

주 제

# 광가입자망용 광부품기술

ETRI 김경옥, 백용순

목 차

I. 서 론

II. Passive Optical Network

III. TDM-PON용 광소자

IV. 결 론

## I. 서 론

세계적으로 미래의 지식 정보 사회로의 전환을 위한 차세대 인터넷, 멀티미디어 서비스 등 초고속 대용량 정보 통신의 수요 증가에 맞추어 대용량 초고속 광통신 시스템의 구축은 향후 미래의 국가 경쟁력을 결정하는 주요 요인으로 인지되고 있으며, 광통신 선진 각국에서 광가입자망 전개에 많은 노력을 기울이고 있다.

광가입자망 기술은 전달망과 가입자간을 연결하기 위한 전송(선로중단, 망중단)장치와 전송매체등의 설비로 구성되며, 고속 액세스 전송은 일반적으로 가입자에게 수 Mb/s 사용대역을 제공하는 기술을 말하는 것이다. 특히 가입자망에서 수백 Mb/s 이상의 가입자 사용 대역을 제공할 수 있는 것은 광통신 기술만이 가능하다.

세계적으로 광가입자망의 구축은 이미 2002년부터 시작되어 미국의 경우 SBC, Verizon을 중심으로 FTTx 서비스를 시작하여 2005년 5월 현재 37개주의

217곳에서 서비스가 진행 중이며 일본의 경우 e-Japan Project로 2007년까지 FTTH 천만 가입자를 목표로 2004년 말에 이미 200만 가입자를 돌파하는 등 광가입자망 분야에서는 세계적으로 가장 앞서가고 있는 실정이다. 한국의 경우 전세계적으로 초고속 인터넷 보급률 1위로 기존의 VDSL에 의한 초고속 전송망이 이미 미국, 유럽 등의 광가입자망 대역폭과 근접한 속도를 보이고 있어 FTTH 구축은 오히려 늦어지고 있는 실정이다. 그러나 향후 방송/통신 융합 등 급격히 늘어날 대역폭 요구를 수용하기 위해서는 VDSL 기술은 일시적인 대안 기술이나 혹은 건너 뛰어갈 기술로 궁극적으로는 광가입자 (FTTH) 기술로의 전개가 필수적이고 이는 국가 경쟁력 확보 및 세계 시장을 선점 할 수 있는 매우 중요한 사항이다.

## II. Passive Optical Network

광가입자망의 구성은 여러 가지 방식이 제안되고

있으나 설치비용(CAPEX) 및 운영비용(OPEX)에서 가장 장점을 가지고 있는 수동분기 방식(PON : Passive Optical Network)이 가장 유력한 방식으로 기술이 주류를 이룰 것으로 예상이 되므로 여기서는 주로 PON 방식의 광부품 연구개발 동향에 대하여 기술하고자 한다.

PON 구조는 능동 광 송수신소자와 전기 장비가 없는 수동 분기 소자들만으로 이루어진다. 주로 옥외에 위치하는 수동 분기 소자는 전원 공급이 필요 없어 전원 중단에 영향을 받지 않고 EMI에 영향을 받지 않으며, 유지, 보수비용이 저렴한 장점이 있고, 방송(broadcast)이 용이하여 비디오 서비스에 유리하며, DWDM(Dense-Wavelength Division Multiplexing)과 같은 향후의 증설에도 상충되지 않는다.

이러한 PON 방식은 다시 시분할 방식(TDM-PON)과 파장분할 방식(WDM-PON)으로 구별된다. (그림 1)은 TDM-PON과 WDM-PON의 구성에 대한 개략도를 보여 준다

시분할 수동분기 방식(TDM-PON)은 가입자별로 할당된 시간에 필요한 데이터의 송수신을 수행하는 방식으로 중앙 집중국(CO : Central Office)에서 하

