

병렬 광접속 모듈은 리본 광섬유와 같은 여러 가닥의 광섬유 케이블을 이용하여 고속으로 대용량의 광전송을 위하여 광신호를 병렬로 전달하는 데 사용되는 저가의 초소형 광부품으로서, 보드간, 백플레인간, 네트워크장비간 및 칩간 접속 기술에서의 발생하는 데이터 속도, EMI, crosstalk, skew 등의 전기적 신호의 병목현상을 해결할 수 있는 유일한 대안인 동시에 차세대 단거리 광통신 핵심 소자이다. VSR OC-192(SDH-64)/OC-768(SDH-256), Fibre Channel, Infiniband, 10GbE용으로 주로 사용되고 있지만 점차적으로 광 PCB, FTTP, 광가입자망 등에 확대 응용될 전망이다.

로 기대되고 있다. 이에 발 맞추어, 대용량화, 고밀도화, 고속화 및 저가격화의 병렬 광접속 모듈에 대한 연구개발이 활발히 진행되고 있다¹⁾.

보드간/랙간 접속, 초대용량 컴퓨터의 CPU 병렬처리, SONET OC-192/OC-768 VSR(very short reach), Infiniband, Fibre Channel, 10GbE, SNAP12 MSA 등에서 적용되고 있는 광접속 모듈 기술은 Infineon, Zarlink, Picolight, Gore, Agilent 등에서 12ch×2.7 Gb/s 급의 상용화 단계에 있으며, IBM 등에서는 고속·대용량 전송을 위한 채널당 전송속도는 10Gb/s 이상과 총 전송량은 100Gb/s급 또는 그 이상을 목표로 연구를 진행 중에 있다. 채널당 전송속도의 상승으로 광접속 모듈 패키징의 전기적인 데이터 입출력 핀의 구조가 SMD 형에서 BGA형으로 연구 진행 중에 있다.

특집 □ 광 연결(Optical Interconnection)

병렬 광접속 모듈의 기술 동향

한상필*, 조인귀*, 안승호*, 최춘기*, 성희경*

1. 머리말

대용량 병렬 컴퓨터와 같은 차세대 정보 시스템 및 1Tb/s급 ATM 스위칭 시스템 내에서 이루어지고 있는 보드간 및 백플레인간 전기적인 접속은 한계에 직면해 있다. 금속 케이블을 광섬유 케이블로 대체한 광접속 기술은 전기적인 접속 기술에서 나타나고 있는 한계를 극복할 수 있는 가장 유력한 방법 중에 하나이다. 광접속 기술은 전기적인 접속에 비하여 실장밀도가 상당히 높고, 선로 접속에서 그라운드 문제가 없으며, EMI(electro-magnetic interference)가 발생하지 않고, crosstalk 및 skew 특성이 우수하고, 전기적 신호처리 속도가 증가하면서 요구되는 복잡한 아날로그 신호처리가 필요 없다. 특히, 병렬 광접속 기술은 높은 처리용량, 손쉬운 시스템 집적화 등의 장점을 가지고 있기 때문에 현실적으로 가장 좋은 방안으

광접속 모듈의 다채널화를 가능하게 한 주요 부품중에 하나인 다채널 광커넥터는 광통신 시스템 내에서 병렬 광접속에 사용되는 필수적인 소자로 일본에서 개발된 MT, MPO 커넥터 등의 고분자 소재를 성형하여 제조하는 방법과 실리콘 기판을 식각하여 다채널 광섬유를 정렬하여 제조하는 MAC 등이 다채널 일괄접속에 이용되고 있으며, 현재 MT 커넥터는 8채널 및 12채널 뿐만 아니라 2차원 구조의 16채널에서 최대 80채널까지의 다채널 광커넥터도 연구 중에 있으며, 연구가 어느 정도 진행되어 현재 제품으로 출시되기도 하였다.

광접속 모듈의 광결합용으로 사용되는 고분자 광도파로 기술은 DuPont, AMP, NTT, IMM Allied Signal 등에서 저가형 광도파로 제작을 위한 공정 개발 연구가 활발히 진행 중이며, 고속 광대역 통신을 위한 플루오르 화합물 도입 등 저손실 고분자 재료에 대한 연구가 지속적으로

* ETRI 기반기술연구소 광접속모듈팀

병렬 광접속 모듈의 기술 동향

활발히 진행되고 있다. 고분자 도파로 제작 공정의 생산성을 높이기 위해 Laser direct writing, UV embossing, Hot embossing 등과 같은 다양한 공정 연구가 계속해서 진행되고 있다.

본 고에서는 고속 다채널 광접속 모듈 기술을 전반적인 내용과 구성 요소별로 나누어 기술동향을 알아본다. 광접속 모듈 기술에서 중요시 요구되는 광접속 및 광결합 기술, 모듈의 저 소비전력화 방안, BER(bit error ratio) 향상방안 등과 국내 연구기관에서 발표한 연구내용을 간단하게 소개한다. 마지막으로, 광접속 모듈 기술 발전 전망을 중심으로 살펴 보고자 한다.

