



B-ISDN과 ATM

(한국전자통신연구소 광대역통신망연구부 책임연구원)

본 고에서는 ATM(Asynchronous Transfer Mode)기반으로 개발되고 있는 광대역 종합정보통신망(B-ISDN : Broad-band Integrated Services Digital Network)의 구조 및 이를 기반으로 제공할 수 있는 광대역 서비스의 형태에 대해 기술한다. 또한 B-ISDN의 기술적 목표가 되는 ATM 기술과 관련된 최근의 표준 동향, ATM 통신 장비의 개발 및 서비스 개발 현황에 대하여 살펴본다.

1. 개요

1960년대에 PCM 전송기술이 전기통신망에 도입되어 디지털 통신 시대의 막을 연 이래, 디지털 전송과 디지털 교환의 통합을 바탕으로 하는 통합디지털망(IDN)을 거쳐, 1980년대에는 가입자망까지를 디지털화시켜 단일 인터페이스를 통해서 여러 다양한 서비스들을 통합 제공할 수 있는 ISDN(Integrated Services Digital Network)시대로 들어섰다. 이후 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 기술, ISDN 기술, 고속 패킷 통신 기술, 그리고 동기식디지털계층(SDH: Synchronous Digital Hierarchy) 기반의 고속 광통신 기술을 바탕으로 수 kbit/s ~ 수백 Mbit/s 호의 광대역 서비스를 제공할 수 있는 광대역 ISDN이 출현하였다.

먼저 ATM 기술은 1980년대 중반에 기존의 TDM(Time Division Multiplexing) 기술에 패킷 교환기술의 장점을 접목시킨 ATD(Asynchronous Time Division) 기술을 토대로 탄생되었다. 즉 대역 사용의 효율성이 좋은 패킷 교환기술과 높은 throughput, 저 지연 및 정보 전달의 투명성이 좋은 회선 교환기술을 결합한 형태로서 기존 패킷 교환과는 달리 어떤 예러 처리도 ATM 계층에서는 일어나지는 않지만 초고속 저 지연으로 하드웨어적인 교환 기능을 지원할 수 있기 때문에 다양한 속도 및 광대역 서비스를 무리 없이 전달할 수 있다. 둘째로 ISDN 기술은 단대단(end-to-end)간 디지털화를 바탕으로 음성뿐만 아니라 데이터나 정지 화상 정보를 통합 전송할 수 있는 길을 열었다. 여기에 ATM 기술을 접목하여 ISDN의 저속 신호는 물론 광대역 동영상 정보가

다양한 서비스를 통합 수용하는 형태로 진전되고 있다. 셋째로 패킷 통신 기술은 기존 X.25 프로토콜 기반의 9600 bps 정도와 1.5 Mbps급의 프레임 릴레이 기술보다는 보다 고속의 통신 요구에 따라 100 Mbps급 이상의 고속 데이터 통신을 위하여 ATM 기술이 적용되는 형태로 진전되고 있다. 넷째로 기존의 동선을 사용한 가입자 전송로를 광 가입자 선으로 적용함에 따라 100 Mbps급 이상으로 정보를 전송할 수 있는 길이 열리게 되었으며 이러한 광전송기술은 광대역 통신망을 이끌어 내는 견인차 역할을 하게 되었다.

ATM을 기반으로 하는 B-ISDN의 전개를 위한 결정적인 초석은 1990년 국제 표준화 조직인 CCITT(현재의 ITU-T)에서 ATM에 관한 13개의 권고안을 제정하고부터이다. 이는 미국의 T1 위원회, 유럽의 ETSI 및 일본의 TTC 등 지역 표준화 기구의 적극적인 기여를 통해서 국제적 표준으로 제정되게 되었으며, 이를 바탕으로 불과 수년만에 ATM 기술의 비약적인 발전을 가져왔다.

본 고에서는 ATM을 기반으로 하는 B-ISDN 구조와 B-ISDN을 통해 제공될 광대역 서비스 특성들에 대해 개관하고, 나아가 ATM 기술과 관련된 최근의 표준화 동향과 ATM 관련 제품의 개발 동향에 대해 살펴본다. 단, 본고에서는 ATM 통신과 관련된 원리 및 특징 등에 대해서는 참고문헌[1,2,3,4]를 참조하기로 하고 여기서는 구체적으로 언급하지 않는다.

2. B-ISDN과 ATM 기술

기존 전기통신망에서 적용하던 전송 방식인 STM(Synchronous Transfer Mode)은 고정된 길이를 갖는 프레임 내의 특정 타임 슬롯에 특정 채널을 할당하여 호가 설정되어 해제될 때까지 이를 점유토록 하는 방식이다. 즉 송신측과 수신측간을 연결하는 정보통신로인 회선(circuit)을 이용자 간에 고정적으로 묶어 두고 이용하기 때문에 항상 고정된 대역을 요구하는 서비스에 적합하다. 그러나 B-ISDN에서는 화면의 움직임에 따라 정보량이 가변되는 동영상 등의

광대역 서비스 뿐만 아니라 광대역 버스트성 정보들에 대한 적응성은 물론 고정 대역의 실시간성 정보 전달에도 적합한, 즉 회선 교환성과 패킷 교환성을 절충한 ATM 통신 방식을 기반으로 하고 있다. ATM 셀의 구조는 정보를 실어 나르는 유료부하 공간용 48바이트와 이들 셀을 통신망에서 제어하기 위한 헤더용 5바이트 등 53바이트의 셀로 구성된다. 셀 전달 방법을 보면 전달 정보의 유무와 관계없이 ATM 셀을 주기적으로 전송하고, 전달 정보가 있는 경우에만 48바이트 단위로 정보를 실어 주고, 그렇지 않은 경우에는 빈 셀로 전송한다. 이때 헤더 정보를 이용하여 단말 대단말간에 통신로를 가상적으로 설정해 두고, 간헐적으로 정보를 보내게 되는데 이를 가상 채널(VC: Virtual Channel)이라 하고, 가상적인 파이프로 준비하여 이용자의 송신 단위 시간당 정보량을 관리하기 위한 가상경로(VP: Virtual Path)를 설정하여 이용한다. B-ISDN에서는 VC의 속도가 가변적이므로 회선과 대역을 서로 독립적으로 다루고, VP는 대역 관리자로서 많은 VC들을 수용할 수 있도록 하고 있다.

