1. 서론

인터넷은 불과 이삼십 년 사이에 현대 문명 사회의 중심에 자리잡았으며, 사회 각 분야의 중요하고도 유일한 신경망으로 기능할 뿐 아니라 개개인에게도 필수 불가결의 도구가 되었다. 우리는 인터넷을 이용해 편지를 쓰고, 업무를 보고, 신문을 읽고, 친구를 만나고, 쇼핑을 한다. 인터넷 망이 얼마나 고도화 되어 있는가, 인터넷 트래픽이 얼마나 되는가가 그 사회 발전 수준의 중요한 척도가 되었다. 현재 세계 인터넷 트래픽은 12~16개월에 2배씩 증가하고 있는 것으로 알려져 있다. 데이터는 물론 목소리, 동영상에 이르기까지 모든 정보의 유통이 인터넷을 중심으로 재편되고 있다. 최근에는 IPTV, UCC (user created contents), Web 2.0과 같은 광대역의 대역폭(bandwidth)을 요구하는 애플리케이션이 증가하고 있다.

이더넷(Ethernet)은 1970년대에 컴퓨터 간의 통신을 위한 LAN(local area networks) 구현 기술로 탄생하였으며, 1980년에 처음으로 10 Mb/s급 이더넷 표준화가 이루어졌다. 이더넷은 안정적이고 상대적으로 가격이 낮은 반면 다양한 형태의 장비가 공급되고 있어, 인터넷의 여러 애플리케이션에서 주된 프로토콜(protocol)로 자리매김하였다. PC의 보급이 확대되고 성능이 급격히 향상됨에 따라 100 Mb/s급, 1 Gb/s급 이더넷이 차례로 표준화되었으며, 시장에 진입하게 되었다. 그리고 2002년에는 10 기가비트 이더넷(10 GbE) 표준도 제정되었다. 최근 고성능 컴퓨팅, 서버, 데이터 센터, 엔터프라이즈 네트워크 등과 같이 데이터 트래픽이 집중되는 지점에서 10 GbE 장비의 도입이 급격히 증가하고 있다. 전송망에 연결되는 클라이언트 신호들이 10 GbE를 기반으로 하므로, 클라이언트의 수요가 10 Gb/s를 넘어가는 경우 여러 포트의 10 GbE를

특집 ■ 첨단 광학 및 광기술 해설

100 Gb/s급 초고속 광전송 기술

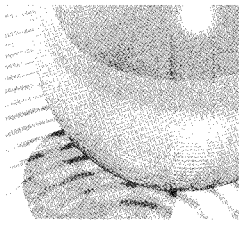
장순혁*, 정환석*, 김광준*

또한, 단말에서 단말까지, 개인과 개인을 광대역으로 연결하기 위하여 FTTH(fiber to the home)를 기반으로 하는 광대역 가입자망이 전세계적으로 구축되고 있다. 국내에서도 이미 포화되어 버린 xDSL급의 가입자망을 FTTH 가입자 망으로 대체하려는 노력이 진행 중이며 2010년까지 광대역 서비스 가입자가 1000만 회선으로 확대될 전망이다[1]. 광대역 가입자망이 널리 보급됨에 따라, 가입자망의 속도에 비례하여 인터넷 트래픽이 증가하고 기간망(backbone network)의 수요 발생이 예상되는데, 현재 기간망의 전송 수요는 년평균 70~80%씩 빠른 속도로 증가하고 있는 것으로 나타나고 있다.

사용하여야 하며 이의 관리를 위하여 추가적으로 영업비용이 증가하게 된다. 그래서, 기존의 기가비트 이더넷의 광범위한 보급이 10 GbE 기술을 이끌어 낸 것과 마찬가지로, 10 GbE보다 더 높은 대역폭의 이더넷 기술이 요구되고 있다. 이를 충족시키고자 IEEE 802.3 HSSG(Higher Speed Study Group)가 2006년 중반에 만들어져 2007년 10월에 P802.3ba Task Force로 승인되었으며, 2010년 5월에 완료할 예정으로 40G 이더넷(40 GbE)과 100G 이더넷 (100 GbE)을 표준화하는 노력을 지속하고 있다[3].