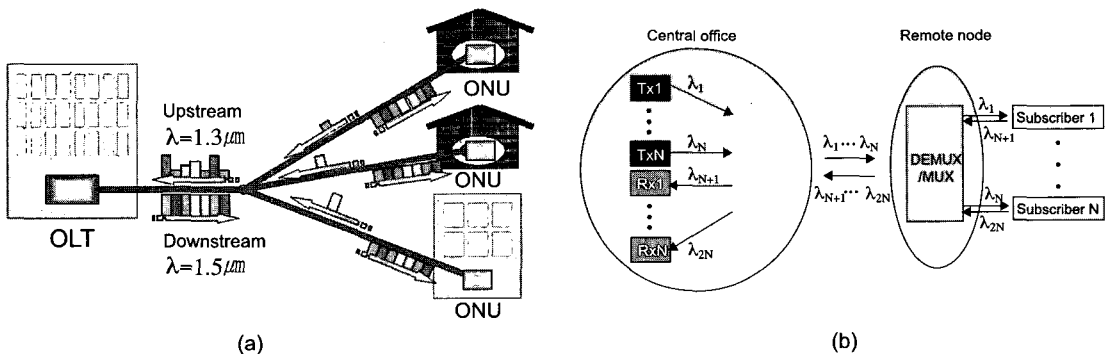
나의 광원으로 여러 가입자를 수용할 수 있는 장점을 가지고 있으나, 시간 분할에 의해 광소자의 대역폭을 최대로 활용할 수 없으며 전화국에서 내려오는 정보가 모든 가입자에게 분산되는 이유로 보안성에 문제를 가진다.

그러나 기존 전달 망에서 확립된 성숙된 구조를 확보하고 있으며 표준 확립, 비용의 우위를 바탕으로 현재 FTTH 구축에 주류를 이루고 있다. TDM-PON은 다시 속도 및 프로토콜 등에 따라 B/G/E-PON 등으로 분류 된다.

〈표 1〉 여러 가지 PON 시스템의 특성 비교

	E-PON	B-PON	G-PON	WDM-PON
Standard	IEEE 802.3ah	ITU G.983	ITU G.984	None
Framing	Ethernet	ATM	GFP/ATM	Protocol Independent
Maximum Bandwidth	1 Gbit/s	622 Mbit/s	2,488 Gbit/s	1-10 Gbit/s per channel
Users/PON	32	32	64	32
Average Bandwidth	30Mbps	20Mbps	40Mbps	1-10Gbps
Video	RF / IP	RF	RF / IP	RF / IP
Estimated Cost	Lowest	Low	Medium	High

파장분할 수동분기 방식(WDM-PON)은 물리적으로는 TDM-PON과 같이 전화국과 가입자가 하나의



(그림 1) PON 구성 개략도 (a) TDM-PON (b) WDM-PON

광섬유를 통해 분기점까지 공유하는 형식을 취하고 있으나 파장분할을 이용하여 점대점(point-to-point) 방식과 같은 연결 구조를 가진다. 따라서 시분할 방식과 달리 전체 대역폭의 이용가능하며, 채널 수, 전송 용량의 증가, 통신 방식(Protocol)이나 전송 속도에 무관하게 네트워크를 구성할 수 있어 광네트워크의 유연성이 크게 증진될 수 있으며 보안성에서도 탁월한 우위를 가지고 있다. 그러나 파장분할 방식에서는 분기 가입자 수 만큼의 광원을 보유하고 관리해야 하는 만큼 비용 측면에서 불리함을 가지고 있다. 따라서 일반적으로 WDM-PON은 TDM-PON의 후속 시스템으로 여겨지고 있다. <표 1>은 여러 가지 PON 시스템의 개략적인 비교를 나타내고 있다.

한편 PON 시스템 구성에 필요한 광모듈은 다음과 같이 분류된다.

- OLT (Optical Line Termination)용 광송수신 모듈  
공급자 사무실에 소재하여 전달망으로부터 각 가입자로의 하향송신(down stream)용 광송신기와 가입자로부터 전달망으로의 상향송신(up stream)의 수신기를 포함한다.
- POS (Passive Optical Splitter)  
OLT와ONT 사이의 여러지점에 위치할 수 있으며 광 신호를 각 광가입자로 분기 또는 수집하는

역할을 한다. 주로 옥외에 설치된다.

