

GPON 기술 이해

목차

[소개](#)

[사전 요구 사항](#)

[요구 사항](#)

[사용되는 구성 요소](#)

[배경 정보](#)

[용어](#)

[네트워크 다이어그램](#)

[기술 개요](#)

[GPON 제한](#)

[전력 예산 책정](#)

[패킷 워크](#)

[다운스트림 패킷 워크](#)

[업스트림 패킷 워크](#)

[기능 블록](#)

[프로토콜 스택](#)

[중요한 기술](#)

[범위](#)

[버스트 기술](#)

[동적 대역폭 할당\(DBA\)](#)

[FEC\(Forward Error Correction\)](#)

[라인 암호화](#)

[네트워크 보호 모드](#)

[관련 정보](#)

소개

이 문서에서는 기가비트 GPON(Passive Optical Network) 기술 및 작동 방식에 대해 설명합니다.

사전 요구 사항

None.

요구 사항

이 문서에 대한 특정 요건이 없습니다.

사용되는 구성 요소

이 문서는 특정 소프트웨어 및 하드웨어 버전으로 한정되지 않습니다.

이 문서의 정보는 특정 랩 환경의 디바이스를 토대로 작성되었습니다. 이 문서에 사용된 모든 디바이스는 초기화된(기본) 컨피그레이션으로 시작되었습니다. 네트워크가 작동 중인 경우 모든 명령의 잠재적인 영향을 이해해야 합니다.

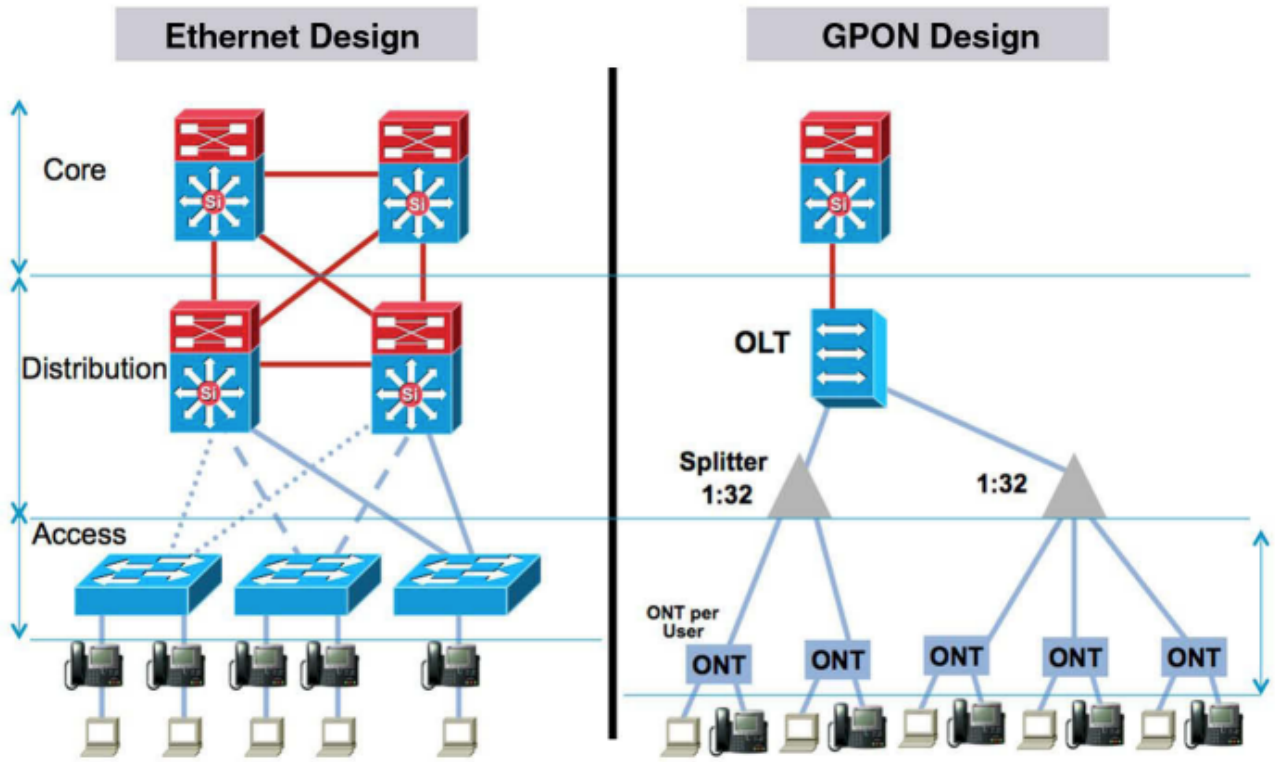
배경 정보

GPON은 캠퍼스 네트워킹에서 이더넷 스위칭의 대안입니다. GPON은 액세스 및 디스트리뷰션 이더넷 스위치를 패시브 옵티컬 디바이스로 제거하여 기존의 3계층 이더넷 설계를 2계층 Optic 네트워크로 대체합니다. Cisco는 Catalyst GPON 플랫폼과 함께 GPON을 도입합니다.

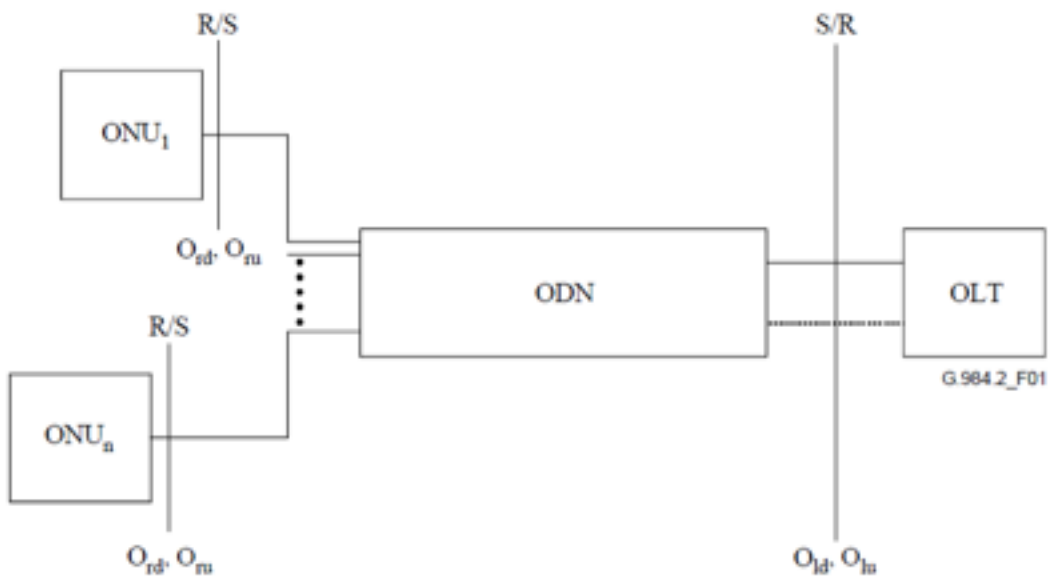
용어

- **기가비트 지원 GPON(Passive Optical Network)** - ITU-T에서 게시한 PON(Passive Optical Network) 표준
- **ODN(Optical Distribution Network)** - 통신 네트워크의 사용자에게 신호를 배포하는 물리적 파이버 및 옵티컬 장치입니다. ODN은 옵티컬 파이버와 같은 패시브 옵티컬 구성 요소(POS)와 하나 이상의 패시브 옵티컬 스플리터로 구성됩니다.
- **ONT(Optical Network Termination) /ONU(Optical Network Units)** - 최종 사용자 디바이스(데스크톱, 전화 등)를 GPON 네트워크에 연결합니다. 옵티컬 및 전기 신호 변환을 제공합니다. 또한 ONT 키를 통해 AES 암호화를 제공합니다.
- **Splitter** - 단일 업스트림 광섬유 광 케이블로 광섬유 신호를 집계하거나 다중화하는 데 사용됩니다. 보통 1:32 비율입니다.
- **OLT(Optical Line Terminal)** - ONT의 모든 광 신호를 단일 멀티플렉싱 광선으로 변환한 다음 레이어 2 또는 레이어 3 포워딩에 대한 이더넷 패킷 유형 표준으로 포맷하여 전기 신호로 변환되는 장치입니다.
- **WDM(Wavelength-Division Multiplexing)** - WDM(Wavelength-Division Multiplexing)은 다양한 파장(예: 색상)의 레이저 빛을 사용하여 여러 광 캐리어 신호를 단일 광 파이버로 다중화하는 기술입니다.
- **GEM G-PON 캡슐화 방법(GEM)** - 연결 지향적이고 사용자 데이터 프레임을 가변 크기의 전송 프래그먼트로 단편화할 수 있도록 지원하는 기가비트 지원 G-PON(Passive Optical Network) 시스템에서 사용되는 데이터 프레임 전송 체계
- **FTTX(Fiber to the X)** - FTTX는 여러 파이버 구축 컨피그레이션을 위한 일반화이며 다음 두 그룹으로 구성됩니다. FTTP/FTTH/FTTB(파이버는 프레미스/홈/빌딩으로 항상 배치) 및 FTTC/N(연결을 완료하기 위해 구리 전선을 사용하여 캐비닛/노드에 배치된 파이버).
- **T-CONT/TCONT** - 전송 컨테이너
- **OMCC** - 옵티컬 네트워크 장치 관리 및 제어 채널
- **OMCI** - 옵티컬 네트워크 유닛 관리 및 제어 인터페이스
- **PCBd** - 물리적 제어 블록 다운스트림
- **TDM** - 시간 분할 다중 통신
- **TDMA** - 시간 분할 다중 액세스

