

## 통신망기술 연구개발동향

이 상 철

(한국통신연구개발단기간통신 연구본부본부장)

### ■ 차 례 ■

- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| I. 서 론            | IV. 통신기술의 발전 동향 |
| II. 광대역통신의 서비스    | V. 국제 표준화 동향    |
| III. B-ISDN 기능 구조 | VI. 결 론         |

### I. 서 론

1980년대 중반 이후 전기통신망에 대한 다양한 서비스 요구를 충족시킬 수 있는 새로운 기술들이 급속히 발전하기 시작하였으며, 이러한 기술들의 발전으로 다양한 형태의 서비스 제공이 가능한 경제적인 단일 통합망의 구현 가능성이 증명되고 있다.

이러한 기술들 중 첫번째는 컴퓨터 기술의 발전을 들 수 있다. 반도체 기술의 발전에 따른 컴퓨터 처리 능력의 기하급수적인 향상, 소프트웨어 기술의 발전, 그리고 분산처리 기술에 따른 컴퓨터 망 기술의 발전은 보다 고속의 공중망 접속 요구 뿐 아니라 교환기술 및 망구조 개념 등에도 상당한 영향을 미치게 되었다.

둘째는 광 기술의 발달로서 광 통신을 위한 각종 소자 및 전송기술의 발전을 들 수 있다. 광대역 통신은 근본적으로 광 통신 위에서 이루어질 수 있는 것이며 광대역 종합정보 통신망(Broadband Integrated Services Digital Network : B-ISDN)도 광통신기술을 근간으로 이루어지게 된다.

마지막으로 B-ISDN 출현 배경 중 기술적 원인을 한가지 더 든다면 그것은 영상처리 기술의 발전이라고 할 수 있다. 컴퓨터 및 정보통신 단말기의 발전에 따라 기능이 통합된 일련의 시스템에 의해서 문자, 문

서, 그림, 음성, 영상 등 여러 미디어가 서로 연계된 형태로 동시에 표현될 수 있고, 사용자에게 정보의 선택권이 있으며, 기계-사용자간의 정보전달과 사용자-사용자간의 실시간 통신기능을 가진 멀티미디어 통신서비스를 제공받게 될 것이다.

본고에서는 현대 전기 통신망 발전의 주류를 형성하고 있는 광대역 종합정보 통신망의 기술 발전 동향을 고찰하기 위하여 이를 가능하게 해주는 통신망 기술, 교환 기술, 국간 전송 기술, 가입자 접속 기술, 단말 기술 공통 기반 기술 등에 관한 국내외의 연구개발 동향을 기술하고자 한다.

### II. 광대역 통신의 서비스

광대역 통신망에서 기대되는 이용자 서비스의 특징을 살펴보면 첫째는 이용자 속도의 다양성에 있다. 즉 적게는 수 bps의 저속 텔리메트리에서부터 크게는 수백 Mbps의 비디오 서비스까지 그 이용 속도의 범위가 무척 다양한 것이며, 둘째는 이용자 정보의 시간성을 들 수 있다. 즉 이용자 정보는 음성이나 비디오 서비스와 같이 시간 지연이 허용되지 않는 실시간성 서비스와 데이터 정보와 같은 시간 지연이 어느 정도 허용되는 비 실시간성 서비스 등이 있다. 그외에도 광대역에서 이용 가능한 서비스 형태는 접속형/비접

속형, 교환/영구 접속, 다자간 접속 등 여러가지 특징을 갖게 된다.

B-ISDN 서비스는 음성, 영상, 데이터 등 다양한 미디어를 종합적으로 구사하는 멀티미디어 서비스를 제공하며, 자유로이 선정하거나 또는 64Kbps의 정수배의 서비스 속도를 고정으로 이용하는 고정속도서비스와 ATM의 특징을 살려 시간적으로 변화하는 가변속도 서비스가 공존할 수 있으며, CATV 서비스와 영상 전화 서비스와 같은 두 종류의 서비스가 동일한 망에서 제공 가능하고, 전송 속도의 측면에서 B-ISDN 서비스 신호는 광범위한 대역 분포를 가지며, 사용시간 또한 수초길이의 저속 데이터로부터 수시간 길이의 영상 서비스에 이르기까지 광범위한 시간 분포를 가지며, 단일망에서 저속통신, 고속통신, 고정속도 통신, 가변속도 통신, 멀티미디어 통신을 제공하므로 요구되는 품질의 결정은 단말에서 망에 요구하는 형태가 되는 등 여러가지 특징이 있다.

B-ISDN 서비스는 통신 방식과 이들의 응용에 따라서 상호 교신성 서비스와 분배형 서비스로 나눌 수 있다. 상호 교신성 서비스는 이용자와 이용자간 또는 이용자와 호스트간에 양방향으로 정보교환을 하도록 하는 수단을 제공하는 서비스로서 이용자와 이용자 또는 이용자와 호스트간의 정보를 실시간 양방향으로 전달하기 위한 수단을 제공하는 대화형 서비스, 즉 적 전송, 메일박스 또는 메시지 처리 기능을 갖는 저장 장치(storage unit)를 통해 각 이용자들간의 통신을 제공하는 메시지 서비스, 일반 이용자를 위해 작성된 정보를 이용자들이 정보 센터로부터 검색해 보는 메시지 검색 서비스 등이 가능하다. 분배형 서비스는 망

의 주어진 지점에서 다른 지점(다수 지점도 가능)으로 단방향의 정보가 흐르는 서비스로서 이용자는 이 정보의 흐름을 제어할 수 없고 단지 수신만이 가능한 개별 제어 불능 분배형 서비스와, 정보센터로부터 여러 이용자에게 정보가 분배되나 이용자가 이 정보의 흐름(시작과 끝)을 제어할 수 있는 개별 제어 가능 분배형 서비스로 분류된다.

### Ⅲ. B-ISDN 기능구조

B-ISDN의 일반적인 기능구조 모델은 N-ISDN의 경우와 근본적으로 같다. 즉 기준구성, 기능그룹, 기준점의 측면에서는 동일하다. 즉, B-ISDN의 기본 구조 모델 역시 N-ISDN과 같이 하위계층 능력(LLC: Lower Layer Capability)과 상위계층 능력(HLC: Higher Layer Capability)으로 구성되며, 이들 능력들은 모두 B-ISDN내의 서비스 및 B-ISDN과의 연동에 따른 타망의 서비스들을 지원할 수 있어야 한다. 고위계층 능력은 종단장치(TE)에 관련된 기능이며, 저위계층 능력은 광대역 능력, N-ISDN 능력, 중계교환 신호 능력 등을 포함한다.