ATM 기술의 응용에 대한 세계적인 동향은 반도체, 워크스테이션, LAN 및 허브, 라우터, WAN(Wide Area Network), PBX, 공중망 및 공중 서비스 등과 같이 매우 다양한 분야로 파급되고 있다. 또한 광대역통신망의 구조와 형태는 각국의 통신 환경에 따라 조금씩 달라질 수 있으나, 지금까지의 64 kbps를 근간으로 하는 협대역 종합정보통신망을 계승하는 형태로 구축되고 있다. 즉 이는 크게 가입자 액세스망과 광대역 교환망으로 구성된다. 먼저 가입자 액세스망은 광대역 가입자 단말(B-TE: Broadband Terminal Equipment)이나 광대역 가입자 정합(B-TA: Broadband Terminal Adaptor) 등과 같은 대내망 서비스 기능들로부터의 다양한 서비스들을 B-ISDN 망에 통합 접속 시키기 위한 광대역 망 종단 기능(B-NT: Broadband Network Termination)을 포함하여 여러 가입자들을 대량으로 다중 반송하는 각종 ATM 다중, ATM 분기 결합, ATM 분배기 등으로 구성된다. 광대역 교환망은 광대역 교환기들 사이를 초고속으로 연결하는 망으로 B-ISDN의 중추적인 역할을 수행한다. 즉 액세스망을 통해 들어온 여러 가입자 정보를 교환하여 대량의 정보들을 점대다중점(point-to-multipoint)으로 원하는 목적지까지 전달하는 기능을 수행하며, 여기에는 가상경로 및 가상 채널의 교환이 가능한 ATM 교환기와, 광교환기를 통한 가상회선의 라우팅과 ATM 분기 결합기와 ATM 분배기에 의한 VC 교환 시간 라우팅을 바탕으로 한다.

B-ISDN은 통신망 기술, 교환 기술, 전송/접속 기술 및 단말 기술 등의 여러 요소 기술들이 복합적으로 구성된다. 먼저 광대역통신망 기술의 경우를 살펴본다. 광대역 종합정보통신망(B-ISDN)은 보통 3 개의 계층적인 개념을 가지고 있는데 먼저 최하위 계층으로 물리 계층(physical layer)이 있다. 이는 교환기나 전송 장치 등과 같은 망 요소(network elements)들 간에 물리적 연결 경로를 제공한다. 다음으로 신호의 교환 및 라우팅을 제어하는 논리 계층(logical layer)이 있으며, 마지막으로 최상위의 서비스 계층(service layer)은 통신관리

망(TMN: Telecommunication Management Network), 지능망 서비스 및 부가 서비스 등 정보 공급자 및 수혜자간에 요구되는 통신 서비스를 제공한다. 기존의 통신망에서는 특정한 서비스만을 제공함으로써 각 서비스에 따른 대역폭과 서비스의 품질이 고정되는 데 반하여 광대역 통신망에서는 복합 매체 서비스를 제공함으로써 각 사용자의 요구사항에 따라 사용 대역이 통계적으로 다중화 되고 가변이 되므로 순간적인 트래픽 셀의 폭주 및 정보 손실이 야기된다. 따라서 기존 통신망에서 볼 수 없는 트래픽 제어 기술이 요구된다. 또한 미래의 광대역 통신망은 광대역 서비스 요구사항과 각 망 구성요소를 통한 실현 방식에 밀접하게 관련되므로 전달망의 구조, 모델링이 필요하고, 또한 셀의 경로 설정을 위한 가상채널과 가상경로를 이용한 망 구축 및 서비스 망 구성 기술이 필요하다.

광대역 교환기술로는 고속 스위치 네트워크 기술, 교환 프로토콜 기술 등이 있다. 먼저 고속 스위치 네트워크 기술은 교신성 서비스뿐만 아니라 분배 서비스도 수용하기 위한 기술로서 ATM 셀 정보를 원하는 가입자에게 전달하기 위하여 셀 헤더 내에 연결 정보를 분석하여 적절한 스위칭 경로를 제공한다. 고속 스위칭 기술은 150 Mbps급 이상의 교환은 기존의 교환방식으로는 수용이 불가능하므로 이를 위한 특별한 스위치 구조에 대한 설계가 필요하다. 교환 프로토콜 기술은 교환기 내의 관리 및 사용자의 셀 정보를 원활하게 교환 및 전송하기 위하여 신호절차, 교환기 내의 셀 정보 흐름 관리 및 시스템을 운용 관리하는 기술들이 있다. 교환기 프로토콜 기술은 교환기 가입자간의 연결 경로를 형성하기 위한 경로 제어 프로토콜, 셀 헤더의 루팅 정보로부터 각 스위치 네트워크 내에서의 스위칭 경로를 선정하기 위한 스위칭 프로토콜, 각 사용자를 확인 및 관리하고, 대역폭 등과 같은 자원을 관리하는 프로토콜 기술들로 구성된다.

광대역 가입자 접속 기술은 가입자를 광대역 통신망에 접속하는 기술로 가입자 액세스 기술, 정합 기술, 광대역 서비스 분배 교환기술로 구분된다. 광대역 가입자 액세스 기술은 광대역 단말장치로부터 155 Mbps 급의 ATM 셀을 가입자망에 접속시키거나 망으로부터 각 단말측으로 라우팅 시켜 주는데 소요되는 기술이며, 광대역 정합 기술은 비광대역 단말장치를 광대역 통신망에 접속시키기 위한 정합장치로 망 측에 S_B/T_B 접속과 단말측에 R 접속을 실현하는데 소요되는 기술이다. 광대역 서비스 분배 교환기술로는 주로 방송 서비스와 같은 단방향 서비스의 경우에 이용되는 기술로서 가입자의 제어 신호에 따라 원하는 채널을 선택하는데 이용된다. 광대역 전송기술로는 가입자 계에서 가입자들과 교환기 혹은 교환기간의 전송로를 제공하는 기술로서 기존의 회선 교환 정보 전달과 호환성을 갖는 SDH 기본의 155Mbps, 622Mbps, 2.5Gbps, 그리고 10Gbps 급 초고속 ATM 셀 전송기술이 있다.

광대역 단말기술은 기본적으로 ATM 프로토콜 기술을 포함하며, 각 단말기 특성에 따른 개별적인 기술이 필요하

다. 단말기술은 사용자와 직접 접속되는 시스템으로 서비스에 의존하는 기술이 요구되며, 대용량, 소형화 및 지능화를 통한 광대역 단말 기능이 제공될 것이다. 따라서 소형화에 따른 주문형 칩화 기술, 음성 인식 기술, 실시간 영상화면 처리 기술, 그래픽 사용자 접속 기술 등이 요구되며 각 단말기는 ATM 망과 접속이 되므로 이에 따른 프로토콜 및 신호 관련 기술이 요구된다. 앞으로 개인용 단말기가 보급되게 되면 단말기는 경량화와 복합 서비스를 집약하여 워크스테이션과 동등한 처리 능력을 갖는 멀티미디어 단말기로 등장할 것이다. 따라서 단말기술은 사용자의 요구를 수용하는 새로운 기술로 창조될 것이다.

