

실시간 광선로망 감시를 위한 Noisy OTDR 신호 분석 방법

고대영¹, 백성준^{*}, 박아론¹, 김진봉², 나용수²
¹전남대학교 전자컴퓨터공학부, ²(주)피피아이

Noisy OTDR Data Event Detection Analysis for the Real Time Optical Fiber Link Monitoring

Dae-Young Ko¹, Sung-June Baek^{*}, Aaron Park¹, Jin-Bong Kim², Yong-Su Nah²

¹Electronics and Computer Engineering, Chonnam National University,

²Optoelectronic System Department, PPI Inc

요약 본 논문에서는 OTDR 신호에 대한 새로운 이벤트 분석방법을 제안하였다. OTDR 신호는 고주파 잡음을 효율적으로 제거하기 위해 해밍 필터를 거친 다음, 이벤트 검출을 위해 미분 필터를 통과시킨다. 종단을 전·후로 신호레벨이 현저하게 차이가 나는 점을 이용하여 OTDR 신호의 종단 위치를 찾고, 이 범위 내에서 미분 필터를 통과한 신호의 극대점을 조사하여 피크영역을 검출한다. 검출된 피크 영역에서 잡음 정보와 피크 임계값을 이용하여 피크의 진위를 판단한 다음 이를 이용하여 이벤트 정보를 구성한다. 마지막으로 종단 위치 이후에서는 가입자 피크를 검사하여 가입자 이벤트 정보를 구한다. 시뮬레이션 결과를 광선로 구성과 비교한 결과 제안된 방법은 이벤트 발생지점을 17m 이내로 검출하였다. JDSU 장비의 경우, 이벤트 발생지점이 25m 이내, 가입자 사이 간격은 5m 이내로 검출하였고, RadianTech 장비의 경우에는 이벤트 발생 지점이 19m 이내, 가입자 사이의 간격은 5m 이내로 검출하였다. 이러한 결과는 본 논문에서 제안한 신호 분석방법이 광선로망 감시 시스템 운용에 충분히 활용 가능하다는 것을 보여준다고 할 수 있다.

Abstract This paper, proposes a new analysis method for the event detection of an OTDR signal. An OTDR signal was passed through the Hamming filter to remove the high frequency noise included in the signal. The signal was then passed consecutively through a differential filter to detect the events of interest. The terminal position was determined using the fact that there is a large gap between the signal and the trailing noise power beyond the terminal. This study examined the local maxima of the signal up to the terminal position and determined the peak regions. The real events were determined from the peak regions using noise information and peak threshold. Finally, the user events were found by inspecting the user peaks beyond the terminal position. The events of the OTDR signal without users are located at less than 17m compared to the optical fiber link setup. The events of the JDSU device are located less than 25m and their users are less than 5m. For the RadianTech device, the events are detected at less than 19m and the users are found in 5m. The results suggest that the proposed method is sufficiently applicable to an optical fiber link monitoring system.

Keywords : OTDR, Optical Fiber Link, Real Time Monitoring, Event Detection, Wavelet

1. 서론

지난 30년 이상 동안, OTDR(Optical Time Domain

Reflectometer)은 수동형 광 가입자망(PON: Passive Optical Network)의 광선로 테스트에 가장 널리 사용되고 있다[1].

본 논문은 교육과학기술부의 재원으로 지원을 받아 수행된 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업의 연구결과입니다.

*Corresponding Author : Sung-June Baek(Chonnam National Univ.)

