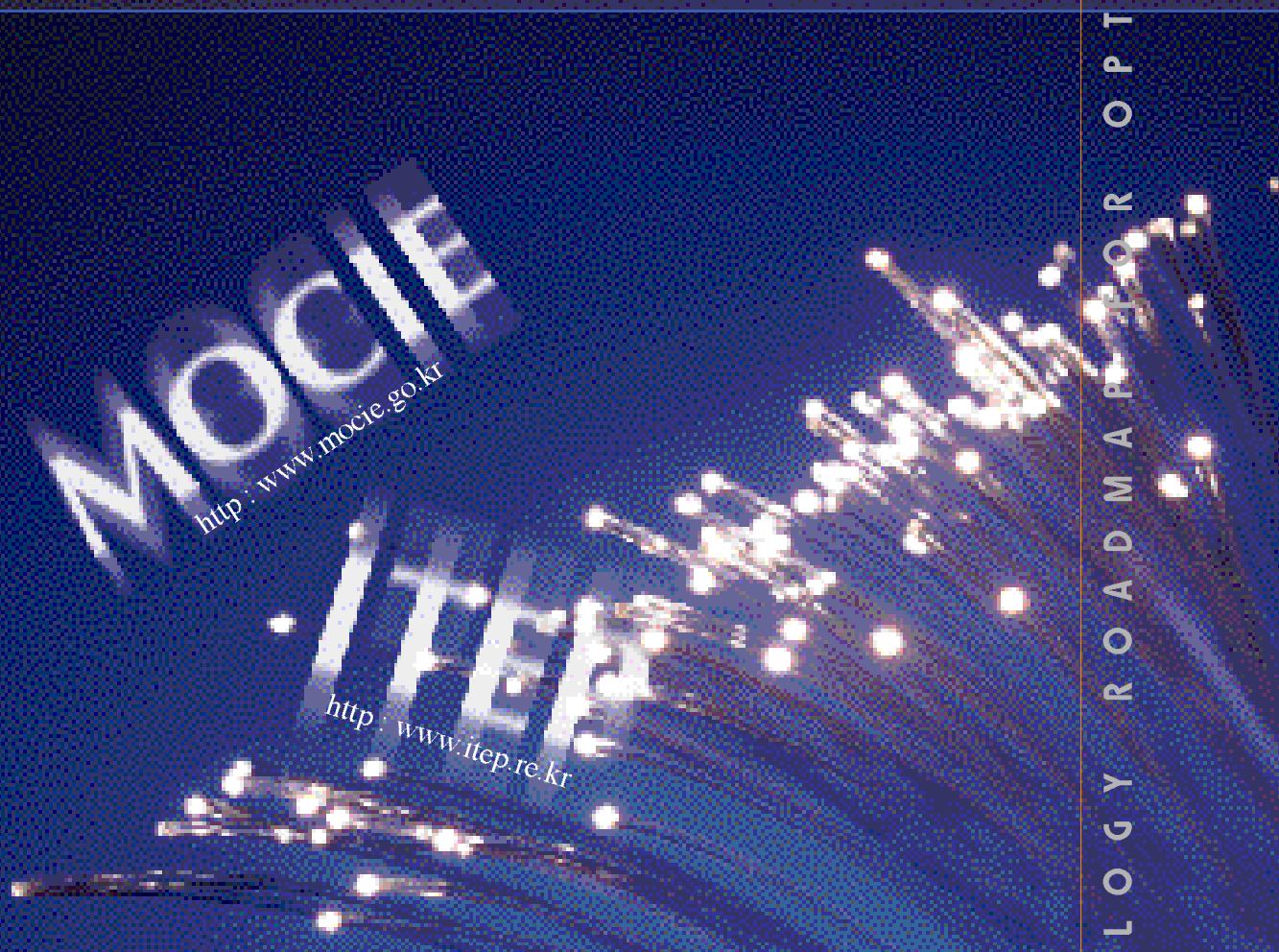
연구보고서 201-06-109

TECHNOLOGY ROADMAP
광 섬 유

TECHNOLOGY ROADMAP FOR OPTICAL FIBER



2001. 8

산업자원부
한국산업기술평가원

동 광섬유 로드맵 보고서 작성작업에는 다음의 전문가들이 참석하였습니다.

광섬유 위원명단

박승한 / 연세대학교 교수 위원장

이병호 / 서울대학교 교수 소위원장

송석호 / 한양대학교 교수 소위원장

이상배 / KIST 센터장

황진택 / 삼성종합기술원 전문연구원

박남규 / 서울대학교 교수

김장주 / 광주과학기술원 교수

김정안 / KIST 책임연구원

권일범 / KRISS 선임연구원

이동한 / 충남대학교 교수

김덕영 / 광주과학기술원 교수

정영주 / 광주과학기술원 교수

이명현 / ETRI 책임연구원

민경집 / LG종합기술원 부장

개 요

21세기에 세계 각국이 요구하는 정보량은 컴퓨터와 멀티미디어 및 인터넷 기술이 발전함에 따라 폭발적으로 증가하리라 예상되고 있다. 따라서 최근 선진 각국은 시급히 요구되는 대용량, 초고속, 고품질 정보 통신망을 구축하기 위하여 광섬유 기술을 핵심 국가사업으로 선정하고, 적극 지원하는 추세이다.

이와 같은 광섬유 기술은 21세기를 선도할 지식 집약적 과학기술로써 국가 경쟁력을 좌우할 신산업 창출의 중요한 원동력으로 작용할 것으로도 예상되므로, 1,000조원 이상의 정보통신 시장을 목표로 한 광섬유 기술 분야의 원천기술의 확보 및 연구개발 전략의 수립이 시급히 요구된다.

본 보고서는 광섬유 기술을 기능과 역할에 따라서 실리카 광섬유, 플라스틱 광섬유 및 광섬유 센서/소자로 분류하고, 각각의 분야에 대하여 구체적인 기술 로드맵을 제시함으로써, 향후 국내 광섬유 기술 개발에 관한 효율적인 사업추진 및 전략적 목표 설정에 이바지 하고자 작성 되었다.

제1장에서는 광섬유 기술에 관한 비전 제시 및 전반적인 기술 소개를 하였으며, 제2장부터 제4장까지는 실리카 광섬유, 플라스틱 광섬유 및 광섬유 센서/소자에 관한 기술개발 현황, 시장 현황, 기술개발 전망, 기술개발 목표, 및 장애요인을 구체적으로 기술한 후 기술 로드맵을 제시하였으며, 이를 종합하여 제5장에서 2001년부터 2010년까지의 총괄적인 광섬유 기술 로드맵을 제시하였다.

목 차

제 1 장 총 괄 1

1.1 광섬유 기술의 비전 1

1.2 광섬유 기술의 역할과 전망 2

1.3 광섬유 기술 로드맵의 구성 3

제 2 장 실리카 광섬유 4

2.1 개요 4

2.2 실리카 광섬유의 개발 및 응용 현황 7

2.3 실리카 광섬유의 시장 현황 9

2.3.1 전송용 광섬유의 시장 현황 9

2.3.2 광증폭기용 광섬유의 시장 현황 11

2.4 실리카 광섬유 기술개발 전망 13

2.5 실리카 광섬유의 Performance Targets 16

2.5.1 장거리 광전송용 실리카 광섬유 기술 18

2.5.2 중·단거리 광전송용 실리카 광섬유 기술 18

2.5.3 광대역 광증폭기용 광섬유 기술 20

2.5.4 특수 실리카 광섬유 기술 21

제 3 장 플라스틱 광섬유 23

3.1 개요 23

3.2 플라스틱 광섬유 개발 및 응용 현황 26

3.3 플라스틱 광섬유 시장 현황 31

3.4 플라스틱 광섬유 기술개발 전망 34

3.5 플라스틱 광섬유 기술적 목표 설정 37

3.5.1 원거리 통신용 POF 기술 37

3.5.2 근거리 통신용 POF 기술 40

3.5.3 조명 및 이미지 POF 기술 45

3.5.4 POF 부품 및 성능 평가 기술 48

제 4 장 광섬유 센서 및 소자 52
4.1 개요 52
4.2 광섬유 센서 및 소자 개발 및 응용 현황 55
4.3 광섬유 센서 및 소자 시장 현황 60
4.4 광섬유 센서 및 소자 기술 개발 전망 67
4.5 광섬유 센서 및 소자의 Performance Targets 70
4.5.1 화학 및 바이오 광섬유 센서 70
4.5.2 광섬유 물리량 센서 72
4.5.3 능동형 광통신 소자 75
4.5.4 수동형 광통신 소자 79

제 5 장 광섬유 기술 로드맵 83
실리카 광섬유 기술 로드맵(Target) 84
실리카 광섬유 기술 로드맵 85
플라스틱 광섬유 기술 로드맵(Target) 86
플라스틱 광섬유 기술 로드맵 87
광섬유 센서 및 소자 기술 로드맵(Target) 88
광섬유 센서 및 소자 기술 로드맵 89

제 6 장 맺음말 90

참고문헌 91

그림 목차

그림 2-1. 광섬유의 원리도 4
그림 2-2. 광섬유의 기술 추이도 5
그림 2-3. 통신용 광섬유의 세계시장 성장 추세 6
그림 2-4. 광섬유 수요 분야의 변화 7
그림 2-5. 국가별 광섬유 생산량 10
그림 2-6. 실리카 광섬유의 기술 추이 15
그림 2-7. 여러 가지 단일모드 광섬유의 감쇠 및 분산 특성 17
그림 3-1. SI-POF와 GI-POF의 특성 26
그림 3-2. POF 시장 동향 예측 31
그림 3-3. 일본 POF 시장 동향 32
그림 3-4. POF 시장 분류 33
그림 3-5. POF 분류별 시장 예측 33
그림 3-6. POF 기술 전개 방향 35
그림 3-7. 전송속도에 따른 전송거리의 비교 35
그림 3-8. 가정 내 네트워크용 전송매체의 전송속도 36
그림 3-9. 가정 내 네트워크용 전송매체의 전송속도 36
그림 3-10. LAN 시스템의 모형도 38
그림 3-11. 자동차에 적용된 POF System 41
그림 3-12. POF의 Home Network 응용 43
그림 3-13. 자동차와 관련한 POF 및 POF 관련 부품 시장 예측 49
그림 4-1. 광센서용 특수 광섬유 종류 54
그림 4-2. 유럽의 광섬유 센서 시장 현황 60
그림 4-3. 유럽의 광섬유 센서 제품별 시장 현황 61
그림 4-4. 미국의 광섬유 센서 전체 시장 규모 62
그림 4-5. 미국의 광섬유 센서 제품별 시장 현황 62
그림 4-6. 파장대별 광증폭기 시장 전망 65

표 목차

표 2-1. 실리카 광섬유의 응용 분야 9

표 2-2. 전송용 광섬유의 SMF/MMF 이외의 광섬유 시장 전망 비교 10

표 2-3. 광통신관련 국내 시장 전망 11

표 2-4. 세계적 광증폭기 시장의 예측 12

표 2-5. 선진국의 실리카 광섬유의 연구개발 동향 14

표 3-1. 정보통신 매체와 요구 Bandwidth 23

표 3-2. GOF와 POF의 비교 25

표 3-3. POF의 응용 분야 28

표 3-4. POF의 규격화 진행 현황 29

표 3-5. POF 주요 개발 현황 30

표 3-6. 자동차에 POF 적용을 위한 규격화 동향 42

표 3-7. POF 조명의 특성 및 장점 46

표 3-8. POF 기술과 시장의 장애요인 51

표 4-1. 광섬유 센서 기술의 장점 53

표 4-2. 수동형 광섬유소자의 세계시장 전망 63

표 4-3. 세계 광통신 부품 시장 전망 64

표 4-4. 수동형 광섬유소자의 세계시장 전망 64

표 4-5. 능동형 기능부품의 세계시장 전망 65

표 4-6. 다중화 방식별 광통신 소자 세계시장 전망 66

제 1 장 총 괄

1.1 광섬유 기술의 비전

○ 21세기 고도 정보화 사회의 실현을 위한 초고속 정보 통신망의 구축은 미래의 모든 산업과 사회 변화에 지대한 영향을 미칠 것이므로 시급히 구현해야 할 중요한 현안임.

○ 특히 대용량, 초고속, 고품질의 정보 통신망의 실현은 개인, 사무실, 가정, 차량 등의 미시적 멀티미디어 네트워크 시스템 단위체로부터 도시, 국가, 대륙간에 구축된 거시적 정보 통신망에 이르기까지 실시간 정보 교환을 가능하게 함으로써, 삶의 양식의 급격한 변화는 물론 정보 및 지식을 바탕으로 하는 지식기반 산업의 창출을 주도할 것임.

○ 최근 세계 각국에서는 정보 통신망 분야에서 기술적 우위를 확보함으로써 자국의 국가 경쟁력을 높이려는 목적에서 초고속 정보통신망의 구축을 핵심적인 국가 사업으로 지원하고 있음.

○ 광섬유 기술은 이러한 초고속 정보 통신망 구축에 필요한 기간망 및 기기의 개발, 지식 및 정보의 생성, 저장, 가공 및 교환 기술의 개발, 그리고 사회 전 부분의 효율성 향상에 직결되는 가장 중요한 핵심 기술임.

○ 따라서 초고속 광통신 기간 망을 성공적으로 구축하고, 국가 경쟁력을 높이며, 급격한 증가 추세에 있는 세계적인 광통신 시장에 적극 참여하기 위해서는 근거리 및 원거리 광전송용 광섬유와 전송된 정보를 감지하거나 획득하는 광섬유 센서/소자에 관한 원천기술을 반드시 확보하여야 함.

1.2 광섬유 기술의 역할과 전망

○ 광섬유 기술이란 광섬유 혹은 광섬유를 이용한 기술을 통하여 근거리 및 원거리에 초고속 대용량 광정보를 전송하거나 전송된 정보를 획득 혹은 감지하는 기술 일체를 말함.

○ 광섬유는 대용량의 정보를 초고속으로 전송할 수 있고 전송하는 정보의 손실도 극히 적기 때문에 원거리 및 근거리 통신에 가장 적합한 기능을 갖고 있어 초고속 정보 통신망 구축에는 물론 고기능성 소자 및 고정밀 센서로 응용되고 있는 고부가 가치의 전략 품목임.

○ 광섬유는 소재에 따라서 실리카를 바탕으로 하는 유리 광섬유와 폴리머 물질을 이용한 플라스틱 광섬유로 분류되며, 소재의 광학적 및 물리적 특성 차이, 부품 제조 단가, 전송 속도에 따라서 장·단점을 지니고 있음.

○ 유리 광섬유는 2001년 현재 전세계 통신 시장의 약 40%에 달하는 시장 점유율을 차지하고 있으며, 파장분할 통신과 같은 차세대 통신기술의 발달로 인하여 역분산 광섬유, 다심 비영분산천이 광섬유, 파장 분할 다중 송신 등과 같은 차세대 신 기능성 광섬유로 발전· 상용화 되고 있음.

○ 플라스틱 광섬유는 뛰어난 가격 경쟁력과 설치의 우수성 및 광섬유 간 연결 용이성 때문에 근거리 통신망 시스템에 실용적인 첨단소재이며, 특히 정보화의 최소 단위인 SOHO, 가정, 차량 등 독립된 단위체 내의 개별적인 멀티미디어 시스템의 구축을 가능케 함으로써 유리 광섬유를 이용한 장거리 통신망과 훌륭한 조화를 이룰 것으로 기대되고 있음.

○ 또한 광섬유는 초고속 광 네트워크 시스템 구축을 위한 광커플러, 파장 분할 다중기, 증폭기, 광 스위치, 광섬유 격자 등과 같은 고기능성 광섬유 소자

들과 외부에서 가해지는 물리량에 대한 정밀한 측정과 고속 측정 분석에 이용되고 있는 광섬유 센서들로 발전·개발되어 연평균 10% 이상의 급격한 시장 성장률을 기록하고 있음.

○ 21세기를 선도할 지식 집약적 과학기술로써의 광섬유 기술은 국가 경쟁력을 좌우할 신산업 창출의 중요한 원동력으로 작용할 것이므로, 1,000조원 이상의 정보통신 시장을 목표로 한 광섬유 기술 분야의 원천기술의 확보 및 연구개발 전략의 수립이 시급히 요구됨.

1.3 "광섬유 기술 로드맵"의 구성

○ 본 "광섬유 기술 로드맵"은 광섬유 기술 개발에 관한 효율적인 사업추진 및 단계적인 전략 목표 설정에 이바지 할 수 있도록, 광섬유 기술을 기능과 역할에 따라서 실리카 광섬유, 플라스틱 광섬유 및 광섬유 센서/소자로 분류하고 각각의 분야에 대한 구체적인 기술 로드맵을 제시하려는 목적에서 작성되었음.

○ 제1장에서는 광섬유 기술의 중요성 및 소개를 하였으며, 제2장부터 제4장까지는 실리카 광섬유, 플라스틱 광섬유 및 광섬유 센서/소자 각각에 관한 기술개발 현황, 시장 현황, 기술개발 전망, 기술개발 목표 및 장애요인 등을 구체적으로 기술한 후 기술 로드맵을 제시하였으며, 이를 제5장에서 2001년부터 2010년까지의 총괄적인 광섬유 기술 로드맵으로 제시하였음.

제 2 장 실리카 광섬유

2.1 개 요

○ 광섬유란 굴절률이 높은 코어(core) 영역과 굴절률이 낮은 클래딩(cladding) 영역으로 구성되는 “광도파로”로서, 굴절률이 다른 두 물질의 경계에서 임계각 이상으로 입사 된 빛이 경계면에서 전반사가 일어나는 현상을 이용하여, 코어 영역으로 입사 된 빛을 코어 영역 내부에서 계속 전반사 시키며 장거리까지 빛을 전송하는 것을 뜻함.

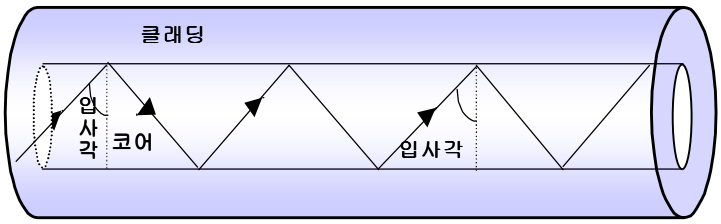


그림 2-1. 광섬유의 원리도

○ 광섬유는 크게 단일모드 광섬유(single mode fiber: SMF)와 다중모드 광섬유(multi-mode fiber: MMF)로 나뉘는데, 단일모드 광섬유는 광대역 고속 장거리 전송을 지원하지만 코어의 크기가 작기 때문에 광원과의 연결 및 광섬유간의 접속이 어렵다는 단점이 있고, 다중모드 광섬유는 코어의 크기가 커 접속이 많은 곳에 유리하지만 대역폭의 한계로 인해 중•단거리용으로 용도가 제한되어 사용되고 있음.

○ 광통신 기술의 발전은 저손실 실리카 광섬유 및 능동광섬유(광증폭용) 의 등장으로 가능하게 되었으며, 이러한 기술을 이용한 파장 다중 광전송 기술은 최근 10 Tb/s 급 수준으로 발전되고 있음.

○ 광섬유 산업의 비중은 전체 광통신부품 시장의 40% 수준으로(2000 년 기준으로 볼 때 452 억달러 통신장비 시장 중 광섬유 산업시장은 173 억달러에 이름), 광통신 기술의 중요한 비중을 차지하고 있음(ElectroniCast, SRI Consulting).

○ 기존 단일모드 광섬유 시장은 인터넷수요의 급증에 따라 공급이 현재로서는 부족한 상태이나 머지 않아 현재 확장 추세에 있는 대량 생산 공급 용량에 비해 수요 감소세로 말미암아 시장 축소가 예상됨.

○ 선진국 통신 사업자들 위주로 새로 설치하는 광선로에 대해서는 다심 비영분산 천이 광섬유(non-zero dispersion-shifted fiber: NZDSF)와 같은 신 기능성 광섬유를 이용하려는 경향이 나타나므로 향후에는 기능성 광섬유 시장의 급성장이 예상됨(그림 2-2, 그림 2-3 참조).

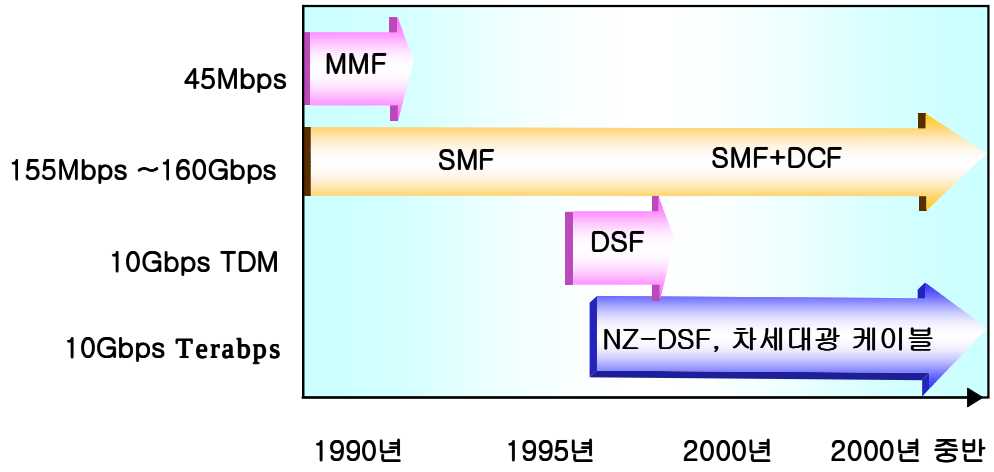


그림 2-2. 광섬유의 기술 추이도

* DCF : 분산보상 광섬유(Dispersion Compensation Fiber)
DSF : 분산천이 광섬유(Dispersion-shifted Fiber)
TDM : 시분할 다중화(Time Division Multiplexing)

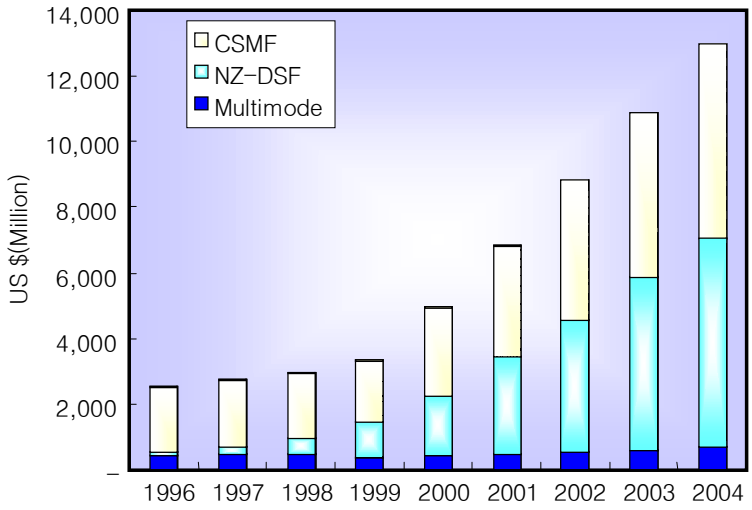


그림 2-3. 통신용 광섬유의 세계시장 성장 추세
(자료 : KMI 2000)
(CSMF: 일반 단일모드 광섬유(conventional single mode fiber))

○ 근래에 들어와 10 Gb/s 급 이상의 광전송을 위해 역분산 광섬유(Reverse Dispersion Fiber: RDF), 저분산 광섬유(Low Dispersion Fiber: LDF), NZDSF 를 포설하려는 움직임과, 동시에 대용량 파장분할 다중화(Wavelength Division Multiplexing: WDM) 광전송을 위해 대구경 코어 단일모드 광섬유(large core single mode fiber), 무수화 광섬유(OH free fiber) 등을 설치하려는 움직임이 있어 이러한 종류들의 광섬유 시장이 점차 비중이 커져 갈 것으로 전망됨.

○ 특히, 가입자계에도 IEEE 1394b 규격에 의하면 향후 400Mb/s 급 이상의 가입자 및 홈 네트워크용 광통신을 위해서 다중모드 실리카 광섬유를 사용하려는 논의가 있어 실리카 광섬유의 중요성은 장거리 전송에서 가입자계까지 비중이 커져 가고 있음.

○ 따라서, 장거리 광전송용 특수 특성의 실리카 광섬유의 개발과 더불어 가입자계용 실리카 광섬유의 저가격 및 고신뢰성 접속 단자 기술개발이 절실하게 필요함(그림 2-4 참조).

