

Inzicht in GPON-technologie

Inhoud

[Inleiding](#)

[Voorwaarden](#)

[Vereisten](#)

[Gebruikte componenten](#)

[Achtergrondinformatie](#)

[Terminologie](#)

[Netwerkdigram](#)

[Overzicht van technologie](#)

[GPON-limieten](#)

[Vermogensbudgettering](#)

[Pakketroute](#)

[Downstream pakketroute](#)

[Upstream pakketroute](#)

[Functionele blokken](#)

[Protocolstacks](#)

[Belangrijke technieken](#)

[Rangschikking](#)

[Burst-technologie](#)

[Dynamische bandbreedtoewijzing \(DBA\)](#)

[Voorwaartse foutcorrectie](#)

[Lijnversleuteling](#)

[Netwerkbeschermingsmodi](#)

[Gerelateerde informatie](#)

Inleiding

In dit document wordt de GPON-technologie (Gigabit Passive Optical Network) beschreven en wordt aangegeven hoe deze technologie werkt.

Voorwaarden

None.

Vereisten

Er zijn geen specifieke vereisten van toepassing op dit document.

Gebruikte componenten

Dit document is niet beperkt tot specifieke software- en hardware-versies.

De informatie in dit document is gebaseerd op de apparaten in een specifieke laboratoriumomgeving. Alle apparaten die in dit document worden beschreven, hadden een opgeschoonde (standaard)configuratie. Als uw netwerk live is, moet u zorgen dat u de potentiële impact van elke opdracht begrijpt.

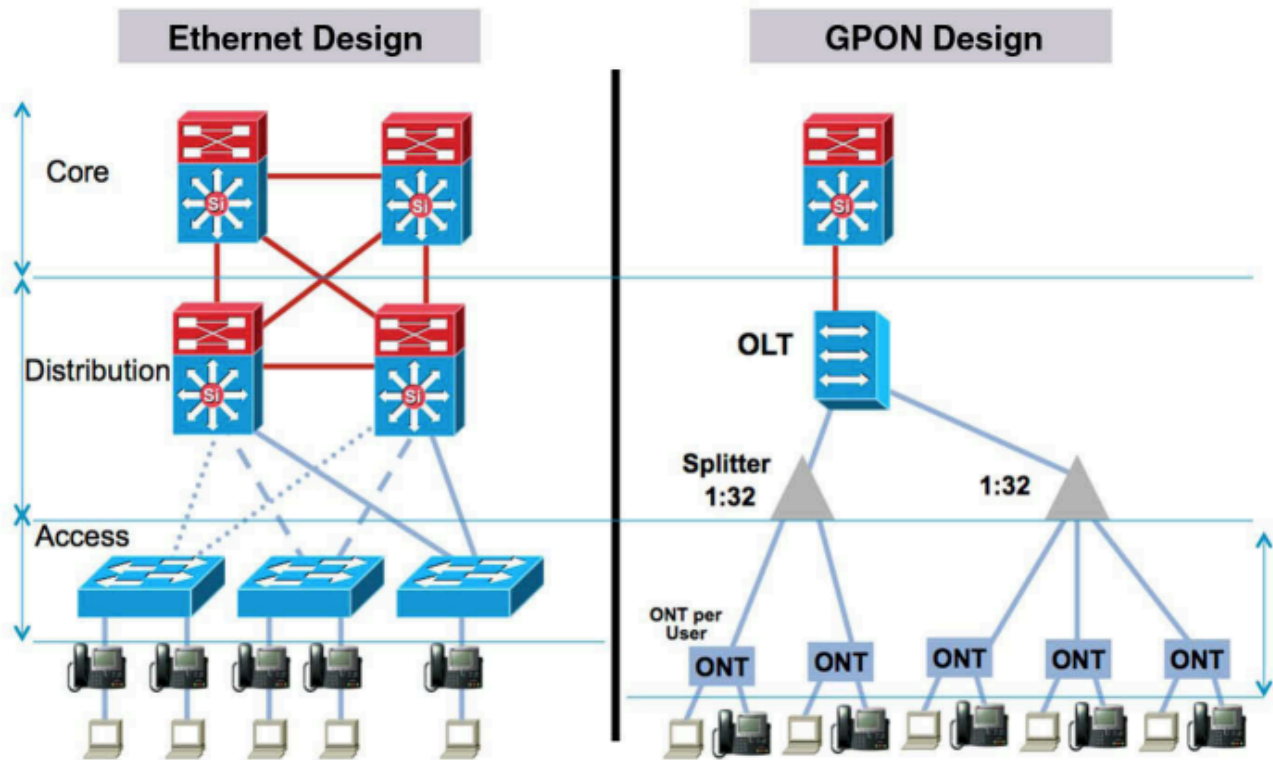
Achtergrondinformatie

GPON is een alternatief voor Ethernet-switches in campusnetwerken. GPON vervangt het traditionele Ethernet-ontwerp op drie niveaus door een optisch netwerk op twee niveaus dat toegang en distributie van Ethernet-switches met passieve glasvezelapparaten elimineert. Cisco introduceert GPON met het Catalyst GPON-platform.