Tel: +82-62-530-1795 email: tozero@chonnam.ac.kr

Received November 23, 2015

Revised (1st March 9, 2016, 2nd March 22, 2016, 3rd March 31, 2016)

Accepted April 7, 2016

Published April 30, 2016

그림 1은 개념적인 OTDR 데이터 파형을 나타낸다. 데이터 파형의 가로축은 OTDR로부터의 거리(Km), 세로축은 전력 손실 또는 감쇠(dB)를 나타낸다. 긴 거리에 걸쳐 조금씩 경사져 내려가는 파형영역은 레일리 후방산란(Rayleigh backscattering)에 의한 것이고, 파형 시작부분의 스파이크(spike)는 전단 커넥터에 의한 반사 이벤트이다. 레일리 후방산란 영역에서 레벨이 갑자기 떨어진 부분은 용착접속(nonreflective fusion splice)에 기인한 비반사 이벤트를 나타낸다. 용착접속 이후 갑자기 레벨이 증가하고 있는 부분과 파형의 끝부분에서의 높은 스파이크는 커넥터와 파이버 종단(fiber end)에서 글래스-공기 반사(glass-to-air reflection)에 의한 반사 이벤트이다.

반사 이벤트는 확실히 구분되는 피크 파형을 가지므로 이벤트 검출이 쉬운 반면에, 비반사 이벤트는 SNR(signal-noise-ratio)이 아주 작은 경우 신호와 잡음이 섞여서 신호 크기가 작아지기 때문에 검출이 쉽지 않다[2]. 많은 양의 잡음이 포함된 경우 통상적인 접근 방법으로는 이벤트 검출에 어려움을 초래한다[3,4].

1994년, 웨이블릿(wavelet)을 사용한 OTDR 신호 분석 방법이 처음으로 소개된 이후 현재까지 많은 논문들이 발표되었다[2,5,6]. 지금까지 제안된 방법들은 전형적인 OTDR 신호에 대한 웨이블릿 기반의 이벤트 검출에 관한 것들이 주를 이루었다.

본 연구에서는 전형적인 OTDR 신호와 가입자가 포함된 OTDR 신호에 적용 가능한 효율적이고 새로운 해석 방법들에 대해서도 다루고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 웨이블릿 기반 OTDR 신호 분석 방법에 대해 살펴본다. 3절에서는 새로운 OTDR 신호 분석 방법을 제안하고 설명한다. 4절에서는 실험결과를 통해 제안된 방법이 OTDR 분석 방법에 적합함을 확인한다. 마지막으로 5절에서는 간단한 결론으로 본 논문을 마무리 한다.

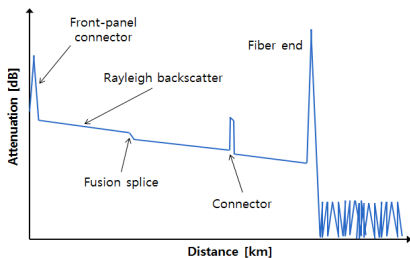


Fig. 1. Typical OTDR Trace

2. 웨이블릿 기반 OTDR 분석

스케일 2^j 에서 신호 $f(t)$ 의 이산 웨이블릿 변환은 신호 $f(t)$ 와 웨이블릿 기저함수(basis function) $\psi(t)$ 의 컨볼루션(convolution)으로 정의된다.

$$W_{2^j} f(t) = f * \psi_{2^j}(t) \quad (1)$$

식 (1)에서 $\psi(t)$ 를 평활함수(smoothing function) $\theta(t)$ 의 1차 미분 $\psi^1(t) = \frac{d\theta(t)}{dt}$ 이라 하면, $f(t)$ 의 웨이블릿 변환은 다음과 같다.

$$W_{2^j}^1 f(t) = f * \left(2^j \frac{d\theta_{2^j}}{dt}\right) = 2^j \frac{d}{dt}(f * \theta_{2^j}) \quad (2)$$

식(2)에서 $W_{2^j}^1 f(t)$ 의 국부 최대값은 웨이블릿 변환 신호가 급격히 변화는 지점을 나타낸다. 또한 신호의 로컬 특징과 유사성을 갖기 때문에 적절한 스케일(scale)에서 국부 최대점을 찾아내서 이벤트의 위치를 알 수 있다[7].

OTDR 신호에서 이벤트가 어떻게 검출될 수 있는지를 알아보기 위해서 스케일의 변화에 따른 웨이블릿 변환의 극값이 어떻게 변화되고 있는지 살펴 볼 필요가 있다.

