

主 題

# 초고속 정보통신의 교환 및 전송 기술

한국전자통신연구원 오창환, 김영선, 이형호, 임주환

차 례

- I. 초고속정보통신망 기술 개요
- III. 전송 기술

- I. 교환 기술
- IV. 향후 발전방향

## I. 초고속정보통신망 기술 개요

다가오는 21세기에는 정보가 경제의 주된 요소로 작용하게 되며, 인간의 창의력에 바탕을 둔 지식집약 산업구조를 형성하게 된다. 이러한 정보화사회를 가능하게 할 정보통신 서비스는 개성화와 다양화에 대한 요구뿐만 아니라 수준 높은 삶에 대한 요구에 맞추어 보다 인간 중심의 길로 나아가야 할 것이다. 21세기의 정보통신 서비스로는 초고속 멀티미디어 서비스, 입체 영상통신 서비스, 가상현실 통신서비스, 초고속 인터넷 서비스, 초고속 무선통신 서비스 등이 등장할 것이며 이러한 정보통신서비스를 가능하게 하기 위해서는 무엇보다도 초고속정보통신망 기술이 확보되어야 한다<sup>(1-2)</sup>.

범세계적인 초고속정보통신기술의 추진으로 정보통신 환경은 매우 빠르게 변화하고 있으며, 반도체 및 광전송 기술은 정보통신기술을 비약적으로 발전시키는 원동력이 되고 있다. 이러한 기술을 바탕으로 기존의 음성, 데이터, 정지영상 뿐만 아니라 고속 데이터 서비스 및 동영상 서비스 등을 유연히 제공할 수 있는 광대역종합정보통신망(B-ISDN)이 가능해졌다. 최근

에는 무선통신 기술의 발달로 언제, 어디서, 누구와도 고속으로 데이터를 송수신할 수 있는 이동 및 위성통신 기술이 세계적으로 각광을 받고 있다. 또한, 정보통신기술의 급속한 발전에 따라 통신과 방송의 융합이 전 세계적인 관심사로 대두 되고 있다.

인터넷의 폭발적인 확산과 초고속 정보통신 기반의 구축은 21세기를 향한 통신인프라 및 사용 환경에 일대 혁신을 가져올 것으로 전망된다. 독립적으로 발전되어 온 통신 및 정보의 융합, 소프트웨어 중요성이 증대되고 있다. 특히, 인터넷의 발전은 통신사업 및 서비스에 대한 개념의 재정립을 요구하고 있다. 인터넷 사용자 수는 해마다 2배 이상 증가할 것이며, 통신사업자가 제공하는 인터넷 접속방식이 보다 다양해 질 것이다. 또한, 인터넷 서비스 제공에 위성방송, TV중계시설 등이 효과적으로 이용될 것이며, 응용서비스도 교육, 상거래, 환경, 정부민원, 의료, 도서정보 등에 이르기까지 각양 각색될 것이다<sup>(3)</sup>.

정보통신망기술은 1876년 미국인 A.G. Bell이 전화를 발명한 이래 전화통신망(PSTN)을 시작으로 하여 1960년대에는 데이터 통신을 위한 공중데이터 통신망(PSPDN)이 등장하면서 1980년대의 종합정보통신망(ISDN)으로 이어져 발전해 왔다. 기존의 PSTN 및

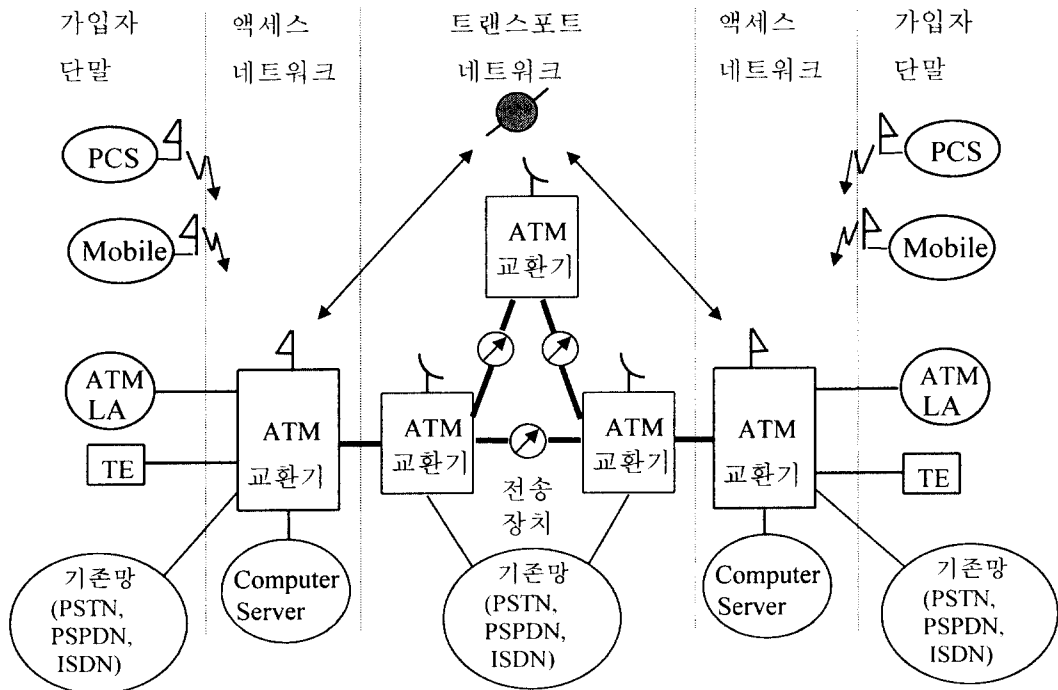
ISDN 망에서는 전송 및 교환방식으로 STM(Synchronous Transfer Mode) 방식이 사용되어 왔으나 다양한 대역폭의 통신서비스 제공이 곤란하고 네트워크 효율이 저하되는 단점이 지적되었다. 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 초고속정보통신망에서는 STM방식의 단점을 보완하기 위하여 ATM(Asynchronous Transfer Mode)방식이 ITU-T 국제표준으로 채택되었다. 따라서, 초고속정보통신망에 장착되는 모든 단말장치, 전송장치, 교환장치 등은 ATM방식을 수용할 수 있도록 설계 및 실현되어야 하며 ATM기능을 보유하지 않은 기존의 단말, 전송, 교환장치들을 초고속정보통신망에서 수용하고자 할 경우에는 인터워킹 장치가 요구된다. 초고속정보통신망은 (그림 1)에서와 같이 가입자 단말장치, 액세스 네트워크, 트랜스포트 네트워크 등으로 구성된다<sup>(4)</sup>.