<그림 2>는 B-ISDN의 기준구성을 나타내며 기준점은 S<sub>B</sub>와 T<sub>B</sub>이고, 기능그룹은 B-TE1, B-TE2, B-TA, B-NT1, B-NT2 등을 포함한다. 그림의 종단장치 B-TE에는 B-TE1과 B-TE2 및 B-TA가 포함된다. 공중 B-ISDN에는 B-NT1이 포함된다. 공중 B-ISDN과 사설 B-ISDN을 포함하는 S<sub>B</sub>간의 연결이 전체 B-ISDN의 연결에 해당된다.

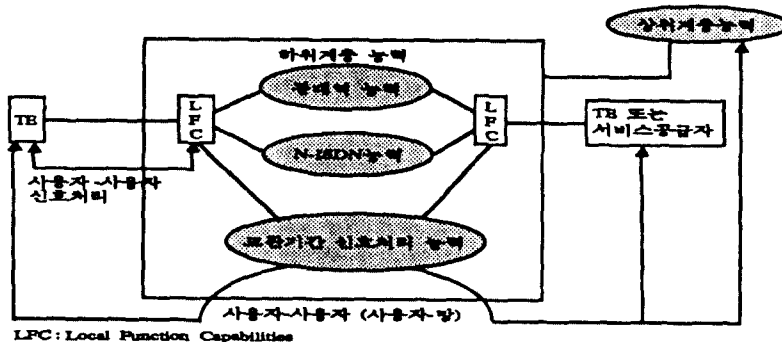


그림 1. B-ISDN 기본 구조 모델

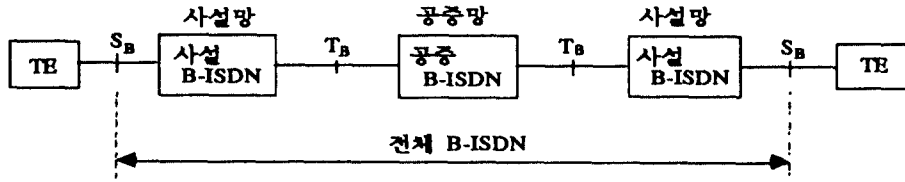


그림 2. B-ISDN의 기본구성

#### IV. 통신기술의 발전 동향

##### 가. 통신망 기술분야

통신망 기술은 기존의 각각 독립적으로 운용되는 PSTN, PSPDN, CSDN, MAN 등 여러 기간 통신망을 연동 시키고 아울러 영상 회의나 멀티미디어 워크스테이션 그리고 정보 검색등의 대용량 고속 정보 전달을 수용할 수 있는 B-ISDN 통신망으로 진화시키기 위한 기술을 말하는데 주요 연구분야로는 경제적인 광대역 통신망 구축을 위한 통신망 구조, 망 통합 전략 및 운용관리 기술, 신호 방식에 대한 연구 등이 있다.

통신망의 발전 추세로서 일반적인 특징은 개별망 위주의 통신망 구성으로부터 점차 종합정보통신망으로 진화한다는 점이다. <그림 3>에서 보는 바와 같이 전화망과 데이터 통신망은 ISDN으로 점차 통합되어 지역적으로 산재한 고속 LAN들을 공중망 개념으로 상호접속시키는 MAN과 일반 가정으로 제공되는 CATV망을 통합시키는 광대역 종합통신망으로 발전하고 있다.

B-ISDN이 본격적으로 구축되기까지는 상당한 기간(2000년 이후)이 소요될 것으로 예측되며, 이에 따라 B-ISDN의 본격 구축시까지 발생하는 광대역 정보통신 서비스의 조기수용을 위한 경제적이고 효율적인 중간단계의 해결방안으로서 MAN이 구축된다. 즉, MAN은 Pre-BISDN 단계로서 초기에는 고속데이터 통신서비스를 제공하며, 향후 음성, 데이터, 영상 등의 멀티미디어 정보통신서비스를 제공하여 통신산업의 경쟁환경에서 광대역 정보통신분야의 경쟁력을 높이고 멀티미디어 정보화시대의 구현을 위한 기반 조성 역할을 담당하게 된다.

일반적으로 통신망은 80년대에 개별망 형태의 디지털 네트워크로 구성되어 90년대 초반에는 협대역

ISDN으로 액세스의 통합이 이루어지고, 90년대 중반 이후 ATM 방식의 도입으로 통신망의 통합이 시작되어 2000년대 초반 부터는 전 광통신망으로 발전할 전망이다. B-ISDN에서 제공되는 초기의 광대역 서비스는 업무용 가입자 위주의 고속 데이터 서비스를 전용선 형태로 제공하고, LAN, MAN 등 사설망과 기업망간의 연결형 서비스가 제공되다가 점차 고속 데이터와 영상정보의 교환서비스로 발전되어, 주거용 가입자까지 고속 데이터 및 영상정보 서비스 제공이 가능해지고 광대역 신호 및 제어망의 확립으로 본격적인 망 서비스가 제공되게 된다.

통신망에서 정보전달에 필요한 신호방식은 기존의 R2 및 공통신 신호방식(NO.6, NO.7)에서 가상 경로와 가상 채널 개념을 이용한 신호정보의 전달방식으로 전환 추세에 있고 사용자의 신호정보 전달을 위한 회선 설정도 CCITT에서 명도 정의한 메타신호방식을 사용하게 될 전망이다. 이러한 B-ISDN 신호 프로토콜은 단기적으로는 DSS1 및 CCS NO.7 신호방식을 확장하여 사용하고, 장기적으로는 UNI 및 NNI에 공동성을 부여하기 위한 새로운 프로토콜인 ISCP를 적용할 것으로 보인다.

##### 나. 교환 기술 분야

교환기술은 교환방식의 통합화, 고속 광대역화, 교환기능의 분리화를 위한 방향으로 이루어질 것으로 보이며 교환방식의 통합화는 기존의 애널로그 교환방식과 회선교환방식에서 디지털 교환방식과 회선 및 패킷의 복합 교환방식으로 발전하고 있다. 고속 패킷교환, ATM교환, 광교환 시스템과 같은 고속스위치의 개발로 정보전달이 고속, 광대역화 되어 가고 있으며, 교환기의 여러 기능 중에서 호 제어 기능과 접속 제어기능을 분리하여 처리하는 형태로 발전하고 있다.

