

## 고분해능 OTDR을 이용한 E-PON망 광선로 감시기술

전정우, 홍상기, 박태동  
(주)KT 차세대통신망연구소

### Optical fiber monitoring using high-resolution OTDR for E-PON

Jeong-U Jeon, Sang-Ki Hong, Tae-Dong Park  
KT Telecommunication Network Laboratory

**Abstract** - 현재 국내외적으로 PON 방식의 FTTH망 구축이 본격적으로 시작되고 있는 상황으로 향후 PON망 광선로의 운용/유지보수 문제가 대두될 것으로 보인다. 본 고에서는 FTTH망 구축 방식의 하나인 스플리터를 사용한 E-PON망 광선로의 감시를 위한 고분해능 OTDR 기술과 그 응용에 대해 다루었다.

터에서 가입자까지의 거리가 비슷한 경우가 쉽게 발생할 수 있으므로, 기본적으로 PON망 광선로를 감시하기 위한 OTDR은 고분해능을 갖추어야 한다. 또한 PON망 광선로의 장애 위치를 찾기 위해서는 기존에 측정된 기준 Trace와 비교하여 새로운 이벤트가 발생한 위치를 찾아 분기된 광선로 중 어느 광선로에서 발생한 이벤트인가를 확인할 수 있어야 한다.

#### 1. 서 론

일반적으로 기간망은 점대점(PtP) 구조로 일반적인 OTDR을 사용하여 광선로의 장애 유무를 쉽게 감지할 수 있지만, 점대다점(PtMP) 구조인 PON망은 그 특성상 스플리터에서 분기된 모든 광심선들에서 되돌아오는 OTDR 역산란 광 파형들이 하나의 Trace로 겹쳐 표시되어 그 구분이 어렵기 때문에 어떤 분기 광심선에서 장애가 발생하였는지를 파악하지 못하게 되며, 이에 따른 운용/유지보수에 상당한 어려움이 예상된다.

PON망 광선로 감시기술에는 여러 가지 방식이 있을 수 있으며, 그 중의 한 예가 1625nm OTDR 감시광 Bypass 소자를 이용하여 감시광이 스플리터나 각 ONT를 거치지 않고 각 분기 광선로를 측정할 수 있는 기술이다.[1]

본 고에서는 OTDR만을 사용하여 PON망 광선로의 장애 여부 및 위치를 찾고자 하는 것으로 스플리터에 연결된 가입자 측 종단의 끝에서 반사하는 산란광의 크기의 변화 여부가 장애 발생 판단의 주요한 근거가 된다. 하나의 스플리터에 여러 가입자가 연결된 경우 스플리

#### 2. 본 론

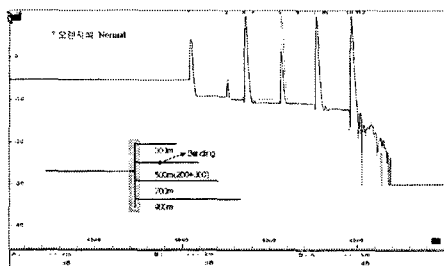
##### 2.1 E-PON망 광선로 OTDR Trace 분석

그림 1은 E-PON망 광선로의 OTDR Trace 분석을 위한 예로써, 장애지점이 다른 분기 광선로의 End 지점과 다른 경우(a)와 장애지점이 다른 한 분기 광선로의 End 지점과 같은 경우(b)를 보여주고 있다. 특히 그림은 Trace 분석이 좀 더 용이한 광선로 절단보다는 밴딩과 같은 Degradation에 대한 분석을 다루었다.

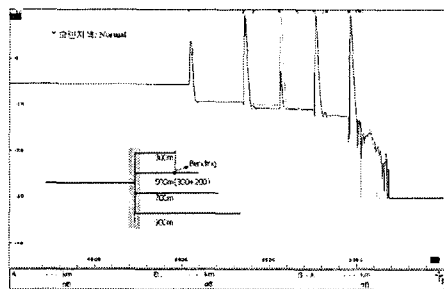
그림 1(a)는 그림 내 구성도와 같이 2번 500m 광선로의 200m 지점에 밴딩이 발생하였을 경우를 보여주고 있다. 그림에서처럼 초기(밴딩이 없는 경우) Trace와 비교하여 밴딩이 발생한 광선로의 이벤트가 변화된 것(발생 지점부터 End 지점까지의 광파워 레벨이 떨어지고 End 지점의 광파워가 급격히 떨어짐)을 알아낼 수 있다. 이로써 500m 분기 광선로에 장애가 발생했고 그 지점이 200m 라는 것을 알 수 있다.