기존의 전화통신망에서는 가입자 단말장치로서 전화기, 사설교환기, 모뎀을 통한 PC, 모뎀을 통한 FAX 등이 전부였으나 ISDN망에서 부터는 기존의 아날로그 전화기, ISDN전화기, 팩킷단말, 사설교환기, 저속

영상전화, PC, FAX 등으로 다양해졌다. 초고속정보통신망에서는 기존의 ISDN가입자 단말은 물론 동영상전송 단말, Ethernet LAN, ATM LAN스위치 뿐만 아니라 Computer Server가 연결되어 메시지형 서비스 및 검색형 서비스를 제공할 수 있다. B-ISDN 단말의 경우에는 TE(Terminal Equipment)만으로 ATM교환기에 연결이 가능하지만 B-ISDN단말이 아닌 기존의 단말의 경우에는 단말 앞 단에 TA(Terminal Adapter)를 추가하여 ATM교환기와 의 연결이 가능하게 된다. 고속인터넷 서비스를 위해서는 (그림 1)의 Computer Server대신에 라우터를 접속함으로써 초고속정보통신망이 인터넷망의 백본망으로 활용될 수 있다. 또한, ATM교환기에 이동통신 및 위성통신 인터페이스 기능을 첨가하면 초고속정보통신망을 통하여 이동통신서비스와 위성통신서비스를 전달할 수 있게 된다<sup>(5)</sup>.

트랜스포트 네트워크는 액세스 네트워크 사이를 고속으로 연결시켜 주는 백본 네트워크를 말하며 ATM 교환기, 전송장치, Optical Fiber 등으로 이루어진

(그림 1) 초고속정보통신망 구성



다. 전송선로가 화재 혹은 지진 등으로 파괴될 경우를 대비하여 위성을 통한 트랜스포트 네트워크 기술도 많은 관심을 불러 일으키고 있다. 세계 선진국들은 지구 상공 저궤도에 수십 개의 위성을 띄워 통신서비스를 제공하는 범세계 위성 이동통신 기술 개발에 심혈을 기울이고 있다.

본 고에서는 21세기 정보화 사회 구축을 위한 기간망으로 각광 받고 있는 초고속정보통신기술에 관하여 교환 및 전송기술 중심으로 서술하고자 한다. I장의 초고속정보통신망 기술 개요에 이어 II장의 교환기술에서는 ATM교환기술 구조, ATM 인터페이스 기술, 시스템 관리기술 등을 기술하고 현재 한국전자통신연구원이 중심이 되어 개발 중인 HANbit ACE ATM 교환기를 소개하고자 한다. 또한, Tera급 교환기 개발을 위한 광교환기술에 관하여 설명한다. III장의 전송기술에서는 전송기술 개요, 동기식 전송기술, 광통신 기술 등을 서술하고 액세스 네트워크 기술을 설명 한다. 한국전자통신연구원에서 개발 완료한 B-NT 및 광전송 장치에 관하여 소개하고자 한다. 끝으로 IV절에서는 향후 교환 및 전송기술의 발전 방향을 기술하고 한다.

## II. 교환 기술

### 2.1. 교환기술 개요

교환기는 가입자들로부터 입력되는 음성 및 비음성의 각종 정보를 신속 정확하게도 경제적으로 원하는 가입자에게 교환 전달 시켜 주는 통신시스템이다. 간단한 정보통신망을 구성하는 데에는 전송망만 있으면 가능하지만 가입자 수가 많아질수록 전송망이 더욱 복잡하게 된다. 교환기술은 이러한 복잡한 전송망을 단순화시키고 망 운용을 보다 효율적으로 수행하기 위하여 요구되는 통신기술이다.