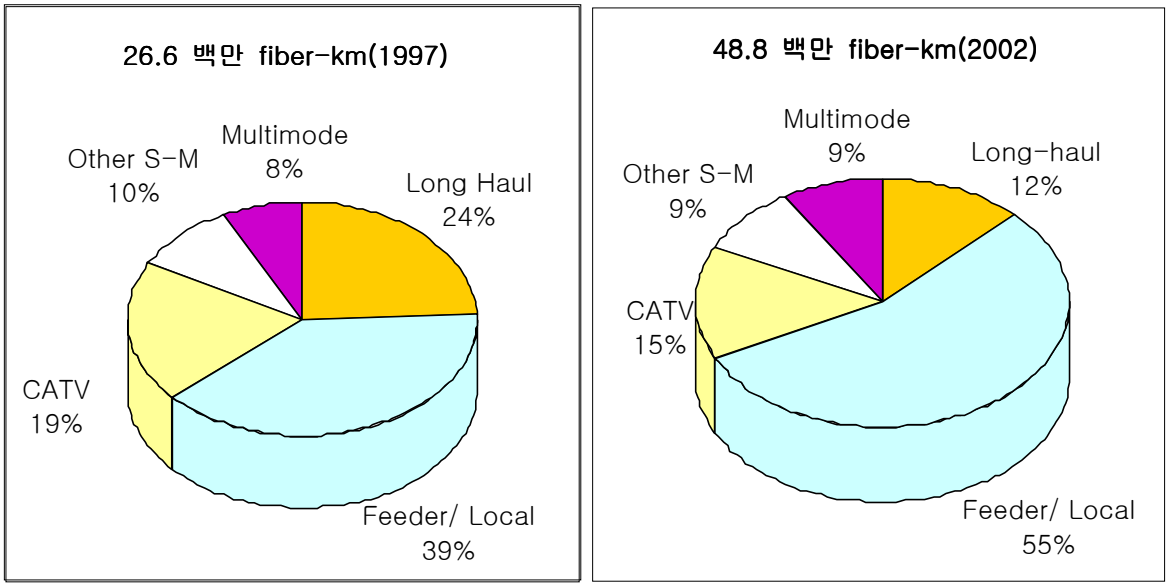


그림 2-4. 광섬유 수요 분야의 변화

2.2 실리카 광섬유의 개발 및 응용 현황

○ 현재까지 시장에서의 점유율이 가장 큰 부분은 기존의 실리카 단일모드 광섬유이나, 기존 단일모드 광섬유로는 개별 채널당 전송 속도에 한계가 발생하므로 주요 선진국 연구소와 산업체에서는 다양한 신 기능성 실리카 광섬유의 개발이 이루어지고 있음.

○ 기존의 단일모드 광섬유는 국내외적으로 대량 생산하고 있는 상황이며, 현재로서는 수요가 많아 시장 확보에는 문제가 없는 상황이나 머지않아 공급능력에 비해 수요가 부족하게 됨과 동시에 신규 광섬유 망 설치 시에는 새로운 특성의 실리카 광섬유 포설이 이루어질 전망임.

○ NTT 는 분산천이 광섬유(Dispersion-Shifted Fiber: DSF)를 전국적으로 약 60% 이상 수준으로 포설하여 고속 시분할 다중화(time division multiplexing: TDM) 방식으로 나아가고 있으나, 기존의 SMF 를 쓰거나 NZDSF 를 사용하는 WDM 방식에 비해 경쟁력이 약함.

○ Lucent 에서는 NZDSF, 광대역 저손실 광섬유(All-wave fiber 즉 OH free fiber) 들을 개발하여 자체 원천 특허를 보유하고 있음.

○ Corning 에서는 대구경 코어 단일모드 광섬유와 음분산 광섬유(negative dispersion fiber)로 metro-core 용 광섬유의 생산 및 실용화 기술개발이 활발히 이루어지고 있음.

○ Alcatel 에서는 저분산(low dispersion) 및 저분산률(low dispersion slope) 광섬유를 생산하고 이를 이용한 대용량 WDM 광전송 기술개발이 활발히 이루어지고 있음.

○ 일본의 Furukawa 에서는 고속 광신호 전송에서 생기는 색분산(chromatic dispersion) 문제를 보상하기 위해 역분산 광섬유(RDF)를 개발하여 일부 광전송 시스템 개발에 적용하고 있음(Furukawa Review, No. 19, April 2000).

○ 분산 보상 광섬유는 일본의 Sumitomo, 미국의 Lucent, Corning 사 등에서 상용화되어 있으며, Pirelli 등에서 광섬유 격자 색분산 보상기(fiber grating chromatic dispersion compensator)를 상용화하였음.

○ 최근 10Gb/s 급 이상의 광전송을 위해 RDF, LDF, NZDSF 를 포설하려는 시도와 대용량 WDM 광전송을 위해 대구경 코어 단일모드 광섬유, 무수화 광섬유 등을 설치하려는 움직임이 있음.

○ 최근에 부각되고 있는 Metro WDM 을 위한 음분산 단일모드 광섬유의 경우도 향후 시장이 커져 갈 것으로 전망됨.

○ 실리카 광섬유의 응용분야는 통신용, 광증폭용 및 광소자용으로 구분됨(표 2-1 참조).

표 2-1. 실리카 광섬유의 응용 분야

용도구분	응용분야	세부분야
통신용	장거리통신 도시형 WDM 전송용 기업의 WAN WDM LAN	해저 광케이블 전화, 유선 TV 업무용
광증폭용	C-band 광증폭 L-band 광증폭 S-band 광증폭 광폭파장 광증폭	EDFA, RFA GS-EDFA, Silica-base TDFA RFA
광센서 및 소자용	광섬유 회절격자용 분산보상용 특수용도	온도보상, 광통신 DCF, RDF, PCF 편광, 비선형, 센서용

EDFA : 어븀 첨가 광섬유 증폭기(Erbium-Doped Fiber Amplifier)
RFA : 라만 광섬유 증폭기(Raman Fiber Amplifier)
GS-EDFA : 이득천이 EDFA(Gain-Shifted EDFA)
TDFA : 툴리움 첨가 불화계 광섬유 증폭기(Thulium-Doped Fluoride-based Fiber Amplifier)
PCF : 편광 모드 분산보상 광섬유(Polarization Mode Dispersion Compensation Fiber)

2.3 실리카 광섬유의 시장 현황

2.3.1 전송용 광섬유의 시장 현황

○ 전송용 광섬유 케이블 세계 시장은 128 억불(2001 년), 222 억불(2006) 년간 약 12~22%의 성장률이 전망됨(표 2-2 참조).

표 2-2. 전송용 광섬유와 SMF/MMF 이외의 광섬유 시장 전망 비교

(단위 : 10 억달러)

	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2010	성장률 (%)
전송용 광섬유	7.1	10.4	12.8	14.1	15.7	17.5	19.6	22.2	41.6	22~12
SMF/MMF 이외의 광섬유	0.48	0.55	-	0.63	-	0.72	-	0.82	1.10	-

(자료: ElectroniCast, KMI)

○ 국내 전송용 광섬유의 생산은 기존의 SMF 광섬유를 중심으로 형성되고 있으며, 내수는 물론 미국 및 유럽시장으로 생산량의 60%를 수출하고 있음.

○ 우리나라의 광섬유 생산량은 1997 년을 기준으로 볼 때 전세계 광섬유 생산량의 2%를 차지하고 있음(그림 2-5 참조).

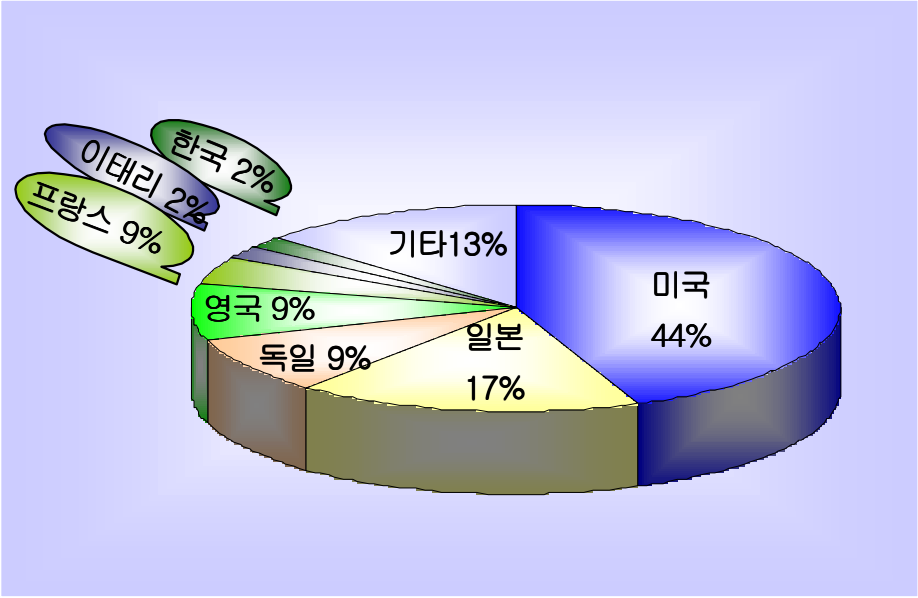


그림 2-5. 국가별 광섬유 생산량 (1997 년)

○ 신기능 광섬유와 특수 광섬유는 국내의 경우 연구단계에 머물고 있어, 향후 세계 광섬유 케이블 시장 확보와 선진국 제품의 국내 시장 잠입을 막기 위해서는 광대역 저손실 및 역분산, 대구경 코어 특성을 가진 특수 광섬유와 같은 새로운 성능의 광섬유 개발이 요구됨.

○ 국내의 전송용 광섬유시장은 최근의 인터넷 수요 급증에 따른 과수요를 넘어서 2002년 이후 꾸준히 성장하여 2005년 이후 전세계시장의 10% 수준으로 시장 성장이 예상됨(표 2-3 참조).

표 2-3. 광통신관련 국내 시장 전망

년	1998	1999	2000	2001	2002	2005	2010
광전송장치(억원)	5,473	7,122	7,993	7,842	5,767	6,200	7,600
광선로(억원)	2,661	6,500	18,000	18,000	20,000	22,000	41,600

2.3.2 광증폭기용 광섬유의 시장 현황

○ 어븀 첨가 실리카 광섬유(Erbium-Doped Fiber: EDF)는 이미 범용화 되어 대용량 광전송 기술에 활용이 되고 있으며, 현재의 광전송 기술이 기존 C-밴드 및 L-밴드 어븀 첨가 광섬유 증폭기(Erbium-Doped Fiber Amplifier: EDFA)의 이득 영역을 거의 다 활용한 수준임.

○ 또한 기존 EDFA 파장 영역 이외에 다른 파장대용 증폭기용 광섬유로 라만 광섬유증폭기(Raman Fiber Amplifier: RFA)용 높은 비선형성 실리카 광섬유, Tm-첨가 불화계 광섬유(Tm-Doped Fiber: TDF), Pr-첨가 불화계 광섬유(Pr-Doped Fiber: PDF) 등도 이미 상용화 되었음(표 2-5 참조).

○ 현재 기존에 나와 있는 광통신용 광증폭기인 EDFA 의 세계시장은 2000 년에 33 억불에서 2004 년에 73 억불로 증가가 예상됨. 광증폭기 원가 부분에서 증폭기용 광섬유가 차지하는 비율은 약 7% 수준으로 크지는 않으나 광증폭기 원천 재료의 확보측면에서 중요함.

○ 당분간은 C-밴드 EDFA, 수년 이후는 L-밴드 EDFA 의 광증폭기 시장이 큰 비중을 차지할 것으로 전망되나, 점차로 초대용량 광전송 기술을 위해 1.25~1.65 ㎛ 전체 파장 대역 광증폭기 시장이 등장할 것으로 전망됨(표 2-4는 EDFA와 Raman 증폭기 시장만 계산한 시장 전망치이며, 표 2-5는 전체 파장 대역 광 증폭기의 상용화 실태를 포함하여 나타내고 있음).

표 2-4. 세계적 광증폭기 시장의 예측 (long-haul, metro and CATV networks)

	2000	2001	2002	2003	2004	CAGR 2000-2004
Unit Sales(천불) % Change	227 153%	353 55%	475 34%	631 33%	825 31%	38%
Revenue(10 억불) % Change	$3.34 129%	$5.09 52%	$5.93 17%	$6.69 13%	$7.32 9%	22%

(자료: Strategies Unlimited 2000)

○ 국내 시장의 경우 2000 년 기준 최소 70 억 이상의 광증폭기 시장이 형성 된 것으로 파악되나 정확한 통계자료는 확립되지 않고 있음. 하지만 통신관련 기술의 발전이나 수요로 볼 때, 세계시장 대비 2005 년 7%, 2010 년 10% 정도의 시장규모가 예측됨.

○ 국내 생산의 경우 ETRI, K-JIST, 서울대 등에서 광섬유 및 광증폭기에 관한 연구가 수행되고 있으며, 개발이 성공적으로 이루어질 경우 국내 수요의 충족은 물론 2003 년 이후 수출도 예상됨.

2.4 실리카 광섬유 기술개발 전망

○ 전송용 실리카 광섬유의 경우에는 기존의 단일모드 광섬유 시장을 대신하여 단위 채널당 높은 전송 속도와 고밀도 다중 밴드 WDM 채널을 수용 할 수 있는 고성능 신기능성 광섬유(10Gb/s 급 이상의 광전송을 위한 RDF, LDF, NZDSF 및 대용량 WDM 광전송을 위한 대구경 코어 광섬유와 무수화 광섬유 등)로써 분산조정 대구경 무수화 단일모드 광섬유(dispersion managed large effective core OH-free single mode fiber)의 개발과 이들의 대용량 광전송에의 실용 기술이 개발될 전망임.

○ 광증폭기용 광섬유의 경우에는 C-band 및 L-band 시장은 물론 장기적으로는 수십 테라비트급 대용량 광통신을 위한 1.25-1.65 ㎛ 전체 파장 대역을 포함하는 광증폭 섬유 및 광증폭기 개발이 이루어질 전망임.

○ 수백 Mb/s 급 이상의 초고속 광 가입자망 및 홈 네트워크를 위해서는 저가격 다중모드 실리카 광섬유 통신망과 저가격 고신뢰성 멀티모드 실리카 광섬유 단자 기술의 개발이 필요함.

○ 특수 실리카 광섬유는 차세대 광통신을 위한 광소자용 뿐 아니라 환경산업/의료보건산업 응용을 위한 센서용으로 연구 개발이 진행 중임.

○ 선진국의 실리카 광섬유 연구개발 동향을 요약하면 표 2-5 와 같음.

표 2-5. 선진국의 실리카 광섬유의 연구개발 동향

구 분	연구개발기관	연구개발내용	비 고
전송용 광섬유	NTT	DSF 상용화	WDM 방식에 약함
	Lucent	NZDSF, 광대역 저손실 광섬유, 분산보상 광섬유	원천특허 보유
	Corning	대구경 코어 광섬유, 음분산 광섬유, 분산보상 광섬유	생산 및 실용화 기술개발
	Alcatel	저분산 광섬유, 대용량 WDM 광전송기술	
	Furukawa	역분산 광섬유	일부 광전송 시스템 개발
	Sumimoto	분산보상 광섬유	상용화
	Pilleli	분산보상 광섬유	
광증폭기용 광섬유	NEC	EDFA 의 C-, L-band, TDFA 의 S, S+ band 를 동시에 사용한 WDM	10.2 Tb/s 구현
	NTT	1.47 ㎛ 파장대 TDFA, 1.30 ㎛ 파장대 PDFA	상용화
	IPG	1.47 ㎛ 파장대 TDFA	상용화
	Lucent	라만증폭기	상용화
	Corning	라만증폭기	상용화
	Nortel	라만증폭기	상용화
특수 광섬유	AT&T, NTT	광통신용 광섬유격자	연구개발중
	BT(영국)	해저케이블용 광섬유격자	연구개발중
	미 해군연구소	선체변형측정용 광섬유격자	적용중
	Sumimoto, Lucent, Corning	분산보상 광섬유	상용화
	Pirelli	분산보상 광섬유 격자 소자	상용화

	영국 Southampton 대학	Photonic Crystal Fiber	기초연구
	Corning, 3M, Fujikura, Fibercore	편광유지광섬유	생산중
	AKZO, 3M, IBM, Lucent, Corning, Lockheed, NTT	비선형 광소자용 광섬유	연구개발중
	영국 Bath 대학	Photonic Crystal Fiber, Fibercore, QPS, Redferm, Ge 첨가 고감광성 광섬유	기초연구 및 상용화

○ 각 응용 분야별 실리카 광섬유 기술은 그림 2-6 에서와 같은 경향으로 전개될 것으로 전망됨.

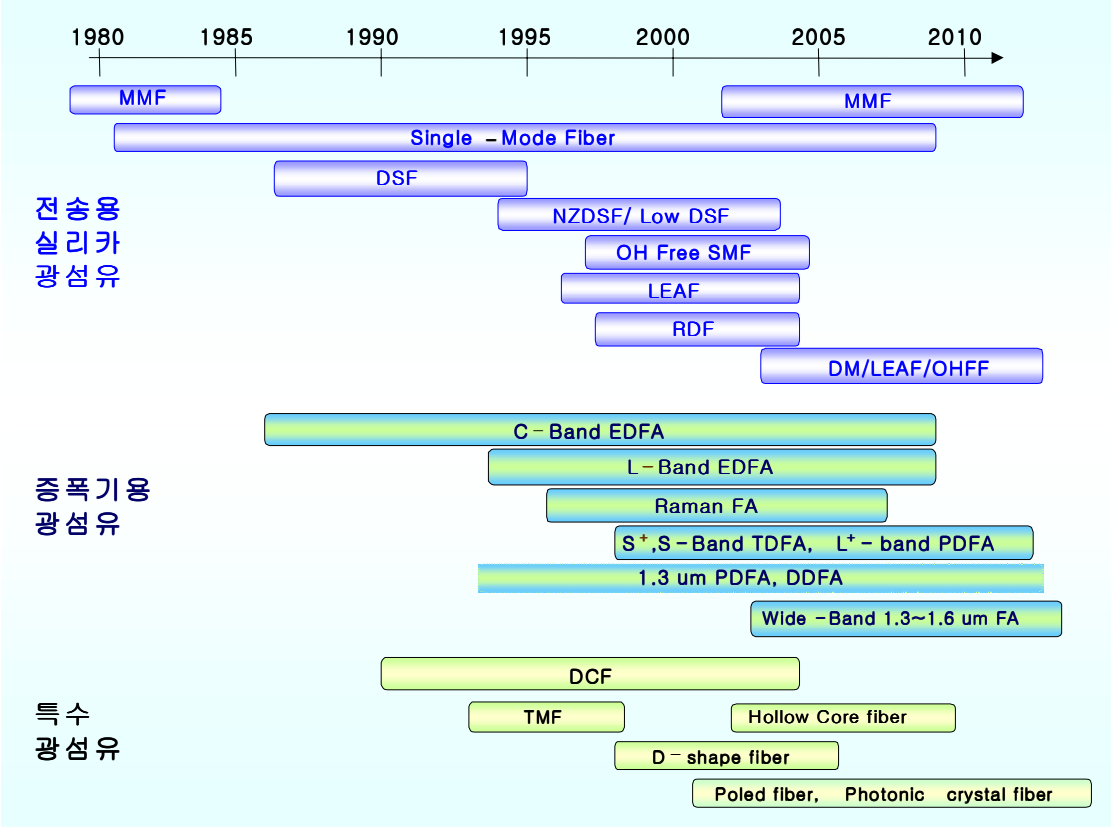


그림 2-6. 실리카 광섬유의 기술 추이

2.5 실리카 광섬유의 Performance Targets

○ 초고속 데이터 전송매체로서 요구되는 실리카 광섬유의 성능과 현재 진행중인 각 응용 분야의 실리카 광섬유 규격화를 고려해 볼 때, 실리카 광섬유 분야의 국가 경쟁력을 확보하기 위해서는 다음과 같은 핵심기술을 개발하여야 함.

- **장거리 광전송용 실리카 광섬유 기술**
- **중·단거리 광전송용 실리카 광섬유 기술**
  (Metropolitan, 가입자, 홈 네트워크용 실리카 광섬유 및 저가격 고신뢰성 광섬유 단자 양산 기술)
- **광대역 광증폭기용 광섬유 기술**
- **특수 실리카 광섬유 기술**

○ 국내의 실리카 광섬유 관련 연구는 기존의 단일모드 및 다중모드 광섬유의 양산 단계이고, 광증폭기용 광섬유의 경우는 어븀 첨가(Erbium doping)의 경우 산업체에서 개발 실적이 있으나 상용화에는 이르지 못하고 있고, 여타 증폭기용 광섬유 및 특수 기능의 광섬유 제작 기술 또한 일부 정부출연 연구소에서 수행되고 있을 뿐 산업체 기술은 전무한 상태임.

2.5.1 장거리 광전송용 실리카 광섬유 기술

2.5.1.1 기술의 개요

○ 단위 채널당 높은 전송 속도와 고밀도 다중 밴드 WDM 채널을 수용할 수 있는 무수화 광섬유와 NZDSF 등의 분산조정 대구경 무수화 단일모드 광섬유의 개발과 이의 실용화가 추진될 전망임(그림 2-7 참조).

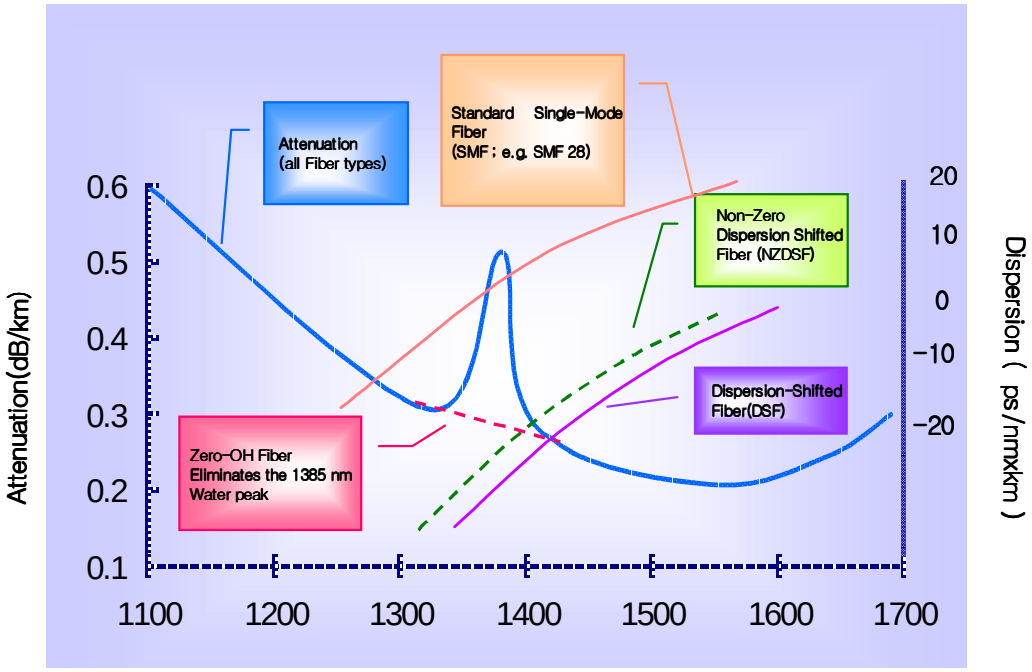


그림 2-7. 여러 가지 단일모드 광섬유의 감쇠 및 분산 특성

○ NZDSF 는 Lucent 사의 Truewave fiber, Corning 사의 LEAF 등이 있으며, Alcatel 사는 최근 채널간격이 50GHz 로 좁혀질 경우에도 사용이 가능한 차세대 NZDSF 로 Teralight 를 개발하였음.

2.5.1.2 기술적 목표 설정(Performance Target)

○ 고속 TDM 및 다채널 WDM 광전송을 위한 분산제어 대구경 무수화 단일모드 광섬유 기술 확보

- **요구 대역폭** : 1.25 ~ 1.65 ㎛ (400 nm)
- Performance Targets :

2005 년 40 Gbps, 1.49~1.61 ㎛, loss <0.35 dB/km

PMD(polarization mode dispersion) <0.1 ps/km$^{1/2}$

2010 년 >40 Gbps·over 1.25 ~1.65 ㎛, loss <0.35 dB/km

2.5.1.3 기술적 장애 요인 및 연구 개발 분야

○ 분산제어 및 코어 구경 확대, 무수화 실리카 광섬유 부분의 원천 특허 확보에 문제가 있음.

○ 선진국 원천 특허를 회피할 수 있는 새로운 구조 및 특성의 실리카 광섬유 개발이 필수적임.

