیست و قسمت کنترل حرارتی لازم ندارد و ایجاد آن نسبت به DWDM-PON ارزانتر است. از این گذشته طول موج مالتی پلکسر با کراستاک (همشوائی) پائین میتواند بطور آسان تر برای CWDM انجام وظیفه نماید.

ولی بزرگترین اشکال CWDM محدودیت تعداد کانال های آن است. اشکال دیگر این سیستم این است که کانالهای طول موج کوتاه تر تلفات بالایی را تحمل میکند، در نتیجه محدودیت فاصله ارسال یا محدودیت نرخ انشعاب را به همراه خواهد داشت.

شکل 6 : طول موج اختصاصی برای CWDM

یک مثال خلاصه برای CWDM-PON میتواند تحت نام Triple Play میتوان پیدا کرد که سرویس شبکه نوری پسیو کانال طول موجی 1550 نانومتر را برای ویدئوی CATV و 1490 نانومتر را برای Downstream و 1310 نانومتر را برای Upstream بکار میبرد.

در یک کاربرد توسعه یافته کانالهای 1360-1480 نانومتر CWDM برای سرویس تجاری مرغوب بکار میرود و سرویسهای Triple Play عادی برای مشترکین عادی بکار می رود.



: DWDM-PON 4-8-1

این نوع PON با ساختار WDM چگالی بالا، دارای فواصل طول موجی بمراتب کوچکتر از CWDM در حد کمتر از 3 نانو متر است.

DWDM برای ارسال طول موجهای زیادی در یک پهنای باند محدود گسترش یافته است و انتظار میرود که برای تهیه پهنای باند کافی برای مشترکین زیاد، بسیار مفید باشد و به سیستم نهایی PON بکار رفته وابسته است.

برای شبکه لیزری سیستم DWDM از نوع نقطه به نقطه، استاندارد ITU G.602 پهنای باند 100 گیگا هرتز با یک طول موج مرکزی 1553.52 نانو متر بر روی طول موج ناحیه ای 1528.77-1563.86 نانو متر را توصیه میکند.

این فضای 100 گیگا هرتز برای اکثر سیستمهای DWDM نکار برده شده است ولی فضای 50 گیگا هرتز لیزر دیود و فیلترهای نوری بیشتر بصورت تجاری قابل دسترس هستند و آنها میتوانند برای افزایش تعداد کانالها و همچنین طول موجهای بدسا آمده بالای 1600 نانو متر بکار برده شوند.

برای بهره گیری از ویژگی پریودیک AWG، میتوان با یک AWG در گره ریموت (RN) برای مالتی پلکسینگ و دمالتی پلکسینگ در مسیرهای بتز تیب Downstream و Upstream استفاده نمود. در یک DWDM-PON طول موج هر منبع نوری و طول موج مرکزی فیلتر WDM بایستی برای دوری جستن از کراس تاک بین کانالهای مجاور کنترل گردد.

بنابراین هزینه DWDM-PON دلیل نیاز به ابزارهای تنظیم طول موجی و کنترل درجه حرارت بیشتر از CWDM-PON است.

انواع شبکه های نوری پسیو (PON):

در سال 1995 چندین اپراتور که نامیده شدند Access Network Full Service (همان FSAN) برای هدف تعیین هویت شبکه های دسترسی باند عریض پیشقدم شدند. اعضاء FSAN در لایه 2 پروتکل برای PON های بر پایه شبکه دسترسی نوری، یک مشخصاتی را ایجاد کردند.

: A-PON 1-9-1

این سیستم ها APON نامیده شدند، یک اختصاری برای نام ATM-PON بعدها به B-PON یا Broadband PON تغییر پیدا کرد. این تغییر نام انعکاسی از سیستمهای پشتیبانی باندعریض همچون سرویس دسترسی Ethernet – سرویس توزیع Video - خطوط توزیع شخصی و سرویسهای خطوط اختصاصی یا Leased Line میباشد.

گروه FSAN یک گروه استانداردسازی نیست ولی در سال 1997، FSAN طرح مشخصات B-PON را برای تصویب رسمی به ITU-T ارائه کرد. در نتیجه بعد از چند سال ITU-T یک سری توصیه نامه هائی را برای B-PON تصویب کرد:

G.983.1: توصیه نامه شبکه دسترسی نوری در سال 1998 بر پایه PON که مربوط به سیستم های APON و B-PON است.