광대역 종합정보통신망의 구성에 따라 지금까지의 일대일 연결 형태뿐만 아니라 다자간 및 일대다 다중연결(multi-party/multi-point multiple connection), 분산 연결 및 멀티미디어 연결 등과 같은 복잡한 형태의 연결 경로에 대한 요구가 급증할 것으로 예상하고 있다. 그러나 이러한 다중 및 분산 연결을 요구하는 서비스들의 전송량과 대역폭에 대한 수요가 아직 불확실하다. 다만 그들의 사용 대역폭이 매우 버스트한 특성을 가지며 전송 대역 사용에 대한 허용 범위가 매우 클 것으로 예상하고 있다.

3. 광대역 통신서비스

광대역 통신 서비스는 정보의 형태, 서비스 속성, 서비스 품질 및 전송 능력에 따라 분류할 수 있다. 먼저 서비스 형태에 따라 쌍방이 서로 정보를 주고받는 교신성 서비스(Interactive service)와 정보를 한방향으로 일반적으로 분배하는 분배 서비스(distribution service)로 분류한다. 교신성 서비스는 다시 세분화되어 대화 서비스, 메시지 서비스 및 검색 서비스로 나눌 수 있고, 분배 서비스는 가입자의 제어 가능성 여부에 따라 이용자 제어 불가능 분배 서비스와 이용자 제어 가능 서비스로 분류된다.

대화형 서비스는 일반적으로 사용자간 또는 사용자와 컴퓨터나 데이터베이스간에 실시간으로 정보를 전달하는 서비스이다. 사용자의 정보의 흐름은 양방향이며 일대일 및 일대 다자간 통신이 가능하다. 이러한 서비스로는 화상 전화, 화상 회의 및 고속 데이터 통신서비스 등이 있다. 메시지 서비스는 축적 전송이나 전자사서함 서비스 등과 같이 정보의 편집, 처리 및 변환 등과 같은 처리 능력을 갖는 저장장치 사용하여 개별 사용자들 간에 통신을 제공하는 서비스이다. 검색 서비스는 정보 센터에 저장되어 있는 정보를 사용자가 검색할 수 있는 서비스로 주로 공중망 사용자를 위해 제공된다. 사용자의 요구에 의하여 정보가 제공되며, 사용자가 정보를 제어할 수 있다. 이러한 서비스로는 필름, 고해상도 영상 정보, 오디오 정보 등에 대한 검색 서비스가 있다.

이용자 제어 불가능 분배 서비스는 방송 서비스와 같이 중앙의 정보원으로부터 망에 연결된 다수의 사용자들에게

연속적인 정보를 제공하는 서비스로서 사용자는 이러한 정보에 접근할 수는 있으나 정보의 분배가 시작되는 시점을 제어할 수는 없다. 즉 사용자는 방송되는 정보의 시작이나 순서 등을 결정할 수 없으며 이러한 서비스로는 TV 및 오디오 프로그램의 방송 서비스를 들 수 있다. 이용자 제어 가능 분배 서비스는 앞의 이용자 제어 불가능 서비스와 마찬가지로 중앙의 정보원으로부터 정보가 다수의 사용자들에게 분배된다. 그러나 이용자 제어 가능 분배 서비스에서 사용자는 정보의 시작 시점이나 그 순서를 제어할 수 있다. 이와 같이 사용자에게 의해 선택된 정보는 항상 그 시작 시점부터 서비스를 받을 수 있다. 이러한 서비스의 예로는 지역 안내 서비스, 뉴스 및 생활 정보 서비스 등을 들 수 있다.

광대역 서비스는 정보의 전달 형태에 따라 음성 서비스, 데이터 서비스, 비디오 서비스 및 멀티미디어 서비스 등으로 분류할 수 있다. 데이터 서비스는 기존의 컴퓨터 통신망을 이용하는 서비스 외에 대량의 파일 전송, 신문 전송, CAD/CAM 데이터 전송, 근거리통신망이나 대도시 통신망간의 상호 연결을 위한 기간망 서비스를 포함한다. 비디오 서비스는 케이블 TV, 고선명 TV 등의 방송 서비스와 화상 회의, 화상전화, 비디오텍스, 시청각 도서 서비스 및 비디오 교육 서비스 등과 같이 다양한 이용 형태를 가지고 있다.

광대역 종합정보통신망에서는 일대일 통신서비스뿐만 아니라 일대 다자간 통신서비스가 가능하고, 음성, 데이터, 그래픽 및 영상 신호가 통합된 멀티미디어 서비스로 확대되어 앞으로 매우 활발한 응용이 예상된다. 이러한 미래의 통신 서비스에 대한 청사진을 완성시키기 위해 지금까지 통신사업자와 국제 표준화 조직에 의해서만 연구되어 온 ATM 기술개발에 컴퓨터 시스템을 포함한 정보통신 단말 사업자들까지 가세하여 ATM 기술의 발전을 더욱 가속시키고 있다. 또한 통신의 globalization 경향으로 인해 신규 ATM 기술 관련 산업간의 파트너 관계는 특정 지역, 국가 및 국제 간 할 것 없이 모든 지역에서 급속히 진전되고 있다.

4. ATM 기술 표준화 동향

ATM 기술 관련 표준화 작업은 주로 ITU-T에 의해 주도되고 있으나, 실제적인 제품화에 필요한 표준은 주로 통신사업자, 컴퓨터사업자, 정보통신단말사업자들로 구성된 ATM 포럼에 의해 주도되고 있다. 이러한 ATM 포럼 활동의 배경에는 복잡하고 시간소모적인 국제 표준화 활동에 대하여 "Market-driven" 또는 "Market-oriented" 표준화에 대한 필요성이 대두되었기 때문이다.

