

# 광통신 기술 개요 및 전망

申 相 永 · 孫 英 成  
(한국과학기술원 전기및 전자공학과 교수, 박사과정)

## ■ 차 례 ■

1. 서 론	가. 개 요
2. 광 코히어런트 전송시스템	나. 파장분할다중화(OFDM) 기술
가. 개 요	4. 광 교환망(photonic switching networks)
나. 광 헤테로다인과 호모다인 검파 방법	가. 개 요
다. 광증폭	나. 코히어런트 광전송과 광교환
3. 광파장분할다중화(OFDM) 기술	5. 결 론

## 1 서 론

1960년에 레이저가 발명된 이후 레이저광의 코히어런트(coherent) 특성을 광통신에 사용하기 위한 연구노력이 시작되었다. 광섬유를 이용하는 광통신기술은 지난 10여년간 급속히 발전되어 현재는 통신방식에 중요한 위치를 차지하고 있다. 1970년에 상온에서 반도체 레이저 다이오드의 연속발전과 저손실광섬유의 값싼 제조기술 개발은 광전소자와 시스템의 개념에 활력을 불어 넣어 광통신기술의 큰 발전을 가져왔다. 광통신은 전기신호를 전송매체로 하는 전기통신에서와 마찬가지로 광신호를 전송매체로 사용한다. 10년전 만 해도 광섬유 전송은 다중모드(multimode) 광섬유와 단파장 광소자를 이용하여 단거리 통신에 주로 사용되었다. 최근에는 단일 모드(single mode) 광섬유, 장파장 광소자와 여러가지 관련된 기술의 발달로 말미암아 전송용량, 성능및 시스템의 다양화등이 크게 향상되고 있다.

정보의 질(quality)은 정보화 사회의 진보에

커다란 의미를 지니고 있다. 오류와 간섭없는 통신은 모든 통신에서의 목표중 하나이고 모두가 노력하는 방향이다. 동축케이블 전송시스템에서 예를 들면 1.5km 간격마다 중계기가 설치되어 있다. 광통신은 먼 거리에 설치된 몇몇의 마디점에서의 중계기를 제외한 나머지 중계기를 필요없게 하였다. 이것은 마디에서의 중계기에는 편리하게 국부적으로 동력이 공급되어 동력과 신호를 하나의 전송매체를 통해 함께 전송할 필요가 없음을 의미한다. 결과적으로 전송선은 접지전위, 번개와 고전류 동력회로로 인한 간섭으로부터 좀더 안전하게 된다. 광증폭기와 같은 진보된 기술을 사용하는 새로운 통신시스템에서는 에너지가 펌프광원에 의해 광섬유 증폭기로부터 공급되므로 신호증폭은 빛만으로 이루어질 수 있다. 광섬유증폭기와 같은 집적광학 처리기술의 발달로 신호전송과 에너지공급의 분리는 좀더 양질의 통신망을 달성하게 하였다. 공중교환망(public switched networks)은 이전에 사용되었던 아날로그 형태에서 디지털 형태로 큰 변화를 겪고 있다. 통신망의 디지털화는 다음과 같은

4가지 단계로 이루어진다. 첫번째 단계는 전송선의 디지털화이다. 디지털 다중화 단말기의 출현은 디지털화와 원거리 전송선의 용량증가에 크게 기여하였다. 두번째 단계는 스위치의 디지털화를 가능하게 한 고속처리장치의 개발이다. 세번째는 현재 진행 중인 것으로 가입자 회선을 포함하여 end-to-end 디지털화로서 integrated services digital network (ISDN)을 제공하기 위해 진행 중이다. 마지막 단계는 누구나 다른 사람과 언제 어디서든지 통화할 수 있는 때가 올 것이다. 최대의 목적은 고도로 개인화된 통신 서어비스가 가능하도록 하여 미래에는 통신단말기의 휴대성이 증가할 것이다. 디지털화의 발달로 광섬유 케이블이 대용량 고속 데이터 전송에 사용되므로 광섬유광학(fiber optics)은 전송비용을 근본적으로 줄인다. 광시스템은 이렇게 직접적인 이익뿐 아니라 여러가지 직접 간접으로 운용에 이익을 가져왔다. 음성채널에 광섬유광학의 응용은 미래의 연구에 주요한 과제중 하나이다. 광섬유광학이 통신서어비스의 개발과 발전에 기폭제 역할을 할 것은 분명하다. 광통신 기술은 현재 통신망의 디지털화에 결정적 역할을 하고 있을 정도로 발달되었다. 광통신의 연구개발 역사는 다음과 같은 2가지 단계로 나눌 수 있다. 첫단계는 새로운 유전체(dielectric) 전송선인 저손실 광섬유 케이블로 구리도체를 대체하였고, 광대역 광소자와 단일모드 전송으로 수 Gbit/sec의 데이터 전달을 가능하게 하였다. 두번째 단계는 반송광파(carrier light waves)의 코히어런트 특성을 향상시키고 광섬유광학의 기존기술의 기초를 확장시키기 위해 광증폭기와 그밖의 광기술을 개발하는데 목적이 있다. 만일 10Gb/s 전송과 광 FDM 기술이 가능해지면 광섬유 하나당 1Tb/s (1T=10<sup>12</sup>)의 데이터의 전송이 가능함을 의미한다. 이것은 전화채널당 64Kb/s의 1500만 전화채널 또는 영상채널당 50Mb/s의 2만 영상채널에 해당한다. 기존의 표준 선관(duct)을 사용한다고 가정하면 광섬유 케이블당 광섬유의 최대치는 수천정도이다. 이 사실만으로도 광섬유 케이블이 기존의 여전하에서도 얼마나

위력적인가를 알게 해준다.

