

초고속 광통신의 발전방향

李 原 昇 · 金 基 大
(금성광통신(주) 공장장 · 기술과장)

■ 차 례 ■

- | | |
|------------------|----------------|
| 1. 머릿말 | 가. 광통신시스템의 변천 |
| 2. 광손실과 분산의 발생요인 | 나. 직접강도변조 |
| 3. 초고속전송용 광섬유 | 다. 코히어런트 광통신방식 |
| 4. 초고속광통신 | 5. 광통신의 개발방향 |

1 머릿말

지난간 10여년간 통신의 역사를 살펴 보건데 광통신기술의 혁명이라 할 수 있겠다.

지금에 이르러서는 전화 이외의 정보의 다양화에 대응하는 전송기술이 필요하게 되었으며 전화망, 데이터, FAX 등의 개별망으로부터 공통의 망을 효율적으로 구성하는 통합통신망(ISDN)이 요구되고 있다.

이와같은 필요성에 따라 초고속 광통신 방식이 연구되기 시작하였다.

초고속 광통신이라고 하면 현재의 강도변조(Intensity Modulation) 방식에서 전송속도를 증가시키는 Gbit/s 시스템과 지금까지 실용되고 있는 광의 강도변조방식으로부터 진폭(ASK : Amplitude Shift Keying), 빛의 주파수(FSK : Frequency Shift Keying)나 위상(PSK : Phase Shift Keying)을 이용하는 코히어런트(coherent) 광통신을 포괄적으로 의미하고 있다.

코히어런트 광통신이란 광파(光波)를 FSK또

는 PSK 등으로 변조하고 헤테로다인(Heterodyne) 또는 호모다인(Homodyne) 검파방식을 이용하여 전송용량에 증대와 수신 감도를 증가시키는 통신방식을 말한다.

이러한 초고속 광통신에 사용되는 단일모드 석영계광섬유(Single mode optical fiber)는 완성된 연구단계에서 실용화를 위한 개발단계이며 특히 새로운 편광유지광섬유(Polarization Maintaining) optical fiber)와 2 μ m 이상에서 극저손실을 나타내는 적외광섬유(Infrared optical fiber)의 실현이 주요과제이다.

여기서는 Gbit/s 광신호를 전송하기 위한 최적광섬유와 전송연구의 현상 및 과제의 해외기술을 중심으로 살펴보기로 한다.

2 광손실과 분산의 발생요인

초고속 광통신을 하기위해 요구되는 저손실과 광대역성을 알기위해 먼저 간단히 광섬유를 알도록 하자.

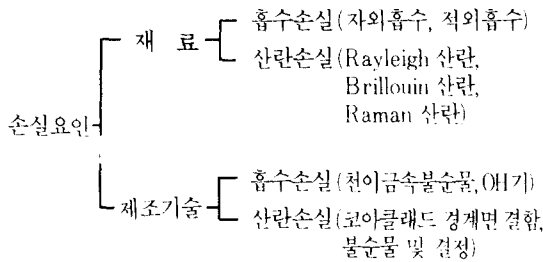
광섬유는 빛을 전달하는 원통형 유전체 도파관(Cylindrical dielectric light guide)이며 광섬유의 종류로는 크게 전파 모드 수, 구성재료 및 용도에 따라 구분한다.

전파모드의 수로 보면 단일모드 광섬유(편광유지 광섬유 포함)와 다중모드 광섬유로 구분하고 하나 이상의 모드가 진행할 때 통상적으로 다중모드라고 부르고 있다.

구성재료로 보면 석영계 광섬유, 다성분계 광섬유, 플라스틱 광섬유, 플라스틱 클래드 광섬유, 적외광섬유로 분류하며 광섬유자체의 용도에 따라 통신용, 센서용, 에너지 전송용, 이미징 전송용등으로 크게 구분할 수 있다.

가. 손실요인

광손실발생은 근본적으로 재료자체에 의한 본질적요인과 제조기술에 의존하는것으로 크게 나눈다.



광섬유의 제조법으로는 널리 네방법이 사용되고 있는데,

MCVD(Modified Chemical Vapor Deposition),

OVD(Outside Vapor Deposition),

VAD(Vapor Axial Deposition),

PMCVD(Plasma-MCVD)

등이다.

상기 각 제조법에는 서로 장단점을 가지고 있기는 하여도 현재 제조기술상으로 보아 실용중인 광섬유는 거의 이론 한계치까지 도달하였고 더욱더 손실을 낮추기 위하여 코아에 첨가물을 제거한 순수석영코아로 된 제품이 나오고 있다.

나. 분산요인

광섬유내에서 신호에 지연을 생기게 하는 요인으로는 i) 모드분산(Intermodal Dispersion), ii) 도파로 분산(Waveguide Dispersion), iii) 재료분산(Material Dispersion), iv) 편파분산(Polarization Dispersion)이 있다.

모드 분산은 다중 모드 광섬유에서만 발생하는데 코아내를 진행하는 각 모드의 군속도(G (Group Velocity)가 달라서 생기는 분산을 말한다.

이 모드간의 군속도차는 코아굴절율을 이차적인 언덕형(Graded Index)으로 설계하므로써 보상을 하고 있다.

도파로분산이란 어떤 한 전파모드의 군속도가 광의 파장에 대해 일정하지 않기때문에 생기는 분산을 말한다.

재료분산은 광원의 파장 스펙트럼 폭에 의해 광섬유재료의 굴절율이 달라지기때문에 군속도가 변해 생기는 분산이다.

마지막으로 편파분산은 단일모드 광섬유에서 직교하는 두 모드간의 군속도가 달라 생기는 분산이다.

이와같은 분산은 모두 전송속도를 제한하는 요인이 되며 다중모드 광섬유에서는 모드분산과 재료분산이, 단일모드 광섬유에서는 도파로 분산과 재료분산이 분산특성을 지배하고 있다.