- ONT (Optical Network Termination)용 광송수신 모듈

각 광가입자 종단에 위치하는 소자로 각 가입자로의 하향송신(down stream) 신호 수신용 광수신기와 가입자로부터 전달망으로의 상향송신(up stream)을 위한 송신기를 포함한다. 필요에 따라 CATV 신호를 수용하기 위한 아날로그용 광수신기를 포함한다.

다음 절에서는 TDM-PON 및 WDM-PON에 사용되는 광부품에 대해서 알아보기로 한다.

### III. TDM-PON용 광소자

TDM-PON 방식의 OLT 및 ONT에 사용되는 광송/수신 소자의 파장 할당, 속도, 출력 및 수신 감도 등의 규격은 B/G-PON의 경우 ITU, E-PON의 경우 IEEE에서 규정하고 있으며 그 상세 내용은 <표 2>와 같다.

OLT용 광송수신기는 송신 1.49um, 수신 1.31um로 중심파장이 할당되어 있으며 광원은 전송에 따른 분산에 의한 에러발생을 방지하기 위해 DFB-LD가 사용되며, 각 가입자별로 전송되는 상이한 세기의 신호를 검출하기 위해 수신감도가 우수하고 버스트 모

<표 2> TDM-PON용 광송수신 소자의 규격

Items	Unit	E-PON (10km)		E-PON(20km)		B-PON (ClassB)		G-PON (ClassB)					
		IEEE802.3ah						G.983.1~8		G.984.1~3			
		Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up		
		1.25G	1.25G	1.25G	1.25G	622M	155M	1.25G	622M	2.5G	1.25G		
Tx	Wave-length	nm	1490	1310	1490	1310	1490	1310	1490	1310	1490	1310	
	Avg Power	dBm	-3 ~ +2	-1 ~ +4	+2 ~ +7	-1 ~ +4	-0.5 ~ +4	-4 ~ +2	+1 ~ +6	-1 ~ +4	+5 ~ +9	-2 ~ +3	
	SMSR	dB	30		30		30		30		30		
Rx	LD		DFB	FP	DFB	FP/DFB	DFB	FP	DFB	FP	DFB	DFB	
	Sensi-tivity	dBm	-24	-24	-24	-27	-26.5	-30	-25	-27	-21	-28	
	PD		PIN	PIN	PIN	PIN	PIN	PIN	PIN	PIN	PIN	APD	

드 동작이 가능한 광수신기가 이용된다.

ONT용 광송수신기는 송신 1.31 $\mu\text{m}$ , 수신 1.49 $\mu\text{m}$ (디지털 신호)와 1.55 $\mu\text{m}$ (아날로그 신호)로 중심파장이 할당되어 있다. 광원은 가입자단에 위치하는 속성상 저전력 소비 및 넓은 온도 범위(-40~85 $^{\circ}\text{C}$ )에서 비냉각 동작이 가능해야 한다. 이를 위해 온도 특성이 우수한 1.3 $\mu\text{m}$  대역의 FP-LD가 주로 사용된다. 또한 TDM 시스템의 특성상 버스트모드 동작이 이루어져야 한다. 전송거리가 20km인 PON 모듈에서는 DFB-LD의 사용이 요구되기도 한다. 또한 CATV 신호 중첩에 의한 TPS(Triple Play Service)를 구현하기 위해 CATV의 아날로그 신호 수신을 위한 아날로그 광수신기를 포함하기도 한다.(Triplexer)

한편 지금까지 언급한 송신기와 수신기들의 자체 특성도 중요하지만 이들을 컴팩트한 하나의 양방향 모듈로 구성하는 방법들이 더 중요하다. 구성하는 방법에 따라 양방향모듈의 성능이 결정되는 기술적인 측면도 있고, 대량생산으로 가격저하를 유발할 수 있는 경제적인 측면도 있다.

현재까지 주류를 이루고 있는 방법은 송신기와 수신기를 각각 TO캔에 패키징하여 WDM 필터를 결합하여 구성하는 방법이다.

이 방법은 광학적, 전기적 누화가 작고 기존의 기술을 이용하는 장점이 있다.