그림 1(b)는 그림 내 구성도와 같이 2번 500m 광선로의 300m 지점(1번 광선로의 End 지점인 300m와 일치함)에 밴딩이 발생하였을 경우를 보여주고 있다. 그림 1(a)와 마찬가지로 초기(밴딩이 없는 경우) Trace와 비교하여 밴딩이 발생한 광선로의 이벤트가 변화된 것(발생 지점부터 End 지점까지의 광파워 레벨이 떨어지고 End 지점의 광파워가 급격히 떨어짐)을 알아낼 수 있다. 이로써 500m 분기 광선로에 장애가 발생했고 그 지점이 300m 라는 것을 알 수 있다.

한편 광선로 절단이 발생할 경우 해당 분기 광선로 End 지점의 이벤트가 없어지고, 절단 지점에 새로운 이벤트가 발생함(절단 지점의 광파워가 급격히 올라감)으로써 Trace 분석은 좀 더 명확해진다.



(a) 이벤트 발생위치가 서로 다름



(b) 이벤트 발생위치가 동일

그림 1. E-PON망 광선로 OTDR Trace 분석

다음으로 OTDR의 이벤트 분해능에 대해 알아보았다. 그림 2의 구성도에서 보는 바와 같이 스플리터 뒷단에 9m 및 3m 길이 차이를 갖는 광섬유코드를 연결하여 그 Trace를 살펴 보았다. 이 때 측정에 사용된 OTDR의 이벤트 분해능 한계는 8m였으며, 사용 펄스 폭은 10ns, 평균화 처리 시간은 1분으로 측정을 하

였다.

그림의 Trace에서 보는 바와 같이 측정에 사용된 OTDR의 이벤트 분해능 한계인 8m 보다 더 짧은 길이 차이를 갖는 3m의 경우 우측과 같이 하나의 봉우리로 보여져서 그 구분이 불가능하였으나, 이벤트 분해능 한계(8m) 보다 더 긴 길이 차이를 갖는 9m의 경우 좌측과 같이 2개의 봉우리로 그 구분이 명확하였다.

따라서 실제 PON망 광선로의 감시에 적용되어 각 분기 광선로의 이벤트를 명확하게 파악하기 위해서는 이벤트 분해능 성능이 아주 뛰어난 고분해능 OTDR과 S/W적으로 정밀 분석하는 기술이 반드시 필요할 것으로 판단된다.

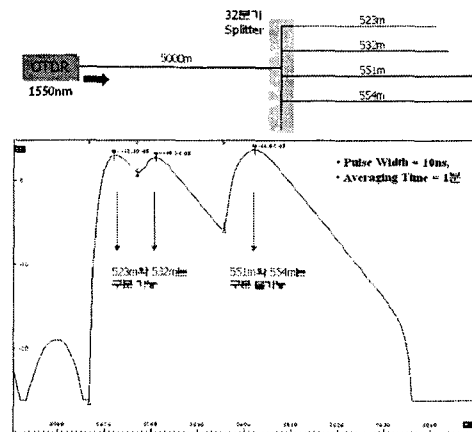


그림 2. OTDR의 이벤트 분해능

## 2.2 고분해능 OTDR 성능

OTDR은 광선로상에서 위치별로 손실 및 반사를 분석하기 위한 것으로 짧은 광 펄스를 광선로에 입사시켰을 때 광선로에서 산란 또는 반사되어 되돌아오는 신호의 크기를 분석하는 장비이다. 먼저 광섬유의 손실을 좌우하는 가장 중요한 요소인 Rayleigh 신호와 특정한 위치에서 굴절률 차이가 있는 경계면이 존재할 경우에 발생하는 Fresnel 신호의 분석을 통하여 광섬유에서 되돌아오는 신호의 레벨을 분석하였다.