G.983.2: مربوط به مدیریت واحد ترمینال نوری (optical network terminal (ONT) و مشخصات اینترفیس کنترلی که در سال 1999 ارائه شد.

G.983.3: مربوط به یک سیستم دسترسی نوری با ظرفیت افزایش یافته سرویس دهی توسط تخصیص طول موج. این سند مشخصات شفاف برای طول موج پشتیبانی سرویسهای آنالوگ ویدئویی در سال 2001 تهیه نمود.



G.983.4 : مربوط به سیستم دسترسی نوری با ظرفیت افزایش یافته سرویس دهی با استفاده از واگذاری پهنای باند دینامیکی (DBA) (Denamic Bandwidth Assignment). این پیشنهاد در سال 2001 پذیرفته شده و مکانیزم ضروری برای استفاده از واگذاری پهنای باند دینامیکی را در ساختار چندین ONT در یک سیستم PON شرح میدهد.

G.983.5 : مربوط به سیستم دسترسی نوری با قابلیت بالاروندگی سیستم میباشد که این سند در سال 2002 برای مشخصات سیستم های حفاظتی سوئیچینگ PON و مکانیزم آن تهیه شده است.

G.983.6 : مربوط به مدیریت ONT ها و مشخصات واسطه های کنترلی BPON و ویژگی های حفاظتی آنهاست. این سند توسعه واسطه های کنترلی ضروری را مدیریت عملکرد سوئیچهای حفاظتی ONT ها شرح میدهد و در سال 2002 پذیرفته شده است.

G.983.7 : مربوط به مدیریت ONT ها و مشخصات واسطه های کنترلی از نوع واگذاری پهنای باند دینامیکی (DBA)، در سیستم های BPON میباشد. این سند توسعه واسطه های کنترلی ضروری را مدیریت توابع DBA در ONT ها شرح میدهد و در سال 2001 پذیرفته شده است.

G.983.8 : مربوط به پشتیبانی سرویسهای IP, ISDN, VLAN و... در سیستم BPON میباشد. این توصیه نامه توسعه واسطه های کنترلی ضروری را پشتیبانی و مدیریت سرویسهای مختلف در ONT ها شرح میدهد و در سال 2003 پذیرفته شده است.

(Ethernet PON (: E-PON 2-9-1

در ژانویه سال 2001 در موسسه مهندسين الكترونيك (IEEE) يك گروه مطالعاتي با ساختار جديد بنام Ethernet in first mile (EFM) تشكيل شد. اين گروه با ادامه سيستم موجود اترنت در داخل محدوده مشتركين سيستمي را با قابليت متمرکز کردن شبکه های دسترسی مشترکین مسکونی و تجاری طرح ریزی کرد.

این گروه با حفظ ساختار Ethernet سنتی، یک ایده افزایش مهم در کاهش تجهیزات – افزایش کارایی- و کاهش هزینه ها را تهیه نمود.

شبکه E-PON یک شبکه بر پایه PON میباشد که ترافیک دیتا را بصورت فریم های پاکتی اترنت در استاندارد توضیحی IEEE 802.3 حمل میکند. این سیستم یک استاندارد کدینگ خط را بصورت 88 b/10b بیت دیتا رمزگذاری شده همانند 10 خط بیت (بکار می گیرد و در استاندارد Ethernet با سرعت 1 Gbps عمل میکند).



1-2-9-1 ملاحظات [11] دریافت سیگنال در E-PON :

بر اساس استاندارد IEEE 802.3 ah برای انتخاب شبکه نوری پسیو از نوع E-PON بایستی در طراحی ها ملاحظات زیر را در نظر گرفت :

- 1- توان لازم مابین Rx[12] و Tx [13]، 24 دسی بل بایستی باشد .
- 2- حساسیت دریافت سیگنال در گیرنده در 1 گیگا بیت بر ثانیه برابر 24 dBm است .
- 3- منبع لیزر دارای توان 1 میلی وات میباشد .
- 4- خطای BER [14] برابر یا کمتر بایستی باشد .
- 5- تلفات معین در کلاس B برابر 22.5 dB یا کمتر بایستی باشد ، که شامل تلفات به شرح زیر است :

الف) تلفات پیوندی:

ب) تلفات اتصال کننده ها : ×

ج) تلفات اسپلتر :

د) پیش بینی Link margin :

- 6- فیبر بر اساس استاندارد G.652 و تضعیف و پراکندگی [15] DSF بایستی انتخاب شود .

