실시간 광가입자망 선로 감시(OTDR) 기능 내장형 광 트랜시버 기술 개발

명 승 일[1], 이 정 찬[1], 강 헌 식[1], 이 종 현[1], 나 기 운[2]
한국전자통신연구원[1], (주)쏠리드[2]

요 약

최근 유무선 데이터 트래픽의 증가 추세이며 이를 수용하기 위해 가입자당 할당 대역폭 증가, 국사 광역화, 망 운영 관리 비용 절감, 망 신뢰성 확보를 위한 기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 본고에서는 이러한 요구 사항을 해결하기 위한 기술 중 하나로써, 미래부 주관 산업원천 기술 개발 사업인 '실시간 광 가입자망 선로 감시 광가입자망 서로 감시 기능 내장형 광 트랜시버 기술 개발'에 대해 기술을 소개하고 과제에서의 최종 목표인 광 트랜시버와 감시 기술이 융합된 새로운 기술 분야인 광 트랜시버 Embedded형 OTDR 기술, 기존 시스템과 연동이 용이한 라인카드형 OTDR 기술에 대해 유사 기술을 개발하는 관련 업체들이 고려해야 될 중요 사항만을 간략하게 언급하고자 한다.

Ⅰ. R&D 개요 및 필요성

최근 유무선 엑세스 UHDTV, 3D-TV와 같은 대용량 컨텐츠 등의 서비스를 위해 2020년 가입자당의 수 기가급 대역폭 제공이 예측됨에 따라 가입자당 단말 가격 상승으로 망 지출 비용 증가가 예측되고 있다. 이에 망 사업자는 광역 액세스망 도입으로 총 지출 비용을 절감하고자 하나, 국사 광역화로 한 국사가 관리 담당하는 광선로 장애 발생 수리 건수, 원거리 출동 비용 등의 증가로 인한 문제점 등이 예상 된다. 그러므로 광역 액세스망의 성공적인 확장을 위해서는 복잡한 광선로의 정확한 위치 판별, 신속 대응 및 사전 예측 진단과 같은 광 감시 기술이 절실히 요구 되고 있는 실정이다.

광선로 장애 위치 판별 및 사전 예측 진단과 같은 광 감시 기술은 기존에도 OTDR(Optical Time Domain Reflectometer) 장비가 사용되었으며, 주로 EXPO(미국), JDSU(미국), Anritsu(일본)등의 장비들을 광선로 감시 시스템에 설치되어져 왔다. 그러나 제품 가격이 대당 수천 ~ 수만 달러 수준으로 고가이며, 가입자 시스템에 별도 장비로 운영되고 있으며, 수동 방식의 광 선로 선택 감시, 순차적 광 선로 선택 감시 등으로 비효율으로 운영되고 있어서 여러 광선로를 실시간 동시 감시하려는 망 사업자의 요구를 충족시키지 못하고 있는 실정이다.

그러므로 전술한 요구사항에 부합하는 시스템 내에 장착 운영될 수 있는 새로운 기술인 광 트랜시버 Embedded형 OTDR 기술 연구가 각광 받고 있는 추세이다. 그러나 이러한 광 트랜시버 Embedded형 OTDR 기술은 기존 장비 성능에 비해 감시 성능이 낮고, 광선로별로 광 모듈이 장착되므로 광 모듈 비용이 상승되는 문제점이 야기되므로 향후에도 이를 해결하기 위한 연구 방향으로 계속 진행될 전망이다.

본고의 기술 개념은 〈그림 1〉에 나타내었으며, 전술한 문제점을 해결하고자 미래부 산업원천기술개발 연구 사업 과제의 하나로써 산업 원천 기술에 기반이 될 수 있도록 적극적인 연구 지원을 받고 있으며, 또한 최종 개발이 완료되면 〈표 1〉에 나타낸 바와 같이 성능 목표 달성

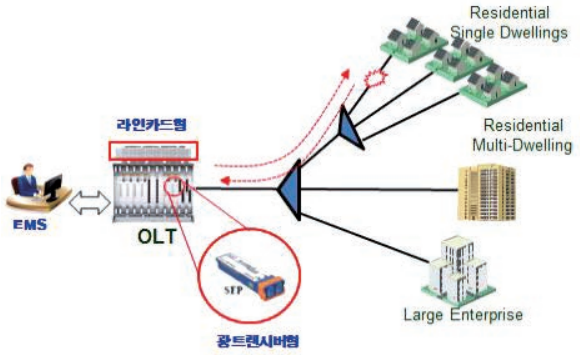
할 것으로 예상된다. 현재 과제 종료 이전이지만, 연구 개발의 중요 핵심 사항을 관련 업체들에게 확산의 일환으로 시스템 연동 가능한 라인카드형 OTDR 기술, 광 트랜시버 Embedded형 OTDR 기술에 대해 살펴보고자 한다.

