DBpia

OTDR을 이용한 광섬유 외곽경비시스템에 관한 연구

정회원 장 진 현*, 이 용 철**, 신 동 호***, 오 상 균****,
이 종 윤*****, 정 진 호*****

An Optical Fiber Perimeter Guard System Using OTDRs

Jin-Hyeon Chang*, Yong-Cheol Lee**, Dong-Ho Shin***, Sang-Gun Oh****,
Jong-Youn Lee*****, Jin-Ho Jung***** ***Regular Members***

요 약

광통신 네트워크 유지보수에 사용되는 광섬유 선로 감시 장치인 OTDR 방식으로 구성된 광섬유 센서장치를 이용하여 광섬유 외곽 경비 시스템을 제작하고 특성을 평가하였다. OTDR 하나로 400m의 광 펜스를 감지하기 위하여 중심파장은 1310nm이며, 출력전력이 +15dBm인 펄스 레이저를 사용하였다. MPU 보드에 고속의 32비트 프로세서인 S3C2440을 탑재하여 알고리즘 처리에 따른 성능 향상을 도모하였다. 제작결과 최대 오차는 최대거리인 10km 구간 시험에서 0.84m이었고, 모든 구간에서 합격기준인 ±1m를 만족하였다. 광 펜스 이상 감지 후 경보시간은 3초 이내로 확인하였다. 1차 침입 후에 2차 침입이 발생했을 경우 이를 효과적으로 감시하기 위한 2차 침입감지와 다중점 측정을 위하여 광스위치를 OTDR안에 내장시켰다. 광스위치를 이용하여 효과적으로 2차 침입감지와 다중점 측정이 가능함을 보였다.

Key Words : Perimeter defense system, Optical fiber sensor, OTDR

ABSTRACT

The perimeter defense system was created and its characteristics were evaluated. It was designed to utilize the fiber sensing device, namely OTDR(Optical Time Domain Reflectometer) which has been used for the maintenance of the optical communication network. An OTDR was constituted by a pulse laser with the nature of 1310nm, +15dBm for the observation of 400 meter optical fence. The high-speed 32-bit processor(S3C2440) has applied to MPU(Main Processor Unit) which helps to improve the performance of OTDR algorithms. Consequently, the maximum error was 0.84 meter on the performance test of the 10km monitoring and the pass criteria of ±1m satisfied in all the sections. The alarm delay time was under 3 sec after detecting the disorder. For the case of secondary trespassing after primary trespassing, the optical switch was installed in OTDR to monitor the secondary trespassing and to measure the multi-point detection. Therefore, this paper shows that the detections of secondary trespassing and multi-point is possible by means of optical switch.

Ⅰ. 서 론

광통신 선로의 거리 및 상태를 측정할 수 있는 OTDR(Optical Time Domain Reflectometer)은 1980년 초부터 많은 연구가 진행되어 폭 넓게 사용되고 있는 광통신 핵심 제품이다. OTDR은 일반적으로 빛이

※ 본 연구는 한국정보통신기능대학 교내 연구비와 2010년도 중기청 산학연 공동기술개발 사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.
* 한국정보통신기능대학 광통신설비과(jhchang@icpc.ac.kr), ** (주)GES(ceo@iges.co.kr), *** (주)에스엘테크놀로지(dhshin@slt.co.kr)
**** 한국폴리텍 I 대학 성남캠퍼스 디지털전자과(skoh@kopo.ac.kr), ***** 호서대학교 IT융합기술학부 전자공학과(jhjung@hoseo.edu)
논문번호 : 2010-08-378, 접수일자 : 2010년 8월 5일, 최종논문접수일자 : 2010년 11월 26일

www.dbpia.co.kr

광섬유를 진행하면서 발생한 Rayleigh 산란현상을 이용한다. 또 다른 광섬유 산란현상인 Raman 산란과 Brillouin 산란현상은 전력선 감시와 화재감시와 같이 우수한 센서 민감성이 요구되는 분야에 사용되고 있다[1,2]. OTDR을 이용한 광섬유센서 시스템의 대표적인 응용분야는 첫째 국방 및 시큐리티 분야로써 국제공항, 원전플랜트 등 주요 시설물의 무인 경비를 위한 광섬유 외곽 경비시스템이 있으며 두 번째로 FTTH 구축에 따른 광가입자망 네트워크 유지보수를 무인으로 관리 감시하고자하는 광선로 감시 시스템이다. 광섬유가 굽힘이나 절단과 같은 외력에 의해서 특정한 수치 이상으로 광전력이 변동되었을 경우 그 발생위치를 정확히 알려주는 용도로는 Rayleigh 산란을 이용한 OTDR이 다른 광섬유 센서에 비하여 측정 정확성이 높고 가격 경쟁력이 우수한 장점을 가지고 있다. 세계적으로 외곽경비시스템의 기술은 광통신 레이저 센서 기술을 이용한 OTDR 방식과 와이어 양 끝에 설치된 장력 센서에 의한 장력변화를 감시하는 방식이 많이 연구되고 있는 실정이다.