이더넷은 상대적으로 짧은 거리의 전송에 적합하여, 도시를 가로지르거나 다른 도시들을 연결하는 장거리 전송

* 한국전자통신연구원 광통신연구센터 광전송기술팀



의 경우 광전달망(OTN, optical transport network)을 이용하게 된다. 광전달망은 대개 DWDM(dense wavelength division multiplexing) 방식으로 하나의 광섬유를 수십 개의 광신호 파장 채널이 공유하며, 장거리 전송을 위해 각 신호 채널은 SONET/SDH 또는 OTH (optical transport hierarchy) 프레임을 사용한다. 한 개의 광신호 채널 당 10 Gb/s 또는 40 Gb/s의 전송 용량을 전송하는 기술은 이미 상용화 되어 DWDM 광전달망에 적용되고 있다. 광전달망에서 100 Gb/s급의 전송 용량을 수용하기 위하여 ITU-T study group 15에서 표준화를 위한 작업을 진행하고 있으며, 여기서는 100G 이더넷을 DWDM 광전달망에 바로 수용할 수 있도록 최대한 고려하고 있다. 코어 라우터와의 인터페이스용, 10 Gb/s 기술에 대한 가격 경쟁력의 향상, 메트로 WDM 링의 전송 용량 고갈에 의한 업그레이드 수요 등에 의해 40 Gb/s 기술의 수요가 꾸준히 증가하고 있으며, 향후 100 Gb/s 기술의 수요를 이끌 원인은 40 Gb/s의 경우와 비슷할 것으로 예상된다. 물론 40 Gb/s에서 100 Gb/s 기술로 발전하면서 비트 당 단가가 더 값싸질 것으로 기대되고 있다.

본 원고에서는 향후 지속적인 발전이 이루어질 100 Gb/s급 광전송 기술의 현재 기술 개발 상황과 앞으로의 기술 발전 방향 등에 대하여 기술하였다.

2. 단일 파장 100 Gb/s 광전송 기술

DWDM 광전달망을 통해 100 Gb/s급 신호를 수백 km 이상 장거리 전송하고자 할 때 여러 방법을 생각할 수 있다. 우선 100 Gb/s 신호를 10 Gb/s나 40 Gb/s의 낮은 용량의 여러 파장으로 나누어 병렬로 전송하는 방식을 생각할 수 있다. 이러한 방식은 이미 확보된 기술을 상당 부분 이용하는 장점이 있으나 기존 광전달망에 적용할 때 복잡도를 증가시키고 망의 계획이나 관리를 어렵게 만드는 단점이 있다. 이보다는 100 Gb/s 신호를 단일 파장에 실어 전송하는 방법이, 기술적으로는 극복해야 할 여러 문제가 있음에도 불구하고, 기존 광전달망을 그대로 활용하여 10 Gb/s, 40 Gb/s 신호와 더불어 100 Gb/s 광신호를 함께 전송할 수 있고, 광전달망의 전송 용량을 높일 수 있어 더 바람직하게 여겨진다.[4]-[7].

단일 파장에 100 Gb/s급 신호를 전송하기 위해서는 광송수신기에 사용되는 광/전기 소자의 대역폭, 광신호의 신호 대 잡음 비, 광선로의 색 분산(chromatic dispersion) 및 편광 모드 분산(polarization mode dispersion) 등 다양한 요소를 고려하여 변조 방식을 선택해야 한다. 현재 100 Gb/s급 광전송 기술로 연구되고 있는 변조 방식은 그림 1과 같이 하나의 심볼에 몇 개의 비트를 보낼 수 있느냐에 따라 크게 3가지로 분류해 볼 수 있다[6, 7]. 그림 1은 각 전송 방식에서 광신호의 전기장의 진폭과 위상을 성상(constellation)의 형태로 복소 평면(complex plane)에 나타낸 것이다.