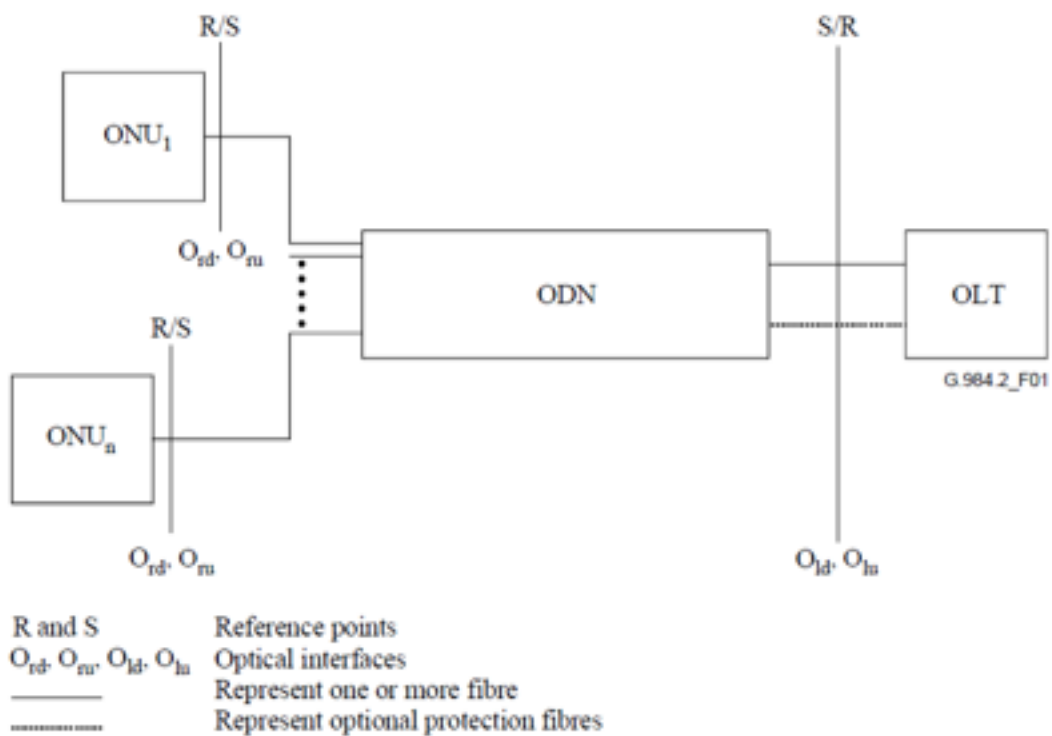
Terminologie

- Gigabit-enabled passief glasvezelnetwerk (GPON) - standaard voor passieve optische netwerken (PON) gepubliceerd door de ITU-T.
- ODN (Optical Distribution Network) - Het fysieke glasvezel en optische apparaten die signalen verzenden naar gebruikers in een telecommunicatienetwerk. Het ODN bestaat uit passieve optische componenten, zoals optische glasvezelkabels, en een of meer passieve optische splitters.
- Optical Network Termination (ONT)/Optical Network Units (ONU) - sluit apparaten van eindgebruikers (desktop, telefoons, enzovoort) aan op het GPON-netwerk. Verzorgt de conversie van optisch naar elektronisch signaal. ONT's bieden daarnaast AES-encryptie via een ONT-sleutel.
- Splitters - gebruikt om glasvezel signalen te aggregeren of te multiplexen naar één upstream glasvezelkabel. De verhouding is doorgaans 1:32.
- Optical Line Terminal (OLT) - apparaat dat alle optische signalen van ONTs samenvoegt in één enkele multiplexing-lichtbundel die vervolgens wordt omgezet in een elektrisch signaal, geformatteerd voor Ethernet-pakkettype standaarden voor Layer 2 of Layer 3-doorsturen.
- Wavelength-Division Multiplexing (WDM) - Wavelength-Division Multiplexing (WDM) is een technologie die een aantal optische draagsignalen multiplexen naar één glasvezel die verschillende golflengtes (d.w.z. kleuren) van laserlicht gebruikt.
- GEM GPON-inkapselingsmethode (GEM) - Een dataframe-transportschema dat wordt gebruikt in Gigabit-compatibele passieve optische netwerksystemen (GPON) die verbindingsgeoriënteerd is en die fragmentatie van de gebruikersdataroaming in transmissiesoftware van variabele grootte ondersteunt
- Fibre to the X (FTTX) - FTTX is een generalisatie voor verschillende configuraties van glasvezeluitrol, ingedeeld in twee groepen: FTTP/FTTH/FTTB (glasvezel helemaal naar het gebouw/huis/gebouw) en FTTC/N (glasvezel naar het kabinet/knooppunt, met koperdraden om de aansluiting te voltooien).
- T-CONT/TCONT - Transmissiecontainer
- OMCC (Optical Network Unit Management and Control Channel)
- OMCI (Optical Network Unit Management and Control Interface)
- PCBd (Physical Control Block downstream)
- TDM (Time Division Multiplexing)
- TDMA (Time Division Multiple Access)

Netwerkdigram



Overzicht van technologie



- De OLT is via één glasvezelkabel verbonden met de optische splitter en de optische splitter is weer verbonden met ONU's/ONT's.
- GPON gebruikt WDM voor de transmissie van data van verschillende upstream/downstream golflengtes via hetzelfde ODN. Golflengtes variëren van 1290 - 1330 nm upstream en 1480 - 1500 nm downstream.
- De gegevens worden uitgezonden in de stroomafwaartse richting, en in de stroomopwaartse richting worden de gegevens gebarsten in wijze TDMA (die op tijdpercelen wordt gebaseerd).
- Biedt ondersteuning voor multicast-transmissie op basis van P2MP (point-to-multipoint).

GPON-limieten

- Maximaal logisch bereik: 60 km (dit is de maximale afstand die wordt beheerd door de hogere lagen van het systeem (MAC, TC, Ranging), met het oog op een toekomstige fysieke media-afhankelijke (PMD) specificatie.
- Maximale glasvezelafstand tussen zend/ontvang (S/R) en ontvang/verzend (R/S) punten: 20 km
- Maximale differentiële vezelafstand: 20km
- Splitverhouding: beperkt door wegverlies, PON met passieve splitters (16,32, of 64 manier splitter)
- Tarief: 1.24416 Gigabits/s omhoog, 2.48832 Gigabits/s omlaag

Vermogensbudgettering

Als onderdeel van GPON moet rekening worden gehouden met verlies van optisch vermogen. Dit verlies kan zich op verschillende manieren manifesteren, waaronder:

- Verlies in splitters
- Verlies per km glasvezel (ongeveer 0,35 dB per km voor 1310, 1490 nm)
- Verlies in plakken (> 0,2 dB)
- Connectorverlies (0,6 dB)
- Verbuigingen van glasvezelkabel

Zoals weergegeven in de afbeelding, de hoeveelheid verlies als gevolg van het gebruik van verschillende splitters:

Optical Splitters	Loss [dB]
Splitter 1 x 64	20.1
Splitter 1 x 32	17.4
Splitter 1 x 16	13.8
Splitter 1 x 8	10.5
Splitter 1 x 4	7.0

Zoals weergegeven in de afbeelding, het minimale en maximale optisch-padverlies per klasse:

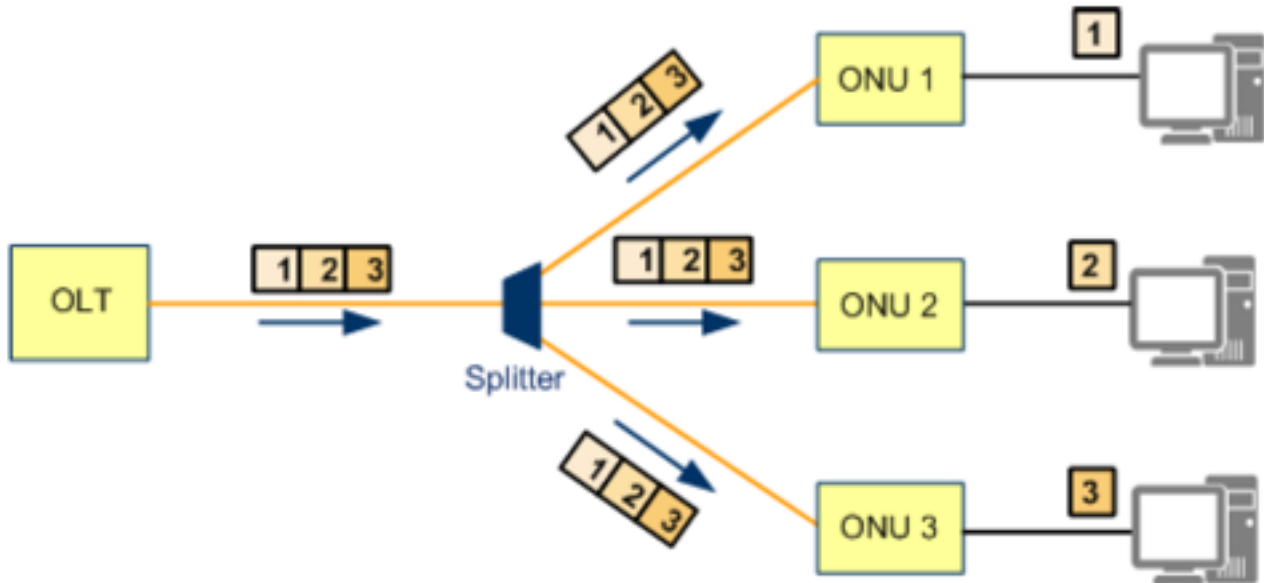
Table G.984.2 – Classes for optical path loss

	Class A	Class B	Class B+	Class C
Minimum loss	5 dB	10 dB	13 dB	15 dB
Maximum loss	20 dB	25 dB	28 dB	30 dB
<p>NOTE – The requirements of a particular class may be more stringent for one system type than for another, e.g. the class C attenuation range is inherently more stringent for TCM systems due to the use of a 1:2 splitter/combiner at each side of the ODN, each having a loss of about 3 dB.</p>				

Pakketroute

Downstream pakketroute

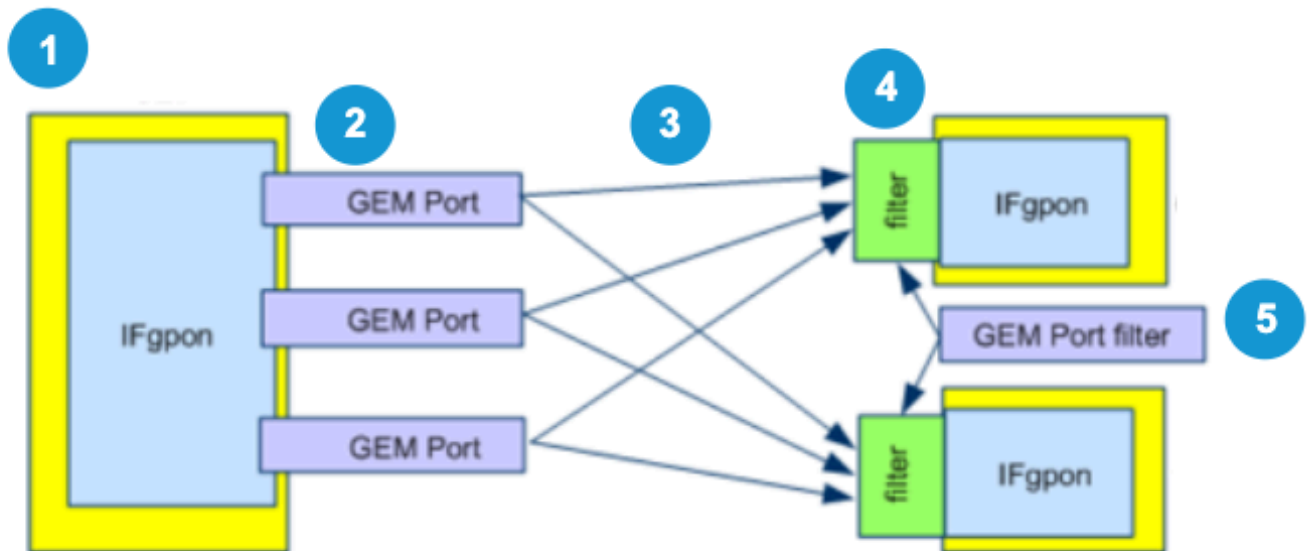
Zoals weergegeven in de afbeelding, pakketten verplaatsen zich downstream van de OLT naar verschillende ONU's.



