

# Ethernet 기반 가입자망의 보호 및 절체에 대한 연구

정회원 신상배\*, 조성대\*\*, 박영일\*

## A study on the Protection/Restoration of High speed Ethernet in Optics Layer

Sang-bae Shin\*, Sungdae Cho\*\*, Youngil Park\* *Regular Members*

### 요약

인터넷 사용의 급증으로 말미암아 패킷을 효과적으로 처리할 수 있는 이더넷 장비의 용량도 빠른 속도로 증가하고 있다. 한편 이더넷의 용량이 증가함에 따라 장치의 고신뢰성이 요구되고 있다. 본 논문에서는 현재 메트로영역에서 사용되는 장치들에 적용 가능한 광링크 보호절체 방식을 제시하고 실험 결과를 보였다.

### ABSTRACT

One of the problems of a Gigabit-Ethernet system for installation in telecom networks is its relative low reliability compared with SONET, the major telecom network system, which restores from fault within 50 msec. In this study, an optics layer protection for the Gigabit-Ethernet system is proposed. It monitors optical signal quality by comparing the signal level with a calibrated window, and switches fibers within a time comparable to SONET.

### I. 서론

인터넷 사용의 급증으로 말미암아 패킷을 효과적으로 처리할 수 있는 이더넷 장비의 용량도 빠른 속도로 증가하고 있다. 가입자의 빠른 속도 LAN이 대부분 이더넷에 기반을 두고 있으며, 이러한 신호들을 다중화 하기에는 이더넷 장치가 적합하기 때문에 100 Mbps의 Fast이더넷, 1 Gbps급의 기가비트 이더넷이 시장에 급속히 사용되고 있으며 10 Gbps급의 이더넷 장치는 IEEE 802.3 위원회에서 표준화가 진행되는 중이다<sup>[1,2]</sup>. 이러한 이더넷은 패킷 데이터를 전송하는데는 매우 효율적인 방식이지만, 기본적으로 기업체의 사설망에 이용되는 전송 장비였기 때문에 99.999% 신뢰성을 보장해야 하는 통신 서비스회사의 공중망에 적용되기에는 전송 품질을 보장해줄 수 없으며, 사고시 50msec 이내에 절체를 해주어야 하는 규격도 만족할 수가 없다. 따

라서, 본 연구에서는 여러 이더넷 장치의 특성을 고려하여 효율적이면서도 값싸게 이러한 문제를 해결할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

### II. 신호성능 감시를 통한 Optics layer protection

이 방식은 본 연구에서 제안한 방식으로서 사고시 파이버를 절체하되, 신호의 유무와 함께 신호의 품질까지 함께 평가하여 판단하는 방식이다. 신호의 품질은 SNR을 말하며, 디지털 신호의 경우 Q-factor를 측정함으로써 알 수 있다. 즉, 그림 1과 같이 송신단의 신호를 2개로 나누어서 각각 다른 경로의 파이버를 통해 전송 후 수신단에서는 광 스위치의 입력으로 연결한다. 광 스위치의 출력은 다시 분리되어 일부는 protection circuit으로 입력되며, 이곳에서 신호의 유무 및 신호 품질을 평가하여

\* 국민대학교 전자정보통신공학부 광통신연구실(tarot1@nate.com),  
논문번호 : 020192-0420 접수일자 : 2002년 4월 20일

\*\* KT 통신망 연구소

※ 본 연구는 한국과학재단 특장기초연구(R01-2002-000-00458-0)지원으로 수행되었음.

광 스위치의 연결을 바꾸어 준다. 따라서 이 방식을 이용하는 경우 메트로 및 장거리용 기가비트 이더넷에도 사용할 수 있다.