2. 광접속 모듈 기술 현황

광접속 모듈은 고속 대용량의 광신호를 병렬로 전달하는데 사용되며, 전기적 접속의 병목현상을 해결할 수 있는 유일한 대안 기술의 하나이다. 그림 1 및 그림 2에서는 고속 병렬 광접속 모듈의 개념도 및 block diagram을 묘사하고 있다. 한 PCB 위에 VCSEL/PD, 폴리머 광도파로 및 다채널 광커넥터와, 전기회로 부분인 VCSEL/PD 구동회로가 서로 연결되는 구조와 패키징되는 관계를 보여주고 있다. 광접속 송신 모듈은 물리계층의 전기신호가 다중화된 고속의 데이터를 구동회로를 통하여 VCSEL에서 광신호로 변환하여 원하는 장소로 전송한다. 광접속 수신 모듈은 병렬로 입력되는 광신호를 PD에서 전기신호로 변환한 다음 증폭, 재생 및 역다중화하여 물리계층으로 다시 보내어진다. 모듈의 응용분야는 그림 3과 같이

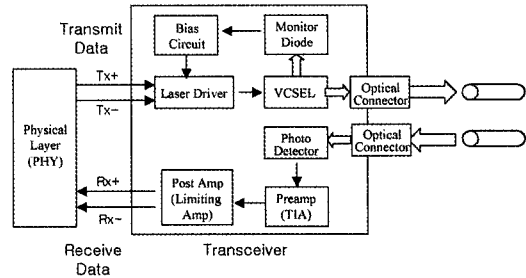


그림 2. 광접속 모듈의 block diagram

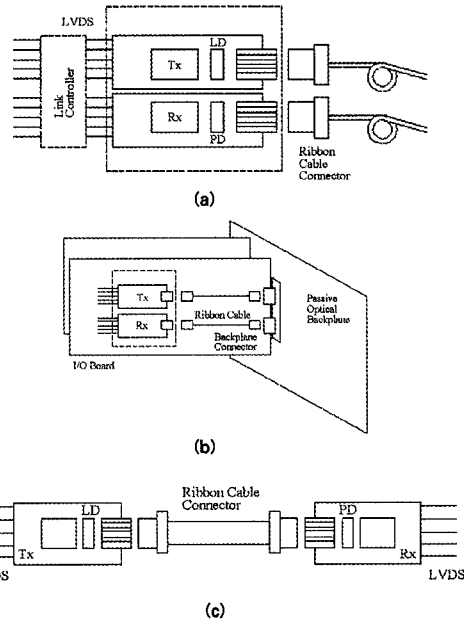


그림 3. 광접속 모듈의 응용 (a) 보드간용, (b) backplane용, (c) 점대점용

(a) 보드간용, (b) backplane용, (c) 점대점용 등의 세 가지 형태로 나뉘어질 수 있다.

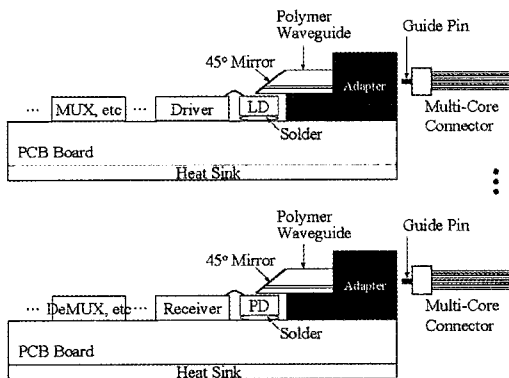


그림 1. 광접속 모듈 개념도

2.1 광접속 모듈 기술

그림 4에서는 각 회사 및 프로젝트별 기술개발 현황을 보여주고 있다. 독일의 Infineon에서는 2002년에 총 전송용량이 32.4Gb/s(2.7Gb/s, 12ch)인 PAROLI 모듈을 개발하여 시판하였으며^[6], 미국의 IBM은 2004년에 총 전송용량이 120Gb/s(10Gb/s, 12ch)인 모듈의 연구개발을 발표하였는데 이 모듈은 10Gb/s급의 VCSEL/PIN-PD 어레이칩, 10Gb/s급의 SiGe BiCMOS Driver/SiGe bipolar Tr Receiver 어레이칩, 10.3Gb/s MEG-

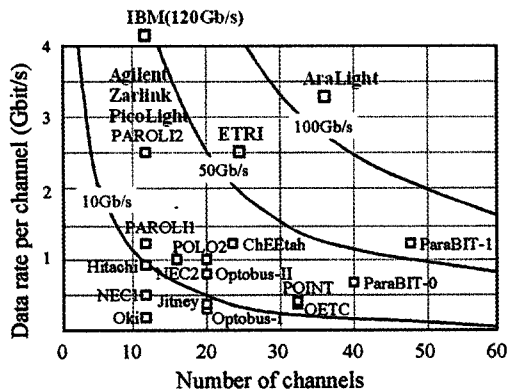


그림 4. 광접속 모듈 개발 현황

Array 전기 커넥터를 사용한 것이 특징이며^[1], 미국의 AraLight 광접속 모듈은 총 전송 용량이 119Gb/s (3.3Gb/s, 36ch)인 2차원 구조의 광원/광검출기 및 광커넥터를 사용한 것이 특징이다^[2].