ATM 포럼에서는 1995년에 ATM과 관련한 대부분의 표준화 작업을 완료할 것이며, 상호 연동성과 시험 부분 그리고 서비스 응용 측면에서 추가적인 활동이 예상된다. 이러한 ATM 포럼 규격은 미국의 ANSI T1 위원회에서 수용될 것이며 또한 대부분 ITU-T 권고안으로 수용될 것으로 보인다. 현재 ATM 포럼에서는 ATM 사용자-망간 접속(UNI:

User Network Interface) 규격 3.1, 광대역 사업자간 접속 (B-ICI : Broadband Inter-carrier Interface) 규격 2.0, 및 LAN 에뮬레이션 규격이 제정되었다. ATM 포럼에서는 UNI에 대한 정의를 ITU-T의 국제 표준 규격과는 달리 공중 UNI와 사설 UNI로 구분하여 규정하고 있다.

먼저 공중 UNI는 공중 서비스 공급망의 전개를 위해 ATM 교환기를 사용하여 ATM 사용자를 연결하기 위한 접속 규격이다. 다음으로 사설 UNI는 동일한 사업자에 의하여 관리되는 ATM 교환기와 ATM 사용자 간을 연결하기 위해 사용된다. 이러한 두 가지 형태의 사용자-망 접속 규격의 근본적인 차이는 "물리적인 도달거리"이다. 그밖에 두 가지 접속점에서 요구되는 응용 서비스 형태에 따라 몇 가지 기능적인 차이가 있다. 이들 두 UNI는 동일한 ATM 계층 규격을 가지며 단지 물리적으로 여러가지 매체를 사용한다는 사실이 다르다. 따라서 사용자를 공중망 단국 장치 내의 교환기로 연결하기 위해 원거리 전송장치같은 전송 시스템을 사용할 수도 있다. 반면에 사설 스위칭 시스템은 종종 컴퓨터나 PBX와 같은 사용자 장비와 동일한 건물 내에 위치 할 수 있으며 따라서 거리의 제한을 갖는 물리 매체 접속 기술을 사용할 수 있다. 여기서 "ATM 사용자"라는 표현은 예를 들어 IP 라우터 같이 ATM UNI를 통해서 ATM 망을 사용하는 임의의 시스템을 말한다. 또한 공중 ATM 망에 ATM 셀을 전송하기 위해 사설 ATM 스위치 등이 사용될 수도 있다.

현재 ATM 포럼의 UNI 규격을 만족하는 제품들이 대부분 컴퓨터 및 통신 사업자에게 의해 대거 출시되고 있다. ATM 신호 프로토콜은 일대일 연결 서비스를 위한 호처리 규격은 완성된 상태이며, LAN 서비스나 MPEG을 기본으로 한 비디오 응용 서비스에 필요한 추가적인 규격을 연구하고 있다. 최근 규격화된 특기사항을 보면, AAL 계층으로 AAL 1은 회선에뮬레이션과 고정비트율 비디오 서비스를 위해서 적합하며, AAL 2는 당초에 패킷 비디오에 적합한 것으로 고려되었으나 현재는 고려되고 있지 않다. AAL 3/4는 현재 비연결형 서비스를 위해 사용되며, AAL 5는 신호, 프레임 릴레이 및 MPEG 비디오 서비스를 위해 많이 사용된다. 그밖에 AAL 서비스 클래스 C를 위한 프로토콜로 현재 ITU-T 권고 I.CONS(Connection-Oriented Network Service)와 I.COTS(Connection-Oriented Transport Service)가 제정되었다. 이는 기존의 X.25 프로토콜, ISO의 트랜스포트 프로토콜 및 MHS(Message Handling Service) 등을 ATM 망에 수용하기 위한 것이다.

B-ISDN의 트래픽과 관련된 규격은 아직도 많은 검토사항을 남겨두고 있지만 기본적인 트래픽 및 폭주관리 규격은 ITU-T 및 ATM 포럼에서 완성되었다. 그러나 현재 ABR(Available Bit Rate)이나 ABT(ATM Block Transfer) 등과 같은 추가적인 권고안 작업이 진행될 것이다. 트래픽 관리 기능 중 가장 문제가 되는 것이 QoS 등급인 데 이는 각 프로토콜 계층 별, 트래픽 제어 형태별, 그리고 서비스 형태별로 각기 달리 분류가 될 수 있기 때문인데 QoS(Quality of

Service) 정의에 명확한 결론을 기다리는 실정이다. 트래픽 파라미터 규격으로 현재 최대셀율(peak cell rate)만 규정되어 있을 뿐 다른 형태의 트래픽 파라미터는 미정 상태이다. 그러나 ATM 포럼에서는 ABR 서비스를 위하여 자원 관리를 사용하여 가용한 자원 상태를 알려주는 것을 고려하고 있다. 운용관리 및 유지보수(OAM: Operation And Maintenance) 규격에서 ATM 망의 운용관리를 위해 필요한 기본적인 부분은 현재 완성된 상태에 있다. 추가적으로 OAM을 통하여 망의 성능 관리 부분과 일대 다중 연결 관리에 대한 사항을 지속적으로 연구하고 있다. ATM 망의 중요 OAM 기능 중 오류관리 기능은 루프백 위치 식별자를 제외하고는 일대일 연결의 경우는 대부분 정리되었으며, 성능 관리 부분이 아직도 부분적으로 불완전하다. 이는 자체의 프로토콜 문제라기 보다는 ATM 셀 전달 성능 관점에서 명확한 입장 정립이 되지 않았기 때문이다.

비연결형 데이터 서비스를 위해 ITU-T 권고 I.364가 제정되었는데 프로토콜 계층 구조를 보면 그림 1과 같다. 이는 SMDS나 LAN 데이터 서비스를 수용할 것을 목적으로 하며 프로토콜 계층을 보면 ATM 포럼과는 다른 AAL 3/4 위에 사용자-망 접속을 위해 CLNAP(Connectionless Network Access Protocol)을 사용하고, 서버간 접속을 위해 CLNIP(Connectionless Network Interface Protocol)을 사용하며 CLNAP과 CLNIP 간의 접속을 위해 CLL R&R(Connectionless Routing & Relaying) 블록을 둔다.