초고속통신에 사용되는 단일모드에서는 도파로 분산과 재료분산의 파장변화에 따른 분산 기울기가 서로 반대이기 때문에 상호 상쇄가 되도록 설계하므로써 잉분산 파장을 임의 파장대로 이동하거나 기울기의 크기 또는 분산 곡선의 모양을 변화시키는 것이 가능하다.

[3] 초고속전송용 광섬유

현재 실용중인 광섬유는 1.3 μm 파장대에서 분산(Dispersion)이 최저이며 광손실은 1.55 μm에서 최저인 광섬유(그림 1의 손실곡선의 1.55 μm 지점과 분산곡선 A) 이지만 광손실과 분산이 동시에 최저가 되는 B곡선의 특징을 갖는 광섬유가 고속통신을 하는데 적용된다.

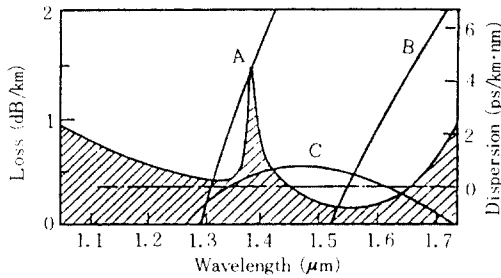


그림 1 광섬유의 분산 및 손실 특성
 A : 1.3 μm 파장대 영분산 광섬유
 B : 1.55 μm 파장대 영분산 광섬유(DSF)
 C : 1.3과 1.55 μm 파장대 영분산 광섬유(DFF)

초고속을 위한 전송선로로는 분산제어 광섬유(DSF : Dispersion Shifted fiber) DFF : Dispersion Flattened Fiber), 편광유지 광섬유(Polarization maintaining fiber)와 적외광섬유(Infrared fiber) 등이 있다.

가. 분산제어 광섬유

분산제어 광섬유란 그림 1의 분산곡선에서 B 또는 C의 특성을 가진 광섬유를 말한다.

광섬유가 갖는 많은 특성중에서 가장 중요한 것은 저손실(Low Attenuation) 및 광대역성(Wide Bandwidth)이며 초고속 광통신에서는 특히 광대역성이 중요시 된다.

현재 널리 사용되는 1.3 μm 파장대 영분산 광섬유(그림 1의 A)에서는 주로 코아(Core)에 Ge를 첨가하고 있으며 순수석영코아인 경우 1.55 μm에서 0.154 dB/km의 최저 손실을 실현하고 있다.¹⁾

그러나 1.3 μm 파장대 영분산에서 1.55 μm 파장대 영분산으로 이동하는 경우 코아의 굴절율을 높이지 않으면 안되기 때문에 1.55 μm에서 산란손실이 증가하게 된다.

현재 1.55 μm 영분산 광섬유의 최저손실은 0.2 dB/km 정도이며 DF-Fiber에서 분산특성을 살펴보면 파장범위 1.3~1.6 μm에서 1.5 PS/km·nm 이하의 분산특성이 얻어지고 있으나 가장 중요한 것은 재현성이다. 이러한 분산제어 광섬유의 기술적 과제로 보면

- 1) 굽힘손실(Bending loss), 접속손실(Sp-

licing loss) 및 전송손실을 더욱 낮추는 것.

2) 설정 영분산 파장에 대한 재현성의 향상 등이 실용화의 과제이다.

나. 편광유지 광섬유(Polarization Maintaining Fiber)

편광유지 광섬유란 코아 굴절율이 비축대칭인 광섬유를 지칭하며 각종 센서로서 유용할뿐만 아니라 일정 편파를 유지하면서 장거리를 진행할 수 있기 때문에 편광유지 광섬유는 코히어런트 통신에 최적의 전송매체이다.

통상의 단일모드 광섬유의 경우 직선 편광을 입사해도 전파축 방향의 코아 경변동이나 외부요인 때문에 HE₁₁ 모드와 HE₁₂ 모드 사이에 모드 결합이 생겨 출사광의 편광상태는 랜덤하게 변동한다.

양모드간의 결합을 억제하기 위해서는 두 모드간 전파정수 차이를 크게 할 필요가 있다.

이러한 특성을 갖는 편광유지 광섬유는 크게 두 종류로 분류된다.

1) 두 개의 독립된 편파모드(HE₁₁와 HE₁₂)의 전파정수 차이를 크게하여 전파하는 편광유지 광섬유

2) 두 개의 독립된 편파모드중에서 어느 한 편파모드를 차단 혹은 손실을 크게 하여 사실상 전파하지 않도록 하는 편광유지 광섬유 등으로 분류할 수 있다.

이러한 특성을 달성하기 위해서 그림 2 처럼 여러 구조가 알려져 있으며 두 모드의 전파정수 차이를 크게하여 전송하기 위해서 비축대칭인 열잔류응력에 의해 복굴절이 비대칭으로 일어나도록한 복굴절성을 갖는 광섬유를 편광유지 광섬유라고 한다.

열잔류응력을 부여하기 위하여 석영과 열팽창계수의 차이가 큰 재료를 응력부여부로 클래딩(cladding) 내부에 존재하도록 하는데 보통 B₂O₃가 사용된다.