일본의 광조합(Optoelectronic Industry and Technology Development Association, Japan)에서는 광통신 기술이 광전자 산업에 중요한 역할을 하기 때문에 발전추세를 주시해야 할 3가지 분야중 하나로 선택하였다. 광통신기술의 단면을 기술의 목표, 기반기술과 응용의 3가지로 나누었다. 기술개발의 목표는 새로운 기능의 창조, 다양화 및 결합에 놓여 있다. 또 다른 목표는 성능향상이다. 아직 기술이 개발의 초기단계에 있고 응용분야가 아직 제대로 정해지지 않아서 그러한 기술이 새로운 기능에 유용할 것인지 결정하기는 어렵다. 이러한 점을 고려하여 원거리, 고속과 대용량의 관점에서 기술의 목표로서 전송 용량의 향상을 선택하였다. 적은 비용, 즉시, 어느곳에서 어느 누구에게나, 어느 매체를 사용하여 광섬유를 모든 가정에 가져가므로써 넓은 범위의 정보 교환을 가능하게 하는 기술을 확립하는 것은 중요하다. 이런 방향의 기술개발은 아직까지 조사단계에 있다. 정의를 내리기 힘든 이 기술의 용어를 "Fiber to the Home"라고 부르고 전송시스템에서 미래에 중요성이 증가 될 광교환, 광교차연결, optical layer 직접다중화

표 1. 광통신 및 그응용에 관한 기반기술

기술의 목표	기반기술	응용
1. 전송 용량의 향상 - 원거리 전송 - 고속 전송 - 대용량 전송	1. 코히어런트 광통신 2. 장 파장 전송 3. Gigabit 전송 4. Soliton 전송	1. Trunk line 전송 ( 내륙 및 해외 ) 2. 가입자 전송망 ( 광 B-ISDN )
2. Fiber to the Home - 원가 절감 - 표준화	5. 광 증폭 6. 광 집적회로 기술 7. 광 교환 기술	3. LAN / WAN 4. 광 교환 시스템
3. 전송 신호 처리의 고성능화		

와 광지연 등과 같은 통신 신호처리의 기능과 성능의 향상을 위한 항목도 또한 포함한다. 발광 기술, 변조기술, 광검출기기술, 복조기술, 전송매체기술 또는 부품기술등을 기반으로 하는 광통신 시스템을 위한 기반기술은 코히어런트 광통신, 장파장전송, gigabit 전송, 광증폭, 광집적회로 기술과 트렁크라인 전송등이다.(표1)

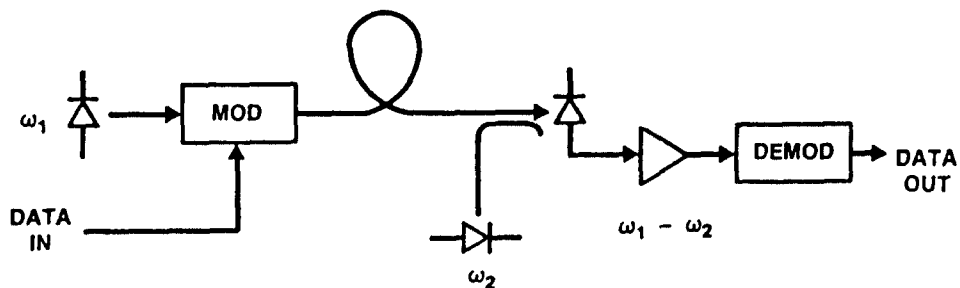
미래의 통신에 있어서 광전송기술의 주관심사는 전송률(transmission rate), 전송거리와 광주파수분할다중화 등의 3가지로 나누어질 수 있다. 전송률의 증가는 단일모드 광섬유를 통해 많은 양의 정보를 실어보내는 것을 의미하고 전송거리의 증가는 전송단 사이에서 중계기없이 정보를 보내는 광섬유의 길이를 증가시킬 수 있음을 나타낸다. 광주파수분할다중화(optical frequency division multiplexing)는 하나의 광섬유를 통해 전송되는 광주파수의 수를 증가시켜 전송용량을 증가시킨다. 전송률과 전송거리의 증가를 위해서 광 헤테로다인(heterodyne)과 호모다인(homodyne) 검파방법과 광증폭기(optical amplifier)가 연구되고 있고, 사용하는 광주파수를 늘이기 위해 광주파수분할다중화(OFDM)이 연구되고 있다.

광통신에 대한 전반적인 기술해설은 참고문헌에 인용한 1988년 전자공학회지와 전자과학등에 잘 기술되어 있으므로 이에 대한 중복은 가급적 피하였다. 따라서 본 고에서는 현재 한창 연구 개발되고 있는 코히어런트 광통신시스템을 구성하는 기반기술과 광주파수분할다중화, 광교환기술 등에 대해 알아보고 앞으로의 연구전개 방향을 살펴보고자 한다.