다음으로 PON망 광선로 감시를 위해서는

높은 거리 분해능과 동시에 높은 동적범위를 필요로 하기 때문에 10ns 펄스를 사용했을 때 광수신기의 대역폭에 따른 이벤트 분해능을 분석하였다. 거리분해능을 1.5m로 하기 위해서는 약 50MHz의 대역폭이 필요함을 알 수 있었다.

또한 OTDR 신호의 노이즈 분석과 Averaging, Stitching, Interleaving, Decimation 등과 같은 OTDR 신호 획득 기술을 적용하였으며, OTDR에 사용되는 LD 및 APD의 특성을 분석하였고, Analog 및 Digital 회로 구성을 통하여 다음 표 1과 같은 1.5m의 높은 분해능을 갖는 OTDR을 개발하였다.

표 1. 고분해능 OTDR 성능

광학적 특성	
파장	1625nm ± 10nm
펄스폭	5ns, 10ns, 30ns, 100ns
이벤트 Dead-zone	1.5m 이하
손실 Dead-zone	9m 이하 (0.5dB 기준)*
Dynamic Range	15dB 이상*
기타 특성	
사용 온도	0 ~ 60℃
인터페이스	USB, RS-232C
광커넥터	SC/PC, FC/PC
구동 S/W	MATLAB

\* 이벤트 Dead-zone 1.5m 성능을 갖는 펄스폭에서

### 2.3 E-PON망 광선로 감시

개발된 고분해능 OTDR의 성능을 검증하고, 실제 Field와 같은 환경에서의 시험을 위하여 다음 그림 3과 그림 5과 같이 E-PON망 광선로를 구성하여 보았다. 먼저, 그림 3에서 보는 바와 같이 확실한 이벤트 구분의 이해를 돕기 위하여 1km의 간선 광선로 후에 4분기 스플리터를 위치시키고, 여기에 50m 길이 차이를 갖는 분기 광선로를 연결하였다. 분기 광선로 중 한 선로에 8분기 스플리터를 연결한 후 2m 차이의 광점퍼코드를 연결하였다.

그림 4는 그림 3의 구성도에 따른 고분해능 OTDR 측정결과를 보여주고 있다. 그림 4의

좌측 하단부 OTDR Trace에서 맨 앞쪽에 보이는 이벤트는 4분기 스플리터, 두 번째 이벤트는 8분기 스플리터에 의해 나타나는 이벤트이며, 세 번째 보여지는 여러개의 피크를 갖는 이벤트가 8분기에 연결된 8개의 광점퍼코드에 의해 나타나는 이벤트가 된다. 그 이벤트를 확대하여 보면 그림과 같이 2m의 길이 차이를 갖는 8개 분기 광선로의 이벤트를 정확하게 구분할 수 있음을 알 수 있다.

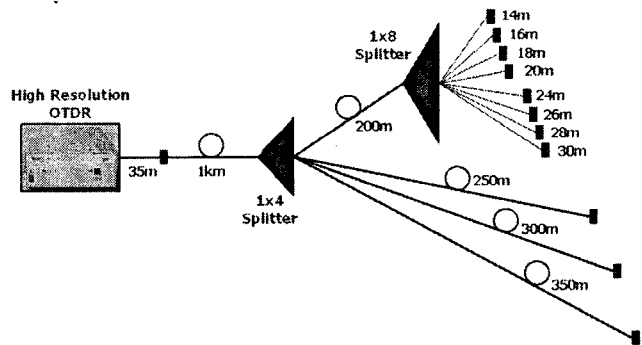


그림 3. E-PON망 광선로 감시 구성도

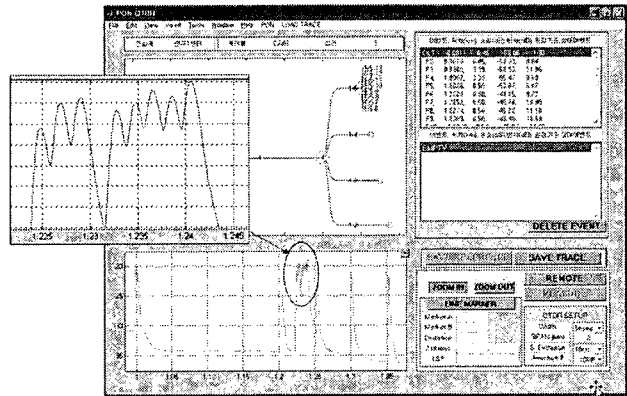


그림 4. E-PON망 광선로 감시 결과

다음은 실제 선로와 같이 32분기 형태로 E-PON망 광선로를 구성하여 검증하였다. 그림 5에서 보는 바와 같이 2km의 간선 광선로 후에 4분기 스플리터를 두고 각각 100m 길이 차이를 두고 8분기 스플리터를 연결하였다. 또한 각각의 8분기 스플리터에 서로 다른 길이의 광점퍼코드들을 연결하였다.