편광유지 광섬유에서 가장 중요한 것은 전송손실과 편파유지특성이며 예로서 그림 2의 D와 같이 원형의 스트레스영역이 존재하는 경우 현

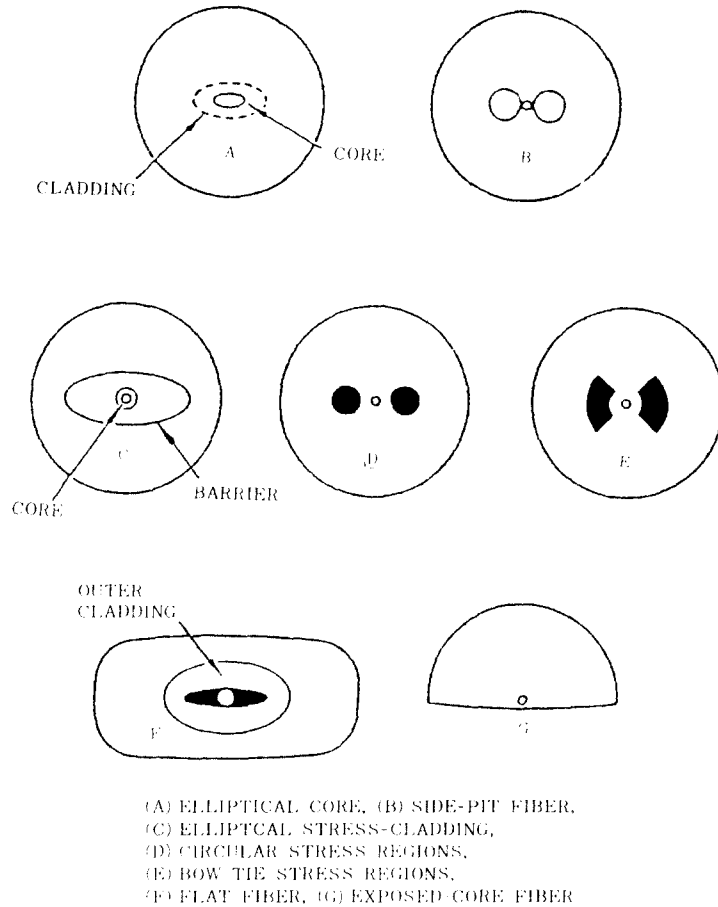


그림 2 편광유지 광섬유의 종류

재까지 최고의 데이터는 0.22dB/km의 손실치와 두 모드간 Cross talk는 km당 34dB 정도이다.

편광유지광섬유에서의 급후과제는 저손실화와 Cross talk를 가능한 없도록 하는 것이다.

다. 적외광섬유

2 μ m 이상의 적외파장에서 석영보다 투과성이 좋은 재료로는 할로겐화물글라스, 중급속 산화물 등이 있다.

이러한 재료로 만들어진 광섬유를 적외광섬유라고 총칭하고 있으며 적외광섬유의 이론손실 한계치는 그림 3 과 같다.

이 그림에서 불화물계 ($ZrF_4 - BaF_2 - GaF_3$) 광

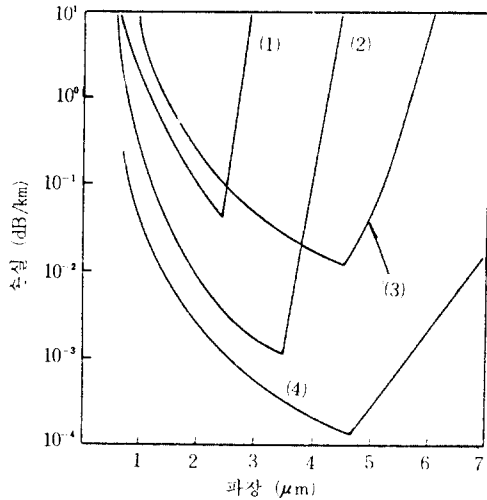
섬유에서는 3-4 μ m 대에서 이론적으로 10⁻³dB/km의 손실치를 얻는것이 기대된다.

이 값은 종래 석영계광섬유 손실의 1/100 이하이고 손실치로만 따지면 석영광섬유에 비해 중계거리를 10,000km 이상으로 늘릴 수 있다는 것을 의미하며 대양횡단해저광시스템을 중계기 없이 이용할 수 있을것이다.

현재 얻어지고 있는 값으로는 -수dB/km 정도이다.

불화물계에서는 결정성장이 쉽기때문에 안정한 조성과 결정생성을 억제하는 가공법의 개발이 필요하다.

따라서 초저손실 광섬유를 얻기 위해서는 종래의 도가니용융법과 전혀 다른 획기적인 방법



- (1) 중금속 산화물 (G_aO_3)
- (2) 불화물계유리 ($ZrF_4 - BaF_2 - G_aF_3$)
- (3) Chalcogenide glass
- (4) Halogen화물 결정체

그림 3 적외광섬유의 이론손실치

의 개발이 필요하다.

광섬유 자체로서 중요한 검토대상은 입력광의 한계이다.

장거리 신호전송을 위해서 무한정 입력광을 높일 수 없는것은 광섬유자체의 비선형 광학효과때문이다.

석영계 광섬유는 본질적으로 비선형성이 대단히 적은 물질이지만 작은 코아에 빛을 입력하기때문에 에너지밀도가 높고 저손실이때문

에 광과 매질과의 상호작용거리가 길어 각종 비선형광학효과가 발생한다.

그러나 입력전력은 수 100mw~수W 정도이기 때문에 현재 실용중인 광원이 수mw 여서 전혀 문제가 되지 않는다.

가. 광통신 시스템의 변천

광통신 기술은 이미 실용화단계에 벗어나 새로운 통신영역으로 접어들고 있다. 현재 실용화되고 있는 광통신인 광의 강도를 변조하여정보를 전송하고 있는 방식에서는 쇼트잡음 한계에 근접하는 수신감도를 얻는것은 사실상 곤란하다.

이러한 해결책으로 광을 파(波)로서 이용하여 광의 진폭, 위상, 주파수를 변조하여 정보를 전송하는 코히어런트 광통신방식이 등장하였다.

이 방식에서 파장 스펙트럼의 순도가 대단히 높은 안정한 광원을 사용하면 파장다중을 할 경우에는 파장간격을 GHz 단위까지 근접할 수가 있으나 현재는 기초연구단계에 불과하다.