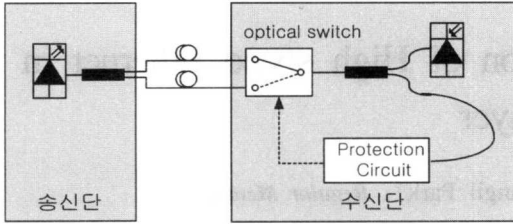


그림 1. Optics Layer Protection

### III. Optics Layer Protection 시스템의 원리

기가비트 이더넷 신호의 경우 동기식 장치와 같은 감시용 오버헤드가 없기 때문에 사고 발생 시 복구 시간이 늦어지게 된다. 따라서 본 연구에서는 eye의 형태를 관찰함으로써 전송 성능을 판단하고 이에 근거하여 시스템을 보호 및 절체하는 방식을 제안하였다. 대부분의 사고는 eye의 형태를 보고, Q-factor를 검출함으로써 판단이 가능하며, Q-factor를 구하기 위해서는 신호 크기를 수많은 구간으로 나누고 각 구간과 입력 신호를 비교한 통계치를 이용하여 전체 분포를 파악하는 방식도 있지만<sup>3,4)</sup>, 이 경우 시간이 오래 걸리기 때문에 본 연구에서는 정확한 Q값은 계산하지 않고 빠른 시간 내에 Q값의 성능만족 여부를 판단하여 빠른 시간 내에 시스템을 보호 절체하는 방식을 제안한다. 그림 2는 space 및 bar 분포가 가우시안을 따른다고 가정한 수신단의 신호 분포 곡선이다. 그림에서  $W_L$  및  $W_H$ 는 입력신호와의 비교를 위한 윈도우의 상하 기준 값을 의미한다. 이 때 BER은 다음 식과 같이 주어진다.

$$BER = \frac{1}{2} P(0/1) + \frac{1}{2} P(1/0) \approx \frac{1}{2} (P_{bH} + P_{bL}) \quad (1)$$

식에서  $P_{bH}$ 는 윈도우의 상반부에 신호가 들어올 확률이고  $P_{bL}$ 은 윈도우의 하반부에 신호가 들어올 확률을 나타낸다. 따라서  $P_{bH} = P_{bL}$ 을 가정하고, 윈도우에 들어오는 신호의 비율을 측정하면 표준 정규 분포로부터  $P(z > x) = P_{bw}/2$ 를 만족하는 값  $x$ 를 찾을 수 있게 되고  $k$ 를 윈도우 크기와 신호 크기의 비, 즉,  $\Delta W = k(I_1 - I_0)$ 라 할 때 다음과 같이 Q를 계산할 수 있다.

$$Q = \frac{I_1 - I_0}{\sigma_1 + \sigma_0} = \frac{I_1 - I_0}{(A_H + A_L)/x}$$

$$= \frac{x(I_1 - I_0)}{(I_1 - I_0) - \Delta W} = \frac{x}{1 - k} \quad (2)$$

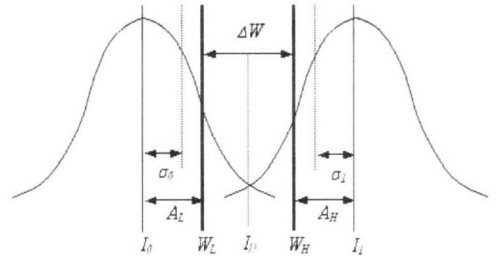


그림 2. 신호 분포와 윈도우 레벨의 관계

### III. Optics Layer Protection 시스템의 구현

#### 1. 보호 절체 블록도

본 연구에서 제시한 방법을 이용하여 디지털 신호의 BER을 예측하기 위한 회로의 블록도는 다음 그림2와 같다. 그림에서 Power Level Monitoring 블록은 광세기가 기준치 이하로 떨어진 경우 경로를 절체하기 위한 회로이다. Window Level Setup 블록은 PD로부터 신호를 받아 Window의 high 및 low level을 설정해주는 회로이다. Window Monitoring 블록에서는 설정된 window level과 PD출력을 비교하여 window level 안으로 들어오는 신호를 검출한다. 이때 신호검출 타이밍은 clock recovery 회로에 의해 결정된다. Window Error Counter 블록은 Window Monitoring 블록으로부터 window error 신호를 받을 때마다 계수를 한 후 에러율이 일정 값을 초과하면 신호를 발생하여 스위칭 할 수 있도록 신호를 내보내는 기능을 한다. 이때 에러율은 측정시간과 window error 개수로부터 계산할 수 있다. Q-factor 및 BER은 여기에서 구한 window error rate로부터 예측 가능하다. Window Error Counter 블록 및 Power Monitoring 블록의 출력은 둘 중 어느 하나가 이상을 보이는 경우 스위칭을 해주어야 하며, 이 기능을 하고 있는 것이 Switching Decision 블록이다.

본 연구에서는 다음 두 가지 경우를 사고로 판단하여 광파이버를 스위칭한다. 첫 번째는 광세기가 크게 낮아진 경우이고, 두 번째는 광세기는 크지만 잡음이 많아 수신이 어려운 경우이다. 또한 스위칭 방식은 PD를 한 개만 이용하기 위해서 non-

revertive(비복귀성)으로 하였다. 즉, 두 원인 중 한 가지에 의해 스위칭된 후 사고가 처리되었다 하더라도 원래의 파이버로 전환하지 않는다.