잡음과 이벤트에 의해서 만들어지는 웨이블릿 변환의 극값의 변화가 다르다면, 이벤트 검출을 위한 적절한 스케일을 선택하는 것이 가능해진다. 스케일의 증가에 따라 잡음에 의해 만들어지는 웨이블릿 변환의 국부 최대값은 감소한다. 반대로 이벤트에 의해 만들어진 웨이블릿 변환의 국부 최대값은 약간 감소하는 경향을 보이거나 거의 일정하게 유지된다. 그러므로 적절한 스케일 값에서 이벤트 검출이 이루어진다면, 잡음에 의해 만들어지는 웨이블릿 변환의 극값은 거의 사라지고, 검출 오류가 발생할 확률은 적어질 수 있다.

그림 2는 전형적인 OTDR 실측 데이터 파형과 이벤트 검출 결과를 나타낸다. 그림에서 보는 것처럼 스케일 $2^j(j=5)$ 에서 $W_{2^j}^1 f(d_5)$ 신호와 OTDR 신호 $f(t)$ 의 국부 최대값의 위치가 정확히 겹쳐 나타나는 것을 확인할 수 있다.

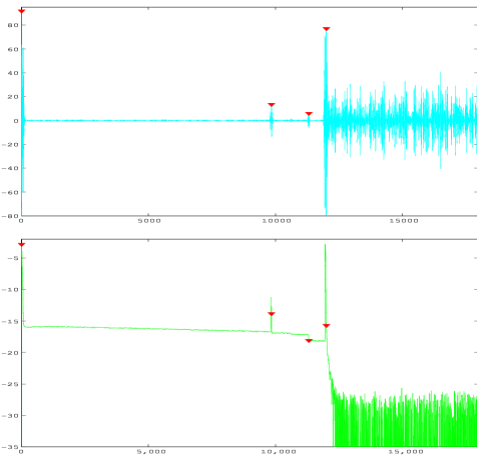


Fig. 2. Event Detection Results of the wavelet transform at scale $W_{2.5}f(d_3)$ and OTDR signal $f(t)$

그러나 웨이블릿 분석의 문제점은 많은 양의 잡음이 포함된 경우 잡음을 효과적으로 제거하기 위해 스케일 값을 더 증가시켜야 할 것이다. 그러므로 잡음 정도에 따라 최적의 스케일 값이 달라지는 단점이 있다. 또한 신호의 로컬 특징이 단순하지 않고 훨씬 더 복잡한 경우에 대해서도 로컬 이벤트를 좀 더 빠르고 정확히 찾아낼 수 있는 방법이 필요하다.

3. 제안된 OTDR 신호 분석 방법

그림 3은 제안된 OTDR 신호 분석 방법을 나타낸다. 제안된 방법의 설명을 위해 광선로는 커넥터(1m)-커넥터(5km)-스플리터(5km)-가입자 8명(간격 30m)으로 구성하였다. 측정 파라미터는 파장 1650nm, 펄스폭 30ns 이다. 그림 4와 5에 종단 스플리터 이후 8명의 가입자가 포함된 OTDR 측정 신호를 녹색으로 표시하였다.

3.1 전처리와 미분필터

신호에 포함된 잡음 정도에 따라 최적의 스케일 값이 달라지는 웨이블릿 분석의 단점을 보완하기 위해 가장 먼저 전처리를 수행한다. 전처리 단계에서 신호의 고주파 잡음을 효과적으로 제거하기 위해 해밍창(hamming window) 필터를 통과시킨다. 창 길이가 $N(80)$ 인 해밍창 함수 $w(n)$ 은 다음 식으로 계산된다.

$$w(n) = 0.54 - 0.46\cos(2\pi n/N), 0 \leq n \leq N \quad (3)$$

전처리 수행 후 이벤트 검출을 위해 미분 필터를 통과시킨다. 미분 필터는 잡음이 제거된 OTDR 신호로부터 신호가 급격히 변하는 부분, 즉 이벤트가 발생한 지점을 검출한다. 미분 필터 Y 는 전처리 데이터 $X(m)$ 의 이웃 값의 차인 다음 식으로 계산된다.

$$Y = [X(1) - X(2) \cdots X(m-1) - X(m)] \quad (4)$$

그림 4에 해밍창 필터를 통과시켜 얻은 전처리 신호를 파란색으로, 미분 필터를 통과한 신호를 청록색으로 표시하여 겹쳐서 나타내었다.