코히어런트 광통신방식에서는 대단히 높은 수신감도를 얻을 수 있으므로 대용량전송이 가능하며 현재 발광소자나 수신감도의 개선에 대한 기초연구단계이며 실용화로의 길을 찾고 있다.

제 1세대와 제 2세대는 전송되는 모드에 의해 크게 구분되며 제 3세대에서는 전송속도의 증가를 획기적으로 이룩하였다.

표 1 광통신의 구분과 특징

| 세대 구분 | 파장(μm) | 광 원 | 수 광 기 | 광 섬 유 | 현 황 |
|--------------|----------------------|--------|---------------|-------------|-------|
| I 다중모드전송 | 0.8-0.9 (1.2-1.3) | LED | PIN-PD APD | 석영계 플라스틱 | 실용중 |
| II 단일모드전송 | 1.3 | LD | " | 석영계 단일모드 | 실용중 |
| III Gbit 전 송 | 1.3-1.6 | 단일모드LD | " | " | 실용화중 |
| IV Coherent | 1.5-1.6 | | | 편광유지 광섬유 | 기초연구중 |
| V 초장파장전송 | > 2 | | | 적외광섬유 | " |

1~3세대까지는 광강도 변조방식을 사용하며 3세대에서는 분산제어 광섬유를 이용한 대용량 전송방식이 주된것으로 시간다중, 파장다중 및 쌍방향 통신기술 등이 여기에 해당된다.

제 4세대에서는 코히어런트 광통신시대이며 광교환 즉 광스위칭, 광연산을 포함한 고기능 광집적회로의 실현을 위해 기초연구중이며 아직까지는 하나의 파장만을 이용한 초장거리 통신의 가능성에 대한 도전이지만 앞으로는 파장다중을 포함한 코히어런트 전송방식에 의한 장거리 다중화의 실현으로 결론지어질 것으로 본다.

상기표에서 Gbit/s 광전송, 코히어런트 광통신 또는 초장파장 광통신을 포괄적으로 초고속 광통신이라고 하고 있으며 전송용량의 증가와 중계거리를 늘리기 위한 광통신을 말하고 있다. 여기서는 대표적으로 직접강도변조방식과 코히어런트 통신기술에 대해서만 언급하기로 한다.

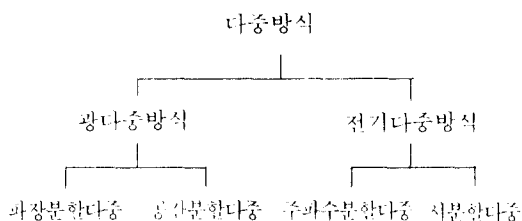
나. 직접강도변조

직접강도변조에서의 초고속 광통신 시스템은 시분할 다중 광통신에 의한 정보고속화가 주제이지만 초대용량을 행하는 방식으로 아래표 2와 같이 여러 방법을 고려할 수 있다.

다중방식에서는 아날로그변조방식과 디지털 변조방식을 포함하여 표 2와 같이 광의 레벨에서 다중화하는 방식과 이미 전기레벨에서 다중화를 하여 광으로 변조하는 방식으로 구분할수 있다.

이러한 다중방식은 어떤 레벨에서 다중화를 하느냐 하는 것이지 기본적으로 강도변조를 하는것은 동일하다.

표 2 다중방식의 구분



이러한 변조방식에 대해서 다중방법을 간단하게 설명한다.

- 파장분할다중(WDM : Wavelength Division Multiplexing) : 서로 다른 파장의 빛을 발진하는 여러개의 발광소자를 사용하여 한 코아의 광섬유를 이용하여 여러 회선을 전송하는 방법.
- 공간분할다중(SDM : Space Division Multiplexing) : 광섬유가 세경이란 특징을 살려 고밀도 다심도로 케이블을 설계하여 광섬유의 수를 늘리는 방법.
- 주파수분할다중(FDM : Frequency Division Multiplexing) : 전기레벨에서 주파수 성분이 서로 중첩되지 않게 주파수 영역에서 다중화하고 이 신호로 광원을 변조하는 방법
- 시분할다중(TDM : Time Division Multiplexing) : 전기레벨에서 시간적으로 상호 중첩되지 않도록 시간영역에서 다중화하고 광원을 변조하는 방법.

초고속 광통신을 하기 위해서는 우선 극히 좁은 펄스의 발생이 가능하여야 하고 전송목적지까지 전송로중에서 분산이 적게 일어나야 한다. 또한 광원으로 보아서는 변조된 광신호의 파장 스펙트럼이 충분히 고순도가 되도록 발진하여야 한다.

전송속도가 낮은 영역(Mbit 단위)에서 중계거리는 대개 광섬유의 손실에 의해서만 결정되며 전송속도가 상승함에 따라 중계거리는 완만하게 줄어든다.

그러나 변조속도가 상승하면 중계거리는 급격하게 감소되는데 그 원인은 발진광의 파장폭(Spectral width)과 광섬유의 파장분산특성 때문에 펄스(Pulse)의 시간축상 분산이 발생한다.

통상의 반도체 레이저다이오드에서는 나노초(nano second)이하의 짧은 펄스로 변조하는 경우 변조파장은 다모드발진을 하며 10nm 부근의 기다란 스펙트럼 폭을 갖는다.

광신호 펄스의 분산은 전송속도를 제한하며 이 분산을 피하기 위하여 분산이 최소인 1.3μm 영분산과 장영역을 이용하나 Gbit 이상으로 상승

시키는 경우 분산대신에 광손실이 중계거리를 극히 제한시키기 때문에 1.3 μm 파장대 전송손실을 피하기 위하여 낮은 손실대역인 1.55 μm 파장대에서 사용한다 하더라도 그 대신 분산은 영이 아니기 때문에 분산이 중계거리를 제한하는 요인이 된다.