한편 ATM 포럼에서는 기존의 이더넷 및 토큰 링 LAN을 ATM 망에 수용하기 위하여 LAN 에뮬레이션 규격을 완성하였는데 이의 통신방식을 보면 그림 2와 같다. 이는

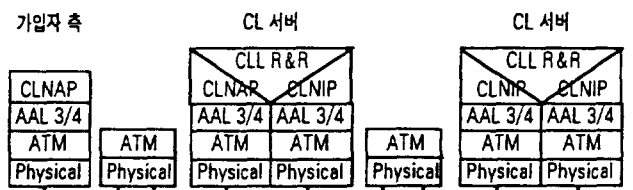
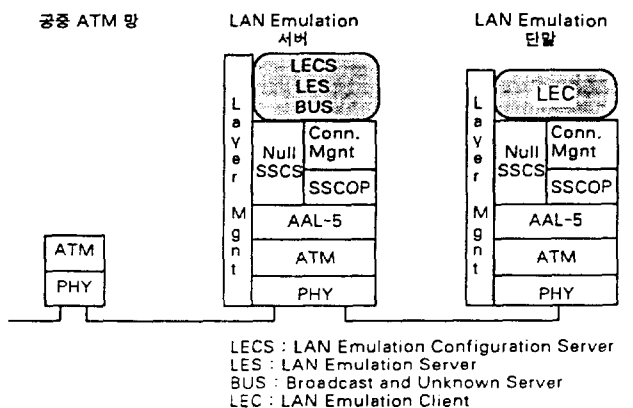


그림 1. 비연결형 데이터 서비스 프로토콜의 계층 구조



LES : LAN Emulation Configuration Server
 LES : LAN Emulation Server
 BUS : Broadcast and Unknown Server
 LEC : LAN Emulation Client

그림 2. LAN Emulation 서비스의 통신방식

기존 LAN 뿐만아니라 비연결형 데이터 서비스를 지원할 수 있는 데 컴퓨터 통신의 클라이언트/서버 개념을 근거로 하고 있다. 이는 "IP over ATM"이라는 형태로 기존 인터넷 망 위에 전송망만 ATM 망을 이용하는 형태와 비교된다. ITU-T 의 I.364 를 기반으로하는 비연결형 서비스 프로토콜은 공중망에 적합한 것으로 보이며, ATM 포럼의 LAN 에뮬레이션 서비스는 소규모 지역의 사설 ATM 망에서 LAN 서비스를 지원하는 데 효과적이며, "IP over ATM"은 보다 큰 영역의 인터넷 망에서 LAN 서비스를 수용하는 데 적합한 것으로 평가되고 있다. 따라서 일부 응용 영역에 있어서 상기한 3 가지 서비스 형태가 경쟁관계를 가질 것으로 보고있다.

비디오 서비스를 위한 규격은 먼저 ITU-T에서 ISO 의 MPEG 규격을 받아들여 이를 망에 수용하기 위한 접속 계층을 완성하였다. ITU-T 의 경우 지금까지는 서비스 자체를 위한 규격은 권고하지 않았으나 다음 연구회기부터는 GII 관점에서 서비스를 위한 규격을 정리 및 조정할 것으로 보인다. 비디오 서비스를 위한 활동은 현재 DAVIC 의 활동이 가장 두드러지는 데 1995년말까지 DAVIC 1.0 규격을 완성할 것이며 여기에는 MOD(Movie on Demand), 원격쇼핑, 방송, Near VOD, GOD(Game On Demand), 원격작업, KOD(Karaoke on Demand)등의 응용 서비스에 대한 규격이 완성될 것이며, 이러한 서비스는 1996년 중반부터 ATM 망에서 제공될 수 있을 것으로 예측된다. 이어서 1996년부터 원격의료, NOD(News on Demand), TV Listings, 원격학습, 비디오전화, 홈뱅킹, 비디오 회의, 인터넷 액세스, 그리고 가상 CD ROM등의 응용 서비스에 대한 규격을 완성할 것이다.

5. 국내의 기술 개발 동향

각국의 ATM 관련된 연구 개발동향을 살펴보면 먼저 북미지역의 경우 지역교환 사업자로 Ameritech가 초기 프레임 릴레이 서비스와 SMDS 서비스를 제공한 이래 ATM 서비스를 시험하였으며 1994년초부터 상업 ATM 서비스를 제공하고 있다. Bell Atlantic은 SMDS 서비스를 초기부터 지지하였으나 ATM 서비스에 대해서는 상업적으로 완벽한 ATM 교환기가 나오기 전까지는 ATM 서비스에 대하여 비관적인 입장을 취하고 있었다. BellSouth는 SMDS 서비스를 위하여 AT&T 시스템을 사용하였으며, 초기의 ATM 서비스를 위하여 Vistanet Gigabit 테스트베드를 구축하였다. 현재 수십 대의 ATM 스위치를 사용하여 North Carolina 지역을 중심으로 정보 고속도로를 구축하고 있다. GTE 는 텍사스 주에 시범망을 구축할 것을 발표하였다. 여기서는 초기부터 SMDS, 프레임 릴레이 서비스와 ATM 데이터 서비스를 동시에 공급할 것을 계획하고 있다. NYNEX 는 보스턴 지역에 시험망을 구축하였는데 이를 "Media Broadband Service" 라고 부른다. Pacific Bell 은 1993년말

부터 휴즈 항공사에 ATM 액세스 서비스를 제공 중에 있다. 또한 1993년말부터 샌프란시스코 지역에 ATM 서비스를 제공 중에 있으며 현재 로스앤젤레스 지역으로 확장하고 있다. 또한 5 백만 가구에 대하여 VDT(video dial tone) 서비스를 제공하기 위하여 광/동축 혼합전송망을 구축할 예정이다.

장거리 사업자로 AT&T는 1994년부터 ATM 기간 통신망을 구축하여 프레임 릴레이 서비스에서 시작하여 ATM 서비스를 제공하고 있다. 이어서 전송 링크를 622 Mbps 급으로 높일 예정이다. 정거리 선로에 있어서 1.5 Mbps 와 45 Mbps 급부터 시작하여 ITU-T 에서 정의한 서비스 등급 A 회선 에뮬레이션 서비스와 서비스 C 연결지향형 서비스를 개시할 예정이다. 그밖에 MCI와 Sprint, WilTel 등에서도 AT&T 와 유사한 망 구축과 서비스 전개 전략을 가지고 있다.

Enterprise Network을 위한 ATM 시스템을 제공하는 회사는 북미 지역에서만 약 40 여개의 회사가 관련 제품을 공급하고 있다. 먼저 ADC Telecommunication 에서는 ATM backbone 을 겨냥하여 1994년중부터 155 Mbps급의 2 개의 ATM 포트를 제공하는 시스템을 공급하고 있으며, 50 개의 ATM 포트를 제공하는 3.2 Gbps 급 ATM 스위치를 시판하고 있다. Alcatel 에서는 1994년초부터 Enterprise 스위치를 시판하고 있으며 이는 155 Mbps 급의 ATM 포트를 29 개까지 지원한다. AT&T/NCR 에서는 ATM 카드를 자사가 이미 공급중에 있는 허브에 장착하여 1994년 중반부터 시판할 예정이며 모듈당 성능은 약 800 Mbps 에 이를 것으로 보인다. DEC 에서는 ATM 스위치 및 ATM 모듈을 1994년부터 시판하며, 이는 성능이 약 11 Gbps 정도에 이른다. Fore 시스템 사에서는 초기 ATM LAN 시장을 석권한 것으로 보인다. Hughes 사에서는 2.5 Gbps 급의 성능을 갖는 Hughes ATM Enterprise 스위치를 1994년부터 시판하고 있으며, 16 ATM 포트 또는 128 DS-1 포트를 제공할 예정이다. 그 밖에 IBM, Motorola Codex, N.E.T, Newbridge Network, Northern Telecom, StrataCom, Proteon, SynOptics, 3Com, Telematics, WellFleet 등 많은 회사들도 Enterprise network 시장을 침투하고 있다.