## ② 광 코히어런트 전송시스템

### 가. 개 요

코히어런트 시스템과 요소기술에 대한 구조를 그림1에 나타내었다. 레이저다이오드의 FM/PM 잡음, 즉 유한스펙트럼폭은 가장 중요하다. 레이저다이오드 스펙트럼폭의 요구조건은 전송과 변복조방법에 따라 다르다(그림2). 대표적인 변조와 복조회로를 그림3과 4에 나타내었다. ASK와 PSK에서는 외부변조기가 사용되었으나 FSK에서는 레이저다이오드를 직접변조시켰다. 주파수응답에서 변조의 균일성은 레이저다이오드 직접변조에서 중요한 문제이다. 외부변조기에 대해서는 주파수응답 이외에 삽입손실의 감소가



#### o Optical Modulation

- ASK
- FSK
- PSK

#### o Optical Demodulation

- Heterodyne ( $\omega_1 \neq \omega_2$ )
- Homodyne ( $\omega_1 = \omega_2$ )

#### o IF Demodulation

- Coherent
- Non-Coherent or Partially Coherent

그림 1. 코히어런트 시스템과 요소기술

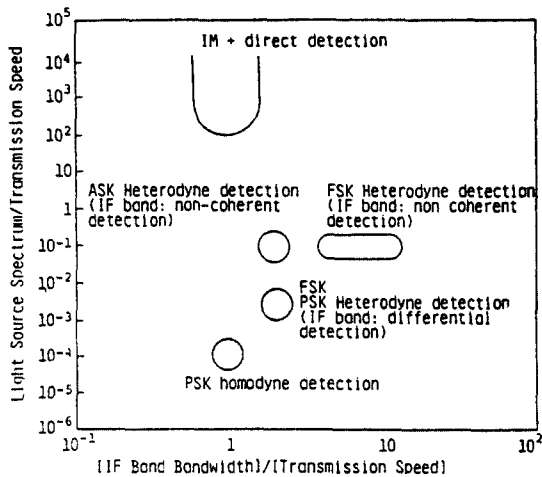


그림 2. 레이저다이오드 스펙트럼 폭과 전기회로 대역폭

중요한 개발목표이다. 광헤테로다인검파에는 직접검파보다 더 넓은 대역폭의 전기회로와 광검출기를 필요로 한다. 따라서 코히어런트 고속전송을 실현하기 위해서는 저잡음 전기회로가 필요하다. 반면에 호모다인검파 수신기를 위한 대역폭은 직접검파 수신기와 거의 같다. 그러나 호모다인검파는 극도로 미세한 광반송파(optical carrier wave) 위상추적회선(phase tracking loop)을 필요로 한다. 편극유지 광섬유가 아니면 편극보상이 1/4 파장과 1/2 파장 지연기(retarder) 또는 전기광학소자를 사용하여 광학적으로 보상한다. 전기적으로는 편극 다양화(polarization diversity)로 편극보상을 실현한다. 이 방법들의 실용화에 대한 검사는 미래의 연구항목이다. 전송매체에 관련된 또다른 사항은 광섬유의 색분산(chromatic dispersion)에 의한 파장의 왜곡(distortion)이다. 광섬유의 색분산으로 인한 광주파수에 따른 군속도의 변화때문에 레이저다이오드가 충분한 코히어런스를 가지고 있을 때에도 변조된 광신호는 왜곡된다. 예를 들면 FSK 시스템에서는 이러한 현상이 주파수 변조를 진폭변조로의 변화를 일으킨다. 헤테로다인검파에서 색전파지연차(chromatic propagation delay difference)는 중간 주파수 대역전

기회로에 의해 보상될 수 있다. 최근의 고속 장거리전송 실험결과를 그림5에 나타내었다. 흰점은 광헤테로다인 검파실험이고 검은점은 직접 검파실험을 나타낸다. 헤테로다인 검파는 직접 검파에 비해 더 좋은 전송성능을 얻었다.

나. 광 헤테로다인과 호모다인 검파방법

광통신 시스템에서 사용하는 변조방식은 광신호의 세기를 직접변조하여 강도변조-직접검파방식(intensity modulation- direct detection)과 광의 진폭, 위상이나 주파수를 변조하여 신호를 전송하는 코히어런트 전송(coherent transmission) 방식이 있다. 코히어런트 전송방식은 변조방법과 검파방법에 따라 다르지만 직접변조방식에 비해 2배 이상의 대용량화와 10-20 dB 이상의 수신감도 향상이 가능하므로 광통신 방식중에서 이상적이다. 직접변조에 기초를 둔 직접검파방법과 코히어런트 방식에 의한 광전송 시스템이 개략도를 그림6에 나타내었다. 직접검파방법의 경우 먼거리를 지나 전송되어 감쇄된 광신호를 광검출기(photodetector)를 써서 바로 전기신호로 바꾸어 전자소자에 의해 증폭시킨다. 이러한 변환과 증폭과정은 신호대 잡음비(signal to noise ratio)를 감소시킨다. 이와 반대로 광헤테로다인 방법은 전송되어온 약한 광신호에 국부적으로 생성된 광신호를 중첩시켜서 얻어진 광신호를 전기신호로 바꾼다. 여기서 얻어진 전기신호는 수신된 광신호와 국부적으로 생성된 광신호와의 beat signal이다. 이 신호의 세기는 양쪽 신호의 광강도의 곱에 비례한다. 따라서 국부적으로 생성된 신호의 광강도를 증가시켜서 검출된 신호의 출력을 증가시킬 수 있다. 광호모다인 검파방법에서는 광반송신호와 국부적으로 생성된 광신호의 위상이 동기(synchronize)되어야 한다. 직접 검파방법은 수신된 광신호의 세기변화만을 감지하지만 광헤테로다인이나 호모다인 검파방법은 검파된 beat signal의 주파수나 위상각의 변화로 수신된 광신호의 주파수나 위상각의 변화를 출력한다. 직접 검파방법과 달리, 광헤테로다인 방법은 ASK, PSK와 FSK 변조를 할 수 있다. PSK

Modulation Scheme	Modulation Device	Modulation Circuit
ASK (OOK)	E-O modulator	
	Injection Locked LD	
	(Direct Modulation)	
FSK	Direct Modulation	
	E-O Modulator	
PSK	E-O Modulator	
	Injection Locked LD	

그림 3. 변조회로

나 FSK 변조는 ASK 변조보다 수신감도가 높다. 특히 주목할 것은 단순히 반도체 레이저의 바이어스 전류를 약간 바꾸는 것만으로 FSK 변조를 쉽게 얻을 수 있다는 사실이다. 광호모다이인 방법은 광헤테로다이인 방법과 거의 같으나

중간주파수 대역(IF band)신호 처리능력이 별도로 추가되어 있어서 수신기 회로의 주파수 대역폭을 광헤테로다이인 방법의 약 절반으로 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다.