따라서 고속변조를 하기 위해서는 최저 손실 파장대이며 1.55 μm 에서 영분산을 나타내는 광

섬유를 사용하고 광원의 발진모드를 억제한 단일모드 발진레이저를 사용하여 전송하는 것이 필연적이다.

이러한 단일모드레이저는 공진기 내부에다 강한 파장선택성을 갖도록 하고 있다.

파장선택성을 갖도록 한 레이저에는 여러 구조가 있으나 대표적인 것으로 분포귀환형 레이저다이오드(DFB-LD : Distributed Feed Back

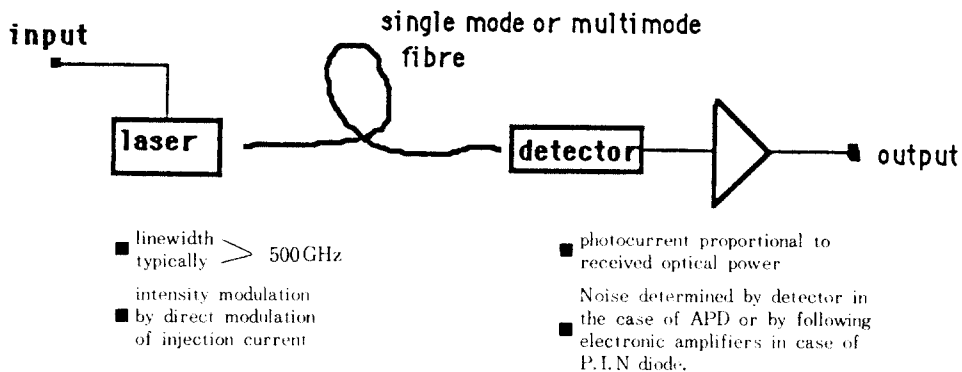


그림 4 직접강도변조방식

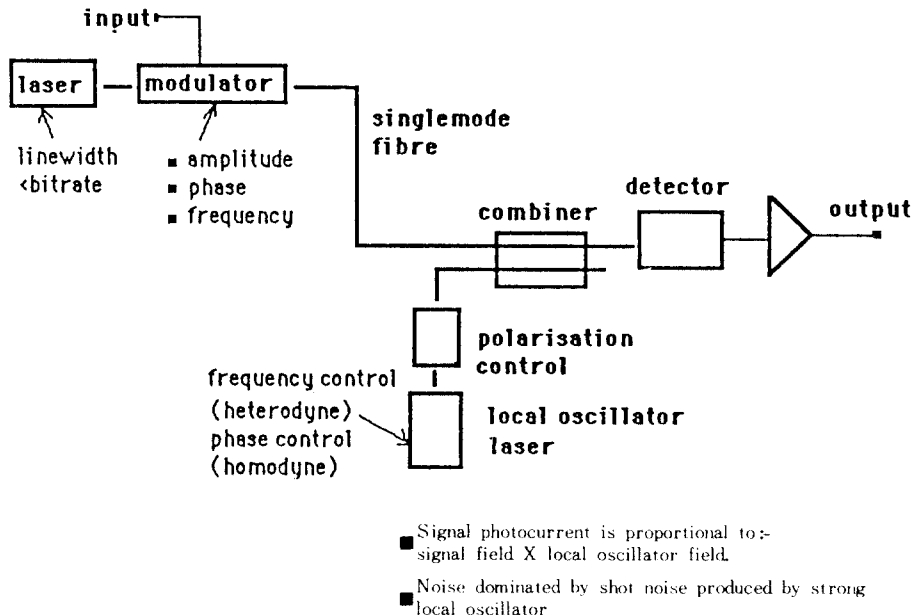


그림 5 코히어런트 광통신 방식

Laser Diode)가 있으며 실용을 위한 개발이 활발하게 진행되고 있다.

현재 직접강도변조에 의한 전송실험 예로서 DFB-LD를 사용하여 1.55 μ m에서 100km 이상 무중계로 4Gbit/s 전송에 성공하고 있다.²⁾

초고속화를 위한 과제로 광원의 발진 스펙트럼의 폭을 좁히는 것이며 직접변조대신 외부변조법(LiNbO₃ 광변조기)를 사용하여 고속 저전력구동하고 레이저와 변조기를 하나로 한 광집적 회로 기술의 확립이 필요하다.

또한 광의 신호를 전기신호로 변환하는 광검출기로는 소형이며 경량 고감도라는 면에서 통상적으로 APD가 사용되고 있으나 더욱 더 수신감도의 개선에 대한 노력을 해야한다.

다. 코히어런트 광통신 방식

정보의 전달에는 진폭, 주파수, 위상 어느것을 이용하더라도 가능하며 지금까지 실용된 강도변조방식과 비교하면 구성은 아래 그림과 같다.

그림 4는 직접강도변조방식이며 그림 5는 코히어런트 시스템의 기본을 보여주고 있다.

코히어런트 시스템에서는 수신측에 국부발전광원을 두고 이 국부발전광과 전송된 신호광을

합하여 광수신기로 검파하고 신호광과 국부발전광과의 차이에 해당하는 중간주파수를 얻는다.

중간주파수를 얻은 다음부터는 전기통신에서의 신호처리방식과 같으며 이 중간주파수를 검파하므로써 복조신호가 얻어진다.

이러한 검파방식을 광 헤테로다인 검파라고 하며 일반 전기통신 방식에서 널리 알려진 바와 같다.

이 헤테로다인 검파와 다른 검파방식으로 신호광과 국부발전광의 파장을 같도록 하여 두 광을 혼합하여 곧바로 광수신 출력으로 원신호(Baseband)를 얻는 호모다인 검파방식이 있다. 이 호모다인 검파방식은 헤테로다인 검파방식보다 3dB 정도 높은 수신감도를 얻는다.