○ 광섬유 특성 측정 기술의 신뢰성 향상이 필요하며 국제적 수준의 광섬유 측정기술을 확립하기 위한 연구가 요구됨

2.5.2 중 · 단거리 광전송용 실리카 광섬유 기술

2.5.2.1 기술의 개요

○ 다중모드 광섬유(MMF)는 중•단거리 전송 용도의 코어 반지름 50~60 ㎛의 광섬유를 뜻하는 것으로서, MMF 에서는 coupling 된 횡모드(lateral mode)에 따라 군간 속도(group velocity)의 차이가 발생할 수 있기 때문에 굴절률을 정밀하게 제어할 수 있는 기술이 필요할 뿐만 아니라, 제조 기술의 상당한 know-how 를 필요로 함.

○ MMF 는 SMF 에 비하여 접속 및 변환장치 등 부대장비 비용이 적게 드는 장점을 바탕으로 중•단거리 전송 용도로 수요 증가세를 보이고 있으며, 이를 지원하는 Gigabit Ethernet 분야에서는 현재 전송거리 260~500m 까지도 지원하는 것으로 알려져 있음. 앞으로 전송거리 확장이 지원될 경우 단말기의 가격을 낮출 수 있으리라 예상됨.

2.5.2.2 기술적 목표 설정(Performance Target)

○ Metropolitan 광전송용 광섬유 기술의 개발

- Metro 응용의 경우, 기본적 광섬유 특성은 일반적 단일모드 광섬유에서 크게 벗어나지 않을 것으로 보임. 특히, metro system 의 경우, 고속 TDM base, 무중계 전송과 같은 시스템 특성을 고려할 때, 저손실화, 저손실 대역 평탄화, 편광모드 분산(PMD) 특성 등이 강조 되어야 할 것임.

○ 광가입자용 광섬유 기술의 개발

- 저가격이면서, 충격, 압력, 습기 등에 강한 구조로 광섬유 및 외장재가 설계되어야 할 것임. 접속단자에 있어서는 반사율을 최소화 시킬 수 있는 고 신뢰성 저 반사면의 개발 등이 필요함.

○ 홈 네트워크용 광섬유 및 저가격 고신뢰성 단자 기술의 개발

- Bending loss sensitivity 가 낮고, 대구경이면서 접속손실의 감소와 접속체 설계의 편이성, 단가절감을 지원하는 광섬유가 필요함. 습기와 먼지 등 외부 환경에 강한 접속단자가 요구됨.

2.5.2.3 기술적 장애 요인

○ 현재 국내에서 생산되는 광섬유는 주로 기본적 구조의 단일모드 광섬유이며, 그 외의 특수한 구조를 가지는 광섬유에 대한 설계 및 제조 기술을 충분히 확보하고 있지 못한 상태임. 대구경 광섬유와 같은 경우 국내시장에의 적용기준 등이 확보되어있지 않으며, 특허 및 자원의 제약으로 개발이 되지 않고 있음.

○ 단자기술에 있어서는 최근 대기업과 많은 중소기업이 생산을 하고 있으나 연구력 향상을 통한 고부가 가치의 상품을 개발하지 못하고 있음.

2.5.3 광대역 광증폭기용 광섬유 기술

2.5.3.1 기술의 개요

○ 기존의 C-밴드 및 L-밴드 실리카 광섬유 증폭기는 이미 WDM 광전송 시스템에 보편적으로 활용이 되기 시작하였음.

○ 근래에 들어와 S+, S-밴드대 TDFA 및 RFA 가 광전송 시스템에 활용 되기 시작함.

○ 궁극적으로는 1.25-1.65 ㎛ 전체 파장대를 포함하는 광대역 광증폭기 개발이 이루어질 전망임.

2.5.3.2 기술적 목표 설정(Performance Target)

○ 광대역 광증폭기를 위한 광섬유 기술의 개발

- 요구 이득 밴드폭 : 1.25-1.65 ㎛
- Performance Targets:

2005 년 이득 밴드폭 : S+~L+ 밴드

2010 년 이득 밴드폭 : 1.25-1.65 ㎛

2.5.3.3 기술적 장애 요인 및 연구개발 분야

○ 기존의 어븀(erbium) 첨가 실리카 광섬유 증폭기에 대한 원천 특허가 선진국 연구기관에 의해 선점되어 국내 관련 산업체의 경쟁력 확보가 용이하지 않음

○ 국내 출연연구소와 학계 연구진에 의해 광대역 광증폭기용 비실리카 유리 광섬유 소재 및 광증폭기에 대하여 일부 원천 특허가 확보된 상태이므로 이의 지속적 연구가 요망됨.

○ 펌프용 고출력 반도체 레이저와 증폭기용 광섬유 소자(결합기, 펌프 WDM, 마하젠더 결합기 등) 기술의 개발도 필요함.

2.5.4 특수 실리카 광섬유 기술

2.5.4.1 기술의 개요

○ 특수 실리카 광섬유로는 광통신용 분산 보상 광섬유(Dispersion Compensation Fiber: DCF), 편광 유지 광섬유(Polarization Maintaining Fiber: PMF), 광자 크리스탈 광섬유(Photonic Crystal fiber) 등이 있음.

○ DCF 는 삼성전자 등 국내 광섬유 제조 업체들에서 개발을 한 바 있으나, 특허 문제 등으로 인하여 생산은 하지 못하고 있음.

○ PMF 는 KIST 에서 Bow-Tie(나비 넥타이)형 구조를 제조한 바 있으며, 광섬유 생산업체에서도 유사한 편광 유지 광섬유를 제조한 바 있으나, 장거리 광통신용 단일모드 광섬유에 비해 시장이 작아 연구가 계속 되지 않고 있음.

○ 게르마늄이 높게 첨가된 광섬유(광섬유 격자용) 및 온도보상 광섬유는 K-JIST 와 KIST 에서 일부 연구되고 있는 단계임.

○ 최근 영국의 Southampton 대학, Lucent 사 등을 중심으로 다공(holly) 광섬유 또는 광자 크리스탈 광섬유에 대한 연구가 활발하며 그 응용이 큰 주목을 받고 있는데, 국내에서는 K-JIST 가 관련 연구를 일부 수행하는 단계임.

2.5.4.2 기술적 목표 설정(Performance Target)

○ DCF 제조 기술의 개발

FOM (Figure of Merit : Dispersion/Loss)

2005 년 : 300 ps/dB 이상

2010 년 : 500 ps/dB 이상

일반 광섬유와의 접속 손실 : 0.3 dB 이하

○ 광자 크리스탈 광섬유 기술의 개발

단일 모드 범위 : 50 nm 이상

2.5.4.3 기술적 장애 요인 및 연구 개발 분야

○ 국내의 광섬유 생산 업체는 현재 대부분의 역량을 단일모드 광섬유의 생산에 투입하고 있어, 특수 광섬유의 연구개발을 위한 인력과 know- how 가 부족함.

○ 광자 크리스탈 광섬유 등과 같은 일부 특수 광섬유는 보다 장기적인 응용 가능성을 고려한 지속적인 연구가 요망됨.

제 3 장 플라스틱 광섬유

3.1 개 요

○ 20세기는 정보교환이 전자의 이동에 의하여 이루어져 왔으나, 21세기에 들어서면서 컴퓨터와 멀티미디어 및 인터넷 기술 등이 급속히 발전함에 따라 우리사회가 요구하는 정보량은 최근 폭발적으로 증가하고 있으므로, 광에 의한 정보 전달이 필연적임(표 3-1 참조) .

○ 따라서 최근 세계 각국에서는 자국의 국가 경쟁력 증대의 차원에서 광통신에 의한 초고속 정보 통신망의 구축을 핵심적인 국가 사업으로 지원하고 있음.

표 3-1. 정보통신 매체와 요구 Bandwidth

정보통신매체	기본 Bandwidth	비 고
전화 (음성)	64 kbps	Data traffic의 폭발적 증가 → 근거리망 Bandwidth 확대 (DWDM 수요증가) IP traffic 연평균 4~10배 성장 ('98년 기준 2002년: 25배 성장)
PC 통신	128 kbps	
Home Shopping	2.0 Mbps	
TV	4.0 Mbps	
HDTV	15 Mbps (압축기준)	

○ 광통신 기간 망의 구축은 모든 산업에 많은 영향을 미치게 될 통신분야에서 기술적 우위를 확보함으로써 자국의 국가 경쟁력을 높이려는데 그 목적이 있음.

○ 국내에서도 이와 같은 세계적인 발전 추세에 부응하기 위하여 21세기를 대비한 초고속 국가정보 통신망 구축 종합계획을 적극적으로 추진하고 있음.

○ 기존 광통신망 구축의 핵심부품인 유리 광섬유(Glass Optical Fiber : 이하 GOF로 표기)는 전송량이 많고 전송속도도 빠른 장점이 있으나, 쉽게 부러지며 연결이 용이하지 않고 고가의 부품을 사용해야 하므로 건물 내의 LAN과 근거리 통신망의 구성에 많은 애로점이 있음.

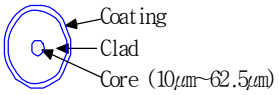
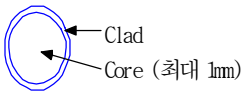
○ 특히, 우리 나라는 주거 형태의 40% 이상이 아파트 중심이며 상업지역에 고층 건물이 많아 초고속 근거리 통신망 시스템의 설치 시 발생하는 위와 같은 GOF의 애로점은 매우 중요한 문제로 지적되고 있음.

○ 이와 같은 기존 GOF의 단점을 극복하고 가격 경쟁력이 있으면서도 설치 및 광섬유간의 연결을 용이하게 할 수 있는 실용적인 첨단 소재의 하나가 원료를 플라스틱으로 하는 플라스틱 광섬유(Plastic Optical Fiber, 이하 POF로 표기)임.

○ POF는 기존의 GOF에 대비 아래 표 3-2와 같이 많은 장점이 있음.

- 절단이 용이함 (Easy to Terminate)
- 연결 비용이 저렴함 (Low Cost Connections)
- 내구력이 강함 (Durable)
- 시스템 구축 비용이 저렴함 (Lower System Cost)
- 다루기 쉬움 (Easy to Handle)
- 직경이 상대적으로 큼 (Large Diameter)
- N. A. 값이 큼 (Large Numerical Aperture)
- 가시광선영역에서 동작함 (Operate in Visible Range)

표 3-2. GOF와 POF의 비교

구 분		Glass 광섬유 (GOF)	Plastic 광섬유 (POF)
형 태			
재 료		석영 (Silica)	Polymer (PMMA, Fluoro)
용 도		통신용	단거리 통신용, 산업용, 조명용
장단점	장점	대용량 초고속 전송 가능	접속 용이, 光源 저렴 (LED/VCSEL)
	단점	접속 어려움, 光源 (LD) 비쌈	장거리 전송 어려움 (손실 문제)
회 사		Corning, Lucent, Alcatel, Sumitomo 등 (미국, 유럽 업체 중심)	Mitsubishi Rayon, Asahi Chemical, Toray, Ashai Glass (일본 업체 중심)
시장 특성		성숙 단계 (가격 : 25$/Km) → 경쟁 치열, 가격 낮음	초기 단계 (가격 : 500$/Km) → 경쟁 미약, 高 가격 유지

○ 현재 POF 및 POF를 이용한 근거리 초고속 전송시스템 구현 연구는

1) 인터넷 사용량의 폭발적 증가와 데이터 전송량의 대용량화 등 네트워크의 급속한 저변 확대
2) 전세계적인 SOHO(Small Office Home Office) 산업의 대중화 경향에 따른 가전과 정보통신의 통합(TV, 오디오, 비디오 등 가전과 컴퓨터, 프린터, 디스플레이, 메모리, 팩스밀리 등 사무 OA 기기의 근거리 통신망화)
3) 근거리 광통신망에서 플라스틱 광섬유 사용의 표준 규격화 (ATM LAN, IEEE1394b, Gigabit EtherNet, TIA 등)
4) 멀티미디어 사회에서의 정보통신 기술의 사회 자본화
5) 근거리 광통신망용 핵심 소재/부품 기술의 확보 등의 관점에서 일본과 미국을 중심으로 활발히 진행 중에 있음.

○ 따라서 POF는 다가오는 21세기 멀티미디어(Multi-media) 시대에 필요한 근거리 대용량 초고속 정보통신망 구축을 위하여 필수적으로 시급히 반드시 확보하여야 할 핵심 기술임.

3.2 POF 개발 및 응용 현황

○ POF는 1960년대 초반에 폴리스티렌을 사용하여 처음 상용화 되었으나 1960년 중반에 듀퐁사가 PMMA(polymethyl-methacrylate)를 개발한 이후로는 이를 중심으로 한 광섬유 개발이 주종을 이루고 있음.

○ POF는 굴절률의 불연속 계면을 갖는 계단식 굴절(Step Index: 이하 SI로 표기) POF와 굴절률이 중심 축에서 바깥 방향으로 Gaussian 분포를 갖는 경사형 굴절(Graded Index: 이하 GI로 표기) POF로 나눌 수 있음(그림 3-1 참조).

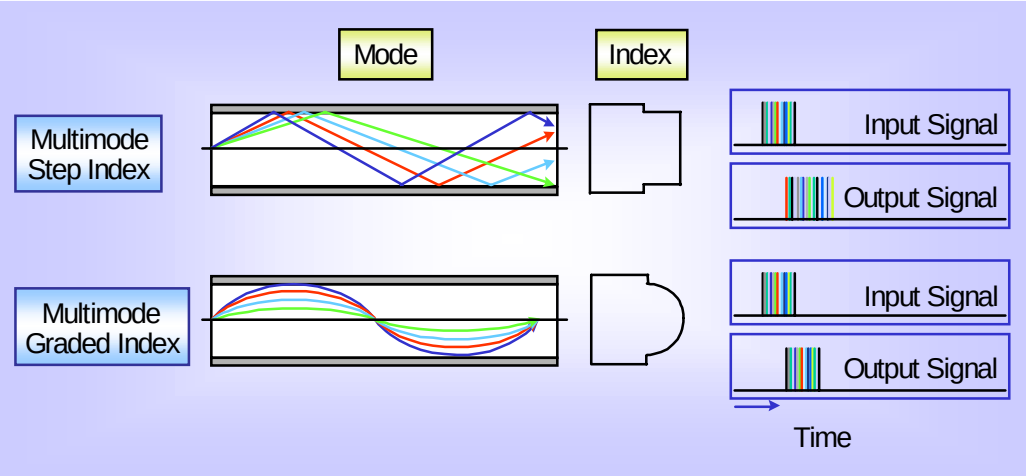


그림 3-1. SI-POF와 GI-POF의 특성

○ 1977년에는 Schleinitz가 POF의 광손실을 300 dB/km 이하로 낮춘 바 있고, 뒤이어 미쯔비시㈜사에서 SI POF를 개발하여 그 손실을 170 dB/km로 낮춘 바 있음.

○ 최근에 개발되어 차세대 광섬유로 각광받고 있는 Fluoro Polymer GI POF는 그 대역폭이 100m 당 1~3 Gbps이고 그 손실도 30dB/km 정도 이며, 근거리 통신망 시스템에 응용을 목표로 상용화되고 있음.

○ POF는 현재 다음 분야에 적극적으로 응용되고 있으며 이를 요약하면 다음 표 3-3과 같음.

1) 자동차 : 자동차의 성능 및 효율증대를 목적으로 소규모 넥트웍 시스템 구축, 하이파이 음향 기기, Mobile Computing, Remote Guidance, 충돌경보 시스템 등

2) 항공기 : 기내 편의 시설 및 기내 통신 System구현, In-Flight Entertainment, Internet Access, Personal Network Access, 홈 쇼핑 등

3) 산업기기: 자동화 공장의 제어신호 송수신, RS 232/422 /285, Ethernet 등

4) 군수산업 : Remote Computer Network, Wearable Computer 등

5) 의료분야 : 의료 자료 및 신호 전송, Surgical Devices, Light Guides, Head Gear, Tissue Inspection

6) 가전분야 : 디지털 음향기기 등

○ 특히 일본을 중심으로 일본 IBM, NEC, Sony, Koga전공, Mitsubishi Rayon, NTT 등의 광섬유 및 통신기기 전문업체 45사가 I994년에 POF의 실용화를 추진하는「POF 콘소시엄」을 설립한 바 있으며, 미국에서는 PAVNET, OMNET 등이 주축이 되어 근거리 통신망 구축을 위한 투자와 공동연구가 진행 중이며, 유럽에서도 POF Club이 결성되어 POF 및 POF 소자 개발을 서두르고 있음.

표 3-3. POF의 응용 분야

응용분야			내 용
Data 통신	산업	공정자동화 사무자동화 산업장비 전 력	- 현장장비 : 장비로의 신속한 신호 전송 - 복사기 : 통제신호 전송 - 자동 Mounting 및 반도체 제조 장비 : 통제신호 전송 - 전력선 : 번개센서와 통제판 사이의 신호 통제
	수송	열 차 자동차 배	- Motor 통제 및 정보신호 전송 - Navigation 시스템 운용 및 각종 차량제어 신호 전송 - 선박내 및 엔진과 통제실 통신신호 전송
	가전	오디오 컴퓨터	- 디지털 오디오 Interface 신호 전송 - 신속한 신호 전송
	의료	모니터 NMR CT	- 모니터와 통제 판넬 사이의 신호 전송 - 내부 신호 전송
	건물 LAN	Wiring	- 분배 반에서 사무실 및 가입자의 Desktop 까지 신호
Sign & Illumination		단면형태 Rope 형태 Panel 형태	- 교통신호 표시판, 태양광 전송 (실내에서 식물재배 가능) - 주택, 다리, 박물관 등의 옥내외 장식 - 차량, 산업기계 등의 최소한의 공간활용을 위한 판넬

○ 또한, 근거리 통신과 홈 네트워크 및 컴퓨터 주변 기기 연결을 위한 고속 통신 POF 규격화 작업이 진행되고 있는데, 이를 요약하면 다음 표 3-4와 같음.

표 3-4. POF의 규격화 진행 현황

단체명	위원회명	내 용
CeBUS	Standards for Security System	공장자동화 및 센서용 POF 표준화
ATM Forum	Standards for ATM Network ATM LAN Committee	ATM용 POF 표준화(1997. 05) LAN 155 Mbps over 50m@650 nm
Telecommunications Industry Association (TLA)	Fiber Optic Engineering Committee	POF upgrade 규격 표준화
	TR41.8 Cabling Systems Committee	① 상용 구조 건축물 wiring의 upgrade 표준화 ② 주택용 및 & light commercial wiring 의 표준화
	Fiber Optic LAN Committeee	Fiber to the desk 허용 표준화
IEEE Standards for LAN	802.32 Committee	① 1 Gbps Ethernet 표준화 ② POF 표준화 관련 802 committees 기술 지원
	1394b Committee	100, 200 Mbps (over 50 m) 용 POF 표준화
Video Electronics Standards Association (VESA)	Home Network Committee	① 홈 넷트워크 구축 표준화 ② 홈 넷트워크 디지털 비디오 표준화
Japanese Electronic Committee	IEC 60958 committee	디지털 오디오용 POF 표준화

○ POF 주요 개발 현황을 도표화하면 다음 표 3-5와 같음.

표 3-5. POF 주요 개발 현황

년도	개발사	원료		종류	특 성	
		Core	Cladding		전송손실 (dB/km)	파장 (nm)
1968	DuPont	PMMA	Fluoro-P	SI	500	650
1972	Toray	PS	PMMA	SI	1100	670
1977	DuPont	PMMA-d8		SI	180	790
1978	Mitsubishi	PMMA	Fluoro-P	SI	300	650
1982	NTT NTT Keio Univ.	PMMA PS P(MMA-VPAC)	Fluoro-P PMMA	SI SI GI	55 114 1070	568 670 670
1983	NTT Mitsubishi	PMMA-d8 PMMA	Fluoro-P	SI SI	20 110	650 570
1985	Asahi Chem.	PMMA	Fluoro-P	SI	80	570
1986	Fusitsu NTT	PC P(5F3DSt)	Polyolefin Fluoro-P	SI	450 178	770 850
1987	Hitachi	Thermoset	Fluoro-P	SI	600	650
1990	Keio Univ.	P(MMA-VB)	PMMA	GI	130	650
1991	Hoechst-Celaness	PMMA	Fluoro-P	SI	130	650
1992	Keio Univ.	PMMA-d8	PMMA-d8	GI	56	688
1993	Bridgeston	Silicon	Silicon	SI	800	650
1995	Keio Univ.	Perfluoro Polymer	Perfluoro Polymer	GI	50	1310
1996	Keio Univ.	Perfluoro Polymer	Perfluoro Polymer	GI	40	1310
2001	Keio Univ. Asahi Glass	Perfluoro Polymer	Perfluoro Polymer	GI	30	850

3.3 POF 시장 현황

○ 2001년 현재 약 100백만달러 이상의 시장이 조명기기 시장을 제외하고 형성되어 있으며, 매년 20% 이상의 성장률을 기록하여, 2005년에는 약 250백만 달러 시장이 될 것으로 예측되고 있음(그림 3-2 참조).

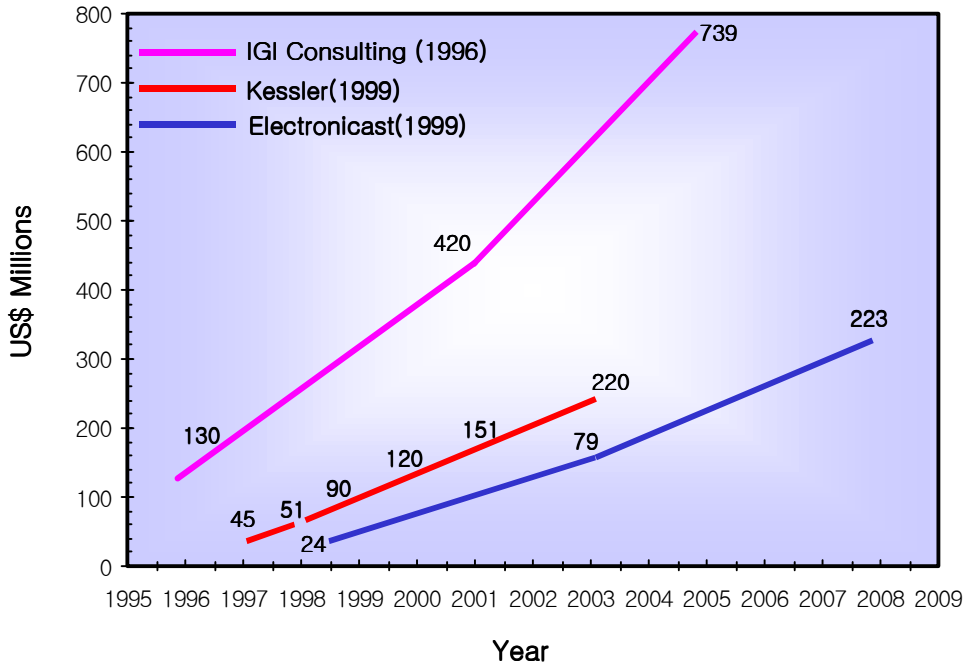


그림 3-2. POF 시장 동향 예측

(자료: POF World 1999 Conference Proceeding)

○ 현재까지 일본이 전 세계시장의 80% 이상의 주도권을 가지고 있으나, 미국의 시장 점유율이 transceiver와 connector를 중심으로 급격히 높아지고 있으며, 유럽의 시장점유율도 증가추세를 보이고 있음.

- 특히 약 10%의 시장점유율을 가지고 있는 미국은 시장의 중요성을 인식하고, 기초기술을 바탕으로 연구개발에 집중하고 있으므로 2005년에는 일본과 동등한 수준의 시장 점유율을 가질 것으로 예측됨.

– 반면 한국을 포함하여 대부분의 나라는 시장의 급성장과는 달리 시장 점유율이 매우 낮은 상태임.

○ 시장의 특성을 보면 일본의 시장은 조명, 가전기기 및 홈네트워크 분야에서 독보적인 우위를 점하고 있고, 미국은 LAN, 자동차용 네트워크 및 군사용 분야에 강점을 보이고 있으며, 유럽은 자동차를 포함한 운송기기에 응용 시장을 주력하고 있음.

○ 일본 Fuji Chimera 연구소(1999년)는 일본의 POF 시장 규모가 2005년에 25,000 백만엔을 넘어설 것으로 예측하고 있음(그림 3-3 참조).