OTDR 방식은 광섬유로 직조된 광섬유 펜스에 레이저를 입사시켜 침입자가 절단하거나 잡아당길 때 반사광의 세기를 측정하여 정확한 침입 위치를 경보한다. 침입자의 자세, 침입속도, 기상조건에 무관하게 은밀하게 침입하는 것을 방지할 수 있는 기술로 침입위치를 3m 오차 이내로 추적이 가능하다. 가장 큰 장점으로는 비, 눈, 안개 등의 수분, 바람, 차량, 항공기, 물체 충돌 등의 진동 및 낙뢰, 정전기, 고압선 등의 전기에 영향을 받지 않으며, 평지, 산악 등에 구애받지 않고 철책, 철주, 초소에 설치 운용 가능하다는 점이다. 국내의 경우 1990년 초에 휴전선의 철책을 대체할 목적으로 ADD에서 개발되었으며 2004년 미 국방성의 FCT(Foreign Comparative Testing) 시험평가를 위하여 시스템의 하드웨어와 소프트웨어가 전면 재개발되었으며 현재까지 지속적으로 보완되고 있다[3]. 장력센서 방식은 20~30개의 횡(橫)철선을 팽팽하게 설치하고, 침입자가 철선을 절단하거나 외력을 가했을 때 장력의 균형이 깨짐을 감지하여 경보한다. 설치가능지역으로는 주로 바닥이 견고하고 일교차가 적은 지역에 적합하다. 이 기술을 적용한 업체로는 이스라엘의 마갈(Magal)사가 최고의 기술을 확보하고 있으며, 특징으로는 장력방식의 단점 중의 하나인 외부환경 및 야생동물에 의한 장력의 변화에 따른 오동작의 발생을 최소로 줄이기 위하여 장력의 민감성을 소프트웨어로 조절할 수 있도록 하고 있다는 것이다.

본 논문에서는 최근에 새로운 프로세서에 의해 리엔지니어링(re-engineering)된 광섬유 외곽경비시스템의 성능을 평가하고 현재까지 광섬유 외곽경비시스템의 문제점으로 지적된 2차 침입감지에 대한 효과적인 대응방법으로 광스위치가 내장된 OTDR을 저가형으로 제작하여 효용성을 실험하였다. II 장에서 광섬유 외곽 경비시스템의 전체 구성요소에 대하여 설명하고 핵심적인 역할을 하는 스위치 내장형 OTDR의 원리와 제작방법에 대하여 논의한다. 또한, 효과적인 시스템 제어를 위한 MPU(Main Processor Unit) 보드의 제작방법과 통신프로그램 구조 그리고 영상감시기능 통합장치에 대하여 설명한다. III 장에서는 광섬유 외곽경비시스템의 성능을 거리에 따라서 측정하고 평가하였고 IV 장에서 종합적인 결론을 맺는다.

Ⅱ. 광섬유 외곽 경비시스템

광섬유 외곽경비 시스템은 그림 1과 같이 광섬유 외곽경비 시스템은 중앙관제실의 서버에 설치되는 MCS(중앙관제시스템용 소프트웨어 프로그램이 운용중인 단말기), 광섬유로 직조된 광섬유 펜스, 그리고 광 펜스의 상태신호를 실시간으로 계측하고 분석하여 정보를 MCS로 보내는 하드웨어 제어장치인 LCU (Local Control Unit)로 구성된다.

MCS에 있는 중앙관제시스템은 최대 12대의 LCU를 연결하여 운용할 수 있도록 설계되었으며, 하나의 LCU에는 OTDR 모듈이 총 10개가 장착될 수 있도록 하였다. OTDR 모듈은 높이 3m의 광섬유 펜스 기준으로 약 400m를 담당하도록 설계되었는데 이는 광섬유 길이로 10km에 해당하는 길이이다. 광섬유 외곽경비시스템의 주요특징을 표 1에 나타내었다. 외부침입이 발생한 후 LCU에서 침입위치를 감지하여 최종적으로 MCS에서 알람이 발생할 때까지의 시간을 3초 이내로 구현하고자 하였으며 침입위치 정확도는

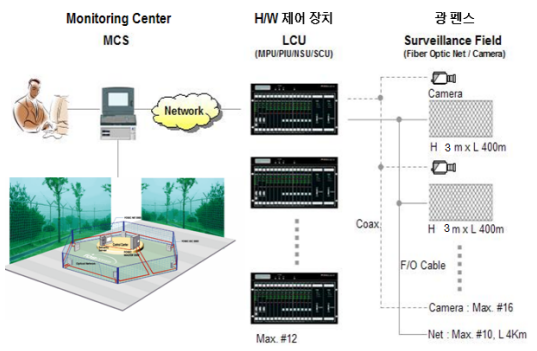


그림 1. 광섬유 외곽경비 시스템의 구성

www.dbpia.co.kr

표 1. 광섬유 외곽 경비시스템의 주요특징.