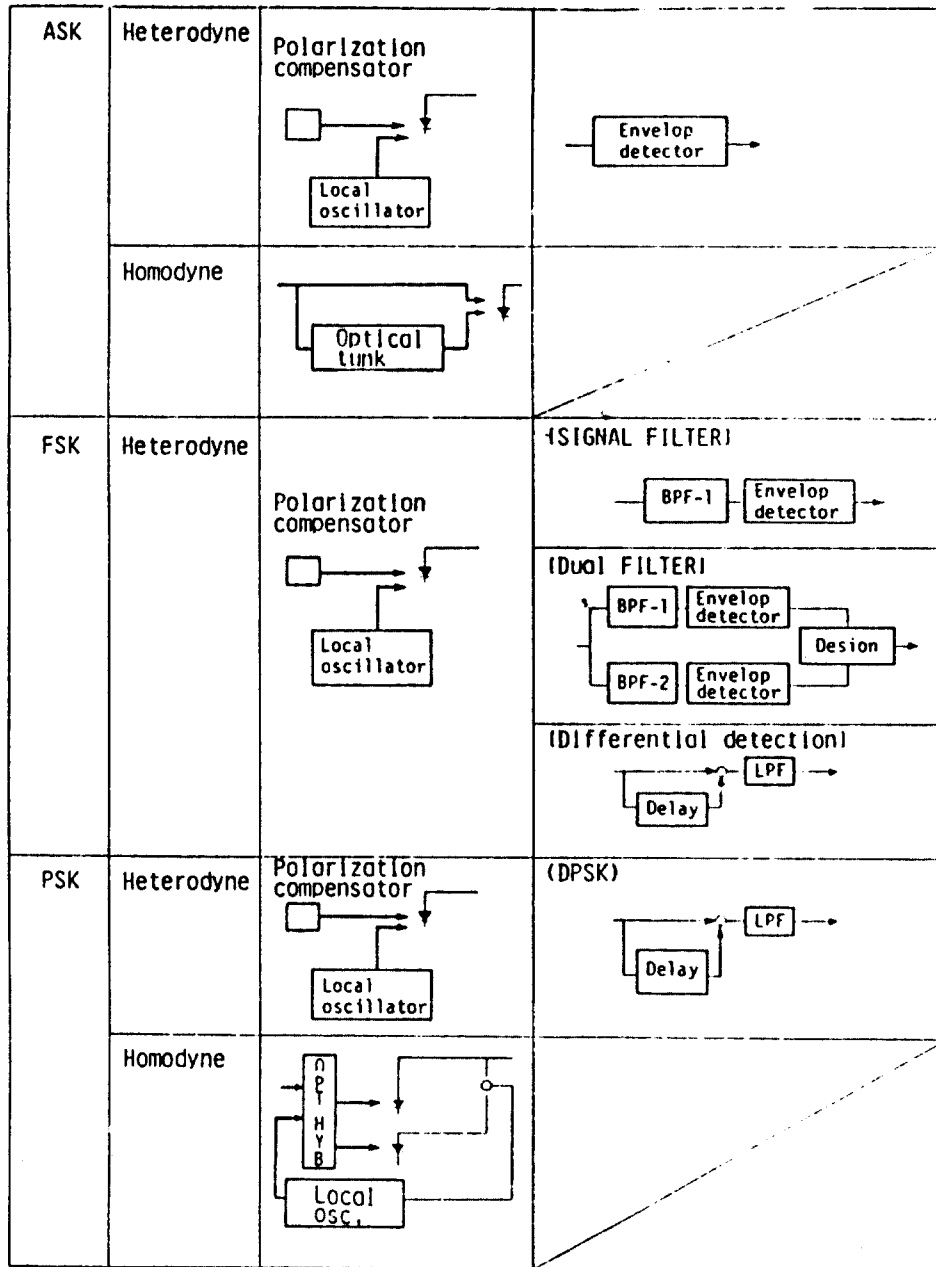


그림 4. 복조회로

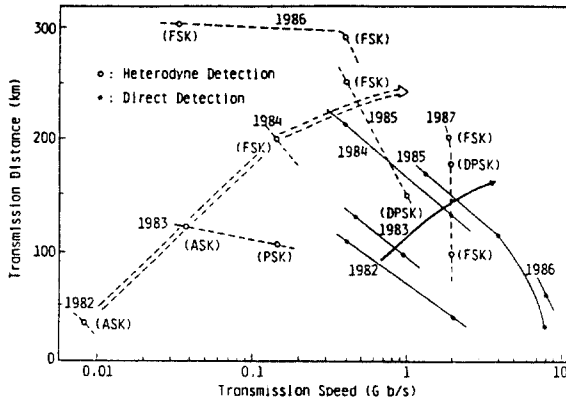
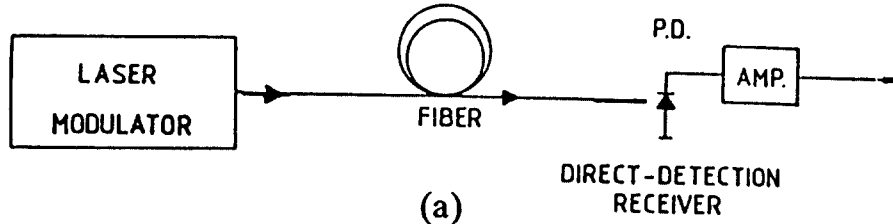


