

<主 題>

광전송기술 표준화 동향

최윤선*, 김 남*, 서동선**, 반재경***, 이수희****, 권근범****

(*충북대학교 정보통신공학과,

**명지대학교 전자공학과,

***전북대학교 전기전자제어공학부,

****한국통신 연구개발본부 표준연구단)

□ 차 례 □

I. 서 론

II. 국외의 광전송 표준화 동향

III. 국내 광전송시스템의 표준화 동향

IV. 미래의 초고속 광전송망 구현 방식 및 표준화 동향

V. 결 론

I. 서 론

현대의 정보통신은 더욱 더 직접적이고 자연스럽게 정보를 전달하는 방향으로 발전해 나가고 있으며, 광대역 정보통신은 이러한 발전 과정의 근간을 형성한다. 이것은 광섬유 및 소자 기술이 최하부 기초를 놓고 그 위에 SDH/SONET 기술이 전송 구조물을 구축하고 ATM 기술이 광대역 정보 수송체를 제공함으로써 가능하게 된 것이다. 광대역 정보통신은 멀티미디어 영상통신과 고속 데이터 통신을 가능하게 함으로써 정보화 시대의 문을 열어 주게 된다. 정보화의 급속한 진전은 우리의 일상생활을 비롯하여 경제, 사회, 문화 등 모든 활동에 커다란 변화를 가져오고 있을 뿐만 아니라 정보화의 발전수준이 개별 국가의 대외경쟁력을 좌우하게 되었다. 미국, 일본 등 선진각국은 이러한 21세기 무한 경쟁시대에서 주도권을 확보하기 위한 일환으로 고속, 대용량의 정보를 원활하게 전달할 수 있는 초고속정보통신망 구축을 서두르고 있다. 우리 정부에서도 국가 경쟁력을 조기에 확보하여 세계 선두그룹에 진입하고, 국민의 삶의 질을 대폭 개선해 나가기 위하여 초고속정보통신망

을 2015년까지 45조원을 들여 구축하는 "초고속정보통신기반 종합추진계획"을 95년 3월에 수립하여 국가의 최우선 사업으로 추진해 오고 있다.

끊임없이 발전하고있는 정보통신 서비스는 영상 및 비디오와 같은 신규 서비스 제공으로 인하여 비약적인 정보량의 증가에도 불구하고, 정보통신 서비스의 고속화로 현재의 음성급 서비스 가격에 비하여 그다지 비싸지 않는 수준에서 이들 신규 서비스가 제공되어야 한다. 이를 위해서는 고도의 정보통신 서비스(45Mbps)를 제공하는 미래의 고속정보통신망 구축비용은 지금의 정보통신망 구축비용과 비슷한 수준이 되어야 한다. 이러한 고도 정보통신 서비스의 수요를 만족시키는 경제적인 망 구축은 광통신 기술만이 가능하고, 이를 극대화한 전광통신망기술에 대한 관심도 날로 고조되고있다. 미래의 전광통신망은 아날로그나 디지털의 정보 신호 형태 및 전송속도에도 무관하게 전송하고 광신호의 광/전 변환없이 스위칭 및 회선분배 등을 수행하는 투명한 망을 구성하게될 것이다. 이는 광이 갖고 있는 무한한 대역폭 활용과 전/광 및 광/전 변환에 따른 신호정체를 극복하여 초고속 신호 전송이 가능함을 의미한다.

광전송기술의 급격한 발전으로 인해 1990년대 초반

에 155Mbps급의 동기식 전송시스템이 개발된 이후로 622Mbps와 2.5Gbps급의 광전송 장치가 도입되어 동기식 전송망을 위한 기반이 조성되었다. 국내에서는 96년말 HAN/B-ISDN 과제하에 초고속 정보통신망 하부구조인 B-ISDN의 핵심장치와 소자를 개발하기 위한 연구개발사업이 추진되고 있다. 특히 광전송기술 측면에서는 10Gbps, B-NT, 100Gbps 등이 '96, '97, 2001년에 각각 개발될 예정이며 이와 함께 광전송기술에 관련된 표준화 연구가 ITU-T, IEC 등에서 범세계적으로 추진되고 있다. 이러한 범세계적인 움직임 속에서 국내 광전송기술 관련하에 현재 각국에 배포되어 검토되고 있는 draft 권고안 등 표준에 대한 검토 연구를 추진하고 우리나라의 표준방향을 모색하는 것이 바람직할 것이다.

만약 광전송기술 표준화 연구에 대한 추진이 늦거나 미비하게 된다면 각종 다양한 통신방식의 채용과 고도의 광정보기술 응용에 의해 여러 가지 상이한 구현 제품이 출현하게 되고, 이에 따라 구현제품간 상호 운용성이 문제가 될 것이다. 그러면 서비스 제공자와 이용자의 서비스 보급, 이용에 커다란 제약을 가져올 것이고, 또한 제조자에게는 생산성 저하를 초래해 궁극적으로 전송기술이 세계 선진국에 예속되며, 국내 정보산업의 위축은 물론 초고속 정보통신 마인드 확산 등에 적신호가 나타날 것이다.

그러므로 광전송기술 표준화 연구는 현재 추진하고 있는 우리나라 초고속 정보통신 산업을 보호육성하고 기타 관련된 정보통신 산업의 진흥을 꾀하는 매우 중요한 역할을 담당하게 될 것이다. 이 같은 광전송기술 분야 표준화 연구는, 단말기 분야, 교환장비, 전송장비, 정보처리, 정보통신 서비스 등 각 분야에서의 표준화 연구와 더불어, 초고속 정보통신분야의 다양한 기술발전을 이룰 수 있을 것이다. 이와 함께, 국제적으로 추진되고 있는 광전송기술 표준동향을 신속하게 파악하여 세계적인 무역장벽과 지역경제 블록화 추세에 능동적으로 대응해 나가는 것이 무엇보다 중요하다 하겠다.

