
WDM 및 OADM으로 구성된 개선된 특성의 1310nm, 1550nm 대역 4파장 광증계기

이인재 · 이동길 · 최삼길 · 이유중

동의대학교 정보통신공학과

A 4-Wavelength Optical Transceiver with Improved Characteristics using WDMs and OADMs

In Jae Lee · Dong Gil Lee · Sam Gil Choi · Yoo Jong Lee

Dept. of Information and Comm. Eng., Dongeui University

E-mail : yjl@dongeui.ac.kr

요 약

TFF(Thin Film Filter) 방식의 2×2 OADM을 이용하여 1510nm 파장과 1530nm 파장의 광원을 첨가하여 add/drop시킨 4 파장 광 모듈을 구성하였고 이 광모듈을 채택하여 PCS(personal communication system) 및 셀룰러 (cellular) 이동 통신뿐만 아니라 차세대 이동 통신 방식은 IMT-2000 서비스와 다중 링크 시켜 광선로를 재사용하는 방식의 4 파장 광 트랜시버를 구현하였다. OADM을 이용한 4파장 optical signal stream을 구성하여 1510 nm, 1530 nm, 1550 nm, 1570 nm 파장에서 각각 -1.6 dBm, -1.7 dBm, -5.6 dBm, -5.8dBm의 광출력을 얻었다. 제작된 광 트랜시버의 LD 모듈에 12 V의 바이어스 전압을 사용하여 약 1.5dBm의 광 출력 특성을 얻었으며, PD 모듈의 증폭 단에는 two-stage 저 잡음 증폭기를 제작하여 1.66dB의 잡음지수와 25.7 dB의 이득을 얻었다. 또한 S_{11} 과 S_{22} 그리고 입·출력 정재파비는 각각 -5.47dB, -20 dB 그리고 3.27 : 1, 1.22 : 1의 결과 값을 얻었다.

ABSTRACT

In this paper, a 4-wavelength optical transceiver system is designed and implemented by using TFF (thin film filter) type OADMs (optical add-drop multiplexers). In this new system, the wavelengths of 1510 nm and 1530 nm are used for upload and download signals, respectively, as well as the wavelengths of 1550 nm and 1310 nm which have been utilized in a 2-wavelength optical transceiver systems.

The 4-wavelength optical module show pass characteristics of -1.6 dBm, -1.7 dBm, -5.6 dBm, -5.8 dBm for 1510 nm, 1530 nm, 1550 nm, 1570 nm, respectively, with 1.2 dBm of input laser power. The isolation characteristics of the optical module for all the wavelengths are less than -40 dB, which is very acceptable for field requirements.

Noise figure (NF) of the 2-stage low noise amplifier designed and fabricated for receiver module is 1.66 dB and the amplifying gain is 25.7 dB. S_{11} , S_{22} , and input, output VSWR are -5.47 dB, -20 dB, 3.27 : 1, 1.22 : 1, respectively.

키워드

이동통신, 증계기, OADM, WDM

I. 서 론

최근 이동통신 서비스의 전송 정보용량 증가와 다양한 멀티미디어 부가 서비스에 대한 수요를 충족시키기 위하여 제한된 통신 시스템을 최대한 활용하는데 중점을 두게 되었다. 이러한 관점에서, 본 논문에서는, 현재의 증계기 시스템을 그대로 활용하면서 통신용량의 증가와 사용자수의 증

가 그리고 비용절감 효과를 동시에 얻을 수 있는 방법으로 4-파장 광증계기 시스템을 제안 하고자 한다. 현재 상용 이동통신용 광증계 시스템은 임차료 절감 등의 목적으로 1310 nm와 1550 nm의 2개의 파장을 사용해 uplink와 downlink 신호로 사용하는 것이 일반적이다. 용량증설을 목적으로

기지국과 증계기를 신설하고자 할 때 광섬유 내에서 서로 다른 파장의 광 신호가 상호 간섭하지 않는 특성을 이용하여 기존 파장 외에 2개의 새로운 파장을 시스템에 추가하여 운용하는 4파장 광 증계기 시스템을 사용하는 것이 매우 효율적이며 본 논문에서는 간단한 구조와 적용성을 가지는 4파장 광 증계기 시스템 구현을 보이고 우수한 전달/분리 성능을 입증하였다. 4파장 광증계기의 광 모듈 구현에는 4개의 thin film filter형 OADM과 2개의 1310nm와 1550nm WDM coupler를 사용하였으며 송/수신부 초고주파 정합 및 증폭회로를 구현하여 간단한 구조의 4파장 광 증계기 시스템을 구현하였다.