Ⅱ. R&D 주요 내용 및 결과물

본 절에서는 전술한 두 가지 기술에 대한 시험 결과와 결과물을 통해 각 기술별 중요한 특징을 살펴본다.

1) 라인카드형 OTDR 기술

기존의 광선로 감시 기술을 이용하여 예비 광선로에 대한 감시는 이미 상용화 되어 있으며, 망 운영 관리 시스템



〈그림 1〉 라인카드형, Embedded형 OTDR 감시 기술 개념도

〈표 1〉 개발 기술의 정량적 항목 및 목표

평가항목	단위	세계최고 수준 보유국/기업	정량적 개발 목표치
		성능수준	
라인카드형 OTDR 연구시제품			
1. Dynamic Range	dB	(캐나다/Expo) 28	35
2. 분해능	m	–	2.5
3. Event Dead Zone	m	(캐나다/Expo) 2.5	1
4. Attenuation Dead Zone	m	(캐나다/Expo) 11	10
5. Loss Resolution	dB	(캐나다/Expo) 0.01	0.01
광 트랜시버 Embedded형 OTDR 연구 시제품			
6. Dynamic Range	dB	(미국,PMC) 18	25
7. 분해능	m	(미국,ALU) 10	5
8. Event Dead Zone	m	(미국,ALU) 10	3
9. Attenuation Dead Zone	m	(미국,ALU) 30	10
10. Loss Resolution	dB	(미국,ALU) 0.05	0.02

에도 별도의 광선로 감시 측정 장비로 광선로 상태에 대한 정밀 분석을 하고 있다. 또한 통신 중인 광선로를 시험하는 기술도 통신 파장과 필터와 커플러와 함께 다른 대역의 시험 파장을 사용한 기술 시제품이 이미 상용화 되어 있다. 그러나 위의 두 가지는 실시간 모니터링을 하지 못하는 문제점과 별도의 측정 장비로 설치 운영되고 있는 실정이다.

최근 망 운영 관리 비용 절감을 위해 망 운영 관리와 광선로 감시 관리가 하나로 통합된 망 운영 감시 관리 시스템 연구 개발이 요구되고 있으며, 일부 통신사는 자사 시스템에 맞게 장비를 독자 개발하고 있는 추세이다.

위와 같은 분리 운영 문제점을 비교적 용이하게 해결할 수 있는 것이 라인카드형 광선로 감시 기술이다. 본 기술은 망 운영 관리 시스템과는 물리적으로는 분리되어 있어서 기존과는 유사하나, 망 운영 관리 시스템과의 연동을 위한 외부 인터페이스를 지원하기 때문에 용이한 연동성을 장점으로 하고 있다.

〈그림 2〉는 현재 본 과제에서 개발되고 있는 라인카드형 OTDR 기술을 위한 연구 시제품이다. 라인카드형 OTDR의 특징은 기존 가입자망과의 연동성을 위해서, TL1(Transaction Language1) 인터페이스를 갖추고 있어서 망 운영 관리 시스템인 EMS(Equipment Management System)와의 연동이 용이하며, 사이즈 최소화(1U 사이즈)함으로써 기존 망 운영 시스템에 장착 시 소요 공간을 최소화하였으며 외부 통신 및 접속 용이성을 위해 TCP/IP 소켓 통신 등을 특징으로 하여 개발되고 있다. 그러나 현재 국내외 통신사의 망 운영 관리 시스템들은 통신 사업자와 계약된 감시 시스템 장비 업체들에게만 외부 인터페이스 규격을 개방하고 있는 실정이어서 그 외 시스템 장비 업체들이 사전에 개발하기는 어려운 실정이다. 그러므로 향후 망 운영 관리 시스템과 용이한 연동을 위해서는 감시 시스템과의 표준 인터페이스 등의 표준화 진행도 기술 개발과 함께 동반되어야만 기술의 확산이 이루어질 것으로 전망한다.