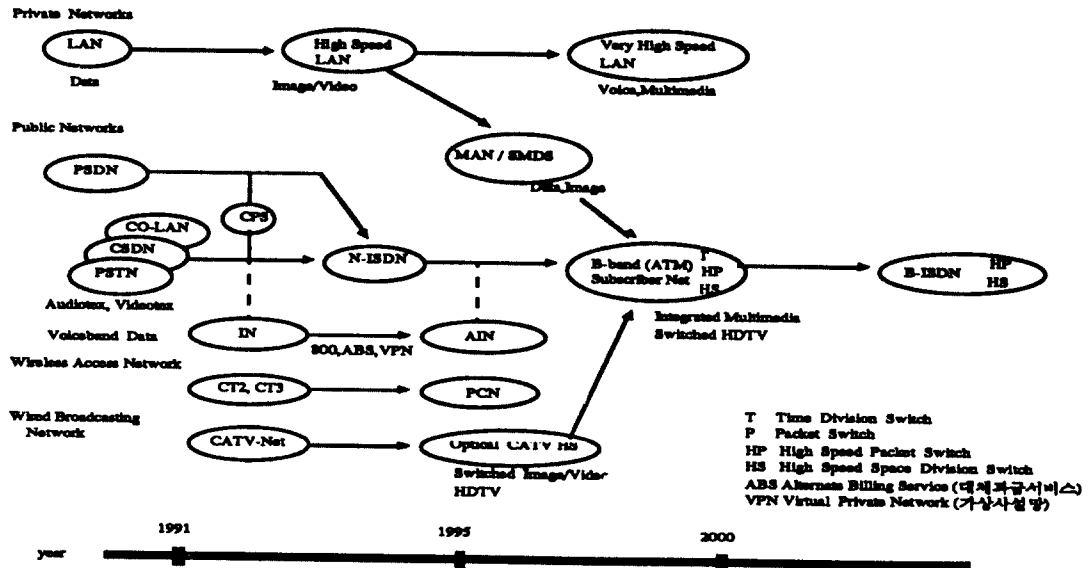


그림 3. 통신망의 발전추세

21세기의 통신망에서는 복잡한 형태의 서비스 품질 요구 즉, 전송지연에 민감한 음성통신, 전송에러에 민감한 데이터 통신과 버스트 특성에 따른 성능 변화에 민감한 영상통신의 특성들을 충족시키고 다양한 트래픽 특성과 접속 형태에 대처해야 하며, 또한 미래의 불확실한 서비스 수요에 능동적으로 대처하기 위해서는 기존의 회선 교환방식이나 패킷교환 방식상의 기술적 제한성을 극복할 수 있는 ATM 교환기술의 개발에 초점을 맞추어 발전되고 있다.

B-ISDN은 ATM을 기본 전달 모드로 채택하였다. 이를 바탕으로 B-ISDN은 교환성 및 비교환성 서비스를 동시에 수용하고, 점대점과 다중점 대 다중점 연결을 모두 수용하며, 회선 모드 및 패킷 모드 서비스를 함께 수용한다. 또한 기존의 N-ISDN의 접속기준 구성과의 공통성을 유지시킴으로써, N-ISDN이 B-ISDN과 공존하면서 점차 단일 B-ISDN으로 진화할 수 있도록 하고 있다. 이 진화 과정에 있어서 기존의 서비스는 지속적으로 그 질을 유지할 수 있도록 하고 있다. ATM은 비동기식 시분할 다중화(Asynchronous Time Division Multiplexing) 방식에 의거한 고정 길이의 패킷형 전달 모드를 의미하며, 이때 정보 전달의 기본 단위는 53 옥텟 크기의 ATM셀이다. 따라서 ATM은 가상 채널에 의한 연결성 모드가 되며, 신호 정보와

사용자 정보는 서로 별개의 가상 채널을 통해서 전달된다. ATM에 있어서 정보전달 용량은 사용자의 요청에 의해 망에서 할당하며, 비연결성 서비스를 포함한 모든 서비스에 대해서 융통성있는 전달 능력을 부여할 수 있다.

ATM 셀은 <그림 4>에 보인 것과 같이 53옥텟으로 구성된다. 이중 5바이트는 셀 헤더 구간으로 할당되고, 나머지 48바이트가 사용자 정보 구간이 된다.

셀 헤더 구간은 GFC, VPI, VCI, PT, CLP, HEC 구간으로 세분된다. 이들이 점유하는 비트수는 사용자-망 인터페이스와 망-노드 인터페이스에서 약간씩 다르다. ATM 셀 헤더에 있어서, UNI에서 사용되는 GFC구간은 매체 접속 제어를 주된 기능으로 하고, 그 밖에 항등 비트율 서비스에 대한 셀 지터의 감소, 가변 비트율 서비스에 대한 공정한 용량 할당, VBR 흐름에 대한 충돌 제어등을 위해서 사용된다. VPI/VCI 구간은 동일한 연결에 속하는 셀들은 구분하기 위한 구간이나, 호, 연결, 집단에 관한 표시기능 등을 위해서 사용된다. PT는 사용자 정보 여부를 표시하는데 사용되고, CLP는 셀 흐름이 과도할 때 버릴 수 있도록 VBR 서비스 셀들의 중요도를 표시해 주는 비트이다. HEC는 셀 헤더 구간에 대한 CRC 바이트로서, 셀 오류를 감지 및 정정하고, 셀 헤더를 검출하는데



Fujitsu에서 정보처리속도 512Mbit/s 이상으로 TV나 HDTV 신호를 교환할 수 있는 실험시스템을 선보인 바 있고, 수년내에 이런 수준의 수십회선 규모 구내 교환기의 실용화를 시도할 것으로 보인다.

#### 다. 전송 기술분야

1970년대 초 광섬유와 반도체 레이저라고 하는 핵심소자의 출현이 1세대 광통신 기술을 성공적으로 이끌어온 견인차 역할을 하였다. 이러한 광통신 기술이 기존의 전화 서비스를 중심으로 하는 통신망에 끼친 영향은, 무선 중계 거리가 동축 케이블의 경우 수백 미터인데 비해 수십 Km까지 획기적으로 증가하였고, 수 Gbps급의 대용량 전송이 가능해지게 되었으며, 이로 인해 전송 단가가 싸지고 신호의 유지 보수가 용이해지게 되었다는 점이다. 이때까지의 기술적인 이슈는 광섬유의 전송 능력을 극대화 할 수 있는 장파장 (1.3~1.55 $\mu$ m)의 사용, 단일 모드 광섬유의 도입, 전송 속도의 향상 등이었다.

B-ISDN에서는 음성뿐만이 아니라 HDTV급 영상 정보를 포함한 Multimedia정보를 전달하는 것을 기본 구도로 하고 있으며, 적어도 155 Mbps급의 정보량을 각가입자에게 전달할 수 있어야 한다. 이러한 B-ISDN의 하부구조를 이루고 있는 물리계위, 즉 광대역 전달 계위의 구축을 위해서는 가입자망의 광선로화와 광통신 기술의 고도화 및 확대 도입이 필수적이다. B-ISDN에서는 N-ISDN 보다는 100배, 전화회선보다는 2000배 이상의 정보 전달 능력을 가져야 할 것으로 예상되며, 국간 중계망 및 교환망에서는 Tbps 이상의 throughput이 필요할 것으로 예상된다. 망에서의 정보 전달 능력을 획기적으로 증대시키기 위해서는 전송 속도를 높이는 것만으로는 한계가 있고, 광의 비간섭 특성을 활용한 파장(주파수)분할 다중(WDM/FDM) 전송, 광증폭, 피코 초(ps) 이하의 극초단 펄스에 의한 솔리톤 전송 및 광 펄스의 시간 분할 다중 등 새로운 기술의 도입이 필요하다.