네트워크 다이어그램



기술 개요



R and S Reference points
 O_{rd}, O_{ru}, O_{ld}, O_{ln} Optical interfaces
 ————— Represent one or more fibre
 Represent optional protection fibres



- OLT는 단일 광 Fibre를 통해 옵티컬 Splitter에 연결되고 옵티컬 Splitter는 ONU/ONT에 연결됩니다.

- GPON은 동일한 ODN을 통해 서로 다른 업스트림/다운스트림 파장의 데이터를 전송하기 위해 WDM을 채택합니다. 파장은 1290~1330nm에서 업스트림 방향과 다운스트림 방향에서 1480~1500nm에서 가능합니다.
- 데이터는 다운스트림 방향으로 브로드캐스트되고 업스트림 방향 데이터는 TDMA 모드(타임 로트 기반)에서 버스트됩니다.
- P2MP(point-to-multipoint) 멀티캐스트 전송을 지원합니다.

GPON 제한

- 최대 논리적 범위: 60km(향후 물리적 미디어 종속(PMD) 사양을 고려하여 시스템의 상위 레이어(MAC, TC, Ranging)에서 관리하는 최대 거리입니다.)
- 전송/수신(S/R)과 수신/전송(R/S) 포인트 간의 최대 파이버 거리: 20킬로미터
- 최대 차등 파이버 거리: 20킬로미터
- 분할 비율: 경로 손실, 패시브 스플리터가 있는 PON(16, 32 또는 64 way split)
- 비율: 1.24416기가비트/초, 2.48832기가비트/초 다운

전력 예산 책정

GPON의 일환으로 옵티컬 전원 손실이 반드시 확인되어야 합니다. 이러한 손실은 다음과 같은 다양한 방식으로 발생할 수 있습니다.

- Splitter 내 손실
- 파이버 km당 손실(1310, 1490nm의 경우 킬로미터당 약 0.35dB)
- 스플라이스 손실(0.2dB 이상)
- 커넥터 손실(0.6dB)
- 섬유 벤딩

이미지에 표시된 것처럼 다양한 Splitter를 사용하여 발생한 손실 양

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

이미지에 표시된 것처럼 클래스당 최소 및 최대 광 경로 손실:

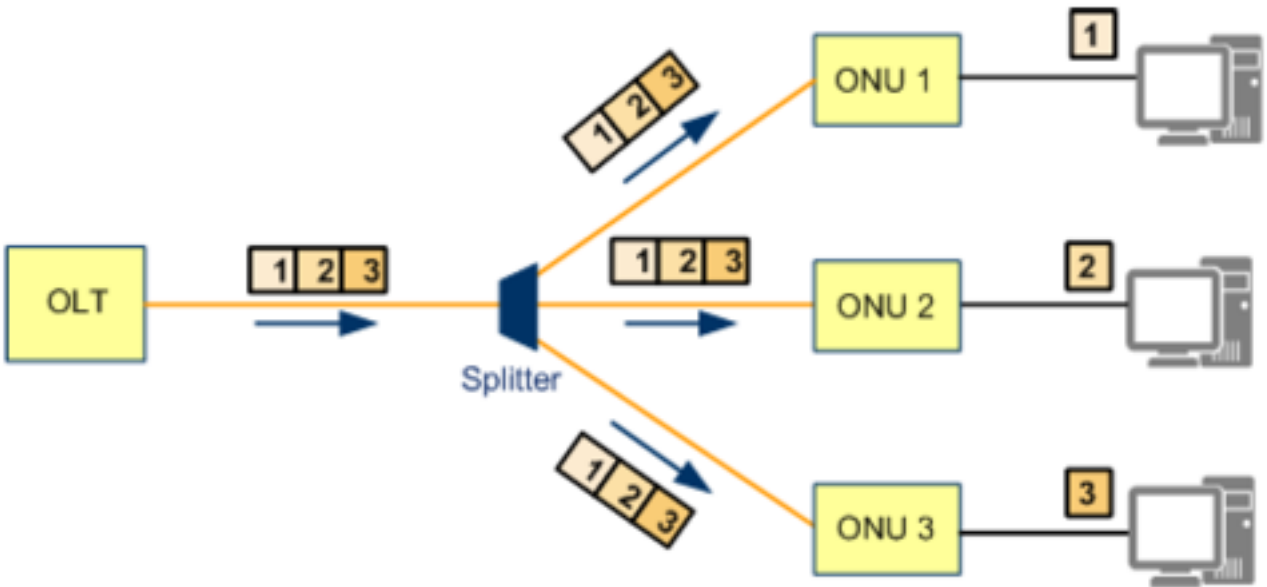
Table G.984.2 – Classes for optical path loss

	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>				

패킷 워크

다운스트림 패킷 워크

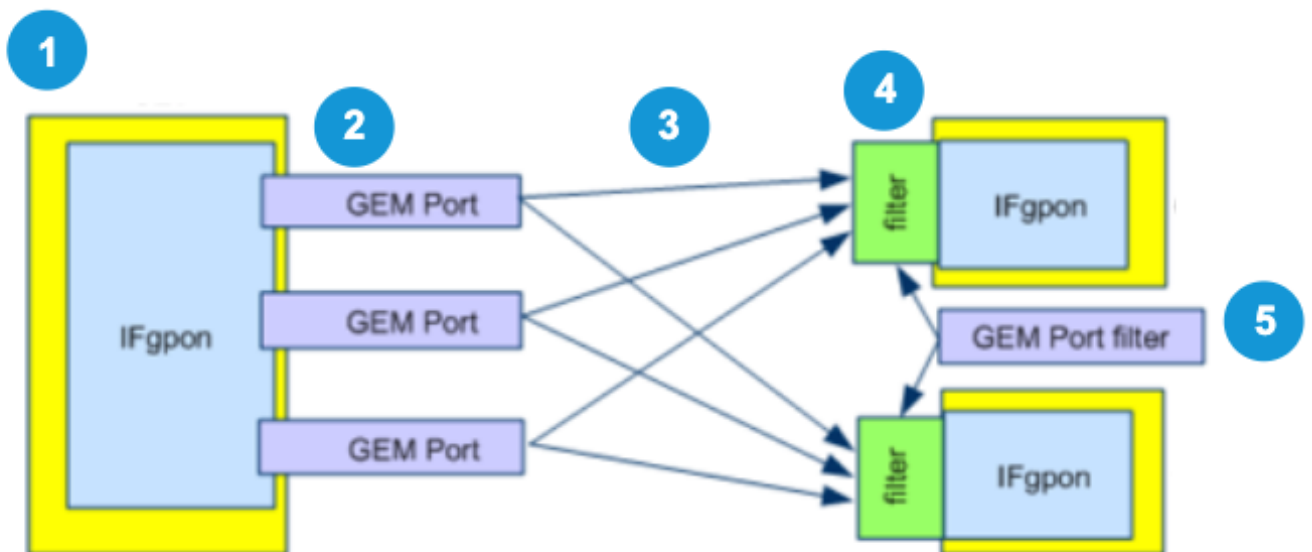
이미지에 표시된 것처럼 패킷은 OLT에서 다양한 ONU로 다운스트림으로 이동합니다



팁:다운스트림은 Splitter의 관점에서 볼 때 ONU/ONT 또는 최종 사용자로 이동하는 트래픽이라고 생각할 수 있습니다.

- 다운스트림 패킷은 **브로드캐스트로 전달되며**, 동일한 데이터가 GEM 포트 ID로 식별되는 서로 다른 데이터를 가진 모든 동일한 ONU/ONT로 전송됩니다.
- ONU/ONT에서 ONU ID로 원하는 데이터를 받을 수 있습니다.
- 다운스트림 파장 범위는 1480~1500nm입니다.
- **다운스트림 연속 모드 작업** - GPON을 통과하는 사용자 트래픽이 없는 경우에도 레이저가 관리 목적으로 꺼져 있는 경우를 제외하고 일정한 신호가 있습니다.