이 밖에 광 연결용 병렬 광접속 모듈을 취급하고 있는 회사 및 연구기관(프로젝트)은 ETRI, Oki, Fujitsu, Hitachi, POINT, POLO, Optobus, ChEEtah, OETC, Jitney 및 STAR 등이 있다.

2.2 광결합 및 광접속 기술

칩간, 보드간 및 시스템간 광접속 기술은 광모듈의 VCSEL과 PD 사이를 접속 또는 연결시키는 기술로써 자유공간, 평판 유리, 폴리머 광도파로 및 리본 광섬유 등

을 이용한 네 가지 방법이 주로 연구되고 있다. 일반적으로, 수 cm 정도의 광 연결을 하기 위해서는 자유공간 및 평판 유리에 의한 광접속 방법을, 수십 cm 정도의 광 연결을 하기 위해서는 폴리머 광도파로에 의한 광접속 방법을, 100m 정도의 광 연결을 하기 위해서는 리본 광섬유에 의한 광접속 방법을 이용한다.

자유공간 접속방법은 자유공간에서 고속으로 신호의 손실없이 3차원적인 연결을 달성할 수 있는 이점이 있으나, 광경로 정렬과 패키징에 어려움이 있어 저가격화에 불리하며, 더욱이 crosstalk 없이 수십 cm 이상 연결하는 데는 어려운 점이 있다. 이러한 이유로 평판의 보드 상에서 연결되는 CPU간 연결에 주로 이용되며, 수십 cm 이상의 거리에서의 box 간 backplane 연결에는 불리한 방법이다.

평판유리를 통한 연결방법은 보드 상에서 평판으로 배열할 수 있고, 데이터 연결 채널의 집적도를 높일 수 있는 장점이 있으나, 수십 cm 이상 링크하기에는 손실이 크고 유리판 두께의 비균일성에 의해 점대점 연결에서 필요한 정밀도를 만족하기가 힘든 문제가 있다. 이 방법은 수 cm 이내의 칩간 연결에는 유용하나 수십 cm 이상의 backplane 연결에서는 적합하지 않다.

폴리머 광도파로 접속방법은 수십 cm까지의 칩 간, 보드 간의 연결에 적합하고, 특히 제작비가 저렴하여 광접속 모듈을 실용화하기에 유리하다. 그러나 기판의 표면으로 방출되는 VCSEL 어레이와 표면으로 수광하는 PD 어레이 사이에 2차원적 연결을 실현하기가 어렵다.

표 1. 각 제품별 광접속 모듈 개발 규격

구분	IBM	AraLight	PAROLI2
Optical wavelength	850nm	850nm	840nm
Number of channels	1x12	3x12	1x12
Total throughput	120Gbps(10Gbps/ch)	119Gbps(3.3Gbps/ch)	32.4Gbps(2.7Gbps/ch)
Light Source	1x12ch VCSEL array	3x12ch VCSEL array	1x12ch VCSEL array
Detector	1x12ch PINPD array	3x12ch PINPD array	1x12ch PINPD array
Channel pitch	250 μ m	250 μ m	250 μ m
Fiber coupling	Direct butt-coupling	Direct butt-coupling	Ribbon fiber with 45° mirror
Optical connector	12-fiber MTP Connector	36-fiber 2D MT-based	12-fiber MT-based optical connector
Ribbon fiber	OM-3 MMF	50/125 μ m GI MMF	62.5/125 μ m GI MMF
BER	< 10 ⁻¹²	< 10 ⁻¹²	< 10 ⁻¹²
Transmission distance	< 316m	< 400m	< 75m
Electrical interface	LVDS	-	LVDS
Electrical connector	MEG-Array	LGA Connector	MEG-Array

병렬 광접속 모듈의 기술 동향

리본 광섬유 접속방법은 비교적 수십 cm에서 수백 m의 먼거리까지 적은 손실로 점대점 연결을 유지할 수 있는 장점이 있다. 따라서 수십 cm 이상 떨어진 보드-보드 사이, box-box 사이, 또는 시스템-시스템 사이의 광 연결에 유리하다. 수 cm 이내에 떨어진 CPU 칩 간 연결에는 광섬유 연결방법은 적합하지 않다.