II. 국외의 광전송 표준화동향

2.1 광전송기술의 표준화와 개발동향

디지털 계위 및 관련 다중화 장치의 특성에 대한 표준화 연구는 1985년~1988년 동안 ITU-T의 SG15에서 디지털 전송의 체계적인 발전을 위해 추진되었다. 주요 내용은 유럽방식(CEPT)의 DS5급, 북미방식(NAS)의 DS4급을 포함한 비동기식 디지털계위 신호의 표준화에 관한 것이다. 그런데 망의 동기화 및 광대역 정보통신 서비스의 등장에 따라 보다 효율적인 전송방식의 필요성이 대두되어 기 설정된 연구 대신에 새로운 전송방식인 동기식 디지털계위에 대한 연구가 시작되었던 것이다.

연구 중 가장 핵심적인 사항은 1984년부터 시작된 미국 Bellcore의 동기식 광전송망 및 관련 표준화 연구이며, 여기서 형성된 SONET개념은 1986년부터 ITU-T의 SG15에서 본격적으로 논의되기 시작하여 SDH 표준화에 주도적인 역할을 담당하게 되었고 광 전송시스템 및 장치에 관련된 영상기술, 신호처리 기술, 다중화 기술, 전송망관리 기술 등에 관한 국제적인 기준을 마련하고자 각 분야 해당 권고안을 작성하였다. 1988년에는 SDH 및 동기식 NNI관련 G.707, G.708, G.709의 완성으로 본격적인 SDH에 관련한 표준화 기반이 마련되었으며 각 권고는 SDH 비트 속도, SDH를 위한 망 노드 인터페이스, SDH 다중화 구조에 관한 표준을 포함하고 있다. 1992년도(White Book)에 G.707~G.709 권고 내용 중에서 일부 다중화 경로를 삭제시켜 경로를 단순화하고 오버헤드의 기능 및 용도를 수정하였다. 1995년 G.707~G.709의 3개 권고를 G.70X라는 하나의 권고로 통합하고 대부분의 오버헤드에 관한 규정이 마련되어 이를 개선하기 위한 G.70X가 95년 말 ITU-T 총회에서 승인되었다. 1996년 G.971, G.973, G.975, G.982 등이 발행되었다.

세계의 광전송기술의 발전을 주도하는 대표적인 국가들의 구체적인 표준화 추진 및 개발동향은 다음과 같다.

2.2 미국의 표준화와 개발동향

SDH 표준화의 기본 바탕이 되었던 SONET은 미국의 Bellcore에 의하여 제안되었고 SONET의 표준화는 1985년 T1×1위원회에 의해서 주도적으로 이루어졌다. 처음 T1×1위원회의 목표는 광점속 인터페이스를 통일하는 것이었으며, ANSI에 SONET표준을 상정하

여 ANSI T1.105로 권고하고 ANSI는 1986년 ITU-T의 권고에 반영되었다.

현재 SONET 표준을 살펴보면 1단계의 SONET표준은 타사 장치간 광인터페이스의 호환성 실현에는 기여하였으나 망 관리를 위한 OAM 메시지나 명령이 표준화되지 않아 진정한 의미의 호환성은 이루지 못했다. 따라서 2단계(SONET Phase 1) 표준화는 완전한 여러 업체간의 호환성 확보, 즉 구간 오버헤드 중 데이터 통신채널(D1-D2) 및 관련된 전송정보 모델의 표준화와 VC-n 네트워킹에 필요한 기능, 그리고 B-ISDN의 ATM신호 맵핑방법에 중점을 두고 추진되고 있다. Bellcore는 SONET의 전개를 3단계로 정의하고 있으며 현재 생산되는 SONET제품은 제2단계의 결과이며, QAM&P 망관리의 개방에 관한 제3단계는 수년내 결정될 것으로 전망되고 있다. 현재는 지역별 전화회사를 중심으로 이루어지고 있으며, 3단계로 이루어진 지역별 전화회사의 SONET망의 전개를 보면, 1단계는 1992년과 1993년 사이로 다분기 점대점 구조나 단방향 링구조에 대한 실험과 오버레이밍에 관한 연구가 이루어지고, 2단계는 1994년과 1995년 사이로 상기 망구조의 운영 자동화와 양방향 구조나 링과 메쉬의 상호접속에 따른 새로운 구조가 나타날 것으로 기대된다. 3단계는 1996년부터 2000년까지로 장거리 망이 SONET으로 거의 대체되어 장거리 전송용량이 현재보다 급격히 상승될 것이며, 시내망의 경우도 SONET으로 대체될 것으로 전망된다.

미국의 광전송 개발은 '96년에 AT&T에서 SONET으로 10Gbps, WDM 20Gbps을 개발했고, Ciena에서 WDM으로 10Gbps을 개발하였다.

특히, 미국의 광전송 개발은 산.학 연구소 컨소시엄 형태로 추진되며 MONET (Multi-Wavelength Optical Networking Consortium), AONC(All Optical Network Consortium), NTONC(National Transparent Optical Network Consortium)등이 있다.

AONC(All-Optical Networking Consortium)는 MIT를 중심으로 AT&T사와 DEC사로 구성된 공동 연구 협의회로 DARPA(Defense Advanced Research projects Agency)에 의해서 지원되었다. AONC의 목적은 전광전달망(All Optical Network)에 적합한 통신망 구조에 대한 연구와 개발된 기술을 검증하기 위한 시

험망을 구축하는 것이다. 이 연구는 3년동안 두 단계로 수행되었다. 첫 단계는 '93년 3월부터 시작되었으며 목표는 확장 가능한 전광전달망 구조를 개발하는 것이다. 여기서 확장성은 사용자의 수, 사용자당 사용 가능한 대역폭과 지리적인 면을 모두 포함한 개념이다. 두 번째 단계는 '93년 11월부터 시작되었으며, 수집에서 수백 Gbps의 전송대역을 요구하는 사용자도 수용할 수 있는 광전달망 구조 및 기술을 개발하는 것을 목표로 하고 있다.

그리고 MONET(Multiwavelength Optical Network)사업에는 AT&T, Bellcore, Bell Atlantic Bell South, Lucent Technologies, Pacific Telesis & Southwestern Bell 등의 기관들이 참여하였고 연구기간은 '94년 12월부터 '99년 4월까지 5년간이다. 연구목표는 상용화의 수준에 도달할 수 있도록 광전달망에 관련된 기술을 개발하는 것이다.

