

## 광가입자망에서 WDM 하이브리드 광절체 시스템에 관한 연구

김 충 래 · 엄 진 섭\*

### A Study on WDM hybrid OPS(Optical Protection Socket) in CPN(Customer Premises Network)

Chung-Lae Kim · Jin-Seob Eom\*

#### ABSTRACT

By integrating WDM to OPS unit which plays an important role for the reliability of CPN, we made it possible to provide CATV, VOD, and high-speed data services simultaneously and to meet the requirements for new services in the future. For the design of optimal system, the link analysis of power budget has been performed. Also, the prototyped system has been tested with STM-1 level signals to confirm functions such as transmission, distribution, and protection.

The results proved that when occurred out-of-order or recovery of ONU, the system did the pertinent switching with minimum loss for high-speed data services. Also for video distribution services, the system has distributed STM-1 level signals successfully.

#### 1. 서 론

앞으로 다가올 사회는 정보화 사회로서, 데이터, 음성 및 영상서비스 등과 같은 다양한 종류의 정보를 고속으로 전송처리할 수 있는 초고속통신망 구축을 필요로 하고 있으며, 이의 한 분야로서 광섬유 전송시스템에 근거한 광가입자망 (FITL-Fiber In The Loop)에 대해서 많은 연구가 이루어져

왔다. 특히 교환단국과 FTTO, FTTC, FTTH등으로 구분된 수요자 밀집지역사이의 가입자 접속구조 및 방식등에 대해서 집중적으로 많은 연구가 진행되어져 왔다 [1-5]. 한편 수요자택간의 망구조에 대해서는 경제적 타당성 및 수요자들이 요구하는 서비스 내용의 상이함 때문에 비교적 주목을 끌지 못했으나, 90년도 후반에 본격화될 광대역 종합정보 통신망 진보추세에 비추어 볼 때 가입자택간의 통신망 구조에 관한 체계적인 연구가 필요하게 되었다. 기술 선진국에서는 이 분야를 CPN(Customer

강원대학교 전자공학과 석사과정

\* 강원대학교 전자공학과 조교수

Premises Network)이라 분류하여 본격적인 연구를 진행하고 있으며, CPN 구조의 비용 및 구성의 난이도 정도가 앞으로 전개될 광대역 종합정보 통신망 구현의 조기 실현 및 성패에 지대한 영향을 미칠것 이라고 인식하고 있다. CPN이란 가입자택내의 터미널과 공중망 접속 인터페이스(Public Network Access Interface) 사이의 망을 가리키는 것으로, CPN의 구성은 star형, bus형, star-bus형, ring형 등이 있으며, 본 논문에서 고려한 구조는 ring형에 속한다. 이러한 ring형 CPN에서는 한 가입자택의 ONU (Optical Network Unit) 장에서 광신호를 다음 가입자택으로 by-passing 시킬 수 있는 OPS(Optical Protection Socket)가 망의 신뢰도를 보장할 수 있는 중요한 unit로 인식된다[6-9].

본 논문에서는 제안된 OPS unit[10]의 스위칭 지연시간 제어의 개선을 통하여 데이터 손실을 최소화 하였으며, 광절체(OPS) 기능에 WDM(Wavelength Division Multiplexing) 기능을 하이브리드시킴으로써 링구조의 CPN에서 영상분배 서비스와 고속데이터 서비스를 동시에 또한 신뢰성있게 제공할 수 있도록 하였다. 제안된 구조는 앞으로 가입자들이 새로운 서비스를 요구할 때에도 빠른 대응을 가능하게 한다. 예를들면, 가까운 시일내에 VOD(Video on Demand)와 같은 서비스도 제공할 수 있으리라 사료되는데, 이는 비디오 전송에 할당된 광파장을 사용하여 각 가입자들이 요구한 영상을 아날로그 또는 디지털 방식으로 전송하고, 이를 가입자측에서는 자기에게 할당된 주파수 대역 또는 ID 번호를 사용하여 원하는 프로그램을 보고자하는 시간에 시청할 수 있게된다. 더 나아가 각 가입자에게 각각 다른 파장을 할당하는 DWDM(Dense WDM) 기술이 활용되면 더욱 쉽게 방송분배 서비스와 VOD 서비스를 제공할 수 있을 것이다[11-13]. 본문은 2장에서 OPS에 WDM의 기능을 하

이브리드시킴 시스템의 구성을 제안하였으며, 3장에서는 2장에서 구성된 시스템이 최적의 조건을 만족하는지를 알아보기 위한 파워버지트[14] 모의실험 결과를 나타내었다. 마지막으로 4장에서는 설계 개선된 모니터링 회로의 검증과 STM-1 신호와의 연동 실험결과를 보였다.