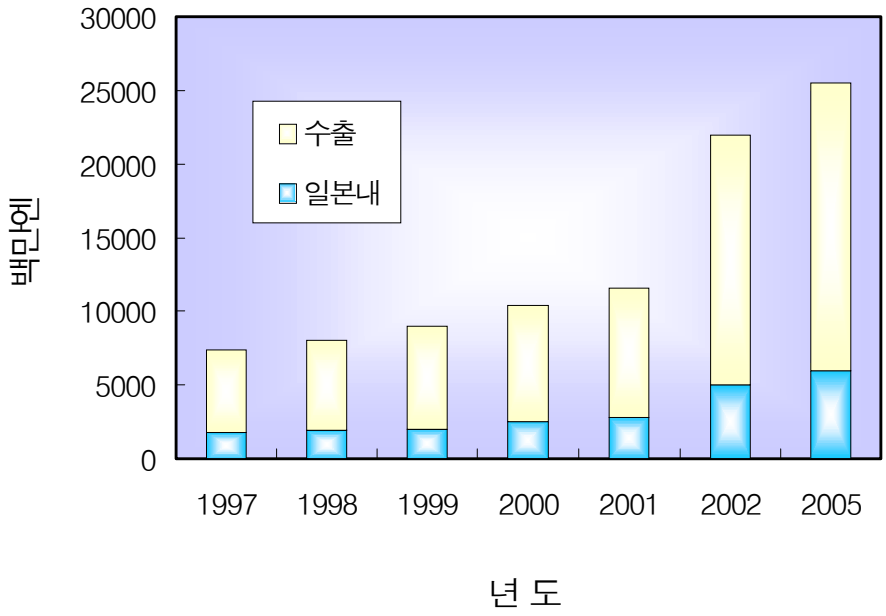


그림 3-3. 일본 POF 시장 동향

(자료: 99光産業豫測便覽, 일본 Fuji Chimera 연구소)

○ POF의 시장은 다음 그림 3-4와 같이 분류 가능하며, 분야별 시장 규모는 그림 3-5와 같이 예측하였음.

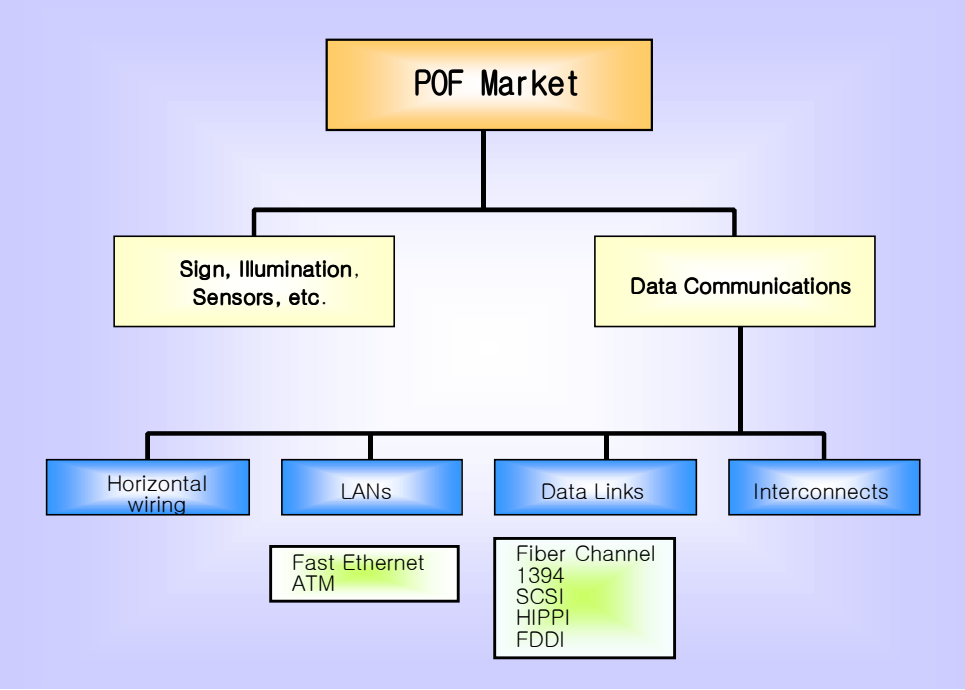


그림 3-4. POF 시장 분류

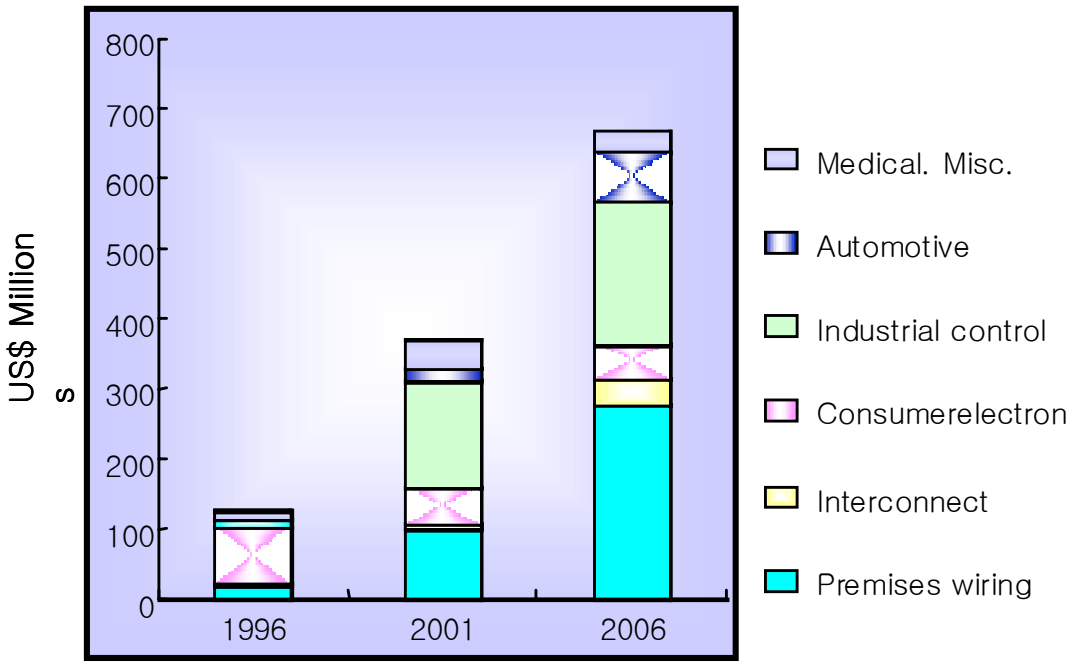


그림 3-5. POF 분류별 시장 예측

3.4 플라스틱 광섬유 기술 개발 전망

○ IMT-2000 기술 개발은 근거리(사방 100km 이내) 지역에서의 모든 정보를 동화상 및 real time으로 대용량 정보를 network상에서 오류 없이 상호 교환이 가능한 기술을 필요로 하므로, 이와 같은 대용량 데이터의 상호 교환을 위하여 POF 기술이 필연적으로 사용될 것으로 예상됨.

○ POF 기술은 아래와 같이 다양한 응용 분야에 직접적으로 사용될 수 있음.

① 전자·정보기기의 Home Networks 기술
② Premise wiring 및 근거리 LAN system 기술
③ 자동차 내부 Audio/Video, Data Link 기술
④ 산업기기 제어 신호 송수신 system 기술
⑤ 항공기 내의 AV, 편의 시설, 및 LAN system 기술
⑥ 군수산업 부분의 개별 통신용 system 기술
⑦ 의료기기 센서용 data 및 signal 전송 시스템 기술
⑧ 조명 장치용으로서 POF (light guide) 기술

○ 각 응용 분야별 POF 기술은 다음 그림 3-6에서와 같은 경향으로 전개될 것으로 전망됨.

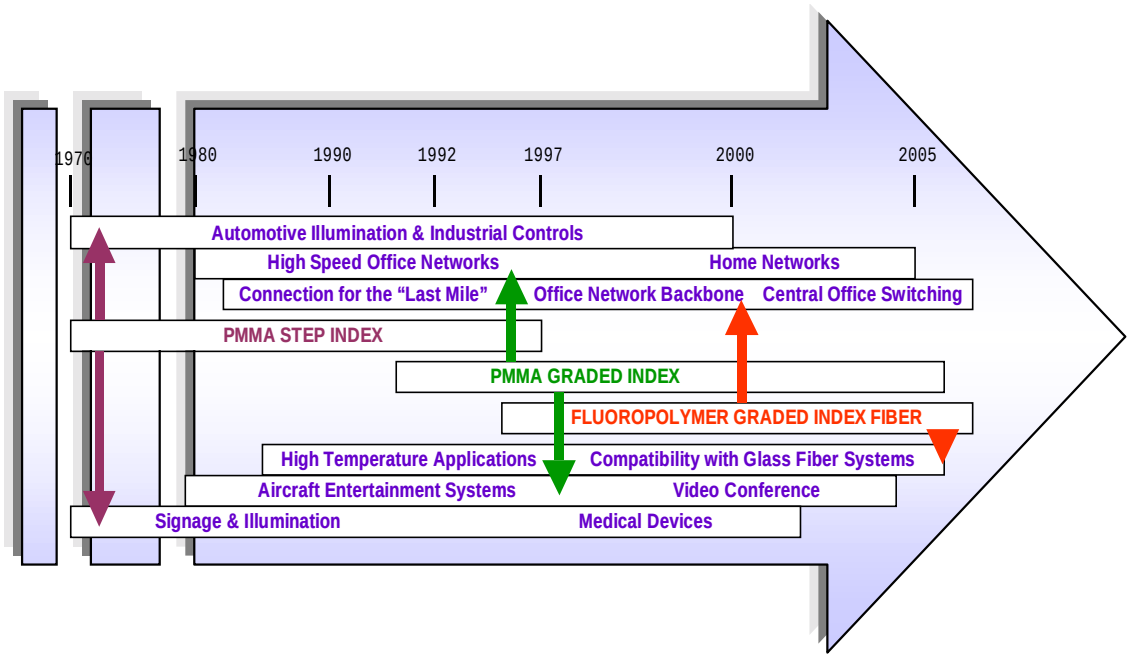


그림 3-6. POF 기술 전개 방향

(자료: Boston Optical Fiber사)

○ 특히, 통신수요와 관련하여 요구되는 전송 매체의 성능은 다음 그림 3-7에서 알 수 있듯이, 1 Gbps급 이상이 되어야 함.

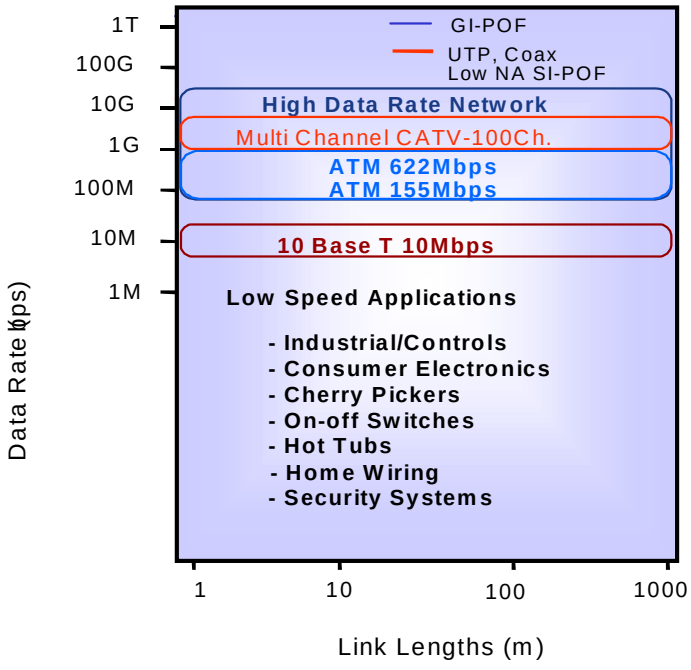


그림 3-7. 전송속도에 따른 전송거리의 비교

○ 다음 그림 3-8에서와 같이, 홈 네트워크와 관련하여 멀티미디어계 시스템의 전송 매체 data 전송속도는 100 Mbps 급 이상이 되어야 함.

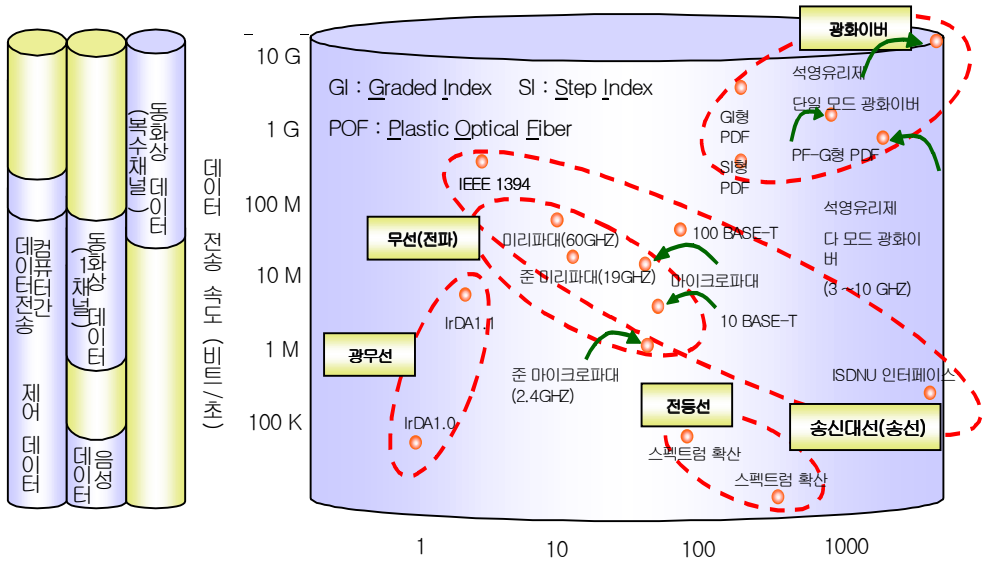


그림 3-8. 가정 내 네트워크용 전송매체의 전송속도

(자료 : 일본 우정성 심레스 통신 기술 연구회 자료)

○ 따라서 2005년까지 3 Gbps/100m급 GI-POF 기술개발이 이루어질 전망임 (그림 3-9 참조).

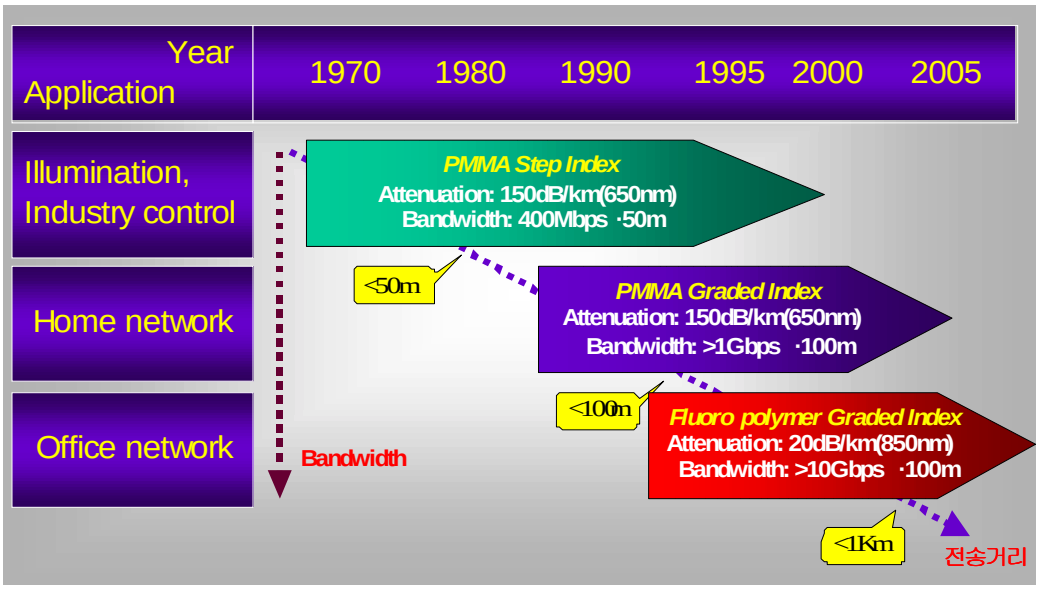


그림 3-9. 가정 내 네트워크용 전송매체의 전송속도

3.5 POF 기술적 목표 설정(Performance Targets)

○ POF는 과거에 공장 자동화, 조명, Server 간의 신호 전달 등에 제한적으로 사용되어 왔으나, 근거리 고속 광통신 시스템의 구축 및 향후 디지털 혁명에 따른 모든 디지털 정보 단말기 간의 고질적인 문제점인 데이터 전송의 병목 현상을 해결할 수 있는 최적 기술 중의 하나로 인식되고 있음.

○ 따라서 초고속 데이터 전송매체로서 요구되는 POF 성능과 현재 진행중인 각 응용 분야의 POF 규격화를 고려해 볼 때, POF 분야의 국가 경쟁력을 확보하기 위해서는 다음과 같은 핵심 기술을 개발하여야 함.

- **원거리 통신용 (Long Distance Data Communication) POF 기술**
- 근거리 통신용 (Short Distance Data Communication) POF 기술
- **조명 및 이미지 (Illumination/Image) POF 기술**
- **POF 부품 및 성능 평가 기술**

○ 국내의 POF 관련 연구는 개념도입 단계이며, 통신용 POF에 관한 연구는 일부 대기업에서 지대한 관심을 갖고 일부 GI-POF preform 제조에 관한 연구 진행 단계에 있으며, 일부 중소 기업에서 POF의 수입에 의한 조명제품을 생산하고 있음.

3.5.1 원거리 통신용(Long Distance Data Communication) POF 기술

3.5.1.1 기술의 개요

○ POF 기술의 특징은 그림 3-10에서와 같이, 광 통신망 구축으로 고속 신호 및 data 전송 분야의 발전과 직접 연관성이 있는 기술로서, 최근 에는 기존의 LAN에서 문제점으로 거론되고 있는 대역폭과 설치비용의 저렴화에 대한 해답을 제공해 줄 수 있는 유일한 기술임.

○ 특히, 우리 나라는 주거 형태의 40% 이상이 아파트 중심이고 상업지역에는 고층 건물이 많아 초고속 근거리 통신망 시스템의 설치 시 발생하는 GOF 사용상의 문제점은 매우 중요한 문제로 지적되고 있음.

○ 원거리 통신용 POF 기술은 이러한 문제점을 해결할 수 있어 21세기 정보화 시대의 일익을 담당할 수 있는 필수 불가결한 핵심 기술이 될 것임.

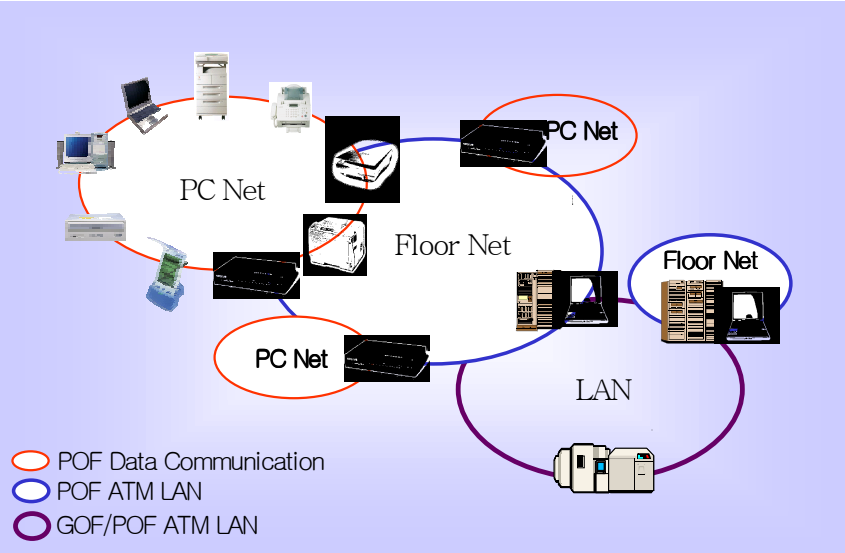


그림 3-10. LAN 시스템의 모형도

○ 원거리 통신용 POF 기술은 Viedo-on-Demand, Fiber Channel, 화상회의(Video Conferencing) 및 Interactive Service 등 다양한 멀티 미디어 서비스에 필수적으로 요구되는 광대역 ATM LAN 기준인 622Mbps를 만족시킬 수 있으며, 상용화된 perfluoro polymer계 GI-POF는 3Gbps의 대역폭을 만족시킬 수 있는 전송 매체임.

○ POF 데이터 링크를 이용하면 100Mbps 이상의 대용량 정보를 기존 구리선의 10Mbps급의 동축 케이블(UTP) 링크보다 저렴하게 구성할 수 있어 고속통신이 불가능한 UTP 시장 대체가 가능함.

○ POF를 이용한 100Mbps급의 Fast Ethernet이 개발되어 미국 내 여러 기관에서 실장 실험이 진행 중이며, POF의 규격화 동향에 따라 이의 사용을 위하여 광커넥터, 광송수신기, 인터페이스 부품 등이 HP, AMP 및 NEC 등 세계 유수의 통신 회사들에 의해 출시되고 있음.

○ 최근의 전자상거래, 초고속 파일 교환 등 양방향 대용량 정보의 빠른 전달 매체로서 POF의 중요성이 부각되어 많은 연구가 진행되고 있음.

- 특히, LAN용 POF 기술 개발은 일본의 게이오 대학, Asahi Glass사, 네덜란드 Eindhoven 대학, 미국의 Lucent Technology 사 등이 이 분야 기술 보유의 선두 주자들이며, 현재 일본에서는 POF 콘소시움을 형성하여 이 분야 기술 선점을 위하여 많은 연구가 진행 중임.

- 국내의 POF 관련 연구는 개념도입 단계이며, 통신용 POF에 관한 연구는 일부 대기업에서 지대한 관심을 갖고 일부 GI-POF preform 제조에 관한 연구 진행 단계에 있으며, 일부 중소 기업에서 POF의 수입에 의한 조명제품을 생산하고 있음.

3.5.1.2 기술적 목표 설정(Performance Target)

○ 원거리 통신용 POF 기술

→ 다양한 멀티미디어 서비스를 위한 Office Network용 POF

- **요구 대역폭 :** 622 Mbps (광대역 비동기식 LAN)
  1 Gbps (Ethernet)
  cf) 기존 구리선 UTP 링크: 10 Mbps (사용 불가)
- **Performance Targets :**
  2005년 bandwidth 2.5 Gbps·100m at 1,310 nm
  length ; loss : 200 m ; 50 dB/km

2010년 bandwidth 10 Gbps·100m at 1,310 nm

length ; loss : 300 m ; 30 dB/km

3.5.1.3 기술적 장애 요인 및 연구 개발 분야

○ Fluoro Polymer 계 POF는 Material Cost가 높아 System 가격 상승을 야기함. 또한 GI POF 제조 시 Dopant의 적용으로 Thermal Stability 및 가공기술상의 Reproducibility에 문제가 있어 장기 신뢰성에 문제가 있음.

○ 따라서, 이러한 한계성의 극복을 가능할 수 있게 해 줄 수 있는 저가의 소재 개발 및 새로운 가공 기술개발이 필수적이며, 저손실 POF 신소재 개발 및 저손실 GI POF 공정기술 개발 연구가 요구됨.

○ 또한 POF의 특성 평가 기술의 확보, 측정 및 평가 신뢰성의 향상 및 표준 광섬유의 개발이 필요함.

3.5.2 근거리 통신용(Short Distance Data Communication) POF 기술

3.5.2.1 기술의 개요

○ 자동차의 발전추세는 자동항법, FPD(Flat Penal Display), 음성 감지 능력 등 intelligence를 부여하는 방향으로 진행되고 있으며, 이와 관련한 전송매체는 성능, 가격 및 안정성 면에서 POF가 가장 적합 하기 때문에 주로 POF는 자동차 혹은 항공기와 같이 운송기기 내의 통신용으로의 사용이 급증할 것으로 예측(자동차: 192,000 km/년) 되고 있음(그림 3-11 참조).

○ 특히, 일본의 Japan Synthetic Rubber사와 Fujitsu사에서 공동으로 최근 개발된 "ARTON"은 자동차용 data communication에 필요한 광학특성, 내열성 (Tg=171°C)을 동시에 지니며, 유기물/무기물과의 접착성이 매우 뛰어난 이상적인 광 전달매체로 각광 받고 있음.

– 이와 관련하여, 여러 단체에서 자동차에 POF 적용을 위한 규격화를 서두르고 있는데, 실 예는 다음 표 3-6과 같음.