NTONC(National Transparent Optical Network Consortium)에 참여기관은 NORTEL, Lawrence Livermore National Lab., Pacific Bell, Hughes Research Lab., Rockwell Science Center(RSC), Univ. of California의 2개교가 있다. 연구기간은 '95년 1월부터 97년 12월까지 3년간이며 연구목표는 WDM 기술에 기반을 둔 광전달망을 위한 주요 기술을 개발하고 이를 이용하여 시험망을 구축하고 있다.

2.3 유럽의 표준화와 개발동향

유럽의 유럽 전기통신 표준화협회(ETSI)는 동기식 전송기술의 표준화에 관하여 주도적인 역할을 하는 기관이며, 표준화에 관하여 각국의 의견을 통합 및 조정함으로써 효율적인 통신망을 구성하고 국제표준화 기구에서 유럽의 입장을 반영하는 역할을 담당한다.

ETSI의 조직에는 12개의 기술위원회가 존재하고 그 중 제4기술위원회가 전송분야의 표준을 담당하고 있다. TM3에서 동기식 제위 및 다중화에 관한 표준을 주도하고 있으며 동기식 다중화구조는 6,312Kbps 신호를 제외한 모든 비동기식 신호를 VC-4를 통하여 SDH 기본 속도인 STM-1 신호를 생성하는 것으로 규정하였다.

유럽의 광전송 기술개발은 유럽공동체를 중심으로 한 산업체, 통신사업자, 대학 등의 컨소시엄 형태로 추진되고 있으며 유럽에서의 광전달망에 대한 연구는

RACE와 COST 프로젝트에 의해서 수행되었다. 광전달망에 관련된 RACE 프로젝트는 RACE 2028 : MWTN (Multi-Wavelength Transport Network)이며, MWTN의 목표는 광전달망의 노드에서 사용될 수 있는 광고차 결합기를 개발하는 것이다. COST 239 : Ultra-High Capacity Optical Transmission Network에서는 유럽의 주요 20개 도시를 연결하는 광전달망의 구현 가능성에 대하여 연구를 수행하였다.

현재 유럽에서는 RACE 후속 프로젝트로 ACTS가 수행되고 있다. ACTS내에서 광에 관련된 22개 프로젝트가 수행되고 있고 이들 중에서 광전달망에 관련된 것으로는 6개의 프로젝트가 있다. ACTS(Advanced Communication Technologies & Services)에서는 '95년 9월부터 RACEⅡ 프로젝트 후속으로 시작하여 115개 과제 중 Optical Pan-European Network (OPEN)의 21개 과제수행하고 있다. European Community에서 연구비의 50%를 지원하며 RACE 프로젝트와 달리 field trial을 수행한다. 유럽의 각각의 연구기관에서 연구되는 전송기술은 <표 1>과 같다

<표 1> 유럽의 광 전송기술 현황

연구기관	전송기술 특성 및 현황
Photonic	- 광네트워크 구조와 topology - 고속 전송 네트워크 - 광 스위칭의 관리 - 전광 네트워크의 관리 - core enabling technology
ACTS	* 연구 과제 - 광전송 네트워크의 설계와 관리 : 전송, 다중화, routing, 스위칭 포함 - 사용자 접속 네트워크 - 10~40Gbps 시스템 목표 : 고속전송과 다중화는 선형과 비선형 regimes 연구를 보완
HIGHWAY	- 40km 20Gbps : 4-level dispersion-sported 전송 이용 - 400km 40Gbps : midpoint spectral inversion을 이용한 SSMF
MOON, MEPHISTO	- 장거리 광, 전기 core network에서 관리 platform의 상호작용을 addressing

2.4 일본의 표준화와 개발동향

일본은 ITU-T에서 1988년 동기식전송에 관한 일련의 권고를 만드는 작업에 처음부터 관여하여 미국과 유럽의 의견대립을 조정하는 조정자 역할을 하고 동시에 표준화 활동에 적극적으로 참가하여 왔다. 일본의 동기식 전송기술에 관한 표준화는 TTC를 주축으로 이루어지고 있으며 다음과 같은 표준화 연구의 기준과 특징을 가지고 있다. 첫째, JT로 시작하는 TTC의 동기식에 관한 표준은 표준번호를 ITU-T 권고번호를 그대로 인용하고 있어 표준제정의 근거자료를 명확히 표시하고 있다. 둘째, 자국의 통신망에 적합한 ITU-T의 표준은 그대로 받아들이는 것을 원칙으로 하며 받아들이지 않는 사항에 관하여서는 그 이유를 전문에 표시하였다. 셋째, 6.312Kbps 신호가 하나의 클럭에 동기된 상태로서 전송신호의 단위가 되므로 VC-2에 대해 규정하고 있다. 현재 정보통신 신세기의 구축을 위하여 정보통신기술에 관한 일본의 연구개발 기본계획을 수립하여 추진하고 있다. 이중 광 네트워크 기술, 광 공간전송기술, 전광처리시스템 등을 중점 추진하고 있다.

10 Gbps 이상의 고속 시스템에 대한 일본 연구의 특징은 광학적 TDM에 무게 중심을 두고 WDM을 접속시킨 것이다. 그러므로 일본의 차세대 광전송기술에 대한 연구는 주로 광섬유의 분산 보상 기술이 핵심을 이루고 있다. TDM의 주요 연구결과로는 '96년에 NTT가 광섬유의 분산 값과 분산 기술기를 동시에 보상하므로써 TDM된 단일 채널 400Gbps 신호의 40km 전송과 200Gbps 신호의 100km 전송에 성공한바 있다. 솔리톤에 의한 장거리 전송 결과로는 '97년에 Osaka 대학에서는 빗살 형태의 분산 보상 광섬유 배치 구조를 이용하여 10ps의 솔리톤 펄스를 80km 증폭기 간격으로 2000km 전송을 했고, KDD에서는 구간보상을 이용한 20Gbps 신호를 9000km 전송했다. TDM과 WDM을 결합한 구조로는 Fujitsu에서는 100km을 2WDM으로 40Gbps의 속도로 전송했고, KDD에서는 8x20 Gbps 신호를 분산평탄화된 광섬유와 분산보상 광섬유로 구성된 79km 루프에서 9000km 전송에 성공한 바 있다. <표 2>는 이에 대한 자세한 내용을 담고 있다.