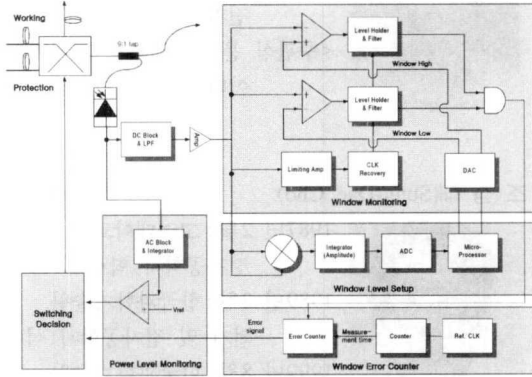


그림 3. 보호 절체 블록도

#### IV. 실험 결과

##### 1. 선로 사고 실험

선로 사고 시 시스템이 절체되는 것을 시험하기 위해 다음과 같이 실험 장치를 구성하였다. 그림에서 SW1은 선로사고 상황을 만들기 위해 사용한 1×2 광 스위치이다. 실제의 시스템 연결은 LD에서 1×2 커플러를 이용하여 이루어질 것이지만, 본 연구에서 제작한 보호 절체시스템(protection circuit)은 비 복귀 모드로 동작하기 때문에 보호 절체 동작을 연속적으로 보기 위해서는 위와 같이 실제 한쪽의 파이버에 광신호가 전달되지 않는 상황을 만들어야 한다. SW2는 실제로는 protection circuit 내부에 포함되어 있는 2×2 광 스위치이지만 위 그림에서는 동작 원리를 보이기 위해 장치 외부에 나타내고 있다. SW1이 스위칭될 때마다 광신호가 전파되는 파이버는 바뀌게 된다. 따라서 보호 절체 시스템에서는 이를 감지하여 SW2를 제어하는 신호를 발생하고, 결과적으로 수신되는 파이버 단에서는 항상 광신호를 볼 수 있어야 한다. 다음 그림5에서는

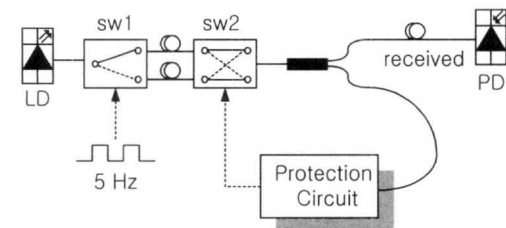


그림 4. 선로 사고 모의 실험

위 실험의 결과를 보여주고 있다. 그림에서 위쪽에 보이는 채널은 SW1에 공급되는 5Hz의 스위칭 펄스이며, 아래쪽에 보이는 채널은 수신단 PD에 검출되는 신호이다.

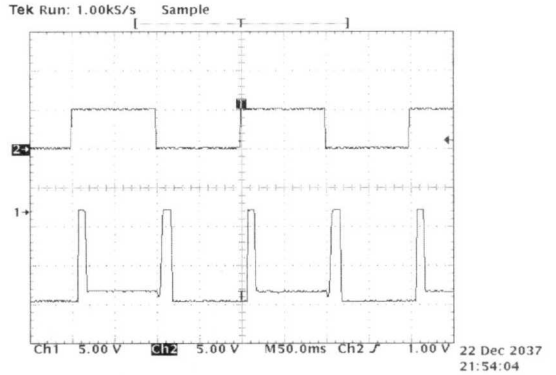


그림 5. 선로사고 스위칭 실험결과

채널 위:스위칭 펄스 채널아래:수신 광세기(신호존재시 LOW)

본 시스템에 이용되는 PD는 전치 증폭된 출력이 마이너스 전압으로 나타나기 때문에 LOW일 때 광신호가 존재함을 의미한다. SW1의 입력 펄스가 LOW에서 HIGH로 바뀌는 순간 아랫단 파이버의 광신호는 윗 단으로 스위칭되며 이 결과를 PD에서 확인 할 수 있다.