## 2. WDM 하이브리드 OPS 시스템 구성

영상분배 서비스와 고속데이터 서비스를 동시에 또한 신뢰성있게 제공하기 위하여, OPS에 WDM을 하이브리드한 시스템을 제작하였다. 전체 시스템을 구성하기에 앞서 수동 광소자의 광학적 특성, power budget 등을 고려한 link 분석 및 설계를 수행하였고, 이에따른 광소자 및 모듈들을 사용함으로써 최적의 시스템을 제작하였다. WDM이 하이브리드된 OPS 구성을 그림 1에 나타내었다.  $\lambda 1(1550\text{nm})$ 은 영상분배 서비스를 위한 파장이고,  $\lambda 2(1310\text{nm})$ 는 고속데이터 서비스를 위한 파장이다.  $\lambda 1$ 과  $\lambda 2$ 는 WDM1에서 분리되며, 이중  $\lambda 2$ 는 다시 광분배기2에서 분배되어 일부는 ONU로 보내지고 나머지는 optical switch 1으로 보내진다. 따라서 optical switch 1은  $\lambda 2$ 에 대해서만 스위칭을 제공한다.  $\lambda 1$ 은 광분배기1에서 분배되어, 일부는 ONU로 보내지고 나머지는 WMX2로 보내져서 다음 단으로 넘어간다.  $\lambda 2$ 에 의한 고속데이터 서비스의 경우 ONU의 정상 동작시에 optical switch 2는 닫혀지고, optical switch 1은 열리게 된다. 만약 ONU의 고장시에는 control part가 작동되어 optical switch 들을 스위칭 시킴으로써, ONU를 거치지 않고, 바로 optical switch 1을 통하여  $\lambda 2$ 를 다음단으로 통과시키게 된다. 반면, ONU의 복구시(정상동작시)에는 control part가 작동되어 optical switch들을 역으로 동작시킴으로써 ONU를 거친 광신호가 optical switch2를

통과하여 광결합기4를 거쳐 다음단의 WMX로 전송된다.

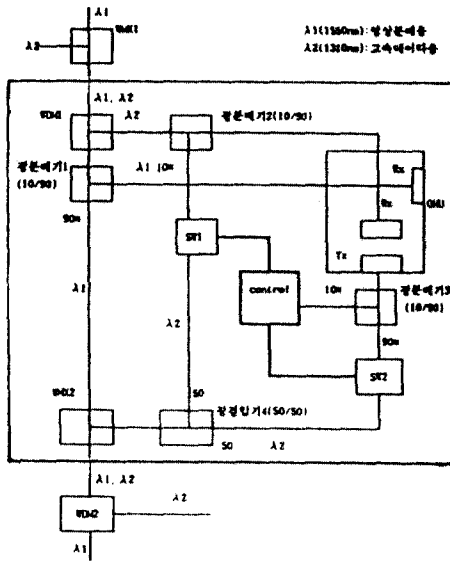


Fig. 1. The schematic diagram of the WDM hybridized OPS system

### 3. 시스템 파워버지트 모의실험

앞에서 제안된 시스템의 파워버지트를 시뮬레이션 함으로써 WDM 하이브리드 OPS prototype 설계의 타당성을 검증하였다. 광결합 기술에 필요한 구성요소들중 광 신호전송중에 광파워 손실을 야기시키는 요소들로는 1×2 광분배기(10, 90%), 1×2 광분배기(50, 50%), 2×1 광결합기(50, 50%), WDM, WMX, 1×1 광스위치, 전송선으로 쓰일 광섬유, 그리고 각 소자간의 연결에 쓰일 컨넥터 등이 있다. 1×2 광분배기의 삽입손실을  $L_2(\text{dB/ea})$ , 2×1 광결합기의 삽입손실을  $L_1(\text{dB/ea})$ , 1×1 광스위치의 손실을  $L_s(\text{dB/ea})$ , 컨넥터의 손실을  $LCN(\text{dB/ea})$ , WDM의 손실을  $L_{WDM}$ , WMX의 손실을  $L_{WMX}$ 라 하고 광섬유의 단위 길이당 광파워 감쇄를  $L_f(\text{dB/km})$ 이라 하면 OPS의 광송신기와 광수신기간의

총광파워손실 PT는 OPS의 각 경로에 따라 식(1)-(6)과 같이 표현될 수 있다. 본 설계에서는 1×2 광분배기(50,50%)와 2×1 광결합기(50, 50%)로서 1×2 커플러(50, 50%)를 이용하므로 두가지의 전송손실은 서로 같다. 본 모의실험에서는 각 경로에 대한 파워손실 PT를 계산하였으며, 평균 광송신파워, 광분배기 종류 등을 변수로하여 ONU 간의 최대거리 및 최대 가능 Bypassing ONU 수를 시뮬레이션하였다.