리본 광섬유 광접속 모듈의 광섬유 결합방식에도 그림 5와 같이 (a) VCSEL/PD를 45° 반사경이 있는 리본 광섬유에 막바로 결합시키는 방식⁽⁷⁾, (b) VCSEL/PD는 45° 반사경이 있는 폴리머 광도파로에 결합시키고 폴리머 도파로는 MT 광커넥터와 연결시키는 방식⁽⁸⁾, (c) VCSEL/PD를 수직으로 폴리머 도파로에 직접 결합시키고 폴리머 도파로는 MT 광커넥터와 연결시키는 방식⁽⁹⁾, (d) 플라스틱 패키지에 수동정렬로 고정시킨 VCSEL/PD를 어댑터를 이용하여 수직한 리본 광섬유에 직접 결합시키는 방식 등이 있다⁽²⁾. (a) 방식은 OETC 및 PAROLI, (c) 방식은 Optobus 및 POINT, (d) 방식은 NEC 및 STAR 등이 채택하고 있으며, 가장 많이 사용되는 방식은 (b) 방식으로, POLO, ParaBIT, ETRI 등이 채택하고 있다.

2.3 저 소비전력화 방안

광접속 모듈에 대한 저 소비전력화 방안은 첫 번째로, Driver/Receiver 어레이칩 재질/ 구조 개선과 최적설계이다. 현재 모듈내 VCSEL 구동 및 수신회로 IC칩으로 사용하고 있는 Driver/Receiver 어레이칩의 재질 및 구

조를 SiGe BiCMOS에서 Si CMOS로 대체하는 방안으로 이것은 CMOS 공정이 비교적 간단하고 DC 상태에서의 전력 소모가 극히 적은 장점을 가지고 있고, 전체 소비전력을 약 1/2배로 줄일 수 있다. 그러나, 현재 전세계적으로 반도체 공정상 2.5Gb/s급 이상에서 동작되는 Si CMOS 소자의 제작은 어렵다. 그리고, Driver/Receiver 어레이칩의 최적 설계로 필요한 기능만 칩에 내장하여 전력소모 최소화하는 방안이 있다. 두 번째로, 현재 세계 표준에서는 전기적 인터페이스 회로를 CML(12채널 2.5Gb/s Working Group, InfiniBand), LVDS(VSR-OC192, SCI, HIPPI 6400 standards 등)로 정하고 있는 추세이나 CML(current mode logic)을 LVDS(low-voltage differential signals)로 대체 사용하는 것은 전기적 인터페이스 회로의 동작전원 최소화로 전체 소비전력을 다소 줄일 수 있다. CML을 LVDS로 대체할 경우 이 부분에 대하여 최대 2.5배 이상의 전력 절감이 가능할 것으로 보인다. 세 번째로, 어레이칩의 완벽한 Heat dissipation으로 모듈 동작시 Driver/Receiver 및 VCSEL/PD 어레이칩의 열방출을 완벽하게 이루어줌으로써 L-I curve shift 등에 의한 부가적으로 소모되는 전력을 막을 수 있다. 네 번째로, 낮은 threshold current와 높은 slope efficiency을 가지는 칩을 선택하는 방안과, 다섯 번째로, 곡면 등과 같은 최적의 반사경 구조 적용하여 광결합 효율의 극대화로 채널당 바이어스/변조 전류량 감소로 전체 소비전력을 최소화하는 방안이 있다. 이 밖에, 모듈의 전기배선(Trace) 최적 설계, 모듈 패키지의