그림 5는 종단 이후 8명의 가입자 피크가 있는 신호 영역을 확대해서 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 미분 필터를 통과한 신호에는 해당 이벤트가 발생한 지점에서 각각 극대점을 형성함으로 극대점 검출을 통해 이벤트 발생 지점을 찾아낼 수 있다. 또한 아래쪽에 청록색으로 표시된 미분 필터를 통과한 신호의 극대점과 측정 신호에서 이벤트 발생지점이 일치하는 것을 확인할 수 있다.

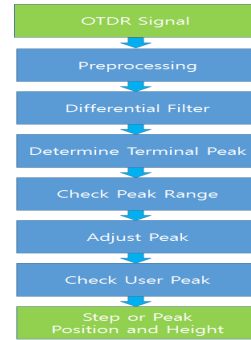


Fig. 3. Block Diagram of OTDR signal analysis

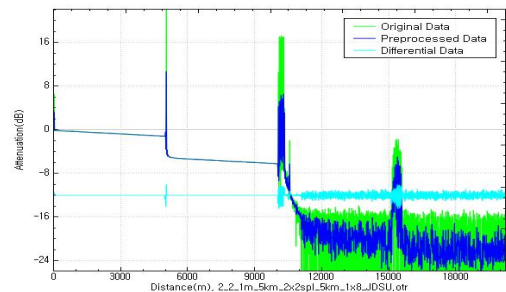


Fig. 4. Splitter-8 Users OTDR Signal(green), Preprocessed Signal(blue), Differential Signal(cyan)

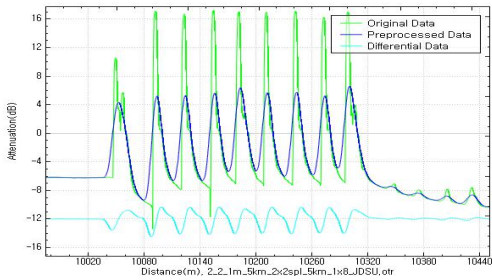


Fig. 5. Only Spitter-8 Users Region of Fig. 4

3.2 종단위치 결정

신호의 종단 전·후 잡음 레벨이 차이가 나므로 종단의 잡음 레벨값과 대략적인 종단의 위치를 결정해주어야 한다. 전체 데이터의 25% 이상이 종단 이후의 잡음 신호이므로 대략 전체 데이터의 끝에서 부터 1/4 지점(전체 데이터의 25%)의 데이터를 종단의 잡음 레벨로 판단한다.

잡음 레벨 영역에 있는 데이터의 평균값이 잡음 레벨 값이 되는데 잡음 레벨 영역에 갑자기 튀는 스파이크 데이터들이 존재할 수 있으므로 이러한 스파이크 데이터를 제거해 줄 필요가 있다. 보다 정확한 잡음 레벨값을 찾기 위해 먼저 잡음 레벨 영역 데이터의 평균과 표준편차를 구한다. 이 때 평균에서 표준편차의 3배를 넘는 위쪽 피크를 제외한 데이터의 평균을 종단의 잡음 레벨로 판단하여 종단의 잡음 레벨 값을 구한다.

종단의 잡음 레벨 값 이하로 떨어지는 지점을 찾아 종단의 대략적인 위치를 결정한다.

3.3 피크영역 검출 및 피크 조사

미분 필터를 통과한 신호는 해당 이벤트가 발생한 지점에서 각각 극대점을 형성한다. 극대점 검출을 위해 미분 필터를 통과한 신호의 부호가 -, +, - 로 변화하는 영역을 감지하여 피크영역을 검출한다. 이때 신호의 부호가 - 에서 + 로 변화하는 영역에 국부 최대값(local maximum)이 존재하고, + 에서 - 로 변화하는 영역에 국부 최소값(local minimum)이 존재한다.