〈표 2〉 일본의 광전송 개발현황

연구기관	전송기술 특성 및 현황	
NTT	- 400Gbps TDM 40km 전송 - 200Gbps TDM 100km 전송 - FA-10G/2.4G 개발 : 광증폭기 repeater에 기초한 bit-rate upgradable 광전송 시스템, Tbps 범위의 optical network 기반	* 해결 과제 - 신호의 timing jitter - fiber의 편광모드 분산 - 전기적, 광학적 회로의 빠른 동작 - dispersion 제한의 종류 수용 방법
Osaka Univ.	- 80km 증폭기 간격, 2000km동안 10ps 광학적 soliton 전송	
KDD	- 구간보상을 이용하는 20Gbps soliton-based RZ 전송 - 초기 bit-synchronous 위상변조를 이용한 전송 기능 향상 - 20Gbps에 대한 repeater의 출력전력 8dB 마진, 9000km 전송 - 8 ch. x 20Gbps 신호 9000km 전송 - 11000km 10WDM×5Gbps 전송을 통한 long haul EDFA WDM 시스템 : 4700-7100의 큰 누적 chromatic dispersion에 견딜 수 있다 - 수신단에서 dispersion equalization을 가지는 장거리 WDM 시스템의 가능	
Fujitsu	- 100km 2WDM, 40Gbps(총 80Gbps) 전송 - 1.3 μ m zero-dispersion single mode fiber에서 40Gbps 전송 : OTDM 변조기가 집적된 LiNbO ₃ 와 LiNbO ₃ polarization independent demultiplexer 이용	

III. 국내 광전송시스템의 표준화동향

미국, 일본 등 선진국은 기술발전 및 수요변화 등에 맞추어 초고속정보통신망을 보다 빨리 그리고 보다 경제적이면서 효율적으로 구축해 가고 있으며 광전송기술 및 표준화분야에 대한 투자가 집중적으로 이루어지고 있다.

반면 국내 초고속 정보통신망은 전화망을 주축으로 인터넷, 데이터통신, N-ISDN 및 이동통신망이 서로 어우러져서 정보통신서비스를 제공하고 있으나 정보통신 시설 부족 및 디지털화와 광케이블화의 미흡 등으로 최근에 증가하는 인터넷 및 PC통신 등 정보통신 수요를 원활하게 충족시키지 못하고 있는 실정이다.

그러나 초고속정보통신망 구축에 근간이 되는 광전송기술 및 초고속교환기(ATM)기술 등은 급격한 기술발전으로 대용량의 멀티미디어 정보를 보다 고속으로 저렴하게 교환하거나 전송할 수 있게 되었고, 특히 대용량의 ATM 교환기는 2000년부터 본격적으로 초고속정보통신망에 설치, 사용할 수 있게 될 전망이다.

가입자망 기술의 경우도 기존 전화선을 고속통신으로 사용할 수 있는 고속, 디지털화 기술(HDSL, ADSL, VDSL 등)이 획기적으로 발전되어 보다 값싸게 이용할 수 있게 될 뿐 아니라 무선을 가입자망으로 이용할 수 있는 무선가입자망기술(WLL, LMDS 등)도 개발되어 광케이블이나 기존 전화선 등을 이용하기가 곤란하거나 경제적인 곳에 이를 설치하여 이용할 수 있게 될 전망이다.

특히, 초고속정보통신망 수요의 경우는 2000년부터 고속데이터, 영상 및 소프트웨어 전송, CAD/CAM 정보교환 등을 중심으로 관련시스템과 단말기의 보급이 보편화되면서 2Mbps급 이상의 초고속 수용은 연 40% 이상으로 급증할 것으로 예상된다.

그러므로 광전송기술의 표준화 연구는 향후 예상되는 정보통신 서비스와 광전송기술, 단말기분야, 교환장비, 전송장비, 정보처리등 각 분야의 다양한 기술발전을 이룰 수 있을 것이다.

국내에서도 선도 시험망을 통하여 초고속 네트워크 환경을 시험적으로 제공하고 있으며, 선도 시험망과 해

의 초고속 테스트베드간 상호접속의 필요성이 대두되고 있다. 이러한 국제 초고속 테스트베드간 상호접속을 통하여 초고속 정보통신 관련기술 및 응용서비스의 개발을 촉진할 수 있으며 국제 공동연구 환경을 제공하여 선진 제 외국의 앞선 초고속 네트워크 기술 및 응용서비스 개발기술 확보에 기여할 수 있다. 현재 우리나라는 초고속 테스트베드의 국제 접속 프로그램으로서 APAN (Asia Pacific Advanced Network), APII (Asia Pacific Information Infrastructure) 테스트베드 구축에 주도적으로 참여하고 있다.

구체적인 국내개발현황을 보면 한국통신에서는 ITU-T가 권고한 SDH 다중방식의 9.953286Gbps 속도의 개발중인 광전송시스템이다. 종속부로는 STM-1/STM-4/STM-16을 혼합 수용할 수 있으며 종속신호 용량이 STM-1×64인 HANbit GO 10은 고속부 및 종속부 모두 1+1 선로절체 기능을 가지고 있다. 특히 대용량의 ATM 트래픽을 경제적으로 전송할 수 있는 HANbit GO 10은 정부가 추진하고 있는 초고속정보통신망 구축에 필요한 핵심기술 중의 하나로 광중폭기를 사용할 경우 320km 까지 광중계가 가능하며 3R 중계기를 사용하면 중계거리를 그 이상 확장할 수 있다.