Tip: Downstream is vanuit het perspectief van de splitter. Je kunt het zien als verkeer richting ONU/ONT, of eindgebruikers.

- Downstream pakketten worden doorgestuurd als broadcasts, waarbij dezelfde data naar dezelfde ONU/ONT worden verzonden en verschillende data worden aangeduid met de GEM-poort-id.
- Een ONU/ONT kan de gewenste data op basis van ONU-id ontvangen.
- Het bereik van de downstream golflengte is 1480 - 1500nm.
- Ononderbroken modus downstream - Zelfs als er geen verkeer wordt verwerkt door GPON, is er een constant signaal, behalve wanneer de laser administratief wordt uitgeschakeld.

Zoals weergegeven in de afbeelding, de procedure voor het downstream doorsturen van pakketten.



1. OLT verzendt Ethernet-frames van uplinkpoorten naar de GPON-serviceverwerkingsmodule op basis van geconfigureerde regels voor de PON-poorten.
2. De GPO-serviceverwerkingsmodule kapselt de Ethernet-frames vervolgens in GEM-poortdatapakketten in voor downstream transmissie.
3. GTC-frames (GPO-transmissieconvergentie) die GEM-PDU's bevatten, worden verzonden naar alle ONT's/ONU's die zijn verbonden met de GPO-poort.
4. De ONT/ONU filtert de ontvangen data op basis van de GEM-poort-id in de header van de GEM-PDU en behoudt de data die alleen significant zijn voor de GEM-poorten op deze ONT/ONU.
5. ONT ontkapselt de data en verzendt de Ethernet-frames via servicepoorten naar de eindgebruikers.

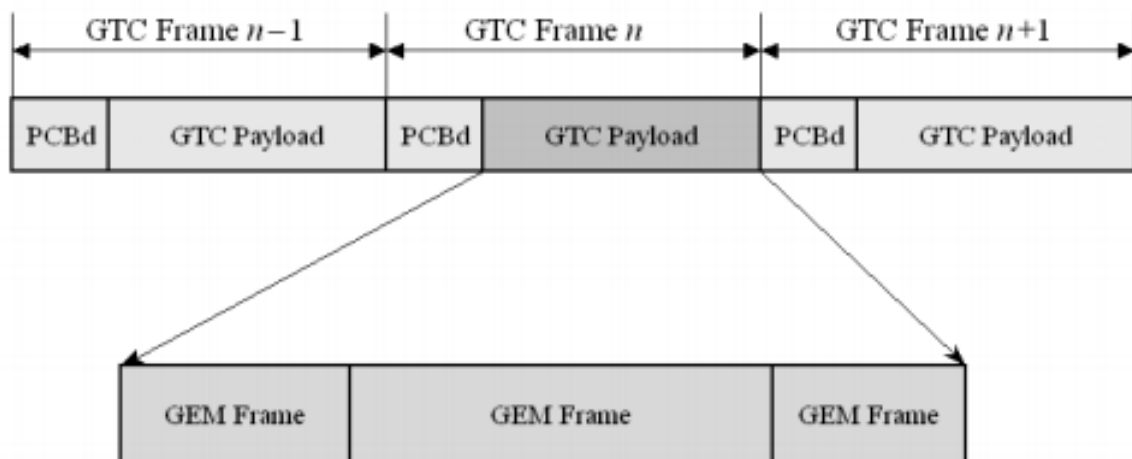
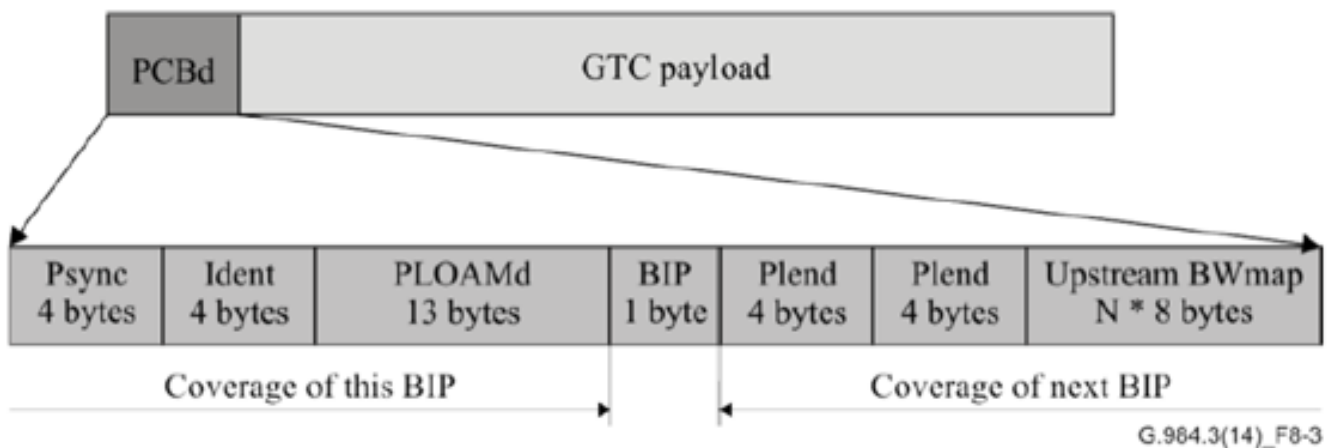
Structuur van downstream pakketframes

- Een stroomafwaarts GPON frame heeft een vaste lengte van 125 μ s, bestaat uit twee componenten: fysiek regelblok stroomafwaarts (PCBd) en payload.
- De OLT verzendt PCBd naar alle ONU's/ONT's. De ONU's/ONT's ontvangen de PCBd en voeren bewerkingen uit op basis van de ontvangen informatie.
- PCBd bestaat uit de GTC-header en BWmap:

GTC-header - gebruikt voor framescheiding, synchronisatie en voorwaartse foutcorrectie (FEC).

BWmap - Informeert elke ONU over upstream bandbreedtetoe wijzing. Specificeert het begin en het eind stroomopwaartse tijdgroeven voor de T-CONTs van elke ONU. Dit waarborgt dat alle ONU's gegevens verzenden op basis van de tijdsleuven die door de OLT zijn opgegeven om conflicten met gegevens te voorkomen.

Zoals weergegeven in de afbeelding, een uitgebreide weergave van de PCBd en wat zich in de GTC-payload bevindt.



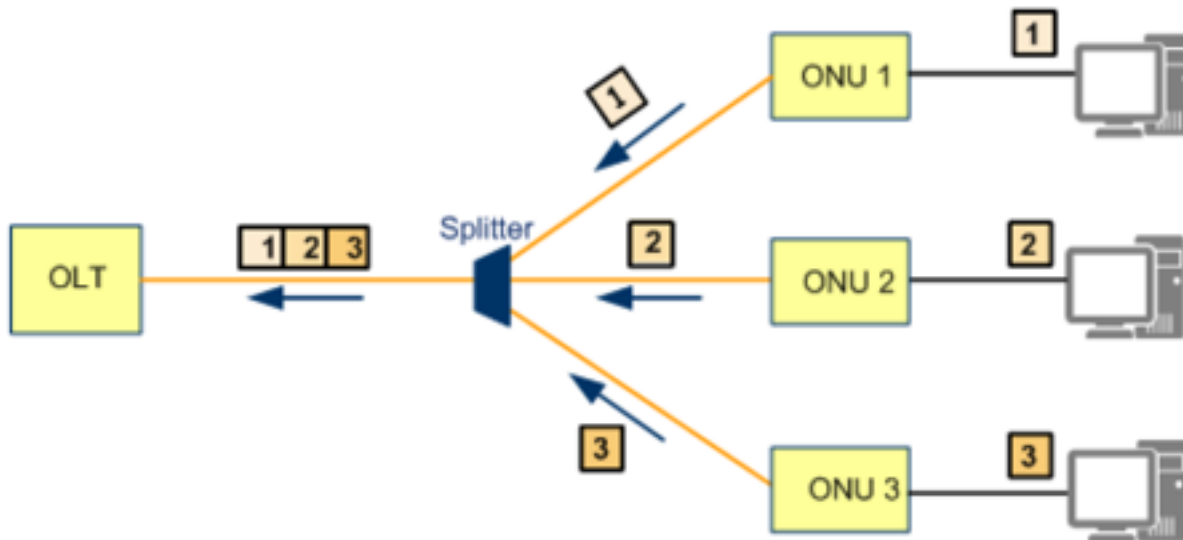
Belangrijkste termen:

- Psync (4 bytes lengte) - fysiek synchronisatieveld. Geeft het begin van elke PCBd aan.
- Ident (4 bytes lengte) - Gebruikt om grotere frame-structuren aan te geven. Bevat de superframeteller die door het encryptiesysteem wordt gebruikt.
- PLOAMd (13 bytes lengte) - Fysieke laag OAM (PLOAM) stroomafwaarts veld. Beschouw dit als een op berichten gebaseerd bewerkings- en beheerkanaal tussen de OLT en ONU's/ONT's.
- BIP (1 byte lengte) - Bit-interleaved parity door de ontvanger om het aantal fouten op de link te meten.
- Plend (4 bytes lengte) - payload lengte downstream veld.