가) 1 심볼 당 1 비트 전송

100 Gb/s에서 한 개의 심볼 당 한 개의 비트를 전송하면 100 GSymbol/s의 심볼 레이트(symbol rate) 값을 가지며, 1 개의 심볼 길이는 10 ps가 되므로 심볼 레이트에 비례하는 광/전기 소자의 대역폭이 요구된다. 입력되는 0과 1 의 정보 변화에 따라 광신호의 세기를 변화시키는 OOK (On-Off Keying) 변조 방식이 이용될 수 있는데, 이 방식은 다시 매 심볼 길이 내에서 광신호가 0으로 돌아오는 RZ (Return-to-Zero) 방식과 0으로 돌아오지 않는 NRZ (Non-Return-to-Zero) 방식으로 구분된다. 편광 모드 분산이나 색분산으로 인한 펄스 퍼짐에 강하도록 인접 비트들간의 위상을 180도 변화시켜 주는 Duobinary 방식도 일부 고속 장거리 구간에서 쓰인다. 한편, DPSK (Differential (Binary) Phase Shift Keying) 방식은 광신호의 세기는 변화시키지 않고, 입력되는 0과 1의 정보에 따라 위상을 180 도씩 바꾸어 주는 위상 변조 방식이며, balanced detector를 이용하는 경우 OOK보다 낮은 광신호 대 잡음 비(OSNR, Optical signal to noise ratio)에서 동일한 성능을 얻을 수 있는 장점이 있다.

1 심볼 당 1 비트를 전송하는 방식은 광 송수신기 구조가 상대적으로 간단한 장점이 있어 40 Gb/s 이하의 광전송 기술에서는 널리 사용되고 있다. 그러나, 100 Gb/s급 광전송에서 는 100 GHz급 대역폭을 가지는 광/전자 소자가 필요하고 요구되는 광 신호 대 잡음 비가 높은 단점이 있어, 현재 기술 수준으로는 적극적인 이용이 어려울 것으로 판단된다.

또한, 기존의 DWDM 광전달망에서 파장 채널의 간격은 100 GHz 또는 50 GHz를 주로 이용하고 있는데, 1 심볼당 1 비트를 전송하는 방식의 100 Gb/s 광신호는 파장

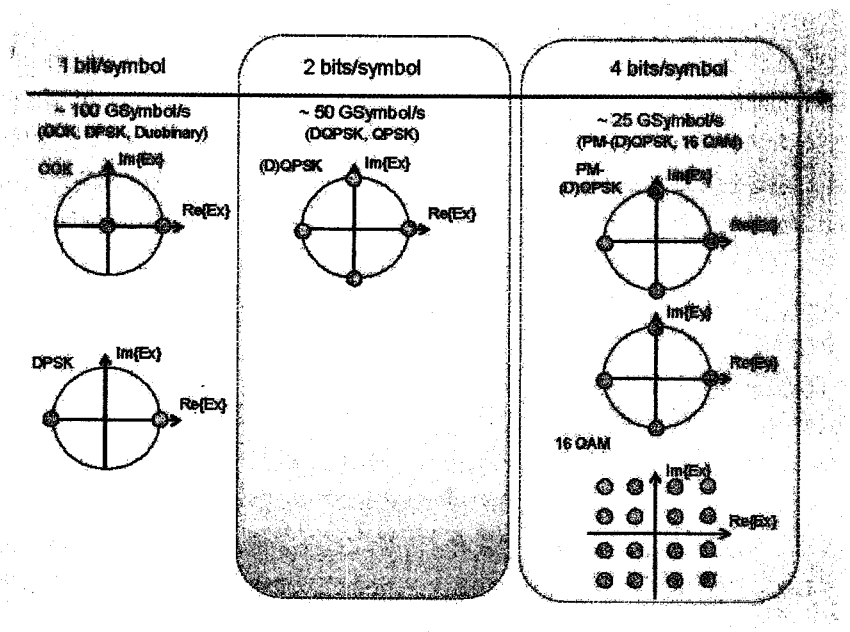


그림 1. 멀티레벨 변조 개념도

채널의 간격이 100 GHz 이하에서는 인접 채널간의 crosstalk이나 필터링 효과 때문에 좋은 전송 성능을 얻을 수가 없다. 그러므로, 기존의 DWDM 광전달망의 용량을 업그레이드할 목적으로, 기 사용 중인 10 Gb/s와 40 Gb/s 신호와 더불어 100 Gb/s 신호를 전송하려고 할 때 문제가 발생한다.