교환기술은 정보통신기술과 함께 발전되어 왔다. 세계 처음으로 등장했던 교환기는 수동식이었으며 가입

자 수가 증가함에 따라 자동교환기의 필요성이 대두되어 기계식 자동교환기가 개발되기 시작하였다. 컴퓨터 기술의 발달에 힘 입어 '60년대부터 반전자식 교환기가 개발되었으며 '70년대에는 반도체와 디지털 기술의 혁신적인 발달로 전전자식 교환기가 탄생할 수 있었다. 한국전자통신연구원에서 주도적으로 개발하여 성공한 TDX계열 교환기는 전전자식 교환기로서 PSTN과 ISDN서비스를 제공할 수 있다.

ISDN교환기는 음성뿐만 아니라 데이터서비스 및 정지영상 서비스까지 제공할 수 있는 교환기로서 '80년대에 세계적으로 개발에 심혈을 기울였으나 동영상서비스나 혹은 고속 데이터 서비스 제공이 불가능하다는 단점으로 '80년대 후반부터 새로운 개념의 ATM교환기술이 등장하게 되었다. ATM교환기는 기존의 음성 및 데이터 서비스뿐만 아니라 고속 LAN서비스는 물론 CATV와 같은 방송서비스까지 하나의 통일된 스위칭 기술로 제공 가능하다. 또한, 기존의 PSTN 및 ISDN 교환기에서 사용되던 동기적 타임슬롯 다중화 기술 대신에 비동기적 다중화기술을 채택함으로써 시스템자원을 효율적으로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 미래 등장할 새로운 서비스에도 유연히 대처 가능하다는 장점이 있다<sup>6)</sup>.

앞으로는 가입자마다 수백 Mbps ~ 수 Gbps의 대역폭이 필요할 것으로 예상되므로 세계 선진국에서는 이러한 대역폭을 수용하기 위하여 스위칭 용량을 Tbps 규모로 확장할 계획에 있다. 스위칭 용량을 확장하는 방법으로는 기존의 전기적 스위치 속도를 증가시키는 방법과 새로운 부품, 즉 광스위치를 이용하여 확대시키는 방법의 두 분야로 나뉘어져 발전해 나아갈 것이다. 서비스제어 분야에서는 새로운 통신서비스를 보다 신속하고 효율적으로 개발하기 위하여 소프트웨어 프로그램들의 재사용을 극대화시킬 수 있는 소프트웨어 구조로 발전해 나아갈 것이다. 가격 경쟁력 확보를 위하여 하드웨어 소형화를 위한 고밀도 실장 기술도 더욱 발전할 것이다.

## 2.2. ATM 교환기술

### 2.2.1. ATM 교환기 구성

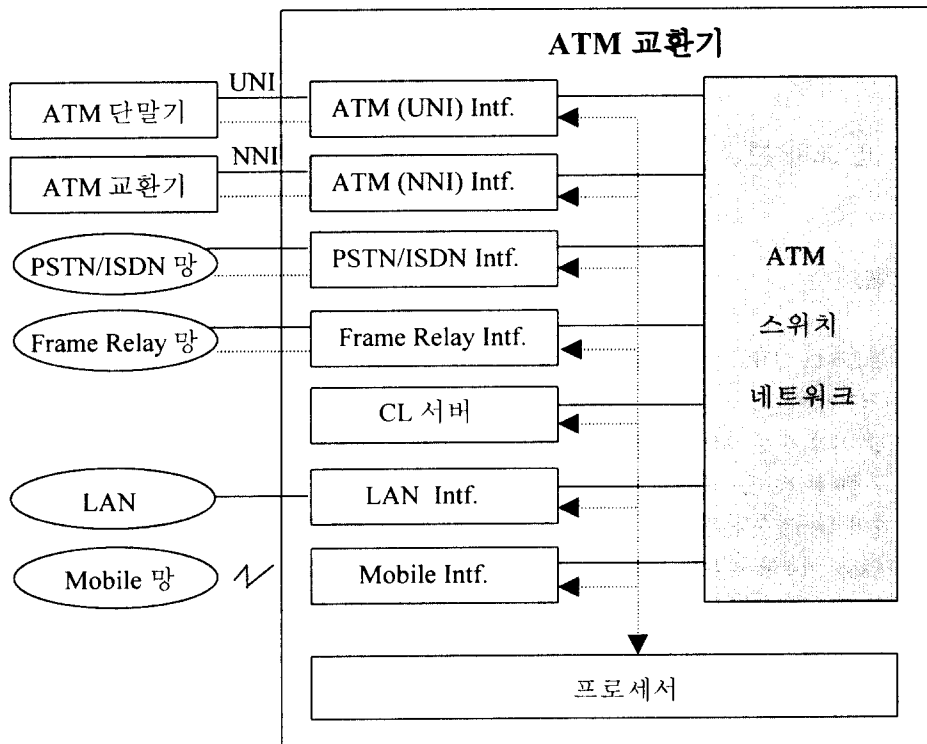
ATM교환기는 가입자 혹은 다른 교환기로부터 입력되는 ATM트래픽을 원하는 가입자 혹은 교환기로 전달해 주는 기능을 수행한다. ATM교환기로 입력되는 모든 트래픽은 동일한 크기의 ATM셀 형태로 하드웨어적으로 스위칭되므로 고속으로 트래픽을 처리할 수 있을 뿐만 아니라 새로운 트래픽에 대한 유연성을 가질 수 있다. ATM교환기 구성은 (그림 2)와 같이 ATM 인터페이스뿐만 아니라 비 ATM 인터페이스 모듈 등으로 이루어진다.

