論文96-33A-3-3

WDM 기능을 접목한 광절체 시스템 모듈개발

(Development of WDM integrated Optical Protection Socket module)

金 忠 來 *, 嚴 震 燮 *, 鄭 洪 植 **

(Chung Lae Kim, Jin Seob Eom, and Hong Sik Jung)

요 약

Customer Premises Network의 신뢰도 향상이라는 중요한 역할을 담당하는 Optical Protection Socket에 WDM 기능을 접목시킴으로써 영상분배서비스, 주문형 비디오서비스와 고속데이타서비스 등을 동시에 제공할 수 있으며, 새로운 서비스 요구를 용이하게 수용할 수 있는 광절체 시스템 모듈을 처음으로 제안하였다. 최적의 시스템 설계를 위하여 수동 광소자의 광학적특성을 고려한 파워버지트 등의 링크분석을 수행하였으며, 제작된 시스템을 검증하기 위하여 두개의 서로 다른 파장을 사용하여 STM-1(155Mbps)급 신호의 전송 및 광절체 실험을 수행하였다. 제작된 시스템은 고속데이타서비스의 경우 Optical Network Unit의 고장 및 복구시에 적절하게 광절체가 이루어짐을 확인하였으며, 스위칭 지연시간 제어회로의 개선을 통하여 스위칭 동작시 발생할 수 있는 데이타 손실을 최소화 하였다. 영상분배서비스의 경우에도 STM-1급 신호의 분배를 확인하였다.

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 easily 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.

I. 서 론

앞으로 다가올 사회는 정보화 사회로서, 데이타, 음성 및 영상서비스 등과 같은 다양한 종류의 정보를 고속으로 전송처리할 수 있는 초고속통신망 구축을 필요로하고 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 밀집지역 사이의 가입자 접속구조 및 방식등에 대해서 집중적으로 많은 연구가 진행되어져 왔다[1-5]. 한편 수요자댁간의 망구조에 대해서는 경제적 타당성 및 수요자들이

* 正會員, 江原大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Kangwon Nat'l Univ.)
** 正會員, 弘益大學校 電子電算工學科
(Dept. of Elec. and Computer Eng., Hong-Ik Univ.)
接受日字:1995年10月6日 수정완료일:1996年2月15日

요구하는 서비스 내용의 상이함 때문에 비교적 주목을 끌지 못했으나, 90년도 후반에 광대역 종합정보 통신망의 진보가 가속화됨에 따라 가입자댁 간의 통신망 구조에 관한 체계적인 연구가 필요하게 되었다. 기술 선진국에서는 이 분야를 CPN(Customer 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 인식되어지고 있다. CPN이란 가입자댁내의 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 가입자댁의 ONU(Optical Network Unit) 장애시 발생할 수 있는 전체 가입자망의 서비스단절을 방지하고, 다음 가입자댁으로 광신호를 우회경로를 통해 넘겨주는 역활을 하는 OPS(Optical Protection Socket)가 망의 신뢰도를 보장할 수 있는 중요한 유니트로 인식된다[6-9].

본 논문에서는, 이러한 광절체(OPS) 기능에 처음으로 WDM(Wavelength Division Multiplexing) 기능을 접목시킴으로써, 링구조의 CPN에서 영상분배서비스 및 고속데이타서비스를 동시에, 또한 신뢰성 있게 제공할 수 있는 OPS 모듈을 제안하였다. 그리고, 제안된 구조는 기존의 OPS[10]의 스위칭동작 지연시간에 대한 제어회로의 개선을 통하여 데이타 손실을 최소화하였으며, 가입자들의 새로운 서비스 요구에 대하여 능동적인 서비스 수용이 용이하다.

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 디지탈 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 용이하게 방송분배 서비스 및 VOD 서비스 등의 새로운 서비스 요구에 쉽게 대응할 수 있을 것이다[11-13]. 본문은 Ⅱ장을 통하여 OPS에 WDM 기능을 접목시킨 시스템의 구성을 처음으로 제안하였으며, Ⅲ장에서는 제안된 시스템이 최적의 조건을 만족하는지를 알아보기 위한 파워버지트[14] 모의실험 결과를 나타내었다. 마지막으로 Ⅳ장에서는 설계 개선된 모니터링 회로의 검증과 STM-1 신호와의 연동 실험결과를 보였다.

Ⅱ. WDM 하이브리드 OPS 시스템 구성

영상분배 서비스와 고속데이타 서비스를 동시에 또한, 신뢰성있게 제공하기 위하여, OPS에 WDM을 접목한 시스템을 제작하였다.