피크영역 검출 후 잡음에 의해 발생한 가짜 피크는 제외하고 실제 이벤트에 의해 발생한 진짜 피크를 판단한다. 검출된 피크 영역 조사에서 진짜 피크를 판별하기 위해 스텝 임계값(0.4 dB) 이상인 경우만 피크영역으로 간주한다. 또한 현재 피크 이전 영역과 현재 피크 영역, 현재 피크 이후 영역의 신호에 대한 최대와 최소값의 차이, 그리고 평균값을 구한다. 현재 피크 영역의 최대 최소 차

이 값이 이전 영역 혹은 다음 영역의 최대 최소 차이 값의 4배 이상 차이가 안 나면 가짜 피크로 간주한다.

3.4 스텝 피크

융착접속(fusion splice)에 의한 손실을 측정하기 위해 LSA 방법(Least Square Approximation Method)을 이용하며, 융착접속 이전의 후방산란 파형 부분을 LSA 방법으로 직선피팅을 하고, 융착접속 이후의 후방산란파형 부분을 직선피팅 한 후 융착접속 이전과 이후의 직선들의 수직 레벨차이를 계산함으로써 융착접속에 의한 손실을 구할 수 있다.

선형 근사 직선을 $y = ax + b$ 라고 하면, a 와 b 는 다음 제곱오차(least squares error)를 최소화하도록 다음 식과 같이 구할 수 있다.

$$E(a, b) = \sum_{i=0}^n [y_i - (ax_i + b)]^2 \quad (3)$$

$$a = \frac{m \sum_{i=1}^m x_i y_i - \sum_{i=1}^m x_i \sum_{i=1}^m y_i}{m \sum_{i=1}^m x_i^2 - (\sum_{i=1}^m x_i)^2} \quad (4)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^m y_i - a \sum_{i=1}^m x_i}{m} \quad (5)$$

그림 6은 LSA 방법을 적용하여 융착접속에 의한 손실을 측정하는 것을 나타내었다. 보라색으로 표시된 높이는 커넥터에 의한 반사 피크 크기이고, 빨간색으로 표시된 높이는 융착접속에 의한 스텝 피크 크기에 해당한다.

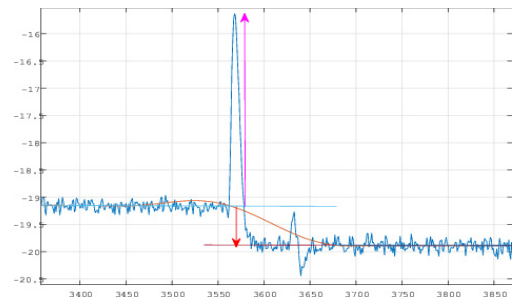


Fig. 6. Step Peak by the Fusion Splice

3.5 가입자 피크

가입자 피크 검출을 위해 종단 위치 다음에 있는 국부 최소 위치부터 피크 탐색을 시작한다. 먼저 잡음 레벨 +

5 dB 이하는 가입자 피크에서 제외한다. 또한 잡음 레벨 + 10 dB 이하 이거나 피크 높이 폭이 10 dB가 안 되면 이 또한 가입자 피크가 아닌 것으로 판단한다.

그림 7은 제안된 분석 방법을 적용하여 종단의 반사 이벤트와 가입자 8명의 피크 검출 결과를 빨간색 선으로 표시하여 나타내었다.