가. 경로1:전단 광송신기-전단 광분배기3-전단 광스위치2-전단 광결합기4-전단WMX-WDM-광분배기2-광스위치1-광결합기4-WMX-ONU 간 fiber의 길이-후단 WDM-후단 광 분배기2-후단 광수신기

$$P_{T1} = n_1 L_1 + n_2 L_2 + n_s L_s + n_{CN} L_{CN} + n_M L_{WMX} + n_D L_{WDM} + l_f L \quad (1)$$

나. 경로2:전단 광송신기1-전단 광분배기3-전단 광스위치2-전단 광결합기4-전단WMX-WDM-광분배기2-광수신기

$$P_{T2} = n_1 L_1 + n_2 L_2 + n_s L_s + n_{CN} L_{CN} + n_M L_{WMX} + n_D L_{WDM} + l_f L \quad (2)$$

다. 경로3:광송신기1-광분배기3-광수신기2

$$P_{T3} = n_2 L_2 + n_{CN} L_{CN} + l_f L \quad (3)$$

라. 경로4:입력 광파워-WMX-WDM-광분배기1(10/90)-광수신기1

$$P_{T4} = n_2 L_2 + n_{CN} L_{CN} + WMX + WDM + l_f L \quad (4)$$

마. 경로5:광송신기1-광분배기3-광스위치2-광결합기4-WMX-(WDM-광분배기2-광스위치1-광결합기4-W

MX-ONU간 fiber의 길이) xN-  
WDM-광분배기2-광수신기1

$$P_{T5} = n_1L_1 + n_2L_2 + n_sL_s + n_{CN}L_{CN} + n_ML_{WMX} + n_DL_{WDM} + l_f L_i \text{ (dB)} \quad (5)$$

바. 경로6: λ1의 입력 광파워-WMX-WDM-  
광분배기1-WMX-(WDM-광분  
배기1-WMX-ONU간 fiber의 길  
이)xN

$$P_{T6} = n_1L_1 + n_2L_2 + n_sL_s + n_{CN}L_{CN} + n_ML_{WMX} + n_DL_{WDM} + l_f L_i \text{ (dB)} \quad (6)$$

이때 n1은 2×1 광결합기의 수, n2는 1×  
2 광분배기의 수, ns는 광스위치의 수, 그  
리고 ncn은 사용되는 컨넥터의 수이며, nM  
은 WMX의 수, nD는 WDM의 수, lf는 광  
섬유의 길이를 나타낸다.

### 3.1 각 경로에 대한 파워버지트 시뮬레이션

광송신기의 평균 출력광파워를 Ps라 하  
고 광수신기의 수신감도를 PR라 하면, Ps  
와 PR 그리고 총광파워손실 PT, 시스템 마  
진 M간에는 식(7)과 같은 관계가 있다.

$$P_R < P_s - P_T - M \text{ (dB)} \quad (7)$$

시스템 마진 M은 시스템의 aging 등에  
의하여 시스템의 성능이 저하될 때에도  
만족할 만큼의 서비스를 가입자에게 제공  
하기 위하여 확보되어야 할 광파워이며, 6  
dB정도가 일반적인 값이다. 이제 설계에 사  
용된 수동 광소자의 광학적 특성치들을 식  
(1)-(6)에 적용시켜서 식(7)을 만족시키는지  
를 확인해보자. 각 구성요소들의 단위 손실  
값들은 Bellcore에서 제시하는 성능 기준  
요구치를 사용하였다. 2×1 광결합기는  
50/50이 사용되었는데, 출력단자는 입력의

반이 출력되므로 삽입손실은  
3.91dB(=-10log(50/100)+0.9)가 된다. 1×2  
광분배기에서는 10% 출력단자를 사용할 때  
의 삽입손실은 10.9dB(=-10log(10/100)+0.9  
)이며, 90% 출력단자를 사용할 때의 삽입  
손실은 1.36dB(=-10log(90/100)+0.9)이 된  
다. 50% 출력단자의 경우는  
3.91dB(=-10log(50/100)+0.9)가 된다.  
WDM과 WMX의 삽입손실은 소자의 삽  
입손실중 최대값인 0.5dB를 사용하였다. 광  
스위치의 삽입손실은 1dB로 주어지며, 컨  
넥터의 경우는 손실 값이 최소인 FC/PC형  
을 사용하였으며 한 번의 컨넥터 사용시  
0.5dB의 삽입손실을 고려하였다. 또한 광섬  
유에 대해서는 0.36dB/km의 감쇄값을 사용  
하였고, ONU와 ONU사이의 거리는 100m  
로 하였다.

일반적으로 광송신기에서의 논리1에대한  
광파워가 1mW이며 ER(Extinction Ratio)  
가 10dB 일때 STM-1급의 속도인  
155.52Mb/s의 랜덤 비트 시퀀스로 변조된  
광송신기의 평균 출력 광파워는 -2.6dBm이  
된다. 그리고 155.52Mb/s를 수신할 수 있는  
광수신기는 일반적으로 -38.0dBm가량의 수  
신감도를 갖는다. 따라서 시스템 마진을  
6dB라 할 때 WDM 하이브리드 OPS의 3  
개의 경로 2,3,4 각각에 대한 총파워손실  
PT는 29.4dB보다 작아야 한다. 아래에 각  
각의 경로에 대한 총 파워손실을 계산하였  
다.

$$P_{T2} = 1 \times 1.36 + 1 \times 3.91 + 0.5 \times 2 + 1 \times 1 + 7 \times 0.5 + 100 \times 10^{-3} \times 0.36 + 1 \times 10.9 = 10.17 \text{ dB}$$

$$P_{T3} = 1 \times 10.9 + 2 \times 0.5 + 10^{-3} \times 0.36 = 11.9 \text{ dB}$$

$$P_{T4} = 1 \times 10.9 + 4 \times 0.5 + 0.5 \times 2 + 10^{-3} \times 0.36 = 13.9 \text{ dB}$$