최근 미국, 일본 등 기술선진국을 중심으로 WDM 기술에 의한 Terabit 광전송기술에 대한 연구가 활발히 되고 있다. 한국통신에서는 92년도에 100Gbps급의 동기식 광전송시스템 연구개발 계획을 세우고, 93년도에 광신호 선폭축소 기술 및 광주파수 안정화 기술을, 다음해인 94년에는 2채널급의 광주파수 다중화/역다중화 기술을 연구하는 등 광다중화 기반기술을 확보한 바 있다. 95년도에는 4채널급의 광주파수 다중화/역다중화 기술을 연구한데 이어 작년에는 10Gbps급의 광주파수 8채널을 다중화한 80Gbps급의 광링크 실험모델을 제

작하여 연구실에서 200km 무중계 광전송실험을 성공하는 등의 실적을 거두었다.

올해에는 10채널급 광다중화 기술을 확보하고 내년에는 100Gbps 광전송시스템 1차 시작품을 제작하여 확인시험을 마치고 2000년에는 개발제품 개발에 이어 2001년에 상용화할 할수있도록 연구개발중이다.

3.1 광전송기술의 개발동향

'96년 8월 있었던 HAN/B-ISDN 워크샵에서 정통부의 초고속 정보통신 기반 구축계획은 초고속 정보통신망 구축을 위해 2015까지 정보고속도로 구축을 목표로 하고 공공재원으로 국가망 구축과 초고속 공중망을 통신망 사업자가 구축하는 것으로 되어있다.

또한 한국통신의 초고속 정보통신망 구축계획은 '97까지 기반구축단계로 초고속 전용 통신망 1단계를 구축하고 주요 지역의 광가입자망을 구축하며 일반국민에게 64Kbps, 기업체나 공공기관에는 45Mbps의 속도제공을 목표로 한다. '98년부터 2002년까지는 도입단계로 초고속 전용망의 전국으로 확대하고 기존 공중망의 광대역화를 추진하며, 일반국민에게 45Mbps, 기업체나 공공기관에는 155Mbps의 속도제공을 목표로 한다. 2003년부터 2015까지는 확산단계로 ATM교환기 기반의 초고속 전용 통신망을 확대하고 광가입자망 확대를 구축하고 일반국민에게 155Mbps, 기업체나 공공기관에는 622Mbps의 속도제공을 목표로 한다.

한국통신의 광전송기술 개발계획을 보면 1단계는 2005년까지 수백기가급 전송시스템을 개발하고 2010년까지 테라비트급 핵심기술을 확보한후 1Tbps 광전송 시스템을 개발하며 2015년까지 5Tbps 광전송 핵심기술을 확보하고 2Tbps 광전송시스템의 개발을 목표로 하고 있다.

〈표 3〉 단계별 연구개발 목표

	1단계 (~2005)	2단계 (2010)	3단계 (2015)
광전달망분야	1Tbps급 광회선분배기술	6Tbps급 광회선분배기술	~십 Tbps급 광회선분배기술
광전송기술	400Gbps급 광전송기술	1Tbps급 광전송기술	~Tbps급 광전송기술
	광무선LAN기술	WDM이용한 FTTH기술	위성간 광전송기술
	M/W광전송기술	공간광전송기술	

〈표 4〉 광 회선분배 시스템(OXC) 기술연구

	1단계('98-'05)	2단계('06-'10)	3단계('11이후)
단 계 별 목 표	1.6Tbps (16×10×10Gbps) 광 회선분배기술개발	6.4Tbps (16×40×10Gbps) 광 회선분배기술개발	수십Tbps 광 회선분배기술개발
핵 심 소 요 기 술	-광전달망 구조연구 -SDH망과연동기술개발 -광회선분배기술 -광신호감시제어기술 -다채널광증폭기술개발 -전달망장애복구기술개발 -1단계 테스트베드구축	-전광전달망구조연구 -광과장변환기술개발 -대용량광회선분배기술 -다채널광증폭기술개발 -광신호처리기술개발 -전달망 장애복구기술개발 -2단계 테스트베드구축	-광과장변환기술개발 -대용량광회선분배기술 -다채널광증폭기술개발 -광신호처리기술개발 -전달망장애복구기술개발 -3단계테스트베드구축

DXC(Digital Cross Connect System)의 경우 한국 통신 출원으로 ETRI에서 총용량 27.5Gbps급 동기식 회선분배 시스템 개발연구가 수행되었다. WDM 다중화 기술은 정부가 주관하는 초고속 정보통신망 구축을 위한 HAN/BISDN사업의 일환으로 100Gbps 광다중 광 전송 시스템을 개발하고 있다. 전달망 관리 기술의 경우 SDH 기반 전달망 관리 기술은 확보되어있고 155M, 622M, 2.5G, 10G Agent 및 전송망 관리 시스템은 개발되었다. 광 전달망 관련 연구는 MIC 국책과제로서 ETRI가 기초연구를 수행하고 있다. 따라서 국내의 경우 SDH 방식의 회선분배 기술 및 SDH 기반 TMN 접속기술은 확보되어 있으며, 이를 기반으로 통신망의 전달망이 완전 광 전달망으로 진화됨에 따라 완전 광 핵심 기술 확보가 시급하다.

국내의 광전송시스템 기술개발은 〈표 5〉에서 처럼 '98년에는 SDH방식으로 단국 ADM에서 ring방식으로 10Gbps를 개발할 예정이고 2001년에는 WDM방식으로 단국 ADM에서 ring으로 100Gbps를 개발할 예정이다.

〈표 5〉 국내 광전송기술 개발 현황

	155Mbps	565Mbps	2.5Gbps	10Gbps	100Gbps
방 식	SDH	PDH	SDH	SDH	WDM
주요기능	단국ADM ring	단국, 중계기	단국ADM ring	단국ADM ring	단국ADM ring
종속기능	T1/E1	DS-3	DS-3 155/622	155/622/ 2.5G	2.5G(?)/ 10G
사업적용	'94	'91	'96	'98예정	2001예정

기초/기반기술(100Gbps OTDM)의 기능은 100Gbps 신호 다중/역다중 및 동기신호검출이고 목표는 '98 기능 유닛 결함시험이다. 1997년 ETRI에서 Long-haul 전송에 대한 10Gbps 광 repeater 시스템을 개발하고, 80km의 repeater 간격을 가지는 400km의 non-dispersion shifted fiber(NDSF)에서 모형 실험을 하였다. 그리고 4개의 optical line amplifier와 하나의 optical preamplifier의 직렬접속에 의해 80km의 repeater 간격을 가지는 10Gbps 신호의 400km NDSF전송을 모형실험하였다. KASIT에서는 Waveguide array router demultiplexer을 이용하여 200채널 간격을 가지는 표준과장에서 100km dispersion shifted fiber(DSF)를 통한 80Gbps(4×2×10Gbps) WDM 신호의 양방향 전송을 모형 실험하였다.