나) 1 심볼 당 2 비트 전송

1 심볼 당 1 개의 비트를 전송하는 방식이 가지고 있는 문제는 1 심볼 당 전송되는 비트 수를 2개로 증가시켜 해결할 수 있으며, 대표적인 변조 방식이 (D)QPSK ((Differential) Quarternary Phase Shift Keying) 방식이다. 이 변조 방식은 입력되는 00, 01, 11, 10의 비트 정보를 광신호의 위상 0, 90, 180, 270 도에 각각 매핑한다. 이 신호를 수신하는 방법으로 1 심볼의 길이 차를 가지는 간섭계(delayed interferometer)를 사용하여 수신 광신호 자체적으로 1 심볼 늦어진 수신 신호와의 간섭을 이용하는 차동(differential) 방식과 별도의 광원과의 간섭을 이용하는 코히어런트(coherent) 방식이 있다. (D)QPSK 방식과 같이 1 심볼 당 2 비트를 전송하는 경우, 50 GSymbol/s의 심볼 레이트로 100 Gb/s의 신호 전송이 가능하므로, 대역폭 50 GHz 정도의 광/전자 소자를 이용하여 광 송수신기 구성이 가능하다. 또한, 100 GHz 채널 간격의 DWDM 광전달망에서 100 Gb/s급 광신호를 전송할 수 있게 된다.

다) 1 심볼 당 4 비트 전송

1 심볼 당 전송되는 비트 수를 4 비트로 증가시켜, 25 GHz급의 광/전자 소자를 이용하고 스펙트럼 이용 효율을 증가시킬 수 있는 변조 방식도 많은 주목을 받고 있다. 1 심볼 당 4 비트 전송을 구현하기 위한 방법으로는 두 개의 편광 상태를 이용하는 편광 다중화(Polarization multiplexed, PM)-(D)QPSK 방식과 광신호가 가지는 진폭과 위상을 동시에 이용하는 16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 방식 등이 있다. 이들은 기술이 성숙되고 경제성을 가지고 있는 대역폭 25 GHz급의 소자 기술을 이용할 수 있으며, PMD(polarization mode dispersion)에 의한 문제가 현저히 감소하는 등의 장점이 있으나, 송수신기의 구성이 복잡하고, 특히 16-QAM 의 경우 요구되는 광신호 대 잡음 비가 과도하게 높은 단점을 가지고 있다.

이상에서 설명한 바와 같이 심볼 당 싣는 비트 수가 많아질수록 광/전기 소자의 대역폭이 줄어들고 스펙트럼 이용 효율(spectral efficiency)을 높일 수 있지만, 반면 광 송

표 1. 변조 방식별 특성 비교

	NRZ	DPSK	DQPSK	QPSK	PM-QPSK	16 QAM
Bit rate per symbol	1	1	2	2	4	4
Line rate(Gsymbol/s, speed of electronics	100	100	50	50	25	25
Spectral efficiency	~0.7 b/s/Hz	~0.7 b/s/Hz	〉1 b/s/Hz	〉1 b/s/Hz	〉2 b/s/Hz	〉2 b/s/Hz
수신방식	DD	DD	DD	coherent	coherent	coherent
Required OSNR (BER=1E-3)	~21 dB	~18 dB	~19.5 dB	~17.5 dB	~17.5 dB	~28.5 dB

DD : direct detection, OSNR : 광신호 대 잡음 비

수신기 구조의 복잡도가 증가하는 것을 알 수 있다.