위에서 보는 바와 같이 경로 2,3,4에 대해  
서 29.4dB보다 작은 것을 알 수 있다. 따라  
서 제안된 WDM 하이브리드 OPS  
prototype은 파워 버지트를 잘 만족함을 알  
수 있다. 아래의 그림 2는 현재단의 ONU

의 고장으로 말미암아 전단의 ONU내의 광송신기1에서 나온 광파워가 현재단에서는 bypassing되고 다음단의 ONU내의 광수신기1까지 전송될때 전단과 다음단의 ONU간의 최대거리를 나타낸 것이다. 광송신기의 평균 출력 광파워는 -2.6dBm으로 하였다.

그림에서 알 수 있듯이 현재단 ONU의 고장을 가정하였을 경우에 전단의 ONU에서 나온 광파워가 현재단에서 bypassing되어 다음단의 ONU로 전송되는 최대거리는 전단의 광분배기 3에 90대10과 현재단 광분배기2에 50대50 그리고 후단 광분배기 2에 10대90을 사용했을 경우에 전송거리가 13.75 Km로 최대임을 알 수 있고, 전단 광분배기3에 90대10과 현재단 광분배기2에 90대10 그리고 후단 광분배기 2에 50대50을 사용하였을 경우에도 전송거리가 13.75 Km로 앞서서의 경로와 같음을 알 수 있다. 그림에서 보이지 않은 5가지 조합의 경우는 다음단의 ONU내의 광수신기에 전달된 광파워가 수신감도에 미치지 못하여 그림에서 제외하였다. 이로부터 전단의 광분배기3에서 다음단으로 전송되는 광파워가 최대일 때 그리고 현재단의 광분배기2에서 bypassing되는 쪽으로 광파워를 되도록 최대로 전송할수록 현재단 ONU의 고장을

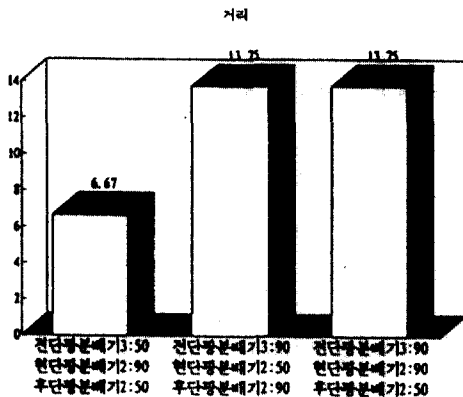


Fig. 2. The maximum distance between previous ONU and next ONU (Average optical power : -2.6dBm)

가정하였을 경우에 전단과 다음단의 ONU간의 전송거리가 최대임을 알 수 있다.

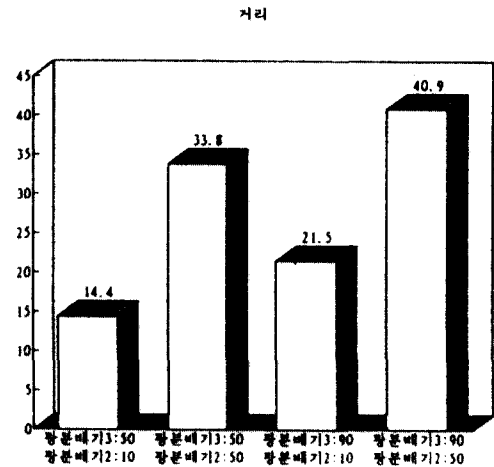


Fig. 3. The maximum distance between ONUs (Average optical power:-2.6dBm)

그림 3은 현재단의 ONU의 광송신기1에서 나온 광파워가 후단 ONU내의 광수신기1까지 진행할 때의 ONU 사이의 전송가능한 최대거리를 나타내었다. 광송신기의 평균 출력 광파워는 -2.6dBm을 사용하였다. 여기에서 현재단의 광분배기 3을 90대10과 50대50을 사용할 때와 다음단의 광분배기2를 90대10과 50대50을 사용할 경우를 4가지로 조합하여 ONU간의 최대 전송거리를 살펴보았다.

그림 3에서 보듯이 현재단의 광분배기 3에 90대10과 다음단의 광분배기 2에 50대50을 사용했을 경우에 전송거리가 40.9 Km로 최대임을 알 수 있고, 현재단의 광분배기3에 50대50과 다음단의 광분배기2에 90대10을 사용하였을 경우에는 전송거리가 14.4 Km로 최소가 됨을 알 수 있다. 따라서 현재단의 광분배기3에서 다음단으로 전송되는 광파워가 최대일 때 그리고 다음단 광분배기 2에서 ONU로 전송되는 광파워가 최대일때 ONU간의 전송거리가 최대임을 알 수 있다.