주 요 항 목	성 능
1. 침입감지위치 정확도	< 3 m
2. 경보 시간	< 3 sec
3. 영상감시 통합 기능	구현
4. 2차 침입감지 기능 전환시간	< 10ms
5. 확장성, 카드슬롯 방식	구현

OTDR의 성능에 따라 결정된다.

광섬유 외곽경비시스템에서 핵심적인 역할을 하는 LCU의 전체 하드웨어 구성도와 주요기능을 그림 2에 나타내었다.

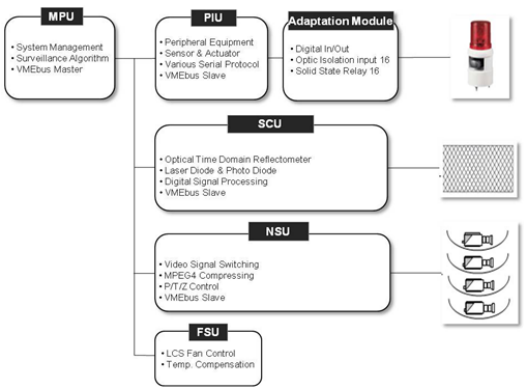


그림 2. 광섬유 외곽 경비시스템의 전체 하드웨어 구성도

2.1 OTDR의 거리 측정원리

침입자 위치추적을 위한 핵심적인 역할을 하는 광섬유 센서용 OTDR은 그림 3에서 보여주는 바와 같이 광원으로는 펄스 구동을 하는 레이저 다이오드, 광을 검출하는 포토다이오드, 검출된 광신호를 증폭하는 광섬유증폭기, 제어회로 및 프로그램 등으로 구성된다.

광섬유에 입사된 산란광이 되돌아오는 시간을 측정하면 산란광이 발생한 위치를 계산할 수 있다. L은 광섬유의 길이, c를 빛의 속도, t를 입력 광 펄스의 왕복시간, n을 광섬유 코어의 평균 굴절률이라 하면 다음 (1)식에 의해서 광섬유의 길이를 알 수 있다.

$$L = \frac{c\,t}{2\,n} \tag{1}$$

그림 4에서 $L \gg 2/W$인 경우 후방 산란된 광의 전력은 다음 식과 같이 표현할 수 있다[4].

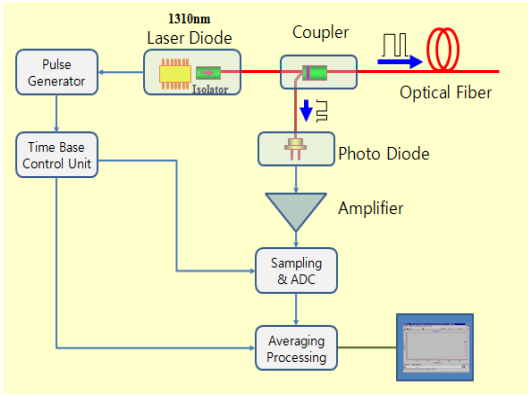


그림 3. 광섬유 센서용 OTDR 구조

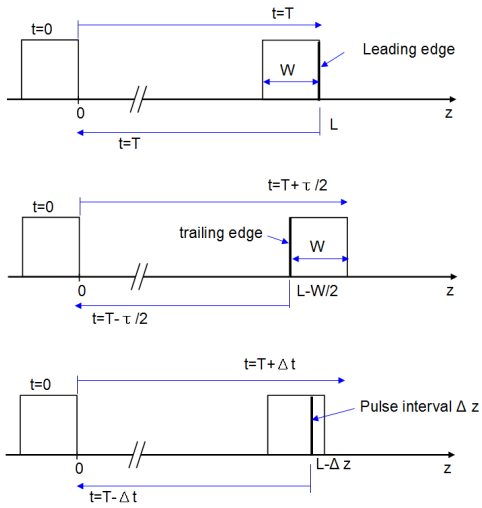


그림 4. 후방산란 왕복 지연시간

$$P_s(L) = S \cdot \frac{\alpha_s}{\alpha} \cdot P_0 \cdot e^{-2\alpha L}\,(1 - e^{-\alpha W}) \tag{2}$$

여기서, α_s는 Rayleigh 산란손실로써 다음과 같이 표현된다[5,6].

$$\alpha_s = \frac{0.76 + 0.51 \times \Delta n}{\lambda/\mu m}\ [dB/km] \tag{3}$$

한편 펄스폭이 τ인 레이저 펄스가 광섬유를 진행하면서 같이 W 내에서 광이 산란된다고 하면, W는 다음 식과 같이 표현된다.