전 가입자 전송망을 광선로화 하려면 각 가입자당 설비가 합리적인 선에서 공급 가능해야 실현가능하다. 광 가입자용 주요 광 소자는 광송수신 모듈 및 광분기, 다중, 스위칭 소자, 광 커넥터, 광 증폭기 등이 있는데 결국 이들의 저가 양산 기술 확보가 광 가입자망 구축의 핵심이라고 말할 수 있다. 국간 전송 및 광가입자 시스템에 공히 중요한 기술 중의 하나가 광증폭 기술이다. 이제까지는 신호의 재생 중계 방식이

사용되어 왔으나, 전송 속도가 Gbps 이상으로 커지고 WDM/FDM 시스템이 되면 재생 중계 방법을 사용할 경우 장치가 매우 복잡해지고 가격이 비싸지게 된다. 그러나 광신호의 직접 증폭 방식을 사용하면 전송 방식에 무관하게 광신호를 증폭 중계할 수 있을 뿐더러, 장치가 매우 간단하고 경제적이어서 시스템의 유연성 및 유지 보수 측면에서도 대단히 획기적인 것으로 기대되고 있다.

현재의 시분할 전자 교환 방식으로는 소자 및 배선에 따른 제약때문에 수십 Gbps 이상의 구현이 현실적으로는 불가능하여 광기술의 도입이 필연적이라고 인식되고 있다. 교환에서의 광기술 도입은 맨 먼저 고속 데이터의 배선을 광선로에 의해 대체하는 것으로부터 시작되고 있으며, 광 스위치는 LAN/MAN에서의 Cross-point switch와 같이 광대역 소규모 회선 교환 시스템과 광분배 Switch등에 먼저 도입될 것으로 보인다.

향후 광통신 기술의 전망을 살펴보면 광전송 기술의 고도화 즉, 고속화 및 주파수 분할 다중화(FDM) 방식의 도입, 광증폭에 의한 무중계 전송방식의 보편화, 광가입자망의 확대 등이 예상되고, 전송뿐만이 아니고 교환망에도 광기술의 확대 도입을 위해서는 광신호 처리 기술의 향상이 요망된다. 광신호 처리는 그동안 주로 시간 영역에 국한되어 왔으나, 앞으로는 파장 영역 및 공간 영역에서의 신호처리 기술 개발이 필요하며, 초단 펄스의 발생과 응용, 파장 선평의 제어 및 안정화 기술, 파장 다중화 기술, 2차원 어레이 소자 및 집적화 기술, 광 메모리 등 새로운 광기능 소자의 개발이 중요 과제이다.

가입자로 부터의 직접 신호와 다중화된 광대역 신호를 노드로 전송 시키기 위해 필요한 신호 형태, 변복조 기술등의 가입자 전송 기술, 그리고 국간 전송시 신호의 감쇠를 보상하거나 라인을 통해 전달된 신호를 증폭시키는 광 증폭 기술, 개개 신호의 특성에 따라 특정 루트의 회선을 정해주는 회선 분배 기술 등이 주요 연구분야인 기술이다. 전송기술은 SONET 광전송을 기반으로 한 SDH 전송방식의 도입과 광섬유 통신기술의 발전을 근간으로 하여 컴퓨터 및 소프트웨어 기술과 고집적 반도체 소자(VLSI)와 같은 주변기술의 발달에 영향을 받아 Multi-media 광대역 서비스와 고품질의 전송요구조건을 만족시킬 수 있도록 대용량화, 다기능화, 광대역화 그리고 지능화하는 추세에 있다.

〈표 1〉외국의 ATM 교환기 개발 현황

국명	회사명	인공개발내용
미국	Bellcore	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sunshine 스위치</li> <li>형태: Batcher-banyan형 구조로서 복수의 상로와 출력 버퍼가 있으며 출력 버퍼 용량을 초과하는 셀은 피드백시킴 제입력 시키게 되어있는 구조</li> <li>크기: 64 x 64 Batcher-banyan망 (full configuration의 아님)이 32개의 LSI로 구성되어 단차속도 100Mbps로 동작됨</li> <li>속도: 170 Mbit/s(목표치)</li> <li>소자: 11종의 CMOS LSI가 개발되었거나 개발중</li> </ul>
	AT&T	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Knockout 스위치</li> <li>형태: 입력포트에서 출력포트로 셀을 보내면 출력포트에서 동적적 다중화 방식을 이용하여 셀의 컨테션을 해결하는 병중비스형 스위치임.</li> <li>크기: 128 x 8 셀 집선기를 단일 칩으로 구성</li> </ul>
일본	NTT	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ NTT실험 시스템</li> <li>형태: 스위치 소자간 링크 속도를 트래픽에 따라 가변시킬 수 있는 가변링크 속도 방식의 공동 메모리 스위치임 채택</li> <li>크기: 4 x 4 공동 메모리 방식의 스위치 LSI를 기본으로 하여 최대 256단차 까지 확장 가능</li> <li>속도: 155Mbps</li> <li>소자: 0.8 μm BiCMOS, 208 PGA</li> </ul>
	Fujitsu	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ MSSR(Multi Stage Self Routing) 스위치</li> <li>형태: 한 종류의 LSI만으로 구성이 되며 8개의 LSI로 구성된 4 x 2 스위치 모듈 8개로 8 x 8 스위치 모듈이 구성됨.</li> <li>FETEX 150에 탑재</li> <li>크기: 8 x 8 SRM을 3단 배치하여 64 x 64 스위치 매트릭스 구성</li> <li>속도: 1.2Gbps(16비트 병렬)</li> <li>소자: 0.8 μm BiCMOS, 256PGA (인터레이스부는 100 KECL)</li> </ul>
	NEC	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ATOM(ATM Output buffer Modular) 스위치</li> <li>형태: 시분할 다중 비스를 이용한 출력 버퍼형 스위치</li> <li>크기: 3가지 LSI(ATOM CS600, BF600 및 SC600)의 조합에 의해 16 x 16, 8 x 8 및 4 x 4 스위치 구성</li> <li>속도: 622Mbps</li> <li>소자: 0.8 μm CMOS, 320 BUTT LEAD PGA</li> </ul>
	Hirachi	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ATM Switching System</li> <li>형태: 공동 버퍼형</li> <li>크기: 버퍼 메모리 LSI 8개, 메모리 제어 LSI 2개 및 FIFO 메모리 2개로 구성된 32 x 32 스위치 모듈 3단 구성하여 1024 단차까지 확장가능</li> <li>속도: 155Mbps</li> <li>소자: 0.8 μm CMOS</li> </ul>
	NEC	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ATM Switching System</li> <li>형태: 공동 버퍼형</li> <li>크기: 8 x 8</li> <li>속도: 240Mbps</li> <li>소자: 0.8 μm, BiCMOS, 184 pin LCC</li> </ul>
일본	Toshiba	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ATM Demonstation System</li> <li>형태: 공동 버퍼형</li> <li>크기: 8 x 8</li> <li>속도: 240Mbps</li> <li>소자: 0.8 μm, BiCMOS, 184 pin LCC</li> </ul>
	Oki	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ NEMAWASHI 스위치</li> <li>형태: Batcher-banyan 구조에 출력포트 충돌해결을 위한 스케줄링망이 추가된 구조</li> <li>크기: 8 x 8 단위스위치를 1 LSI 구성</li> <li>속도 및 소자: 32Mbps급은 CMOS, 300Mbps급은 GaAs로 제작</li> </ul>
EC (영국, 독일, 이태리)	RMRL, Sierens.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ SIGMA 스위치</li> <li>형태: 공동 버퍼형의 16 x 8 단위스위치 LSI로 구성된 스위치 모듈이 다단 접속되어 대형 스위치망 (2048 단차)을 구성할 수 있으며 스위치망은 이중화 구성</li> <li>크기: 2개의 단위스위치로 16 x 16 스위치 모듈이 구성되고 12개의 단위스위치로 32 x 32 스위치 모듈이 구성 1 모듈에 2개의 16 x 16 스위치 모듈을 실장</li> <li>속도: 155Mbps</li> <li>소자: CMOS</li> </ul>
벨지움	Alcatel/ BELL	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실험스위치</li> <li>형태: 공유 버퍼형 스위치로서 16개의 송수신용 LSI, 8개의 메모리 LSI 및 하나의 클럭 분배용 LSI로서 16 x 16 스위치가 1 모듈로 구성</li> <li>크기: 16 x 16 단위스위치를 3가지의 LSI로 실현</li> <li>속도: 622Mbps(4비트 병렬)</li> <li>소자: 1.2 또는 1.5 μm CMOS 또는 BiCMOS, 132 LDCC</li> </ul>