ATM교환기는 입력포트 모듈, 출력포트 모듈, 스위치 모듈, 프로세서 모듈 등으로 크게 구분되며 입력포트로 입력되는 트래픽을 스위치 모듈을 통해 해당 출력 포트에 전송한다. 스위치 모듈은 단지 입력되는 셀 스트림을 출력 포트에 전달해 주는 셀 릴레이 기능을

수행하며 시스템 전체의 제어는 프로세서 모듈이 담당한다. 입력포트 모듈은 (그림 2)에서와 같이 다양한 인터페이스 기능들로 이루어진다. ATM교환기와 인터페이스는 제어 평면(Control Plane), 사용자 평면(User Plane), 관리 평면(Management Plane)으로 구분된다<sup>(7)</sup>.

ATM사용자가 트래픽을 전달하기 위해서는 우선 제어평면상에서 교환기와 Signaling을 통해 호설정(Call Set up)이 이루어져야 한다. 호설정이 이루어진 후 ATM 사용자는 교환기와 협정한 대역폭으로 트래픽을 전달할 수 있게 되며 고장검출, 고장제거, 성능관리 등을 위해 관리평면상으로 OAM(Operation And Maintenance) 메시지를 주고 받는다. (그림 2)에서 실선은 사용자평면 트래픽 흐름을 나타내며 점선은 제어평면 및 관리평면 메시지 흐름을 나타낸다.

(그림 2) ATM 교환기 구성



2.2.2. ATM교환 인터페이스 기술

(1) ATM 인터페이스 기술

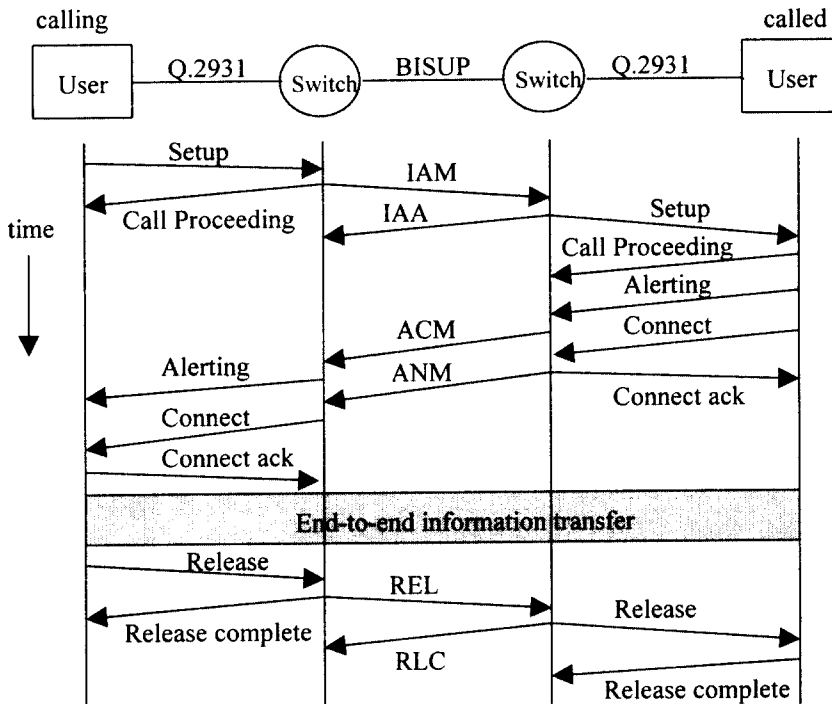
ATM 인터페이스는 물리계층(Physical Level), ATM 계층(ATM Level), 호계층(Call Level) 등으로 구성된다. ATM인터페이스는 기능적으로 가입자 인터페이스와 중계선 인터페이스로 구분된다. 가입자 인터페이스로는 ATM Forum에서 UNI3.0, UNI3.1, UNI 4.0 등이 권고되고 있으며 ITU-T에서는 Physical계층, ATM계층, SSCOP관련의 Q.2110, Point-to-Point호를 위한 Q.2931, Point-To-Multipoint호를 위한 Q.2971 등으로 권고 제시 되고 있다. 중계선 인터페이스로는 MTP(Message Transfer Part)와 B-ISUP 프로토콜로 정의되어 있다.