이미지에 표시된 대로 다운스트림 패킷 포워딩 절차.



1. OLT는 구성된 규칙을 기반으로 업링크 포트에서 GPON 서비스 처리 모듈로 이더넷 프레임을 전송합니다.

2. 그런 다음 GPON 서비스 처리 모듈은 다운스트림 전송을 위해 이더넷 프레임을 GEM 포트 데이터 패킷으로 캡슐화합니다.
3. GEM PDU를 포함하는 GPON GTC(Transmission Convergence) 프레임은 GPON 포트에 연결된 모든 ONT/ONU에 브로드캐스트됩니다.
4. ONT/ONU는 GEM PDU 헤더에 포함된 GEM 포트 ID를 기반으로 수신된 데이터를 필터링하며, 이 ONT/ONU의 GEM 포트에만 중요한 데이터를 유지합니다.
5. ONT는 데이터를 역캡슐화하고 서비스 포트를 통해 최종 사용자에게 이더넷 프레임을 전송합니다.

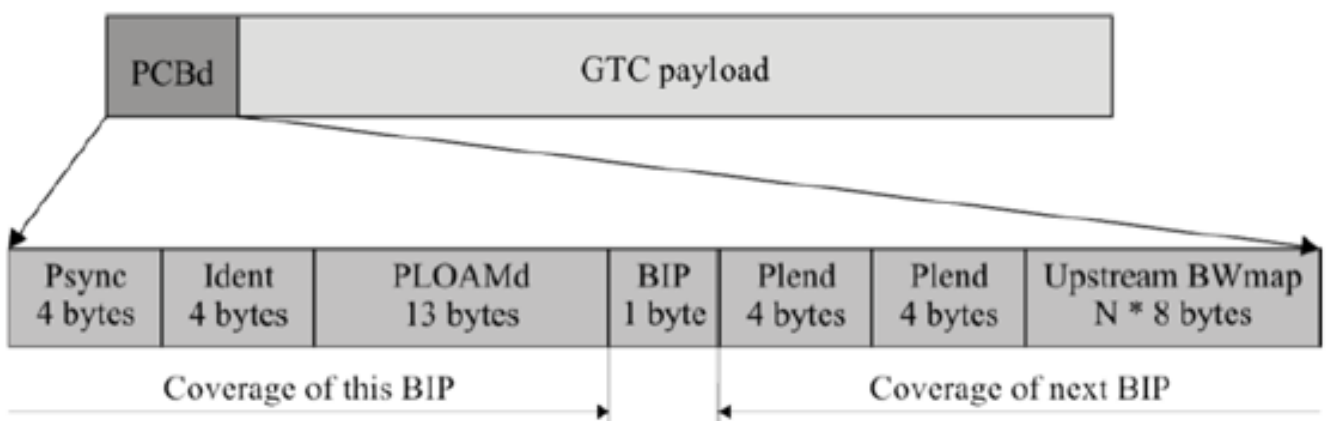
다운스트림 패킷 프레임 구조

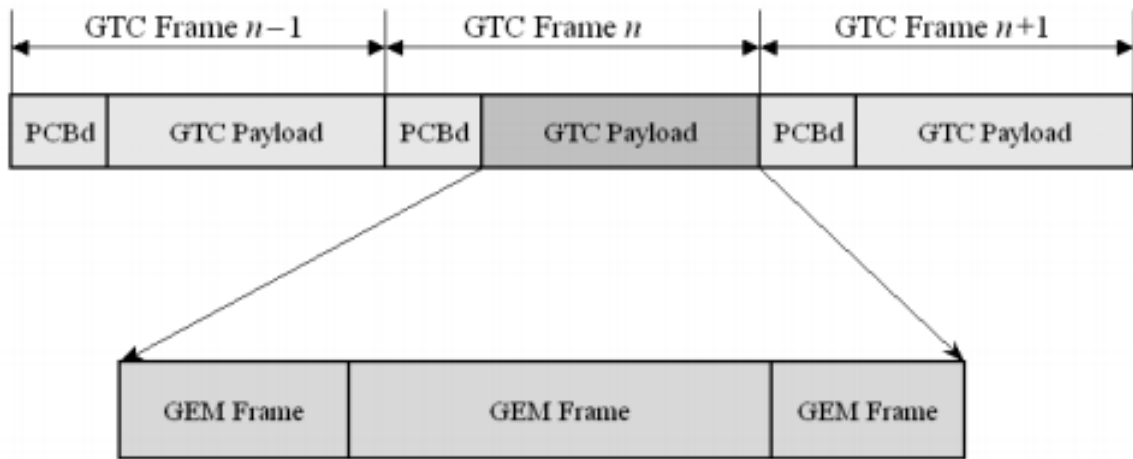
- 다운스트림 GPON 프레임은 고정된 길이가 125마이크로초, 구성 요소 2개로 구성됩니다. 물리적 제어 블록 다운스트림(PCBd) 및 페이로드
- OLT는 모든 ONU/ONT에 PCBd를 브로드캐스트합니다. ONU/ONT는 PCBd를 수신하고 수신된 정보에 따라 작업을 수행합니다.
- PCBd는 GTC 헤더 및 BWmap으로 구성됩니다.

GTC 헤더 - 프레임 구분, 동기화 및 FEC(forward error correction)에 사용됩니다.

BWmap - 필드는 업스트림 대역폭 할당을 매우 ONU에 알립니다. 각 ONU의 T-CONT에 대한 시작 및 종료 업스트림 시간 슬롯을 지정합니다. 이렇게 하면 모든 ONU가 OLT에서 지정한 시간 슬롯에 따라 데이터를 전송하여 데이터 충돌을 방지할 수 있습니다.

이미지에 표시된 대로, PCBd의 확장된 보기 및 GTC 페이로드 내에 포함된 항목





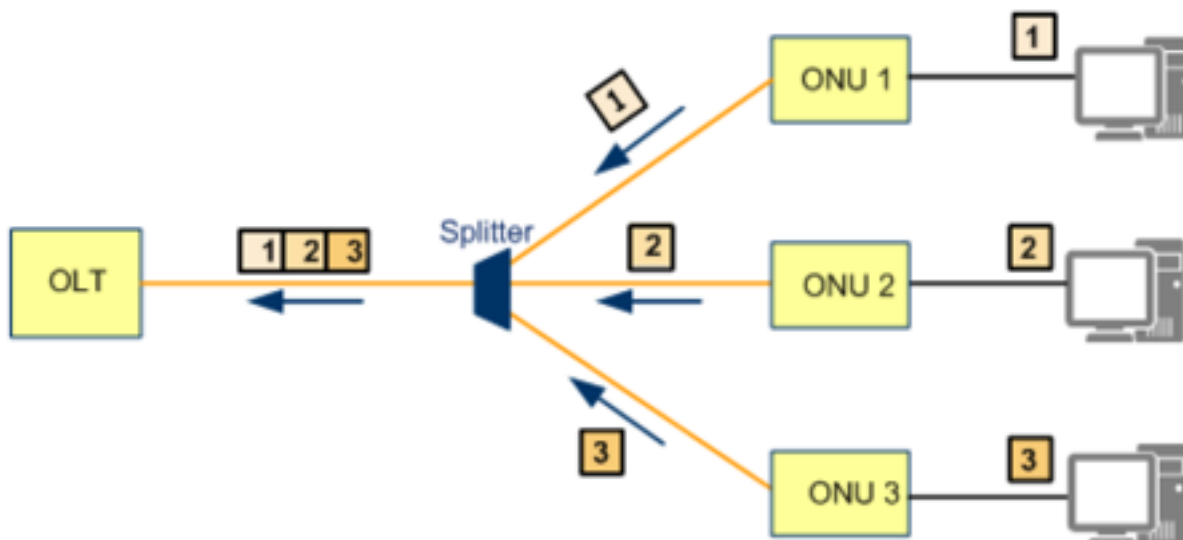
G.984.3_FB-2

주요 용어:

- **Psync**(4바이트 길이) - 물리적 동기화 필드 - 모든 PCBd의 시작을 나타냅니다.
- **IDENT**(4바이트 길이) - 더 큰 프레임 구조를 나타내는 데 사용되며 암호화 시스템에 사용되는 슈퍼프레임 카운터를 포함합니다.
- **PLOAMd**(13바이트 길이) - PLOAM(Physical Layer OAM) 다운스트림 필드로서, OLT와 ONU/ONT 간의 메시지 기반 작업 및 관리 채널로 간주합니다.
- **BIP**(1바이트 길이) - Bit-interleaved parity(비트 인터리브 패리티)로, 수신자가 링크의 오류 수를 측정합니다.
- **Plend**(4바이트 길이) - 페이로드 길이 다운스트림 필드

업스트림 패킷 워크

이미지에 표시된 대로, 다양한 ONU에서 OLT로 업스트림 패킷이 이동합니다.