그러나, 부품수가 많이 필요하며 모듈의 크기가 크고, 능동정렬이 필요하여 저가격화에 한계를 가지며 대량생산에 적합하지 않다. 이러한 점을 극복하고자 PLC(Planar Lightwave Circuit)기반의 양방향모듈 제작 기술이 제안되었고, 여러 곳에서 많은 연구가 진행되어 왔다. PLC기반의 양방향 모듈 제작 기술은 부품수가 적으며 모듈 크기가 작고 수동정렬을 하므로 대량생산이 가능하다는 장점이 있다.

상용화된 TDM-PON용 광송수모듈은 TO can 패

키징을 이용한 벌크형 광모듈로 Infineon 등 해외 기업과 한국의 빛과 전자, 네오텍, 테라디안, OE 솔루션등에서 제작, 판매하고 있다. PLC 하이브리드 집적형 광송수신 모듈의 개발은 NEC, NTT등 일본을 중심으로 활발하게 진행되고 있으나[1] 이중 소자간의 결합 효율 향상 등, 기술적 난이도로 상용제품은 발표되지 않고 있으나 미국의 Xponent사가 2005년 OFC에서 E-PON 스펙을 만족하는 Triplexer를 발표한 바 있다[2]. 국내에서는 ETRI, 삼성에서 상용화를 목표로 개발중에 있다. (그림 2)는 현재 시판 중인 벌크형 Triplexer 광모듈과 ETRI에서 개발중인 PLC형 Triplexer의 개략도를 보여주고 있다.

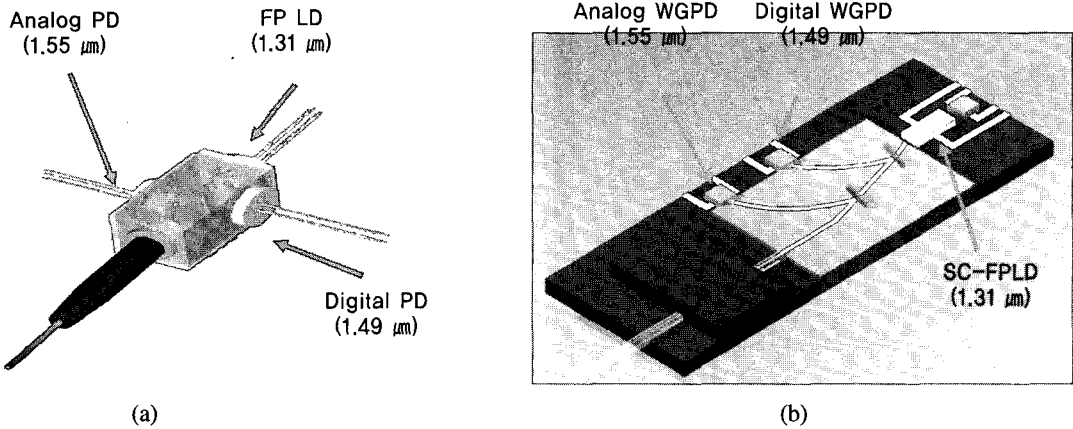
TDM-PON용 수동 분기장치는 단순 광세기 분기장치로 주로 광섬유를 이용한 분기 장치와 PLC를 이용한 분기 장치로 구별될 수 있으나 일반적으로 8분기 이상에서는 PLC를 이용한 분기가 비용적인 측면에서 우월함을 가진다. 광세기 분기장치는 한국의 PPI, 우리로 광통신 등에서 우수한 기술력 및 가격구조를 가지고 국내는 물론 해외 시장에서도 우위를 보이고 있다. <표 3>은 TDM-PON용 PLC형 광세기 분배기의 일반적인 특성을 나타낸다.