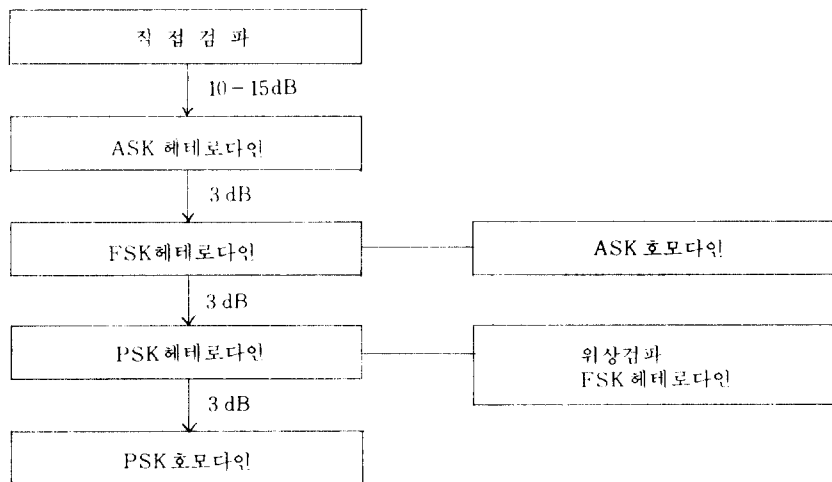
직접검파방식과 코히어런트 통신의 헤테로다인, 호모다인 검파방식에서 광수신 감도관계를 표 3에서 보인다.

이와같은 헤테로, 호모다인 검파방식은 직접검파방식에 비해 다음과 같은 큰 특징이 있다.

첫째 충분히 높은 출력의 국부발전광원을 사용하면 직접검파방식에 비해 10-20dB 수신감도가 개선된다.

이것은 0.2dB/km 광섬유를 사용하는 경우 중

표 3 검파방식과 수신감도개선.



계거리가 100km 더 늘어난다는 것을 의미한다. 둘째 고성능인 광검출기가 없이도 감도개선의 정도가 크다.

따라서 거의 쇼트잡음한계의 광수신감도를 얻을 수가 있다.

코히어런트 전송방식에서 또하나의 특징은 대단히 고밀도로 다중화하는 것이 가능하다는 것이다.

직접검파방식에서 다중화하기 위해서 몇개의 파장을 이용하는 경우에는 각 파장 사이의 간격은 합파기(Wavelength Multiplexer)와 분파기(Wavelength Demultiplexer)의 파장분해 능력에 의해 모든것이 결정된다.

따라서 광주파수 레벨에서 회선의 분리는 주파수가 높기때문에 당연히 어려우며 직접 검파방식에서 다중화하는 것이 극히 제한될수 밖에 없다.

헤테로다인 검파방식에서는 전기신호인 중간주파수 대역에서 전기적인 여파기를 통해 회선을 분리하기 때문에 극히 근접한 회선에서도 신호분리가 가능하며 분해능력이 직접 검파방식보다 훨씬 뛰어나다.

따라서 그림 6에서 보여준것처럼 파장다중

을 통한 광대역 전송이 가능하며 구성예이긴 하지만 현재 발표된 연구결과로 보아 실제로 실현의 가능성을 보여주고 있다.

그러나 아직 해결해야할 과제는 많으며 특히 광원의 스펙트럼 순도가 가장 큰 과제이다.

근래에 와서 전송실험중이며 환영을 받고 있는 고성능 반도체 레이저인 단일축모드로 발진하는 DFB-LD의 경우에도 수 10MHZ 정도의 스펙트럼폭을 가지고 있으며 이 정도로는 코히어런트 전송실험에는 충분하지 못하다고 할 수 있다.

1Gbit/s 전송시스템의 경우 ASK에서 헤테로다인 검파를 할 때 스펙트럼 순도가 500MHZ 이하이면 가능하지만 PSK에서 헤테로다인 검파시 적어도 5MHZ 이하여야만 한다.

그러나 PSK 호모다인검파를 할 경우 적어도 500KHZ이하의 스펙트럼 순도의 요구 때문에 LEC(Long External Cavity)가 필수적이라 하겠다.

지금은 신호광의 변조시 $L_1N_6O_3$ 도파로형 변조기 등이 이용되고 있으나 미래에 DFB-LD로 외부변조기 성능을 실현할 수 있는 가능성은 충분하다.

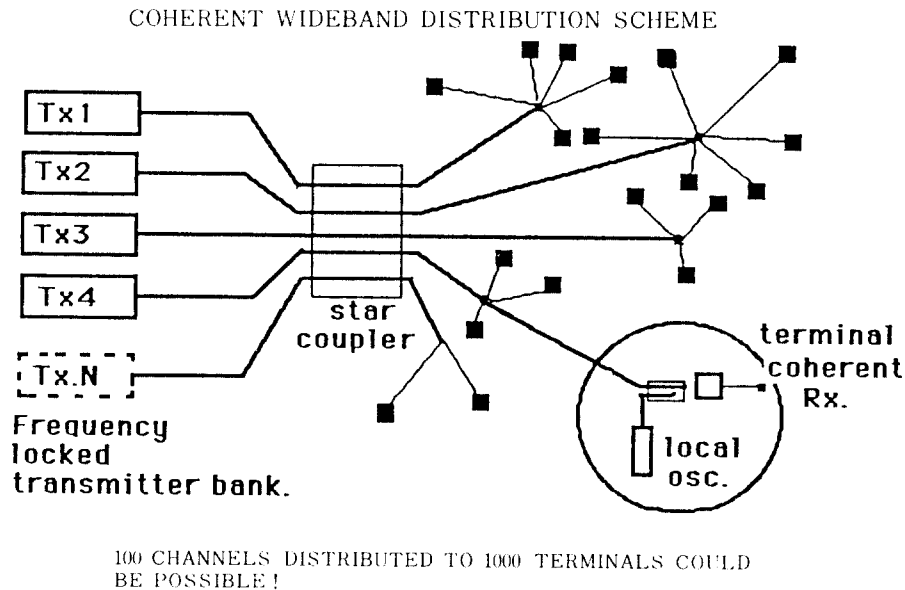


그림 6 코히어런트 구성예.