기존의 동기식 전달모드(STM) 형태의 PDH 전송망은 전송방식 및 속도에 무관한 광중계 전송과 초고속의 광전송을 기본으로 동기식 디지털계위(SDH)의 STM망으로 발전하여 2000년 경에는 100 Gbps급의 SDH의 ATM망으로 발전될 전망이다. 광전송 기술 중 광강도 변조 및 직접 검파 방식 분야는 2.5 Gbps급 광전송 시스템의 보급 초기단계에 있으며, 10 Gbps급 광전송 시스템은 광전 소자(LD, PD)는 개발되었으나 관련 전자소자의 개발이 아직 미흡한 실정이다. 1, 300 nm 대역용/기존 광선로를 1,550 nm 대역의 광신호 전송에 활용하기 위해서 외부 변조방식에 의한 광송신기의 발전선폭 축소를 연구중에 있다.

광중계 분야에 있어 연구용 광섬유 증폭기는 물론 시스템 실장용 모듈 형태의 광섬유 증폭기가 등장할 것으로 예상되고 1300 nm 대역의 기존 광통신에 활용할 수 있는 Pr-doped 불화유리(ZBLAN) 광섬유 증폭기의 연구가 활발히 진행중에 있다. 광과통신 분야에서는 2000년대 초까지 현재의 IM/DD 방식이 주로 적용될 것으로 보이나, 이는 10 Gbps 이상에서는 기술적, 경제적 한계에 도달할 것으로 예상되고, 40 Gbps 이상에 대한 WDM 혹은 광 FDM 방식의 다중화 기술 및 소자 개발이 활발하게 추진되고 있다. 또한 광가입자망과 관련하여 다채널 분배방식의 광 FDM 기술이 주목받고 있으며, Tbps급 전송은 코히런트 광전송 기술의 도입이 불가피할 것으로 전망된다.

광선로 기술을 보면, CCITT SG VI 'Outside Plant' group에서는 광섬유의 다심화 및 망수 방식, 심선 절체 방식, 가입자 선로망의 구조, 광선로 유지/관리 시스템의 기본 구성도 등이 제안되고 있으며, 광선로에 사용되는 각종 부품, 장치와 접속기술 및 선로 운영기술에 대한 각국의 연구개발 현황이 보고되고 있다. 일본은 2015년까지 가입자 선로의 대부분을 광케이블로 대체하는 "OFL 21" 계획을 수행하고 있으며, 이와 더불어 기존의 동선 pair 케이블과 같은 심선수인 2,000~4,000심의 고밀도 광케이블도 연구중에 있다. 서비스의 신뢰성을 유지 확보하기 위한 선로의 이중화와 유지/관리가 편리한 배선방식으로, 일본의 경우 광선로 배선에 loop topology 개념을 도입하여 가입자 선로의 duplex와 diversity를 동시에 고려하고 있으며, 이탈리아에서는 가입자의 분포밀도와 우선순위에 따르는 diversity 배선방식이 연구되고 있다. B-ISDN 서비스를 수용할 수 있는 광선로망 구조에 대한 연구는 각국의 가입자 분포현황, 초기 시설비,

서비스의 종류와 장애 선로유지/관리비등을 고려하여 다양한 접근방식이 연구되고 있는 상태이다.

#### 라. 단말 기술 분야

단말기술은 문자, 문서, Graphics, Image, Audio, 비디오 등 전체, 혹은 부분이 통합된 멀티미디어 형태로 발전하고, PC와 인공지능, 소프트웨어 기술의 발전으로 인간의 지각기능에 가깝고 사용에 편리한 인터페이스가 제공되도록 지능화하여, 정보처리 기술과 고속 통신망의 접속 기술의 발달로 고선명 TV급의 고속 실시간 통신 기능을 제공하고 반도체 기술의 발달에 의한 소형화, 경량화 추세이다. 또한 시스템 및 각 모듈의 활발한 표준화로 통신, 가전, 컴퓨터 제품 모듈간의 상호 호환성 확대에 범용성 증대 및 가격의 하락을 유도하는 경향이 있다.

B-ISDN으로 발전시 기존 정보통신 단말기는 B-TA를 접속하여 개속 사용이 가능하고 기존 매체별 정보통신 단말기능이 단계적으로 통합되어 초기단계에서의 멀티미디어 정보통신 서비스가 제공되다가 다양한 서비스 요구를 쉽게 수용할 수 있는 범용 단말기 구조와 국제 표준화에 따른 상호 통신 호환성을 갖는 고품질, 초대형 및 3차원 디스플레이 기술개발로 생동감 있는 표현력을 갖는 단말기가 개발될 전망이다. 이러한 단말기는 부가기능 및 주변기기를 선택하므로써 기능확장이 용이한 Modular 구조 및 표준 인터페이스를 채택하고, 이용 목적에 따라 자유롭게 선택할 수 있도록 기본 보급형으로부터 고기능형까지의 기능모듈을 다양화 하는 추세에 있다.