II. TFF형 OADM의 동작특성

OADM은 광선로를 통해 여러 파장의 신호가 전송 될 때 하나 또는 여러 파장의 신호를 뽑아내고 (drop) 같은 파장의 신호를 더해줄 때 (add) 사용하는 module로 지금까지 여러 제안된 방법이 있으나 상용화되어 있는 module로는 AWG, FBG, TFF 방식 등이 있다. OADM은 전달/분리 특성이 우수해야함은 물론 삽입손실이 적고, 온도 특성이 우수하며, 입력된 신호간의 간섭이 적어야 하며, 넓은 파장 영역에서 신호 처리가 가능하고, 소형으로 제작이 가능하여야 한다.

본 실험에는 4 파장 광증계기를 위한 광모듈의 구성을 위하여 TFF형 OADM module을 사용하였다. TFF는 유리 (quartz) 기판의 표면에 수천 A 두께의 Bragg 파장 박막을 일찍 제작되며 그림 1에 TFF의 동작 원리 개념도를 나타내었다. $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ 등 4개의 파장이 TFF를 통과할 때 선택된 파장만 반사되어 drop되고 나머지는 그대로 전달/투과되는 원리를 이용한다.

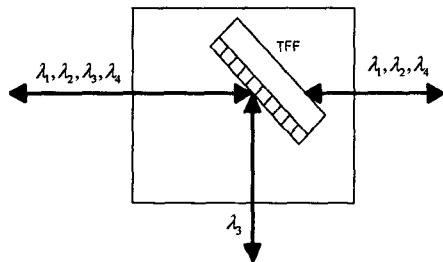


그림 1. TFF형 OADM의 동작원리 개념도

실험에는 1510nm용 2개와 1530nm용 2개, 총 4개의 OADM module을 사용하여 4파장 광 증계기를 설계하였다. 그림 2에는 실험에 사용된 OADM의 파장 흐름도를 제시하였다.

그림 2에서 보는 바와 같이 TFF형 OADM에는 IN과 OUT, ADD, DROP의 4개 단자가 있

며 이들 중 IN과 OUT은 파장에 관계없이 투과되고 IN과 ADD, OUT과 DROP은 TFF에 의해 반사되어 add와 drop port로 사용된다. 실험에 사용된 OADM module을 사용해서 선택된 파장 범위에서 정확한 반사와 투과 특성을 측정하였다.

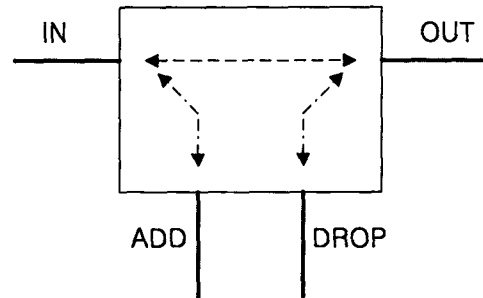


그림 2. OADM 내의 신호 흐름도

그림 3은 1530 nm OADM module의 IN port에 Tunable LD로 1477 nm부터 1583 nm까지 파장을 주었을 때 Power sensor를 통해 ADD와 DROP port를 측정된 그림이다.

ADD port에서 통과 대역은 1520 nm에서 1540 nm 정도이고 출력은 -3 dBm 정도로 커넥터 손실을 감안했을 때 좋은 반사 특성을 얻었다. 그리고 그 외 파장에서는 약 -37 dBm 정도로 높은 차단 효과를 얻을 수 있었다. DROP port에선 1522 nm와 1538 nm에서 출력을 보였으나 그 값이 미미해 영향을 끼치지 않음을 알 수 있다.

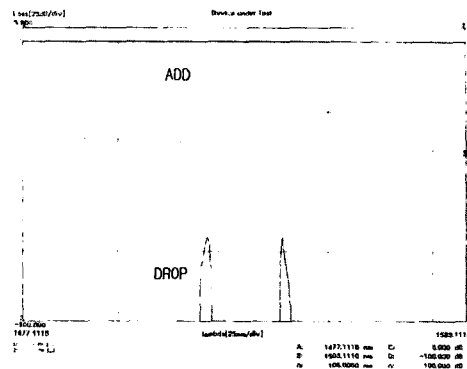


그림 3. 1530 nm OADM의 반사특성

그림 4는 위와 동일한 방법으로 IN port에 입력을 주었을 때 OUT port에서의 출력을 측정하여 도시하였다. ADD port에서의 반사되는 파장 외에 다른 모든 파장은 -3 dBm 정도로 좋은 투과 특성을 보였으며 따라서 전체적인 소자 특성이 4파장 광증계기용 광모듈로의 사용에 매우 적합한 우수한 전달/분리 특성을 보였다.