Upstream pakketroute

Zoals weergegeven in de afbeelding, upstream pakketstroom van verschillende ONU's naar de

OLT.



Tip: upstream kan worden bedacht vanuit het perspectief van de splitter, of verkeer verzonden vanuit de ONU/UNT, eindgebruikers naar de OLT.

- Upstream pakkettransmissie vinden plaats door middel van TDMA

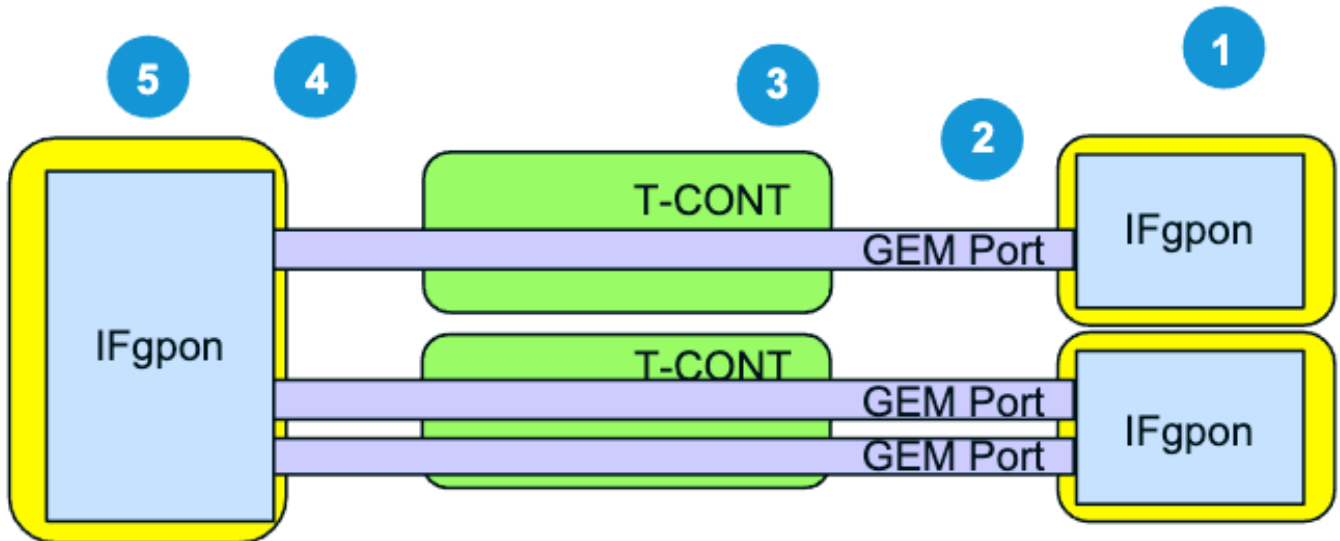
De afstand tussen de OLT en ONT/ONU wordt gemeten.

Tijdvensters worden toegewezen op basis van afstand.

ONT/ONU verzendt verkeer upstream op basis van het toegewezen tijdvenster.

- Dankzij dynamische bandbreedtoewijzing (DBA) kan de OLT in real time congestie, bandbreedtegebruik en configuraties monitoren.
- Botsingen worden gedetecteerd en voorkomen door middel van rangschikking .
- Upstream golflengte varieert van 1290 - 1330 nm.

Zoals weergegeven in de afbeelding, de procedure voor het upstream doorsturen van pakketten.



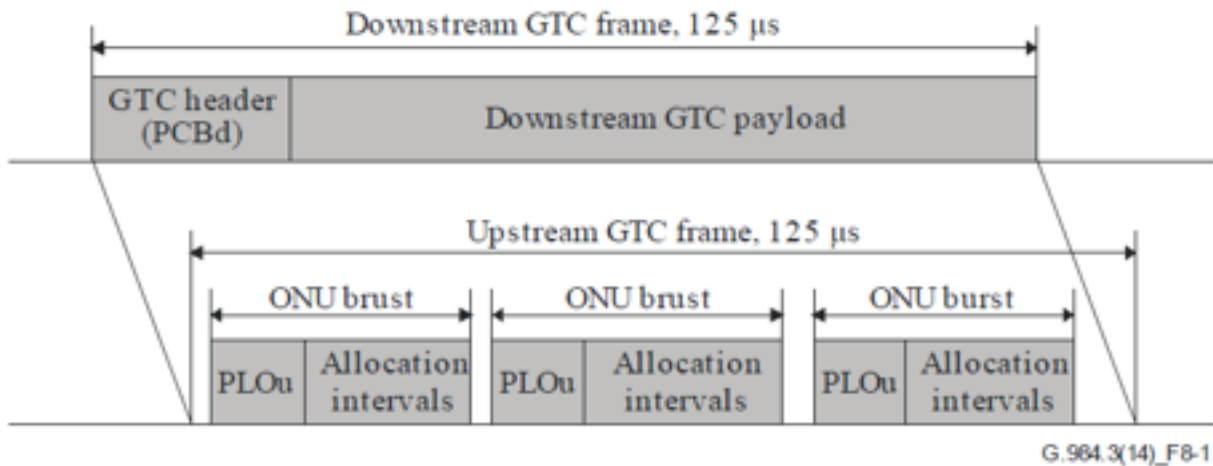
1. ONT/ONU stuurt Ethernet-frames naar GEM-poorten op basis van geconfigureerde regels die servicepoorten en GEM-poorten in kaart brengen.
2. GEM-poorten kapselen de Ethernet-frames in GEM-PDU's in en voegen deze PDU's toe aan TCONT-wachtrijen op basis van regels waarmee GEM-poorten en TCONT-wachtrijen worden toegewezen.
3. TCONT-wachtrijen gebruiken tijdvensters op basis van DBA en verzenden vervolgens upstream GEM-PDU's naar de OLT.
4. OLT ontkapselt de GEM-PDU. Het oorspronkelijke Ethernet-frame is nu zichtbaar.
5. OLT verzendt de Ethernet-frames van een opgegeven uplinkpoort op basis van regels waarmee service- en uplinkpoorten worden toegewezen.

Structuur van upstream pakketframes

- Elk upstream GPON-frame heeft een vaste lengte van 125 μ s.
- Elk stroomopwaarts frame bevat de inhoud die door een of meer T-CONT/TCONT's wordt gedragen.
- Alle ONU's die zijn aangesloten op een GPON-poort delen de upstream bandbreedte.
- Alle ONU's verzenden hun data upstream in hun eigen tijdvensters op basis van BWmap-vereisten (bandbreedtetoe wijzing).
- Elke ONU meldt de status van data die naar de OLT moeten worden verzonden via upstream frames. OLT gebruikt DBA voor toewijzing upstream tijdsleuven naar ONU's en verstuurt updates in elk frame.

Opmerking: Upstream frames worden verzonden als uitbarstingen, die bestaan uit de upstream fysieke laag overhead (PLOu) en een of meer bandbreedte-allocatie-interval(s) geassocieerd met een specifieke Alloc-ID.

Zoals weergegeven in de afbeelding, het verschil tussen een downstream en upstream frame.