멀티미디어는 기능이 통합된 일련의 시스템에 의해서 문자, 그림, 음성, 영상 등 여러 미디어가 서로 연계된 형태로 동시에 표현될 수 있고, 사용자에게 정보의 선택권이 있으며, 기계-사용자, 또는 사용자-사용자 간의 정보 전달이 가능한 기능을 가진 시스템이라 정의할 수 있다. 멀티미디어 시스템에 요구되는 구성 요소를 그 기능에 따라서 분류해보면 각종 미디어를 "입력", "처리", "저장", "출력"하는 컴퓨터를 중심으로한 단말의 기능과 원거리의 데이터베이스 검색 및 사용자간의 대화를 가능케 하는 "통신"의 기능으로 나눌 수 있다. 멀티미디어 소프트웨어는 사용자 인터페이스 등 멀티미디어의 기본 환경을 제공하는 OS와 각 미디어를 그 특성에 맞게 입출력하고 저장 편집하는 미디어별 소프트웨어 그리고 각 미디어를 결합하여 실제 각 응용분야에 사용될 서비스를 개발



하는데 사용될 멀티미디어 DBMS, 저작도구 소프트웨어, 하이퍼 미디어 같은 응용분야별 범용 소프트웨어 등으로 나눌 수 있다.

〈표 2〉ATM 장치 개발 동향

국명	회사명	특징
미국	Bellcore	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ RMN(Remote Multiplexer Node)</li> <li>- SDH 다중화 및 다중화 기능</li> <li>- UNI 접속기능</li> </ul>
벨기에, 프랑스, 스페인	Belgian PTT, Alcatel	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 원격 집선장치(SGE: Subscriber Group Equipment)</li> <li>- NT와 벨기에 형태의 비대칭 정보전송</li> <li>- ASN과는 SDH based 622Mbps</li> <li>◦ ATM Cross Connector</li> <li>- ASN 간의 접속</li> </ul>
독일		<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ ATM Multiplexer</li> <li>- UNI 접속기능, VPI에 의한 Cell Routing</li> </ul>
일본	NTT	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ XC(Cross Connect)</li> <li>- 인터페이스 : 1,399.68, 155.52, 622.08 Mbps</li> <li>- 스위치 종류 : 임의비퍼형</li> <li>- 스위치 크기 : 크로스바 스위치</li> <li>- 소비전력 : 2.7 KW</li> <li>◦ ADM(Add / Drop Multiplexer)</li> <li>- 인터페이스 : 1,399.68, 155.52, 622.08 Mbps</li> <li>- 액세스제어 : 양형 분산 타입</li> <li>- 소비전력 : 최대 2KW</li> </ul>
	후지쓰	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 원격집선장치(BRS: BroadB and Remote Switching Unit)</li> <li>- 전송로 인터페이스</li> <li>- NT와 622Mbps 접속</li> <li>- ATM 동화로, 신호중단 및 호제어 프로세싱</li> </ul>

여러 미디어중 가장 큰 저장용량과 전송의 대역폭을 필요로 하는것은 영상 미디어로서 한정된 기억용량과 속도를 가진 저장 매체와 전송로를 이용하기 위해서는 영상압축이 필수적이다. 현재 개발중인 기술로써 VHS VTR 화질 정도의 영상은 1.2Mbps에, 기존 TV 방송 정도의 화질은 약 3-6Mbps에, HDTV급의 화질은 20-40Mbps 정도로 압축이 가능하다. 따라서 현재 널리 사용중인 CD-ROM을 이용할때 VTR 정도 화질의 영상만이 저장 가능하고, 현재의 전화망으로는 실시간 전송은 어려운 형편이다. 따라서 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여서는 고속 통신

망의 구축이 되어야 하기 때문에 궁극적인 멀티미디어 통신의 꽃은 고속 광중통신망이라 할 수 있는 B-ISDN이 구축되는 시점에서 만개할 수 있을 것으로 보인다.

멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 고속 통신망의 설계시 고려되어야 할 점은, 첫째로 대용량의 실시간 정보전달이 가능하게끔 전송과 교환의 속도가 고속화가 되어야 하며, 둘째로 다양하고 가변적인 성질을 갖는 각종 미디어의 요구 대역폭을 효율적으로 제공하여야 하고, 셋째로 다자간의 동시 다발적인 호의 연결이 가능한 검색, 통신, 방송의 모든 서비스를 효율적으로 제공하는 기능을 갖추어야 한다.

멀티미디어 시스템 관련 의 표준화 활동은 ISO와 CCITT에서 활발히 진행이 되고 있는데 특히 ISO/JTC1/SC18과 SC29의 활동이 두드러지는데 SC18은 기존의 국제표준으로 정의되고 있는 사무용 문서 구조(ODA)를 기본으로 그 구조를 발전시켜 멀티미디어 정보를 수용하고자 출발하였으며 멀티미디어의 기본 모델, 하이퍼미디어 서버, 사용자 인터페이스 등을 포함한 표준화 연구를 진행하고 있다. SC29는 멀티미디어 정보의 코딩 표현의 표준을 그 목적으로 하고 있으며 가장 활발한 활동을 보이는 Group으로는 MHFG(Multimedia and Hypermedia information coding Expert Group)과 MPEG(Moving Picture Expert Group)이 있다.

MPEG은 멀티미디어 / 하이퍼미디어의 정의와 코딩원칙, 시스템 요구사항 등을 다루고 있으며 '93년말 까지 관련 국제표준을 완료할 계획이다. MPEG은 비디오와 오디오의 압축, 시스템 요구사항 등의 표준화를 다루고 있으며 이미 SIF라 불리는 360 x 240 화소의 해상도를 가지는 비디오의 압축 및 시스템 요구사항을 표준화하였고 지금은 720 x 480 화소의 해상도를 가지는 비디오를 다루고 있으며 향후 HDTV급 비디오의 표준화 계획을 세워놓고 있다.