한편 유럽지역의 ATM 연구개발동향을 살펴보면 먼저 독일의 DBP Telecom은 쾰른, 베를린, 및 함부르크를 중심으로 ATM 시험망을 구축중에 있다. 초기 단계에서 LAN/MAN 간 연결과 고정 비트율 서비스를 제공하기 위한 가상경로를 연결하는 ATM 스위치를 도입할 것이다. 다음으로 신호 프로토콜이 제정되면 가상채널 교환 서비스를 시작할 예정이며, 3 단계에서는 이미 구축된 협대역 교환기와의 연동과 국제적인 전용선 서비스를 계획하고 있다. France Telecom (FT)은 파리 메트로 지역에 ATM 하부구조를 구축할 계획이다. 이러한 계획은 1단계에서는 브리지와 라우터 간의 연결을 제공할 예정이다. 추후에 비연결형 서버를 연결할 예정이며, BREHAT 프로젝트에서 계획되고 있는 LAN 간 연결을 통하여 부가가치 서비스나 SMDS 서비스를 제공할

표 1. ATM 포럼 회원사의 ATM 시스템 및 서비스 개발 현황

	3COM	ADC	Atlantec	ATM Ltd	AT&T	DEC	DSC	GTE	HP	Hughes	IBM	MCI	NEC	Newbridge	Stratacom
ATM Net Interface	0		0	0	0	0					0			0	0
ATM Host Interface	0			0	0	0			0	0	0				0
Lagacy LAN to ATM	0		0	0				0		0	0			0	0
ATM Chips									0		0		0		
ATM Switch/UNI				0	0	0	0	0	0	0	0			0	0
ATM Switch/NNI	0			0	0	0	0	0		0	0			0	0
ATM Services										0	0	0			
ATM Multiplexer		0			0		0				0				0
ATM Concentrator		0			0		0			0	0				0
ATM DSU		0					0				0			0	0
ATM Router	0		0				0			0	0				0
ATM Bridges	0		0	0			0			0	0			0	
ATM Video Servers		0		0					0		0				
ATM Test Equipment										0	0				
Set-Top-Box											0				
Management Software	0		0				0	0		0	0			0	0

예정이다. 영국의 British Telecom(BT)은 현재 DQDB 방식의 MAN을 통하여 SMDS 서비스를 제공하고 있으며, MAN 으로부터 ATM 으로 진화를 위하여 ATM 위에 프레임 릴레이와 LAN 간 연결을 위한 ATM 테스트베드를 구축할 계획이다. 스페인의 Telefonica 에서는 초기 도입 단계로 마드리드와 바르셀로나 간에 MAN을 시험중에 있으며, 다음 단계에서 가상 고정연결 선로와 스위칭 연결 선로를 사용하는 ATM 시스템을 도입할 예정이다. 이태리의 SIP 에서는 초기 단계의 MAN 시스템을 사용하여 대규모 비즈니스 지역에서 실제 사용자 환경하에서 고속 망을 이미 구축하여 운영중에 있다. ATM 도입을 위한 타당성 검증을 위하여 연구 개발을 수행 중에 있다. 여기서는 1단계 ATM 서비스를 위한 구축계획이 시도되고 있으며 이는 주로 회사 내의 응용이나 구축된 LAN/MAN 간의 연결을 위하여 ATM 분기분배 시스템과 다중화 장비를 사용하고 있다. 그 밖에 유럽에서는 네덜란드, 스웨덴, 스위스, 덴마크 및 핀란드에서 실질적인 ATM 진화와 테스트가 공중전화 사업자를 중심으로 진행되고 있다. 또한 대부분의 유럽의 공중전화 사업자 간에 1995년내에 전 유럽을 관통하는 ATM 연결 채널을 구축할 계획이며 이는 유럽내의 주요 지점을 연결하게 될 것으로 보인다.

일본의 NTT 에서는 1990년에 VI&P(Visual, Intelligent and Personal) 라는 이름으로 광대역 시험계획을 발표하였으며, 1991년에 1 단계 시험을 시작하여 협대역 ISDN 서비스와 광가입자 전송 시스템을 구축하였고, 1993년부터 2단계 시험을 시작하고 있다. 2단계 시험에서는 멀티미디어 서비스와 고속 컴퓨터 통신을 중심으로 진행하고 있다. 먼저 멀티미디어 서비스는 가정을 기반으로 두고 소규모 비즈니스를 가정하고 있으며, 고려되는 서비스 예로는 전자 뉴스, 원격의료진단, 화상전화 등이 있다. 이러한 서비스는 광가

입자 전송시스템과 광케이블 포설기술을 통하여 제공될 수 있다. 다음으로 고속 컴퓨터통신 서비스에는 컴퓨터 그래픽 이미지의 전달이나 LAN 연결, 다자간의 데스크탑 비디오회의 시스템 등과 같은 멀티미디어 서비스가 있으며 이는 ATM 노드와 ATM-LAN 등을 통하여 공급될 수 있다.

ATM 장비의 개발은 주로 ATM 포럼에 가입한 회원사들이 중심이 되어 진행하고 있으며 '95년 현재 ATM 포럼의 회원사는 700여개를 넘었다. 이중 대표적인 회사의 ATM 장비 및 서비스 개발 현황을 정리하면 표 1과 같다. 대부분 회사들이 이미 망접속하는 카드는 개발한 상태에 있으며, 호스트 컴퓨터와 LAN을 지원하는 회사도 50% 가 넘는다. 또한 현재 공중망 서비스를 제공하는 모든 공중망 사업자 뿐만 아니라 ATM Ltd., DEC, Hughes, IBM 및 Newbridge Network Inc. 등 신설회사나 기존의 컴퓨터를 중심으로하는 회사도 공중망 및 사설 ATM 교환기를 개발하고 있다는 사실이다. 그 밖에 대부분 회사들이 ATM DSU (Digital Subscriber Unit), ATM Router, ATM Bridge, ATM Multiplexer 및 ATM Concentrator 등을 가지고 망을 구축할 준비를 완료한 상태에 있다.