코히어런트 전송실험에는 통상의 실용중인 단일모드광섬유가 사용되고 있으나 가장 이상적인 전송선로로는 편광유지광섬유이다.

그러나 편광유지광섬유는 실용화를 위해서는 해결해야 할 과제가 아직 많기때문에 전송선로로서 실용을 위해서는 앞으로 상당기간 시일이 소요될 것으로 본다.

왜냐하면 전송선로에서 100km 이상 장거리에서 편파면을 일정하게 유지한다는 것은 용이하지 않기 때문이다.

인반 강도변조용으로서 전송선로로 실용중인 단일모드광섬유의 경우에는 장거리를 전파하면서 광의 편파상태가 광섬유에 가해진 여러가지 외부 스트레스 때문에 시시각각으로 변하고 있다.

이 변동하는 편파에 대해 대책을 강구하지 않으면 HE₁₁과 HE₁₂ 모드간에 결합때문에 검파가 사실상 불가능해진다.

따라서 헤테로다인 검파방식에서는 수신단에서 신호광과 국부발전광의 편파상태를 일치시켜 수신효율을 증대시키기 위해서는 편파제어장치를 이용하여야만 한다.

만약에 변하고 있는 편파상태를 일치 시키기

위한 편파제어장치를 사용하지 않을 경우에는 신호광에서 두 HE₁₁과 HE₁₂ 모드를 독립으로 수신한 다음 전기적으로 두신호를 합성하여 복조하는 편파합성(Diversity) 수신도 고려되고 있다.

지금까지 실험적으로 최저손실 광섬유를 이용하여 얻은 결과로는 200-300km 초장거리 전송실험에 성공하고 있으며 한 예로서 AT & T Bell 연구소에서는 2Gbit/s 고속변조로 150 km 무중계 전송이 가능함을 보여 주고 있다.

최근 발표된 코히어런트 광통신 시스템의 전송실험예를 표 4에서 보여주고 있다.

현재까지 전송실험결과로 보면 코히어런트 전송방식은 직접검파방식에 비해 많은 이점을 가지고 있는 반면에 상대적으로 시스템은 대단히 복잡하다.

다음은 코히어런트 전송방식에서 해결해야 할 문제점들에 대해 검토해보기로 한다.

1) 광원 (Light source)

이미 언급한바와 같이 코히어런트 통신을 하기에는 반도체 레이저 다이오드의 스펙트럼의

표 4 최근의 전송실험 예
RECENT SYSTEM EXPERIMENTS

| SYSTEM | BITRATE | SENSITIVITY | FIBRE | LAB. |
|---|---------------------------------------|-----------------------------|-------|----------|
| FSK by direct modulation of LEC laser. Heterodyne | 400Mbit/s | - 49dBm | 270km | NTT |
| FSK using DFB lasers (split contact). Single filter heterodyne. | 140Mbit/s | - 49dBm | 243km | NEC |
| FSK using DFB Tx. LEC local osc. Heterodyne | 1 Gbit/s | 36dBm | 100km | Bellcore |
| DPSK using External phase modulator. LEC laser. Heterodyne | 400Mbit/s 1 Gbit/s (2, 4Gbit/s) | 53dBm 45dBm (- 36dBm) | 150km | AT & T |
| ASK, multipoint (3-phase) | 320Mbit/s | 48dBm | | STL |

폭이 너무 넓다는 것이다.

지금까지는 스펙트럼 순도때문에 PSK 방식에서는 He-Ne 레이저를 사용하고 있지만 외부공진기를 갖는 레이저다이오드 광원을 사용하여 가능한한 스펙트럼 폭을 좁히려고 하는 연구를 진행하고 있다.

그러나 실용화를 고려할 때 외부공진기를 사용하면 부피가 커지고 외부진동에 안정하지 못하기 때문에 가능한 작게 모듈화를 하여야 하고 안정한 동작을 하도록 하는 것이 개선을 하여야 할 금후의 목표이다.

금후 요구되고 있는 스펙트럼 순도의 목표치로 ~KHZ를 향한 특성향상이다.

2) 파장제어기술

광원의 발진주파수는 온도등의 주위환경에 의해 변하기때문에 신호광과 국부발진광을 근접시켜 중간주파수를 얻는 헤테로다인 검파 방식에서는 항상 중간주파수내로 유지하도록 안정한 동작을 시켜야 한다.

중간주파수의 안정화는 오차신호를 검출하여 국부발진광원의 구동전류를 제어하는 방식으로 이용되고 있다.

앞으로의 과제로는 각 회선간의 주파수 간격을 일정하게 유지하며 특히 실용을 위하여 신호광원의 제조시 발진과장 재현성을 실현하는 것이다.

3) 편파변동의 문제

수신단에서 해결해야할 문제는 계속 변하고 있는 신호광의 편파를 국부발진 편파와 어떻게 일치시키느냐 하는 것이다.

신호광의 편파가 한 방향으로 계속하여 회전하는 경우에도 편파를 제어하는 대책이 마련되어야만 한다.

이와같은 편파변동에 대한 대책을 알아 보기로 한다.

편파정합회로가 없는 경우에 사용하는 전송선로로는 두 종류로 생각할 수 있다.

그 하나는 편광유지광섬유를 사용하는 경우이며 광섬유자체의 우수한 편파유지특성을 이용하기 때문에 편광도의 향상이 커다란 과제이다.