3.2 향후 방향

실제로 최근에는 사설망이 공중망보다 빠른속도로 확산되며 초고속서비스를 리드하고 있으며 공중망의 표준화를 추진하는 ITU-T의 활동보다 ATM Forum, IETF, DAVIC등 사설망 위주의 산업표준이 오히려 활발히 진행되고 있다. 다행히 우리나라는 HAN/B-ISDN 연구개발사업을 국책과제로 추진하고 있을 뿐 아니라 정보가 먼저 초고속국가망용 대상으로 수요를 유발하고 이를 통해 초고속공중망으로 발전시킨다는 전략을 수립하여 추진중에 있어 그 전망이 매우 밝다고 할 수 있다. 특히 세계의 광전송기술과 관련하여 ITU-T 표준화 작업과 발맞춰 국내의 한국통신, 한국전자통신연구원 등

〈표 6〉 WDM에 의한 초고속 광전송

연구기관	Fujitsu	AT&T	NEC	NEC	KDD
발표처	OFC'96	OFC'96	ECOC'96	OFC'97	ECOC'97
채널수	55	25(편평다중)	132	63	8
종석신호속도	20Gbps	20Gbps	20Gbps	20Gbps	20Gbps
전송거리	150km	55km	120km	100km	9000km
광섬유	SMF	NZ-DSF	SMF	SMF	DFP-DCF

* NEC의 OFC'97발표는 4테라비트 전송 시험의 가능성을 보인 것임.

의 광전송기술 표준화연구 및 워크샵, 컴소시엄 등의 활발한 참여는 바람직하다고 할수 있다.

다가오는 21세기 미래 고도 정보화사회를 맞이하는 중요한 시점에서 HAN/B-ISDN 연구 개발사업은 초고속 정보통신망 하부구조인 광대역 정보통신망의 핵심장치와 소자 개발을 위해 추진되는 범국가적 사업이라 할수 있으며, 특히 초고속 정보통신망을 모델링하고 ATM 교환기, ATM-MSS, 100Gbps광전송시스템, B-NT시스템, B-TA시스템, 그리고 ATM 통신단말장치 등을 개발하여야 한다.

IV. 미래의 초고속 광전송망 구현 방식 및 표준화 방향

현재의 전기적 시분할 다중화 방법의 경우 상용화된 시스템에서의 전송용량은 약 10Gbps 정도이며, 추후 예상되는 최대 전송용량은 20Gbps 정도로 추정된다. 그러나, 이 10 ~ 20Gbps 광전송기술도 광증폭기 특성을 고려한 광섬유 전송대역에서조차 1%도 사용하지 못하고 있다. 따라서, 이러한 한계점을 극복하기 위하여 광학적인 방법으로 신호를 다중화하는 방법인 파장분할 다중화(WDM : Wavelength Division Multiplexing)나 광학적 시분할 다중화(OTDM : Optical Time Division Multiplexing) 방법이 제안된 바 있다. WDM에 의한 초고속 시스템의 구현은 미국 및 일본이 주도하고 있고 현재 실용화에 가장 근접하고 있으며, NRZ 변조된 단일 채널 10Gbps 또는 20Gbps를 기본으로 많은 채널의 파장다중화된 신호의 중,장거리 전송을 지향하고 있다. OTDM에 의한 RZ 변조 신호의 초고속 전송 시스템은 일본 및 영국이 주도하고 있으며,

단일 채널로서 수 100Gbps 또는 Tbps 시스템의 단,중거리 전송을 지향하고 있다. 단일 채널이 OTDM이 가능한 RZ 변조 방식을 취하면서 이들을 WDM한 중간형태의 방식도 보이고 있는데, 여기서는 단일 채널이 아닌 경우는 모두 WDM 방식으로 간주한다. 이들은 단일 채널 40Gbps 또는 100Gbps의 WDM 채널들을 일반적으로 평균분산에 의한 광 솔리톤 전송을 핵심기술로 채택하므로써 장거리 전송을 지향하고 있다. 미래의 초고속 광전송망에 대한 구현 방법 및 표준화 방향은 이 분야의 첨단 기술을 선도하고 있는 기술 선진국의 연구동향을 분석하므로써 예측할 수 있는데, 각 방법의 구현 현황 및 예측되는 표준화 방향은 다음과 같다.

4.1 파장분할 다중화방식

가장 실용화 가능성이 높은 WDM에 의한 초고속 광전송의 예는 다음과 같다. 1996년 Fujitsu에서는 (단일 채널) 20Gbps의 55채널을 150km 전송했고, AT&T에서는 20Gbps의 편평 다중화한 25채널을 55km를 전송했으며, NEC에서는 20Gbps의 132채널을 55km를 전송했다고 발표했다. 1997년 OFC에서 발표된 논문에 의하면 일본 NEC에서 단일모드 광섬유를 이용하여 20Gbps의 63채널을 100km를 전송했다고 발표했다. 이를 〈표 6〉에 종합하여 나타내었다.

이 같은 NRZ 변조신호에 기초한 WDM 방식에서 종래에는 광원의 중심 파장정확도 및 WDM DEMUX의 정확도에 대한 많은 연구가 진행되어왔으나, WDM 채널수 및 전송거리가 증가함에 따라 이들과 더불어 균일한 분산보상에 의한 넓은 파장 범위에서 분산이 0(영)이 되도록 유지하는 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고있다. 하나의 분산천이된 광섬유를 이용한 영(0) 분산 전송은 4광파 혼합과 같은 비선형 현상이 극심하게

유기될 수 있기 때문에, 분산이 양과 음인 광섬유를 교대로 배치하는 분산할당(DA : Dispersion Allocation) 방식이 채택될 전망이다. 이에 따라 광원의 안정성, 파장분할역다중화기의 정확도, 분산 보상 방법, 및 누적 보상 정확도가 주요 표준화 파라미터로 채택될 전망이

다. 물론, 각 채널에서 OTDM이 가능한 RZ 변조에 기초한 WDM 전송은 DA에 기초한 솔리톤 전송을 기본으로 하고 있어서, DA의 주기도 중요한 파라미터가 될 수 있다.