##### 2. 성능 저하 실험

성능이 저하하여 사고가 발생 시 선로가 자동 절체 되는 것을 확인하기 위해 다음 그림 6과 같이 실험 장치를 구성하였다. 그림에서 EDFA는 전송 광신호에 ASE 잡음을 인가하기 위해 사용하였다. ASE 잡음의 크기는 EDFA의 펌핑 광세기를 변화하여 조절하였다. ASE가 더해지지 않은 경우의 광스펙트럼 및 이 때의 eye pattern을 그림 7에 나타내었다.

이 경우 광 스펙트럼으로부터 40dB이상의 광신호 대 잡음비를 볼 수 있으며 eye pattern 도 깨끗

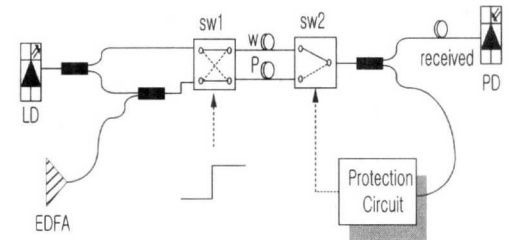
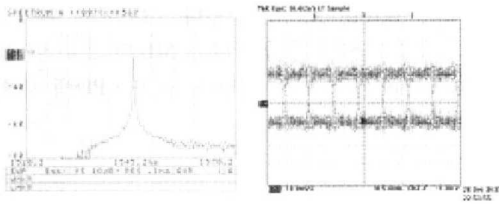


그림 6. ASE잡음으로 인한 성능 저하 모의 실험



(a)광스펙트럼 (b)Eye pattern

그림 7. ASE 잡음이 없을 때의 전송 신호

하게 나오고 있음을 볼 수 있다. 그림6의 수신단에서는 SW1의 동작 상태에 관계없이 protection circuit에 의해 항상 이런 광 스펙트럼 및 eye pattern을 유지할 수 있어야 한다. Protection circuit은 eye의 특성이 나빠지는 것을 감지하여 다른 파이버로 스위칭 하도록 신호를 발생하여 SW2를 제어한다. 윈도우 레벨을 설정하고 ASE를 발생시킨 후 SW1에 가하는 전압을 ON/OFF할 경우 working과 protection 파이버의 특성이 교대로 나빠지지만 수신된 신호는 이와 상관없이 항상 양호한 상태를 유지함을 볼 수 있었다.

V. 결론

본 연구를 통하여 optics layer에서의 스위칭을 통해 고속 이더넷망의 생존성을 높일 수 있음을 알 수 있었다. 또한 이더넷 시스템에 사용 가능한 보호 절체 시스템을 설계하고 제작 및 시험하였다. 시험 결과 광세기가 줄어드는 경우 및 신호 대 잡음비가 나빠지는 경우 모두에 대해서 10 msec의 스위칭 시간 내에 전송성능을 유지하는 것을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] IEEE 802.3, 2001 Edition  
 [2] 윤종호, 고속 이더넷, 1998, 도서출판 Ohm 사  
 [3] S. Oheteru, N. Takachio, "Optical Signal Quality Monitor Using Direct Q-factor Measurement", IEEE Photonics Tech. Letters, Vol. 11, No. 10, pp.1307-1308, Oct . 1999.  
 [4] 박현승, 광증폭 WDM 시스템의 Q-factor 측정에 관한 연구, 국민대학교 석사학위 논문, 2001. 8.

신 상 배(Sang-Bae Shin)

정회원



2001년 2월 : 국민대학교  
 전자공학부 학사  
 2001년 3월~현재 : 국민대학교  
 전자공학과 석사과정  
 <주관심 분야> 광통신, 기기비트  
 이더넷, 시스템 보호/절체

조 성 대(Sung-Dae Cho)

정회원



1987년 2월 : 고려대학교  
 전자공학과 학사  
 1989년 2월 : 한국과학기술원  
 전기 및 전자공학과 석사  
 1999년 8월 : 한국과학기술원  
 전기 및 전자공학과 박사  
 1989년~현재 : KT통신망연구소 선임연구원  
 <주관심 분야> 광통신시스템, 광가입자망, 메트로이더  
 넷

박 영 일(Youngil Park)

평생회원



1987년 2월 : 서울대학교  
 전기공학과 학사  
 1989년 2월 : 서울대학교  
 전기공학과 석사  
 1995년 5월 : Texas A&M  
 Univ. EE Dept. 박사  
 1995년 8월~1999년 2월 : KT 가입자망연구소  
 1999년 3월~현재 : 국민대학교 전자정보통신공학부  
 조교수  
 <주관심 분야> 광통신시스템, 광가입자망, 광센서