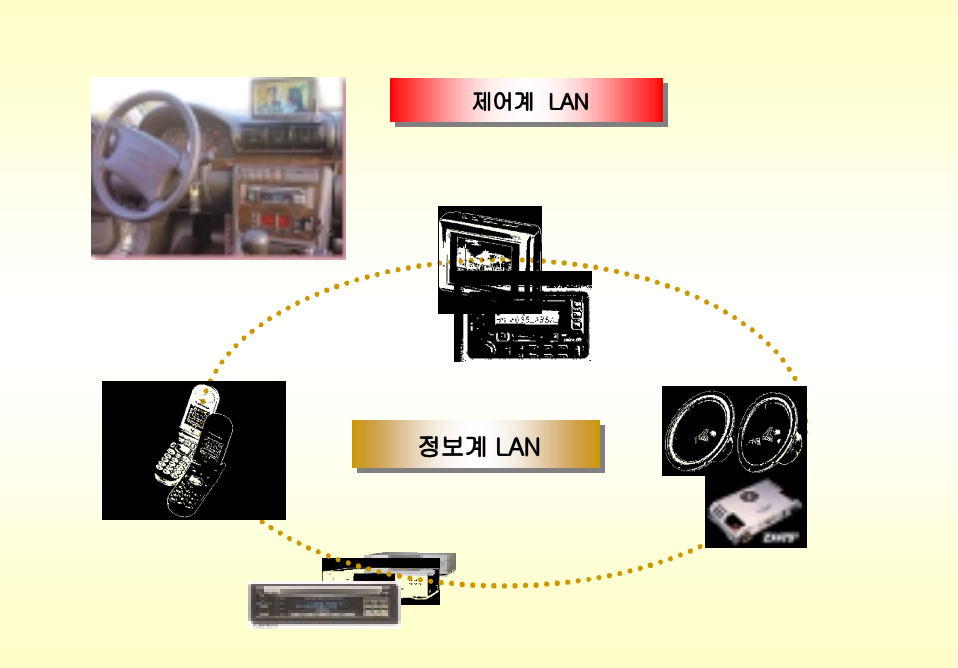


그림 3- 11. 자동차에 적용된 POF System

○ 또한, 미래의 근거리(short distance) 대용량 데이터 송수신용 POF의 수요도 예측이 불가능할 정도로 획기적으로 발전하고 있는데, 그 중 한 분야가 IEEE 1394 규격을 따르는 디지털가전기기의 옥내 배선망임(그림 3-12 참조).

표 3-6. 자동차에 POF 적용을 위한 규격화 동향

단체명	D2B (벤츠사)	IDB	MOST	AMI-C
POF 특성	12 Mbps 3～4 nodes POF cable	>120 Kbps(IDB-T) >10Mbps(IDB-M)	48 Mbps 8 nodes 16 terminal leads 1 star(passive)	open HW/SW, plug-and-play electronics. for vehicles
설립년도 (적용년도)	1998 ～	1993 ～	1999 ～	1999～
참여사	Diamler-Crysler	42개 전자업체	설립자: 4개회사 회원사: Level A: 10 Level B: 46	12개 자동차사
POF Length	7 m		32 m	

* IDB (Intelligent Transportation Systems Data Bus) Forum, MOST (Media Oriented Systems Transpost Cooperation), AMI-C(Automotive Multimedia Interconnect-Collaboration)
(자료 : POF World 2000 Conference Proceeding)

○ 컴퓨터, 프린터, CD-ROM, DVD VCR, TV, Digital 캠코더, 오디오 등 다양한 디지털 정보단말 제품들의 정보처리 속도가 미래에는 1 Gbps 정도를 요구하고 있어 동축선 UTP(100 Mbps)으로는 해결할 수 없는 정도의 데이터 정보 송수신이 가능해야 할 것임.

○ 대부분이 가정의 서재에서 출구까지의 거리가 100m 이내라는 사실은 대부분이 POF를 이용한 LAN 사용이 가능함을 제시하고 있음(1982년 Bell Labs 조사).

○ 2001년에는 모든 정보 단말제품의 50% 이상이 IEEE 1394를 지원할 수 있을 것으로 예측하고 있는데, PC 및 주변기기, 소프트웨어 제작 회사들이 주도적으로 참여하여 규격을 결정한 바 있음.

– 특히, 소니, 필립스 등 유수한 가전회사들이 이 규격에 동의 하였으며, 일본의 전자업체 연합회에서는 광 링크를 이용한 Mini Disk Player의 수요를 3,700만대 이상으로 예측하고 있어 향후 가전 제품 및 정보 단말기에 POF의 적용이 크게 확대될 예정임.

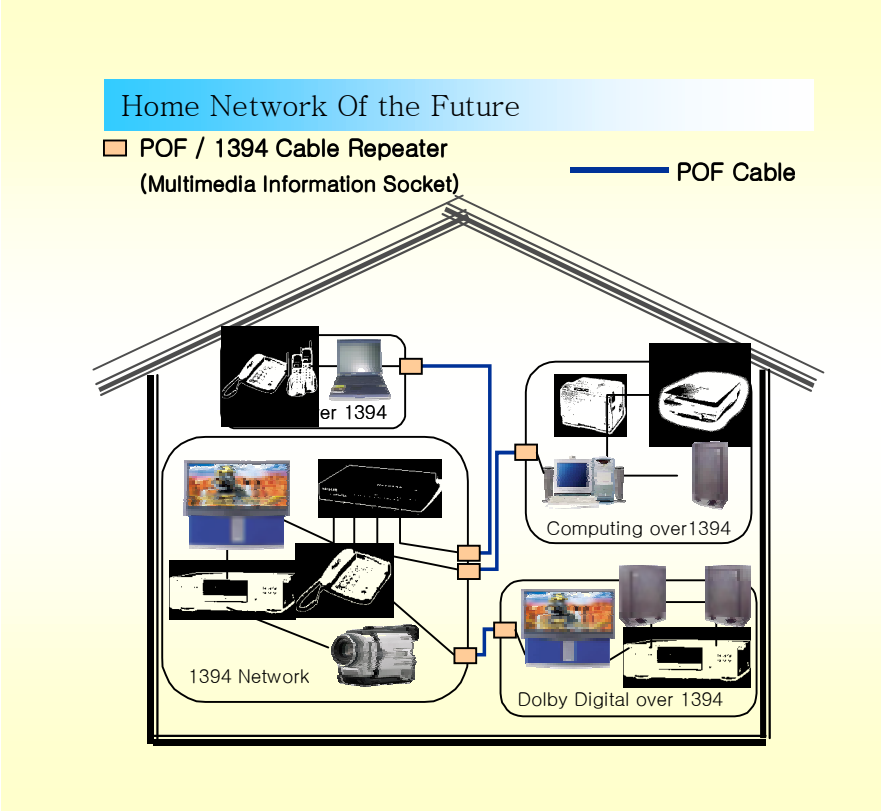


그림 3-12. POF의 Home Network 응용

(자료 : www.pofeska.com)

○ 현재 선진국에서 개발된 PMMA GI-POF는 전송 속도가 1 Gbps·100m 이상이므로 Home network용으로서의 IEEE 1394b에서 요구하는 정보 처리 속도를 충분히 지원할 수 있을 것으로 판단됨.

○ 또한 취급, 마무리 및 접속이 용이하기 때문에 설치비, 유지비 및 보수비 등을 최소화할 수 있어 Home Network 분야에서 POF가 backbone 망에 적극적으로 사용될 것이 확실함.

3.5.2.2 기술적 목표 설정(Performance Target)

○ 근거리 통신용 POF :

→ 자동차 및 항공기 에너지 절감을 위한 고내열 POF 기술

- **요구손실율 :** Loss<200dB/km at λ= 660 nm, 150 °C
- Targets :

2005년 loss : 200 dB/km at 125 °C

2010년 loss : 130 dB/km at 150 °C

→ Home Network용 단거리 배선 : 디지털 전자기기 배선

IEEE 1394 시장

- **요구 규격** : bandwidth : 1 Gbps
- Targets :

2005년 bandwidth : 400 Mbps·100m

2010년 bandwidth : 1 Gbps·100m

참고) 전송속도

3 Gbps = 30분용 디지털 CD data/sec

= 3.5″ floppy disk 260장/sec

= 3,000 개 graphic image/sec

= 문서 150,000장/sec

3.5.2.3 기술적 장애 요인 및 연구 개발 분야

○ 광 규격화와 관련된 광 접속 기술이 저가로 실현되어야 하는 것이 가장 큰 문제점으로 지적되고 있음.

○ 홈 네트워크용 저가의 650 nm 고속 광원이 개발되어 있지 않음.

○ 일본의 ARTON과 같이 신소재(내열성 및 광학특성)의 개발이 필요함(고온에서 300일 후 전송손실 0.5 dB/km, 습도 95%의 500 시간 aging 후 전송손실 0.1 dB/km 이하).

○ 따라서, 고온 내열성 POF 신소재 기술 개발, GI-POF 연속 제조 공정 기술 개발, GI-POF 품질 안정화 기술개발, 성능 평가 기술개발 등의 개발 연구가 요구됨.

3.5.3 조명 및 이미지(Illumination/Image) POF 기술

3.5.3.1 기술의 개요

○ 멀리 떨어진 광원으로부터 목표지점까지 내부가 반사체로 이용하여 빛을 전달하여 밝게 비추어주는 아이디어는 이미 1880년대에 특허화 되었으나, 1970년대 말 DuPont 사에서 PMMA를 사용한 POF를 개발하면서 실용화가 가능하게 되었고, 1990년대에 들어서면서 부터는 Mitsubishi Rayon사를 비롯한 여러 회사에서 조명장비를 위한 여러 가지 POF를 개발하여 상용화하였음.

○ Fiber-Optic-Lighting System(FOLS)을 구성하는데 있어서도 color wheels, dichroic filters 및 차광판 등을 사용할 경우 다양한 모양의 조명이 가능하므로, 비록 오랜 시간 외부에 방치할 경우 분해가 일어나 그 성능이 저하되는 단점을 가지고 있음에도 불구하고 GOF에 비해 설치비가 싸고, 다양한 지름을 가질 수 있어 가공이 용이하기 때문에 게시판(Billboard) 광고 등에 응용되고 있음.

- 일반적으로 게시판 광고에는 과다한 전기에너지가 사용되며, 통상 많은 열을 발생하게 되기 때문에 화재 위험 등에 노출되어 있으나, POF 조명 기기는 비교적 저전력 LED(low-power light emitting diode)나 Laser Diode를 사용할 수 있고 빠른 응답 속도를 보이기 때문에 많은 장점을 가지고 있음.

○ 또한 POF는 유기 휘발성 물질 발생의 염려가 없고, 또한 전기에 의한 화재나 폭발 위험성이 없고, 기존의 백열광 혹은 형광과는 달리 냉각 비용을 절감할 수 있기 때문에 설치비용이 감소하므로, 박물관이나 미술관 등에 매우 효과적인 조명으로 응용되고 있음.

○ 특히 POF를 이용한 조명 시스템은 기존의 전기에 의한 조명 시스템의 전력 소비가 1/2 내지 1/10 정도이며, 전기적 에너지원과는 달리 수영장 혹은 분수대와 같이 물과의 접촉이 필연적인 장소에의 조명에 매우 효과적임(표 3-7 참조).

– 현재 미국의 뉴욕시 본부 시계탑의 조명에 광섬유 조명 시스템을 적용함으로써 년간 40,000달러의 유지비를 절감할 수 있다고 보고하고 있음.

표 3-7. POF 조명의 특성 및 장점

특 성	장 점	응 용 분 야
광원에서 나오는 열과 좋지 않은 자외선은 다이크로익 필터를 사용해서 제거될 수 있음.	조명되는 물질이나 사람에게 해로운 자외선이나 적외선이 배제된 가시광선만의 빛을 얻을 수 있음.	박물관이나 미술관의 조명. 냉장고 등 저온을 유지해야 하는 기계 내부의 조명.
광원이 조명 되는 물질로부터 멀리 떨어져 있으므로 적기적 또는 열적으로 광원과 조명 되는 물질을 분리할 수 있음.	전기 스파크 등의 위험에서 조명 되는 물질을 보호할 수 있음.	위험한 화학물질 등이나 수영장 안쪽 또는 수족관 안쪽의 조명.
광섬유를 이용한 lighting system은 에너지 효율이 높으며 유지 비용이 저렴함.	조명하기가 어려운 작은 물체 등의 조명에 가격 경쟁력이 있음.	건물, 간판, 광고판, 시계등의 조명.
광원과 조명되는 물질 사이에 광섬유를 사용하여 연결됨.	광섬유는 그 크기가 작고 휘어짐이 좋으므로 정확한 목표물에 빛을 쪼여줄 수 있음.	현미경 조명. Machine vision. 의료용 조명 장치. 보석이나 디스플레이용 조명.

○ 세계 네온사인 시장이 100억달러로 예상되는데, POF에 의해 많은 부분이 대체될 것으로 기대됨.

○ 국내에서는 일부 중소 기업체가 POF를 전량 수입하여 조명기기에 사용하고 있는 실정이므로 핵심 소재의 개발이 시급히 요구되고 있음.

3.5.3.2 기술적 목표 설정(Performance Target)

○ 조명 및 이미지 가이드용 POF :

- **요구 규격 :** Loss < 150 dB/km
- **Targets :**

  2005년 Loss < 300 dB/km

  2010년 Loss < 150 dB/km

3.5.3.3 기술적 장애 요인 및 연구 개발 분야

○ 국내 시장이 작다는 것이 가장 큰 장애 요인임.

○ 광섬유를 이용한 전세계 조명기기 시장은 1997년 약 8천만달러의 규모로 추산되었고 해마다 약 20% 이상의 고성장을 거듭하고 있음.

○ 따라서, 전세계 네온사인 광고시장을 100억 달러 규모로 예상할 때 이중 광섬유를 이용한 lighting system이 조만간 1%의 시장을 잠식한다면 1억 달러의 규모로 성장하는 데는 무리가 없으리라고 추산되나, 국내 시장이 작다는 것이 가장 큰 장애 요인임.

○ 광섬유를 이용한 조명 시스템은 특별한 광고물에서 네온사인을 대치해서 사용되거나 수영장이나 시계탑과 같은 조형물과 옥외 치장 등 특정분야에서의 지속적인 시장 발전이 예상되나, 대대적인 시장의 변화는 없으리라고 예상됨.

○ 대대적인 시장의 팽창이 있기 위해서는 새로운 SI POF의 국산화 개발이 필수적이며, 적용 분야의 확대에 의한 시장성 확보 및 타 분야의 응용 기술 개발도 필요함.

○ 따라서, 고효율 이미지 가이드용 SI POF 및 Multi-core POF 가공기술과 소재 개발 등에 관한 연구가 요구됨.

3.5.4 POF 부품 및 성능 평가 기술

3.5.4.1 기술의 개요

○ Delphi 사는 자동차 1대 당 30개 이상의 POF 링크가 요구되며 이를 전체 자동차 생산량의 20%에 대한 사용량으로 환산하면 약 10억개의 광커넥터가 필요하다고 보고한 바 있음.

○ 자동차 1대 당 들어가는 통신 배선의 총 길이가 100m에 달하며 자동차에 사용되는 POF 링크 수가 증가한다는 점을 감안할 때, 아래 그림 3-13과 같이 자동차에 사용되는 POF 관련 부품 시장 예측에서 알 수 있듯이 계속적으로 급격히 증가할 것으로 예상됨.

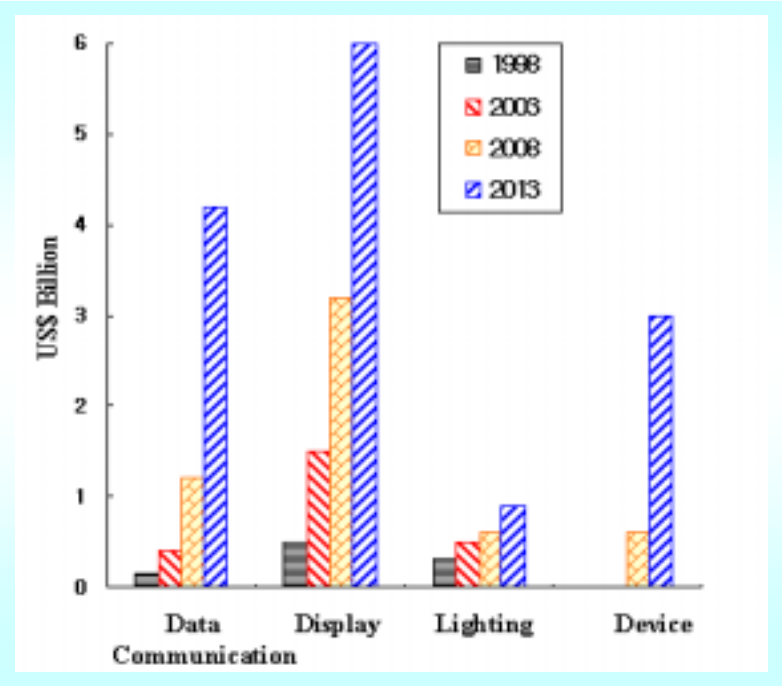


그림 3-13. 자동차와 관련한 POF 및 POF 관련 부품 시장 예측

○ 미국의 경우 1980년대 후반부터 DARPA를 중심으로 국방/산업 Dual Tech 연구체계를 수립하고 있으며 최근에는 OMNET Project를 연계하여 근거리 광통신 시스템 구축을 목적으로 한 POF/광원/네트워크 구축, 부품 개발 및 표준화 프로그램을 진행하고 있음.

예) High Speed Plastic Network Program (1994년)
Plastic Advanced VCSEL Network (PAVNET) Program (1997)
Optical Micro Network (OMNET) Program (1999년)

○ 따라서 초고속 근거리 정보통신망 구축을 위해서는 정보망 구축에 필요한 POF 소자, 부품, Packaging 등 관련 부속 기술 및 특성 평가 기술의 확보를 조속히 이룩하여야 함.

3.5.4.2 기술적 목표 설정(Performance Target)

○ POF 부품 및 성능평가 기술 :

- 요구 규격:

Coupler: 8x8 초과 삽입 손실 < 2.0 dB, 균일도 < 3 dB

Splitter : 1x8 삽입손실 < 10 dB, 균일도 < 1 dB

Module 확장성 : XCA/SGA/UCGA 및 상위 규격 호환

구동방식/bandwidth: Digital interface

250M/622M/1Gbps/Channel

측정 신뢰도 : 투과특성 < 1 dB/km, 전송대역 <3 Gbps

- Target :

Coupler: 8x8 초과 삽입 손실 < 2.0 dB, 균일도 < 3 dB

Splitter : 1x8 삽입손실 < 10 dB, 균일도 < 1 dB

Module 확장성 : XCA/SGA/UCGA 및 상위 규격 호환

구동방식/bandwidth: Digital interface

250M/622M/1Gbps/Channel

측정 신뢰도 : 투과특성 < 1dB/km, 전송대역 > 10Gbps

3.5.4.3 기술적 장애 요인 및 연구 개발 분야

○ 홈 네트워크를 비롯한 광통신 망에서 가장 큰 장애요인은 광접속 기술(Optical Interconnection)임.

○ 기존에 이미 많은 투자가 이루어진 통신 시스템을 최대로 활용하여 대역폭의 문제를 해결하여야 함.

○ POF 관련 기술 및 부품의 규격화, 저가의 광 접속 기술 및 관련 POF 부품 그리고 POF 부품 및 소자의 성능 및 신뢰도 평가 기술 등이 부족함.

○ 따라서, POF 커넥터 및 모듈 기술개발, POF 증폭소자 개발, POF Packaging 기술개발 및 성능 평가 기술개발 등에 관한 연구가 요구됨

표 3-8. POF 기술과 시장의 장애 요인

Major Technical Barriers	Market Growth Barriers
저가의 광원(Low cost light sources) 개발	POF 인지도의 부재(Lack of Awareness of POF)
네트워크 부품(Network Components) 개발	신기술에로의 전환에 대한 저항(Inertia and Reluctance to Change to New Technology)
응용을 위한 기술적 자료(Technical Data on Applications) 개발	표준화 부재(Lack of Standards)
응용 및 네트워크 연구 개발(Research on Applications and Networks)	POF의 교육, 진흥 및 표준화에 관한 대기업의 지원 취약(Lack of Strong Industry Focus for Promotion, Education, and Standards)
디자인 엔지니어의 교육(Education of Design Engineers)	네트워크 중개상의 부재(No Distributer Networks)
POF 증폭기의 개발(Development of POF Optical Amplifier)	POF 부품 판매 시장의 취약(No Place to Purchase All Pieces and Parts)
POF 신뢰도, 성능 평가 및 표준화 기술 개발 (Development of POF reliability, evaluation, and standardization techniques)	POF 응용 연구/개발 취약(Lack of R&D on Application)

제 4 장 광섬유 센서 및 소자

4.1 개 요

● 본 장에서는 광섬유 소자 및 센서와 관련하여 다음과 같은 기술적 연구 대상들을 선별하여 다루고자 함.

○ **광섬유 소자**

- **능동형 광섬유 소자 :**
  - 광섬유 증폭기(Optical Fiber Amplifier)
  - 광섬유레이저 및 clock 복원기(Fiber Laser & Clock Recovery)

- **수동형 광섬유 소자 :**
  - 분산보상기(Dispersion Compensator)
  - 파장 ADM(Add/Drop Multiplexor)

○ **광섬유 센서**

- **광섬유 물리량 센서 :**
  - 온도센서(Temperature Sensor)
  - 회전센서(Rotation Sensor)

- **화학 및 바이오 센서 :**
  - 화학센서(Chemical Sensor)
  - 바이오센서(Bio Sensor)

○ 광섬유는 초고속 광 네트워크 시스템 구축에 반드시 필요한 커플러, 파장분할 다중/역다중화기, 광증폭기 등의 광섬유 소자와 외부에서 가해지는 물리량의 고속 정밀 측정에 이용되는 광섬유 센서로서 급속히 상용화 되고 있음.

- 광섬유는 높은 대역폭과 고신뢰성을 지니고 있어 정보의 전송에 매우 이상적인 매체로 활용되고 있을 뿐만 아니라, 강하고 튼튼하며 간섭에 영향을 받지 않으므로 센서로도 활용이 대폭적으로 늘고 있음.

○ 이와 같은 광섬유 센서 및 소자 기술은 21 세기 광자 정보 기술 시대의 중요한 연구개발 주제로서, 매우 중요한 국가적 전략기술이 되리라 예상됨.

○ 광섬유를 이용한 센서 기술의 장점은 다음과 같으며, 빛의 세기 변화에 기초한 세기 센서(Intensity Sensor)와 위상 변화에 기초한 간섭식 센서(Interference Sensor)로 구분됨.

표 4-1. 광섬유 센서 기술의 장점

고감도	넓은 작동영역
전기적 비 의존성	고정점 및 분산형 구도
전자기 간섭에 무관	다중화 능력

○ 광섬유 센서 측정은 광섬유의 외부 또는 내부에서 동작하는데, 만일 변환기가 광섬유의 외부에 있고 광섬유가 측정된 양을 나타내고 전달할 경우가 외부적 센서라 하며, 센서가 광섬유의 내부에 제작이 되어있을 경우는 내부적 센서라 함.

- 특히, 외부적 센서들은 인장력을 측정하기 위하여 광섬유 격자를 사용하며, 변위의 경우에는 광섬유 결합기를 그리고 화학적 효과를 측정하는 경우에는 흡수 셀을 이용함.

– 내부적 센서들의 경우에는 인장력을 측정하기 위하여 광섬유의 미세 구부러짐에 의한 손실을 측정하고, 분광 특성의 경우에는 조절된 광섬유 클래딩을 측정하고, 회전을 측정하기 위해서는 역방향으로 진행하는 빗살을 이용함.

○ 광섬유 기술의 발달로 최근에는 온도, 압력, 전류, 굴절지수 등과 같은 물리적인 변화를 측정하는 분야에서도 광섬유 센서의 활용이 대폭적으로 늘어 광학 센서의 대부분을 점유하고 있음.

○ 광 센서용 특수 광섬유들로서 다음과 같은 종류들이 사용되고 있음.