〈표 7〉 OTDM 전송 실험결과

구 분 발 표	광펄스열 발생기	다중화기	광섬유 길이	광클럭재생기		역다중화기		전송 용량
				속도	지터	조절광	속도	
OFC'93 PD	Tunable ML_EDFL 7.5ps	8TDM 2PDM (6.3Gbps)	50km	Gain Mod. 6.3Gbps	2.2ps	Gain Sw DFB-LD	50Gbps NOLM 7ps	100 Gbps
ECOC'93	Tunable ML_EDFL 3.5ps	8TDM 2PDM (6.3Gbps)	100km (1 Rep.)	Gain Mod. 1.7ps		Gain Sw DFB-LD	50Gbps NOLM 7ps	100 Gbps
ECOC'93 PD	Tunable ML_EDFL 3.5ps	16TDM	35km	Gain Mod. 0.8ps		Gain Sw 5ps	100Gbps NOLM	100 Gbps
OFC'94	Tunable ML_EDFL 7.5ps	8TDM 2PDM (6.3Gbps)	50km	Gain Mod. 6.3Gbps	2.2ps	Tunable ML-EDFL	100Gbps NOLM 3.5ps	100 Gbps
OFC'94 PD	Tunable ML_EDFL 7.5ps	8TDM 2PDM (6.3Gbps)	200km (4 Rep.)	PI-FWM 100GHz	0.3ps	Tunable 3.5ps	100Gbps PI-FWM	100 Gbps
OFC'95	Tunable ML_EDFL 7.5ps	8TDM 2PDM (6.3Gbps)	500km (11 Rep.)	PI-FWM 100GHz	0.3ps	Tunable 3.5ps	100Gbps PI-FWM	100 Gbps
OFC'95 PD	SC Pulse 2.1ps	32TDM	100km (2 Rep.)	PI-FWM 200GHz	0.24ps	Tunable 3.5ps	200Gbps FWM	200 Gbps
ECOC'95 PD	SC Pulse 2.1ps	16TDM 4WDM	100km	PI-FWM 200GHz	0.3ps	Tunable 3.5ps	100Gbps FWM	400 Gbps
ECOC'96 PD	SC Pulse 1ps	40TDM (10Gbps)	40km	FWM 100GHz	<0.3ps	SC pulse 1.5ps	400Gbps FWM	400 Gbps
OFC'96 PD	SC Pulse 3.5ps	10TDM 10WDM (10Gbps)	40km	FWM 100GHz	<0.3ps	SC pulse 1.5ps	400Gbps FWM	1 Tbps
EL'92	ML-LD 3.5ps	4TDM	200km (3 Rep.)	Electrical clock recovery (속도:5GHz)		M-Z modulator		200 Gbps
EL'95	DFB/EAM 7ps	4TDM (10Gbps)	200km (SMF)	Electrical clock recovery (속도:10GHz)		E-A modulator		40 Gbps

(주1) SC pulse : super continuum pulse
 ML-LD : mode-locked laser diode
 Gain Mod : gain modulation
 ML-EDFL : mode-locked Er-doped fiber laser
 DFB/EAM : distributed feedback/electroabsorption modulator
 E-A modulator : electroabsorption modulator
 Rep. : repeater
 M-Z modulator : Mach-Zehnder modulator
 PI-FWM : polarization independent four wave mixing

4.2 광학적 시분할 다중화기술

WDM 방식에 의한 다중화 기술은 채널 수가 증가함에 따라 광원의 복잡성, 광섬유 증폭기의 이득 평탄화, DEMUX의 복잡성 등의 문제성에 의해 전송용량이 제약 받게 된다. 이러한 제약을 해소하기 위한 다른 방법으로 광학적인 방법에 의한 TDM (OTDM: Optical TDM) 방식이 대두하게 되었다. 이러한 OTDM 방식은 기존의 전기적인 TDM(EDTM: Electrical TDM) 방식과는 달리 전부 광학적인 방법에 의해 신호를 다중화하여 전송하는 방식을 의미한다.

OTDM 방식과 관련한 연구는 1980년대 후반부터 시작하여 주로 일본과 영국을 중심으로 수행되어 왔으며, 1993~1996년 사이에 집중적인 연구 및 발표가 있었다. 1993년경에 각 기능 블록들이 구현되고 전송 실험이 행해지기 시작했으며, 그 이후는 이들의 개선 및 안정화에 대한 연구가 중점적으로 이루어졌다.

OTDM 기술 개발에 있어서 가장 큰 문제는 전기적인 소자의 한계로 인하여 어떻게 수십 또는 수백 Gbps의 광학적인 신호를 검출하고 확인할 것인가와 단일 채널 속도 증가로 인한 분산에 대한 취약성을 어떻게 극복할 것인가가 주요과제로 등장하고 있다. 전자는 소자 제작 기술 발달에 기대를 걸고 있으며, 분산 극복에 의한 초단 펄스 전송은 광솔리톤 전송 기술에 해결 방안을 찾고 있다. 초단 펄스의 솔리톤 형성은 매우 큰 침투 전력을 요구하기 때문에, 앞서 언급한 DA 방식에 의한 평균 분산이 매우 낮은 솔리톤 형성에 주안점을 두고 있다. 영(0) 분산 전송과는 달리 솔리톤 전송은 DA 주기 및 신호 파장영역에서의 분산 기울기가 매우 중요한 요소가 되어, WDM 광섬유 조건에 최대 누적 분산 및 분산기술에 대한 표준화 조건이 첨가될 것으로 예측된다.