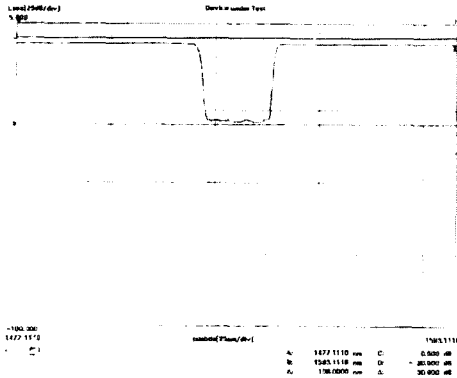
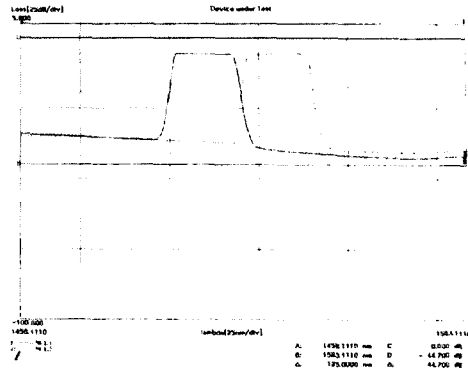


그림 4. 1530 nm OADM의 투과특성



가지국과 증계기의 종단에서 측정되는 1310nm와 1550nm의 출력 파워는 약 -4 dBm으로 좋은 특성을 얻었다. 종단에서 측정되는 그 외 파장의 isolation은 약 -37 dBm 이하로 높은 분리도를 얻었다. 그리고 OADM module의 DROP port 종단에서 측정된 출력파워는 약 -4 dBm으로 좋은 특성을 얻었고, isolation도 -35 dBm 이하로 얻었다.

III. 4파장 광증계기

앞에 실험한 OADM module과 WDM coupler를 사용하여 4파장 광증계기를 제작하였다. 그림 5는 4파장 광 module의 파장별 광신호 흐름도를 나타냈다.

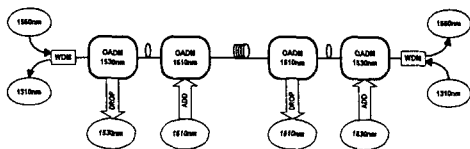


그림 5. 4파장 광 증계기 흐름도

위 그림에서 4파장 광 증계기의 광 모듈 구성을 위해 2개의 WDM coupler와 4개의 OADM module이 사용된다. 그림 5에서 왼쪽방향을 가지국 방향이라고 보았을 때 송신 신호를 1550 nm, 수신 신호를 1310 nm 파장으로 사용하였다. 여기에 새롭게 추가하여 구성되는 광 증계 링크에는 1510 nm와 1530 nm의 파장 신호들을 사용하여 총 4개의 파장이 한가닥의 광섬유 선로를 공유하며 각각 2개의 증계 링크를 형성하는 모습의 4파장 광 증계기가 구성된다.

그림 6은 Tunable LD를 사용해 신호대역을 입력해가며 OADM의 DROP port의 출력을 측정한 것이다. 대역 특성측정을 통해 1510 nm OADM의 DROP port는 1500 nm에서 1518 nm까지 Drop 되고 1530 nm OADM은 1521 nm에서 1538 nm까지 Drop 됨을 관찰하였다. 출력 파워는 약 -4 dBm으로 coupler와 커넥터 손실을 감안했을 때 매우 우수한 삽입손실 특성을 보였다.