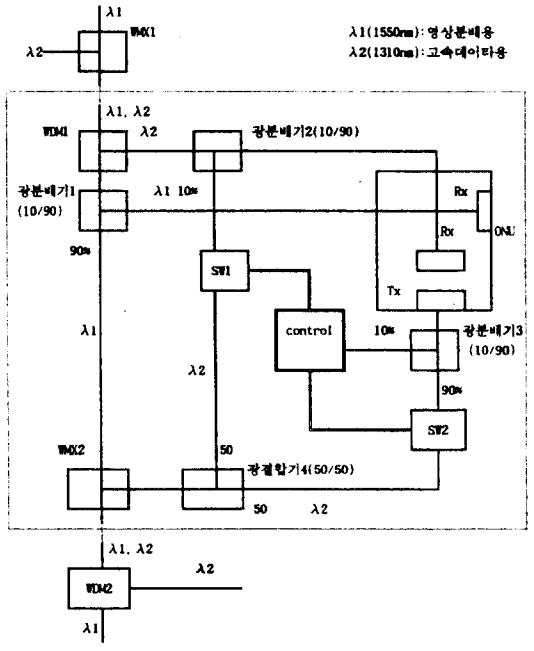

그림 1. WDM 접목 OPS 시스템 구성도
Fig. 1. The schematic diagram of WDM integrated OPS system.

전체 시스템을 구성하기에 앞서 수동 광소자의 광학적 특성, 파워버지트 등을 고려한 링크분석을 수행하였고, 이에따른 광소자 및 모듈들을 사용함으로써 최적의 시스템설계 방안을 모색하였다. WDM 기능이 접목된 OPS 구성을 그림 1에 나타내었다. $\lambda 1$(1550nm)은 영상분배 서비스를 위한 파장이고, $\lambda 2$(1310nm)는 고속데이타 서비스를 위한 파장이다. $\lambda 1$과 $\lambda 2$는 WDM1에서 분리되며, 이중 $\lambda 2$는 다시 광분배기2에서 분배되어 일부는 ONU로 보내지고 나머지는 광스위치1으로 보내진다. 따라서 광스위치1은 $\lambda 2$에 대해서만 스위칭이 이루어진다. $\lambda 1$은 광분배기1에서 분배

되어, 일부는 ONU로 보내지고 나머지는 WMX2로 보내져서 다음 단으로 넘어간다. $\lambda 2$에 의한 고속데이타 서비스의 경우 ONU의 정상 동작시에 광스위치2는 닫혀지고, 광스위치1은 열리게 된다. 만약 ONU의 고장시에는 스위치 제어회로가 작동되어 광스위치들을 스위칭 시킴으로써, ONU를 거치지 않고, 바로 광스위치1을 통하여 $\lambda 2$를 다음단으로 통과시키게 된다. 이와 반대의 경우, 즉 ONU의 복구시(정상동작시)에도 역시 스위치 제어회로가 작동되어 광스위치들을 역으로 동작시킴으로써 ONU를 거친 광신호가 광스위치2를 통과하여 광결합기4를 거쳐 다음단의 WMX로 전송된다.

Ⅲ. 시스템 파워버지트 모의실험

제안된 시스템의 파워버지트를 시뮬레이션 함으로써 WDM 기능을 접목시킨 OPS 프로토타입 설계의 타당성을 검증하였다.

광절체 기술에 필요한 구성요소들중 광신호전송중에 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(dB/ea), 2×1 광결합기의 삽입손실을 L_1(dB/ea), 1×1 광스위치의 손실을 L_s(dB/ea), 컨넥터의 손실을 L_{CN}(dB/ea), WDM의 손실을 L_{WDM}, WMX의 손실을 L_{WMX}라 하고 광섬유의 단위 길이당 광파워 감쇄를 L_f(dB/km)이라 하면 OPS의 광송신기와 광수신기간의 총광파워손실 P_T는 신호의 전송가능한 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 P_T를 계산하였으며, 평균 광송신파워, 광분배기 종류 등을 변수로하여 ONU간의 최대거리 및 ONU 고장시 연속적인 광절체가 가능한 최대 ONU 수를 시뮬레이션하였다. 제안된 모듈에서 가능한 모든 광신호의 전송경로는 다음과 같다.

가. 경로1 : 전단 광송신기 - 전단 광분배기3 - 전단 광스위치2 - 전단 광결합기4 - 전단 WMX2 - ONU간 fiber - WDM1 - 광분배기2 - 광스위치1 - 광 결합기4 - WMX2 - ONU간 fiber - 후단 WDM1 - 후단 광분배기2 - 후단 광수신기

$$P_{T1} = n_1L_1 + n_2L_2 + n_sL_s + n_{CN}Lcn + n_ML_{WMX} + n_DL_{WDM} + l_fL_f \text{ (dB)} \quad (1)$$

나. 경로2 : 전단 광송신기1 - 전단 광분배기3 - 전단 광스위치2 - 전단 광결합기4 - 전단 WMX2 - ONU간 fiber - WDM2 - 광분배기2 - 광수신기1

$$P_{T2} = n_1L_1 + n_2L_2 + n_sL_s + n_{CN}L_{CN} + n_ML_{WMX} + n_DL_{WDM} + l_fL_f \text{ (dB)} \quad (2)$$