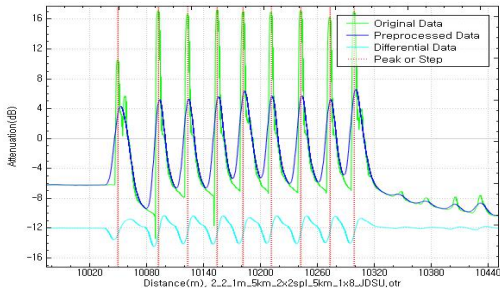


Fig. 7. Event Detection Results of the OTDR(red)

4. 실험결과

4.1 모의실험 방법

모의실험을 위해 그림 8과 같이 광선로를 구성하고 OTDR 장비(RadianTech, JDSU)를 사용하여 전형적인 OTDR 및 가입자 OTDR 신호를 측정하였다.

전형적인 OTDR 신호 측정을 위한 광선로 구성(그림 9a)은 다양한 이벤트를 모델링하기 위해 커넥터 반사(2m), 커넥터 반사(5.012km), 용착접속 비반사(5.762km), 그리고 종단 커넥터 반사(6.092km)로 구성하였다.

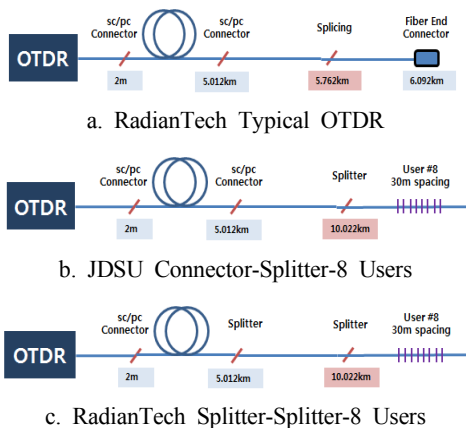


Fig. 8. Fiber Line for OTDR Signal Measurement

가입자 OTDR 신호 측정을 위한 광선로 구성(그림 9b)은 커넥터 반사(2m), 커넥터 또는 스플리터 반사(5.012km), 스플리터 반사(10.022km), 가입자 수 8명, 가입자 사이의 간격은 30m로 하였다. 이때 사용한 펄스의 파장은 1625nm, 폭은 30ns이다. 샘플당 거리는 RadianTech는 0.511m, JDSU는 0.319744m 이다.

4.2 이벤트 분석결과

위 모의실험 방법의 각 광선로 구성에 대한 OTDR 신호에 대해 제안된 분석 방법을 적용하여 이벤트와 가입자 피크를 검출하였다. OTDR 신호는 녹색, 전처리 신호는 파란색, 미분 필터를 통과한 신호는 청록색, 이벤트 및 가입자 피크 검출 결과는 빨간색 선으로 표시하였다.

전형적인 OTDR의 경우 커넥터 반사(3.19m), 커넥터 반사(5.026km), 용착접속 비반사(5.777km), 종단 커넥터 반사(6.109km) 이벤트가 검출되었다. 광선로 구성과 비교하여 각 이벤트 발생지점이 1~17m 이내로 검출되었다.(그림 9).

JDSU 측정 가입자 OTDR의 경우 커넥터 반사(3.197m), 커넥터 반사(5.026km), 스플리터 반사(10.047km), 가입자 피크(10.090km) 이벤트가 검출되었다. 광선로 구성과 비교하여 각 이벤트 발생지점이 1-25m 이내, 가입자 사이의 간격은 25-32m 이내로 검출되는 것을 확인할 수 있다.(그림 10).

RadianTech 측정 가입자 OTDR의 경우 커넥터 반사(4.599m), 커넥터 반사(5.024km), 스플리터 반사(10.040km), 가입자 피크(10.083km) 이벤트가 검출되었다. 광선로 구성과 비교하여 각 이벤트 발생지점이 2-19m, 가입자 사이의 간격은 26-32m 이내로 검출되는 것을 확인할 수 있다.(그림 11).

각 광선로 구성에 따른 OTDR 신호 이벤트 발생 지점과 이벤트 정보(스텝 높이와 피크 높이) 및 이벤트의 종류는 표 1,2,3으로 정리하여 나타냈다.