1-3-9-1 (Gigabit PON) : G-PON

در کنار رشد روزافزون ترافیک شبکه ها و مشخصات ایده ال E-PON با سرعت 1 گیگا بیت بر ثانیه ، گروه FSAN احتیاج به سرعت بیت بالاتر را در شبکه ای با ترافیک بالا تحقق داد. با وجودیکه مشخصات لایه فیزیکی B-PON در لایه بالارونده (Upstream) در بیت ریت 622 مگابیت بر ثانیه مشکل بود گروه FSAN یک ساختار جدیدی را برای معماری PON در سال 2001 طرح ریزی نمود که با سرعت بالای 1 گیگا بیت بر ثانیه عمل مینمود.

این گروه رسیدگی خود را معطوف به طرز عملکرد فریمینگ عمومی یا قالب بندی بیت های ارسالی نمود ، به این معنی که بطور بسیار موثر دست به اصلاح زدند و به یک مخلوط بیت متغیری از فریم ها و سلولهای ATM اجازه دادند .



پایه ریزی توصیه نامه های گروه FSAN در سال 2003-2004 تحت استاندارد مشخص که ITU-T برای مشخصات Gigabit PON (GPON) بتصویب رسید. این مشخصات در ITU-T تحت عنوان های G.984.1 و G.984.2 و G.984.3 بشرح زیر شناخته شده اند :

G.984.1 : مربوط به مشخصات عمومی Gigabit PON میباشد و مشخصات عمومی این نوع از شبکه نوری پسیو را همانند معماری – بیت ریت – حفاظت و امنیت این نوع شبکه ها را شرح میدهد.

G.984.2 : مربوط به مشخصات لایه های فیزیکی واسطه های رابط میباشد. این نوع شبکه یا همان Dependent Media Downstream Layer in GPON Physical است. این توصیه نامه عملکرد GPON را با سرعت خط در مسیر Downstream برابر 1.25 تا 2.5 گیگابیت بر ثانیه و در مسیر Upstream با سرعت های برابر 155 Mbit/s و 622 Mbit/s و Gbit/s 2.5 و Gbit/s 1.25 برای مشترکین تا مرکز سرویس دهنده تعیین میکند.

G.984.3 : مربوط به مشخصات لایه همگرایی انتقال میباشد. این سند مشخصاتی را برای همگرایی ارسال در GPON ها تحت عنوان GTC که مربوط به عنوان اصلی :

(GTC (G-PON Transmission Convergence) است پوشش میدهد که شامل فریم – پیغام – متد تنظیم (Ranging) - عملکرد – مدیریت – عاملیت نگهداری و امنیت این نوع شبکه ها (GPON) میباشد.

10-1 مقایسه مابین GPON, BPON با EPON :

هر دو معماریهای GPON, BPON حاصل تلاشهای گروه FSAN هستند که این توسط متصدیان بزرگ اپراتورهای مخابراتی گردانده شده است. بسیاری از اپراتورها بزرگت در تامین سرویسهای TDM سرمایه گذاری کرده اند بنابراین هر دو GPON, BPON برای ترافیک TDM بهینه شده اند. و بر روی ساختارهای فریمینگ با یکسری نیازمندیهای همزمانی و تایمینگ سخت تکیه میکنند.

در BPON یک فریم Upstream شامل 53 تایم اسلات است که هر تایم اسلات شامل یک سلول ATM و 3 بایت Overhead میباشد. وقتیکه دو تایم اسلات پی در پی به واحدهای نوری (ONUs) متفاوت میرسند این 3 بایت با زمان تقریبی 154 نانو ثانیه بایستی برای خاموش کردن لیزر ONU اولی کافی باشد و ONU دومی را روشن نماید و همچنین تنظیمات گین و همزمانی کلاک ساعت را در لاین ترمینال نوری انجام دهد.

بطور مشابه تایمینگ های سختی برای معماری GPON معین شده است، برای مثال در GPON با سرعت خط 1.244 مگا بیت بر ثانیه فقط 16 بیت تایم (کمتر از 13 نانو ثانیه) برای روشن و خاموش شدن لیزر تعیین شده است. اینچنین فاصله کوتاه زمانی به تجهیزات گرانبه و درایورهای سریع لیزر در ONU ها نیاز دارد.