다. 경로3 : 광송신기1 - 광분배기3 - 광수신기2 (control 회로내)

$$P_{T3} = n_2L_2 + n_{CN}L_{CN} + l_fL_f \text{ (dB)} \quad (3)$$

라. 경로4 : 입력 광파워 - WMX1 - WDM1 - 광분배기1 - 광수신기1

$$P_{T4} = n_2L_2 + n_{CN}L_{CN} + WMX + WDM + l_fL_f \text{ (dB)} \quad (4)$$

마. 경로5 : 광송신기1 - 광분배기3 - 광스위치2 - 광결합기4 - WMX2 - (WDM1 - 광분배기2 - 광스위치1 - 광결합기4 - WMX2 - ONU간 fiber 길 이) xN - WDM2 - 광분배기2 - 광수신기1

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

바. 경로6 : $\lambda 1$의 입력 광파워- WMX1 - WDM1 - 광분배기1 - WMX2 - (WDM1 - 광분배기1 - WMX2 - ONU간 fiber 길이) xN - WDM1 - 광분배기1 - 광수신기1

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

이때 n_1은 2×1 광결합기의 수, n_2는 1×2 광분배기의 수, n_s는 광스위치의 수, 그리고 n_{CN}은 사용되는 컨넥터의 수이며, n_M은 WMX의 수, n_D는 WDM의 수, l_f 는 광섬유의 길이를 나타낸다.

1. 각 경로에대한 파워버지트 시뮬레이션

광송신기의 평균 출력광파워를 P_S라 하고 광수신기의 수신감도를 P_R라 하면, P_S 와 P_R 그리고 총광파워 손실 P_T, 시스템 마진 M간에는 식(7)과 같은 관계가 있다.

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

시스템 마진 M은 시스템의 여러가지 원인으로 인하여 시스템 성능이 저하될 때에도 만족할 만큼의 서비스를 가입자에게 제공하기 위하여 확보되어야 할 광파워이며, 6dB정도가 일반적인 값이다. 이제 설계에 사용된 수동 광소자의 광학적 특성치들을 식(1)-(6)에 적용시켜서 식(7)을 만족시키는지를 확인해보자. 각 구성요소들의 단위 손실 값들은 Bellcore에서 제시하는 성능 기준 요구치를 사용하였다. 2×1 광결합기는 광파워 분배비율이 50:50인 소자가 사용되었는데, 출력단자는 입력의 반이 출력되므로 삽입손실은 3.91dB (=-10log(50/100)+0.9)가 된다. 1×2 광분배기에서는 10% 출력단자를 사용할 때의 삽입손실은 10.9dB (=-10log(10/100)+0.9)이며, 90% 출력단자를 사용할 때의 삽입손실은 1.36dB(=-10log (90/100)+0.9)이 된다. 50% 출력단자의 경우는 3.91dB(=-10log (50/100)+0.9)가 된다. WDM 과 WMX의 삽입손실은 소자의 삽입손실중 최대값인 0.5dB를 사용하였다. 광스위치의 삽입손실은 1dB로 주어지며, 컨넥터의 경우는 손실 값이 최소인 FC/PC 형을 사용하였으며, 한 번의 컨넥터 사용시 0.5dB의 삽입손실을 고려하였다. 또한 광섬유에 대해서는 0.36dB/km의 감쇄값을 사용하였고, ONU 와 ONU 사이의 거리는 100m로 설정하였다.

일반적으로 광송신기에서 디지탈 신호의 논리1에 대한 광파워는 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 수신감도를 갖는다. 따라서 시스템 마진을 6dB라 할 때 WDM이 접목된 OPS의 3개의 경로 2,3,4 각각에 대한 총파워손실 P_T는 29.4dB보다 작아야 한다. 한편 파워버지트 고려시 수신기의 dynamic range도 고려되어야 한다. 일반적으로 상용화된 광수신기의 최대 허용 광입력파워는 -7dBm으로 주어진다. 따라서 위에서 언급된 상용화된 광송수신기의 사용을 고려할 때, 본 논문에서 제안된 프로토타입의 구조는 어느 경로를 고려하든지 광수신기의 최대 허용 광입력파워보다 작게 되므로 일반적인 광수신기의 dynamic range를 충분히 만족시킨다고 할 수 있다.

아래에 각각의 경로에 대한 총 파워손실을 계산하였다.

$P_{T2}=1\times1.36+1\times3.91+0.5\times2+1\times1+7\times0.5+10$
$0\times10^{-3}\times0.36+1\times10.9 = 10.17\text{dB}$

$P_{T3}=1\times10.9+2\times0.5 +10^{-3}\times0.36 = 11.9\text{dB}$

$P_{T4}=1\times10.9+4\times0.5+0.5\times2+10^{-3}\times0.36$
$= 13.90\text{dB}$

위에서 보는 바와 같이 경로 2,3,4에 대해서 총광손실은 29.4dB보다 작은 것을 알 수 있다. 따라서 제안된 WDM 접목 OPS 프로토타입은 파워 버지트를 잘 만족함을 알 수 있다. 아래의 그림 2는 현재단의 ONU의 고장으로 말미암아 전단의 ONU내의 광송신기1에서 나온 광신호가 현재단 ONU를 우회하여 다음단 ONU내의 광수신기1까지 전송될 때 전단과 다음단의 ONU간의 가능한 최대거리를 나타낸 것이다. 광송신기의 평균 출력 광파워는 -2.6dBm으로 하였다.