<표 3> TDM-PON용 수동 분배기의 특성

Operating Wavelength Range 1260-1360 and 1480-1580 nm (or 1650nm)					
Splitting ratio	Max. Insertion Loss1 (dB)	Max. Uniformity(dB)	PDL	Return Loss	Directivity
1x4	<7.3	<0.5	<0.2 dB	>55 dB	>55 dB
1x8	<10.5	<0.8			
1x16	<13.8	<1.0			
1x32	<17.1	<1.3			

### 3. WDM-PON용 광소자

WDM-PON용 광가입자망 구성용 광소자는 가입자 수 만큼의 다양한 파장의 광원을 필요로 한다. 따라서 망 구성에서의 핵심요소는 안정적이며 저가의



(그림 2) TDM-PON Triplexer용 양방향 모듈 (a) TO 패키징을 이용한 벌크형 Triplexer (b) PLC 플랫폼을 이용한 하이브리드 집적 Triplexer

다채널 광원의 확보에 있다. 일반적으로 파장 분할 방식의 네트워크는 정확한 파장 관리를 요구하고 있으며 이를 충족시키기 위해서는 파장 모니터링이 가능한 파장 가변 레이저 또는 ITU 규격을 충족시키는 DFB-LD 어레이를 광원으로 사용해야 한다. 그러나 이러한 전달망용 고가의 전달망용 광소자를 가입자 망에 적용하기는 비용 측면에서 불가능하여 파장 관리가 간단하거나 불필요한 저가의 다채널 광원의 개발이 활발히 이루어지고 있다.

저가형 WDM-PON 광원 구현을 위한 방식으로는 LED 또는 FP-LD를 이용하는 방법이 연구 되었으나 [3,4] LED의 경우 스펙트럼의 일부만을 사용하는 낮은 효율로 인하여 만족할 만한 출력광 세기를 가지지 못하며, FP-LD의 경우 모드 분할 잡음(Mode Partition Noise)으로 인해 사용하기에 적합하지 않다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 FP-LD에 시드 광원을 주입하여 특정파장을 발진 시키는 Injection-locking 방식이 제안, 연구되었다[5,6]. 이는 광대역 광원(BLS : Broadband Light Source)으로부터 파장 분할용 수동 분배기인 AWG를 이용하

여 FP-LD에 특정 파장을 주입하는 방식으로 모드 분할 잡음 특성을 해결할 수 있다. 이러한 용도의 FP-LD는 시드 광원의 입사를 위해 저반사 박막층이 이루어져야 하며 모드 분실을 방지를 위해 FP-LD의 모드 간격을 AWG의 파장 간격 이하로 줄여야 한다.

한편 광대역 광원의 AWG를 사용한 필터링에 의한 시드 광원 생성을 위해 고출력의 (~20dBm) 광대역(>40nm) 광원이 필요하다. 이러한 고출력의 광원은 광섬유 증폭기(EDFA) 또는 SLED를 이용하여 구현 할 수 있으나 시장 진입을 위해서는 이들 부품의 저가화도 핵심 사항이 된다. FP-LD의 Injection-locking에 의한 WDM-PON 구성은 기존의 최대 현안인 WDM-PON의 고비용 문제를 어느 정도 해결 하였으나 TDM-PON 방식과의 경쟁을 위해서는 핵심 광부품들의 저가화가 필요하다. 한편 FP-LD를 이용하는 WDM-PON 방식은 1Gb/s 이상의 고속 변조가 불가능하여 향후 광가입자망 속도 증가에 대처하기 위해서는 이를 극복하기 위한 연구를 필요로 한다.