$$W = \tau \cdot v_{gr} = \tau \frac{c}{n_{gr}} \tag{4}$$

www.dbpia.co.kr

S는 광섬유 코어에 의해 결정되어 OTDR로 되돌아가는 모든 방향으로 산란된 광의 일부로써 NA를 광섬유 개구수, m을 광섬유 굴절률 모양에 관계된 상수라고 하면 다음 식과 같이 표현된다[5-7].

$$S = \left(\frac{NA}{n_0} \right)^2 \cdot \frac{1}{m} \quad (5)$$

짧은 펄스폭을 사용하는 경우, 식 (2)는 다음 식과 같이 표현된다[7].

$$P_s(L) = S \cdot \alpha_s W \cdot P_0 \cdot e^{-2\alpha L} \quad (6)$$

후방산란 전력은 펄스 지속기간(duration) τ에 비례하며, 식 (6)을 이용하여 짧은 펄스를 사용하는 경우에 대해서 후방산란광 전력을 계산할 수 있다[8],[9].

2.2 OTDR 보드 제작

군수용으로 특수하게 제작된 언덕형 다중모드 광섬유로 제작된 펜스 400m 구간을 감시하기 위해서 표 2와 같은 사양의 내장된 OTDR이 요구되며, 이러한 요구조건을 기준으로 1×2 스위치가 내장된 OTDR을 그림 5와 같이 제작하였다.

표 2. OTDR 설계조건.

주 요 항 목	성 능
Dynamic Range	> 20 [dB]
Dead Zone	< 15 [m]
Pulse Width	50 [ns] ~ 10 [μs]
Resolution of Sampling	< 0.15 [m]
Distance	1 ~ 20 [km]
Switching Speed	< 10 [ms]
Optical Wavelength	1300 ~ 1310 [nm]
Optical Detector	InGaAs-APD

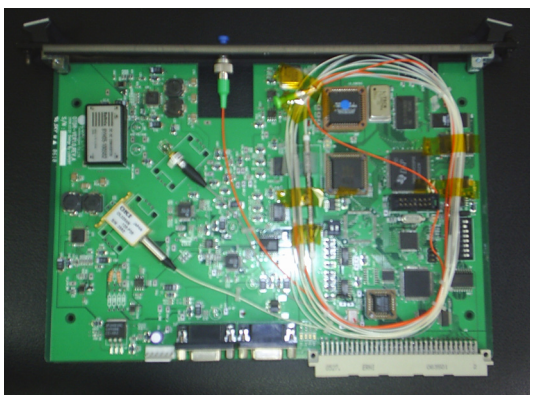


그림 5. 제작된 스위치 내장형 OTDR

OTDR 제작에 사용된 광원은 오끼(Oki)사의 펄스 레이저가 사용되었으며 출력 광전력이 +15dBm이고 거리에 대한 손실을 줄이기 위하여 850nm 파장을 사용하지 않고 1300nm 파장을 사용하였다. 포토다이오드는 미쓰비시(Mitsubishi)사의 APD(Avalanche Photo Diode)가 사용되었다.

2.3 MPU 보드 설계와 제작

MPU는 LCU의 주 제어장치 역할을 수행하며, MCS와 통신을 하여 각각의 구성 요소들을 제어하는 역할을 수행한다. 그림 6에 MPU 보드 구성도를 나타내었다. MPU 보드는 연산과 제어를 위한 CPU, 메모리소자를 이용하였고, VME BUS, 10/100Base-T, RS-232C 시리얼포트 등을 통해 외부 장치와의 데이터 통신을 수행하도록 구성 하였다.

새로 개발된 MPU와 기존 개발제품과의 비교를 표 3에 나타내었다. 새로이 개발된 MPU는 고속의 32비트 프로세서인 S3C2440(400MHz, RISC Processor)를 탑재하여 알고리즘 처리에 따른 성능 향상을 도모하였고, 메모리는 사용 목적에 따라 3가지 종류를 이용하였다. 64Mbyte의 SDRAM은 프로그램 작업영역으로 사용되며, Boot Loader 저장 공간으로 1M NOR 플래시 메모리를 사용하였다.

또한, Kernel 및 응용 프로그램의 저장 공간으로 64M-byte의 NAND 플래시 메모리를 사용하였다. 프로그램 실행 중 발생하는 알고리즘 처리공간으로 4M-byte의 Static-RAM을 사용하여 처리속도를 개선하였다. VME bus의 종속 유니트(그림 6에서의 PIU,