이러한 국제적인 추세에 부응하여 국내에서는 1991년도에 국가 G7프로젝트의 하나로써 HAN/B-ISDN 프로젝트를 기획하여 1992년부터 본격적으로 관련 시스템 개발이 추진되었다. HAN/B-ISDN 개발사업에는 1992년부터 2001년까지 소요예산이 약 6850억원, 소요인력은 약 10,600여명을 투입하는 초대형과제로서 통신망 기술, 교환기술, 전송기술 및 단말기술의 4개 기술분야로 나누어서 수행되고 있다.

체계종합연구는 HAN/B-ISDN 연구개발사업의 개발체계를 제시하고 각 분야별로 독립추진되는 핵심 공통기술의 개발을 분야 별로 조정하며 분야간에 활발한 기술교류 유도하며 각 개발장치가 따라야 할 각종 접속규격을 제시한

다. 통신망 기술연구는 광대역 통신 시스템을 이용하여 효율적인 광대역 통신망을 구축하는 방안을 제시하기 위해 통신망 분석 및 설계기술, 운영관리 기술을 연구한다. 통신망 테스트베드 연구는 HAN/B-ISDN에서 개발되는 장치간에 상호연동성을 보장하기 위하여 개발단계에서 연동성을 시험할 수 있는 시험환경 제공을 목표로 하고 있으며 더불어 기술분야 간에 기술교류를 활발히 하기위하여 공동연구 하부구조로 HAN/B-ISDN 연구망을 구축하고자 한다. 또한 통신망 테스트베드를 구축하고 운영하기 위한 실질적인 작업을 진행하고 있다.

교환기술의 개발은 시스템의 운영목적에 따라 ATM 교환기 및 ATM-MSS(MAN Switching System)으로 구분하여 개발된다. 먼저 ATM 교환기는 소형 및 대형 ATM 교환기가 있으며, ATM 서비스 수요를 창출하고 ATM 교환기의 전단계로서 요구되는 ATM-MSS가 있다. ATM-MSS는 '95년도까지 개발하여 '96년부터 시범운용될 계획이며, 소형 ATM 교환기는 '96년까지, 대형 ATM 교환기는 '98년까지 개발될 계획이다.

광대역 전송 장치로서 SDH 기본의 10 Gbps급 광전송 시스템, 100 Gbps급 광전송 시스템과 B-NT 시스템을 개발 중에 있다. 10 Gbps급 광전송 시스템은 155Mbps급 64채널을 다중, 분기/결합할 수 있는 시스템과 이의 구현에 필요한 광소자 및 전자 소자를 개발하는 것을 목표로 하고 있다. 이는 1996년까지 제품 개발을 목표로 하고 있다.

100 Gbps급 광전송 시스템은 채널당 10 Gbps 동기식 광 신호 10 채널을 광 다중방식으로 100 Gbps급으로 다중화하는 시스템 개발을 목표로 하고 있다. B-NT 시스템은 집중형 B-NT 시스템과 분산형 B-NT 시스템으로 구분하여 개발되고 있다. 집중형 B-NT 시스템은 가입자 대내장비로 가입자 측으로 STM-1급 8회선을 수용하며 망측으로 1회선을 제공한다. 이는 4 대 1 셀 다중화/역다중화 기능을 제공하고 UNI ATM 프로토콜과 광대역 신호 프로토콜을 제공하여 가입자 단말장치에서 가상 채널의 일대일 및 일대다중 연결기능을 제공한다. 이는 1996년에 상용시제품이 개발될 것이다. 분산형 B-NT 시스템은 지리적으로 분산된 가입자를 수용하기 위한 시스템으로 가입자 측으로 16회선을 제공하며 최대 64회선까지 확장할 수 있다. 이는 UNI ATM 프로토콜과 광대역 신호 프로토콜을 제공하며 가입자 단말장치에 가상 채널의 일대일 연결기능 뿐만 아니라 일대다중 연결기능을 제공한다. 이는 1997년에 상용시제품이 개발될 것이다.

단말 기술은 가정 내에 현재 TV를 대체하는 멀티미디어 단말을 갖게되어 영상 서비스 뿐만 아니라 데이터 전달이나 문서 전달 기능이 추가된 보다 다양한 형태의 서비스를 제공하게 될 것이다. 이러한 ATM 단말은 영상 신호를 받아서 디지털화하는 비디오코덱과 이를 ATM 망에 접속하기 위한 B-TA 기능을 내장한 단말장치로 구성될 것이다. 이를 위해 HAN/B-ISDN 프로젝트에서는 단말 기술로 B-TA(광대역 단말정합 장치)와 HDTV급 ATM 단말을 개발하는

과제로 구분된다. 먼저 B-TA 시스템은 서비스 종류에 따라 협대역 ISDN 정합장치, 비디오 정합장치, LAN 정합장치 및 연결형 데이터 정합장치로 구분된다. 1995년까지 제품 개발을 완료할 예정이다. 다음으로 ATM 단말 시스템의 주요기능은 멀티미디어 통신기능, HDTV급 영상 및 음성처리 기능, 음성합성 및 문자인식 기능 등이 있다. ATM 단말 시스템은 1996년에 실험시제품 개발을 목표로 하고 있다.