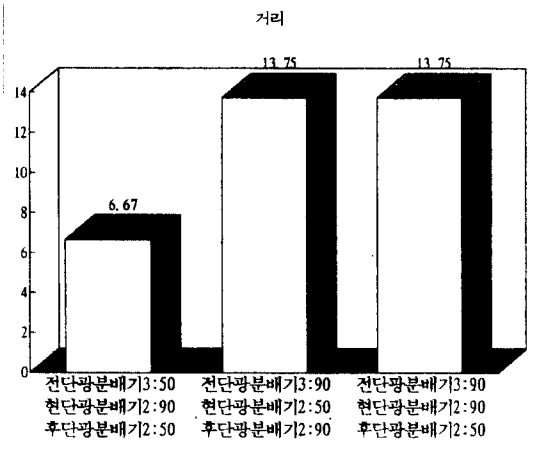

그림 2. 현재단의 ONU 고장을 가정하였을 때 전단과 다음단의 ONU간 최대거리 (평균출력 광파워가 -2.6dBm일 때)

Fig. 2. The maximum distance between previous ONU and next ONU under current ONU breakdown (average optical power : -2.6dBm).

그림에서 알 수 있듯이 전단의 ONU와 다음단의 ONU간의 가능한 최대거리는 전단의 광분배기3에 90:10과 현재단 광분배기2에 50:50 그리고 후단 광분배기2에 10:90을 사용했을 경우에 전송거리가 13.75Km로 최대임을 알 수 있고, 전단 광분배기3에 90:10과 현재단 광분배기2에 90:10 그리고 후단 광분

배기2에 50:50을 사용하였을 경우에도 전송거리가 13.75Km로 앞에서의 경로와 같음을 알수 있다. 그림에서 보이지 않은 6가지 조합의 경우는 다음단의 ONU내의 광수신기에 전달된 광파워가 수신감도에 미치지 못하여 그림에서 제외하였다. 이로부터 현재단의 ONU 고장을 가정하였을 때 전단의 광분배기3에서 다음단으로 전송되는 광파워가 최대일 때, 그리고 현재단의 광분배기2에서 우회경로측으로 최대 광파워를 전송할수록 전단과 다음단의 ONU간의 거리를 길게 할 수 있음을 알 수 있다.

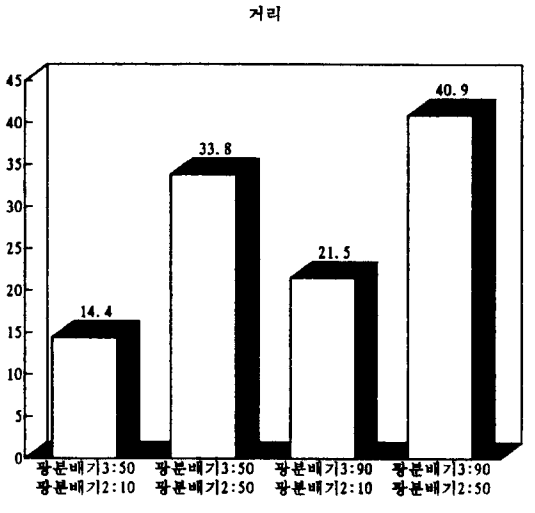

그림 3. 현재단과 다음단의 ONU간 최대거리(평균 출력 광파워가 -2.6dBm일때)

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 출력광파워는 -2.6dBm을 사용하였다. 여기에서 현재단의 광분배기3을 90:10과 50:50을 사용하였을 경우와 다음단의 광분배기2를 90:10과 50:50을 사용할 경우등을 4가지로 조합하여 ONU간의 최대 전송거리를 살펴보았다.

그림 3에서 보듯이 현재단의 광분배기3에 90:10과 다음단의 광분배기2에 50:50을 사용했을 경우에 전송거리가 40.9Km로 최대임을 알 수 있고, 현재단의 광분배기3에 50:50과 다음단의 광분배기2에 90:10을 사용하였을 경우에는 전송거리가 14.4Km로 최소가 됨을 알 수 있다. 따라서 현재단의 광분배기3에서 다음단으로 전송되는 광파워가 최대일 때, 그리고 다음단 광분배기2에서 ONU로 전송되는 광파워가 최대일 때 ONU간의 전송거리가 최대임을 알 수 있다.