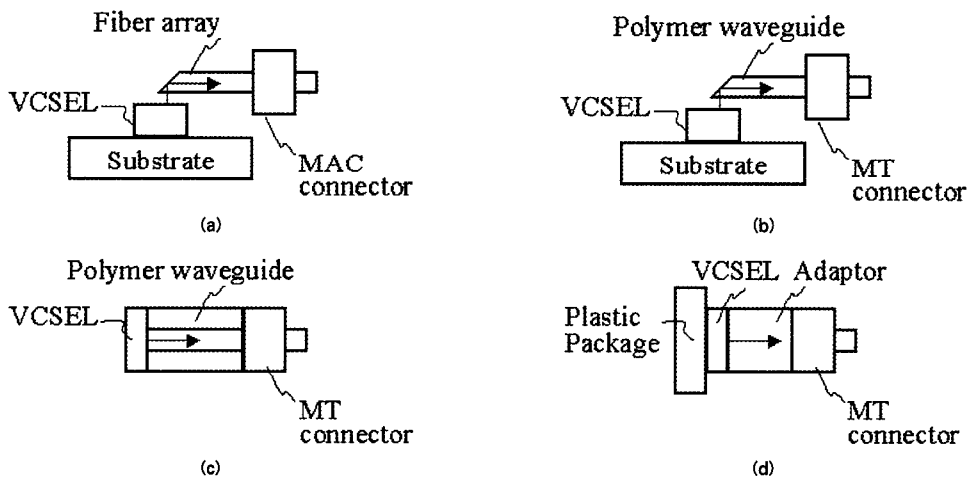


그림 5. 광섬유 어레이와 VCSEL/PD어레이간 광결합 방법

표 2. 상용 제품별 광접속 모듈의 소비전력

제품 회사	Infineon	Zarlink	Agilent	W. L. Gore	Optobahn
Tx 모듈					
채널당 전송속도	2.7Gb/s	2.7Gb/s	2.5Gb/s	1.6Gb/s	2.5Gb/s
채널수	12	12	12	12	12
LD type	VCSEL	VCSEL	VCSEL	VCSEL	FP-LD
광파장	850nm	850nm	850nm	850nm	1310nm
Power supply	3.3V	3.3V	3.3V	3.3V	3.3V
Optical link	AC coupled	AC coupled	AC coupled	AC coupled	AC coupled
Electrical Interface	multistandard (LVPECL, LVDS, CML)	CML	CML	LVDS	PECL
Package	FCI-MEG-Array® BGA	FCI-MEG-Array® BGA	72-pin BGA	SMD	SMD
Heat sink	-	Optional 6 fin (17.4x24mm ²)	10 fin	11 fin	
채널당 소비전력	< 133mW	< 125mW	< 200mW	< 108mW	< 180mW
Rx 모듈					
PD type	PIN-PD	PIN-PD	PIN-PD	PIN-PD	PIN-PD
Sensitivity	Max. -16dBm	Max. -16dBm	Max. -16dBm	Max. -16dBm	Max. -18dBm
Saturation	Min. -3dBm	Min. -2dBm	Min. -3dBm	-	Min. -6dBm
Electrical Interface	CML, LVDS	CML	CML	LVDS	PECL
채널당 소비전력	< 83mW	< 125mW	< 187mW	< 208mW	< 200mW

핀 구조 개선, 어레이칩간 와이어/플립칩 본딩 최적화, 전극패드 최적화 등이 있다.

2.4 BER 향상 방안

광접속 모듈에 대한 일반적인 BER 특성을 알아보기 위해 해서 참고문헌^[10)]을 예를 들어 설명하기로 한다. [10]에 따르면, NRZ(non return-zero) 형태의 PRBS(pseudo random bit streams)가 $2^{23}-1$ 인 1Gb/s의 전송속도로 직접 변조한 변조특성을 가지며, 이때의 bias 전류는 4mA, pulse 전류는 6mA이고 InGaAs-APD 수신기를 측정에 사용하였다. CPS(coplanar strip) 전극구조가 있는 시험용 패키지에 마운트된 광접속 모듈의 3dB 대역폭은 7GHz로 나타났다. 이 3dB 대역폭은 주로 flip-chip 본딩 패드의 기생 정전용량에 의해서 제한된다.

그림 6의 (a)는 광접속 모듈에 대해서 각 채널별 BER 성능을 측정된 결과이다. 그림 6의 (a)에서와 같이, BER이 10^{-11} 에서 수신감도는 -23.7dBm 이하이고, 편차는 ± 1 dB로 측정되었다. 이 편차는 1) 패키지에 연결된 배선의 편차와, 2) VCSEL 어레이와 광섬유 어레이간 결합 손실의 편차로 보여진다. VCSEL 어레이의 동시 작동에 의한 열적누화가 BER 성능 저하에 영향을 끼칠 수 있다.

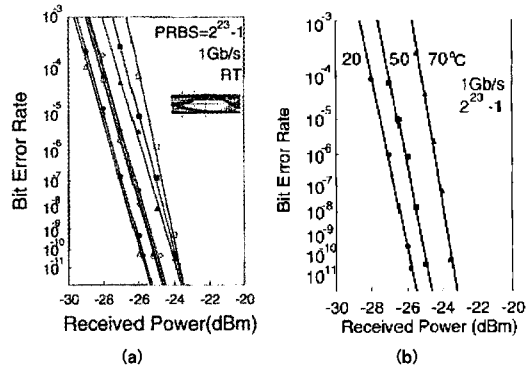


그림 6. BER 측정결과^[10)] (a) 각 채널별, (b) 온도별.

그림 6의 (b)는 한 채널에 대해서 온도 가변에 따른 BER 특성을 측정된 결과이다. 그림 6의 (b)에서 보듯이 20°C와 70°C에서의 수신감도를 비교해 볼 때 2.4dB의 페널티를 초래하였으나, 측정 범위내에서 BER floor가 존재하지 않았다. 여기서 페널티 2.4dB는 소멸비에 영향을 주기보다는 온도상승에 의한 전송 파형과 레이징 지연시간에 영향을 준다. 여기서 제작된 NEC의 8채널 VCSEL 어레이 모듈은 차단전류 이상에서 바이어스 동작시켜 50°C의 패키지 온도에서 전송용량이 8Gb/s로 병렬 데이터 링크용으로 사용될 수 있음을 보여주고 있다.

MMF(multi-mode fiber) 수신기에서 얻어지는 S/N비

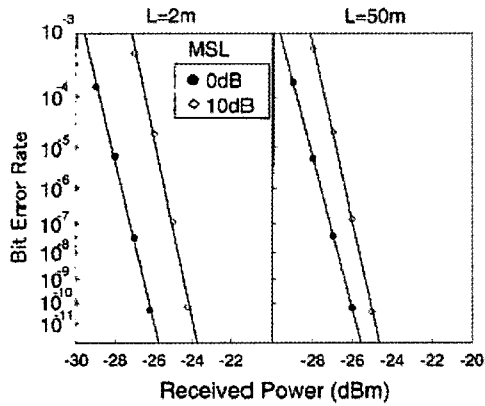


그림 7. 광섬유 길이 기변과 MSL의 유무에 따른 BER 성능¹⁰⁾.