팁:업스트림은 Splitter의 관점에서 또는 ONU/UNT에서 최종 사용자가 OLT로 전송되는 트래픽을 고려할 수 있습니다.

- TDMA를 통해 업스트림 패킷 전송 발생(시간 분할 다중 액세스)

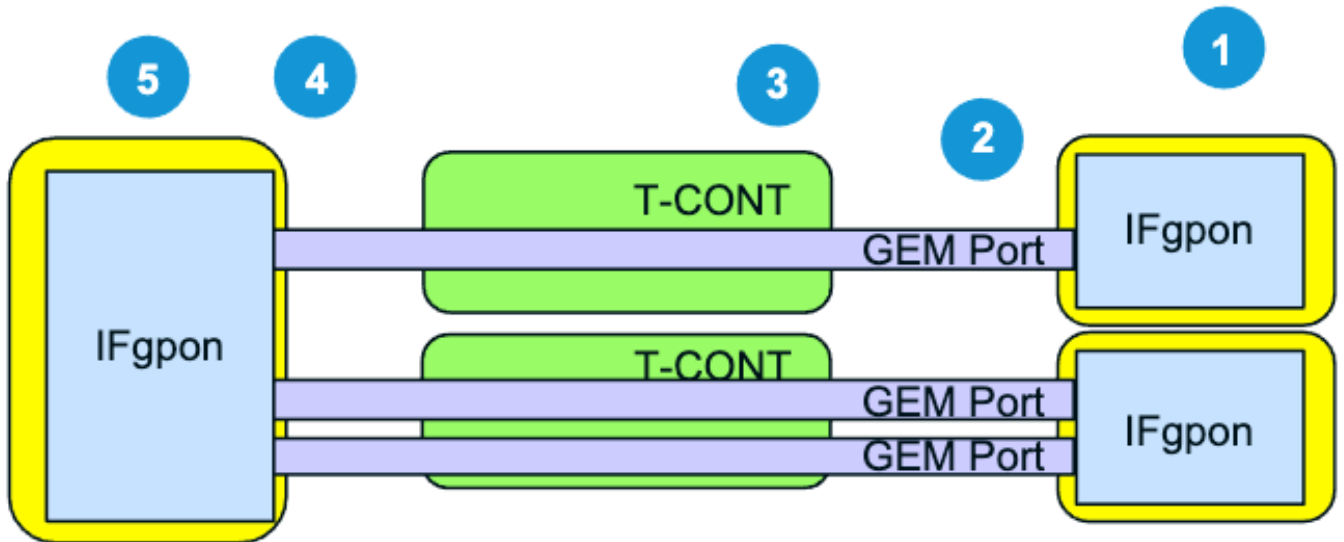
OLT와 ONT/ONU 사이의 거리를 측정합니다.

거리에 따라 시간 슬롯이 할당됨

ONT/ONU는 지정된 시간 슬롯을 기반으로 트래픽 업스트림 전송

- OLT는 DBA(Dynamic Bandwidth Allocation)를 통해 실시간, 혼잡, 대역폭 사용량 및 컨피그레이션을 모니터링할 수 있습니다.
- 범위를 넓혀 충돌을 탐지하고 방지
- 업스트림 파장 범위는 1290~1330nm입니다.

이미지에 표시된 대로 업스트림 패킷 포워딩 절차.



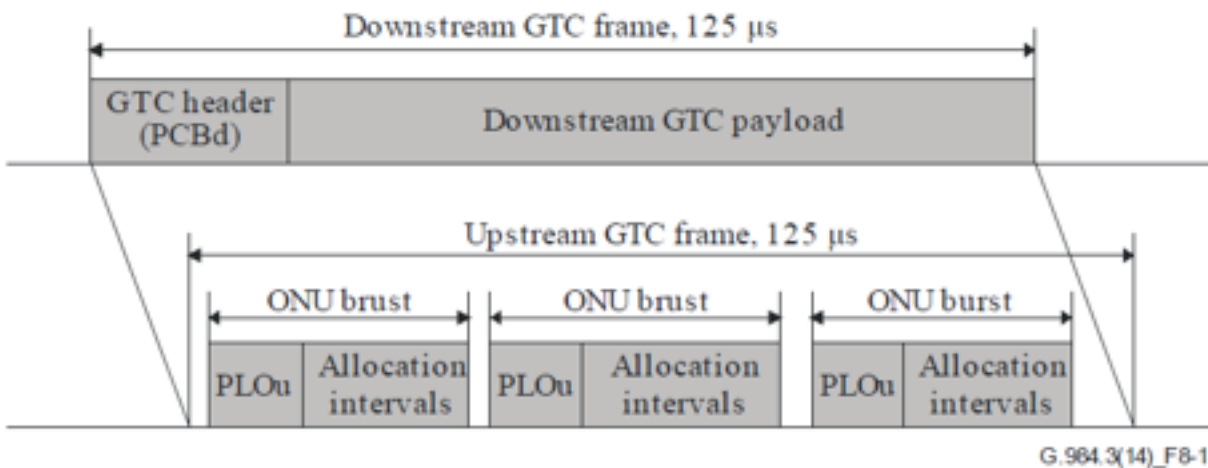
1. ONT/ONU는 서비스 포트와 GEM 포트를 매핑하는 구성된 규칙을 기반으로 이더넷 프레임을 GEM 포트에 전송합니다.
2. GEM 포트는 이더넷 프레임을 GEM PDU로 캡슐화하고 GEM 포트와 TCONT 대기열을 매핑하는 규칙을 기반으로 이러한 PDU를 TCONT 대기열에 추가합니다.
3. TCONT 대기열은 DBA를 기반으로 시간 슬롯을 사용한 다음 업스트림 GEM PDU를 OLT에 전송합니다.
4. OLT는 GEM PDU를 역캡슐화합니다. 이제 원래의 이더넷 프레임이 표시됩니다.
5. OLT는 서비스 포트 및 업링크 포트를 매핑하는 규칙을 기반으로 지정된 업링크 포트에서 이더넷 프레임을 전송합니다.

업스트림 패킷 프레임 구조

- 각 업스트림 GPON 프레임은 고정된 길이 125입니다.
- 각 업스트림 프레임에는 하나 이상의 T-CONT/TCONT가 전달하는 콘텐츠가 포함됩니다.
- GPON 포트에 연결된 모든 ONU는 업스트림 대역폭을 공유합니다.
- 모든 ONU는 대역폭 맵(BWmap) 요구 사항에 따라 자체 시간 슬롯에서 데이터 업스트림을 전송합니다.
- 각 ONU는 업스트림 프레임을 사용하여 OLT로 전송할 데이터의 상태를 보고합니다.OLT는 DBA를 사용하여 할당 업스트림 시간 슬롯을 ONU로 전송하고 각 프레임에서 업데이트를 전송합니다.

참고:업스트림 프레임은 버스트로 전송되며, 이는 특정 Alloc-ID와 연결된 업스트림 PLOu(Physical Layer Overhead) 및 하나 이상의 대역폭 할당 간격으로 구성됩니다

이미지에 표시된 것처럼 다운스트림 프레임과 업스트림 프레임 간의 차이입니다.