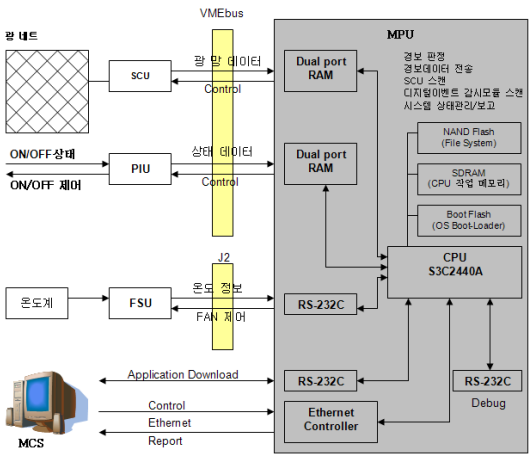


그림 6. MPU 보드 구성도

www.dbpia.co.kr

표 3. MPU의 사양비교

주요항목	기존 제품	신규 개발제품
CPU	206MHz 32bit RISC Processor Strong ARM (Intel, SA1110) SUB Board Type CPU	400MHz 32Bit RISC Processor (SAMSUNG, 3C2440)
MEMORY	32Mbyte SDRAM 16Mbyte NOR Flash	64Mbyte SDRAM 64Mbyte NAND Flash
Ethernet	10Base-T	10/100 Base-TX
Serial	RS232C 2 Channel	RS232C 3 Channel
Status LED	Serial TX/RX, Ethernet LAN/LINK	RUN/HALT/LAN/ LINK
RTC	RTC4513 with Battery	DS1286 with NVRAM

SCU, NSU)을 효율적으로 인터페이스 하기 위하여 FPGA를 사용하였으며 RTC(Real Time Clock)를 위하여 DALLAS사의 DS1286을 사용하였다.

2.4 MCS와 LCU간 통신모듈 및 프로그램

2.4.1 주요 기능

LCU는 광케이블로부터 후방 산란된 광세기 값을 A/D 변환 시킨 원시(trace) 데이터로부터 경보를 추출하고 관제실로 통보하는 기능을 갖는다. 그림 7에 전체 시스템 통신 프로그램 구조도를 나타내었다. 그림 7에서 SHM은 공유메모리(shared memory)를 의미한다. MCS와 LCU간의 통신을 원활하게 수행하기 위해서는 다음과 같은 기본 기능을 제공하여야 한다.

① OTDR 측정값의 원시데이터 구현 및 실시간 전송 기능
② 경보판정 및 경보데이터 전송기능
③ PIU를 통한 디지털 입력포트(DI) 감시 및 디지털 출력포트(DO) 제어기능
④ FSU를 통한 온도정보전송 기능, LCU 내의 FAN 제어 기능 및 LCU 상태정보 표시 기능
⑤ NSU를 제어하여 영상 정보 압축 전송 제어 및 Pan, Tilt, Zoom 제어

기본 기능 외에 시스템을 유지하고 시스템 구성요소들을 관리하기 위해서 다음과 같은 부가적인 기능이 필요하게 된다.

① 구성정보 및 기준 값 다운로드 (OTDR 측정, DI, DO)
② OTDR 실시간 시작/중단기능

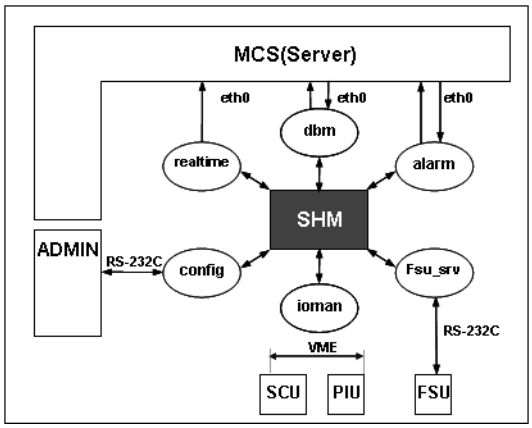


그림 7. 시스템 프로그램 구조도

③ OTDR 원시 데이터 측정 시작/중단기능
④ OTDR 및 PIU 통제기능(start, stop)
⑤ 시스템 상태 정보 보고 기능
⑥ LCU 상태정보 전송기능
⑦ LCU 환경 설정기능
⑧ 제어 스크립터 분석 및 제어 수행기능

2.4.2 주요 태스크 기능

주요 기능을 수행하기 위하여 MPU 내에는 초기화 태스크, 주 태스크(main task), 데이터베이스 관리 태스크, 입출력 태스크, 실시간 정보 처리 태스크 등이 상호 연관하여 동작하여야 한다. 그림 8은 시스템이 초기 부팅 시 MCS와의 통신을 통해 각종 환경변수 및 설정 값들을 수신하여 시스템을 초기화하는 초기화 태스크를 나타내고 있다. 각종 환경 변수 및 설정

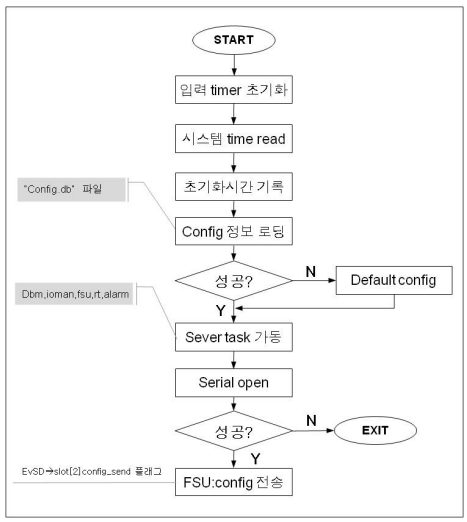


그림 8. 초기화 태스크

www.dbpia.co.kr

값들은 그 사용 여부에 따라, SRAM에 저장하거나 플래시 메모리에 저장된다.