는 모드잡음 효과에 지배적으로 영향을 받고 있다. 수신 신호에 원치 않는 진폭변조로 작용하고 BER 성능을 저하시키고, 이것은 misaligned joint에 의해서 발생하는 것으로 알려져 있다. 모드잡음이 발생될 때 BER 성능에 미치는 영향을 알아보기로 한다. 이때, 중심파장이 970nm이고 5개 모드가 있는 VCSEL 광원 사용하였으며, 저 문턱전류, 개구면이 10 μ m, 방사각이 9.5° 인 VCSEL을 사용하였다.

그림 7에서는 BER이 10⁻¹¹에서 광섬유 길이가 50m인 경우에 MSL(mode selective loss)이 10dB 차이가 생기면 1dB의 페널티가 존재하며, 광섬유 길이가 2m인 경우에 MSL이 10dB 차이가 있으면 2dB의 페널티가 발생됨을 보여주고 있다. 한편, 모드잡음은 광섬유 내에 나타나는 speckle 패턴이 주원인이며, 이 speckle 패턴은 시간에 따라 변하고 커넥터와 같은 불연속점에 의한 spatial filtering이 존재함에 따라 변할 수 있다. 다중모드 레이저

는 coherence가 적기 때문에 광섬유의 길이가 증가함에 따라 speckle contrast는 감소하게 된다. 즉, speckle contrast를 작게 하면 모드잡음을 억제할 수 있다.

결론적으로, 광도파로의 모드수 감소, VCSEL/PD와 광도파로간 misalignment 감소, VCSEL/PD와 광도파로간 광학적 반사손실 감소, PCB와 driver/receiver간과 VCSEL/PD와 PCB간 전기적 반사손실 감소, 본딩 패드의 기생 정전용량의 최소화, thermal crosstalk의 최소화, 전기적 crosstalk의 최소화, 광도파로손실 및 광결합 손실을 최소화시켜 power budget을 확보함으로써 BER 전송 특성을 향상시킬 수 있다.

2.5 국내 광접속 모듈 기술

최근, ETRI에서는 그림 8과 같은 24채널의 2차원 구조를 가진 60Gb/s급 광접속 모듈을 개발하였다³⁾. 이 모듈은 저가격화가 가능한 24채널의 2D 광접속 모듈을 제공하고, 고효율의 2D 반사경, 핫엠보싱에 의한 저가의 2D 광도파로, 수동접속의 2D 유니페룰, 수동정렬을 위한 실리콘 광학벤치와 고속동작 가능한 저가의 FR4 PCB로 구성되어 있다. Tx-Rx 링크 모듈의 광전송에서 낮은 지터, 낮은 rise/fall time의 결과를 얻었다.

또한, ETRI, ITEC, ICU, 삼성전기가 공동으로 그림 9와 같은 광 PCB용 광시스템보드 모듈과 광백플레인 모듈을 개발하였다⁴⁾. 고속 대용량 통신시스템의 백플레인에서 직면하고 있는 전기적 배선의 한계를 광접속으로 해결하는 광도파로(또는 광섬유) 내장 광 PCB의 시스템 개발을 위한 광접속 모듈이다. 핵심 문제들을 구체적으로 제시하고 광도파로가 내장된 PCB로 채널당 10Gb/s