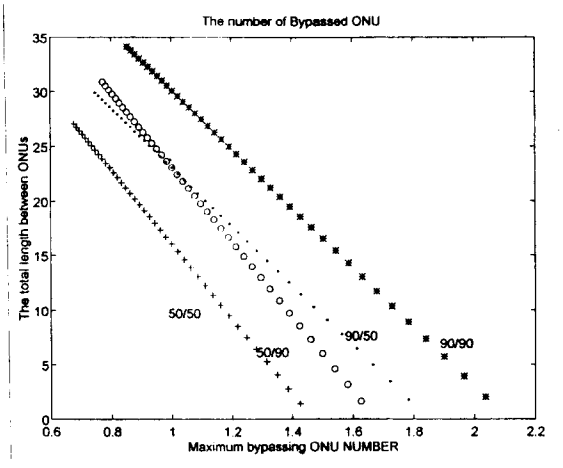

그림 4. $\lambda 2$에 대하여 ONU간의 거리를 변수로 할 때 연속적인 광절체가 가능한 ONU갯수

Fig. 4. The number of ONU which can be sequentially bypassed according to the variation of distance between two ONUs for high-speed data service.

그림 4는 ONU간의 거리를 변수로 할 때, 고속데이타서비스를 위한 $\lambda 2$의 고정된 평균출력 광파워에 대하여 연속적인 광절체가 가능한 ONU 갯수를 살펴보기 위한 것이다.

이는 평균 출력 광파워가 -2.6dBm일 때, 현재단 이후의 ONU 고장을 가정하였을 경우 우회되는 쪽의 광분배기2가 90:10과 50:50인 두가지의 경우와 전단의 광분배기3이 90:10과 50:50인 두가지의 경우들을 조합하여 4가지의 예를 보였다. 먼저 전단의 광분배기3이 90:10인 경우와 현재단의 광분배기2가 90:10인 경우(이 조합을 90/90으로 표시하겠음)에는 ONU간의 거리가 2Km이하일 때에만 전단에서 나온 광파워가 현재단을 포함하여 연속적으로 2개까지의 ONU를 광절체 시킬 수 있다. 전단의 광분배기3이 90:10인 경우와 현재단의 광분배기2가 50:50인 경우(이 조합을 90/50으로 표시하겠음)에는 ONU간의 거리가 23Km이하일 때 전단의 ONU에서 나온 광파워가 1개의 ONU만을 광절체시킬 수 있음을 알 수 있다. 그리고 전단의 광분배기3이 50:50, 현재단의 광분배기2가 90:10인 경우

(50/90)에는 ONU간의 거리가 15Km이하일 때에만 1개의 ONU를 광절체시킬 수 있음을 알 수 있다.

이로부터 광분배기의 조합이 50/50인 경우에 광손실이 가장 심하게 나타났으며, 90/90의 조합을 사용하고 ONU간의 거리가 1Km이하일 때 2개까지의 ONU를 연속적으로 광절체할 수 있음을 알 수 있다. 이 실험결과 광섬유의 길이에 따른 광손실은 다른 광소자의 삽입손실에 비하여 현저하게 작으므로 ONU간 거리를 1Km미만으로 한다 할지라도 연속적으로 절체가능한 ONU의 갯수는 2개 이상이 될 수 없다.

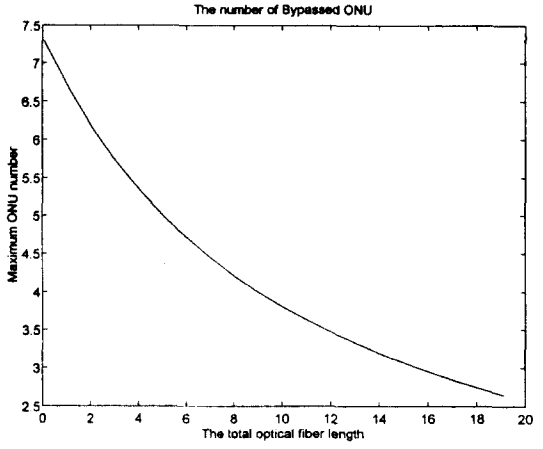

그림 5. 광섬유의 전체 길이가 주어질 때 영상서비스 분배가 가능한 ONU 갯수

Fig. 5. The number of ONU which can be privided with video services according to the variation of total fiber length.

그림 5는 영상분배 서비스를 위한 $\lambda 1$의 고정된 평균출력 광파워에 대하여 링을 구성하는 광섬유의 길이를 변화시킬 때 영상분배 가능한 ONU의 갯수를 살펴보기 위한 것이다.

이는 평균화된 출력 광파워를 -2.6dBm으로 하였을 경우인데, 광분배기1에서 ONU로 분배되는 광파워가 10% 이상일 때에는 분배가능한 ONU의 갯수가 현저히 작아지므로, 여기에서는 광분배기에서 ONU로 분배되는 광파워를 10%로 한정하였다. 즉, 광분배기1은 90:10의 경우만을 고려하였다. 광섬유의 길이가 100m일때 최대 7개의 ONU에 영상서비스를 제공할 수 있고, 2Km일 때는 6개의 ONU, 광섬유의 길이가 15Km에서는 3개의 ONU에 영상을 분배시킬 수 있음을 알 수 있다.