그림 5. 최근의 고속 장거리 전송 실험결과

다. 광증폭 (Optical amplification)

넓은 대역에서 단색주파수(monochromatic frequencies)를 생성할 수 있는 광원을 필요로 하는 극초단 광펄스(ultra-short optical pulse) 전송에는 해결되어야 할 많은 문제가 있다. 전송에서 가장 기초적인 기능중의 하나인 증폭만을 고려해 볼때 광대역 전자증폭기가 광검출기의 출력신호를 증가시키는 용도로 사용되는 기존의 방법뿐 아니라 광신호의 직접 증폭을 위한 광증폭기를 이용하는 새로운 방법에도 연구노력이 집중되어야 할 것이다. 사용이 가능한 광증폭기는 희토류 주입 광섬유(rare earth-doped fiber), 보통광섬유를 사용하는 Raman 증폭기와 반도체

Intensity Modulation/Direct Detection



Coherent Optical Communications

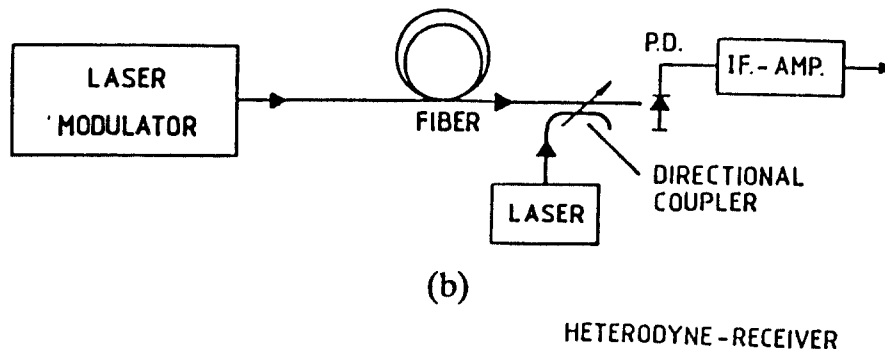


그림 6. 검파방법  
 (a) 직접검파  
 (b) 광헤테로다인 검파

레이저 증폭기를 포함한다. 이들 각각은 독특한 특색을 가지고 있고 적당한 응용에 사용될 것이다. 최근에 NTT에 erbium이 주입된 단일모드 광섬유를 이용한 진행과 형태의 광증폭기로 크게 실험에 성공하였다. 이 증폭기는 전송선으로 사용되는 단일모드 광섬유에 쉽게 연결될 수 있고 출력증폭기로 뿐 아니라 전치증폭기(pre-amplifier)로 사용될 수 있다. 반도체 레이저가 펌프광원으로 사용되었고 송신기와 수신기 이득이 10dB보다 컸다. 이 광증폭기를 사용하여 1.8Gb/s에서 중계기없이 250km 전송이 실증되었다. 평범한 강도변조와 직접검파방법과 더불어 광증폭의 사용으로 인해 광케이블 길이를 2배로 늘였다. 광증폭은 미래에 훨씬 더 많은 용도를 갖게 될 많은 장점을 제공한다. 고효율의 광증폭 방법을 찾기 위한 연구가 한창 진행되고 있다. 광섬유의 비선형 효과를 이용한 단일의 광파(solitary light waves) 형태로 정보의 대용량과 원거리 전송을 목적으로 하는 광섬유 soliton의 응용이 이미 시작되었다. 최근에 41.7km 광섬유에 대한 루프 시험이 AT & T 연구소에서 수행되어 6,000 km 이상까지 soliton 전송의 성공적인 실험결과에 의해 광섬유에서 soliton을 이용하는 광통신에 대한 관심은 증가되고 있다. 통신 목적으로 optical soliton 전송의 사용에 대한 2가지 장점은 광섬유의 분산에 의한 신호의 왜곡이 없고 광섬유 손실에 의해 비선형성의 약화로 인한 soliton 폭이 넓어지는 경향을 광섬유내의 Raman 펌프에 의해 간단히 보상할 수 있는 점이다.

### 3 광파장분할다중화 (OFDM) 기술

#### 가. 개 요

서로 다른 반송자 주파수에 의해 많은 수의 광신호를 동시에 전송하는 광주파수분할다중화(OFDM) 또는 고밀도 광파장분할다중화(OWDM)는 대용량 통신과 광대역 정보분배망에 응용될 것이다. OFDM이란 용어는 설명을