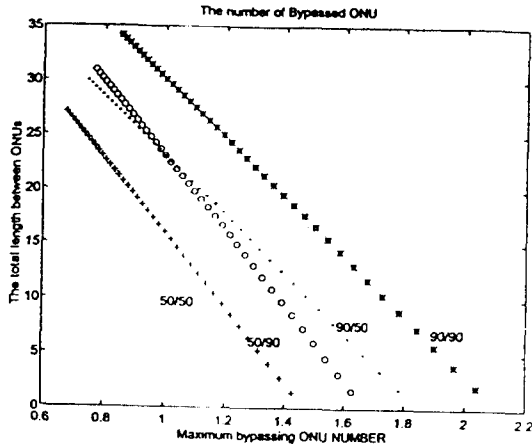


Fig. 4. The maximum number of bypassing ONU with the fiber's length in high-speed data service

그림 4는 고속데이터서비스를 위한  $\lambda 2$ 의 한정된 평균출력 광파워에 대하여 ONU간의 fiber의 길이를 변수로 할때 bypassing 할 수 있는 최대 ONU 갯수를 살펴보기 위한 것이다.

이는 평균화된 출력 광파워를  $-2.6\text{dBm}$ 으로 하였을 경우인데, 현재단 이후의 ONU 고장을 가정하였을 경우 bypassing되는 쪽의 광분배기2가 90대10과 50대50인 두가지의 경우와 전단의 광분배기3이 90대10과 50대50인 두가지의 경우를 조합하여 4가지의 예를 보였다. 먼저 전단의 광분배기3이 90/10인 경우와 현재단의 광분배기2가 90/10인 경우(90/90)에는 ONU간의 거리가 2Km 이내일 때 전단에서 나온 광파워가 현재단부터 2개의 ONU를 bypassing시키는 것을 볼 수 있으며, 전단의 광분배기3이 90/10인 경우와 현재단의 광분배기2가 50/50인 경우(90/50)에는 ONU간의 거리가 1Km에서 23Km까지 전단의 ONU에서 나온 광파워가 1개의 ONU를 bypassing 시킬 수 있음을 알 수 있다. 그리고 전단의 광분배기3이 50/50, 현재단의 광분배기2가

90/10인 경우(50/90)에는 ONU간의 거리가 1Km에서 23Km까지 전단의 ONU에서 나온 광파워가 bypassing시킬 수 있는 ONU의 갯수는 1개임을 알 수 있다.

이로부터 광분배기의 조합이 50/50인 경우 loss가 가장 심하게 나타났으며, 90/90을 사용하고 ONU간의 거리를 1 Km로 잡아주면 가장 많은 ONU를 bypassing 할 수 있음을 알 수 있다. 이 실험결과 fiber의 길이에 대한 loss는 다른 광소자 loss에 비하여 현저하게 작으므로 ONU간 거리가 1Km 미만에서는 ONU의 갯수가 변화하지 않음을 알 수 있다.

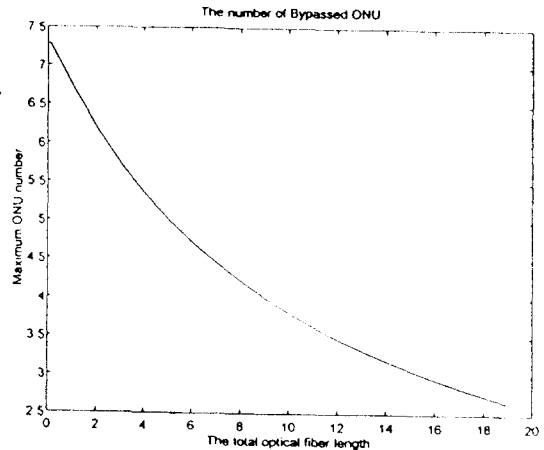


Fig. 5. The maximum number of bypassing ONU with the fiber's length in video distribution service

그림 5는 영상분배 서비스를 위한  $\lambda 1$ 의 한정된 평균출력 광파워에 대하여 링을 구성하는 fiber의 길이를 변수로 할때 분배 가능한 ONU의 최대 갯수를 살펴보기 위한 것이다.

이는 평균화된 출력 광파워를  $-2.6\text{dBm}$ 으로 하였을 경우인데, 광분배기1에서 ONU로 분배되는 광파워가 10% 이상일 때에는 각 ONU에 분배되는 광파워의 손실이 너무 많아 분배가능 ONU의 갯수가 현저히 작아

지므로 여기에서는 광분배기에서 ONU로 분배되는 광파워를 10%로 한정하였다. 즉, 광분배기 1은 90대10의 경우만을 고려하였다. fiber의 길이가 100m 일때 최대 7개의 ONU에 영상서비스를 제공할 수 있었고, 2Km 에서는 6개의 ONU, fiber의 길이가 15Km에서는 3개의 ONU에 영상을 분배시킬 수 있음을 알 수 있다.