지금까지 살펴본 파워 버지트 시뮬레이션을 종합하여 보면 영상분배서비스를 위한 $\lambda 1$과 고속데이타서비스를 위한 $\lambda 2$의 파장을 이용하여 동시에 데이타를 전송하였을 경우에 상대적으로 수동소자의 손실이 많은 고속데이타서비스에 의해 시스템의 실제적인 적용이 한정됨을 알 수 있었다. 고속데이타서비스의 경우에 ONU간의 거리는 광분배기3과 광분배기2에 의해서 조절되는데, 광분배기3에서 다음단으로 전송되는 광파워가 최대이고 광분배기2에서 ONU로 전송되는 광파워가 최소일 때 ONU간의 거리가 최대가 되며, 또한 연속적으로 절체가능한 ONU의 갯수도 최대이다. 그러므로 광분배기3과 광분배기2의 조합이 90/90인 경우가 최적의 시스템 구성임을 알 수 있다.

Ⅳ. WDM 기능이 접목된 OPS의 동작실험

1. 모니터링 회로 및 실험 구성도

본 실험에서 사용한 광소자들은 광송신기, 광수신기, 광커플러, 광스위치 등이 있다. 광송신기는 InGaAsP 레이저다이오드를 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 동작가능한 1310-TYPE ASTROTEC를 사용하였다. 광커플러는 온도변화에 안정하며 적은 삽입손실과 양방향성을 갖는 SF4-E-1300P (CANSTAR)를 사용하였다. 광스위치는 센서 스위칭이 가능하고 후방으로의 반사가 -55dB이하인 SW 11A1-10FP(JDS FITEL)를 사용하였다. 또한 WDM과 WMX는 1310/1550-E3 (CANSTAR), 1310/1550-E3 FC/PC(CANSTAR)을 사용하였다. 고속데이타 서비스를 위한 파장 $\lambda 2$의 모니터링 회로는 ONU의 고장 및 광파워의 손실, ONU의 정상동작 복귀등을 구분하여 감지하고, 각각의 경우에 대한 광스위칭을 제어하며, 또한 현재 ONU 상태를 LED로 표시한다. ONU로부터의 광파워를 모니터링하기 위하여 FLAG 신호를 보유한 광수신기 모듈을 사용했다. 그림 6에 개선된 모니터링 회로를 도시하였다. FLAG 신호는 광수신기가 광신호를 감지했을 때 3.8V를 출력시키고, 역의 경우에는 3.0V를 출력한다. FLAG 신호

와 /FLAG 신호는 각각 컴퍼레이터의 비교전압(Reference voltage(3.5V))과 비교되는데, FLAG 신호와 비교될 때는 5V를 출력하고 /FLAG 신호와 비교될 때는 0V를 출력한다. 이 각각의 출력은 스위칭회로에서 중요한 부분인 스위칭 지연회로로 입력되어진다. τ =RC에 의해 Low(0V)에서 High(5V)로 바뀔 때는 피크(5V)점에서 τ의 시상수로 감쇠하고 High(5V)에서 Low(0V)로 바뀔때는 -5V에서 τ의 시상수로 0V까지 상승한다. 각각의 출력은 비교기(LM311)의 입력으로 되는데 이때 기준이 되는 비교전압값은 0V - 5V 사이에서 조절해 주고 이는 스위칭 지연에 직접적으로 관여한다. Rising edge 신호는 기준전압 레벨에 따라 시간 지연이 결정되고 falling edge 신호는 기준전압이 0V 이상이므로 0V를 출력한다. 각각의 신호는 다시 원래의 신호와 XOR시켜 rising edge에서만 시간지연이 있게끔 만들어 준다. 이 신호들은 다시 슈미트 트리거(schimitter trigger) 역할을 하는 CMOS로 입력되어 반전된 신호로 출력되고, 이 신호는 다시 스위치를 동작시키기위해 이미터폴로워(emitter follower)의 베이스단으로 입력시켜 스위치로 제공되는 출력을 얻어낸다. 그러므로 ONU 고장시 FLAG 신호는 시간지연 없이 SW1을 동작시켜 빠르게 광신호를 우회시키고 /FLAG 신호는 적절한 시간지연 후에 SW2를 오프 시킨다. ONU가 다시 정상적으로 동작시에는 위에서 설명한 역으로 동작하여 스위칭을 수행한다. 실험결과 데이타 충돌과 손실이 없는 스위칭 시간은 1ms임을 알 수 있었다.

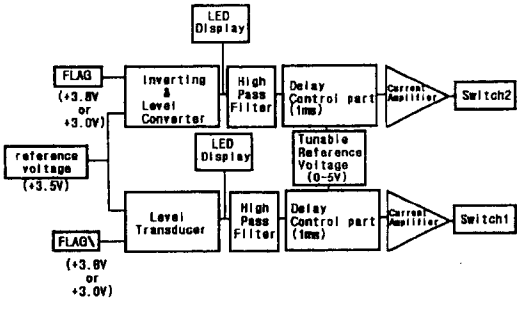

그림 6. 고속데이타 서비스($\lambda 2$)에 대한 모니터링 회로 블록 다이아그램

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

반면, 영상분배 서비스로 이용되는 파장 $\lambda 1$으로서는 1550nm를 사용하였는데, 이를위한 광송신기가 기존의 AT&T사의 제품과는 달리 레이저 구동회로가 없기 때문에 구동회로를 구성하여 실험하였다.