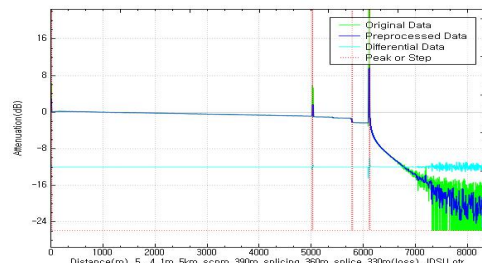


Fig. 9. RadianTech Typical OTDR and Analysis

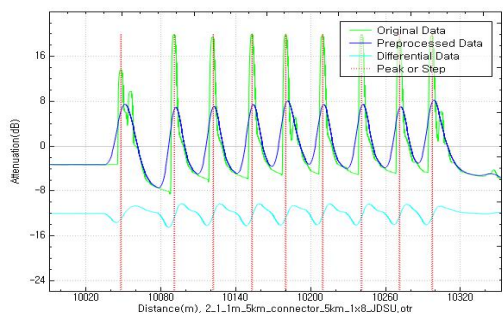


Fig. 10. JDSU Connector-Splitter-8Users and Analysis

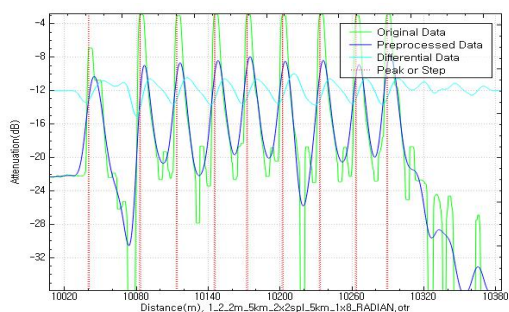


Fig. 11. Radian Splitter-Splitter-8Users and Analysis

Table 1. RadianTech Typical OTDR

Event #	Position (m)	Step Height(dB)	Peak Height(dB)	Event Type
0	3.197	0	6.029	Reflection
1	5026.695	0.104	6.739	Reflection
2	5777.774	0.912	0	nonReflection
3	6109.348	15.963	24.829	Reflection

Table 2. JDSU Connector-Splitter

Event #	Position (m)	Step Height(dB)	Peak Height(dB)	Event Type
0	3.197	0	6.173	Reflection
1	5026.375	1.236	19.277	Reflection
2	10047.955	8.420	16.913	nonReflection
3	10090.481	-18.463	18.246	User 1
4	10121.496	-18.463	36.468	User 2
5	10152.831	-18.463	33.896	User 3
6	10180.009	-18.463	38.482	User 4
7	10209.425	-18.463	38.307	User 5
8	10240.760	-18.463	34.737	User 6
9	10271.136	-18.463	38.256	User 7
10	10297.035	-18.463	37.508	User 8

Table 3. RadianTech Splitter-Splitter

Event #	Position (m)	Step Height(dB)	Peak Height(dB)	Event Type
0	4.599	0	12.908	Reflection
1	5024.663	4.731	13.836	Reflection
2	10040.128	11.097	15.361	Reflection
3	10083.052	-34.716	17.364	User 1
4	10113.712	-34.716	31.809	User 2
5	10145.394	-34.716	31.714	User 3
6	10172.477	-34.716	31.854	User 4
7	10202.115	-34.716	31.842	User 5
8	10233.286	-34.716	31.685	User 6
9	10263.434	-34.716	31.850	User 7
10	10289.496	-34.716	31.701	User 8

5. 결론

본 논문에서는 잡음이 포함된 OTDR 신호에 대한 새로운 이벤트 분석방법을 제안하였다.

제안된 방법은 신호의 잡음을 제거하기 위해 해밍창 필터를 통과시킨다. 전처리 수행 후 이벤트 검출을 위해 미분 필터를 통과시킨다. 종단을 전·후로 신호레벨이 차이가 나므로 종단 잡음 레벨을 결정하여 종단의 대략적인 위치를 결정한다. 종단의 위치를 결정한 후 신호의 극대점을 조사하여 피크 영역을 검출한다. 검출된 피크 영역에서 실제 이벤트에 의해 발생한 진짜 피크를 판단하여 이벤트 정보를 분석한다. 마지막으로 종단 이후 가입자 피크를 검사하여 가입자 이벤트 정보를 구한다.