마지막으로 미국의 클린턴 행정부의 고어부통령이 주창하는 정보고속도로라는 개념에 의해서 개발되고 있는 Super Highway 프로젝트에 대응되는 초고속 정보통신망 구축 프로젝트에 대하여 간략히 소개한다. 초고속 정보통신망이란 초고속 국가정보망과 광대역 공중통신망을 포함하는 범국가적 정보통신망으로 공공성을 갖는 이용자 그룹이 공중 서비스 이전부터 저렴한 요금으로 초고속 정보 서비스를 이용하는 망을 말한다. 여기에 광대역 공중통신망은 사용자가 통신요금을 지불하고 초고속 정보서비스를 이용하는 망으로 통신사업자가 망을 구축하여 운영한다. 이러한 초고속 정보통신망은 정보사회를 주도하는 새로운 형태의 사회 간접자원으로 간주되고 있다. 정보화의 진전에 따라 대용량 및 복합적인 정보 서비스 수요가 증가하고 정보 사회의 조기 정착과 산업경쟁력을 확보하기 위해서 통신망의 고속화와 서비스의 고도화가 필요하다. 또한 선진 각국에서는 21세기의 세계 경제의 주도권을 확보하기 위해서 국가전략 사업으로 초고속 정보통신망 구축을 적극적으로 추진하고 있다. 초고속 정보통신 프로젝트의 추진 기본방향은 초고속 정보통신망의 소요기술 중 파급효과가 크고 경쟁력 확보가 가능한 핵심기술과 요소 시스템을 자체 개발하여 통신망 구축에 활용하고자 함이다. 기술개발은 2007년까지 3단계로 나누어서 추진될 예정인데 1단계로 1997년까지 디지털 TV급 멀티미디어 정보통신 기술을 개발하고, 2단계로 2002년까지 HDTV급 멀티미디어 정보통신 기술을 개발하고, 마지막으로 3단계로 2007년까지 실감통신에 의한 정보통신 기술을 확보하는 것이다. 이를 위해 선도 시범망을 구축 및 운영하여 개발기술의 시험 및 향후 초고속 정보통신망의 주요 서비스에 대하여 시범운영, 상용화를 위한 개선사항을 보완할 것이다. 개발된 초고속 정보통신 서비스는 선도 시범망을 통하여 기술적 검증은 거쳐, 서비스 이용방법 검증과 대국민 홍보를 위한 시범 서비스를 실시하고, 최종적으로 구축된 초고속 정보통신망에서 상용서비스를 제공할 수 있도록 추진되고 있다.

6. 결 언

본고에서는 광통신 기술과 ATM 기술이 융합되어 수 년 전부터 새로운 개념으로 대두된 광대역 종합정보통신망(Broadband Integrated Services Digital Network)의 의미와 역할에 대하여 살펴 보았으며, 광대역 통신망 구축을 위해서 필요한 서비스 측면의 특성과 망의 기능적 요구사항

을 살펴보았다. 또한 B-ISDN과 관련하여 국내의 기술개발 현황과 표준화 동향에 대하여 살펴보았다.

향후 정보통신 서비스 환경을 볼 때 세계 각국에서는 정보통신 분야의 시장확보와 서비스 확산을 위해 국제 표준화와 공통의 시스템 규격을 규정하여 진행될 것으로 보인다. 이러한 추세는 기술에 대한 지금까지의 인식을 바꾸게 되는데 "열린 기술" 속에서 경쟁을 하는 형태로 변화된다는 것을 말한다. 이러한 면에서 볼 때 국내의 산업체, 연구소 및 통신사업자가 통신시장의 개방에 따라 ATM 관련 기술을 국내 통신시장 환경에 효과적으로 적용하기 위해 "열린 기술" 속에서 경쟁을 하는 체제로 빨리 전환하여야 국제 경쟁에서 살아 남을 수 있을 것으로 보인다.

또한 이미 활발히 진행되고 있는 HAN/B-ISDN 사업을 통하여 통신망의 하부구조를 구축하고 이를 초고속 정보통신망 사업과 긴밀하게 연계하여 초고속 정보통신 서비스의 보급이 이루어져야 할 것이다. 이러한 형태의 긴밀한 연계를 통하여 대규모 국가적인 전략과제가 성공할 가능성이 더욱 높아지고 보다 큰 파급효과를 기대할 수 있을 것이다.

마지막으로 현재 급속히 확산되고 있는 ATM 포럼활동에 관심을 기울이는 것은 매우 중요한 것으로 보이며 이는 ATM 기술이 개념이나 전략 상의 목표가 아닌 현실감이 있는 실질적인 의미를 갖는 것으로 보인다. 이러한 ATM 포럼의 활동은 현실적인 차원에서 산,학,연의 공동연구 방향을 제시하고 있는 것으로 인식된다. 또한 HAN/B-ISDN 사업으로 개발된 시스템은 '95년부터 구축될 HAN/B-ISDN 테스트베드와 국가 초고속 선도시범망 계획에 적용되어 기능적, 성능적 타당성을 확인한 후에 궁극적으로는 국가 초고속 통신망의 핵심 망요소로 활용될 것으로 보인다. 이러한 기술을 배경으로 출현한 광대역 ISDN은 궁극적으로 현존하는 대부분의 통신망을 통합 흡수할 것이며, 미래의 정보화 사회를 구축하는 기반구조로 자리잡을 것이다. 즉 21세기를 향한 정보통신의 주역이 될 광대역 종합정보통신망은 정보를 보다 빨리, 보다 멀리, 그리고 보다 많이 전달하려는 인류의 꿈을 실현시켜 줄 궁극의 통신기술이 될 것이다.

참 고 문 헌

[1] ITU-T Recommendation I.432, "B-ISDN Physical Layer Specification"
 [2] ITU-T Recommendation I.361, "B-ISDN ATM Layer Specification"

[3] ITU-T Recommendation I.363, "B-ISDN ATM Adaptation Layer(AAL) Specification"
 [4] ITU-T Recommendation I.610, "B-ISDN Operation and Maintenance Principles and Functions"
 [5] The ATM Forum Technical Committee, "User-Network Interface(UNI) Specification Version 3.1," Sep. 1994
 [6] DAVIC, "DAVIC 1.0 Specifications Revision 4.0," Hollywood 10th Meeting, Sep. 9-15 1995
 [7] Y.Maeada, K. Kikuchi and N. Tokura, "ATM access network architecture," IEEE ICC'91
 [8] C.A. Johnston, M. Kramer, G. Shtirmer, and R.S. Wolff, "Functional Reference and Signalling protocol architecture for a Broadband CPN," Telecommunication Access Networks Technology and Service Trends, 1991
 [9] 최문기, 최준균, "B-NT 기술," 전자공학회, 텔레콤지, 1993. 11
 [10] 김재근, 최준균, "B-NT 시스템 개발," 한국통신학회지, 제 12권 제 4호, pp. 63-72. 1995.4

저 자 소 개



김재근(金在根)
 1952년 8월 28일생. 1980년 2월 고려대 전자공학과 졸업. 1983년 2월 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1990년 9월 동 대학원 전자공학과 졸업(공학박). 1979년 12월 ~ 현재 한국전자통신연구소 광대역통신망연구

부 책임연구원



최준균(崔竣均)
 1959년 10월 22일생. 1982년 2월 서울대 전자공학과 졸업. 1983년 8월 한국과학기술원 졸업(석사). 1988년 2월 한국과학기술원 졸업(공학박). 1986년 6월 ~ 현재 한국전자통신연구소 통신망구조연구실 책임연구원