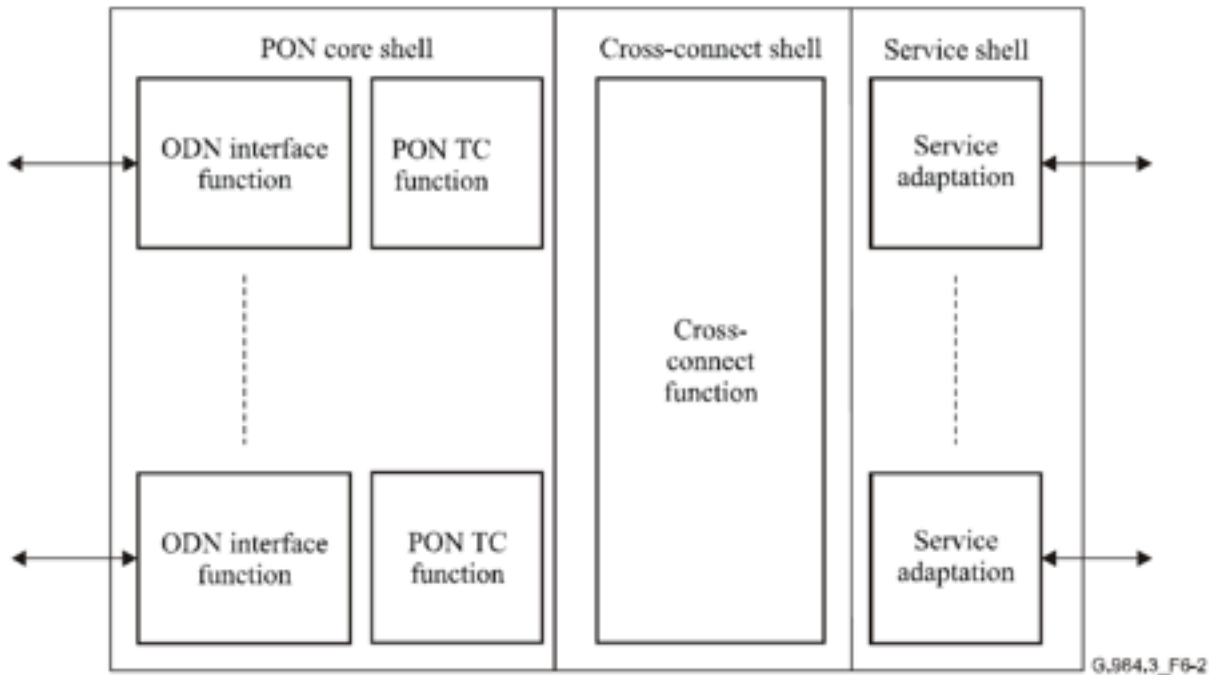


Belangrijkste termen:

- PLOu (Physical Layer Overhead upstream) - Upstream overhead voor fysieke laag.
- PLOAMu (Physical Layer OAM upstream) - PLOAM-berichten voor upstream data. Beschouw dit als een op berichten gebaseerd bewerkings- en beheerkanaal tussen de OLT en ONU's/ONT's.
- PLSu (Power Level Sequence upstream) - Upstream sequentie voor vermogensniveau
- DBRu (Dynamic Bandwidth Report upstream) - Status van dynamische bandbreedte upstream
- Payload - Gebruikersdata

Functionele blokken

Functionele blokken voor OLT

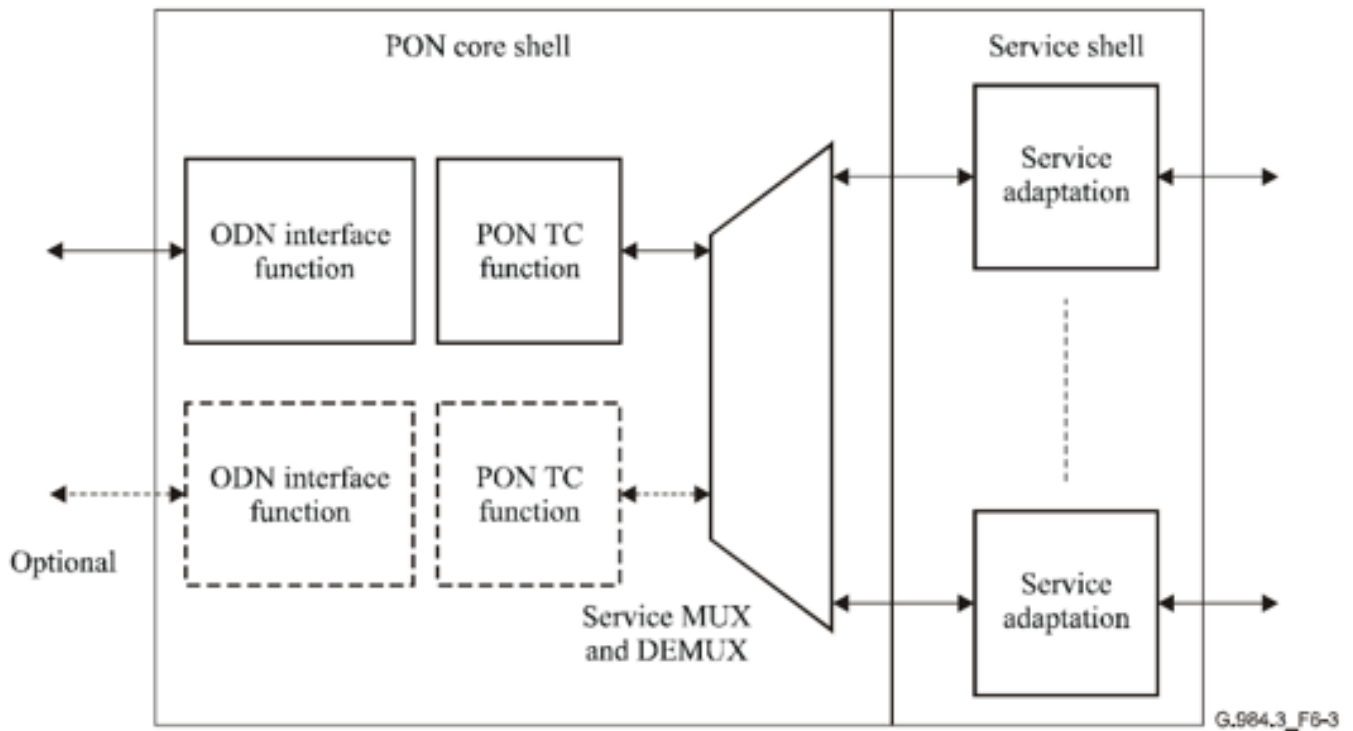


Een OLT bestaat uit drie belangrijke onderdelen:

1. Functie van servicepoortinterface - Biedt vertaling tussen service-interfaces en de TC-frame-interface van de PON-sectie.
2. Cross-connect functie - Biedt naast cross-connect functionaliteit een communicatiepad tussen de PON-shell en de Service-shell.
3. ODN-interface (Optical Distribution Network) - Onder te verdelen in twee onderdelen:

- PON-interfacefunctie
- PON TC-functie - Verantwoordelijkheden zijn onder andere framing, mediatoegangscontrole, OAM, DBA en afbakening van de PDU (Protocol Data Unit) voor de cross-connect functie en ONU-beheer.