모의실험 결과 제안된 방법을 이용해 분석된 이벤트는 최초 매설 시 저장한 분석결과와 비교하여 장애 판단이 가능하다. 또한 장애 발생 시에 필터 엔지니어에게 장애 유형과 위치 정보 등을 알려줄 수 있는 광선로망 감시 시스템 운용에 활용 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

References

- [1] M. Esmail, H. Fathallah, "Physical Layer Monitoring Techniques for TDM-Passive Optical Networks: A Survey", IEEE Commun., pp. 943-958, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/SURV.2012.060912.00057>
- [2] Xiaodong Gu, Mike Sablatash, "Estimation and detection in OTDR using analyzing wavelets", IEEE Proc., pp. 353-356, 1994. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TFSA.1994.467337>

- [3] P. Blanchard, J. Dubard, L. Ducos, and R. Thauvin, "Simulation method of reflectance measurement error using the OTDR", IEEE Photonics., pp. 705-706, 1998. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/68.669336>
- [4] Xiangfei Chen, Yu Mong, Zhenbai Ma, Xiaoning Yin, and Darong Yang, "An improved OTDR technique on nonreflective event locating accuracy with minor reflection considered", IEEE Photonics., pp. 570-572, 1998. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/68.669336>
- [5] Hu Chaoju, Li Jun, "The Application of Wavelet Transform in Analysis of OTDR Curve", IEEE IHMSC., pp. 216-219, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/IHMSC.2010.154>
- [6] Hu Wen-gang, Wan Sheng-peng, Li Bao-ji, Zhong Lin and Yu Wei, "Study on the Detection Signal of OTDR Based on Wavelet Denoising and Approximate Entropy", IEEE Photonics and Optoelectronics, pp. 1-4, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/sopo.2012.6270509>
- [7] Xiaohui Zhang, Haoshu Zhao, Guanmin Sun, and Tingting Cui, "Localization of non-reflective events in OTDR data combining DWT with template matching", IEEE Image and Signal Processing, pp. 2275-2279, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/cisp.2011.6100609>

고 대 영(Dae-Young Ko)

[준회원]



- 1999년 2월 : 전남대학교 전자공학과 (공학사)
- 2002년 2월 : 전남대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 전남대학교 (박사과정)

<관심분야>

디지털 신호처리, 임베디드 시스템

백 성 준(Sung-June Baek)

[정회원]



- 1989년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학사)
- 1992년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학석사)
- 1999년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학박사)
- 2002년 3월 ~ 현재 : 전남대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

의료, 통신, 음성관련 디지털 신호처리

박 아 론(Aaron Park)

[정회원]



- 2006년 2월 : 전남대학교 전자컴퓨터정보통신공학부(공학사)
- 2008년 2월 : 전남대학교 전자공학(공학석사)
- 2012년 2월 : 전남대학교 전자공학(공학박사)
- 2015년 12월 ~ 현재 : 전남대학교 전통천문기반 유전자동의보감사업(연구원)

<관심분야>

디지털 신호처리, 패턴인식, 바이오 응용 패턴인식

김 진 봉(Jin-Bong Kim)

[정회원]



- 1978년 2월 : 서울대학교 화학과 (이학사)
- 1980년 2월 : 한국과학기술원 화학과(이학석사)
- 1983년 2월 : 한국과학기술원 화학과(이학박사)
- 1989년 3월 ~ 현재 : 전남대학교 응용화학공학부 교수

<관심분야>

광통신소재, 광집적회로, 광전재료

나 용 수(Yong-Su Nah)

[정회원]



- 1998년 2월 : 전남대학교 물리학과 (이학사)
- 2015년 8월 : 전남대학교 산업대학원 전기전자컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : (주)피피아이 재직 중

<관심분야>

광통신, 디지털 신호처리, 임베디드 시스템