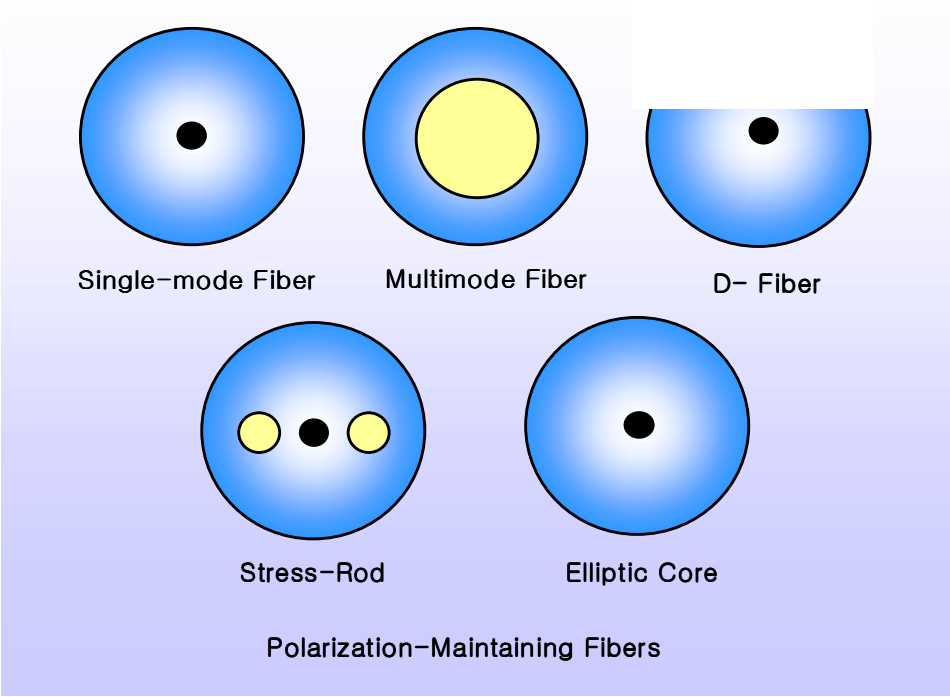


그림 4-1. 광센서용 특수 광섬유 종류

○ 또한, 최근 통신량의 증가에 대처하기 위하여 국내외적으로 WDM 또는 DWDM 방식을 이용한 광통신 시스템이 상용화 되고 있으므로 이에 따른 광섬유 소자의 수요가 급증하고 있음.

- 예를 들어 KMI Corporation 에 따르면 전세계 DWDM 시스템 시장은 1999 년 42 억달러에서 2000 년에는 89 억달러에 이른 것으로 나타났으며, 더 나아가 2005 년에는 540 억달러에 달하며 43%의 복합 연평균 성장률을 기록할 것으로 전망됨.

○ 국제 시장에서 점점 증가하는 경쟁때문에 서비스 제공 업체들은 새로운 광대역 서비스를 위해 비용과 마케팅까지의 시간(time-to-market)을 낮추는 새로운 방법을 모색하게 될 것이며, DWDM 및 광 스위치와 같은 기타의 광 네트워킹 시스템은 이러한 목적에 맞는 방안을 제공할 것으로 전망되므로 광섬유 소자 또한 중요한 전략기술이 될 것임.

4.2 광섬유 센서/소자 개발 및 응용 현황

○ 광섬유 센서는 감지 메커니즘의 변화를 이용하여 물리량을 추출하는 센서 및 기기로, 다음과 같은 빛의 변화를 측정하는 방식을 사용함.

편광(polarization) - 응집력(stress), 압력(pressure)
간섭(interference) - 압력, 온도, 굴절률
감쇄(attenuation) - 스위치
흑체복사(blackbody) - 온도 > 300°C
형광(fluorescence) - 온도 > 500°C

○ 광섬유를 이용한 비접촉식 적외선 온도 측정은 기존의 접촉식 측정 장치들 이상의 장점을 가지고 있는데, 특히 측정 대상이 움직이거나 매우 뜨거운 경우, 접근할 수 없는 경우 그리고 접촉식 온도 센서가 대상체에 손상을 주게 될 가능성이 있는 경우 아주 유리함.

- Raytek 사가 최근에 개발한 FA 광섬유 온도계는 100:1 의 광분해능을 제공하고 온도에 대해서 선형적인 전자적 출력을 제공할 뿐만 아니라 다음과 같은 특징들을 가지고 있음.

  · analog 0/4 mA and digital RS-485 출력
  · user-selectable temperature range
  · programmable relay(set-point or fail safe indication)
  · selectable signal processing options

- 또한, 광섬유 front-end 는 200°C 의 주위온도를 견딜 수 있고 NEMA 4-rated electronics housing 은 측정 정밀도의 저하 없이 0-60°C 범위의 주위 온도에 적용할 수 있는 장점이 있음.

○ 미국 NIST 에서는 Optical Fiber Sensors Project(OFSP)를 통하여 광섬유 센서 산업에 뒷받침되는 기본적인 측정량의 표준을 확립하고 있을 뿐만 아니라, 장치 수준의 센서 개발로도 발전시켜 Standard Reference Materials 인 Retardance Standard(SRM2525)을 최근 판매하고 있음.

○ 광섬유 소자는 커플러, 파워 분배기, 편광 조절기 등의 수동형 광섬유 소자와 광섬유 증폭기, 광섬유 레이저 등의 능동형 광섬유 소자로 크게 나눌 수 있음.

- 또한, 그 기능에 따라 시간 분할에 따른 속도를 이용하는 TDM 용과 파장을 분할하여 이용하는 WDM 용으로 구분할 수 있으며, 또 다시 역할에 따라 분산 보상기, 펄스형 광섬유 레이저 및 clock recovery, 광대역 광섬유 증폭기, 파장조절가능 필터 소자 등으로 나눌 수 있음.

○ 광섬유에서의 색분산에 대한 해결책으로 현재 분산보상광섬유를 개발하여 사용하고 있음.

○ WDM 방식에 사용되는 반도체 레이저와는 달리 초고속 TDM 영역에서는 광섬유 레이저가 주파수 chirping 이 적으므로 장거리 전송용 TDM 방식에서는 모드-록킹된 광섬유 레이저가 적절함.

○ 클럭 재생기는 광 TDM 방식에서 수신단에서 채널별 광신호를 분리시 사용되는 동기신호로서 매우 중요함.

- 클럭 재생기의 속도는 MUX 된 전송신호 속도와 같으며 시분할 방식 역다중화를 위해서는 전송된 광 신호 펄스열에 위상 동기된 제어 펄스열을 추출하는 것이 중요한데, OTDM 기술이 WDM 기술에 비해 발전 속도가 느린 것이 바로 궁극적으로 펨토초 펄스열의 동기화 기술이 난제이기 때문임.

○ 이러한 초고속 광 신호 펄스열에서 동기화된 클럭 펄스추출기술로는 optical tank circuit, injection locking, PLL 등이 알려져 있으며, 이들 방법들은 각각의 장단점이 있으나, 실제 시스템에 적용될 경우 신뢰성 및 반복성을 고려할 때 PLL 방식이 가장 유력한 것으로 알려져 있음.

- 초고속 PLL 방식은 반도체 광 증폭기나 광섬유에서 발생되는 비선형 광신호의 위상정보를 이용하여 동기신호를 추출하는 방법으로서 FWM-PLL(Four Wave Mixing-PLL)과 XGM-PLL(Cross Gain Modulation-PLL)방식으로 나누어지나, 테라 비트 광신호 처리를 위해서는 반응시상수가 서브 피코초인 carrier heating, spectral hole burning 등의 현상을 수반하는 FWM-PLL 방식이 가장 널리 사용되고 있음.

○ 현재 광대역 광섬유 증폭기는 어븀이 첨가된 광섬유 증폭기(EDFA)의 기존 1530-1565 nm 대역과 최근에 등장한 장파장 대역인 1570-1605 nm 대역을 이용하여 70 nm 정도의 특성이 우수한 대역을 사용할 수 있음.

– 더 많은 채널을 사용하기 위해서 광섬유 사용가능 대역인 1280-1620 nm 에서 EDFA 사용가능대역을 제외한 영역에서 충분한 이득 특성을 가지는 새로운 희토류 첨가 광섬유 증폭기와 광섬유에서의 유도 라만 산란을 이용한 라만 광섬유 증폭기에 대한 연구가 진행되고 있음.

○ 파장 가변 광섬유 레이저는 WDM 광통신의 송신부에 사용되며 발진 파장이 가변 되는 광섬유 레이저 기술임.

– 광섬유 레이저는 대표적으로 두 가지가 있는데, 첫째, 광섬유 링레이저형 파장 가변 레이저는 narrow band 파장 가변 광필터를 광섬유 링 공진기 내에 삽입하여 구현하며, 파장 가변 대역은 어븀 첨가 광섬유의 이득 대역과 파장 가변 필터의 파장 가변 대역에 의해 결정됨.

– 그러나 파장 가변 필터의 특성상 아주 협소한 선폭은 구현하기 어려우므로, 광섬유 격자를 이용한 링 레이저를 구성하여 파장 가변 링 레이저를 구성하려 하고 있으나, 광섬유 격자의 파장 가변 대역이 좁고, 레이저 발진 문턱 근처에서 작동시켜야 하므로 출력이 낮은 단점이 있음.

○ 파장 다중/역다중을 구현하기 위해 실리카 AWG 평면 도파로 소자, 광섬유 격자 소자, 다층 박막 필터 등이 이용되고 있는데, 안정화 측면에서는 다층 박막 필터기술이, 다중/역다중화 측면에서는 AWG 평면 도파로 소자 등이 뛰어나며, 광섬유 격자 소자의 경우 채널 누화 특성이 뛰어남.

○ 현재 파장 다중/역다중화기는 WDM 에서 가장 복잡한 소자 중의 하나로 현재 100GHz 의 채널 간격이 가능하며, 낮은 삽입손실 사각형 투과밴드 모양을 필요로하고 누설이 없어야 하며 온도에 무관해야 하는 등의 여러 제약조건을 만족해야 함.

○ Fiber ADM 은 WDM 통신망에서 전송용 광섬유를 통해 전달되는 다파장의 광 신호 중 특정 지점에서 특정 파장의 광 신호를 빼내거나 결합함으로써 망의 운용 효율을 높여 주는 소자로서, 이러한 기능의 ADM 소자는 AWG 파장 다중/역다중화기나 광섬유 격자에 의해 구현될 수 있으며, 초기에는 파장 고정형 ADM 기술에서 파장 가변형 ADM 기술로 발전하여 왔음.

○ 광섬유 격자를 이용한 ADM 기술은 마하젠더형 광섬유 격자 ADM 기술, PBS 를 이용한 광섬유 격자 ADM 기술 등으로 발전되어 왔으며, 현재 파장 가변 대역의 확대 및 수용 가능 채널 수의 확대 등의 방향으로 연구 개발이 진행 중임.

○ Fiber OXC(광섬유 광 회선 분배기)는 입력단자와 출력단자 사이의 스위칭을 해주는 소자로서 낮은 누설 및 삽입손실을 가져야 하고, 편광에 무관해야 하며 좁은 투과대역을 가져야 하며, 교환기 및 대용량 컴퓨터의 회로 기판 사이의 신호 전달이 전자식이 주종이었으나, 현재 병렬형 광배선으로 발전되고 있음.

○ 처음에는 단일 입출력 단자간의 광배선 기술에서 시작하였으나, 다 채널 병렬형 광배선으로 발전하였고, 이를 위해 어레이 광원 및 광 검출기, 리본 광섬유, 다심 커넥터들을 이용하여 고속 및 증가된 병렬 채널 수에 의한 기술로 발전되었음.

○ OXC 기술은 2000 년대 초반에는 광 회선분배 광소자가 실용화되고, 그 후 고속 광 회선분배 및 패킷 광교환 소자로 발전되리라 전망되고 있으며, OXC 노드용 광소자는 ADM 소자 및 8 x 8 급 OXC 시스템용 소자, 광 스위치 및 광 배선 소자들로 시험 운용 및 응용 연구가 진행 중이며, AWG, 광섬유 격자 소자 등에 의해 구현될 수 있을 것임.

4.3 광섬유 센서/소자 시장 현황

○ 유럽의 광섬유 센서 시장 규모를 보면 그림 4-2 와 같음. 1992 년에는 50 백만달러에 불과하였으나 1998 년에는 87 백만달러로, 연평균 10%의 증가율을 보이고 있음.

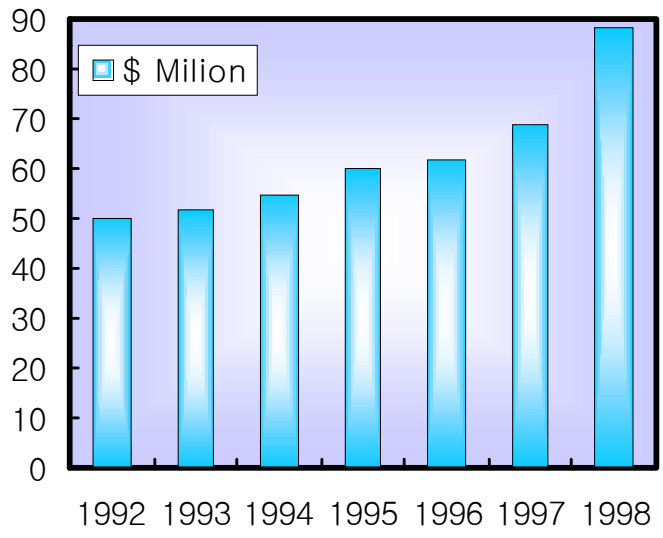


그림 4-2. 유럽의 광섬유 센서 시장 현황

(자료: “Sensors Market and Sourcebook”, Frost and Sullivan, 1995)

○ 유럽에서 생산되는 각 제품 즉 자이로(Gyroscope), 가속도계(Accelerometer), 화학센서(Chemical sensor), 변위/위치/근접 센서(DPP sensor), 유량 센서(Flow sensor), 레벨 센서(Level sensor), 압력 센서(Pressure sensor), 온도 센서(Temperature sensor)에 대한 시장 현황은 그림 4-3 과 같음.

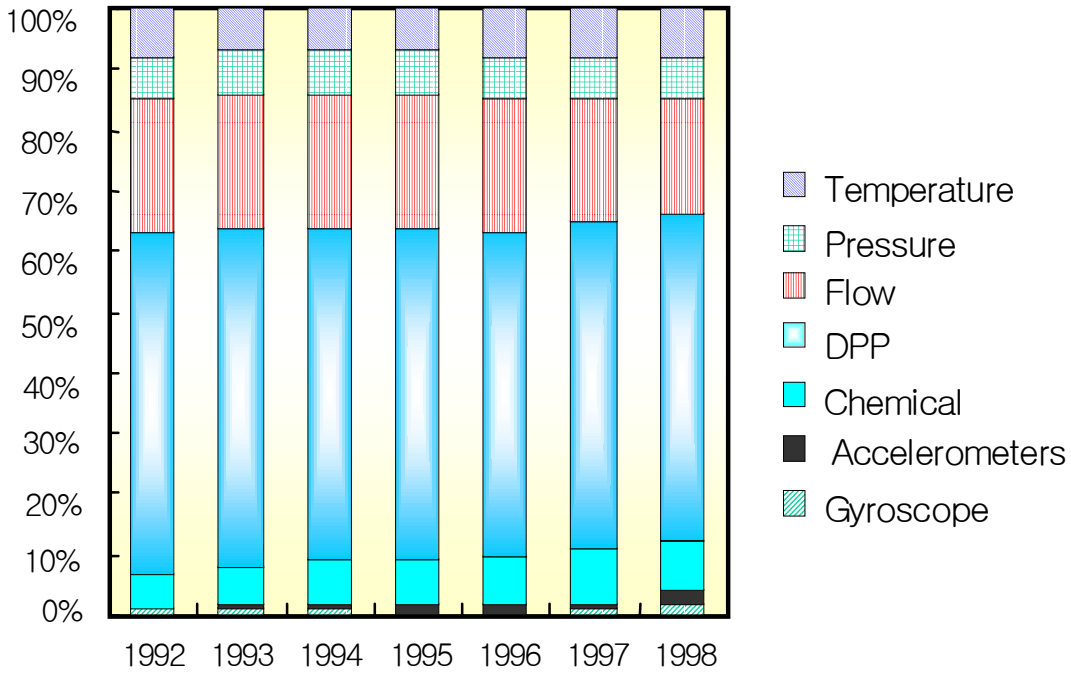


그림 4-3. 유럽의 광섬유 센서 제품별 시장 현황

(자료: "Sensors Market and Sourcebook", Frost and Sullivan, 1995)

- 유럽의 광섬유 센서 시장은 주로 변위/위치/근접 센서가 가장 큰 시장을 형성하고 있음을 볼 수 있음. 그러나, 1992-1998 년 사이의 경향을 보면 자이로, 가속도계, 화학 센서, 온도 센서의 시장 규모가 증가할 것으로 예측됨.

- 미국의 광섬유 센서 전체 시장 규모는 그림 4-4 와 같음. 1992 년에 73.3 백만달러에서 1998 년에는 700 백만달러로 증가하여, 연평균 증가율은 거의 50%에 이르고 있음.

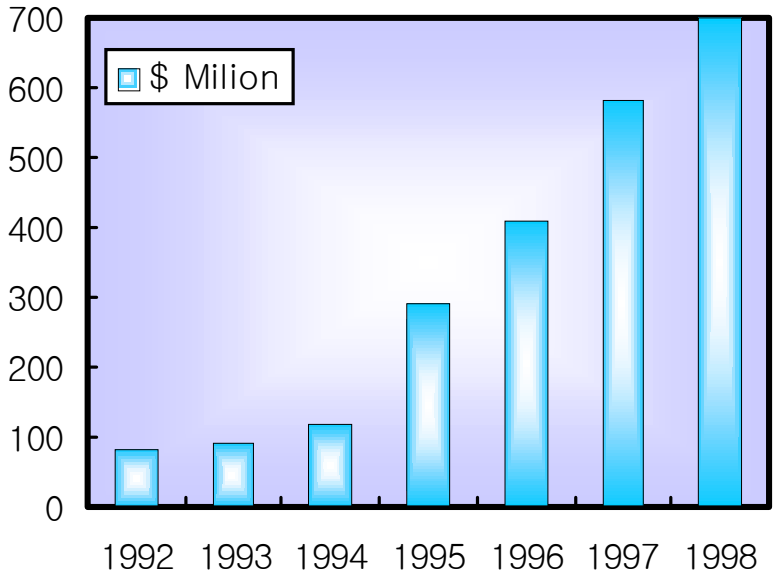


그림 4-4. 미국의 광섬유 센서 전체 시장 규모

(자료: “Sensors Market and Sourcebook”, Frost and Sullivan, 1995)

– 미국에서 생산되는 제품인 가속도계, 화학 센서, 변위/위치/근접 센서, 유량 센서, 자이로, 레벨 센서, 압력 센서, 온도 센서에 대한 시장 규모는 그림 4-5 와 같음.

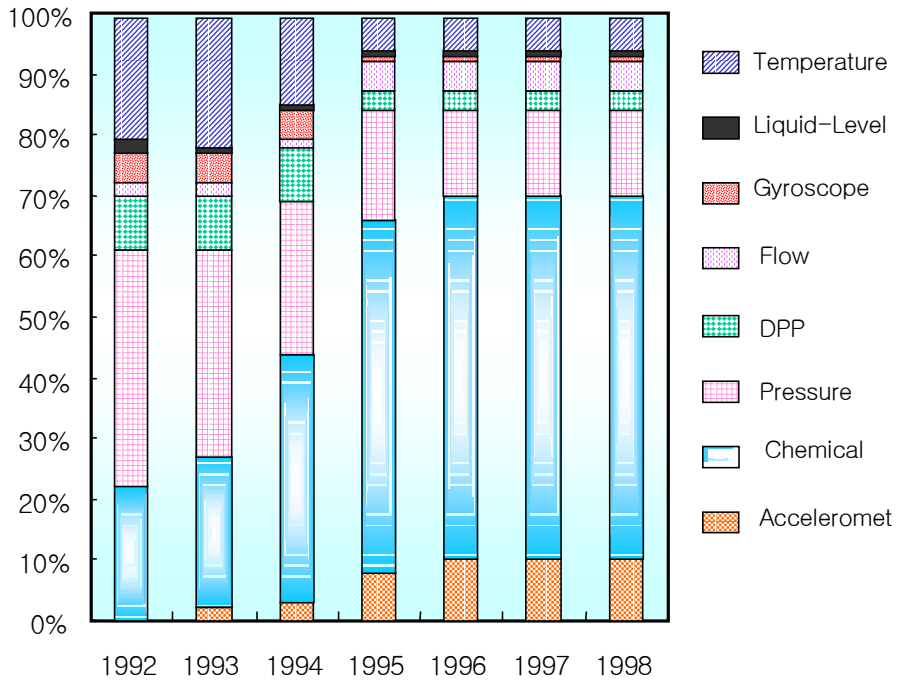


그림 4-5. 미국의 광섬유 센서 제품별 시장 현황

(자료: “Sensors Market and Sourcebook”, Frost and Sullivan, 1995)

○ 따라서, 광섬유 센서 전체 시장 규모는 2005 년에는 약 8,682 백만달러, 2010 년에는 약 50,881 백만 달러에 달할 것으로 예상할 수 있음.

○ 기능별 광섬유 소자 시장의 증가추세를 보면 다음과 같음.

표 4-2. 수동형 광섬유소자의 세계시장 전망

	1975		2000		2025		년평균 성장률(%)	
Component type	백만불	%	백만불	%	백만불	%	1975-00	2000-25
Fiber-optic cable	1.78	71	4.51	28	40.36	5	37	9
Active components	0.4	16	6.29	40	383.1	52	47	18
Passive components	0.16	6	1.45	9	140.52	19	44	20
Other components	0.15	6	3.59	23	175	24	50	17
Total consumption	2.49		15.84		738.98		42	17

(자료: LIGHTWAVE special report on fifty years of fiber optics, 1999)

○ 광섬유 소자의 세계 시장의 전망은, 커플러, 파워 분배기, 편광 조절기 등의 수동형 광섬유 소자 시장과 광섬유 증폭기, 광섬유 레이저 등의 능동형 광섬유 소자 시장 전망으로 크게 나누어 예상할 수 있음.

표 4-3. 세계 광통신 부품 시장 전망

(단위 : US 백만달러)

Component	1975	1985	1995	2000	2005	2015	2025
Fiber-optic cable	1.78	437	1791	4512	8596	22,520	40,360
Connector	0.11	25	158	484	1262	6610	23,400
Transmitter	0.3	160	1175	3180	9150	81,900	289,000
Receiver	0.1	41	390	1060	3050	22,300	55,800
Coupler/splitter	0.05	6.2	55	125	289	1510	5320
Optical amplifier	0	0	390	2050	4330	14,100	38,300
Filter	0	0	40	340	890	5500	25,300
Optical switch	0	3.9	55	505	2390	15,800	86,500
Other components	0.15	47.1	405	3590	4490	37,450	175,000
Total consumption	2.49	720.2	4459	15,846	34,447	207,690	738,980

(자료: LIGHTWAVE special report on fifty years of fiber optics, 1999)

- 수동형 광섬유 소자 중 광커플러 시장은 연평균 12.8% 정도 성장하여 1998 년의 372 백만불에서 2003 년에는 680 백만달러가 될 것으로 전망됨.

표 4-4. 수동형 광섬유소자의 세계시장 전망

(단위 : US 백만달러)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003
광커플러	372	419	473	533	602	680
광합분파기	374	360	473	600	744	815

– 능동형 광섬유 소자 중 광증폭기 시장은 연평균 30% 정도의 성장률을 보여 2003 년에는 6,800 백만달러에 달할 것으로 전망됨.

표 4-5. 능동형 기능부품의 세계시장 전망

(단위 : US 백만달러)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003
광증폭기*	711	1,500	3,200	5,000	6,000	6,800
기타 광소자	279	307	338	372	410	452

○ 광증폭기 시장에서는 기존의 1.5 um 파장대 어븀 첨가 광섬유 증폭기 (EDFA)가 차지하는 비중이 가장 높음. 기타 광소자 시장은 약 연평균 10% 수준의 성장률을 보이면서 2003 년에는 452 백만달러가 될 것으로 전망됨 (그림 4-6 참조).