그림 6. 사용된 OADM의 Drop 대역 특성

IV. 광증계기의 송/수신 RF 신호부

광증계기의 무선 신호를 광 신호로 E/O 변환하는 광원으로 FU-436SDF DFB LD를 이용하였다. 통상 입력 임피던스가 50 Ω인 LD 제품이 상용으로 제공되고 있어 입력 신호부의 임피던스 매칭은 불필요하며 송신기의 전원은 광 트랜스버전원으로 연결하고 potentiometer를 설치하여 LD의 광 출력을 고려, 공급 전류량을 조절하도록 바이어스 회로를 구성하였다. LD alarm 회로는 op-amp를 비교기로 사용하여 레이저 다이오드 동작에 의해 전류가 발생하면 레이저 다이오드 외부에서 전달되어온 전압에 의해 동작된 transistor로 흘러 op-amp의 한쪽 입력으로 들어가게 되어 출력 쪽에서 LED를 구동시켜 외부에서 LD의 동작상태를 파악할 수 있다. 회로는 2N39047 npn 트랜지스터를 2단으로 emitter follower 회로로 구성하였다.



그림 7. 제작된 광증계기 모듈의 사진.

표 1. 제작된 광 송신기 모듈 특성

특성지수	측정결과
wavelength	1311 nm
Optical Oputput Power	1.5 dBm
RF Gain	0 dB
Input VSWR	1.37 : 1
Output VSWR	1.38 : 1
Supply Voltage	5 V, 12 V

표 2. 제작된 수신부 2-단 증폭기 특성

특성지수	측정결과
주파수	1.7 GHz~2.3 GHz
Noise Figure	1.66 dB
RF Gain	25.7 dB
Input/Output 반사계수	-5.47 dB, -20 dB
Input/Output VSWR	3.27:1, 1.22:1
P_{1dB}	15 dBm

표 1에는 제작된 광 송신기 모듈 특성을 요약하였다. 수신부 회로로 2단 저잡음 증폭부를 설계, 제작하였고 그림 8은 two-stage LNA 시뮬레이션 결과 값들이다. 시뮬레이션 tool로 Ansoft사의 Serenade 8.5를 사용하였고 Autocad를 사용하여 layout하여 유전률이 3.2, 기판두께가 0.8mm인 GML 기판을 사용, 제작하였다. 제작된 저 잡음 증폭기의 측정은 HP사의 Network Analyzer 8720B를 이용하여 이득, 반사계수 및 VSWR을 측정하였으며 초단은 dual bias를 사용하여 입력 측 DC 바이어스는 -1 V를 인가하였고, 출력 측 DC 바이어스는 4.7V를 인가하였다. 둘째 단 증폭기에는 single bias를 사용하여 출력 측에만 4.5 V를 인가하였다. 잡음지수(NF: Noise Figure)를 측정하기 위해 HP 사의 noise figure meter 8970B를 사용하여 측정하였다.

V. 결 론

기존의 1310 nm와 1550 nm 파장을 사용한 지구국과 중계기 사이의 광 선로에 간단히 OADM module 4개를 붙여 새로운 링크를 간단히 구현할 수 있음을 보였다. 이로써 기존의 파장과 추가된 파장을 하나의 광섬유 선로에서 통신함으로 광선로의 증설 없이 새로운 링크 구성이 가능하다. 따라서 저비용으로 통신용량의 증가와 사용자 수의 증가의 목적을 얻을 수 있다. 본 4파장 광중계기의 우수한 광 전달/분리 특성은 IMT-2000 등 이동통신 서비스 응용에 유용하게 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 이상영, IMT-2000용 파장분할 광 트랜시버 설계 및 제작에 관한 연구, February 2002.
- [2] P. S. Andre, et. al., "Fiber Bragg Grating For Telecommunications Applications : Tuneable Thermally Stress Enhanced OADM", Journal of Microwaves and OptoElectronics Vol. 2, No. 3, July 2001.
- [3] An Vu Tran, et. al., "Optical Add-Drop Multiplexers with Low Crosstalk", IEEE. Photonics Technology Letters, Vol. 13, No. 6, June 2001.
- [4] 고제수, 이현재, 이종현, "WDM 광전송 기술", 정보통신 한국통신학회지, v.19, n.3, pp.123-133 1226-4725, 3. 2002.



그림 8. Two-stage 저 잡음 증폭기 회로도

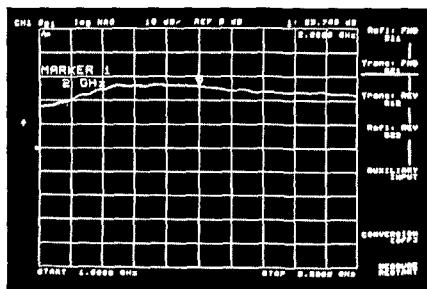


그림 9. 저 잡음 증폭기 S_{21} 측정결과