그림 9는 각 태스크가 시스템 정보를 공유하는 기법에 대한 설명을 나타내고 있다. 처리 속도를 향상시키기 위해, 별도의 배터리 백업 SRAM을 사용하는 공유 메모리 기법을 사용하고 있다. 그밖에 데이터베이스 관리 서비스, I/O 태스크, 알람처리를 위한 태스크, 실시간 정보처리 태스크를 구축하였다.

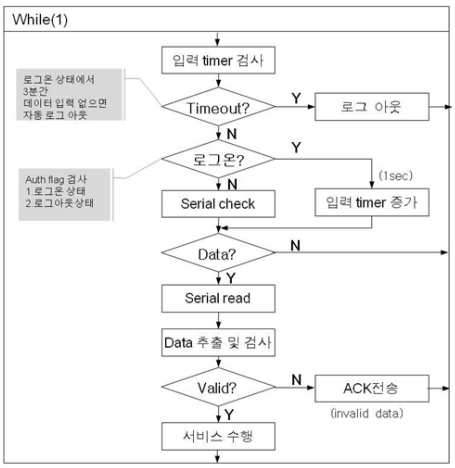


그림 9. 주 태스크

2.5. 영상감시 기능이 통합화된 감시 장치 제작

MPEG-4 비디오 엔코더 및 영상제어기를 새로이 제작하였다. 하나의 NSU는 최대 4대의 영상 카메라를 연결하여 사용할 수 있다. 영상은 비디오 스위치에서 스위칭 되거나, 4분할 화면으로 비디오 전처리기로 전달된다. 비디오 전처리기는 아날로그 영상 신호를 디지털 데이터로 변환시킨 후, MPEG4 엔코더로 전달한다. MPEG4 엔코더는 내부의 하드웨어(H/W) 엔코더를 사용하여 H.263 압축을 수행하고, 결과 데이터를 CPU로 전달한다. NSU의 CPU는 미리 설정된 시스템 정보에 따라 RTSP(Real Time Streaming Protocol) 데이터를 통합 MCS로 전송하게 된다.

Ⅲ. 광섬유 무인외곽 경비시스템 특성평가

3.1 침입 탐지 위치

침입 탐지 위치의 정확성을 시험하기 위하여 미리 정해진 거리 지점에서 이벤트를 발생시킨 후, 수집된 원시 데이터와 거리 환산 데이터를 확인하는 방식으로 시험을 진행하였다. 그림 10에 외부의 힘에 의해 침투 발생지점을 측정한 화면을 나타내었다.

OTDR의 분해능은 10,000 등급(grade)으로서, 최대 10km를 10,000개의 구간으로 나누어 표시할 수 있는 성능을 가지도록 설계하였다. 하나의 데이터등급은 광케이블 상에서는 1m를 나타내며, 높이 3m 펜스에서는 0.04m를 표시하게 된다. 이때 설계 기준은 ±1m로 설정하였다. 표 4는 광섬유 길이 10km에 대하여 측정한 결과이다.

1km ~10km의 광섬유에 대하여 각각 측정시험 결과, 최대 오차는 최대거리인 10km 구간 시험에서 나타난 0.84m 오차율이 가장 크게 나타나며, 모든 구간에서 합격기준인 ±1m를 만족하였다.

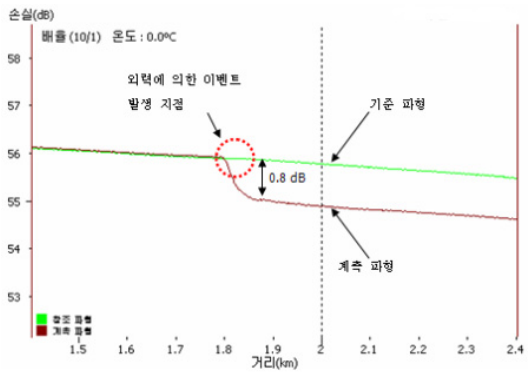


그림 10. 외력에 의한 이벤트 발생 지점 측정화면

표 4. 길이 10km에서 측정 결과

(단위 : m)

시험 횟수	Low Data 지점	3m펜스 환산 지점	오차	합격여부
1	9997	399.88	0.12	합격
2	9990	399.6	0.40	합격
3	9989	399.56	0.344	합격
4	9972	398.88	0.12	합격
5	9983	399.32	0.68	합격
6	9981	399.24	0.76	합격
7	9988	399.52	0.48	합격
8	9997	399.88	0.12	합격
9	9979	399.16	0.84	합격
10	9983	399.32	0.68	합격

3.2 경보 시간

시스템은 광선로에서 후방 산란된 광 전력을 계측하여, 시간 축으로 표시함으로써 이벤트를 추출할 수 있다. 따라서 경보 시간을 결정짓는 주요 파라미터는 다음과 같이 구분할 수 있다.