지금까지 살펴본 파워 버지트 시뮬레이션을 종합하여보면 영상분배서비스를 위한  $\lambda 1$ 과 고속데이터서비스를 위한  $\lambda 2$  각 파장을 이용하여 동시에 데이터를 전송하였을 경우에 상대적으로 수동소자의 손실이 많은 고속데이터서비스에 의해 전체적인 시스템의 적용이 한정됨을 알 수 있었다. 고속데이터서비스의 경우에 있어서 ONU 사이의 거리는 광분배기3과 광분배기2에 의해서 조절되는데, 광분배기 3에서 다음단으로 전송되는 광파워가 최대일 때와 광분배기2에서 ONU로 전송되는 광파워가 최소일 때 ONU 사이의 거리가 최대가 되며 또한 현재단에서 나온 광파워가 bypassing 가능한 ONU 갯수도 최대이다. 그러므로 광분배기3과 광분배기2의 조합이 90/90인 경우가 최적의 시스템 구성임을 알 수 있다.

#### 4. WDM 하이브리드 OPS의 동작 실험

4.1 모니터링 회로 및 실험 구성도 본 실험에서 사용한 광소자들은 광송신기, 광수신기, 광커플러, 광스위치 등이 있다. 광송신기는 InGaAsP Laser Diode를 내장하고 있으며 1300nm 파장으로 발진하는 1227-TYPE ASTROTEC(AT&T)와 1550nm의 파장으로 발진하는 Philips사의 CQF58/D을 사용하였다. 수신기로는 20Mbits/s 에서 650Mbits/s 동작 범위를 가지며 1300nm와 1550nm에서 모두 동작가

능한 1310-TYPE ASTROTEC를 사용하였다. 광커플러는 온도변화에 안정하며 적은 삽입손실과 양방향성을 갖는 SF4-E-1300P (CANSTAR)를 사용하였다. 광스위치는 센서 스위칭이 가능하고 Back reflection이 -55dB이하인 SW 11A1-10FP(JDS FITEL)를 사용하였다. 또한WDM과 WMX는 1310/1550-E3 (CANSTAR), 1310/1550-E3 FC/PC(CANSTAR)을 사용하였다. 고속데이터 서비스를 위한 파장  $\lambda 2$ 의 모니터링 회로는 ONU의 power off, degradation, ONU의 정상동작 복귀등을 구분하여 감지하고, 각각의 경우에 대한 광 스위칭을 제어하며, 또한 현재 ONU 상태를 LED로 표시한다. 광을 모니터링하기 위하여 FLAG 신호를 보유한 광수신기 모듈을 사용했다. 그림 6에 개선된 모니터링 회로를 도시하였다. FLAG 신호는 광수신기가 광신호를 감지했을 때 3.0V를 출력시키고, 역의 경우에는 3.8V를 출력한다. FLAG 신호와 /FLAG 신호는 각각 컴퓨터의 비교전압(Reference voltage(3.5V))과 비교되는데, FLAG 신호와 비교될 때는 5V를 출력하고 /FLAG 신호와 비교될 때는 0V를 출력한다. 이 각각의 출력은 monitoring 회로에서 중요한 부분인 delay part로 입력되어진다.  $\tau = CR$ 에 의해 Low(0V)에서 High(5V)로 바뀔때는 peak(5V)점에서  $\tau$ 의 시상수로 감쇠하고 High(5V)에서 Low(0V)로 바뀔때는 -5V에서  $\tau$ 의 시상수로 0V까지 상승한다. 각각의 출력은 comparator(LM311)의 입력으로 되는데 이때 reference값은 0V - 5V 사이에서 조절해 주고 이는 delay에 직접적으로 관여한다. Rising edge 신호는 reference level에 따라 delay가 결정되고 falling edge 신호는 reference가 0V 이상이므로 0V를 출력한다. 각각의 신호는 다시 원래의 신호와 XOR시켜 rising edge에서만 delay가 있게끔 만들어 준다. 이 신호들은 다시 schmitter trigger 역할을 하는 CMOS로 입력되어 반전된 신호로 출력되

고 이 신호는 다시 스위치를 동작시키기 위해 emitter follower의 base단으로 입력시켜 스위치로 제공되는 출력을 얻어낸다. 그러므로 ONU 고장시 flag 신호는 delay 없이 SW1을 동작시켜 빠르게 bypassing 시키고 /flag 신호는 적절한 delay 후에 SW2를 off 시킨다. ONU가 다시 정상적으로 동작시에는 위에서 설명한 역으로 동작하여 스위칭을 수행한다. 실험결과 overlap과 loss가 없는 switching time은 1ms임을 알 수 있었다.

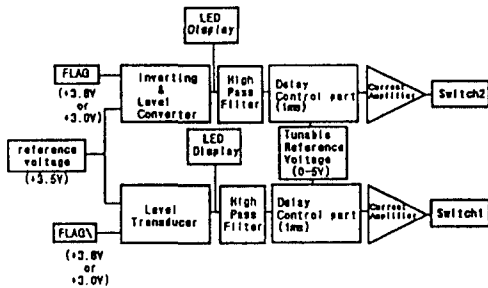


Fig. 6. The block diagram of monitoring circuit for the high-speed data service

반면, 영상분배 서비스로 이용되는 파장  $\lambda 1$ 으로서는 1550nm를 사용하였는데, 이를 위한 광송신기가 기존의 AT&T사의 제품과는 달리 driver circuit가 없기 때문에 driver circuit를 구성하여 실험하였다.