### 3. 결 론

인터넷의 수요가 급증하고 정보통신기술이 급속도로 발전하면서 오늘날의 광통신망은 더욱 고속화되고 대용량화 되어 가고 있다. 특히 트래픽 증가로 인해 예전보다 사고 발생시 그 피해가 크므로 미리 진단하고, 예방하여 사전에 사고를 줄이는 것이 매우 중요하다. 뿐만 아니라 사고 발생시 고장 시점을 정확히 파악하여 빠른 시간내에 복구함으로써 피해를 최소화하는 것이 매우 중요하다.

본 연구를 통하여 점대다점 구조인 PON망 광선로의 이상유무를 감시하기 위하여 고정밀 PON망 이벤트 분석을 위한 최고 수준의 고분해능(1.5m) 성능을 갖는 OTDR을 개발하였으며, 개발된 고분해능 OTDR을 이용하여 복잡한 PON 구조 광선로망에서 이벤트를 쉽게 구분해 낼 수 있음을 보여 주었다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 전정우,오준석,이병철,이영탁, "PON 구조 가입자망 광케이블 감시기술 연구", 제10회 광전자 및 광통신 학술회의(COOC), Vol.10, N.1, 2003

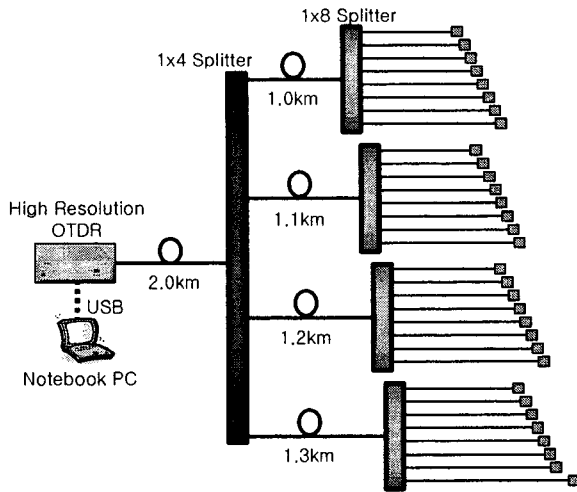


그림 5. 32분기 E-PON망 광선로 감시 구성도

그림 6은 그림 5의 구성도에 따른 고분해능 OTDR 측정결과를 보여주고 있다. 그림에서 보면 총 9개의 이벤트가 뭉쳐져서 총 4개의 Trace를 보여주고 있다. 각 부분에서 첫 번째 이벤트는 스플리터 위치에서의 이벤트를, 나머지 8개의 이벤트는 각 분기 광선로의 End 지점에서의 이벤트를 보여주고 있다.

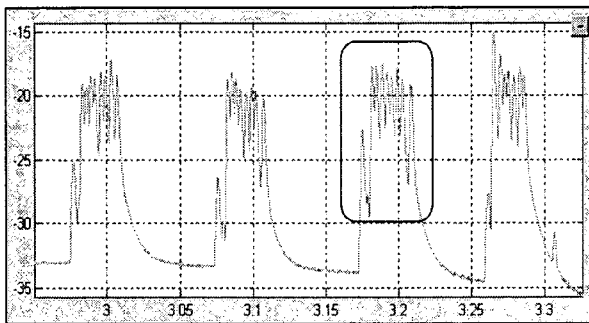


그림 6. 32분기 E-PON망 광선로 감시 결과

따라서 고분해능 OTDR을 이용하여 E-PON망 광선로를 감시할 경우 광선로상에서 발생하는 밴딩 또는 절단 등과 같은 장애가 1.5m 이상의 길이 차이로 발생한다면 어떤 분기 광선로에서 장애가 발생하였는지와 그 장애 위치가 어디인지를 정확하게 구분할 수 있음을 알 수 있다.