- OTDR SCAN 시간
- MPU 데이터 취득 시간
- MPU 이벤트 추출 시간

www.dbpia.co.kr

표 5. 주요 파라미터별 측정 시간.

(단위 : sec)

시험 횟수	OTDR SCAN 시간	MPU Data Acquisition	MPU 이벤트 추출 시간	MCS 전송시간	총계
1	1.33	0.25	0.22	1	2.8
2	1.27	0.33	0.26	1	2.86
3	1.34	0.30	0.27	1	2.91
4	1.29	0.42	0.27	1	2.98
5	1.30	0.27	0.28	1	2.85
6	1.31	0.25	0.29	1	2.85
7	1.30	0.31	0.30	1	2.91
8	1.31	0.31	0.29	1	2.91
9	1.32	0.29	0.32	1	2.93
10	1.31	0.28	0.35	1	2.94

- MCS 전송 시간

각 구간별로 오실로스코프를 이용하여 시간을 측정하였으며, MCS 전송시간은 LCU의 이벤트 정보 중 time stamp와 MCS에서 경보를 발생할 때의 시스템 시간의 차이로 정의하였다. 경보시간은 3초 이내이다.

3.3 2차 침입 감시 기능

초기에 개발된 광섬유 외곽 경비시스템은 광 펜스에 1차적으로 감지된 외력에 의해서 경보가 발생된 이후에 2차적으로 침입이 발생하였을 경우 이에 대한 대책이 없었다. 이러한 점을 해결하기 위하여 본 연구에서 개발된 시스템은 1×2 광스위치를 OTDR 내부의 광커플러 출력에 연결하여 2개의 출력을 갖는 OTDR을 제작하였으며 OTDR 각각의 출력을 광 펜스의 시작과 끝단에 연결되도록 설치하였다. 이와 같은 방법으로 1차 침입 후 발생한 2차 침입에 대한 감지를 할 수 있으며, 이와 유사한 방법으로 하나의 OTDR로 2개 이상의 지점을 다중 측정할 수 있어서 OTDR의 수를 줄일 수 있다. 그러나 가장 이상적인 경우인 하나의 광스위치를 이용하여 2차 침입 감지와 2개 이상의 광 펜스를 측정하는 것은 현재까지 여러 가지 기술적인 문제로 구현이 되고 있지 않으며 2차 침입과 다중점 측정 각각의 경우에도 가격, 재현성 문제와 스위칭 속도에 따른 경보시간 지연으로 인하여 1×2 이상은 적용하기 힘들다. 그림 11은 2차 침입감시 기능을 확인하기 위하여 전체 광섬유 길이 8.59km 광섬유에 대하여 2.77km 지점에 3dB 광섬유 커플러를 삽입하여 광섬유를 두 개의 영역으로 구분한 후 광섬유 시작단과 끝단을 OTDR에 연결하여 측정한 결과이다. 중간에 삽입된 광섬유 커플러를 기준으로 확인하면 두 개의 원시 데이터가 정확하게 대칭됨을 알

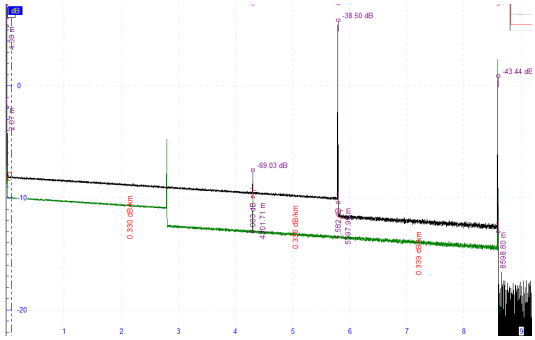


그림 11. 광스위치를 이용한 2차 침입 감시

수 있다. 평상시에는 광 펜스 입력단에 연결된 OTDR을 이용하여 광 펜스 상태를 감시하다가 외부 침입에 의하여 광 펜스가 절단되면 OTDR의 스위치가 연속적으로 동작하여 광 펜스의 입력단과 끝단에서 동시에 측정하도록 한다. 결과적으로 1차 침입으로 인하여 광 펜스가 절단된 이후에도 절단지점을 기준으로 앞단 또는 뒷단에 2차 침입이 발생한 경우 정확히 침입위치를 추적할 수 있다.