그림 7은 고속데이터 서비스의 신호파인  $\lambda 2$ 와 영상분배서비스의 신호파인  $\lambda 1$ 을 사용하여 수행된 실제의 OPS 실험 구성도를 나타낸 것이다.

#### 4.1 실험결과

위에서 보인 구성도에 따른 실험결과를 아래 그림들에 보였는데 그림 8과 9는 각각 1300nm의 파장을 사용한 고속데이터 서비스의 경우 ONU의 고장시와 정상동작 복구시 광결합기 4에서 측정된 광신호를 나타낸 것이다. ONU 복구시 아래의 신호

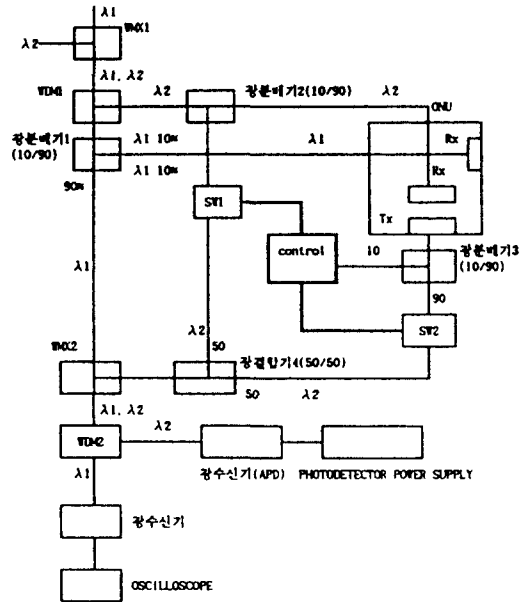


Fig. 7. The experimental configuration of WDM hybridized OPS

는 bypassing되는 신호이며 위의 신호는 결과(윗부분 파형)를 보였다.

ONU가 복구되어 광파워가 줄어들었음을 나타낸 것이다. 반대로 ONU 고장시를 보면 정상적으로 동작한 위의 신호가 ONU가 고장났을 경우 delay나 overlap 없이 switching되어 bypassing되고 있음을 보여 준다. 이는 monitoring circuit의 delay를 조절하여 최적의 switching 상태를 구현한 것으로 최소의 광신호 손실 또는 충돌, 즉 최소의 데이터 손실 상태를 나타낸 것이다.

그림 10은 고속데이터 서비스( $\lambda 2$ )에 대한 실험결과를 나타낸 것으로서 위에서 보인 그림 7의 실험구성에서 ONU의 정상동작시 1300nm의 광송신기에 STM-1급의 속도인 155.52Mb/s의 신호를 입력하였을 경우(아랫부분 파형) 최종단인 WDM2를 거쳐 광수신기에 인가 되었을때의 data 수신 결과(윗부분 파형)를 보였다.



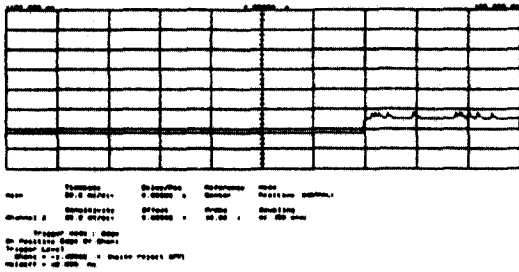


Fig. 8. The switching performance test in the case of current ONU restoration

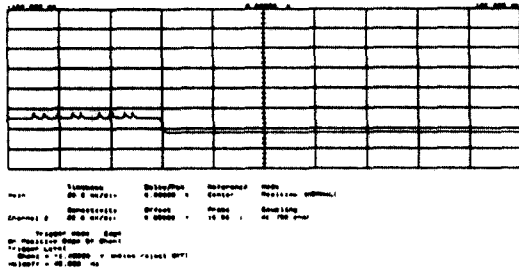


Fig. 9. The switching performance test in the case of current ONU breakdown

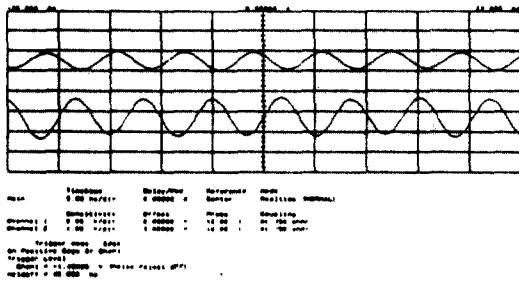


Fig. 10. 155Mbps data of high-speed data service

위의 그림에서 볼 수 있듯이 155Mbps의 데이터 전송시 광송신기에서 보내진 data가 최종단의 광수신기에서 정확하게 detect됨을 볼 수 있다.