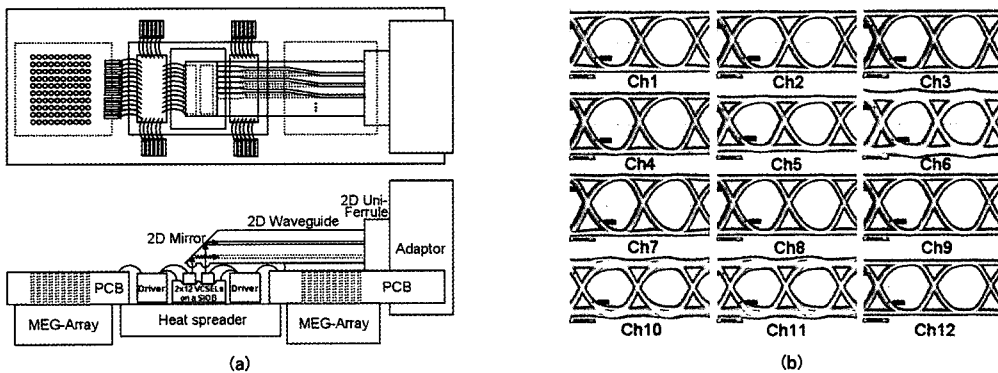


그림 8. (a) 24채널 2D 광접속 모듈, (b) Tx-Rx 링크의 12채널 Eye 패턴 다이어그램

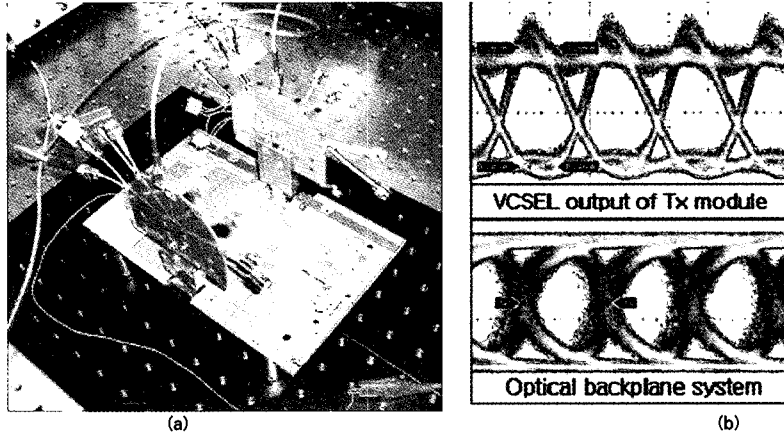


그림 9. (a) 광백플레인 모듈과 광시스템보드 모듈이 결합된 모습, (b) Eye 패턴 다이어그램

의 프로세싱 보드와 백플레인간 연결 기능구현을 처음으로 시연함으로써 광 백플레인의 실현 가능성을 보여 주었다.

3. 광접속 모듈 기술 및 시장 전망

3.1 광접속 모듈 기술 전망

병렬 광접속 모듈은 보드간/랙간 접속, 초대용량 컴퓨터의 CPU 병렬처리, SONET OC-192/OC-768 VSR (very short reach), Infiniband, Fibre Channel, 10GbE, SNAP12 MSA 등 뿐만 아니라 광패킷 라우터, 광인터넷 시스템 및 LAN 등에서도 활용될 수 있으며, 광접속모듈 구현을 위한 기반기술인 광도파로 기술 및 광모듈 기술을 이용하여 세계적으로 연구 초기단계에 있는 광 PCB 개발에 활용되고 있다. 광접속 모듈용 광도파로 제작에 사용된 Hot embossing 기술은 Nano-fabrication 기술에서 매우 각광을 받고 있는 Nano imprinting 기술에 직접 적용이 가능하여 포토닉 밴드갭소자 등 나노 광소자 개발에 활용되고 있다.

또한, KT 전화국사내 대용량 광네트워크 장비(OXC, OADM, 스위치, 라우터 등)간 병렬 광신호 전송과 삼성 전자, 하이닉스 등에서 생산하는 고속 대용량 메모리 (DDRDRAM, RDRAM 등)의 성능을 시험하는 메모리 테스트 장비 내 광접속 기술의 활용이 기대되고 있으며, Intel, AMD 등에서 생산하는 CPU와 메모리간 광 연결

즉, FTTP(fiber-to-the processor)에도 활용이 기대되고 있다. 그리고 RF 및 디지털 회로간 상호간섭을 막아주고 부족한 신호 전송로를 확보하며 초고속의 클럭신호를 분배해주기 위해서 임베디드 광소자와 마이크로 볼딩 광도파로 기술을 이용하여 RF 소자 및 디지털 소자의 패키지를 수평 및 수직으로 집적화 하는 3차원 광 SOP(system-on-a chip) 기술로 확대 응용될 전망이다.

광접속 기술의 Roadmap을 살펴보면 그림 9와 같다. Sub-system capacity는 2000년도에 500Gbps에서 2005년도에는 1Tbps급으로, Optical interconnection은 2005년도 전후로 광도파로간 direct connection 또는 2-D connection로 발전될 전망이다.

3.2 광접속 모듈 시장 전망

VCSEL 기반의 병렬 광접속 모듈 세계시장은 2005년에 8.9억불, 2009년에 138억불 규모로 고속 성장에 예상되며, 이는 최근 Gigabit Ethernet 및 Fibre Channel이 성공한데 영향을 입은 것이며, 이러한 폭발적인 성장률은 계속될 것으로 보인다. 또한, 디지털 장비의 급속한 대용량화, 마이크로 프로세서의 고속화 및 다병렬화, 광접속 링크의 급격한 저가격화, DWDM의 고팽창화에 힘을 더 얻을 것으로 보인다. 데이터통신 표준이 빠르게 진보하여 응용분야별 광접속 모듈의 시장은 10Gigabit Ethernet, 10Gbps급 SONET 초단거리 연결, 인프라 시스템에서 병렬 접속, 2~10Gbps Fibre Channel, Military/ Aerospace 순의 규모를 나타내고 있으며, 스위

병렬 광접속 모듈의 기술 동향

	~1998	2000	2005	2010
Sub-System Capacity		~ 500 Gbps	500 ~ 1,000 Gbps (< Tbps)	> Tbps
Sub-system Optical Connection		Flexible fiber board	Board edge optical connector	
Board Optical Connection		Direct connection between optical waveguides	2-D connectors	
Module Optical Connection	Mechanical alignment Passive Alignment	Mode field matching	Optical path conversion technology	Mode Coupling Flip Chip

<자료>: APEX, 2002

그림 10. 광접속 기술 Roadmap.