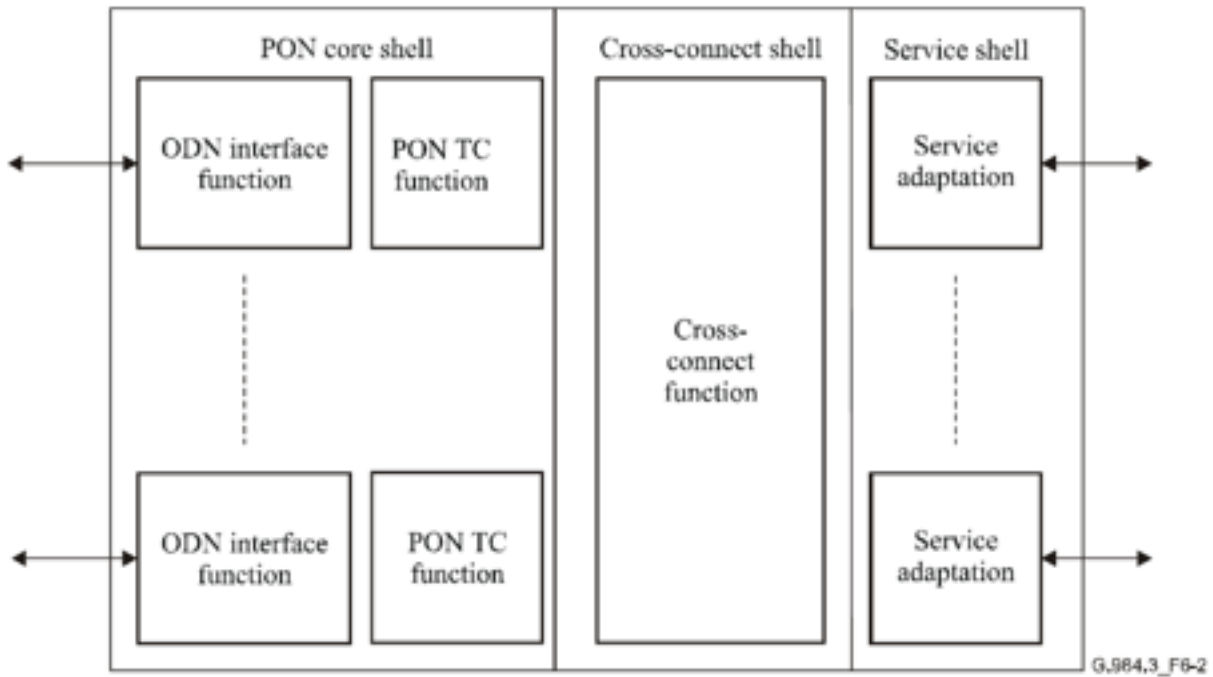


주요 용어:

- 물리적 레이어 오버헤드 업스트림(PLOu) - 업스트림 물리적 레이어 오버헤드
- PLOAMu(물리적 레이어 OAM 업스트림) - 업스트림 데이터의 PLOAM 메시지입니다.이를 OLT와 ONU/ONT 간의 메시지 기반 운영 및 관리 채널로 간주합니다.
- PLSu(Power level sequence upstream) - 업스트림 전력 레벨 시퀀스
- 동적 대역폭 보고서 업스트림(DBRu) - 업스트림 동적 대역폭 보고서
- 페이로드 - 사용자 데이터

기능 블록

OLT 기능 블록



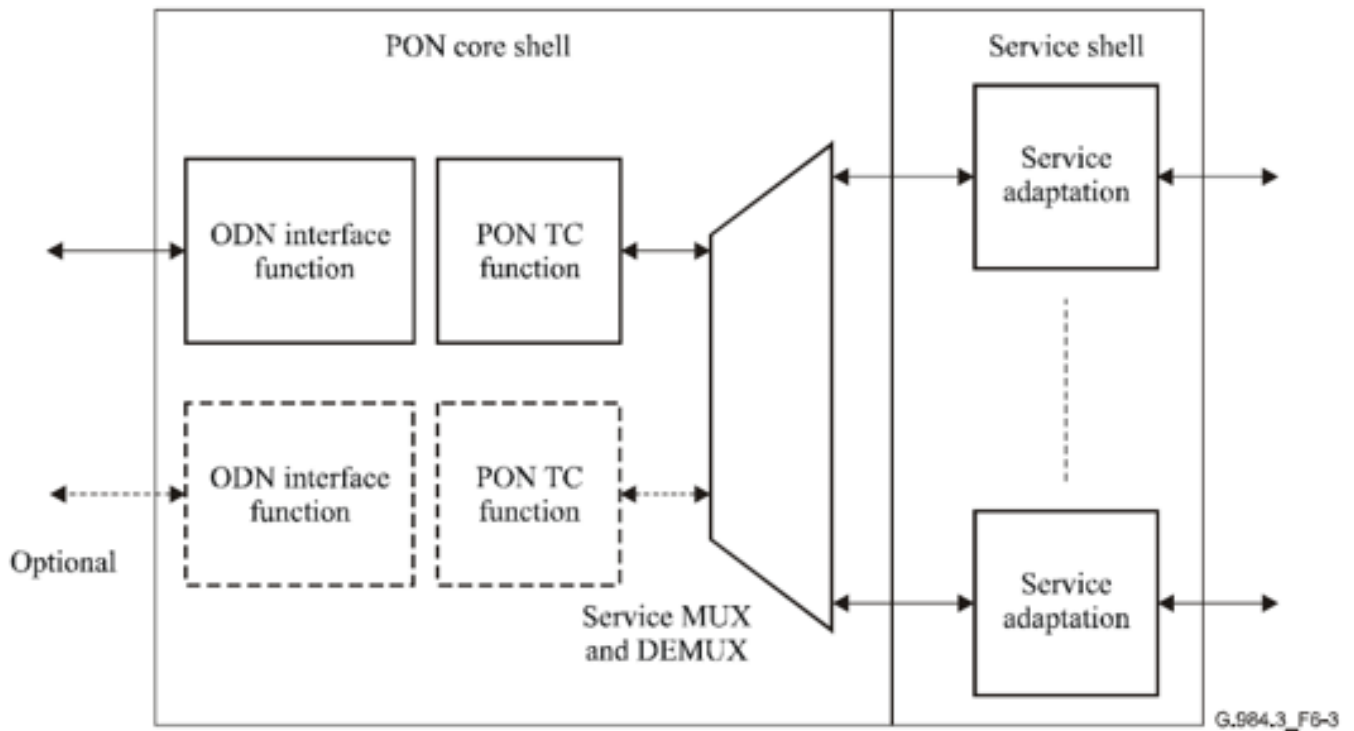
OLT는 세 가지 주요 부분으로 구성됩니다.

- **서비스 포트 인터페이스 기능** - 서비스 인터페이스와 PON 섹션의 TC 프레임 인터페이스 간 변환을 제공합니다.
- **Cross-connect 함수** - PON 셸과 서비스 셸 간의 통신 경로와 교차 연결 기능을 제공합니다.
- **ODN(Optical Distribution Network) 인터페이스** - 두 부분으로 세분화

PON 인터페이스 함수

PON TC 기능 - 프레임링, 미디어 액세스 제어, OAM, DBA, 교차 연결 기능을 위한 PDU(Protocol Data Unit) 설명, ONU 관리 등의 책임이 있습니다.

ONU/OLT 기능 블록

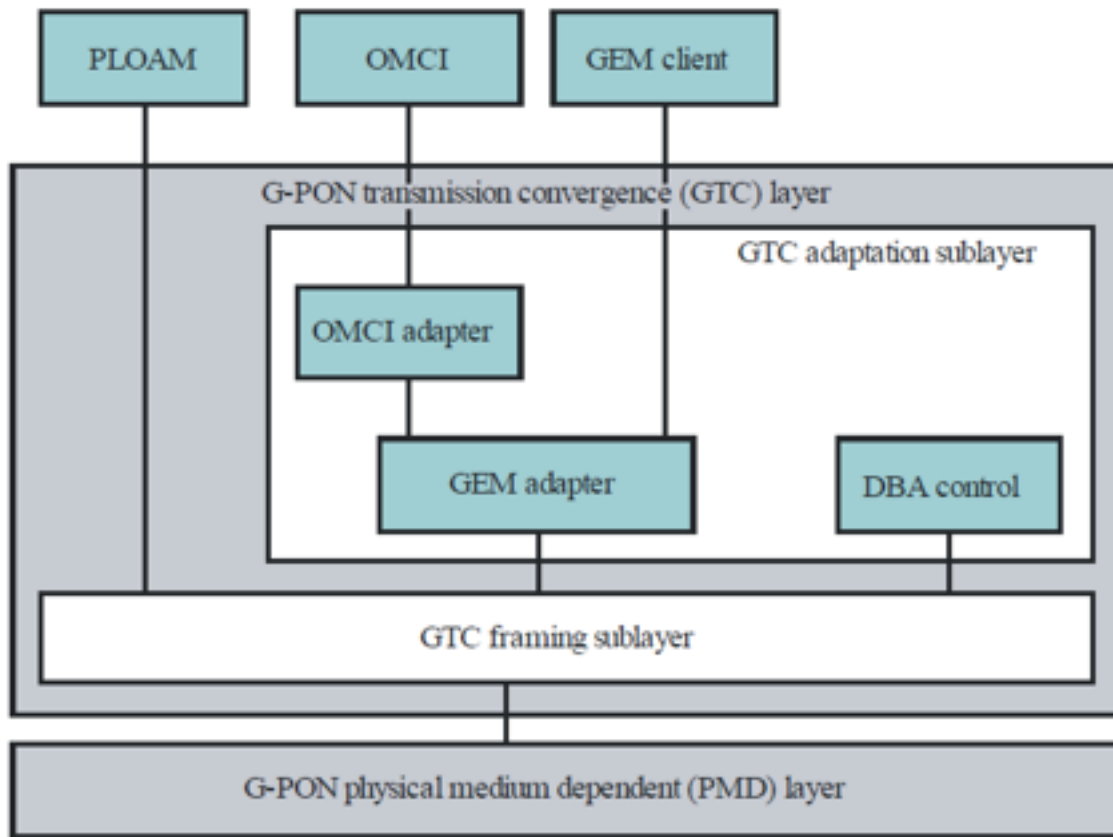


기능 블록은 OLT와 유사합니다. ONU/OLT가 단일 PON 인터페이스(보호를 위해 최대 2개)로 작동하는 시나리오에서는 교차 연결 기능이 생략됩니다. 이 기능 대신 서비스 MUX 및 DEMUX가 이제 트래픽을 담당합니다.