그림 11은 영상분배 서비스(155Mbps)의 data 수신을 보여주는 것으로서 그림 7에서의 실험 구성시 1550nm( $\lambda 1$ )의 광송신기에 STM-1급의 속도인 155.52Mb/s의 신호를

입력하였을 경우(아랫부분 파형) 최종단 WDM을 지나 광수신기를 거쳐 나타난 data 수신결과(윗부분 파형)를 보인 것이다.

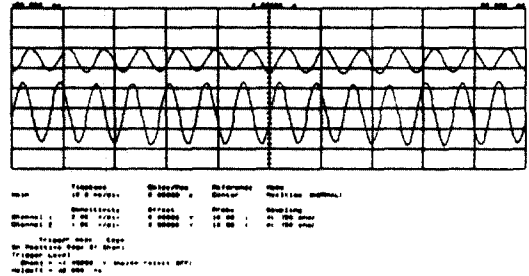


Fig. 11. 155Mbps data of video distribution service

차동증폭기로 구성된 driver circuit에서 변조된 155Mbps의 광신호를 최종단에서 정확하게 detect함을 그림 11을 통해 알 수 있다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 2x1 광결합기, 1x2 광분배기, WDM, WMX 등의 광섬유 수동소자와 광스위치로 구성된 WDM 하이브리드 OPS를 구현시킴으로써 링구조의 CPN에서 영상분배 서비스와 고속데이터 서비스를 동시에 더욱 신뢰성있게 제공할 수 있도록 하였다. 이의 파워 버지트 시뮬레이션을 통하여 설계 조건이 잘 만족됨을 확인할 수 있었고 여러 파라미터에 따른 실제 적용 방안을 고찰하였다. 영상분배서비스인  $\lambda 1$  과 고속데이터서비스인  $\lambda 2$ 를 이용하여 동시에 데이터를 전송하였을 경우 상대적으로 수동소자의 손실이 많은 고속데이터서비스에 의해 전체적인 시스템의 적용이 한정됨을 알 수 있었다. 그리고 광분배기3과 광분배기2의 조합이 90/90인 경우에 최적의 시스템을 구성할 수 있었다.

또한, STM-1신호와 연동하여 실제 데이터 전송상황하에서 ONU의 고장 및 복구에

따라 적절하게 광절체가 이루어짐을 확인하였다. ONU의 고장 및 복구가 발생했을 때 광스위치의 과도기적 상황에서 STM-1 광신호의 손실 또는 충돌을 최소화하기 위해서 광스위치의 개폐시작 시간을 조정할 수 있도록 개선하였으며, 연동실험을 통하여 이를 확인할 수 있었다. 이는 광가입자망에서 ONU와 연결되어 영상분배서비스(CATV), 주문형 비디오 서비스(VOD)와 고속데이터 서비스를 동시에 제공할 수 있으며, 새로운 서비스 요구에도 쉽게 대응할 수 있어서 앞으로의 B-ISDN CPN에서 중요하게 적용될 수 있으리라 사료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] P. Sarti, "Customer Premises Network Aspects," *Integrated Broadband Communications*; Views from RACE, 1991.
- [2] CCITT/SGXVIII, "B-ISDN User-Network Interface Rec.I.413", R34-E, June, 1990.
- [3] H. B. Killen, *Fiber Optic Communications*, Prentice-Hall Int., New Jersey, 1991.
- [4] W.B. Jones Jr., *Introduction to Optical Fiber Communication Systems*, Holtt, Reinhard and Winston, 1980.
- [5] "Generic Requirements for Fiber Optic Branching Components", *Bellcore Technical Advisory*, TA-NWT-001209, Issue1, Dec. 1991.
- [6] C. Lin, ed., *Optical Technology and Lightwave Communication Systems*, Van Nostrand Reinhold, 1980.
- [7] M. H. Reer, S. Hornug, P. Jenkins. and S. Mallinson, "Design of Passive Optical Network", *Br. Telecom Technol. J.* vol.7, no.2, pp.89-99, April. 1989.
- [8] Stuart S. Wagner and Howard L. Lemberg, "Technology and system Issues for WDM-Based Fiber Loop Architecture," *IEEE J. Lightwave Tech.*, vol.7, no.11, pp.1759-1768, Nov. 1989.
- [9] J.E. Midwinter and P.W. Smith, eds., "Special Issue on Photonic Switching techniques," *IEEE Jour. on Sel. Areas in Commun.*, vol. 6, no. 6, August, 1988.
- [10] J. Eom, H.S. Jung, "B-ISDN을 위한 광가입자망에서의 광절체 모듈개발," '94 광자기술 학술회의., pp. 183-184, Oct. 1994.
- [11] C.M. Miller, *Optical Fiber Splices and Connectors*, Marcel Dekker, 1986.
- [12] C.A. Rackett, ed., "Special Issue on Lightwave Systems and Components," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 27, no. 10, October, 1989.
- [13] H. Ahmadi and W.E. Denzel, "A survey of modern high-performance switching techniques," *IEEE Jour. Selected Areas in Commun.*, vol. 7, no. 6, pp. 1091-1103, 1989.
- [14] W.R. Willson, "Stretching the loop fiber budget," *Telephony*, July 8, 1991.