라) 코히어런트 광전송 기술

코히어런트(coherent) 광전송 기술은 1980년대에 많이 연구되었는데, 광신호의 세기를 직접 측정하는(direct detection) 방식에 비하여 낮은 수신 광 파워에서 수신 감도가 더 좋은 장점이 있기 때문이었다. 그러나, 1990년대 EDFA(Erbium doped fiber amplifier)의 발명으로 광신호의 증폭이 가능하게 되어 더 이상 코히어런트 수신의 장점이 의미가 없어졌다. 그러나, 최근 집적화 회로와 디지털 신호 처리 기술(digital signal processing, DSP)의 발전으로 인하여 이에 대한 관심이 다시 높아지고 있다.

최근 많이 연구되는 인트라다인(intradyne) 방식의 코히어런트 수신기의 구성은 그림 2와 같다. 입력되는 광신호를 LO(local oscillator) 광원의 광신호와 90도 광 하이브리드(90 degree optical hybrid)에서 간섭되도록 한다. 90도 광 하이브리드의 출력은 2개의 balanced detector에서 전기 신호로 변환되며, balanced detector의 두 개의 출력 전기 신호는 서로 90도의 위상 차이를 가지게 되며 이로부터 입력 광신호의 진폭과 위상에 대한 정보를 모두 얻을 수 있다. 이 전기 신호들은 ADC(analog digital converter)에서 디지털 신호로 바뀌며 DSP(digital signal processing)을 이용하여 원하는 정보를 얻을 수 있게 된다.

인트라다인 수신기에서는 위상 고정 루프(phase-locked loop)와 같은 방식의 피드백을 이용하여 LO 광원의 주파수를 특정 값에 고정시켜야 할 필요가 없다. DSP을 이용하여 LO 광원과 수신 광신호의 주파수 차이에 의한 위상 변화를 디지털 도메인에서 보상할 수 있다. 전송로의 색분산 효과에 대해 DSP를 이용하여 FIR(finite impulse response) 필터링으로 보상할 수 있어서, 광학적인 분산 보상 없이 SMF(single mode fiber) 6400 km을 전송 후, 2.4×10^{-3}의 BER(bit error rate)을 얻은 결과가 보고된 바 있다[8]. 또한 편광 모드 분산에 의한 영향으로 DGD(differential group delay)가 100 ps에 달한 경우에도 문제없이 DSP로 보상할 수 있으며, 1 Mrad/s의 빠른 속도의 편광 회전을 추적하여 보상할 수 있다[9]. DSP를 이용하여 전송 광섬유에서 유도되는 색 분산과 편광 모드 분산과 같은 선형적인 효과뿐만 아니라 전송로의 비선형 효과도 보상하는 것이 가능하며 많은 연구가 이루어지고 있다.

코히어런트 수신기에서는 수신 신호를 디지털화 하기 위한 ADC와 디지털화 된 신호를 처리하기 위한 DSP가

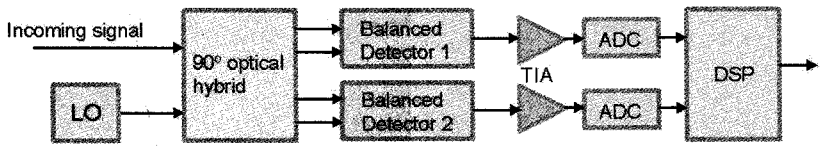


그림 2. 코히어런트 수신기의 구성. LO: local oscillator 광원, TIA: transimpedance amplifier, ADC: analog digital converter, DSP: digital signal processing

필수적이다. 최근의 광전송에서는 10 GSymbol/s 이상의 전송 속도가 요구되지만 이를 실시간으로 처리할 수 있는 빠른 속도의 ADC, DSP는 아직 기술적으로 미흡한 상태이다.

그러나, 코히어런트 수신 방식은 직접 수신(direct detection) 방식에 비하여 더 낮은 광신호 대 잡음 비에서 좋은 전송 성능을 얻을 수 있고(표 1 참조) DSP를 이용한 전송 성능 향상이 가능하므로, 100 Gb/s 광전송 기술에 적용하기 위한 연구 개발이 계속되고 있다.