필요로 한다. 전자파의 주파수는 고유한 파장을

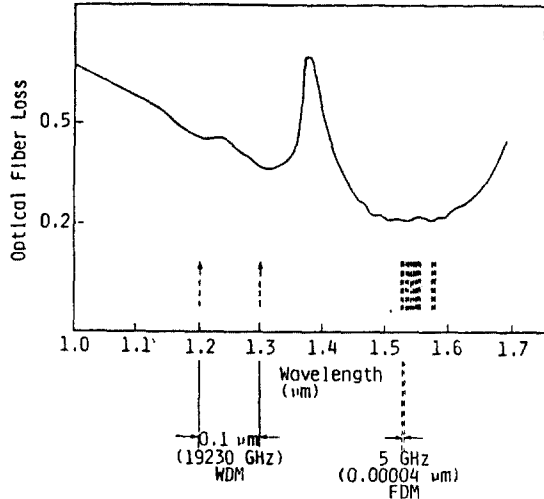


그림 7. 광 WDM과 FDM의 비교

가졌다는 의미에서 주파수분할다중화와 OWDM은 동일한 개념이다. 그림7에서 보는 바와 같이 2만 GHz 정도의 주파수 간격(0.1 $\mu$ m 파장간격)의 넓은 광 반송자 간격을 유지하기 위해서는 시스템과 소자의 설계에서 파장을 사용하는 것이 좀 더 편리하다. 이와 반대로 5 GHz 주파수 간격(0.04 nm의 파장간격)의 좁은 채널간격을 위해서는 주파수를 사용하는 것이 더 편리하다. 따라서 OFDM은 고밀도 광다중화를 의미한다. OFDM은 OWDM에 비하여 2가지 장점이 있다. 광채널 간에 광소자의 작은 주파수차이와 광채널수의 증가이다. 광섬유의 손실은 파장에 따라 달라진다. 광섬유의 분산과 광소자의 파라미터는 일반적으로 파장에 따라 달라진다. 또한 광채널간 광소자 파라미터의 차이는 최소화되어야 한다. 이것은 광다중화 시스템에서 중요하다. 다중화 채널수와 광다중화 실험에서의 주파수 이용효율(frequency utilization efficiency)의 관계는 그림8에 나타내었다. 비교를 위해 일본의 무선시스템 자료를 함께 표시하였다. 주파수 이용효율은 전체 전송용량에 대한 사용한



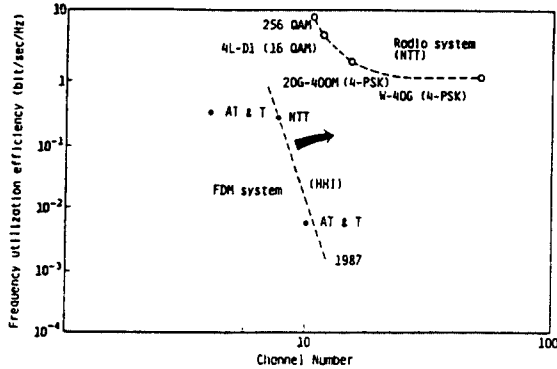


그림 8. 광주파수분할다중화에서의 이용효율

주파수 대역폭의 비율이다. OFDM 주파수 이용 효율은  $10^{-1}$ - $10^{-2}$  bit/s/Hz로 나타내는데 이것은 평범한 OWDM 주파수 이용효율보다  $10^4$ - $10^5$  정도 큰 값이다. 따라서 광 FDM은 광섬유 손실이 적은  $1.5\mu\text{m}$  파장대역에서 100개의 광채널을 다중화하는 것이 가능하다. 좁은 간격의 광신호를 분리하기 위한 방법은 2가지가 있다 (그림 9). 하나는 광여파(optical filtering), 즉 마이크로파나 밀리미터파에서 개발된 형태의 광여파기를 이용하는 것이다. 다른 하나는 광

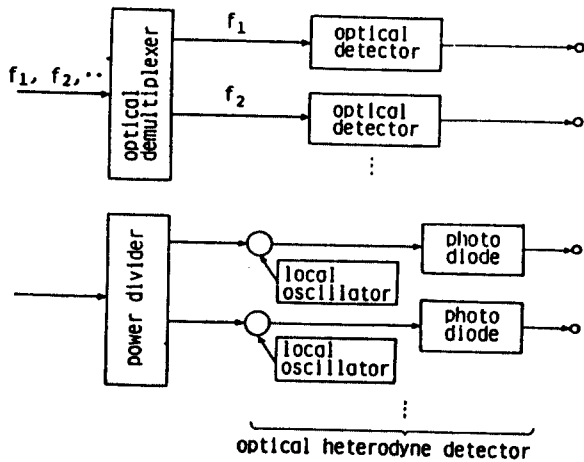


그림 9. 좁은 간격의 광신호 분리 방법

테로다인 검파에서의 전기적 중간주파수(IF) 대역 여파이다. 여파방법에는 직접 검파나 헤테로다인 검파가 사용될 수 있다. 그러나 넓은 WDM 채널간격 때문에 유전체 박막여파기나 격자구조와 같은 WDM 소자는 FDM 시스템에 사용할 수 없다. 현재 가장 유망한 여파기는 주기여파기(periodic filter)이다. OFDM에서 또 다른 중요한 문제는 광원의 주파수 안정화이다. 주기여파기가 사용될 때 광원의 주파수 변화는 다중화 손실과 누화를 일으킨다. 최근에 개발된 주파수 안정기는 레이저다이오드의 주파수 편차를 1 MHz이하로 억제한다. 그러나 이전의 OFDM 실험은 단지 상대적인 주파수 안정만을 얻었다. 실질적인 FDM을 실현하기 위해서는 절대 주파수 안정화 기술을 개발해야 한다.

#### 나. 파장분할다중화 (OFDM) 기술

채널 2-4의 광다중전송시스템은 이미 상용화되고 있다. 몇 개의 채널만을 가진 그러한 시스템에 있어서는 유전체 다층박막 여파기(dielectric multilayer thin film filter)와 회절격자(diffraction grating)를 이용한 분배여파기(branching filter)가 개발가능하고 채널간격이 무선통신에서처럼 좁을 필요가 없다. 이러한 시스템에서는 채널간격과 다른 변수들이 편의상 파장으로 환산하여 표현된다. 만일 무선통신에서처럼 채널간격이 채널 대역폭 정도가 되어야 한다면, 분배여파기는 마이크로파나 밀리미터파에서와 마찬가지로 광도영역에서 동작해야 한다. 주기적 분배여파기(periodic branching filters)와 고리형 공진기(ring resonators)는 마이크로파와 밀리미터 파장에서는 이미 사용되고 있으므로 유사한 것들이 광도파로와 함께 개발되어야 한다. 일본 NTT 연구소에서는 광회로용으로 도파로형태의 순환형 분배여파기(cyclic branching filter) 연구를 착수하였다. 이것은 다른 주파수의 광파를 결합하거나 다른 주기를 가진 여파기를 여러개 연결하여 분리시키는 것이 가능하다. 좁은 채널을 가진 광신호를 다루는 광FDM에선 만일 광원의 주파수변화가 크면, 근접한 채널간의 상호변조(