프로토콜 스택

GPON 프로토콜에는 이더넷 또는 IP만 포함된 자체 스택이 있습니다.

이미지에 표시된 대로 GPON의 프로토콜 스택은 다음과 같습니다.



G.984.3(14)_F7-1

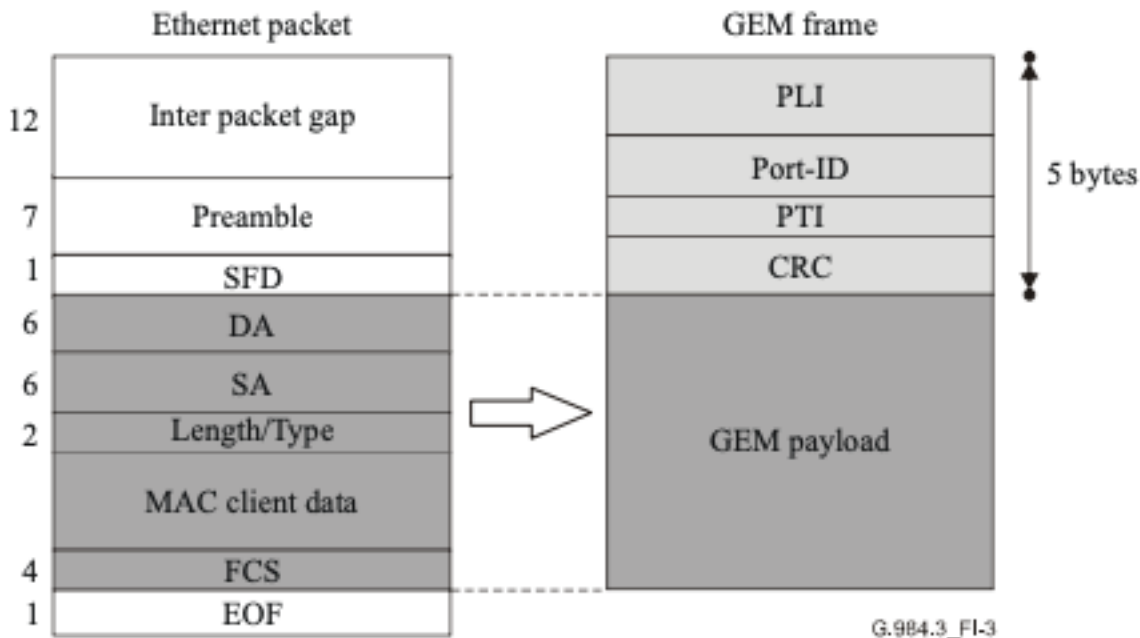
주요 용어:

- **PMD 레이어** - OLT와 ONU 사이에 있는 GPON 인터페이스에 해당합니다.
- **GTC Layer** - ATM 셀 또는 GEM 프레임을 사용하여 페이로드를 캡슐화합니다. GEM 프레임은 이더넷, POTS, E1 및 T1 셀을 전달할 수 있습니다.

트래픽 매핑 - 이더넷

- 이더넷 프레임을 확인하고 이더넷 프레임의 데이터를 GEM 페이로드에 직접 매핑
- GEM 프레임은 헤더 정보를 자동으로 캡슐화합니다.
- 이더넷 프레임과 GEM 프레임 사이의 1:1 정렬

이미지에 표시된 것처럼 이더넷 프레임이 GEM 프레임에 매핑되는 방법은 다음과 같습니다.



OMCI

- OCI(ONU Management and Control Interface) 메시지는 관리 및 제어를 위한 ONT/ONU를 검색하는 데 사용됩니다.
- 이러한 특수 메시지는 OLT와 ONT/ONU 간에 설정된 전용 GEM 포트를 통해 전송됩니다.
- OMCI 프로토콜을 사용하면 OLT에서 다음을 수행할 수 있습니다.

ONT와의 연결 설정 및 해제

ONT에서 UNI 관리

구성 정보 및 성능 통계 요청

링크 장애와 같은 이벤트에 대한 자동 알림

주요 내용:

- 프로토콜은 OLT와 ONT 간의 GEM 연결을 통해 실행됩니다.
- GEM 연결은 ONT가 초기화하는 동안 설정됩니다.
- 프로토콜 작업은 비동기 - OLT 컨트롤러가 마스터, ONT 컨트롤러가 슬레이브로 작동합니다.

중요한 기술

범위

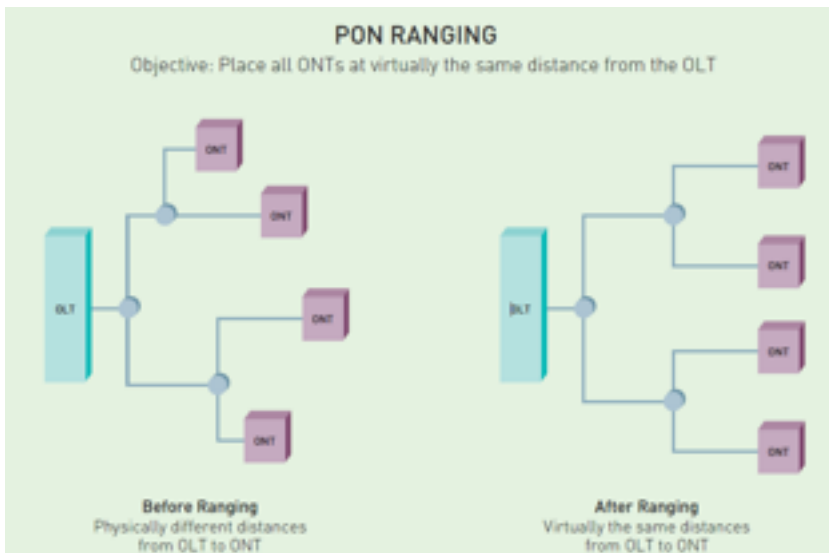
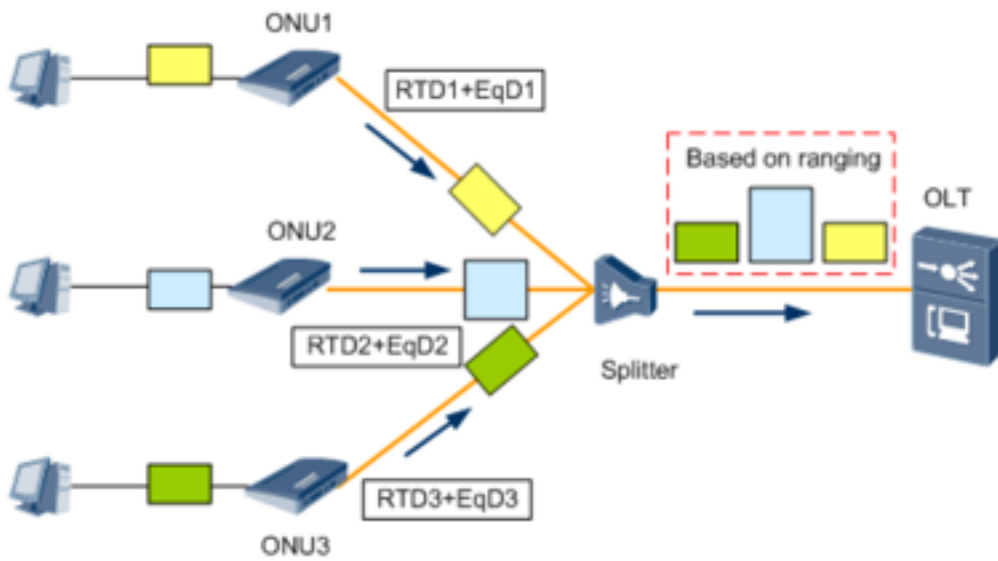
데이터 충돌(충돌)을 방지하려면 OLT에서 자신과 각 ONU 간의 거리를 정확하게 측정할 수 있어야 데이터 업스트림을 용이하게 하기 위한 적절한 시간 슬롯을 제공할 수 있습니다.이렇게 하면

ONU가 지정된 시간 슬롯에 데이터를 전송하여 업스트림 문제를 방지할 수 있습니다.이 과정은 범위 지정 기술을 통해 성취된다.