마) 주요 연구 결과

현재까지 발표된 단일 파장 100 Gb/s급 광신호의 장거리 전송의 주요 결과들을 표 2에 요약하였다. 단일 파장 100 Gb/s 전송은 2006년부터 연구 결과들이 보고되고 있으며, Alcatel-Lucent 및 AT&T, NTT 와 KDDI 등에서 주로 발표하고 있다. 초기에는 NRZ-OOK를 이용하는 방식이 많이 보고 되었으며, 기존의 40 Gb/s 전송 기술에 사용되는 광/전자 소자를 그대로 100 Gb/s 에 적용하고, 수신 측에서는 광학적으로 신호를 분리하는 OTDM(optical time division multiplexing)을 사용하는 등 가능성 시연 위주로 발표되었다. 이후 DQPSK 방식이 전면에 등장하였고, 1,000 km 이상의 장거리 전송 결과들이 발표되고 있다. 최근에는 편광 다중화와 코히어런트 수신방식을 이용하는 변조 방식이 주를 이루고 있으며, 수신 후 여러 가지 DSP 과정을 거쳐 신호의 품질을 향상시키는 등화기술을 사용한 결과들이 보고 되고 있다.

이상에서 100 Gb/s급 광신호의 장거리 전송을 위한 단일 파장 광전송 기술에 대해 살펴 보았다. 현재 이용 가능한 광전자 소자의 대역폭과 광신호 대 잡음 비 요구조건, 10G/40G DWDM 시스템과의 호환성 및 업그레이드를 고려하였을 때, 1 개의 심볼당 2 비트를 전송하는 (D)QPSK 광변조 방식이 향후 많이 이용될 것으로 판단된다. 스펙트럼 이용 효율과 심볼당 비트 수를 증가시키기 위한 방법으로 코히어런트 광전송 기술도 많은 주목을 받고 있으며, 편광 추적기술, 신호 등화 기술 등에 대한 많은 연구가 이루어질 것으로 예상된다[10-12].

3. 다중 파장 100 Gb/s 광전송 기술

비교적 짧은 거리인 수십 km 이내의 데이터 센터 혹은 대용량 라우터들 사이의 이더넷 전송을 목적으로 하는 영역에서는 2장에서 설명한 단일 파장 100 Gb/s 광전송 방식과 달리 더 값싸고 광 송수신기 구성이 간단한 방식을 선호하게 된다. 이더넷 전송은 DWDM 광전달망 전송 기술과 달리 점 대 점 양방향 동시 통신(full duplex)을 이용한다. 단거리의 100 Gb/s급 광전송에서는 다중 파장을 사용하여, 10 Gb/s 신호 10개 혹은 25 Gb/s 신호 4개를 병렬로 전송하는 방법이 광/전자 소자의 대역폭 한계에 제한받지 않고 구현할 수 있는 현실적인 방안이라 할 수 있다.

표 2. 100 Gb/s급 광신호 전송 결과

발표처	실험 내용	전송거리 (km)	회사
OFC2006	10 x 107 Gb/s NRZ-OOK	400	AL
OFC2006	100 Gb/s DQPSK	50	KDDI
OFC2006	100 Gb/s NRZ-OOK ETDM Rx	480	HHI
ECOC2006	10 x 107 Gb/s ETDM NRZ, OTDM Rx	1000	AL
ECOC2006	10 x 107 Gb/s RZ-DQPSK	2000	AL
ECOC2006	140 x 111 Gb/s PM-CSRZ-DQPSK	160	NTT
OFC2007	10 x 107 Gb/s NRZ-DQPSK	1200	AL
OFC2007	10 x 107 Gb/s NRZ	480	AL
OFC2007	10 x 111 Gb/s PM-RZ-DQPSK	2375	Coreoptics
OFC2007	204 x 111 Gb/s PM-CSRZ-DQPSK	240	NTT
OFC2008	8 x 114 Gbs PM-RZ-8PSK	640	AT&T
OFC2008	164 x 100 Gb/s PM-QPSK	2550	AL

OFC: optical fiber communication conference, ECOC: European conference on optical communication, ETDM: electrical time division multiplexing, AL: Alcatel-Lucent

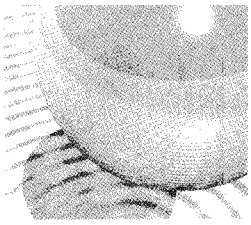


표 3. IEEE P802.3BA Physical Layer Specifications

	40 GbE	100 GbE
At least 1 m backplane	O	
At least 10 m cu cable	O	O
At least 100 m OM3 MMF	O	O
At least 10 km SMF	O	O
At least 40 km SMF		O

이와 관련하여 IEEE P802.3ba에서 여러 가지 방안이 제안, 검토되고 있다.