Functionele blokken voor ONU/OLT

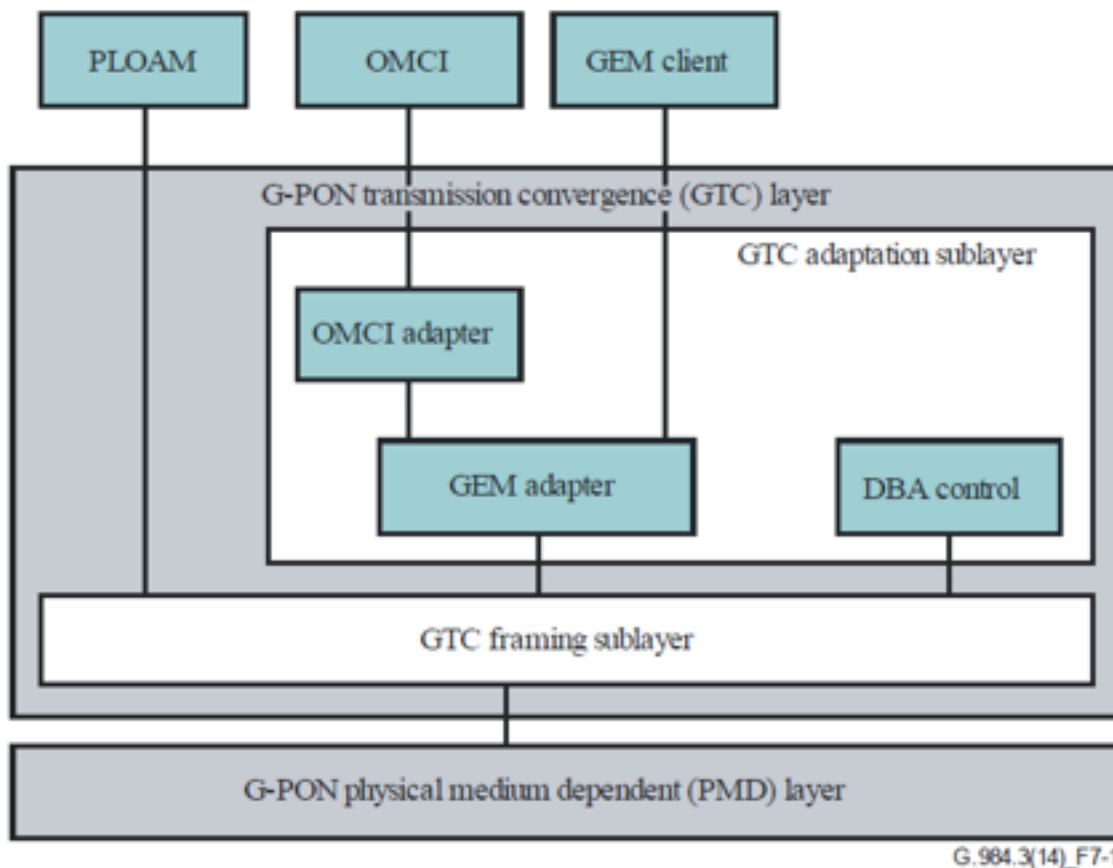


Functionele blokken zijn vergelijkbaar met de OLT. In het scenario dat de ONU/OLT met één PON-interface werkt (max. 2 voor beveiligingsdoeleinden), wordt de cross-connect functie weggelaten. In plaats van deze functie zijn nu de service-MUX en -DEMUX verantwoordelijk voor verkeer.

Protocolstacks

Het GPO-protocol heeft een eigen stack, alleen Ethernet of IP.

Zoals weergegeven in de afbeelding, de protocolstack voor GPON:



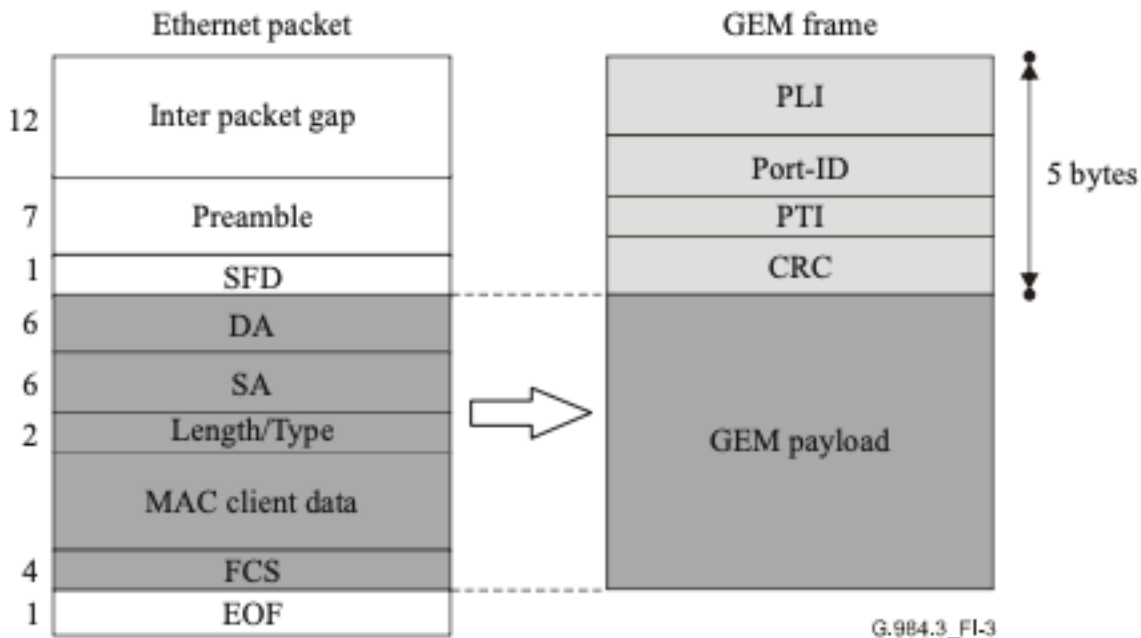
Belangrijkste termen:

- PMD-laag - Equivalent van de GPON-interfaces tussen de OLT's en ONU's.
- GTC-laag - Verantwoordelijk voor het inkapselen van de payload door middel van ATM-cellen of GEM-frames. GEM-frames kunnen Ethernet-, POTS-, E1- en T1-cellen verwerken.

Verkeerstoewijzing - Ethernet

- Hiermee worden Ethernet-frames opgelost en worden de gegevens van Ethernet-frames direct aan de GEM-payload toegewezen.
- Headergegevens worden automatisch ingekapseld in GEM-frames.
- 1:1-uitlijning tussen een Ethernet Frame en een GEM Frame.

Zoals weergegeven in de afbeelding, hoe een Ethernet-frame wordt toegewezen aan een GEM-frame:



OMCI

- OMCI-berichten (ONU Management and Control Interface) worden gebruikt om ONT's/ONU's voor beheer en controle te detecteren.
- Deze gespecialiseerde berichten worden verzonden via speciale GEM-poorten die tot stand zijn gebracht tussen een OLT en een ONT/ONU.
- Het OMCI-protocol stelt een OLT in staat om het volgende te doen:

Verbindingen met de ONT tot stand brengen en vrijgeven.

De UNI's op de ONT beheren.

Configuratiegegevens en prestatiestatistieken aanvragen.

Autonom waarschuwen voor gebeurtenissen, zoals een linkfout.

Belangrijkste punten:

- Protocol wordt uitgevoerd via een GEM-verbinding tussen de OLT en ONT.
- GEM-verbinding wordt tot stand gebracht terwijl de ONT wordt geïnitieerd.
- Protocolwerking is asynchroon - OLT-controller fungeert als een primaire, ONT-controller als secundaire controller.

Belangrijke technieken

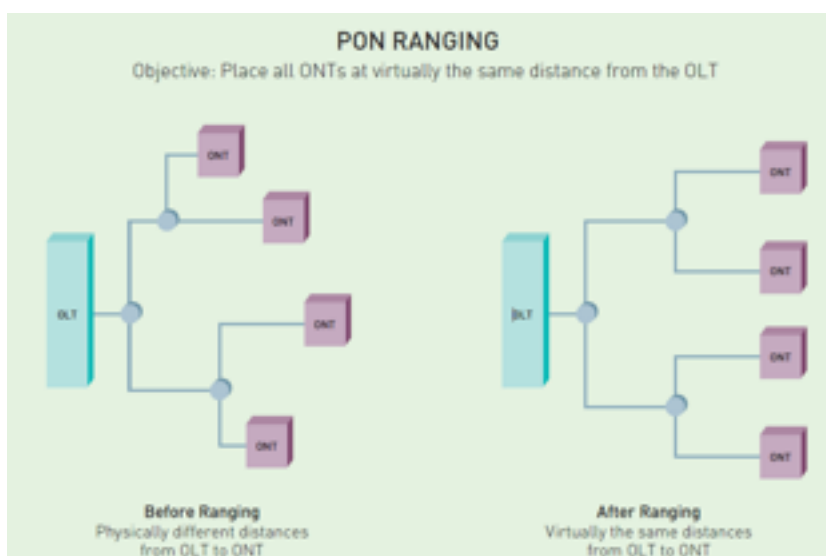
Rangschikking

Om conflicten met gegevens (botsingen) te voorkomen, moet de OLT de afstand tussen zichzelf en elke ONU nauwkeurig kunnen meten om een juiste tijdsleuf te bieden om de gegevens stroomopwaarts te kunnen verwerken. De ONU's kunnen in dat geval data in opgegeven tijdvensters verzenden om problemen upstream te voorkomen. Dit proces wordt uitgevoerd op basis van een techniek die we rangings, of rangschikking, noemen.

Rangschikkingsproces:

- OLT start het proces op een ONU wanneer de ONU zich voor het eerst registreert bij de OLT en de retourvertraging van de ONU ontvangt. Op basis van de retourvertraging worden de andere sleutelcomponenten geïdentificeerd:
- Berekening van het fysieke bereik van die specifieke ONU, aangezien deze OLT een juiste equalizer-vertraging op basis van fysiek bereik nodig heeft voor elke ONU.
- De dataframes die worden verzonden door alle ONU's worden gesynchroniseerd op basis van retourvertraging en equalizer-vertraging

Zoals weergegeven in de afbeelding, een demonstratie van wat wordt bereikt met dit proces, om alle ONU's/OLT's op dezelfde virtuele afstand van de OLT te plaatsen.