마. 접속 기술 분야

B-ISDN은 다양한 속도와 특성을 지니는 트래픽들을 동시에 수용할 수 있어야 하기 때문에 기존의 통신망을 그대로 사용할 수는 없다. 따라서 CCITT에서는 ATM 방식에 기반을 둔 B-ISDN의 표준화 작업을 진행중에 있으며 B-ISDN은 이 표준에 따라 구축될 전망이다. 통신망의 투자비면에서 분배 가입자 망이 차지하는 비율은 전체 통신망 투자비의 40%~50%

에 이르고 있다. 기존의 통신망에서 가입자망은 CO (Central Office)를 중심으로 모든 단말 장치에 각각 하나의 회선이 연결되는 스타형으로 구성되어 있으며, 이 가입자 망에는 현재 pair 케이블이 설치되어 있기 때문에 이 시설로는 초당 수백 메가 비트 이상의 고속 트래픽을 전송할 수 없다. 따라서 가입자를 B-ISDN으로 접속시키기 위한 새로운 형태의 가입자 접속기술 및 광가입자 선로기술 등이 필요하게 된다. 가입자 접속기술 분야는 여러 단말들을 B-ISDN으로 연결하기 위한 광대역 망종단 장치 (B-NT)와 LAN, MAN 등을 B-ISDN으로 접속하기 위한 LAN/MAN 접속장치 등을 들 수 있으며, 특히 이들 장치들은 광대역 서비스가 확산되기 시작하는 초기에 사설망에 수용된 기업 이용자들을 대상으로 고속 정보전송 서비스를 제공하기 위해 중요한 역할을 수행하게 될 것이다.

가입자를 B-ISDN으로 접속하기 위해서는 가입자 접속장치 외에 광가입자 선로기술이 필요하다. 단국 교환기에서 각 가입자 태내장치까지 광 케이블이 공급될 경우, 광케이블의 효율적인 관리를 위하여 가입자까지에 이르는 선로를 feeder 선로, sub-feeder 선로 및 가입자 루프 선로의 단계를 거치도록 하여 광 선로의 손실시 대체되어야 할 절체 선로의 과중한 선로 부담을 줄이고 효율적인 가입자 선로의 관리가 가능한 것이며 따라서 이와같이 단국 교환기의 가입자 접속 기능이 분산화되는 형태로 망이 구축될 전망이다.

#### 바. 핵심부품 기술 분야

B-ISDN 같은 초고속, 광대역 통신망의 구현을 위해 필요한 교환기, 전송장치, 단말기기등의 핵심이 되는 소자인 Laser Diode, APD와 PIN과 같은 Photodiode, 광전 변환기기, Optical Switch, Optical logic device 등과 같은 광 기능 소자와 이러한 기능 소자를 집적화하는 광집적 회로 기술, 신호의 분배 및 합치화를 위한 Coupler, 광대역 다중화의 근본이 되는 Coherent 광통신 (레이저의 파장 순도를 아주 높임으로서 전자파 통신에서 사용되는 변복조 기술을 광영역에서 그대로 적용할 수 있는 통신기술) 및 광 메모리 기술등이 주요 연구 분야가 되는 기술이다.

반도체 기술은 주로 고집적화, 고속화, 전용화 추세로 발전하고 있고 고집적화는 평면적인 집적화의 한계를 극복하기 위하여 3차원 집적회로의 연구개발이 활성화되고 있으며 초격자 소자와 3차원 소자를 이용하

여 고속화를 추구하고 있고 기존의 Gate array 형태에서 ASIC 형태로 발전하고 있다. 통신분야에 사용되는 소자기술은 고속전송과 광 FDM 전송을 위한 초대용량화와 고속 저전력 전자소자, 광교환에 필요한 광대역 교환 소자들의 저 가격화와 대량보급을 통한 보편화 추세에 있다.

여기서 고속 전송 시스템은 위의 광소자 뿐만 아니라 고속 전자 소자를 아울러 요구하는데 이러한 고속 (2.5Gbps, 10Gbps) 전자소자는 GaAs를 소재로 하여 Mux/Demux, LD driver, PD pre-amplifier 같은 기능을 가져야 한다. 이러한 초대용량 광전송 시스템용 핵심 광/전자소자는 시스템이 요구하는 특성을 만족 시킴과 아울러 성능향상을 통해 시스템 성능향상과 용량증대를 유도하기 위한 방향으로 개발되고 있다. 광 교환 소자 기술은 광교환 방식에 대한 연구 동향이 궁극적으로 정보의 입력, 교환, 출력이 모두 광으로 이루어지는 Tbps급의 전 광교환을 목표로 하고 있으나 현재는 가까운 미래에 실현 가능성이 매우 높은 고속 전자교환 소자와 병용되어 교환시스템을 구성할 수 있는 소규모 광 교환 소자 및 광 연결 소자에 대해 집중하고 있다.

가입자용 핵심 광소자에 대한 저가격화를 위한 기술개발 방향을 요약하면 대구경 웨이퍼 양산 및 표준 공정 기술, 대량 칩 생산 기술, 수동 광소자, 광전 소자 및 전자 소자의 집적화, 대량 packaging 기술 및 실장 기술등으로 볼 수 있는데 특히 대량생산, 집적화가 주된 기술개발 전략이라고 할 수 있다.

현재 전자소자에 응용하는 반도체는 실리콘과 화합물 반도체가 있으며 가장 널리 상용화된 화합물 반도체는 GaAs 반도체이다. 기존 화합물 반도체의 종류는 다수이나, 현재 고속 LSI급 전자소자에 사용하는 것은 GaAs 반도체가 유일하다. 이러한 이유는 GaAs의 물질 특성(반절연성, 고전자이동도, 직접 전이형 밴드 구조, 고온 동작)이 실리콘에 비해 우수한 점이 있기 때문이며, 고속/고주파소자, 우주항공/군사소자, 광소자, 광전집적소자 등에 널리 응용되고 있다. 종래의 GaAs 반도체의 응용분야는 일부 특정한 분야에 한정되었으며 이러한 분야는 주로 GaAs 반도체로 구현하였을 때 그 특성이 실리콘 반도체로 구현시 보다 훨씬 뛰어나서 높은 원가를 상쇄시킬 수 있거나, 군사 등의 특수한 분야였다. 그러나 현대 사회가 정보화 사회로 급속히 변해감에 따라 이러한 개념은 퇴색하고 있으며 이는 요구되는 정보량 및 사용 주파수

대역(~20Gbps)이 높아져서 기존 실리콘 반도체 집적회로로는 고속, 고주파, 저전력화의 요구를 만족시키기 힘들기 때문이다. GaAs로 대표되는 화합물 반도체의 응용 분야로서는 디지털 집적회로 분야에서는 슈퍼컴퓨터, 고속 기억소자, 신호처리, 디지털 이동통신 단말기, 광통신 등이 있으며, 아날로그 집적 회로 분야에서는 군사, 통신/방송 고속/고주파 계측기 등을 들 수 있다.

## V. 국제 표준화 동향

B-ISDN에 관한 국제 표준화는 ITU 산하의 CCITT를 중심으로 이루어지고 있다. 즉 1988년 1월 서울에서 개최된 CCITT SG XVIII의 ISDN전문가 회의에서 향후 B-ISDN을 위한 망 노드 인터페이스(NNI)로서 SDH(Synchronous Digital Hierarchy)를 채택하기로 합의된 이후 CCITT SG XVIII에서의 B-ISDN에 관한 연구는 매우 활발해지기 시작하였으며 이러한 CCITT의 움직임에 따라 이를 활용하는 타 표준화 기구에서의 표준화 활동도 매우 활발해지게 되었다.