2) 광 트랜시버 Embedded형 OTDR 기술

광 트랜시버와 OTDR을 결합한 융합 감시 기술은 2009

〈그림 2〉 라인카드형 선로 감시 OTDR 연구 시제품

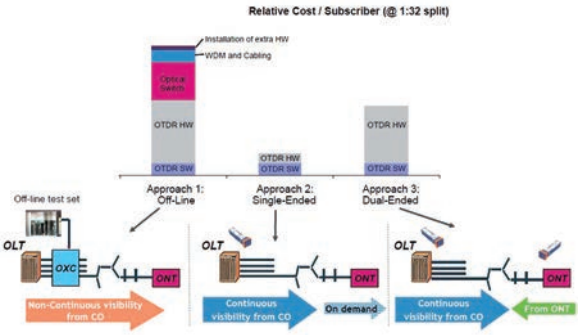
년 OFC에서 무 스위치, Port별 실시간 감시, 광 트랜시버 통신 채널에 감시 정보를 동시 운용을 특징으로 하는 In-band 형태의 광 트랜시버 Embedded형 OTDR 구조가 OPEX 절감 방안으로써 Alcatel- Lucent에 의해 제안되었다(〈그림 3〉). 2010년 PMC-Sierra가 OTDR 기능 내장 광 송수신기 관련 기술을 개발 진행하고 있다고 발표하였으며, 또한 2011년 Hisense와 2012년 ZTE가 제작 계획 및 기술 관련 소자 분석 결과를 발표 하면서 광 트랜시버 Embedded 형 OTDR 기술에 세계적인 깊은 관심을 갖기 시작하였다.

그러나, 본 기술은 개발 초기 단계여서, 감시 채널 파장 선택, 통신 채널 파장 Cross talk 문제, 측정 장비의 동적 범위, Event Dead Zone 성능, Attenuation Dead Zone 성능, FTTH 분배 구간의 분기 수 등과 같은 광 선로 감시에 요구되는 필수적인 항목 및 성능 규격들에 대해서는 FTTH 다양한 포설 환경으로 인해 규격을 정하지 못하고 있는 실정이다.

2011년부터 FSAN(Full Service Access Network) 산하 BBF(Broadband Forum)에서는 광선로 감시 가이드라인인 Technical Report를 보고하였으며, PON 광계층 관리 운용 구조, 감시 장비 장착 위치별 기능 요구사항, 광선로 감시 기능 요구 사항을 주로 다루기 시작하였다[1]. 그러나 BBF에서 논의되는 사항들은 해를 거듭하면서, 성능 규격에 예외적인 선택사항들이 첨가됨으로써 장비 업체들의 기술력에 따라 다양한 제품군 존재 가능성이 커졌으며, 가이드라인으로서의 일관성 있는 규격 제시하지 못하는 상황에 이르렀다[2].

향후 관련 장비 개발 업체들은 ITU-T에서 관련 표준 진행 시, 기존의 BBF의 Technical Report내에 제시된 규격 및 성능들에 대한 추가 개정 및 변경 제정에 따른 회의 진행 방향을 예의 주시할 필요가 있다.

본고에서의 광 트랜시버 Embedded형 OTDR기술은 BBF를 준용하면서 고성능 개발 전략으로써 소형화(저전



〈그림 3〉 FTTH에서의 Embedded OTDR 솔루션

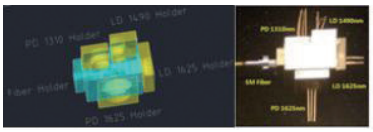
력화), 감시 동적 범위 확장, 장애 위치 판별 정밀도 향상을 위해 관련 핵심 기술 개발에 주력하고 있으며 개발 기술에 대해 간략하게 살펴보고자 한다.

소형화(저전력화)를 위해 광 트랜시버 Embedded형 OSA 개발, 감시 광원 구동 및 제어 회로를 핵심 기술로써 개발하고 있으며, 개발된 OSA(〈그림 4〉), 감시 광원 구동 및 제어 회로(〈그림 5〉)를 나타내었다.

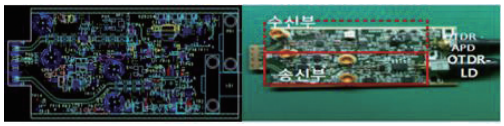
OSA의 핵심 기술은 OLT 시스템에서 사용되는 기존의 통신 파장(PD: 1310nm, LD: 1490nm)과 감시 파장(PD, LD: 16xx nm)을 하나의 OSA로 일체형 구조 설계가 가장 중요하다. 〈그림 4〉는 과제 2차년도 산출된 OSA로써 크기는 15 x 13 x 8 (W x L x H [mm])이다. 내부에 각 PD, LD의 공간 정렬 결합, Coupling Lens 접합 등의 기술을 사용하여 총 4개의 LD, PD의 진행빔의 효율적 결합을 시도하였으며, 현재 3차년도에는 결합 효율을 60%이상 높이기 위한 연구 개발에 주력하고 있다.

〈그림 5〉는 감시 광원을 구동 제어하기 위한 회로 이다. 기존의 통신 광원의 디지털 구동 회로와는 달리 LD 펄스 구동 회로, 저잡음 증폭, 광세기 선형 증폭, 수신 이득 가변 증폭 등 감시 신호의 송수신을 위해서 복잡한 아날로그 회로로 구현되어야 하며, 구현 시 각각의 진행되는 전기 신호 회로와 증폭소자 주변 회로, 전원 공급 회로에서의 잡음 특성을 고려한 저잡음 회로 설계가 이루어져야만 한다.