물리계층 인터페이스 기능에는 O/E 및 E/O변환, 디지털 비트스트림 복구, SDH(Synchronous Digital Hierarchy) 오버헤드 처리, Cell delineation, Cell rate decoupling등이 있으며 주요 인터페이스로는

T1/E1(1.544Mbps/2.048Mbps), T3(45Mbps), STM-1(155Mbps), STM-4(622Mbps) 등이 있다. ATM계층 인터페이스 기능에는 HEC(Header Error Control)를 이용한 ATM셀 에러제킹, VPI/VCI번역, 출력모듈 결정, UPC(Usage Parameter Control), 사용자평면 트래픽과 제어평면 트래픽의 분리 등이 있다. 호계층은 UNI신호와 NNI신호로 구분된다. UNI신호는 가입자와 교환기 사이의 신호 메시지 흐름을 정의하고 있고 NNI신호는 교환기와 교환기 사이의 신호 메시지 흐름을 기술하고 있다. (그림 3)은 Point-to-Point 호 설정 흐름도의 예를 보여주고 있다.

Point-to-point호처리 절차는 크게 호설정, 정보전달, 호절단 등의 세단계로 이루어진다. 호설정을 위해서는 우선 발신가입자로부터 Q.2931 setup메시지가 교환기에 전달된다. Setup 메시지를 받은 발신교환기는 CAC(Call Admission Control)를 통하여 가입자 QOS를 만족시킬 수 있을 정도의 시스템자원이 있는지

(그림 3) Point-to-point 호처리 절차도 (예)



를 확인한 후 증계선을 통하여 그 다음 교환기에 BISUP IAM(Initial Address Message) 메시지를 송출한다. 중간 교환기를 통하여 전달된 호설정 메시지는 최종적으로 착신가입자에게 전달되고 역방향으로 발신가입자에게 호설정이 완료되었음이 알려질 때 정보전달 단계로 들어간다. 정보전달이 종료되면 호설정 순서와 역순으로 호절단 신호메시지 절차를 통하여 호해제가 수행된다.

## (2) PSTN/ISDN 인터페이스 기술

ATM교환기는 B-ISDN서비스뿐만 아니라 기존의 PSTN/ISDN 서비스도 제공 가능하여야 한다. 이를 위해서는 우선 PSTN/ISDN망으로부터 입력되는 사용자 데이터 및 신호메시지를 ATM셀로 변환/역변환하여야 한다. ATM셀로 변환할 때 기존에는 AAL1 형태를 사용하였으나 최근에는 compressed voice를 위한 새로운 형태의 AAL2 방식이 ITU-T와 ATM Forum에서 제시되고 있다. AAL2 형태는 mobile interface에도 사용되므로 상세한 사항은 거기에서 기술하고자 한다.

ATM셀로 변환한 후 ATM교환기는 상대 교환기의 인터페이스 모듈과 ATM VCC(Virtual Channel Connection)를 설정하여야 한다. VCC를 설정하는 방법에는 static trunking, switched trunking, trunking with service interworking 등의 세가지가 있다. Static trunking방식에서는 end-to-end 인터페이스 모듈 사이에 PVC(Permanent Virtual Connection)커넥션이 설정되고 그 커넥션 상으로 PSTN/ISDN신호메시지가 전달된다. 대표적인 서비스로서 CES(Circuit Emulation Service)가 있으며 시스템 구성에 있어서 간단하다는 장점이 있으나 대역폭 사용에 있어 효율성이 떨어지는 단점을 가지고 있다. Switched trunking방식에서는 발신 인터페이스 모듈이 협대역 신호메시지를 이용하여 해당하는 착신 인터페이스 모듈과 SVC(Switched Virtual Connections)커넥션을 설정한다. 이 방식은 대역폭 사용의 효율성을 증진시킬 수 있는 장점이 있으나 인터페이스 모듈 구성이 복잡해지는 단점도 내

포하고 있다. Trunking with Service Interworking 방식에서는 사용자 데이터가 SVC 커넥션을 통하여 전달될 뿐만 아니라 제어평면상의 협대역 신호가 B-ISDN신호로 변환된다. 따라서, ATM단말과 비 ATM단말사이의 통신이 가능하게 되며 통합망으로 발전하려는 B-ISDN망설계 목표에 부합된다고 말할 수 있다.