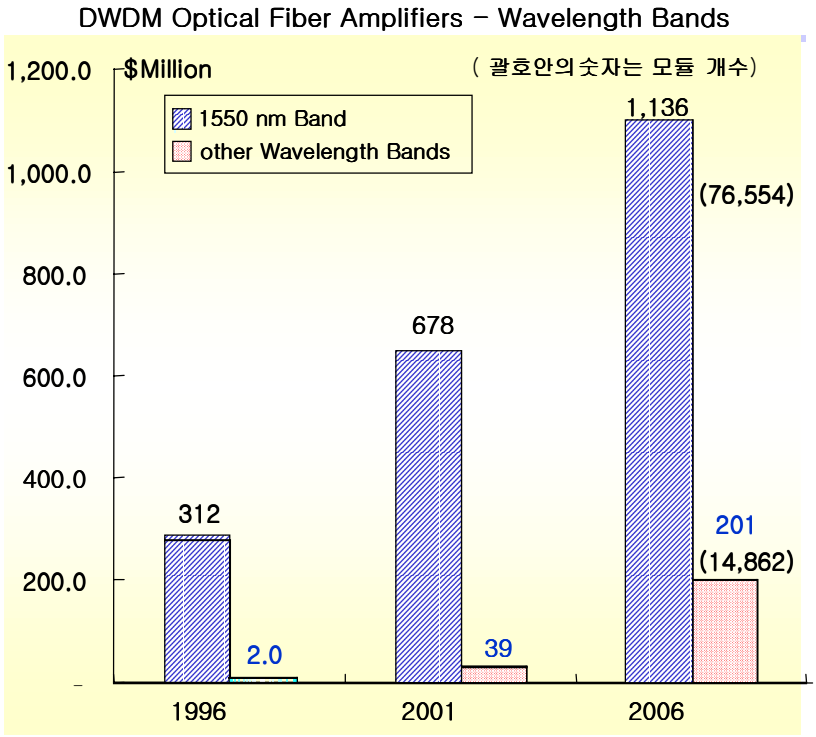


그림 4-6. 파장대별 광 증폭기 시장전망

○ 광전송 시스템의 대용량화와 더불어 네트워크 분배 연결 노드도 광 분배/연결 노드(OXC: Optical Cross Connect)로 발전함에 따라 광 ADM 구도 및 이에 필요한 필터, 분배기, 파장 다중기, 스위치 등의 광소자들에 대한 수요와 시장이 커져 가고 있음.

○ 차기 광 네트워크에서 백본 전송망으로 유력시 되는 DWDM 용 광소자들에 대한 수요와 시장이 매우 높을 것으로 전망되며, 광증폭기 시장에서는 기존의 1.5 um 파장대 어븀 첨가 광섬유 증폭기(EDFA)가 차지 하는 비중이 가장 높음.

○ 그 밖에 다른 파장대 광섬유 증폭기 시장도 대용량 WDM 광통신 기술의 발전에따라 점점 커져 갈 것으로 전망되고 있으며, 아래 광통신 소자 세계시장 규모에서 광섬유 광소자가 차지하는 비중은 1998년에는 50% 이상을 상회하나 점차 비중이 감소되고 있음.

표 4-6. 다중화 방식별 광통신 소자 세계시장 전망

(단위 : 억달러)

구 분	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	성장률(%)
WDM 광소자	16.2	21.7	28.2	37.2	45.8	57.5	62.6	93.6	122.2	33～27
TDM 광소자	21.9	27.4	34.3	43.4	52.2	63.4	77.9	96.9	122.1	26～23

○ 광섬유 소자에 관한 미래의 수요는 앞에서 살펴본 시장 예측에서와 같이 DWDM 에의한 광전송 시스템의 대용량화와 더불어 네트워크 분배 연결 노드도 광분배/연결 노드로 발전함에따라 이에 필요한 광섬유 레이저, 광섬유 분산

보상기 광섬유 필터, 광섬유 분배기, 광섬유파장 다중기, 광섬유 ADM 과 넓은 대역폭을 가지는 광섬유 증폭기등의 광섬유 광소자가 큰 시장 수요를 형성할 것임.

4.4 광섬유 센서/소자 기술 개발 전망

○ 광섬유 센서의 기술적인 발전은 광학 소자의 발전과 깊은 관계가 있음.

○ 향후 광섬유 센서는 더욱 소형화하여 광섬유 끝단에 각종 감지부를 집적할 것이며, 또한 여러 감지기구가 비접촉으로 측정하는 기술이 발전할 것임.

- 광집적칩(integrated optical chip)은 광섬유 센서의 구성 소자로 사용되어 신호처리 등의 기능을 담당하게 될 것이며, 측정인자가 직접 광집적칩에 작용하게 되는 센서가 등장하여 더욱 광집적된 센서가 출현하게 될 것임.

○ 한편 광섬유 전체를 감지부로 구성하는 분포 물리량 측정을 위한 센서기술이 상용화되고, 생체 센서 등의 특수용도 센서가 다양하게 개발될 것임.

- 광섬유 센서에 관해서 위에서 살펴본 바와 같이 시장 규모는 온도센서, 압력센서, 화학 센서의 시장이 가장 크게 자리할 것이고, 변위/위치/간극 센서 압력센서, 가속도 센서 등의 시장은 점차적으로 차지하는 비중이 축소할 것임.

- 자동화 센서기술(automotive sensing) 및 구조물 센서기술(infrastructure sensing)의 비중도 점차 확대될 것임.

- 광섬유 센서의 장점을 살릴 수 있는 특수용도 센서 시장으로 분포 물리량 측정용 센서와 생체 측정용 센서 시장이 차츰 큰 시장을 형성할 것으로 예상됨.

- 광섬유 센서의 기술적 발전은 집적광학 소자의 발전과 함께 소형화 및 지능화될 것으로 예상되며, 또한, 특수용도 센서(nitche sensor) 시장이 크게 증가할 것으로 보임.

- 광섬유 광학 센서는 많은 연구개발과 신뢰성을 확립하기 위한 공학기술이 필요함.

- 광섬유 광학 센서를 상업화하기 위해서는 광전송과 새로운 기술의 통합, 비광섬유 센서로 포화된 시장상황 개척이 요구됨.

○ 차기 광 네트워크에서 백본 전송망으로 유력시 되는 DWDM 용 광소자들에 대한 기술개발도 활발하게 이루어질 것임.

- 광섬유 소자에 관한 기술개발은 DWDM 에 의한 광전송 시스템의 대용량화와 더불어 네트워크 분배 연결 노드도 광 분배/연결 노드로 발전함에 따라 이에 필요한 광섬유 레이저, 광섬유 분산 보상기 광섬유 필터, 광섬유 분배기, 광섬유파장 다중기, 광섬유 ADM 과 넓은 대역폭을 가지는 광섬유 증폭기 등의 광섬유 광소자에 대한 기술개발이 활발하게 이루어질 것임.

○ 전송구간의 양끝단 지점의 분산을 보상하는 전체적 색분산 보상 방법 뿐만 아니라 전송거리 전구간의 분산 보상 곡선의 기울기를 쫓아가는 분산보상 방법에 대한 연구가 활발할 것임.

○ 앞으로 사용할 40Gb/s 시스템에서는 반드시 해결해야 할 문제로 PMD 를 들 수 있는데 PMD 측정과 보상기에 방법에 대한 연구가 활발할 것임.

○ 100Gbps 이상의 속도를 내려면 펄스 폭이 5ps 이하가 되어야 하므로 공진기 안에 적절한 길이의 분산천이 광섬유를 삽입하여 펄스형 광섬유 레이저의 펄스 폭을 줄이는 방법에 대한 연구가 활발할 것임.

○ 초고속 PLL 방식을 포함한 동기신호를 추출하는 방법에 대한 연구가 활발할 것임.

○ 더 많은 채널을 사용하기 위해서 광섬유 사용가능 대역인 1250-1650 nm 에서 EDFA 사용가능 대역을 제외한 영역에서 충분한 이득 특성을 가지는 새로운 희토류 첨가 광섬유 증폭기와 광섬유에서의 유도 라만 산란을 이용한 라만 광섬유 증폭기에 대한 연구가 활발할 것임.

○ ITU 규격인 100 GHz (0.8 nm), 50 GHz (0.4 nm), 그리고 25 GHz (0.2 nm) 주파수(파장) 간격을 갖는 다파장 광섬유 DFB 레이저를 제작하여 이를 WDM 광통신용 광원으로 사용하고자 하는 연구가 활발할 것임.

○ MUX/DEMUX 는 100GHz 보다 작은 채널 간격이 가능하며, 낮은 삽입 손실 사각형 투과밴드 모양을 가지며 누설이 없고 온도에 무관하게 하는 방법에 대한 연구가 활발할 것임.

○ 주위환경의 변화에 영향을 받지 않고 기준 파장을 유지할 수 있는 기술에 대한 연구가 활발할 것임.

4.5 광섬유 센서/소자의 Performance Targets

○ 광섬유 센서 및 소자에 관한 미래의 수요는 초고속 광 네트워크 시스템 구축 및 시스템의 대용량화와 더불어 21 세기 광자 정보 기술의 중요한 국가적 전략기술이 되리라 예상됨으로, 광섬유 센서 및 소자 분야의 국가 경쟁력을 확보하기 위해서는 다음과 같은 핵심기술을 개발하여야 함.

- **화학 및 바이오 광섬유 센서**
- **물리량 광섬유 센서**
- **분산 보상기**
- **펄스형 광섬유 레이저 및 Clock Recovery**
- **파장 Add/Drop 광섬유 소자**

○ 국내의 광섬유 센서 및 소자 개발은 90 년대에 시작되어, 광섬유 커넥터 및 광 커플러, 편광 조절기, 편광 혼합기 등을 국내 생산 중이며, 광섬유 증폭기(EDFA)는 국내 원천 기술이 없는 상황에서 일부 업체에서 조립 생산하여 국내 내수 부분 공급 중임. 광섬유 필터(FBG), 광섬유 레이저 등은 국내에서 일부 개발하여 부분 제작 판매 중이며, 센서 및 센서 시스템의 개발도 활발히 추진 중이나 아직은 시장을 형성하지 못하고 있는 상황임.

4.5.1 화학 및 바이오 광섬유 센서

4.5.1.1 기술의 개요

○ 화학 센서 및 바이오 센서는 원자 형태, 분자 형태, 또는 이온 형태의 시편의 특성을 측정하는 장치 및 기기로 정의될 수 있음.

○ 화학 센서 및 바이오 센서는 Absorption(UV, visible, IR), Fluorescence, Scattering, Transmission, Atomic emission, Chemiluminescence, Electro-luminescence, Interferometry, Surface Plasmon Resonance 등을 포함한 아주 다양하고 많은 기법을 사용함.

○ 화학 및 바이오 특성 측정 센서 및 기기는 In-situ, Real time, Remote measurement 방향으로 발전되어 가고 있음.

○ 최근에는 광섬유 화학 센서 및 바이오 센서가 비약적인 발전을 하여 가장 많이 사용되고 있는 종류가 되었으며, 미래에도 이러한 광섬유 화학센서가 주류를 이룰 것으로 전망됨.

○ 특히, 광섬유광학형광면역분석을 이용한 바이오 센서는, 항체에 특정한 항원들이 유도된 광 근처에 고정되고, 형광물질이 부착된 항체는 항원과 결합하여, 그 결과로 인한 형광 방출을 측정하는 기술이 사용됨.

4.5.1.2 기술적 목표설정(Performance Targets)

○ 다양한 형태의 화학적 성분을 측정하기 위한 광섬유 화학 및 바이오 센서

- **요구사항 :**

  UV(250 nm -360 nm), visible(400 nm - 700 nm), NIR (800 nm -1600 nm), IR(2000 nm -10 um) 등 넓은 파장 대역에서 형광 및 흡수 spectrum 을 분석할 수 있는 광섬유 센서기술.

- Performance Targets

  2005 년 : UV + visible 대역, 혹은 visible + NIR 대역, 혹은 NIR + IR 대역 동시 측정기술

  2010 년 : UV + visible + NIR +IR 대역 동시 측정기술

4.5.1.3 기술적 장애요인 및 연구개발 분야

○ Full spectrum 대역에서 저손실 전송이 가능한 광섬유가 요구되며, 측정 물질 각각의 화학적 및 바이오 성분에 대한 흡수 및 형광 spectrum 대역을 선택적으로 사용할 수 있는 광섬유 소자 기술이 필요하고, 광원 및 광 검출기의 array 화가 요구됨.

4.5.2 광섬유 물리량 센서

4.5.2.1 기술의 개요

○ 광섬유 온도 센서는 상용되고 있는 광센서의 가장 큰 부분임.

- 단 한가지의 기술이 넓은 영역의 온도와 해상도에서 효과를 나타내지는 않으므로 많은 물리적인 현상들이 온도 센서에 이용되어짐.

- 그러나 주된 물리적인 기술은 흑체 복사를 모니터링 하기 위해 원격 고온 측정법을 이용하는 것으로, 페브리-페롯 간섭계, 라만 산란, 분포 센서를 이용하여 물질에 따른 광경로 길이에서의 변화를 측정함. 측정범위는 영하 50 도에서 영상 1000 도 이상, 민감도는 +/- 0.1 도임.

○ 광섬유 Strain 센서는 FBG(fiber Bragg grating), 유도 라만 산란, 복굴절 매질에서의 polarimetry 등 여러 가지 방법들에 의해 측정되고 있는데, 이 중 FBG 방법이 가장 널리 이용되고 있음.

- FBG 방법은 단일 모드 Ge-doped 광섬유에 격자를 형성하여, strain 에 의해 야기되는 반사 또는 투과광의 파장변화를 측정하여 가해진 strain 값을 유도해 냄.

○ 광섬유 전기-자기 센서는 전기적 접지로부터 분리되어 있으므로 전자기파 간섭현상에 덜 민감하고 작은 규모로 만들 수 있으며, 우수한 감도를 갖으므로 다른 물질(piezoelectric, piezomagnetic materials)에 광섬유를 접합하여 전자기에 의한 물질의 변화를 측정함.

- 그러나 광섬유는 온도의 변화에 민감하므로 최근의 연구는 온도효과를 이들로부터 분리해 내는 기술에 집중되고 있음.

○ 광섬유 회전 센서는 Sagnac 효과에 기초하여 RLG(Ring Laser Gyroscope)형과 FOG(Fiber-Optic Gyroscope)형이 개발되어 왔음.

- RLG 는 두개의 서로 반대로 진행하는 광의 전파방향에 따라 야기되는 위상차에 의해 발생하는 레이저의 발진 주파수 변화를 측정하는 방식.

- FOG는 야기된 위상차이가 간섭에 의해 변화하는 광세기를 측정하는 방식이나, FOG가 더욱 단순한 광소자로 꾸밀 수가 있기 때문에 요구되는 성능을 보다 값싸게 얻을 수 있음.

○ 광섬유 압력 센서는 작은 Fabry-Perot 간섭계, microbending, 움직이는 diaphragm 등에 의해 압력의 변화를 측정하는 것으로 센서의 측정 범위는 0 ~ 700,000 torr 정도이고, 0.01 torr 정도까지 정확하게 측정하고 있음.

○ 광섬유 변위 및 위치 센서는 외부에 거울을 두어 광섬유로 되돌아 오는 광의 세기가 광섬유 끝단에서 거울까지의 거리에 따라 변화하는 것을 측정하여 변위 및 위치를 검출하여 왔으나, 최근에는 광섬유 끝단을 conical tip 구조로 만들거나 microbending 을 주어 측정하기도 함.

4.5.2.2 기술적 목표설정(Performance Targets)

○ 개개의 물리량을 측정하기 위한 고정범, 혹은 분산점 방식의 광섬유 물리량 센서

→ 온도센서의 요구사항

Performance Targets : 2005 년 (아래의 수준)

2010 년 -accuracy 및 resolution 의 10 배 향상

Parameter	Point sensing	Distributed sensing
Range (°C)	-50 ~ 1100	-10 ~ 500
Accuracy(°C)	± 1	± 1
Resolution(°C)	± 0.1	± 0.1
Length resolution(m)	NA	1 ~ 5

→ 회전센서의 요구사항

Performance Targets : 2005 년 (아래의 intermediate grade 수준)

2010 년 (아래의 inertial grade 수준)

Parameter	Moderate Grade	Intermediate Grade	Inertial Grade
Max. rate(deg/sec)	100	100	200
Bias stability(deg/hr)	10 -100	0.1 - 1	0.01 - 0.0001
Random walk (deg/√hr)	1- 10	0.01 - 0.1	0.0001 - 0.001
Scale factor(ppm)	10000	100 - 1000	1 - 10

4.5.2.3 기술적 장애요인 및 연구개발 분야

○ 개개의 물리량 만을 정확하게 분리하여 측정하는 것이 중요하므로, 모든 물리량 측정 시 온도에 의한 영향을 분리해 내는 것이 큰 문제로 지적되고 있고, 센서 시스템을 분산 측정점 방식으로 확장 시켜야 함.

4.5.3 능동형 광통신 소자

4.5.3.1 광섬유 증폭기

1) 기술의 개요

○ WDM 광통신의 용량 증가를 위해 더 좁은 파장 간격을 이용하여 더 많은 수의 채널을 사용하게 되면 어려운 문제들이 나타나기 때문에 더 넓은 이득 대역을 이용하여 채널 수를 증가시키는 방법이 바람직함

○ 현재 광대역 광섬유증폭기는 어븀 첨가 광섬유 증폭기(EDFA)의 기존 1530-1565nm 대역과 최근에 등장한 장파장대역인 1570-1605nm 대역을 이용하여 70nm 정도의 특성이 우수한 대역을 가짐

○ 더 많은 채널을 사용하기 위해 광섬유 사용가능 대역인 1250-1650nm 에서 EDFA 사용가능대역을 제외한 영역에서 충분한 이득 특성을 가지는 새로운 희토류 첨가 광섬유 증폭기와 광섬유의 비선형 효과를 이용한 라만광섬유 증폭기에 대한 연구가 진행되고 있음

2) 기술적 목표설정

○ 광섬유 증폭기

Performance Targets : 2005 년 - 100 nm, 256 채널
2010 년 - 200 nm, 512 채널

3) 기술적 장애요인 및 연구개발 분야

○ WDM 광통신을 위해 필요한 이득 평탄화와 채널의 Add/Drop 이 있는 시스템에서의 이득 고정화, 그리고 이에 따른 동특성에 대한 해결책을 같이 연구하여야 함

○ 전송구간을 넓힐 수 있도록 기존의 EDFA 와 라만광섬유증폭기와의 결합 같은 새로운 광섬유 증폭기의 개발이 중요하며 새로운 이득대역에서도 이와 같은 연구를 할 필요가 있음

○ 메트로 WDM 시스템에서 광섬유 증폭기를 충분히 활용하기 위해 충분히 저가인 광섬유 증폭기를 설계 개발하여야 함

○ 채널수가 많아지면서 광증폭기의 출력이 높아져야 하며 분산보상과 Add/Drop 에 의한 손실을 함께 보상하는 고출력 광섬유 증폭기에 대한 연구 가 필요함

4.5.3.2 광섬유 레이저 및 clock recovery

1) 기술의 개요

○ TDM 용 광섬유 레이저는 10Gbps 급의 조화고조파 모드-록킹 기술을 이용함.

○ 이득체를 어븀(Erbium) 도핑된 편광유지 광섬유를 사용하며 펌핑은 980nm 의 반도체 레이저와 10Gbps 모듈레이터로서 $LiNbO_3$ 광세기 변조기를 사용 하여 공진기의 기본 주파수의 정수배에 해당하는 주파수로 내부 광변조 시키면 조화 모드-록킹 현상에 의해 단펄스 열이 발생됨.

○ 광통신용 광섬유레이저로 중요한 것은 다파장 레이저와 파장가변 레이저임.

- WDM 광통신은 다파장 발진 레이저 광원들을 동일한 광섬유에 입사 시켜 전송함으로써, 단일 광섬유를 이용하여 정보 전송의 집적도를 향상 시킬 수 있음.

- 광섬유 격자 기술을 활용하면 어븀 첨가 광섬유에 위상천이 광섬유 DFB 레이저를 형성시킬 수가 있으며, 980 nm 파장의 여기광원으로 여기 시키면 간단한 구조의 광섬유 레이저를 발진 시킬 수 있음.

○ 이와 같은 방법으로 ITU 규격인 100GHz 주파수 간격(파장 간격: 0.8 nm)을 갖는 다파장 광섬유 DFB 레이저를 제작하여 이를 WDM 광통신용 광원으로 사용한다면 현재의 반도체 광원보다 전송용 광섬유와의 연결성이 뛰어난 광원으로 활용할 수 있음.

○ 광섬유 DFB 레이저는 제작시 발진 파장의 정밀도를 정확하게 제작할 수 있으므로, 반도체 레이저에 비해 제작 수율이 월등하게 뛰어난 광원으로 개발할 수 있음.

2) 기술적 목표설정

○ 광섬유 레이저 소자

Performance Targets : 2005 년 - 500 fs

2010 년 - 200 fs

3) 기술적 장애요인 및 연구개발 분야

○ 펄스 폭은 다중화 시 용량속도를 고려하여 정하는데, 40Gbps 이하는 펄스 폭이 12.5ps 이하면 되므로 공진기안의 분산제어를 하지 않아도 달성될 수 있지만, 100Gbps 이상의 속도를 내려면 펄스 폭이 5ps 이하가 되어야 하므로 공진기안에 적절한 길이의 분산천이 광섬유를 삽입하여 펄스 폭을 줄이는 기술이 필요함.

○ 펄스형 광섬유 레이저의 경우 광통신 시스템에 사용하기 위해서는 jitter 문제를 해결하기 위한 안정화 작업에 대한 연구가 필요함

○ 광섬유 격자 기술을 활용 어븀 첨가 광섬유에 위상천이 광섬유 DFB 레이저를 형성하여 간단한 구조의 광섬유 레이저를 발진 시키는 방법으로 ITU 규격의 파장 간격을 갖는 다파장 광섬유 DFB 레이저를 제작해야 함.

4.5.4 수동형 광통신 소자

4.5.4.1 분산 보상기

1) 기술의 개요

- 광섬유에서의 분산중 색분산의 경우 기존의 단일모드(SMF) 광섬유는 동작 파장인 1550nm 파장 대에서 17ps/㎞·㎚ 정도의 높은 색분산 값으로 인하여 광신호의 왜곡이 발생하여 전송품질이 저하됨

  - 광섬유에서의 색분산에 대한 해결책으로 현재 1550nm 에서 음의 분산 값을 갖는 분산 보상 광섬유를 개발 사용하고 있음.

- 광섬유에서의 분산중 편광모드분산의 경우 10Gb/s 시스템까지는 큰 문제가 안될지 모르지만 40Gb/s 시스템에서는 반드시 해결해야 할 특성으로 지목하고 있음.

  - 세계적으로 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나 아직까지는 연구 초기라고 볼 수 있으며, 국내에서도 몇 년 내로 40Gb/s 시스템을 사용할지 모른다는 예측으로 이에 대한 관심이 높아지고 있음.

2) 기술적 목표 설정(Performance Targets)

○ 색분산, 편광모드분산 보상을 위한 광섬유 소자

Performance Targets : 2005 년 - 64 파장채널, 0.1 ps/√km
2010 년 - 256 파장채널, 0.01 ps/√km

3) 기술적 장애요인 및 연구개발 분야

○ 편광모드분산(PMD)의 경우 편광이 외부 환경변화에 따라 변해 시간에 따라 다른 값을 갖게 되어 대처하기가 쉽지 않은 실정임.

○ 이중모드 광섬유 분산 보상기를 사용하거나 분산 보상용 chirp 광섬유 격자를 개발하고 있으며, 현재 필요한 기술은 전송구간의 양끝단 지점의 분산을 보상하는 전체적 보상 방법 뿐만 아니라 전송거리 전구간의 분산 보상 곡선의 기울기를 쫓아가는 분산보상 방법이 더 나은 방법으로 제시되고 있음.

○ PMD 의 경우 광신호의 편광상태를 측정 분석하는 기술, 편광 제어를 위한 설계 기술, 편광 감시를 위한 신속한 감시 및 보상 알고리즘을 확보하여야 할 것이며, 이를 바탕으로 PMD 보상기 같은 응용소자 기술을 확보하여야 할 것임.

○ 색분산 및 편광 모드 분산을 측정할 수 있는 기술과 관련 광섬유 소자 및 부품의 평가 신뢰도 향상이 요구됨.

4.5.4.2 파장 Add/Drop 광섬유 소자

1) 기술의 개요

○ Fiber ADM 은 WDM 통신망에서 전송용 광섬유를 통해 전달되는 다파장의 광신호 중 특정 지점에서 특정 파장의 광 신호를 빼내거나 결합함으로써 망의 운용 효율을 높여 주는 소자임.

- 이러한 기능의 ADM 소자는 AWG 파장 다중/역다중화기나 광섬유 격자에 의해 구현될 수 있으며, 초기에는 파장 고정형 ADM 기술에서 파장 가변형 ADM 기술로 발전하여 왔었음.

- 광섬유 격자를 이용한 ADM 기술은 마하젠더형 광섬유 격자 ADM 기술, PBS 를 이용한 광섬유 격자 ADM 기술 등으로 발전되어 왔으며, 현재 파장 가변대역의 확대 및 수용 가능 채널 수의 확대 등의 방향으로 연구개발이 진행중임.

○ OXC 기술은 2000 년대 초반에는 광 회선분배 광소자가 실용화되고, 그 후 고속 광 회선분배 및 패킷 광교환 소자로 발전될 것으로 전망되고 있음.