CCITT에서 급변 연구회기('89~'92)에 들어 B-ISDN에 대해 가장 활발하게 연구를 수행한 그룹은 SG XVIII이다. 본 그룹에서는 '89. 1월 San Diego ISDN 전문가 회의를 시작으로 산하에 있는 WP 8에서 B-ISDN의 전반에 관한 사항을 집중 연구하였으며 그 결과로 지난 '90. 12월 일본 마쓰야마에서 개최된 SG XVIII 회의에서는 B-ISDN관련 권고 13개를 CCITT

의 권의 No.2에 회부하기로 최종 결정하였고 이 사항은 향후 시범 권의를 통해 '91. 4. 5일에 CCITT 권고로서 입준되게 되었으며 그 내역은 <표 3>과 같다.

신호방식에 관한 연구는 수 의제로 다루고 있는 SG XI에서는 B-ISDN에서 요구하는 국간 신호 방식과 사용자 망 신호 방식의 확장에 주력하고 있다. 총 3단계 (Release 1, 2 및 3)로 구분하여 작업 일정을 세워놓고 있는 본 그룹의 현재까지의 연구진행은 사용자 망 신호방식에 관해서는 Release 1 UNI 신호 절차에 대한 기초 작업을 완료하고 '92년 하반기 SG XI 총회에 이를 상정 예정이며, 국간 신호방식분야에서는 가장 최근판의 ISUP을 기초로 Release 1 초안을 작성하고 '92. 9월까지 이를 완성하여 '93년에 CCITT Res. No 2에 회부 예정이다.

전송을 담당하고 있는 SG XV에서의 B-ISDN 관련 연구분야는 크게 두 부분으로 나눌 수 있다. 첫째는 동기식 전송방식에 관한 연구로서 B-ISDN에서의 NNI로 확장된 SDH에 응용하기 위한 동기식 다중화 장치, 회선분배 장치 및 전송시스템 등에 관한 표준화가 추진되고 있으며 둘째는 영상회의 및 영상전화에 관한 연구로서 영상, 음성 시스템에 관한 표준화가 이루어지고 있다. 이중 동기식 전송장치는 CCITT SG XVIII의 WP7과 협조하여 표준화를 수행하고 있으며 ATM 비디오 코딩에 관해서는 CCITT/2, MPEG 및 SG XVIII과 협조하여 추진되고 있다.

## VI. 결 론

최근의 국제정세는 정치 이념적 대결보다는 자국의 경제 및 기술의 발전을 위한 국제적인 경쟁 또는 협력 등으로 그 양태가 변화되어 가고 있으며 이러한 현상은 이념과 체제가 다른 국가들간에도 국제 협력 차원의 빈번한 경제교류가 이루어지고, 경제력을 바탕으로 한 일종의 국제지위 향상요구, 미국을 중심으로 한 선진국의 시장 개방압력, 기술과 경제의 불리화 현상 등에서 잘 나타나고 있다.

우리나라가 이러한 국제적 변화의 물결에 능동적으로 대처하고, 선진국 대열에 동참하기 위해서는 무엇보다도 선진국 수준의 과학과 기술을 확보하여, 국제적으로 경쟁력 있는 첨단 제품의 개발과 수출을 통한 국력의 배양이 선행되어야 할 것으로 판단된다. 이에 정부에서는 제조업 국제경쟁력강화 등 국내의 당면 문제를 극복함은 물론 이와같은 국제 경제변화에

<표 3> B-ISDN관련 1개월 권고('90. 12)

번호	제 목
I.113	ISDN의 광대역 관리를 위한 용어
I.121	ISDN의 광대역 관점
I.150	B-ISDN ATM 기능 특성
I.211	B-ISDN 서비스 관점
I.311	B-ISDN 일반 망 관점
I.321	B-ISDN 프로토콜 참조모델과 그 응용
I.327	B-ISDN 기능 구조
I.361	B-ISDN ATM 계층 규격
I.362	B-ISDN ATM 통합계층(AAL) 기능
I.363	B-ISDN AAL 규격
I.413	B-ISDN 사용자 망 인터페이스(UNI)
I.432	B-ISDN UNI 물리계층 규격
I.610	B-ISDN 액세스의 OAM 원칙

슬기롭게 대처하기 위해서 HAN(Highly Advanced National) 프로젝트를 선정 추진하게 되었으며, 그러한 연구개발의 일환으로 광대역 종합정보 통신망에 소요되는 첨단 통신 장비의 개발을 향후 10년간에 걸쳐 산.학.연 공동 연구로 추진키로 하였다.

참 고 문 헌

1. W.R Byrne, T.A. Kilm, B.L. Nelson and M.D.Soneru, "Broadband ISDN Technology and Architecture," IEEE Network, pp.23-28, Jan. 1989.
2. C.N.Lo H.E.Thome, and R.S.Wolff, "A Hybrid Architecture for Analog Video Broadcast and B-ISDN Services in Customer Premise Networks," IEEER Journal on Selected Area in Communication, Vol.8, No.7, Dec. 1990.
3. P.W. St... and R.K. Snelling, "Evolution of Giber

- in the Residential Loop Plant," IEEE Communication Magazine, pp.68-74, Mar. 1991.
4. W.R Byme, G.W.R.Luderer, G.Clapp, B.L.Nelson, and H.J.Hafka, "Evolution of Metropolitan Area Network to B-ISDN," IEEE Communication Magazine, pp.69-82, Jan, 1991.
5. N. Arakawa, A.Noiri, and H.Inoue, "ARM Switch for Multimedia Switching System," ISS '90 A7.2, May, 1990.
6. Y.S. Yeh, M.G. Hluchyj and A.S. Acampora, "The Knockout Switch: A Simple Modular Architecture for High Performance Packet Switching" IEEE Journal on Selected Area in Communication, Oct. 1987.
7. 과학기술처, 광대역 ISDN 개발을 위한 연구기획, 1992.



이 상 철

- 1967년~1971년 : 서울대학교 공과대학 전기공학과 (학사)
- 1971년~1973년 : 버지니아 주립대학교 공과대학 전자공학과(석사)
- 1973년~1976년 : 듀크 대학 전자공학과(박사)
- 1975년~1979년 : Western Union Spacecom, 선임연구원
- 1979년~1982년 : Computer Science Corp, 책임연구원(실장)
- 1982년~1991년 5월 : 국방과학 연구소, 부장
- 1992년 5월~현재 : 한국통신 연구개발단 기간통신 연구본부(본부장)