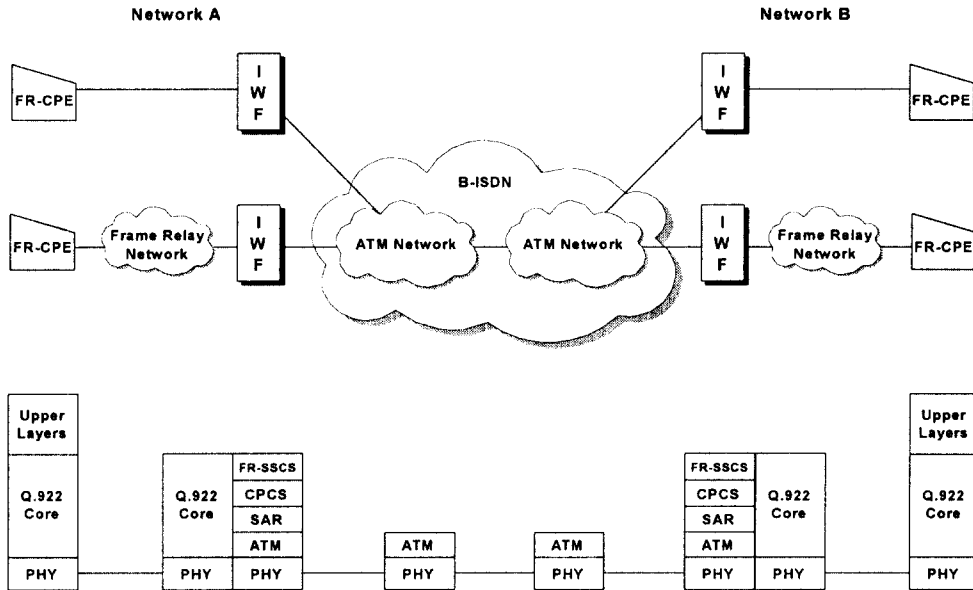
## (3) Frame Relay 인터페이스 기술

Frame Relay망은 데이터, 팩스, 음성서비스 까지 제공 가능하며 WAN(Wide Area Network)의 백본으로 널리 사용되어 오고 있다. ATM망이 멀티미디어 서비스망을 위한 백본 망으로 널리 사용되기 전까지는 Frame Relay망과 공존할 것이다. 이와 같은 공존 시기에 ATM망과 Frame Relay망과의 인터페이스 기술은 필수적인 요소기술로 등장하고 있다. Frame Relay 인터페이스에는 네트워크 인터워킹 방식과 서비스 인터워킹 방식이 있다. 네트워크 인터워킹 방식은 end-to-end Frame Relay단말사이를 ATM망의 PVC로 연결하는 형태이다. 네트워크 인터워킹 방식의 인터페이스 모듈에서는 가변 Frame Relay PDU(Protocol Data Unit) 구성 및 구분, 에러 검출, 커넥션 다중화, loss priority, 폭주 감지, PVC관리 등의 기능을 담당한다. 서비스 인터워킹 방식은 ATM망을 통하여 서로 다른 프로토콜 사이의 단말 즉, Frame Relay단말과 ATM단말사이를 연결 시키는 방식을 말한다. 서비스 인터워킹 방식의 인터페이스 모듈에서는 네트워크 인터워킹 방식에서 필요한 기능들 외에 FR DLCI(Data Link Connection Identifier)와 ATM VPI/VCI 매핑, protocol encapsulation, address resolution 등이 요구된다.

(그림 4)는 네트워크 인터워킹 시나리오 1 구성을 보여주고 있다.

네트워크 인터워킹에서는 두 개의 FR-CPE가 중간의 ATM망을 인식하지 못하고 데이터를 서로 주고 받는다. FR망으로부터 입력되는 메시지는 인터페이스 모듈에서 AAL5를 이용하여 ATM셀로 변환되어 전송

(그림 4) Network Interworking (Scenario 1)



된다. 반대로 ATM망으로부터 입력되는 ATM셀은 Q.922 Core 메시지 형태로 조립되어 FR망에 전송됨으로써 end-to-end 통신이 이루어 진다<sup>(8-10)</sup>.

(4) CL(ConnectionLess Server)

ATM망은 하나의 통일된 망으로 음성 및 데이터 서비스를 제공하지만 기존의 PSTN이나 ISDN망에서와 같이 매 서비스마다 연결설정이 완료된 후 사용자 데이터를 송신하는 연결형 방식을 채택하고 있다. 따라서, 연결설정 과정이 필요 없는 LAN-to-LAN서비스 트래픽을 ATM망을 통하여 전달하기 위해서는 추가적인 변환 기능, 즉 CL서버 기능이 필요하다. 비연결형 서버는 동작방식에 따라 메시지모드 방식과 스트림모드 방식으로 구분 될 수 있다. 메시지모드 방식에서는 하나의 CLNAP-PDU(Connectionless Network Access Protocol - Protocol Data Unit)에 속한 모든 셀을 수신한 후에 라우팅을 수행하는 방법으로 오류가 발생한 메시지의 제거가 용이하나 메시지의 수신을 위한 대용량의 버퍼를 필요로 할 뿐만 아니라 서버 내의 지연이 커지는 단점이 있다. 스트림모드 방식에

서는 BOM(Begin Of Message)셀이 입력되면 BOM셀의 pay load에 포함된 목적지 주소값을 사용하여 라우팅 기능을 수행하며 이를 통하여 얻어진 출력 VPI/VCI/MID값으로 라우팅 테이블을 update한다. COM/EOM 셀에 대하여는 단순히 라우팅 테이블 검색 결과에 따라 셀의 헤더값을 변환하며 EOM셀이 통과된 후에는 해당 라우팅 정보를 라우팅 테이블에서 제거한다. 따라서, 스트림모드 방식은 메시지 모드 방식에 비하여 구성이 단순할 뿐만 아니라 서버 내의 지연이 적은 장점을 지닌다<sup>(11)</sup>.