Ⅳ. 결 론

광섬유 외곽경비시스템을 구축하여 그 특성을 평가하였다. 침입자 위치추적을 위한 핵심적인 기능을 하는 OTDR과 MPU 장치를 포함한 LCU라고 부르는 광섬유 외곽경비시스템의 하드웨어 제어장치를 새로이 제작하였다. MPU는 고속의 32비트 프로세서인 S3C2440을 탑재하여 알고리즘 처리에 따른 성능 향상을 도모하였다. 영상감시 기능의 통합 감시 장치를 제작하였으며, 최대 4대의 영상 카메라를 연결하여 사용할 수 있도록 하였다. 1×2 스위치가 내장된 다중모드용 OTDR을 제작하여 1~10km의 거리에 대하여 측정한 결과, 최대 오차는 최대 거리인 10km 구간 시험에서 0.84m이었다. 또한 침입 발생 후 경보시간은 3초 이내로 확인하였다. 현재까지 문제시되었던 OTDR 수의 증가와 2차 침입에 대한 대책을 본 논문에서는 광스위치 모듈을 OTDR 내에 일체형으로 제작하였고 효과적으로 2차 침입위치 추적이 가능함을 증명하였다. 광섬유 외곽경비시스템은 광섬유 펜스(설치포함) 가격이 비싸기 때문에 시스템의 저가격화를 지속적으로 요구받고 있다. 그러나 계측기 수준의 OTDR 기능을 그대로 가져가면서 가격을 낮추는 것은 더 이상 한계가 있으므로, 광섬유 센서 구조를 획기적으로 단순화하여 광 펄스가 광섬유 진행에 따른 시간 지연정보

www.dbpia.co.kr

만 받아서 처리하는 방식 등의 연구 개발이 요구된다. 또한, 광스위치를 이용한 다중점 측정과 2차 침입을 동시에 할 수 있는 알고리즘 개발과 원격제어기술이 향후의 광섬유 외곽경비시스템에서 보완되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

〔1〕 Horiguchi, T., K.Shimizu, “Development of a Distributed Sensing Technique Using Brilloulin Scattering”, *J. Lightwave Techn.*, 13(7), pp. 1296-1302, 1995.

〔2〕 Dakin, J. P., D. J. Pratt, G. W. Bibby, “Distributed optical fiber Raman temper-ature sensor using a semiconductor light source and detector”, *Electron. Lett.* 21(13), pp.569-570, 1985.

〔3〕 Defense News, “U.S. Air Force To Test Sensor Fence” September 2-8, 2002.

〔4〕 Personik, S.D “Photon probe -an optical time domain reflectometer”, Bell Syst. Techn, J. 56 : 355-366, 1977.

〔5〕 M. Nakazawa, “Rayleigh backscattering theory for single-mode optical fibers”, *Opt. Soc. Am., vol.* 73, no. 9, pp.1175-1179, 1983.

〔6〕 Beller, J, “A high performance digital signal processing system for the HP8146A OTDR”, Hewlett-Packard J., pp.63-68, 1993.

〔7〕 Anderson, D., and D.Judge, “A pattern matching algorithm for remote systems that measures the distance and loss of fusion splices with high precision, NOF-OEC ’94, San Diego, pp.139-154, 1994.

〔8〕 Healy, P. “Intrumentation principles for optical time domain reflectometry ”, *J. Phys. E: Sci. Instrum.* 19, pp.334-341, 1986.

〔9〕 Neumann, E.G, “Analysis of the backs-cattering method for testing optical fiber cables”, AEU, Band 34, Heft 4, 157-160, 1980.

장 진 현 (Jin-Hyeon Chang) 정회원

한국통신학회 제 30권 8A호 2005년 8월호 참조

이 용 철 (Yong-Cheol Lee) 정회원

1997년 서울시립대학교 제어계측공학과(공학사)

2002년 서울시립대학교 전자전기공학과 석사과정(공학석사)

2010년 현재 (주)GES 대표이사

<관심분야> 지능형 제어 시스템, 생체인증, Embedded S/W

신 동 호 (Dong-Ho Shin) 정회원

1985년 충남대학교 물리학과(이학사)

1992년~2002년 전자부품연구원 책임연구원

2010년 현재 (주)에스엘테크놀로지 대표이사

<관심분야> 광부품, 광응응기기

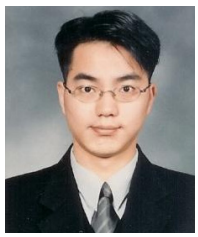
오 상 균 (Sang-Gyun Oh) 정회원

1998년 호서대학교 전자공학과 석사과정(공학석사)

2010년 현재 한국폴리텍 I 대학 성남캠퍼스 디지털전자과 교수

<관심분야> 초정밀 센서 모듈, Embedded 시스템, 아날로그 회로설계

이 종 윤 (Jong-Youn Lee) 정회원



2001년 2월 호서대학교 전자공학과(공학사)

2003년 2월 호서대학교 전자공학과 석사과정(공학석사)

2006년 2월 호서대학교 전자공학과 박사과정수료

<관심분야>WDM 광통신, 광센서공학, 광수동 소자 부품

정 진 호 (Jin-Ho Jung) 정회원

한국통신학회 제 30권 8A호 2005년 8월호 참조

www.dbpia.co.kr