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

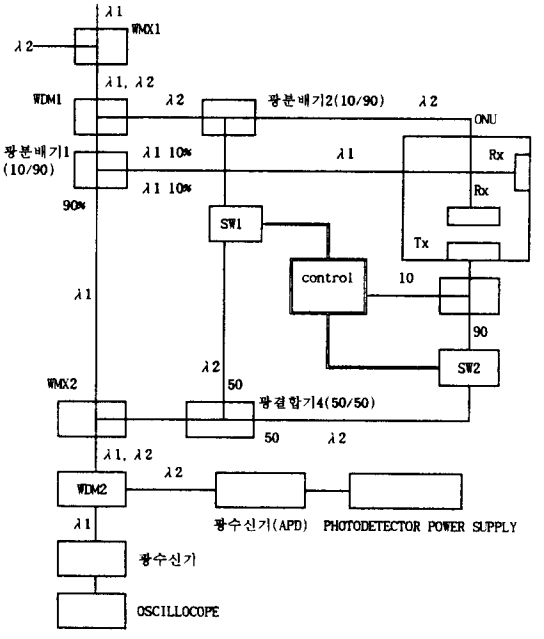

그림 7. 실제 수행된 WDM 접목 OPS 실험 구성도

Fig. 7. The implemented configuration of WDM integrated OPS for experiments.

2. 실험결과

위에서 보인 실험구성도에 따른 실험결과들을 다음 그림들에 보였다. 1300nm의 파장을 사용한 고속데이타 서비스의 경우에 대하여 ONU의 고장시와 정상복구시 WDM2에서 측정된 광신호를 그림 8과 그림 9에 각각 나타내었다. 그림 8은 ONU의 정상상태에서 고장상태로의 변환시 절체된 광신호를 보여준다. 신호의 높고 낮음은 두 경우에서 전달된 광파워의 차이에 기인한다. 그림 9는 ONU가 고장상태에서 정상상태로의 복구시 절체된 광신호를 보여준다. 그림들로부터 광절체시 데이타 충돌이나 손실이 거의 없이 광절체가 원활하게 이루어짐을 알 수 있다. 이는 광스위치 제어회로의 지연시간 조정을 통하여 최적의 절체상태를 구현

한 것으로 최소의 광신호 손실 또는 충돌, 즉 최소의 데이타 손실 상태를 나타낸 것이다.

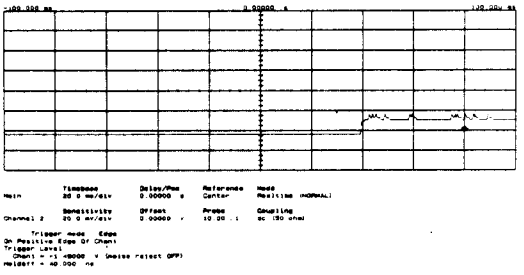

그림 8. ONU 고장시 스위치의 개폐시작 시간 제어에 의한 최적의 광신호 측정

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

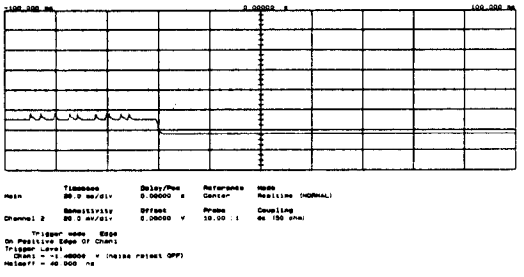

그림 9. ONU 복구시 스위치의 개폐시작 시간 제어에 의한 최적의 광신호 측정

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

그림 10은 고속데이타 서비스($\lambda 2$)에 대한 송수신 실험결과를 나타낸 것이다. ONU의 정상동작시 1300nm의 파장을 가지는 광송신기에 STM-1급인 155Mb/s의 신호를 입력하였을 경우(아랫부분 파형) 최종단인 WDM2를 거쳐 광수신기에서 검출된 수신 데이타(윗부분 파형)를 보여준다.

위의 그림에서 볼 수 있듯이 155Mbps의 데이타 전송시 광송신기에 인가된 데이타가 최종단의 광수신기에서 정확하게 검출됨을 알 수 있다.

그림 11은 영상분배 서비스에 대한 송수신 실험으로서, 1550nm($\lambda 1$)의 파장을 가지는 광송신기에 STM-1급인 155Mb/s의 신호를 인가하였을 경우(아랫부분 파형) 최종단 WDM2를 지나 광수신기에서 검출된 수신 데이타(윗부분 파형)를 보인 것이다.