(5) LAN 인터페이스 기술

문자 기반이었던 기존의 인터넷이 웹의 출현으로 넓은 대역폭의 이미지 및 비디오 등과 같은 멀티미디어 서비스 요구가 증대하고 있다. 인터넷 서비스를 고속화 시킬 뿐만 아니라 보다 효율적으로 망자원을 사용하기 위해서는 ATM망을 백본으로 하는 고속 인터넷 구축이 시급히 요구된다. 기존의 인터넷 서비스는 LAN을 통하여 제공되며 Ethernet 프로토콜을 사용하고 있다. LAN인터페이스 모듈에서는 Ethernet프

로토콜 상으로 전달해지는 IP 데이터를 ATM셀화 시킨 후 고속으로 라우팅을 수행하여야 한다. 인터넷 데이터를 ATM망을 통하여 라우팅 시키는 방법으로는 ATM Forum에서 LAN Emulation, MPOA, I-PNNI 방식 등이 제안되고 있다. LAN Emulation 방식에서는 ATM망이 인터넷과 토큰링을 수용하기 위한 MAC bridge 프로토콜을 수행하고 하나의 세그먼트로 동작한다. MPOA 방식에서는 IP, IPX 등 다양한 프로토콜, 망기술, VLAN 환경하에서의 bridging과 routing을 위한 layer 3 프로토콜을 수행하며 NHRP에 의한 hop-by-hop 라우팅으로 end-to-end 연결을 관리한다. I-PNNI 방식은 스위치간 통신 프로토콜인 PNNI를 QOS를 지원 가능한 IP 프로토콜 스택의 네트워크 계층까지 확장시킨 개념이다.

(6) Mobile 인터페이스 기술

현재의 유선망에서 전개되고 있는 ATM통신방식을 무선에까지 확장하고 가입자 종단간에 ATM셀을 송수신하는 WATM(Wireless ATM) 기술 연구가 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 이동통신망을 통한 서비스 중에서 음성서비스 비용이 가장 높으며 망자원을 경제적으로 사용하기 위해 압축기술을 도입하여 음성 트래픽을 전송한다. 이와 같이 압축된 음성 트래픽은 On-Off 모델로 발생하며 이를 기존의 AAL1으로 ATM망에 접속할 경우 망자원의 비효율성과 과대 지연의 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 보완하기

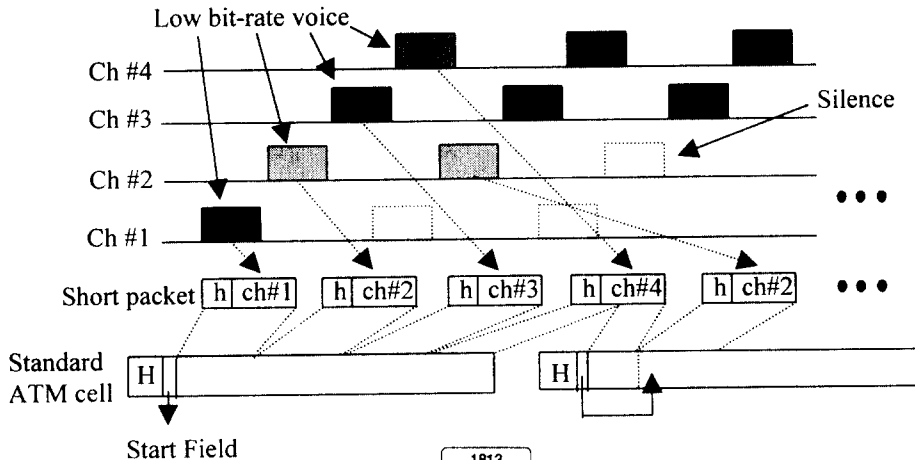
위하여 ITU-T와 ATM Forum에서는 (그림 5)에서와 같이 새로운 AAL2 형태를 연구하고 있다<sup>(12-13)</sup>

2.2.3. ATM시스템 관리기술

시스템 관리 기술은 사용자에게 지속적인 서비스 QOS요구조건을 만족시키기 위하여 무엇보다 중요한 기술이다. 시스템 관리에 있어서 주요한 업무로서는 관리기능 수행, 관리정보 수집 및 운용, 사용자 및 네트워크 관리자와의 통신, 관리 동작 감시 및 협조 등이며 기능 구성은 (그림 6)과 같다.