다음은 기존 단일모드 광섬유를 사용할 경우로 직교편파(HE₁₁과 HE₁₂ 모드)를 각각 수신하여 전기적으로 합성하는 것이다.

이 방법은 두 모드를 각기 수신할 때 분파손실이 커서 수광레벨이 열화된다.

다음은 편파정합회로를 가진 경우 전송로와 편파변동 대책을 알아본다.

전송로는 기존 단일모드광섬유가 사용되고 있으며 신호광 또는 국부발진광의 편파상태를 제어하므로써 편파를 정합할 수 있다.

요약하여 표 5에서 편파변동대책 및 문제점을 보이고 있다.

표 5 편파변동대책 및 문제점

| 편파정합회로 | 전 송 로 | 편파변동 대책 | 문제점 및 과제 |
|--------|-----------------|---|---|
| 무 | 편광유지광섬유 | 편파 특성 이용 | 편광도 향상 |
| | 기존광섬유 (진원코어) | 직교편파(HE ₁₁ 과 HE ₁₂)를 각기 수신하여 전기 영역합성 | 분파손실이 커 수광레벨의 열화 |
| 유 | 기존광섬유 (진원코어) | 신호광 또는 국부발진광의 편파상태제어 | 1. 편파제어소자, 광섬유형 선광자, 전기광학소자인 경우는 편파의 무한회전에 적용안됨. 2. 회전과장판은 기구 부품이 복잡 |

표 6 광통신의 개발방향.
R & D Trends of Fiber-Optic Transmission Systems

| Technology | In Practice | In Research |
|--------------|--|-------------|
| Wavelength | 0.8 μm \rightarrow 1.3 μm \rightarrow 1.5 μm \rightarrow 2 - 10 μm | |
| Modulation | Intensity | Phase |
| Detection | Direct | Heterodyne |
| Trans. Speed | ~ 200Mb/s \rightarrow ~ 400Mb/s \rightarrow ~ 2 Gb/s \rightarrow ~ 10Gb/s | |
| REP. SPACING | ~ 10km \rightarrow ~ 30km \rightarrow ~ 100km \rightarrow ~ 300km | |
| OPT. Fiber | Multi-M. \rightarrow Single. M. \rightarrow Birefringence | |
| Laser Diode | Multi-M. \rightarrow Single M. \rightarrow Single Freq. | |
| Device | Micro-Optices \rightarrow Oeic \rightarrow Composite Oeic | |
| System | Point-To-Point Multi-Points Integrated Network | |

5 광통신의 개발방향

지금까지 초고속 광통신을 하기 위한 전송선로로 분산제어 광섬유와 편광유지 광섬유의 특성을 살펴보고 전송방식에서는 Gbit 통신과 코히어런트 통신에 대해서 개괄적으로 설명하였다.

마지막으로 광통신의 개발방향을 개괄적으로 살펴보기로 한다.

사용광원은 단파장에서 장파장으로 이동하며 극저손실화 적외광섬유사용을 위해서 2 μm 이상에서 전송가능성연구가 진척되고 있다.

전송방식에서는 기존 강도변조로부터 광을 광파로서 이용하기 위해 위상을 변조하고 검파방식으로는 헤테로다인 검파방식을 사용하므로써 ~수 100km를 무중계 Gbit/s 전송속도가 달성되리라 본다.

여기에 최적인 선로로는 이미 언급한 바와 같이 편광유지광섬유이기 때문에 실용화연구가 활발히 진행되고 있으며 광 디바이스 측면에서는

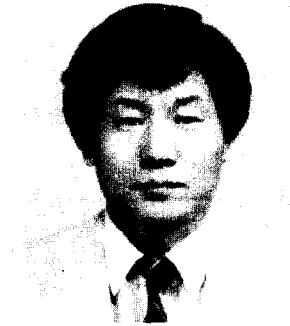
단일파장발진 레이저 다이오드의 연구가 진행되고 있다.

궁극적으로는 OEIC (Opto Electronic Integrated Circuit)를 완성하므로써 금후 광대역 고속통신, 즉 수 10~수100 파장다중화 전송 기술이 달성될 것이며 광부품을 집적화하여 통신 시스템을 소형화 하므로써 ISDN이 실현될 것이다.

참 고 문 헌

1. Conference on optical Fiber communication OFC'86.
2. A.H. GNAUCK "4Gb/S Transmission over 103Km of optical Fiber using a novel Electronic Multiplexer/Demultiplexer" J. of Lightwave Technology, Vol.LT-3, No.5, Oct. 1985.

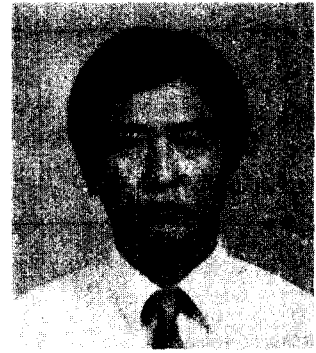
3. 光技術動向 調査報告書Ⅲ, 昭和 62年 3月, 財
團法人 光産業技術振興協會 (日本)
4. 13th European Conference on optical Com-
munication, ECOC'87.
5. Conference on Optical Fiber Communica-
tion, OFC'87 Minitutorial Sessions.



李 原 昇

저자약력

- 1966. 2 : 연세대 전기공학 졸업
- 1968. 8 : 금성전선 (주) 입사
- 1978. 5 : 금성전선 (주) 기술개발부장
- 1981. 4 : 금성전선 (주) 기술연구소 책임연구원
- 1984. 2 : 금성광통신 (주) 공장장



金 基 大

저자약력

- 1970. 2 : 경희대 전자공학과 졸업
- 1985. 8 : 연세대학교 산업대학원 전자공학과 졸
업 (석사)
- 1976. 11 : 금성전선 (주) 입사
- 1984. 2 : 금성광통신 (주) 기술과장