یک محدوده بسیار دقیقی از 44 بیت تایم (کمتر از 36 نانو ثانیه) جهت کنترل بهره گین و نیز بازسازی زمان کلاک ساعت تخصیص داده شده است. در بسیاری حالاتها، رنج دینامیکی سیگنال رسیده از ONU های مختلف به زمان AGC بزرگتری نسبت به زمان تخصیصی Overhead نیاز دارد. برای کاهش زمان تنظیم ضروری گین در یک روش دقیق، BPON ها و APON ها یک عملکرد سطح قدرت دقیقی را (Power Leveling Operation) را اجرا میکنند درجائیکه لاین ترمینال نوری به ONU های منحصر بفرید در تنظیم توان ارسالی آنها فرمان میدهد. بنابراین سطح سیگنال رسیده از ONU های مختلف بطرف لاین ترمینال نوری تقریباً برابر است.



کار گروه IEEE 802 بطور سنتی بر روی تکنولوژی مهم ارتباطات دیتا معطوف شده است.

در EPON، اهمیت اصلی در حفظ ساختار مدل Ethernet قرار داده شده است. هیچ ساختار شکل-بندی [16] آشکاری در EPON موجود نیست و فریم های Ethernet در مدهای Burst با یک فاصله استاندارد مابین فریم ها فرستاده میشود. در EPON سائز های Burst و لایه فیزیکی سر ستون [17] فریم -ها بزرگ هستند.

برای مثال ماکزیم فاصله AGC روی 400 نانو ثانیه تنظیم میشود که زمان کافی به لاین ترینال نوری (OLT) برای تنظیم گین، بدون اجرای عملگر سطح قدرت واحدهای نوری میدهد. بعنوان یک نتیجه ONU ها به هیچ مدار ترکیب دهنده و پروتکلی برای تنظیم توان لیزر نیاز ندارند بنابراین زمانهای روشن و خاموش شدن لیزر، که در 512 نانو ثانیه پوشش داده میشود بطور قابل توجهی در باند بالاتری از آنچه که GPON هست قرار دارد.

مقادیر لایه های فیزیکی سر ستون، تنها یک قسمت کوچکی از هزینه های EPON هستند و هزینه های دیگر EPON مربوط به حفاظت فرمت شکل بندی Ethernet میباشد که Packet هایی با طولهای متفاوت را بدون جزء به جزء شدن حمل میکند. در مقابل هر دوی سیستمهای GPON, BPON، در ساختار خود Packet ها را در چندین جزء می شکند. BPON روش AAL5 را بشرحی که در بالا داده شد برای شکستن یک Packet به سلولهایش در ارسال و سوارسازی چندین سلول به یک Packet در دریافت بکار می برد.

GPON از متد GEM در بکارگیری شکستن Packet استفاده میکند. این متد از یک الگوریتم پیچیده برای مشخص شدن سائز متغیر قطعه های GEM و احیای Packet ها در دریافت بهره میگیرد.

چندین اپراتور سیستمهای BPON را گسترش داده اند، با اینحال گسترش حجمی و کاهش هزینه های متناظر بطور یکجا تاکنون جامعه عمل پیدا نکرده است. ولی هزینه های تجهیزاتی GPON میتواند علاوه بر قابلیت های متفاوت آن با EPON برابری کند.

در جدول شماره 2 مقایسه بین توپولوژی های مختلف PON از نظر استاندارد مورد استفاده و بیت ریت و نرخ انشعابات و پلان طول موجی آورده شده است. چنانچه مشاهده میشود پلان طول موجی هر سه نوع PON با هم مشابه است ولی از نظر بیت ریت و کیفیت سرویس دهی شبکه EPON و GPON نسبت به توپولوژی ابتدایی BPON برتری دارد.

پارامتر مورد بحث	BPON	GPON	EPON
Standards	ITU-T G.983	ITU-T G.984	IEEE 802.3ah
Service Optimization	ATM	GEM	Ethernet
Bit Rate	Up to 622 Mbps	Up to 2.5 Gbps	Up to 1.2 Gbps
Split Ratio	1:32	+class B 1:32	class PX20 1:16
Wavelength Plan	nm 1490 down,1310nm up	nm 1490 down,1310nm up	nm 1490 down,1310nm up