OTDM 방식 관련 기능 블록들은 아직은 실험실 내에서 제작 실험하는 수준에 불과하며, 현장에서의 실험 등에 관한 보고는 없는 실정이다. 현재의 OTDM 관련 전송 실험은 주로 영국과 일본을 중심으로 이루어져 왔다. 일본의 최근 연구결과는 이미 <표 2>에 나타낸 바 있으며, 그 이외의 중요한 전송 실험의 결과를 <표 7>에 각 기능 블록별로 요약하여 나타내었다. <표 2 및 7>에서 알 수 있는 바와 같이 일본의 경우는 전송용량 및 전송거리의 증대에 초점을 맞추어 진행하며, 영국의 경우는 현재까지 최대 전송용량이 40Gbps이고, 망 구성의 차

원에서 (주로 add/drop 기능) OTDM 방식을 진행하고 있다.

V. 결 론

앞으로 초고속 장거리 전송에 토대를 두고 중계 전송로상에서 광신호단위의 네트워킹을 실현하는 완전광 중계전송망을 거쳐, 가입자계의 광화와 FTTH의 실현을 통해 2010년을 전후한 완전광 전송망으로 발전되어 갈 전망이다. 이러한 완전광 전송망은 광정보처리 및 광교환과 결합하여 차세대 완전광 통신망을 실현하게 될 것이라 기대한다.

이에 따라, 현재 추진중인 초고속 정보통신산업을 보호육성 및 관련 산업의 진흥을 꾀하고 다양한 기술발전을 이루기 위해서는 광전송기술을 비롯한 각 관련 분야에서 표준화 및 연구개발이 추진되어야 한다. 또한, 국제적인 기술 표준화 동향을 신속히 파악하여 국내 시스템에 대한 표준화 기준을 적기에 개발하여야겠다.

참 고 문 헌

- [1] Satoki Kawanishi, "Ultrafast All-Optical TDM Transmission Technology", OECC '97, July 1997.
- [2] Hiroyuki Toda and Yasushi Furukawa, "Optical soliton transmission experiment in a comb-like dispersion profiled fiber loop with amplifier spacing much longer than the dispersion distance", OECC '97, July 1997.
- [3] Itsuro and Masatoshi Suzuki, "Performance improvement by the initial phase modulation in 20Gbit/s soliton-based RZ transmission with periodic dispersion compensation", OECC '97, July 1997.
- [4] Chunyan Zhang and Peida Ye, "Numerical Simulation of TDM 10Gbit/s Soliton Interactions in Standard Fiber Using Dispersion Compensation", OECC '97, July

1997.

[5] Ben-Mou, Jy-Wang Liaw and Wann-Yih Guo, "A Prospect of Optical Communication in Taiwan", OECC '97, July 1997.

[6] Peter C. Kemeny, "Optical Networks in Australia", OECC '97, July 1997.

[7] Kazuo Hagimoto, Yashiaki Sato and Tomoyoshi Kataoka, "Evolution of High-Speed Optical Networks in Japan", OECC '97, July 1997.

[8] H. Ooi, G. Ishikawa and Y. Akiyama, "2-ch \times 40-Gb/s OTDM Transmission over 100km of 1.3 μ m Zero-Dispersion Single-Mode Fiber", OECC '97, July 1997.

[9] W. Pieper, R. Ludwig and H. G. Weber, "Techniques for 40 Gbit/s OTDM-systems", OECC '97, July 1997.

[10] Ken Fitchew, Bernhard Fabianek and Stig Myken, "Progress towards Optical Networks in the European ACTS Programme", OECC '97, July 1997.

[11] Jung-Hee Han, Bong-Shin Kwark and Tae-Whan Yoo, "Development of 10Gbit/s Optical Repeater System for Long-haul Transmission over 400km Non-dispersion Shifted Fiber", OECC '97, July 1997.

[12] Chang-Hee Lee, Sang-Soo Lee and Seo Yeon Park, "Bidirectional transmission of 80Gb/s ($4 \times 2 \times 10$ Gb/s) WDM signal over 100km dispersion", OECC '97, July 1997.

[13] 전광통신망 기술 개발기획, 한국통신학회, 1997. 3

[14] 이병기, 강민호, 이종희, 광대역 정보통신, 교학사, 1996

[15] 문성계, "정보통신망 고도화 추진계획", 한국정보문화센터, 1997. 9

[16] 이성은, 서완석, "광전달당 기술현황", 한국전자통신연구소 주간기술동향, 797호, 1997.5

[17] 이종원, 이창희, "광전달망의 연구현황", 한국전자통신연구소 주간기술동향, 779호, 1997.1

[18] 박재동, "OTDM 기술동향", 한국전자통신연구소 주간기술동향, 808호, 1997.8

[19] 김수형, "초고속정보통신망 요소기술 및 개발현황", 한국통신학회, 1997.5



최 윤 선

- 1996년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 대학원 정보통신공학 석사과정

서 동 선

- 1980년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1985년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1989년 12월 : 미 뉴멕시코대학교 대학원 전기과 졸업(공학박사)
- 1979년 12월 ~ 1986년 7월 : 국방과학연구소 근무
- 1994년 7월 ~ 1995년 7월 : 호주 멜버른대학 광자공학연구실 객원교수
- 1989년 2월 ~ 현재 : 명지대학교 전자공학과 부교수

김 남

- 1981년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1983년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1988년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 1982년 8월 ~ 1993년 8월 : 미 Stanford대학 방문교수
- 1989년 2월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 재직(부교수)

반 재 경

- 1980년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1982년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1987년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 1991년 1월 ~ 1992년 1월 : 미국 Ohio State 대학 객원연구원
- 1987년 5월 ~ 현재 : 전북대학교 전기전자제어공학부 재직(부교수)

권 근 범

- 1987년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 - 1989년 2월 : 경북대학교 대학원
전자공학과 졸업(공학석사)
 - 1989년 ~현재 : 한국통신 연구개발본부 표준연구단
기술표준연구실 전임연구원
-

이 수 희

- 1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1994년 2월 : 포항공과대학 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1989년 ~현재 : 한국통신 연구개발본부 표준연구단
기술표준연구실 전임연구원