범위 지정 프로세스:

- OLT는 ONU가 처음으로 OLT에 등록하고 ONU의 RTD(Round Trip Delay)를 획득할 때 ONU에서 프로세스를 시작합니다.RTD에 따라 다른 주요 구성 요소가 식별됩니다.
- 이 OLT는 물리적 도달 범위를 기반으로 각 ONU에 대해 적절한 균등화 지연(EqD)이 필요하므로 특정 ONU의 물리적 도달 범위를 계산합니다.
- RTC 및 EqD는 모든 ONU에서 보낸 데이터 프레임을 동기화합니다.

이미지에 표시된 것처럼, 모든 ONU/OLT를 OLT에서 가상 거리에 배치하기 위해 프로세스가 수행하는 작업에 대한 데모입니다.



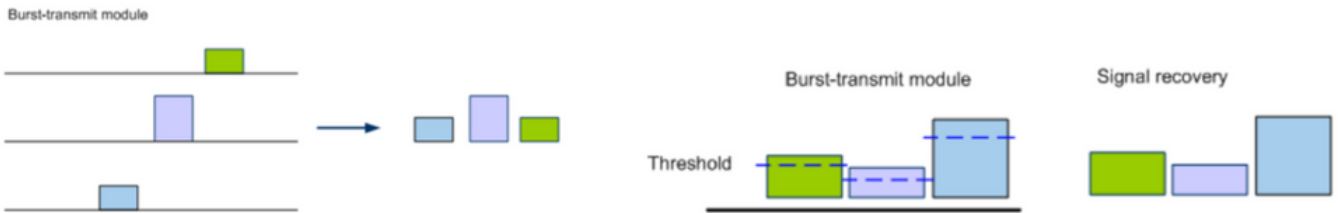
버스트 기술

업스트림 패킷 흐름은 버스트를 통해 이루어지며, 각 ONU/ONT는 할당된 시간 슬롯 내의 데이터 전송을 담당합니다.ONU/ONT가 해당 시간 슬롯 내에 없는 경우, 디바이스는 다른 ONU/ONT에 영향을 주지 않도록 옵티컬 트랜시버의 전송을 비활성화합니다.

- ONU/ONT 모듈에서 버스트 전송 기능 지원

- 버스트 수신 기능은 OLT 모듈에서 지원됩니다.
- 각 ONU/ONT와 OLT 간의 거리가 다르면 옵티컬 신호 감쇠가 발생합니다.따라서 OLT에서 수신한 패킷의 전원과 수준은 서로 다른 시간 슬롯에 따라 달라집니다.
- 동적 임계값 조정을 통해 OLT는 옵티컬 전원 레벨의 임계값을 동적으로 조정할 수 있습니다.이렇게 하면 모든 ONU 신호를 복구할 수 있습니다.

이미지에 표시된 것처럼, 서로 다른 데이터 버스트를 전송한 후 복구한 다음



동적 대역폭 할당(DBA)

DBA를 사용하면 OLT 모듈이 PON 네트워크의 혼잡을 실시간으로 모니터링할 수 있습니다.이를 통해 OLT는 혼잡, 대역폭 사용량 및 컨피그레이션을 비롯한 다양한 요소를 기반으로 대역폭을 조정할 수 있습니다.

주요 DBA 포인트:

- OLT 내의 임베디드 DBA 모듈은 DBA 보고서를 지속적으로 수집하고 계산을 수행하고 다운스트림 프레임 내의 BWMMap 필드를 통해 ONU에 알립니다.
- BWMMap 정보의 결과, ONU는 업스트림 대역폭을 차지하기 위해 할당된 시간 슬롯에서 업스트림의 데이터를 전송합니다.
- 대역폭은 정적/고정 모드에서도 할당 가능
- DBA를 사용하면 다음을 수행할 수 있습니다.

PON 포트에서 업스트림 대역폭 사용량 향상

더 높은 사용자 대역폭 및 PON 포트에서 더 많은 사용자 지원

FEC(Forward Error Correction)

디지털 신호의 전송은 비트 오류와 지터를 유발할 수 있는데, 이는 신호 전송 품질을 떨어뜨릴 수 있습니다.GPON은 FEC를 활용할 수 있으며, RX 끝에서는 전송의 오류 비트를 확인할 수 있습니다.

참고:FEC는 단방향이며 오류 정보 피드백을 지원하지 않습니다.

주요 FEC 포인트:

- 데이터 재전송이 필요하지 않음
- 다운스트림 방향에서만 FEC 지원
- PCBd 및 페이로드 프로세싱의 전송 품질 향상

라인 암호화

모든 다운스트림 데이터는 모든 ONU에 브로드캐스트됩니다. 권한이 없는 ONU는 인증된 ONU를 위한 다운스트림 데이터를 수신하게 될 위험이 있습니다. 이를 방지하기 위해 GPON은 AES128 알고리즘을 사용하여 데이터 패킷을 암호화합니다.

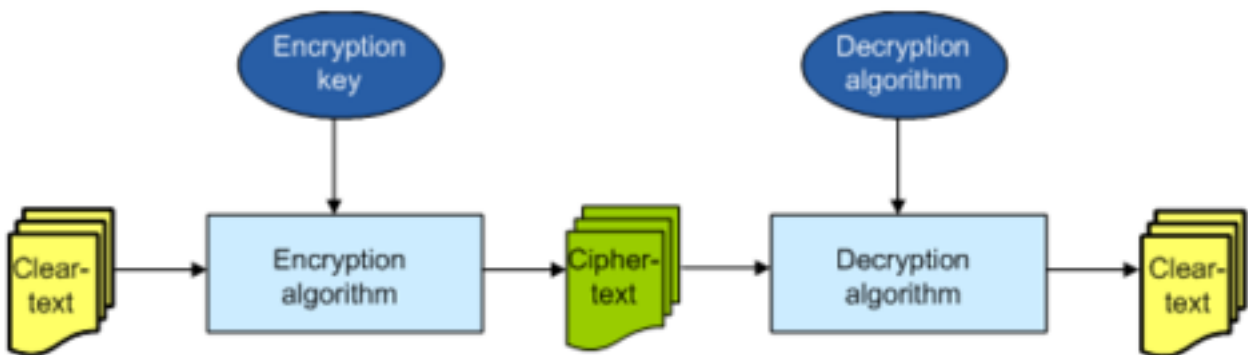
키 라인 암호화 지점:

- 회선 암호화를 사용해도 오버헤드가 증가하거나 대역폭 사용량이 감소하지 않습니다.
- 회선 암호화를 사용해도 전송 지연이 발생하지 않음

키 교환 및 전환

- OLT는 ONU에 대한 키 교환 요청을 시작합니다. ONU는 새 키로 요청에 응답합니다.
- 키를 받은 후 OLT는 새 키를 사용하여 데이터를 암호화합니다
- OLT는 사용자가 새 키를 ONU에 전송하는 프레임 번호를 전송합니다.
- ONU는 프레임 번호를 수신하고 인바운드 데이터 프레임의 확인 키를 전환합니다.

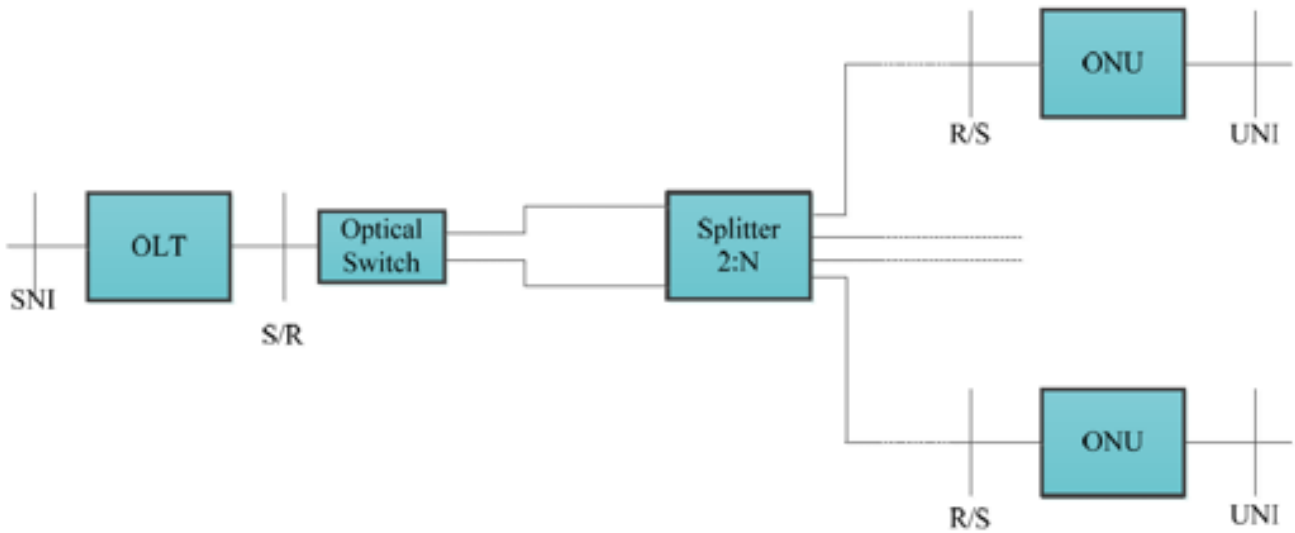
이미지에 표시된 것처럼 키 교환 프로세스는 다음과 같습니다.