intermodulation) 가 생길것이다. 이것은 좁은 간격을 가진 다른 파장을 생성하는 광원의 주파수 안정성을 확실하게 하기 위한 기술개발을 필요로 한다. NTT 연구소에서는 수십 MHz보다 주파수 편차가 적은 16채널 이상의 다중 채널의 광원을 개발하는 데 성공하였다. 좁은 채널을 간격을 가진 여러 주파수의 광파가 하나의 광섬유를 통과할 때 4광파혼합(four-wave mixing)과 같은 비선형효과로 인한 간섭이 일어난다. 광비선형효과를 피하기 위한 광섬유 구조와 광 FDM 을 위한 채널 배열의 최적화는 연구과제이다. NTT 연구소에서 여러 가입자에게 보내는 16채널 FDM 전송 서어비스(주파수 간격=5 GHz 즉 파장으로 0.04nm; 600 Mb/s/ch) 실험을 하였다. 이 실험에서 광튜너가 원하는 범위에서의 주파수를 선택하는 용도로 사용되었다. 실험결과 수십에서 백까지의 채널을 이용한 광 FDM 전송이 가능하리라는 것을 보였다.

#### 4 광 교환망 (photonic switching networks)

##### 가. 개 요

영상통신과 같은 다양한 종류의 서어비스를 제공하는 광대역 통신망은 local-area networks (LANs) 뿐 아니라 wide-area networks(WANs)에서도 크게 주목받고 있다. 이러한 통신망을 이루기 위해서는 광대역 전송과 교환기술을 필요로 한다. 광섬유 전송은 고밀도 정보전송용량을 가진 원거리 전송링크를 제공한다. 광섬유 전송 기술의 발전으로 광대역저 내륙전송이 이미 가능해졌다. 광섬유 전송을 해저전송에 적용하는 것은 최근에 실용화되었다. 코히어런트 광통신 전송기술은 전송거리, 정보 전송용량과 광전송의 영역을 증진시켰다. 광통신은 위성통신과 함께 공대역 전세계 WAN에 중요한 역할을 할 것이다. 광교환 시스템은 광대역 신호를 교환하는 평범한 교환 시스템에 비해 많은 장점을 가질 것이다. 결과적으로 광섬유 전송, 특히 코히어런트 광전송과 광교환은 전광학(all-optical) 광대

역 WANs을 이루기 위한 주요 기술이 된다. 이러한 통신망에서는 신호전송뿐 아니라 교환기능까지 광대역에서 이루어질 것이다.

##### 나. 코히어런트 광전송과 광교환

광교환의 종류는 시분할(time-division:TD), 공간분할 (space-division:SD)과 파장분할(wavelength-division:WD)등 3가지가 있다. 광대역 서어비스에 여러가지 다른 요구가 있으므로 통신망은 대역폭 능력과 변조양식에 있어서 이상적으로는 평야해야 한다. SD와 WD 교환은 기존의 통신망과 쉽게 합쳐지지만 TD는 엄격한 데이터 형식과 bit/frame 동기를 필요로 한다. 게다가 SD와 WD 교환은 코히어런트 광시스템에 응용할 수 있다. 특히 LiNbO<sub>3</sub> 광도파로 스위치행렬 (switch matrices)과 같은 광스위치 행렬을 위한 SD 교환은 코히어런트 광통신시스템에 적합하다. 왜냐하면 파장, 위상과 코히어런트를 포함한 입력 광신호가 가진 모든 정보를 보존할 수 있기 때문이다. 또한 WD 교환도 코히어런트 광시스템에 적합하다. 왜냐하면 고밀도 FDM-/WDM 전송의 실제 적용이 코히어런트 광시스템에서 가능하기 때문이다. 위에서 열거하는 장점을 실증하기 위해 SD 광교환실험이 LiNbO<sub>3</sub> 스위치행렬과 광 FSK 헤테로다인 전송시스템을 사용하여 수행되었다. 실험에서 광스위치를 통과하여 진행되는 신호에 대해서 장거리 전송 특성이 시험되었고 누화제거(crosstalk rejection) 특성이 결정되었다. 결과를 통해서 광 SD 교환망에서 수신기 감도향상과 누화제거에 대한 가능성이 확인되었다. 광 SD 교환시스템에 코히어런트 광전송기술의 도입은 (1) 전송전 운영용량 확장 (2) 전송거리 증가 (3) 코히어런트 WDM/FDM 방송시스템과의 집적화 가능성 등의 우수한 특성을 가진다. 많은 수의 WD채널을 가진 광 WD 교환시스템도 또한 가능하다. 100Mb/s 광 FSK 전송시스템에서 SD 교환실험이 LiNbO<sub>3</sub> 광스위치행렬을 사용하여 수행되었다. 7.5dB의 수신기 감도 향상이 광스위치행렬과 단일모드 광섬유(22km, 100km)를 통한 전송

실험에서 관측되었다. 누화출력(crosstalk power)이 바라는 신호의 10배보다 클 경우에는 3GHz보다 큰 채널간격의 도입으로 수신기에서 crosstalk 부품을 제거할 수 있음을 보였다. 이 실험 결과로부터 선용량이 1,500회선을 넘고 전송선 길이가 20km가 넘는 광 SD 교환시스템을 기대할 수 있다. 광교환망에 코히어런트 광통신기술의 응용은 미래의 광 광대역망(optical broadband network)의 실현에 매우 중요할 것이다.