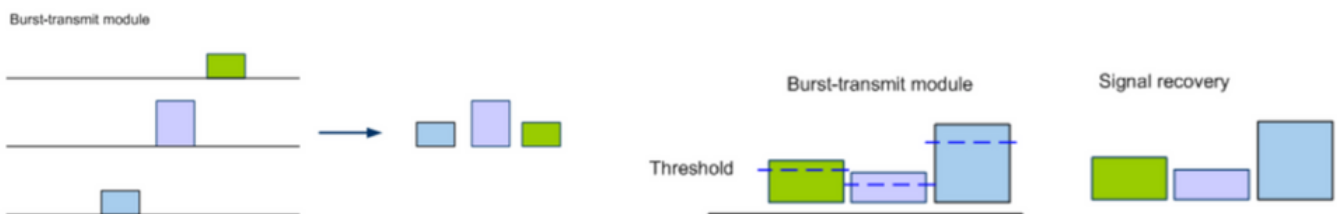


Burst-technologie

De upstream pakketstroom wordt gerealiseerd door middel van bursts, waarbij elke ONU/ONT verantwoordelijk is voor de transmissie van data in de eigen toegewezen tijdvensters. Als een ONU/ONT zich niet in een dergelijk tijdvenster bevindt, wordt de transmissie van de optische transceiver uitgeschakeld om verdere ONU/ONT-impact te voorkomen.

- De functie voor de transmissie van bursts wordt ondersteund door ONU/ONT-modules.
- De functie voor de ontvangst van bursts wordt ondersteund door OLT-modules .
- Verschillen in afstanden tussen elke ONU/ONT en OLT resulteren in verzwakking van het optische signaal. Als gevolg hiervan variëren het vermogen en het niveau van de door een OLT ontvangen pakketten in verschillende tijdvensters.
- Met de functie voor dynamisch aanpassing van drempelwaarden kan de OLT de drempelwaarde voor optische vermogensniveaus dynamisch aanpassen. Op die manier kunnen alle ONU-signalen worden hersteld.

Zoals weergegeven in de afbeelding, een demonstratie van verschillende transmissies van data-bursts en vervolgens het signaalherstel:



Dynamische bandbreedtoewijzing (DBA)

Met de functie voor DBA kan een OLT-module in real time op congestie monitoren in het PON-netwerk. Hierdoor kan de OLT de bandbreedte aanpassen op basis van verschillende factoren, waaronder congestie, bandbreedtegebruik en configuratie.

Belangrijkste punten ten aanzien van DBA:

- De ingesloten module voor DBA in de OLT verzamelt voortdurend de status van DBA, voert berekeningen uit en informeert de ONU via het BWmap-veld in het downstream frame.
- Op basis van de BWmap-gegevens verzendt de ONU data upstream in de tijdvensters die zijn toegewezen om upstream bandbreedte te gebruiken.
- De bandbreedte kan ook op een statische/vaste wijze worden toegewezen.
- Het gebruik van DBA biedt de volgende mogelijkheden:

Verbeterd gebruik van upstream bandbreedte op een PON-poort.

Hogere bandbreedte voor gebruikers en ondersteuning voor meer gebruikers op een PON-poort.

Voorwaartse foutcorrectie

Bij de transmissie van digitale signalen kunnen zich bitfouten en jitter voordoen, wat ten koste kan gaan van de kwaliteit van de signaaltransmissie. GPON kan profiteren van voorwaartse foutcorrectie, waarbij de ontvangende zijde kan controleren op foutbits in de transmissie.

Opmerking: De functie voor voorwaartse foutcorrectie wordt in één richting uitgevoerd en biedt geen ondersteuning voor feedback over foutinformatie.

Belangrijkste punten ten aanzien van voorwaartse foutcorrectie:

- Data hoeven niet opnieuw te worden verzonden.
- Ondersteunt voorwaartse foutcorrectie alleen in de downstream richting .
- Verbeterde transmissiekwaliteit op basis van PCBd en payloadverwerking.

Lijnversleuteling

Alle downstream data worden verzonden naar alle ONU's. Een risico is dat ongeautoriseerde ONU's downstreamgegevens ontvangen die bedoeld zijn voor geautoriseerde ONU's. Om dit te bestrijden, gebruikt GPON het algoritme AES128 om gegevenspakketten te versleutelen.

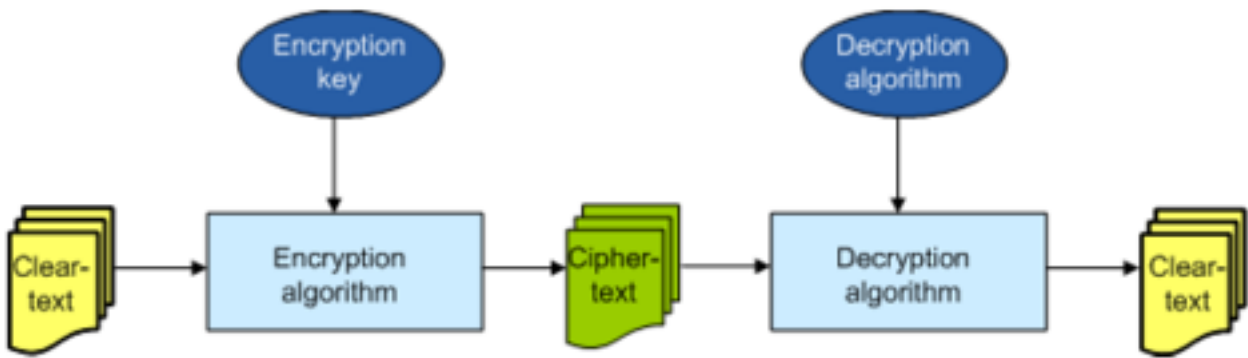
Belangrijkste punten ten aanzien van lijnversleuteling:

- Het gebruik van lijnversleuteling leidt niet tot een toename in overhead of afname in bandbreedtegebruik.
- Het gebruik van lijnversleuteling leidt niet tot langere transmissievertragingen

Sleuteluitwisseling en switchover

- De OLT initieert een aanvraag voor sleuteluitwisseling voor de ONU De ONU beantwoordt de aanvraag met een nieuwe sleutel
- Na ontvangst gebruikt de OLT de nieuwe sleutel voor het versleutelen van data.
- De OLT verzendt het framenummer met de nieuwe sleutel naar de ONU.
- De ONU ontvangt het framenummer en schakelt de verificatiesleutel in voor inkomende dataframes.

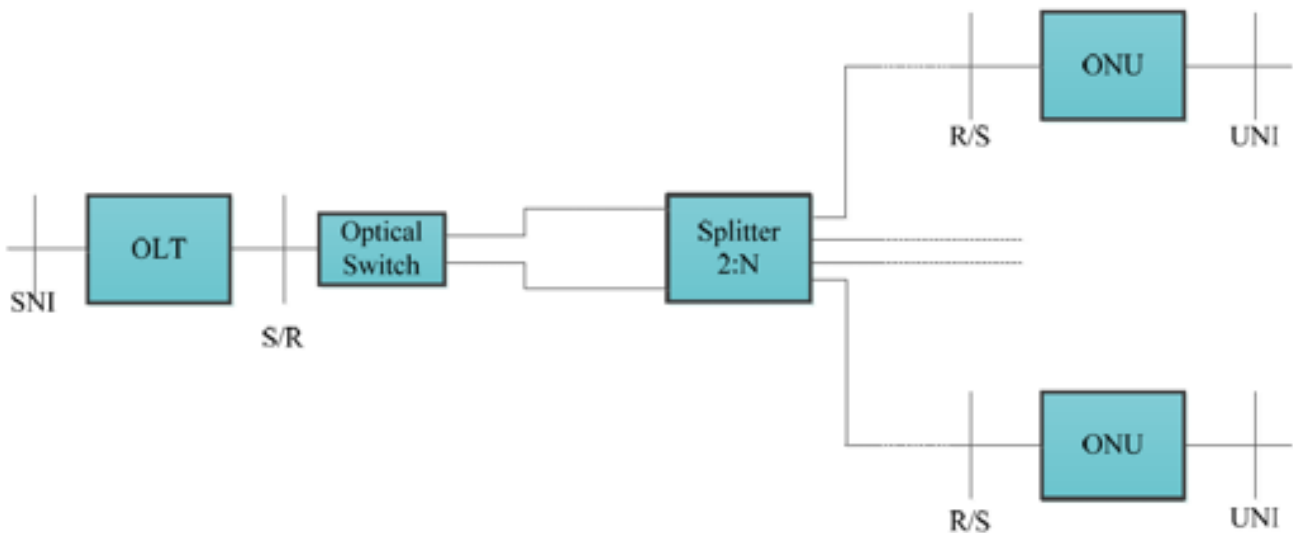
Zoals weergegeven in de afbeelding, het sleuteluitwisselingsproces:



Netwerkbeschermingsmodi

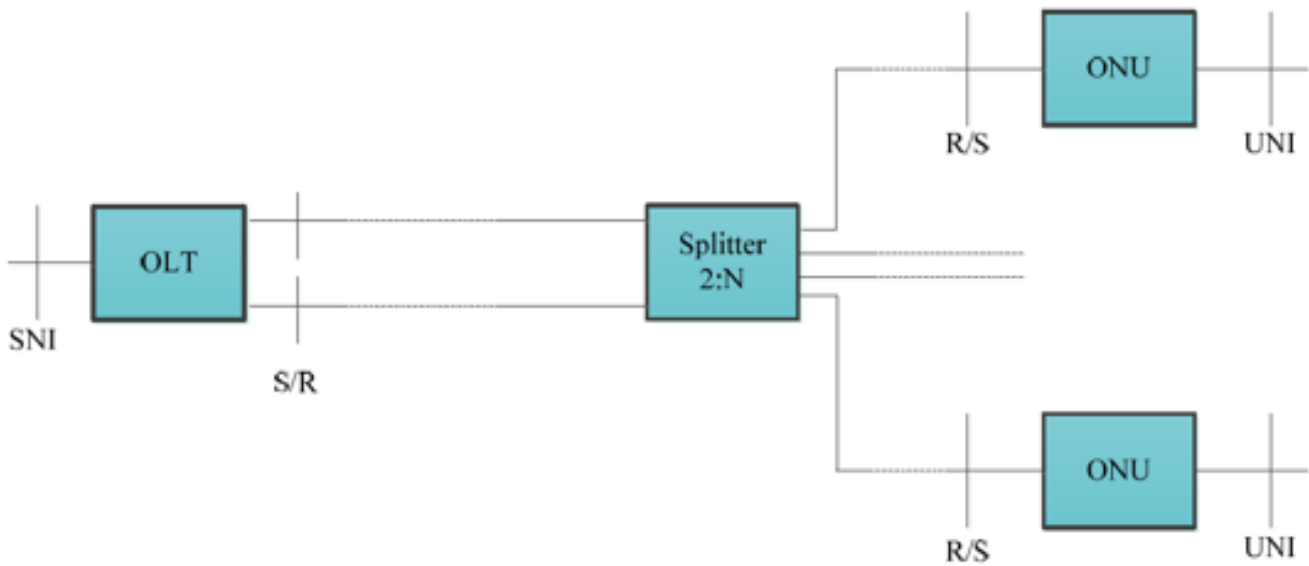
Er zijn verschillende typen netwerkbeveiligingsmodi die GPON kan gebruiken, zie de afbeelding voor verschillende typen.

Type A



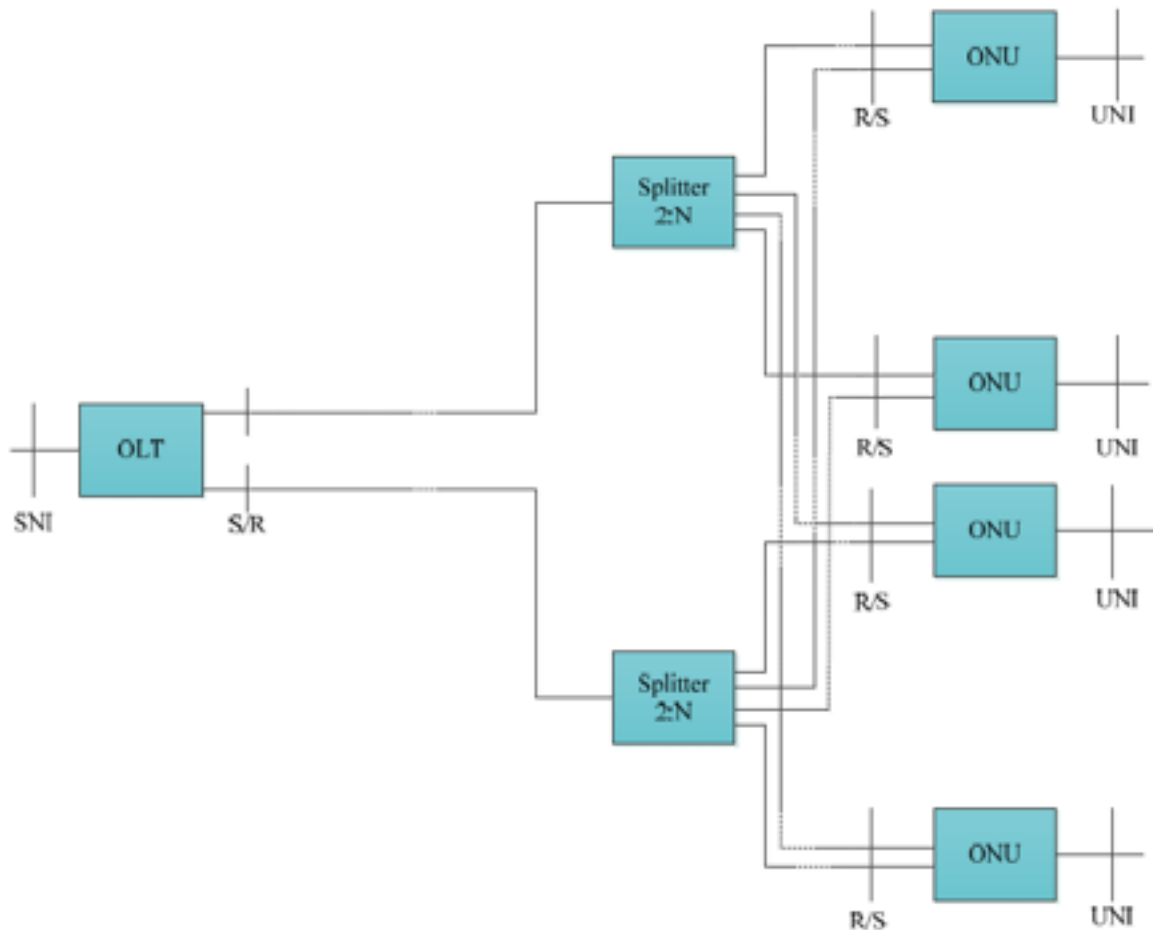
- Vereist geen aanvullende OLT PON-poort.
- Bij een storing van de primaire glasvezelkabel worden services overgebracht naar de secundaire glasvezelkabel.
- De duur van de storing is afhankelijk van de snelheid van het lijnherstel.
- Als de storing zich voordoet op de lijn van de splitter naar de ONU, is er geen back-up.

Type B



- De OLT biedt twee GPON-poorten als geldige beschermings-OLT's.
- Bescherming is beperkt tot de glasvezelkabel van de OLT naar de splitter en kaarten van de OLT.
- Er is niet voorzien in redundantie van apparatuur in de ONU of aanvoerende glasvezelkabels.
- Geen ONU- of volledige ODN-bescherming.
- Gebruikt een 2 x N-splitter en zonder enig aanvullend optisch verlies.

Type C



- Redundantie voor de OLT, ISDN en ONU(s).
- Zorgt voor 2 volledig redundante links helemaal tot aan de abonnee.
- Twee opties: Lineaire 1 + 1 en Lineaire 1:1 bescherming

1+1-bescherming:

- De beschermings-PON is toegewezen aan de geldige PON.
- Normaal verkeer wordt gekopieerd en naar beide PON's verzonden, met een permanente brug tussen de twee OLT's.
- Het verkeer wordt naar een ONU verzonden tegelijkertijd is de selectie tussen de twee signalen gebaseerd op vooraf bepaalde criteria.

1:1-bescherming:

- Normaal verkeer wordt getransporteerd op de geldige of beschermings-PON.
- Switch Automatische beveiligingsfuncties tussen de PON's.
- Dit is de kostbaarste optie, maar biedt ook maximale beschikbaarheid.

Gerelateerde informatie

Over deze vertaling

Cisco heeft dit document vertaald via een combinatie van machine- en menselijke technologie om onze gebruikers wereldwijd ondersteuningscontent te bieden in hun eigen taal. Houd er rekening mee dat zelfs de beste machinevertaling niet net zo nauwkeurig is als die van een professionele vertaler. Cisco Systems, Inc. is niet aansprakelijk voor de nauwkeurigheid van deze vertalingen en raadt aan altijd het oorspronkelijke Engelstalige document ([link](#)) te raadplegen.