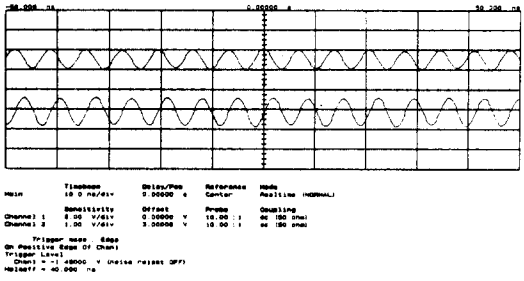

그림 10. 고속데이타 서비스($\lambda 2$)의 155Mbps data수신

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

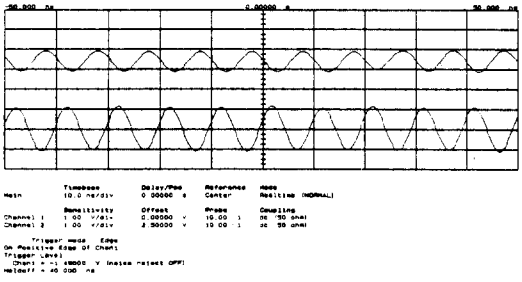

그림 11. 영상분배 서비스($\lambda 1$)의 155Mbps data 수신

Fig. 11. 155Mbps data transmission of video distribution service.

앞서의 경우와 같이 155Mbps의 광신호가 최종단에서 정확하게 검출됨을 그림 11을 통해 알 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 2x1 광결합기, 1x2 광분배기, WDM, WMX 등의 광섬유 수동소자와 광스위치로 구성된, WDM 기능을 접목시킨 OPS를 처음으로 제안함으로써 링구조의 CPN에서 영상분배 서비스 및 고속데이타 서비스를 동시에 그리고 더욱 신뢰성있게 제공할 수 있도록 하였다.

제안된 구조의 파워 버지트 시뮬레이션을 통하여 설계 조건이 잘 만족됨을 확인할 수 있었고, 여러 파라미터에 따른 시스템의 실제 적용방안을 고찰하였다. 영상분배서비스용 파장인 $\lambda 1$과 고속데이타서비스용 파장인 $\lambda 2$를 이용하여 동시에 데이타를 전송하였을 경우,

상대적으로 수동 광소자의 손실이 많은 고속데이타서비스에 의해서 시스템의 실제적인 적용이 한정됨을 알 수 있었다. 그리고 광분배기3과 광분배기2의 조합이 90/90인 경우에 최적의 시스템을 구성할 수 있었다.

또한, STM-1신호와 연동하여 실제 데이타 전송상황하에서 ONU의 고장 및 복구에 따라 적절하게 광절체가 이루어짐을 확인하였다. ONU의 고장 및 복구가 발생했을 때 광스위치의 과도기적 상황하에서 STM-1 광신호의 손실 또는 충돌을 최소화하기 위해서 광스위치의 개폐시작 시간을 조정할 수 있도록 개선하였으며, 실험을 통하여 이를 확인할 수 있었다.

제안된 OPS 모듈은 광가입자망에서 ONU와 연결되어 영상분배서비스(CATV), 주문형 비디오 서비스(VOD), 그리고 고속데이타 서비스 등을 동시에 제공할 수 있으며, 새로운 서비스 요구에도 쉽게 대응할 수 있어서 차후 B-ISDN CPN에서 중요하게 적용될 수 있으리라 사료된다.

참 고 문 헌

[1] P. Sarti, "Customer Premises Network Aspects." *Integrated Broadband Communications*; Views form 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 Jerey, 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 광자기술학술회의*., 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.

저 자 소 개

金 忠 來(正會員)

1969年 4月 29日生. 1994年 2月 강원대학교 전자공학과(공학사). 1996年 2月 강원대학교 전자공학과(공학석사). 1995年 전자부품기술연구소 위촉연구원. 1996年 1月 ~현재 현대전자(통신망연구소)연구원. 주관심분야는 광통신시스템, WDM, 초고속 광전송 등임

鄭 洪 植(正會員)

1959年 6月 25日生. 1982年 2月, 1984년 8월 서강대학교 전자공학과 및 대학원 졸업(공학사, 공학석사). 1984年 8月 ~ 1988年 12月 Texas A&M University 전기공학과 졸업(공학박사). 1989年 3月 ~ 1990年 2月 일본 신기술사업단 연구원(Nishizawa's Terahertz Project). 1990年 3月 ~ 현재 홍익대학교 전자전산기공학과 부교수. 주관심분야는 광집적회로 소자 설계 및 제작, 광대역 광변조기 및 스위치, 광통신 시스템 연구 등임

朴 震 燮(正會員)

1959年 2月 20日生. 1982年 2月 서울대학교 전자공학과(공학사). 1984年 2月 서울대학교 전자공학과(공학석사). 1990年 12月 미국 Texas A&M대학 전기공학과(공학박사). 1984年~1985年 금성반도체(주)연구원. 1985年~1987年 한국통신 전임연구원. 1991年~1992年 한국통신 선임연구원. 1992年~현재 강원대학교 전자공학과 조교수. 주관심분야는 광통신, 광소자, 광교환 등임