### 5 결 론

코히어런트 광섬유 전송시스템의 최대목표는 광섬유의 낮은 손실과 광대역폭 특성과 레이저광의 코히어런트 특성을 충분히 이용하는 데 있다. 단일주파수 레이저기술, 광집적회로 기술과 이들 기본소자 기술에 바탕을 둔 새로운 기술은 코히어런트 광통신 기술을 개발하는 데 필요한 원천이 된다. 1989년 7월 일본 고베에서 열린 제7차 집적광학 및 광통신 국제학술회의에서 발표된 결과를 보면 코히어런트 광통신 시스템의 실현이 현실로 다가온 것을 느낄 수 있다. 여기에서 NEC가 개발한 광섬유 전송을 이용한 HDTV 시스템이 실증되어 양질의 정보통신이 실현되고 있음을 입증하였다. 학회에서 발표된 주제를 보면 코히어런트 시스템, 코히어런트 광통신을 위한 레이저, soliton 전송, 광대역 ISDN 시스템, WDM/FDM 시스템, 스위칭 시스템, 광교환 및 광증폭의 응용등으로 이상적인 광통신 형태인 코히어런트 광통신의 개발이 성숙되고 있음을 느끼게 한다.

일본의 경우 이미 ISDN이 상용화되었으며 여러 선진국에서 ISDN의 개발과 도입이 진행중에 있다. 대서양을 잇는 해저 광케이블은 1988년 말에 완성되었고 미국과 일본간의 태평양 횡단 해저 광통신 시스템이 완성되어 1989년 4월 부터 서어비스를 시작하였다. 이미 도입된 협대역 ISDN(N-ISDN)은 광대역 ISDN(B-ISDN)으로 발전되어 갈 것이다. B-ISDN은 LAN간의 고속전송, 고품상 영상, 고품위 텔레비

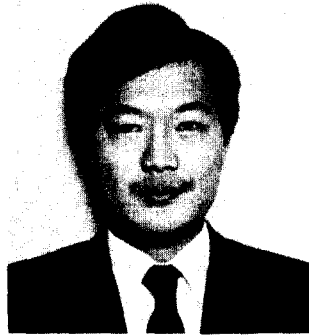
전(HDTV)등을 처리할 수 있는 능력을 가질 것이다. 광대역 통신서비스의 하부구조로서 B-ISDN은 정보화 사회에 큰 발전을 가져올 것이다. 광소자 기술은 B-ISDN의 개발에 있어서 중요한 기술이다. 시스템과 소자기술간의 긴밀한 관계는 미래의 통신망 개발에 필수조건이 될 것이다. 이러한 광통신 시스템의 발전에 따라 전화 뿐 아니라 데이터와 영상신호를 포함하는 다양한 통신매체를 효율적으로 이용하는 고도로 정보화된 사회는 우리 앞에 빠른 속도로 출현할 것이다.

### 참 고 문 헌

1. . Toda, "Advanced optical telecommunications in Japan," Science and Technology in Japan, vol.8, no.31, pp.8-11,1989.
2. K. Nosu, "Advanced coherent lightwave technologies," IEEE Communications Magazine, vol.26, no.2, pp.15-21,1988.
3. M. Fujwara et al., "Applications of coherent optical transmission technologies to photonic switching networks," Trans. IEICE, vol.E72, no.1, pp.55-62,1989.
4. "Research on trends in optoelectronic technology," OITDA Activity Report, vol.2, pp.12-17,1989.
5. 심창섭, 강민호, "광통신 시스템," 전자공학회지, vol.15, no.4, pp.35-43, 1988.
6. 심창섭, "광통신시스템의 기술과 동향," 전자과학 5월호, pp.142-151,1988.
7. 박희갑 "Coherent optical communication," Tutorial and State-of-the-Art Review, ETRI, 1989.5.
8. 신상영, 윤태훈, "광섬유 통신의 현황과 전망," 전자공학회잡지, vol.11, no.1,pp.25-28,1984.
9. Technical Digest of 7th International Conference on Integrated Optics and Optical Fiber communication, Kobe, Japan, July 18-21,1989.
10. T. Kimura, "Coherent optical fiber transmission," J. Lightwave technol. vol.LT-5, no.4,pp. 414-428,1987.
11. P.W. Shumate, "Optical fibers reach into

homes," IEEE Spectrum, vol.26, no.2, pp.43-47, 1989.

- 12. E. E. Bert Basch, "Coherent fiberoptic systems: the next generation?", Laser Focus World, vol.25, no.4, pp.185-191, 1989.



申相永

저자약력

- 1946년 9월 14일생
  - 1968. 2 : 서울대학교 전기공학과 졸업
  - 1971. 9 ~ 1975. 8 : Polytechnic Institute of New York 연구조교, M. S. 및 Ph. D.
  - 1975. 8 ~ 1978. 1 : Polytechnic Institute of New York 연구원
  - 1978. 2 ~ 현재 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 교수
- ※ 관심분야는 파동의 전파 및 산란, 광통신, 광 정보처리 등임.



孫英成

저자약력

- 1961년 8월 10일생
  - 1984. 2 : 한양대학교 전자공학과 졸업
  - 1986. 8 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업 (석사)
  - 1986. 9 ~ 현재 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정
- ※ 관심분야는 LiNbO<sub>3</sub> 광도파로 제작 및 집적광학소자 등임.