네트워크 보호 모드

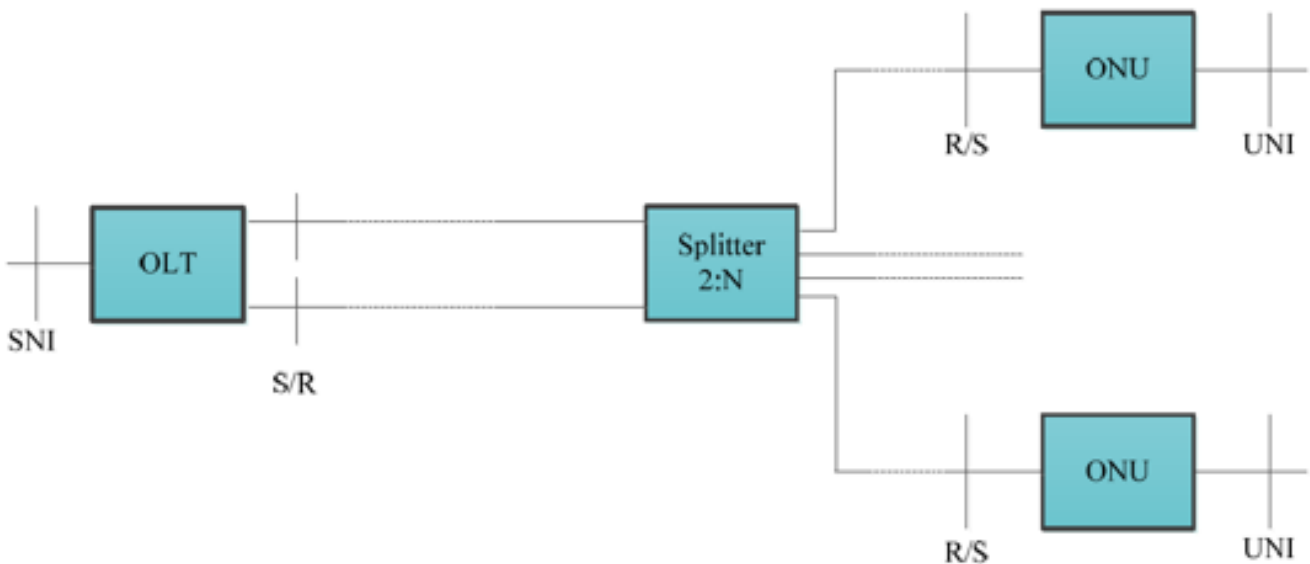
GPON에서 활용할 수 있는 네트워크 보호 모드는 여러 가지가 있습니다. 다른 유형은 아래를 참조하십시오.

유형 A



- 추가 OLT PON 포트가 필요하지 않음
- 기본 파이버에 장애가 발생하면 서비스가 보조 파이버로 전송됩니다.
- 중단 기간은 라인 복구 시간에 따라 다릅니다.
- Splitter에서 ONU로의 회선에서 장애가 발생하면 백업이 없습니다.

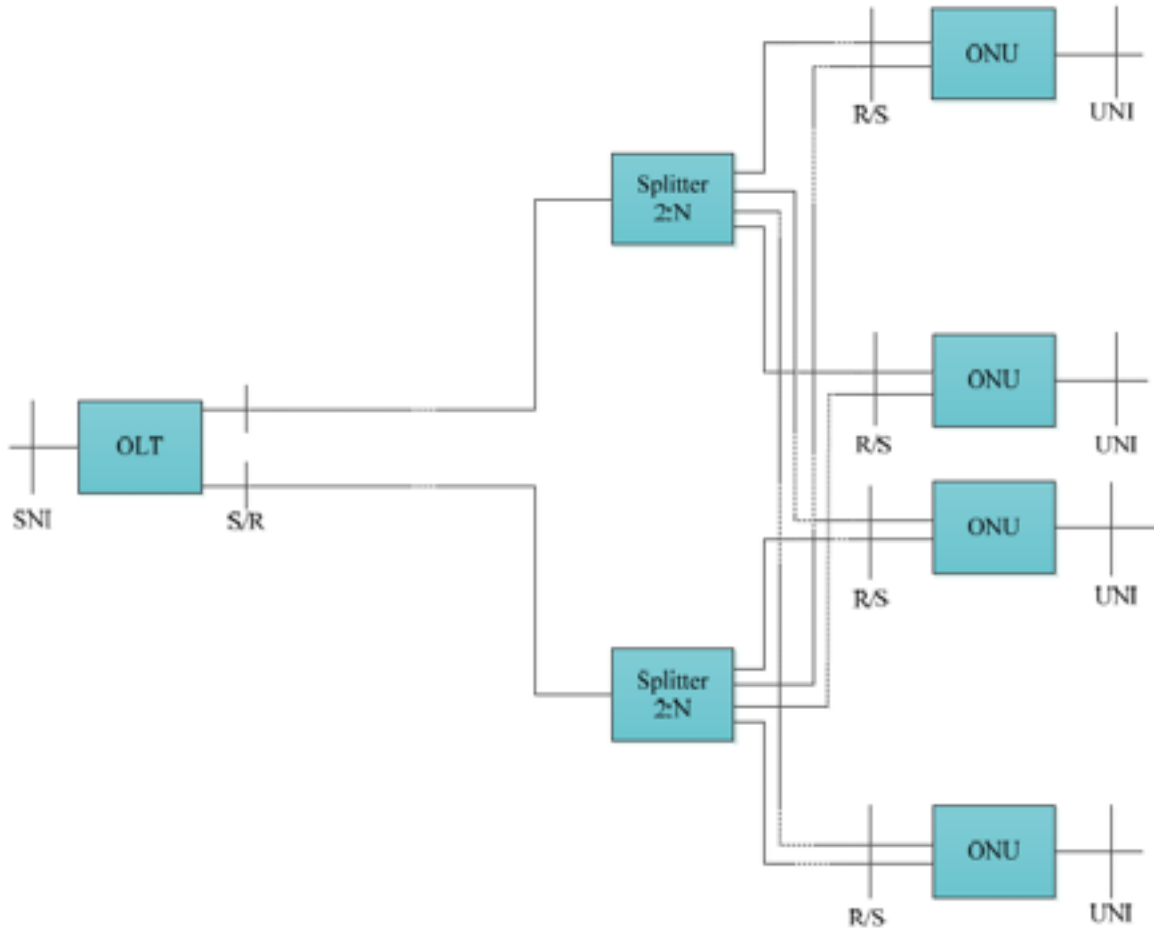
유형 B



- OLT는 두 개의 GPON 포트를 유효한 보호 OLT로 제공
- OLT에서 OLT의 Splitter 및 Boards까지 파이버 보호 기능 제한
- ONU 또는 급지대 파이버에는 장비 이중화가 제공되지 않습니다.
- ONU 또는 전체 ODN 보호 없음

- 추가 옵티컬 손실 없이 2x N Splitter 활용

유형 C



- OLT, ODN 및 ONU에 대한 이중화
- 가입자의 프레스미스로 연결되는 2개의 완전 이중화 링크 제공
- 두 가지 옵션: 선형 1 + 1 및 선형 1:1 보호

1+1 보호:

- 보호 PON은 유효한 PON에만 사용됩니다.
- 일반 트래픽은 두 OLT 간에 영구 브리지와 함께 두 PON으로 복사 및 전송됩니다.
- 트래픽이 ONU로 전송될 동시에 두 신호 간의 선택은 미리 결정된 기준을 기반으로 합니다

1:1 보호:

- 정상 트래픽은 유효한 또는 보호 PON에서 전송됩니다.

- PON 간 자동 보호 스위치
- 가장 많은 비용이 들지만 가용성을 극대화합니다.

관련 정보