표 3에서는 IEEE P802.3ba에서 규정하고 있는 40G 이더넷(40 GbE)과 100G 이더넷(100 GbE) 물리 계층의 사양을 설명하고 있다. 40G 이더넷의 경우 데이터 센터 내의 서버, 스토리지, 호스트 간의 단거리 통신을 적용 범위로 하고 있는 반면, 100G 이더넷은 WAN(wide area network), 빌딩 사이 의 네트워크 aggregation등을 적용 범위로 하고 있다. 100G 이더넷의 물리 계층 사양 중 100m MMF(multi-mode fiber), 10 km SMF, 40 km SMF가 광전송 기술이 요구되는 영역이다.

표 4에서는 100G 이더넷의 SMF PMD(physical medium dependent sublayer)에서 적용 가능한 기술과 파장 영역들을 나타내었다. 10x10G, 4x25G, 5x20G의 경우 다중 파장을 이용하는 것이며, 2x50G, 1x100G의 경우 2장에서 설명한 단일 파장의 전송 기술에 해당한다. 10x10G, 4x25G의 전송 기술에서 광 송수신기를 소형화, 저가화할 필요가 있으므로, 향후 광/전자 소자의 집적 기술의 발전이 더욱 요구될 것으로 생각된다. 또한 전송 거리에 따라 광증폭기나 분산 보상이 필요할 수 있어 이에 대한 고려가 요구된다. 단일 파장 전송 기술의 경우 가격과 복잡도가 높아 이더넷 전송 표준으로 채택되기는 힘들 것으로 보이며, 다중 파장 전송을 이용한 10x10G, 4x25G의 전송 기술이 표준으로 채택될 가능성이 가장 유력한 것으로 보인다.

표 4. IEEE P802.3BA SMF PMD

SMF Technology	10 km 1310 nm	40 km 1310 nm	10 km 1550 nm	40 km 1550 nm
10 x 10G DML		OA	Kotura Cyoptics	OA OCP Sumitomo/Excelight
10 x 10G EAML		OA	Kotura	OA infinera
4x25G/5x20G DML	Finisar Opnext	OA Finisar		OA+DC
4x25G/5x20G EAML	Finisar JDSU Opnext	OA Finisar JDSU Opnext		OA+DC
2x50G DQPSK MZML	HHI KDDI	OA+DC	DC	OA+DC Alcatel-Lucent KDDI
1x100G NRZ MZML	HHI	OA+DC	DC	OA+DC SIMENS

PMD: physical medium dependent sublayer, DML: direct modulated laser, EAML: electro-absorption modulated laser, MZML: mach-zehnder modulated laser, OA: optical amplifier, DC: dispersion compensation
진한 배경색: 시연 결과를 발표한 회사

4. 결 론

이상에서 100 Gb/s급 초고속 광전송 기술의 내용에 대하여 살펴 보았다. DWDM 광전송에서는 단일 파장 광전송 기술이, 이더넷 전송에서는 다중 파장 광전송 기술이 적용될 것으로 예상되며, 이를 구현하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 100 Gb/s급 광전송을 위해서는 그에 맞는 광/전자 소자의 고속화, 집적화, 소형화 기술의 진보가 필수적이며, 또한 고속 전자 회로 기술의 발전이 요구된다. 이러한 기술적인 문제의 해결이 요구되는 한편, 2010년 100G 이더넷의 표준화가 완료되는 것과 함께 100G 이더넷의 수요가 증가할 것으로 예상되고 있으며, 100G 이더넷 수요에 의해 광전달망의 전송 용량 수요 또한 같이 증가할 것으로 보인다.