또 다른 저가형 다채널 광원의 구성 방식으로는 반

사형 반도체 광증폭기(R-SOA)를 이용한 WDM-PON 구성도 시도되어지고 있다. 반도체 광증폭기의 광대역 증폭 특성( $>50\text{nm}$ )을 이용하여 시드 광원을 주입하고 반도체 광증폭기의 직접 변조를 통하여 고속의 데이터를 만들어 내는 방식이다. 시드 광원으로 광대역 광원의 스펙트럼 분할을 이용하는 경우 시드 광원과 ASE 잡음간의 공진에 의해 신호 특성 저하가 나타나나 반도체 증폭기를 포화영역에서 동작하거나 [7] 광대역 광원대신 DFB 어레이를 이용하여 시드 광원을 구성하는 방법도 제안 되었다. DFB 어레이를 이용하는 경우 DFB의 높은 출력광 세기를 감안하여 수십개의 PON 시스템이 하나의 광원을 공유하여 코스트를 줄일 수 있다. 반도체 광증폭기를 이용한 WDM-PON 광원의 제작은 FP-LD에 비해 상대적으로 고가이나 Gbps 이상의 변조 속도를 구현 할 수 있어 차세대 FTTH 솔루션으로 자리매김이 가능하다. 반도체 광증폭기를 이용한 WDM-PON 시스템은 변조 속도 1.25Gbps, 25km 전송을 성공적으로 구현 하였다. WDM-PON 가입자망 구성은 한국에서 가장 활발하게 연구되고 있으며 특히 FP-LD를 이용한 방식은 KT와 노베라에 의해 세계 최초의 WDM-PON을 이용한 FTTH 상용 서비스가 시도 되고 있다. 이를 위한 부품은 국내에서 주로 개발되며, 성공적인 운영시 WDM-PON 광가입자망 기술의 세계적 주도권 확보에 기여 할 수 있을 것이다.

위의 제안된 WDM-PON용 광소자들은 모두 OLT, ONT에 적용 가능하다. 그러나 OLT용 광소자의 경우 가입자수 만큼의 광원이 CO에 필요하므로 안정된 파장의 광원 개발과 더불어 소형화, 집적화 또한 매우 중요하다. 이를 구현하기 위해 PLC 플랫폼 상에 다채널 광원을 구현하여 기존의 다채널 광원구조에서 크기를 획기적으로 줄일 수 있다. 이를 위해 PLC 플랫폼에 AWG와 광원, 광검출기를 집적하여 다채널 광송수신소자를 구현하는 방식이 가능하다. 다채

널 광원으로는 앞서 설명한 반사형 광증폭기를 이용하는 방식과 PLC 도파로 상에 회절 격자를 구성하여 반도체 광증폭기와 더불어 외부 공진형 레이저를 구성하는 방식이다. 이러한 다채널, 소형 WDM-PON 광송수신기의 제작을 위해서는 반도체 어레이 소자의 안정적 수율 확보 및 멀티 칩 플립칩 본딩 공정 기술의 확보가 매우 중요하다. 한편 WDM-PON의 수동분기 소자는 CO로부터의 다채널 신호를 각 가입자로 할당된 파장별 신호분할이 가능한 소자로 박막을 이용한 파장 분기 장치와 어레이 도파로형 회절격자(AWG)를 사용할 수 있으나 DWDM 방식의 다채널(16 또는 32 채널) 분기에는 주로 AWG가 사용된다.

수동분기 소자는 시분할 방식에서와 같이 옥외 소자로 가장 핵심이 되는 요소는 온도변화에 따른 분기 중심파장이 변하지 않아야 하는 온도 무의존성(Athermal)을 구현하는 것이다. Athermal AWG를 구현하는 방식으로는 AWG의 입력부분의 위치를 기계적인 장치로 변화시켜 온도 의존성을 없애는 방식이 있고 실리카와 폴리머의 상이한 굴절률 변화계수를 이용하여 실리카 경로의 일부에 폴리머를 삽입하는 하이브리드 방식과 폴리머 기판을 이용하여 폴리머 AWG를 이용하는 올-폴리머 방식등이 연구되어 일부는 이미 상용화 되어있다. 국내에서는 ETRI에서 폴리머를 이용한 Athermal AWG의 연구가 이루어지고 있으며[8] 상용제품 개발은 이루어지지 않고 있다. <표 4>는 Athermal AWG에 대한 국내의 연구 및 상용화 현황을 나타내고 있다.