○ OXC 노드용 광소자는 ADM 소자 및 8 x 8 급 OXC 시스템용 소자, 광 스위치 및 광 배선 소자들로 시험 운용 및 응용 연구 진행 중이며, 대표적 연구기관으로는 NEC, Lucent, Ciena, MCI 등이 있고, 이와 같은 OXC 는 AWG, 광섬유 격자 소자등에 의해 구현될 수 있을 것임.

2) 기술적 목표설정

○ 파장 ADM 광섬유 소자

Performance Targets : 2005 년 - 64 파장
2010 년 - 256 파장

3) 기술적 장애요인 및 연구개발 분야

○ WDM 광통신에서는 단일 파장 발진 광원들을 결합하여 하나의 광섬유에 묶어 넣는 광섬유 MUX/DEMUX 의 경우 2005 년 까지는 64 채널용을 만들고 2010 년까지는 256 채널용이 필요한데, 이때 낮은 삽입손실 사각형 투과밴드

모양을 필요로 하고 누설이 없어야 하며 온도에 무관해야 하는 등의 여러 제약조건을 만족해야 함.

○ WDM 통신망에서 전송용 광섬유를 통해 전달되는 다파장의 광 신호 중 특정 지점에서 특정 파장의 광 신호를 빼내거나 결합함으로써 망의 운용 효율을 높여 주는 소자인 Fiber ADM은 2005년 까지는 64 채널용을 만들고 2010년까지는 256 채널용이 필요함.

○ 입력단자와 출력단자 사이의 스위칭을 해주는 Fiber OXC 소자는 낮은 누설 및 삽입손실을 가져야 하고 편광에 무관해야 하며 좁은 투과대역을 가져야 함.

○ DWDM 용 광소자의 성능 평가 기술에 필요한 국제적 수준의 파장 표준기 개발이 요구됨.

제 5 장 광섬유 기술 로드맵

○ 광섬유 기술 로드맵은 실리카 광섬유, 플라스틱 광섬유, 광섬유 센서 및 소자의 Taget 로드맵과 기술 로드맵으로 각각 분류하여 작성하였음.

○ 다음 광섬유 기술 로드맵은 왼쪽이 기술개발 개시시점, 오른쪽은 개발완료 시점을 의미하며, 개발완료 후에 관련된 기술은 계속 시장속에서 개선되어 간다는 것을 의미함.

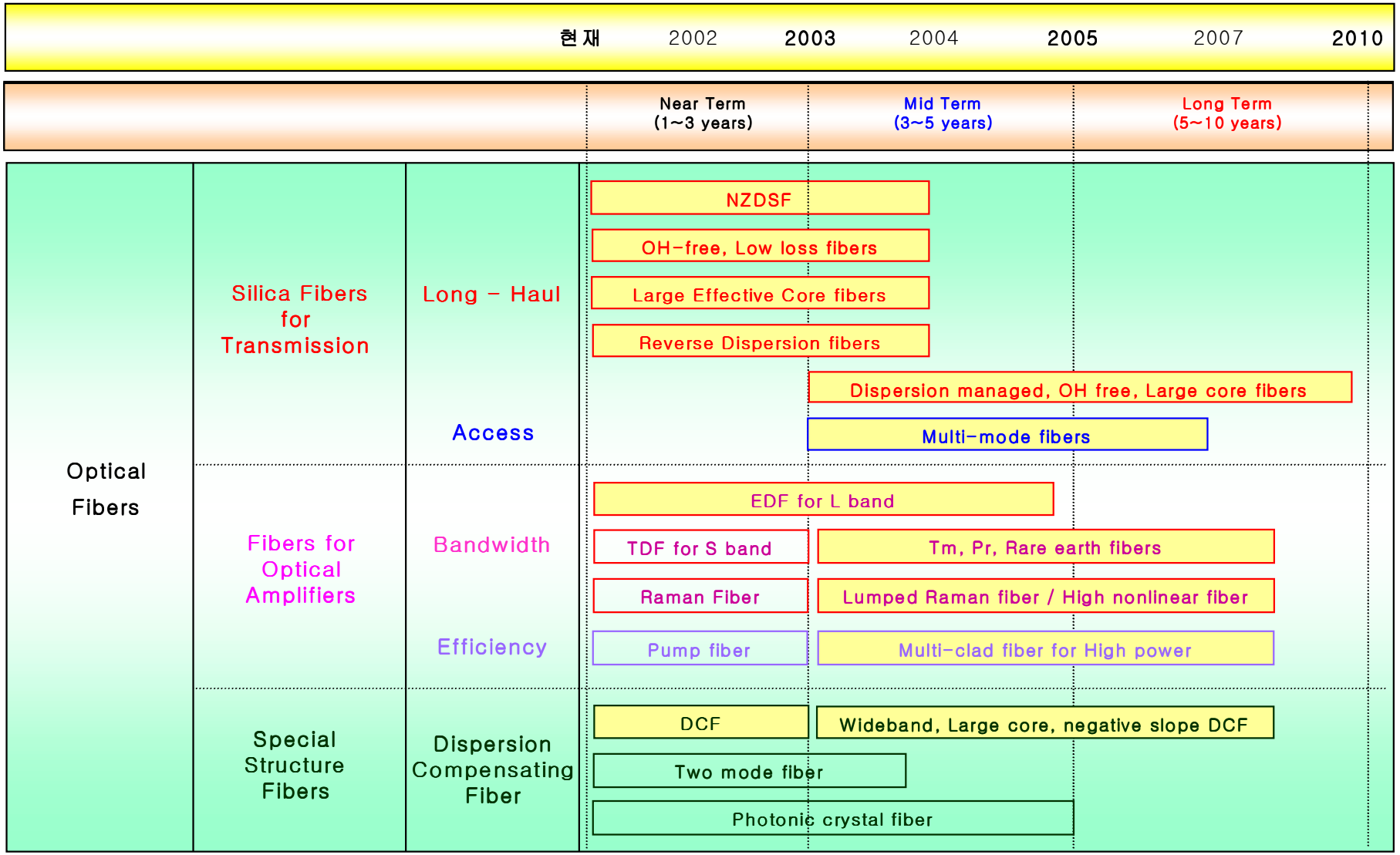
○ 기술개발은 Near-Term(1~3년), Mid-Term(3~5년), Long-Term(5~10년)으로 구분하여 작성하였음.

실리카 광섬유 기술 로드맵(Target)

현재 2002 2003 2004 2005 2007 2010

			Near Term (1~3 years)	Mid Term (3~5 years)	Long Term (5~10 years)
Optical Fibers	Silica Fibers for Transmission	Bandwidth	40 Gbps, 1.49 ~ 1.61 ㎛	40 Gbps, 1.45 ~ 1.61 ㎛	> 40 Gbps, 1.25 ~ 1.65 ㎛
		Loss / Core	0.3 dB/km, 60 ㎛^{2}	< 0.2 dB/km, 70 ㎛^{2}	< 0.2 dB/km, 80 ㎛^{2}
		Dispersion	4 ps/nm·km (40 nm)	4 ps/nm·km (80 nm)	4 ps/nm·km (160 nm)
		PMD	0.2 ps/km$^{1/2}$	< 0.1 ps/km$^{1/2}$	< 0.02 ps/km$^{1/2}$
	Fibers for Optical Amplifiers	Bandwidth	1.53 ~ 1.61 ㎛	1.45 ~ 1.65 ㎛	1.25 ~ 1.65 ㎛
		Efficiency	55 %	65 %	75 %
	Special Structure Fibers	Dispersion Compensating Fiber	200ps/nm-dB 40 ㎛^{2}	300ps/nm-dB 50 ㎛^{2}	500ps/nm-dB 60 ㎛^{2}

실리카 광섬유 기술 로드맵

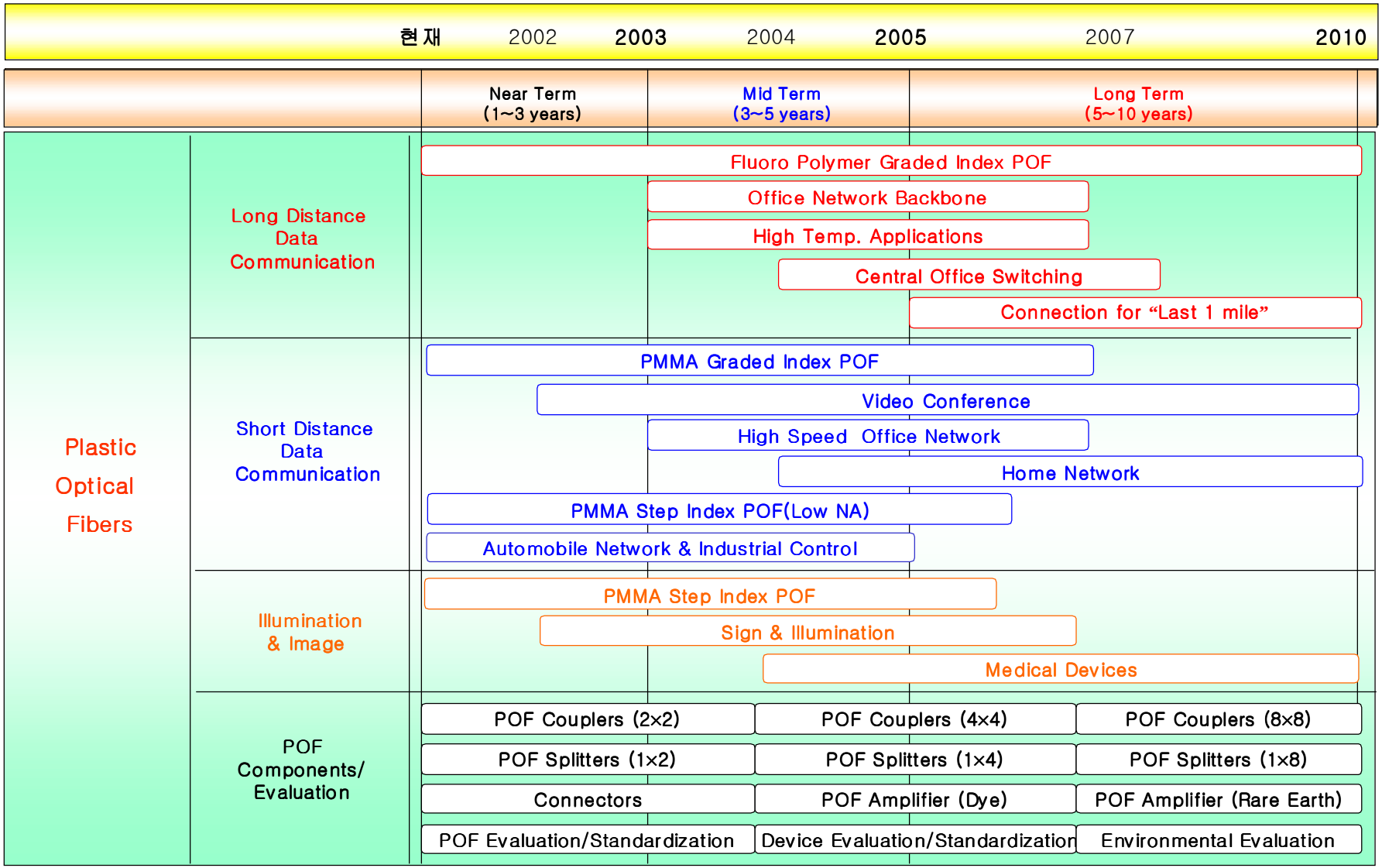


플라스틱 광섬유 기술 로드맵(Target)

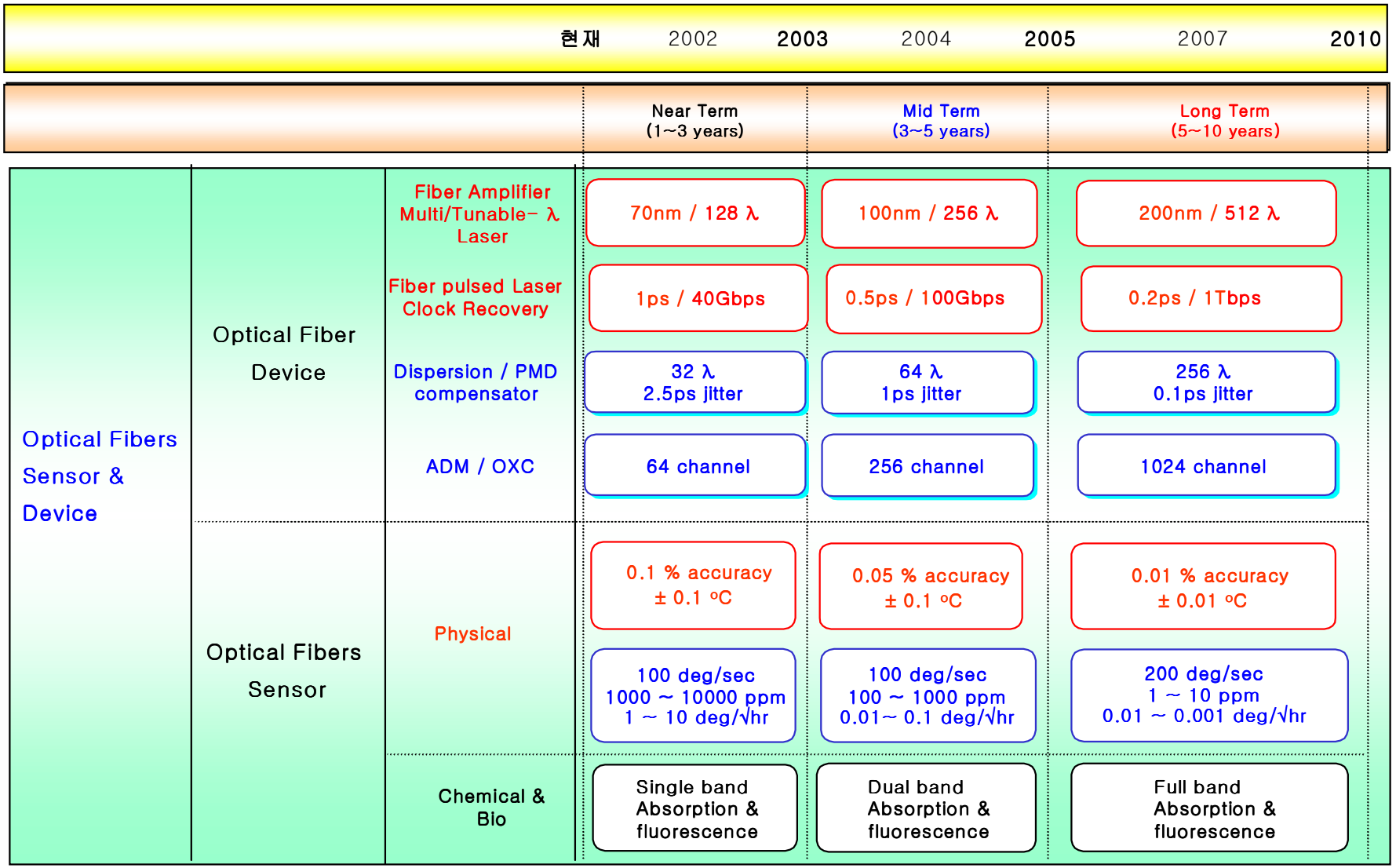
현재 2002 2003 2004 2005 2007 2010

			Near Term (1~3 years)	Mid Term (3~5 years)	Long Term (5~10 years)
Plastic Optical Fibers	Long Distance Data Communication	Bandwidth		2.5 Gbps · 100 m	10 Gbps · 100 m
		Loss		50 dB/km (850nm)	30 dB/km (850nm)
	Short Distance Data Communication (자동차용)	Loss		< 200 dB/km (650nm)	< 130 dB/km (650nm)
		Tg		120 ºC	150 ºC
	Short Distance Data Communication (Home network용)	Bandwidth	> 400 Mbps · 50 m	> 400 Mbps · 100 m	> 1 Gbps · 100 m
		Loss	300 dB/km (650 nm)	200 dB/km (650 nm)	130 dB/km (650 nm)
	Illumination & Image	Loss	< 800 dB/km	< 300 dB/km	< 130 dB/km
	POF 부품	Excess Loss	1 x 2 < 10 dB	2 x 2 < 5 dB	8 x 8 < 2 dB
		Insertion Loss	1 x 2 < 10 dB	1 x 4 < 3 dB	1 x 8 < 1 dB
		Accuracy	> 3 Gbps	> 5 Gbps	> 10 Gbps

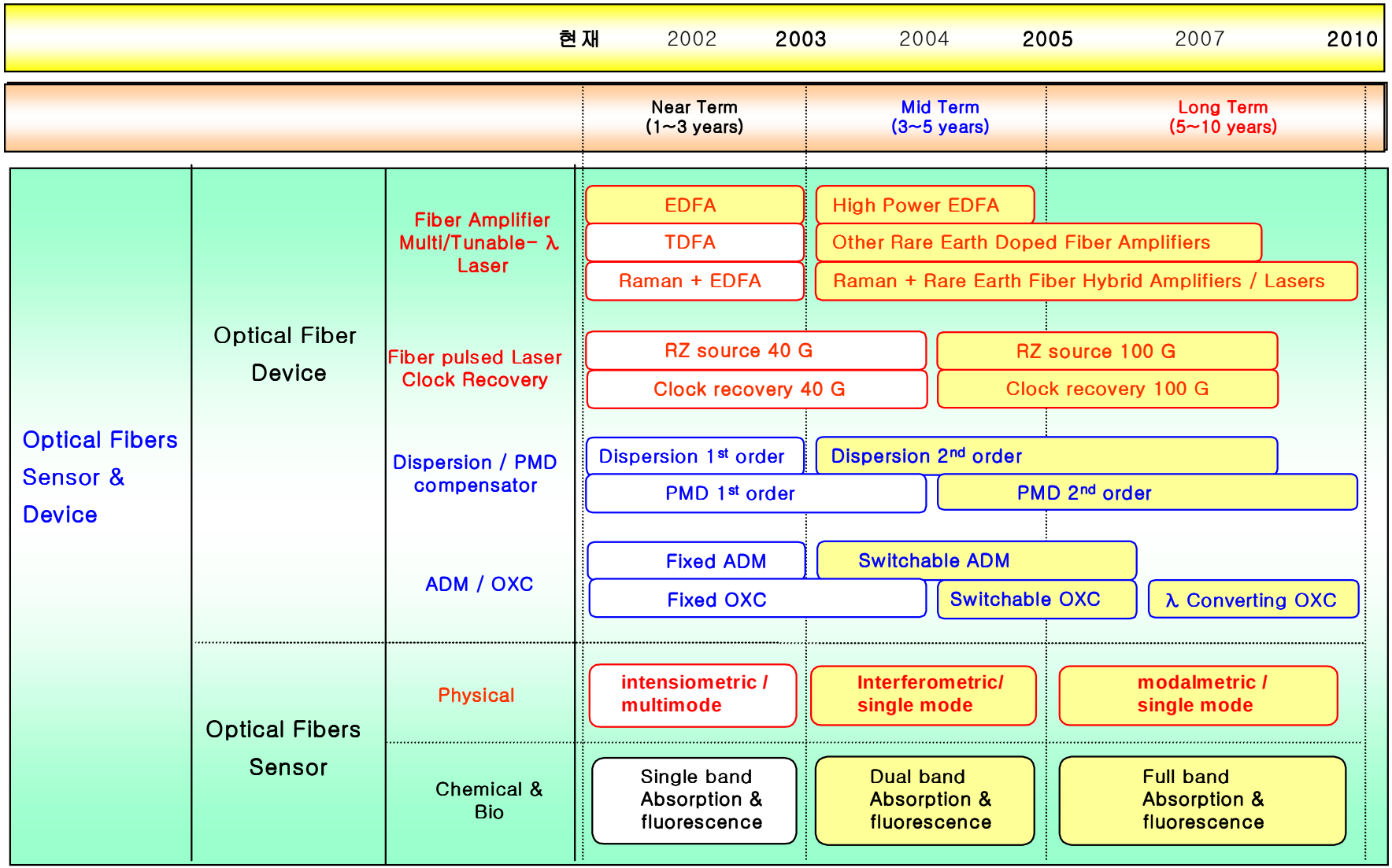
플라스틱 광섬유 기술 로드맵



광섬유 센서 및 소자 기술 로드맵(Target)



광섬유 센서 및 소자 기술 로드맵



제 6 장 맺 음 말

21 세기 미래 사회는 개인, 사무실, 가정, 차량 등의 미시적 멀티미디어 네트워크 시스템 단위로부터 도시, 국가, 대륙간에 구축된 거시적 정보 통신망에 이르기까지 실시간 정보 교환이 이루어지게 되어 삶의 양식이 급격히 변화할 것으로 예상되며, 이렇게 실시간으로 교환되는 정보와 지식은 국가경쟁력을 좌우할 신산업 창출의 중요한 원동력이 될 것이다. 따라서 최근 선진 각국에서는 정보통신망 분야에서 기술적 우위를 확보함으로써 자국의 국가 경쟁력을 높이려는 목적에서 초고속 정보통신망의 구축을 핵심적인 국가 사업으로 지원하고 있다. 광섬유 기술은 이러한 초고속 정보 통신망 구축에 필요한 기간망 및 기기의 개발, 지식 및 정보의 생성, 저장, 가공 및 교환 기술의 개발, 그리고 사회 전 부문의 효율성 향상에 직결되는 가장 중요한 핵심 기술임은 주지의 사실이다.

이러한 관점에서 작성된 본 보고서는 실리카 광섬유, 플라스틱 광섬유 및 광섬유 센서/소자 분야에 대하여 구체적인 기술 로드맵을 제시함으로써, 향후 국내 광섬유 기술개발에 관한 효율적인 사업추진 및 전략적 목표 설정에 이바지 하고자 작성되었다. 지난 1 년간 본 작업에 참여한 여러 위원들이 많은 노력을 들였음에도 불구하고 본 보고서에는 미흡한 점이 많으리라고 생각된다. 다행히 본 기술 로드맵 작업은 2 년마다 지속적으로 수정·보완하는 작업이 이루어질 예정이므로 독자 제현의 아낌없는 지도 편달을 부탁드린다.

참고문헌

1. 섬유기술과 산업, 2 (1998) pp 333.
2. 纖維學會豫稿集 2000, The Society of Fiber Science and Technology, Japan (2000)
3. Applied Optics, 1988, 27(3), 486-491
4. Adv. Mater., 1999, 11(7), 567-570
5. Conference Proceeding of POF World (1999)
6. Garito, A. F.; Wang, J.; Gao, R. Science 1998, 281, 962-967. “Effects of Random Perturbations in Plastic Optical Fibers”
7. Harold B. Killen, Fiber Optic Communications, Prentice Hall (Englewood Cliffs, 1991).
8. J. of Lightwave Technology, 1995, 13(7), 1475-1489
9. Kansai Research Institute, Japanese R&D Trend Analysis (1999).
10. KDD Technical Channel, 1998, 31, 8-11
11. Optoelectronics 와 高分子 材料, 井手 文雄, 공립출판주식회사, p51, 1995
12. POF Industrial Overview, POF World, June 19-21, 2000, San Jose
13. POF Newsletter, 9 (3) (May/June, 2000); POF Letters, 6(6) (1997).
14. Polym. Prepr.(aAm. Chem. Soc., Div. Polym. Chem.) 39(2), 1028-1029, 1998
15. Proceedings of POF 2000 Conference (Sept. 5-8, 2000, Cambridge, Massachusetts, USA).
16. Rev. Electr. Electron., (3), 84-87, 1998
17. Stuart, H, R. Science 2000, 289, 281-283 “Dispersive Multiplexing in Multimode Optical Fiber”
18. Ibanescu, M.: Fink, Y.; Fan, S.; Thomas, E. L.; Joannopoulos, J. D. Science 2000, 289, 415-419
    “An All-Dielectric Coaxial Waveguide”
19. ’99 光産業豫測便覽, 일본 Fuji Chimera Reserch Institute, Inc.
20. Y.Koike ed., 플라스틱 광섬유 POF 콘소시움편, 공립출판사, 1997
21. 電子情報通信學會, 信學記譜, Technical Report of IEICE OFT 98-29 (1998-09)
22. 電子情報通信學會, 信學記譜, Technical Report of IEICE EMD94-22(1994-07)

23. 電子材料, 1999, 1, 58-61
24. US. Patent 5,783,636
25. http://www.pofeska.com
26. http://www.agc.co.jp/lucina/index.htm
27. http://www.agc.co.jp
28. www.toray-tomac.com

[주의]

1. 이 보고서는 산업자원부에서 시행한 산업기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 연구내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 산업자원부에서 시행한 산업기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.