인터넷이 우리 생활에 더욱 밀접하게 관련되면서 광대역의 인터넷 트래픽이 향후에도 계속 증가할 것이며, 이러한 증가하는 전송 수요를 충족시키기 위한 초고속 광전송 기술의 발전 또한 계속될 것이다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT핵심 기술개발사업의 일환으로 수행하였음.[2008-F017-01, 100Gbps급 이더넷 및 광전송 기술 개발]

참고문헌

[1] 광대역통합망(BcN) 구축 기본 계획 II, 정보통신부
[2] Business Week, 2007. 6
[3] IEEE P802.3BA Homepage, http://www.ieee802.org/3/ba/
[4] P. J. Winzer, G. Raybon, C. R. Doerr, M. Deulk, and C. Dorrer, " 107 Gb/s optical signal generation using electroics time-division-multiplexing, " IEEE/OSA, J. of Lightwave Technol., vol. 24, no. 8, Aug., 2006
[5] M. Daikoku, I. Morita, H. Taga, H. Tanaka, T. Kawanishi, T. Sakamoto, T. Miyazaki, and T. Jujita, "100 Gb/s DQPSK transmission experiment without OTDM for 100G Ethernet transmission," IEEE/OSA, J. of Lightwave Technol., vol. 25, no. 1, Jan., 2007
[6] A. H. Gnauck, P. J. Winzer, "Optical phase-shift-keyed transmission," IEEE/OSA, J. of Lightwave Technol., vol. 23, no. 1, Jan., pp.112-130,2005
[7] P. J. Winzer, "Advanced modulation formats for high-capacity optical transport networks," IEEE/OSA, J. of Lightwave Technol., vol. 24, no. 12, Dec., pp.4711-4728, 2006
[8] S. J. Savory, et al., "Electronic compensation of chromatic dispersion using a digital coherent receiver", Optics Express, vol.15, no.5, pp.2120-2126, 2007
[9] S. J. Savory, "Digital filters for coherent optical receivers", Optics Express, vol.16, no.2, pp.804-817, 2008
[10] C. R.S. Fludger, T. Duthel, D. van den Borne, C. Schulien, E. D. Schmidt, T. Wuth, J. Geyer, E. De Man, G. D. Khoe H. Waardt, "Coherent equalization and polmux-RZ-DQPSK for robust 100-GE transmission," IEEE/OSA, J. of Lightwave Technol., vol. 26, no. 1, Jan., pp.64-72,2008
[11] J. Renaudier, "Coherent-based systems for high-capacity WDM transmission," in Tech. Digest of OFC08, San Diego, CA, paper OTuM6, March, 2008
[12] K. P. Ho, "Phase-modulated optical communication systems," Springer, 2005, ISBN 0-387-24392-5

약 력

장순혁

• 학력 :
1990. 3~1994. 2 한국과학기술원(KAIST) 물리학과 학사
1994. 3~1996. 2 한국과학기술원(KAIST) 물리학과 석사
1996. 3~2000. 8 한국과학기술원(KAIST) 물리학과 박사
2000. 9~현재 한국전자통신연구원 선임연구원

• 근무처 :
한국전자통신연구원 광통신연구센터 광전송기술팀

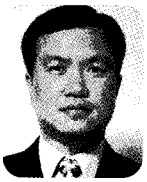
약 력

정환석

• 학력 :
2003 한국과학기술원 박사
2003~2004 한국과학기술원 정보전자연구소 박사 후 연구원
2004~2005 KDDI R&D Labs Research Engineer
2005~현재 한국전자통신연구원 선임연구원

• 근무처 :
한국전자통신연구원 광통신센터 광전송기술팀

약 력



김광준

• 학력 :
1981. 2 서울대학교 물리학과 학사
1983. 2 서울대학교 물리학과 석사
1993. 6 오하이오주립대학교 물리학과 박사
1984. 3~현재 한국전자통신연구원 책임연구원

• 근무처 :
한국전자통신연구원 광통신연구센터 광전송기술팀