감시 동적 범위의 확장을 위해서는 전술한 감시 광원의 고출력 세기, 잡음 내성을 고려한 수신기 회로 설계와도 관련 있지만 생성되는 단일 펄스 대신 코딩 이득을 갖는 잡음 내성이 강한 코드 펄스열을 사용함으로써 동적 범



〈그림 4〉 광 트랜시버 내장형 OSA 설계(좌), 구현(우)



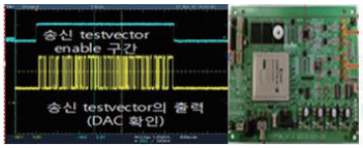
〈그림 5〉 감시 광원 구동 회로(좌), 보드(우)

위 확장을 용이하게 할 수 있다. 기존의 장비들은 단일 펄스를 송수신하는 기술을 주로 사용하였으며 높은 광 피크 세기를 광 선로에 인가 시, 비선형 현상이 발생되므로 광 피크 세기가 제한되고, 수신된 감시 신호는 광전 변환을 거치면서 전기 잡음 신호 등에 취약한 단점이 있다.

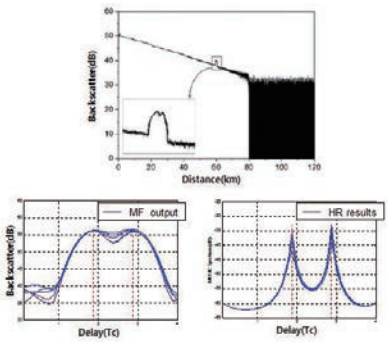
최근 연구되고 있는 코드 펄스열의 사용은 코드 송수신 모뎀인 HW가 추가되는 단점은 있지만 광 피크 세기의 한계로 제한된 동적 범위를 확장시킬 수 있으며, 잡음 신호와의 분리가 용이하기 때문에 감시 신호의 성능을 높일 수 있는 장점이 있다. 〈그림 6〉은 본 연구에서 코드 펄스열을 생성하고 수신하기 위한 개발된 모뎀 보드이며 출력되는 코드 펄스열을 나타내었다

최근 연구되고 있는 코드 펄스열들은 Simplex code, PN Code, complementary code, Bi-orthogonal Code[3] 등이 있다.

장애 위치 판별 정밀도 향상을 위한 기술로는 기존의 감시 수신 신호 누적 및 평균 프로세싱, Kalman 필터를 이용한 OTDR Trace 분석 처리, 이벤트 판정 처리 알고리즘 등의 연구가 진행되었으나 본고에서는 신호 성분과 잡음 성분을 분리하여 신호 고유 성분만을 처리함으로써 감시 신호 판별을 보다 정확하게 구분할 수 있도록 개발하고 있다. 〈그림 7〉은 모의실험 결과를 나타내었으며 〈그림 7 (상)〉은 OTDR의 측정된 Trace, (하좌)는 반사 위치 판별이 모호한 구간의 OTDR Trace, (하우)는 고정밀 위치 판별 알고리즘을 적용하여 위치 판별 모호성을 해소한 결과를 나타내었다. 2차년도 모의실험 결과로 기존 분해능의 약 4배의 정밀도 향상을 기대할 수 있을 것으로 예측된다.



〈그림 6〉 코드 펄스열 생성(좌), 모뎀 보드(우)



〈그림 7〉 OTDR Trace(상), 측정 Trace(하좌), 정밀도 향상 알고리즘 적용(하우)

Ⅲ. R&D 시장동향 및 전망

최근 OTDR 시장 동향은 2010년 ~ 11년에는 주로 기술적인 분석을 주로 발표, 2012년부터는 기술 채택 및 적용 가능성 분석 자료 등이 발표되기 시작하였다. 이와 관련하여 Huawei는 FTTH망에서 OLT와 Remote node 간, Remote node와 ONU간 다양한 길이의 광선로에 대한 OTDR 측정 실험 결과를 바탕으로 OTDR의 가격대비 성능 비교를 통해 경제성 분석을 제시하였으며, ZTE 또한 OTDR을 운용 방법에 대해 각각의 장단점 및 소자 분석한 결과와 망 감시 시스템 적용에 대한 경제성 분석을 내놓고 있는 실정이다.

2014년 초에는 동적 범위(Dynamic Range)가 25dB인 비교적 낮은 성능이지만 p-t-p 선로에 적용할 수 있는 Optical ZONU사의 광트랜시버형 OTDR 제품이 출시되었다. 향후 관련 시장은 본고와 같은 제품군들이 확대될 것으로 예측된다. 또한, 사업 종료 후 사업화 1년도인 2017년 국내 시장 규모는 약 131억원 규모, 2022년 국내 시장 규모는 약 828억원 규모로 성장할 것으로 예상되고 있으며, 국외 시장의 경우 동기간 동안 약 3,000만 ~ 약 31억 달러 시장 규모로 성장할 것으로 전망된다.