#### IV. 결 론

위에서 광가입자망을 구성하는 여러 종류의 광부품에 대하여 살펴보았다. 가입자용 광부품은 가입자별로 필요하기 때문에 많은 수를 필요로 한다. 따라

〈표 4〉 Athermal AWG에 관한 국내의 연구 현황

Technology Item	Polymer/silica hybrid	Mechanical	All polymer		
Comercial product	NEL	Ignis (NKT)	No		
Channel spacing	200GHz	100GHz			
Wavelength stability	0,5pm/K	0,5pm/K			
Insertion Loss	6 dB(max)	3dB(typ), 4,5 dB(max)			
Research groups	NTT	Purukawa (Fitel)	HHI	Photon-X	ETRI
-Channel spacing	100GHz	100GHz	200GHz	100GHz	100GHz
-Wavelength stability	0,2pm/K	0,2pm/K	2pm/K	0,5pm/K	10pm/K
-Insertion Loss	〈3,2 dB	〈2,8 dB 1,8 dB peak	〈10 dB 8 dB peak	〈4 dB 3 dB peak	〈7 dB 6 dB peak

서 가입자용 광부품은 저가화가 핵심요소이며 그 밖에 저전력 소모 등이 주요 이슈이다.

또한 가입자망에 사용되는 광소자의 스펙은, 장거리 전송용 광소자에 적용되는 높은 요구사항을 그대로 수용하면서, 가격은 경쟁을 통해 초저가로 시장이 형성되고 있는 실정으로, 획기적으로 코스트를 줄일 수 있는 방식의 소자 개발이 필요하며, 가입자망 구성에 타당한 소자 스펙의 재검토도 필요할 것이다.

초고속 인터넷 세계최고 보급의 IT 강국의 면모를 FTTH 분야에서도 이어가기 위해서는, 잘 갖추어진 인프라를 이용하여 보다 앞선 방식의 광 가입자망 구조 및 각종 광부품의 테스트를 통해 전세계 광 가입자망 구축을 선도해 나가야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] M. Oguru, et al., "1.25Gb/s WDM Bi Directional Transceiver Module Using DFB-LD and PLC with Spot-size Conversion Region", ECTC p305, 2002  
 [2] H. Blauvelt, et al., "High Performance Planar Lightwave Circuit Triplexer with Passive

Optical Assembly", OFC OThU7, 2005  
 [3] S.S.Wagner, et al., "Broadband High-Density WDM Transmission using Superluminescent Diodes", Electron. Lett., vol 26, No,11, 1990  
 [4] S. L. Woodward, et al., "A Spectrally Sliced PON Employing Fabry-Perot Lasers", Photo. Technol. Lett., vol, 9, 1337, 1998  
 [5] H. Kim, et al., "A Low-Cost WDM Source with an ASE Injected Fabry-Perot Semiconductor Laser", Photo. Technol. Lett., vol. 12, 1067, 2000  
 [6] D. Shin, et al., "C/S-Band WDM-PON Employing Colorless Bidirectional Transceivers and SOA-Based Broadband Light Sources", OFC, PDP36, 2005  
 [7] P. Healey, et al., "Spectral slicing WDM-PON using wavelength-seeded reflective SOAs", Elec. Lett., vol. 37, 1181, 2001  
 [8] J. Lee, et al., "Birefringence as a function of upper-cladding sub-layers in polymeric waveguides", OFC, MF33, 2004



**김경옥**

1975년 ~ 1979년 서울대학교 물리교육과 이학사  
1979년 ~ 1981년 서울대학교 물리과 이학석사  
1983년 ~ 1988년 University of Notre Dame, IN,  
USA 물리과 이학박사  
1988년 ~ 1991년 HHMI, Synchrotron Resource  
at BNL, NY, USA Associate

1989년 ~ 1991년 Columbia University, NY, USA Postdoctoral Scientist  
part time

1992년 ~ 현재 한국전자통신연구원 부장(책임연구원)



**백용순**

1991년 서울대학교 물리학과 학부 졸업  
1997년 미국 University of Central Florida의  
CREOL에서 비산형 광학 전공으로 박사 학위 취득  
1997년 ~ 1998년 미국 Washington State  
University에서 Research Associate로 근무  
1999년 ~ 현재 한국전자통신연구원 선임연구원

관심분야 : 반도체 광증폭기, 10Gbps 파장 변환기, 반도체 기반 4x4 광스  
위치 등 개발. 현재 FTTH 구성을 위한 광액세스용 광집적 모듈 개발 사업  
참여중