차량 내에 직/병렬 링크에 광접속 모듈을 응용하는 새로운 시도가 보이고 있다. Intra-system Link 시장은 광인터커넥션 및 광백플레인을 포함하는 광접속 모듈이 중심을 이룰 것으로 보인다.

6. 맺음말

광접속 모듈은 자유공간, 단거리 병렬, 초단거리 다층 연결 등에 매우 적합한 광모듈이며, 고속화, 저가격화, 저소비전력화, 패키징 단순화 등에 유리하다. 시스템간, 캐비닛/랙간, 병렬 컴퓨터내 CPU 클럭 동기신호, 스위치/라우터 등에 고속의 병렬 연결용으로 사용하고 있는 현재는 주로 850nm 파장에서 12채널, 채널당 2.5Gbp급 단거리용 병렬 접속 모듈이지만, 앞으로는 1300nm, 1550nm 등 장파장의 WDM 모듈로 응용이 확대될 전망이다. 병렬 광접속 모듈 전세계의 시장규모는 2005년도에는 8.9억불, 2009년도에는 138억불로 전망되고 있다.

참고문헌

- (1) D. M. Kuchta, et al., "120-Gb/s VCSEL-based parallel-optical interconnect and custom 120-Gb/s testing station", *Journal of Lightwave Technology*, vol. 22, no. 9, pp. 2200-2212, Sep. 2004.
- (2) C. Cook, et al., "A 36-channel parallel optical interconnect module based on optoelectronics-on-VLSI technology", *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, vol. 9, no. 2, pp. 387-399, Mar./Apr. 2003.
- (3) S.-P. Han, et al., "A high-density 2-dimensional parallel optical interconnection module", *IEEE Photon. Technol. Lett.*, accepted, 2005.
- (4) I.-K. Cho, et al., "Experimental demonstration of 10 Gbit/s transmission with an optical backplane system using optical slots" *Optics Lett.*, Vol. 30, No. 13, 2005.
- (5) B. S. Rho, et al., "PCB-compatible optical interconnection using 45°-ended connection rods and via-holed waveguides," *IEEE J. Lightwave Technol.* Vol. 22, pp. 2128-2134, Sep. 2004.
- (6) K. Drogemuller et al., "Current progress of advanced high speed parallel optical links for computer clusters and switching systems", *Proc. 50th Electronic Component & Technology Conference*, 2000.
- (7) Y. M. Won, et al., "Technology development of a high-density 32-channel 16-Gb/s optical data link for optical interconnection applications for the optoelectronic technology consortium(OETC)," *J. Lightwave Technol.*, Vol. 13, pp. 995-1016, 1995.
- (8) W. S. Ishak, et al., "Optical interconnects-The POLO approach," in *Proc. SPIE, Optoelectronic Interconnects III*, Vol. 2400, pp. 214-221, 1995.
- (9) M. Leiby, et al., "Use of VCSEL arrays for parallel optical interconnects," in *Proc. SPIE, Fabrication, Testing, and Reliability of Semiconductor Lasers*, Vol. 2683, pp. 81-91, 1996.
- (10) M. kajita, et al., "1Gb/s modulation characteristics of a vertical cavity surface-emitting laser array module", *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 9, No. 2, 1997.



약 력



한상필

2000년 - 현재 : ETRI 기반기술연구소 광접속모듈팀, 선임연구원
1998년 - 2000년 : KT 가입자망연구소, 선임연구원
1998년 : 서울시립대학교 전자전기공학부, 공학박사
1994년 : 서울시립대학교 전자공학과, 공학석사
1992년 : 서울시립대학교 전자공학과, 공학사



조인귀

1999년 - 현재 : ETRI 기반기술연구소 광접속모듈팀, 선임연구원
1999년 : 경북대학교 전자공학과 석사
1997년 : 경북대학교 전자공학과 학사



안승호

1989년 - 현재 : ETRI 기반기술연구소 광접속모듈팀, 책임연구원
1988년 : 전남대학교 산업공학과 석사
1986년 : 전남대학교 산업공학과 학사



최순기

1996년 - 현재 : ETRI 기반기술연구소 광접속모듈팀, 선임연구원
1996년 : 오를레앙대학교(프랑스) 물리학과, 이학박사
1992년 : 루이파스텍 스트라스부르그대학교(프랑스) 기계공학(재료전공), D.E.A.
1987년 : 성균관대학교 금속공학과, 공학사



성희경

2003년 - 현재 : ETRI 기반기술연구소 광접속모듈팀장
1998년 - 2002년 : ETRI 반도체연구단 실리카광부품팀장
1991년 - 1997년 : ETRI 중소기업진흥본부, 선임연구원
1990년 : 미시간주립대학교, 이학박사
1982년 : 서울대학교, 이학석사
1980년 : 서울대학교 물리교육학과, 이학사