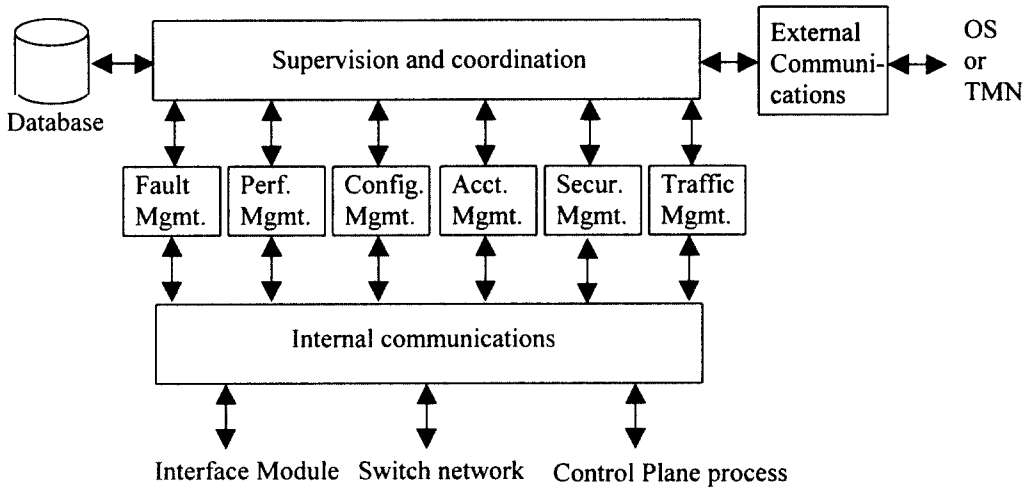
고장관리(Fault Management)는 고장검출, 고장 분리, 고장 회복 등의 기능을 수행하며 물리계층과 ATM계층으로 구분된다. 물리계층에서는 ATM 인터페이스 모듈이 SONET신호를 종단하면서 각종 고장 즉, LOS(Loss of signal), LOF(Loss of frame), LOP(Loss of pointer), APS채널 고장, 동기 손실, STS 혹은 VT신호 레벨 불일치 고장들을 검출한다. 또한, 시스템 내부의 각종 device 고장을 검출한다. ATM계층에서는 OAM셀 인식, 발생, 처리, 보고 등의 기능을 수행한다. 성능관리(Performance Management)에서는 지속적인 감시 및 보고를 통하여 시스템이 올바르게 동작하는지를 평가한다. 물리계층의 성능 파라미터에는 Errored seconds, Coding violations, Pointer justifications, Unavailable seconds 등이 있다. ATM계층에서는 사용자 정보의

(그림 5) AAL2 개념도





(그림 6) 시스템관리 기능 블록도



lost/misinserted 셀수를 감지하고 셀 지연을 관찰한다. 구성관리(Configuration Management)는 시스템 내의 각종 component의 동작상태를 감시하고 보고하며 망관리 센터로부터의 시스템 구성에 관한 명령을 수행한다. Accounting 관리는 정보사용 관련 데이터를 수집한다. 예를 들어, 과금계산을 위한 사용자 셀 수, OAM셀 수, 높은 우선순위의 사용자 및 OAM셀 수 등의 데이터가 여기에 해당된다. 보안관리(Security Management)는 시스템관리자가 아닌 다른 사람이 시스템을 운용한다든지 혹은 데이터를 변경하는 것으로부터 보호하는 기능을 말한다. 트래픽관리(Traffic Management)는 시스템을 폭주상태로부터 보호하고 사용자 QOS를 효율적으로 만족시키기 위하여 요구되는 핵심 요소기술이다. 본 고에서는 트래픽 관리에 관한 상세한 설명은 생략하기로 한다.

시스템관리 동작으로부터 수집된 관리정보는 MIB(Management Information Base)형태로 저장되어 사용자 혹은 네트워크 관리로부터 액세스가 가능하다. MIB는 물리적으로 서로 떨어져 위치함으로 이들의 데이터를 수집 및 교환하기 위해서는 통신프로토콜이 필요하다. 이러한 통신프로토콜에는 SNMP(Simple Network Management Protocol)과 CMIP(Common Management Information Protocol) 등

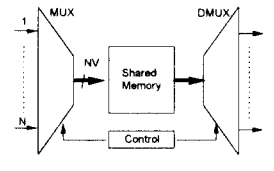
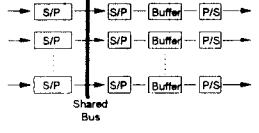
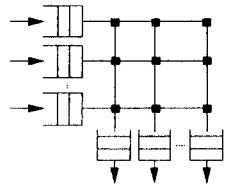
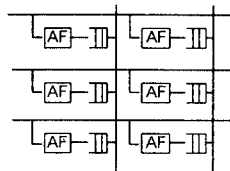
이 있다. SNMP는 중앙집중의 NMS(Network Management System)가 여러 에이전트들과의 통신을 polling방식으로 수행하며 인터넷망에서 주로 사용되어 왔다. CMIP는 connection-oriented방식을 통한 peer-to-peer 통신을 사용하며 object-oriented 설계방식을 채택하고 있다. 망관리 기능을 정보전달망으로부터 분리하여 운용하고자 하는 개념이 TMN(Telecommunications Management Network)기술을 낳게 하였다. TMN에서는 통신망의 망요소(Network element)들과 OS(Operations Systems)와의 인터페이스로써 ITU-T 권고안의 Q-interface를 채택하고 있다.

#### 2.2.4. ATM스위치 기술

ATM 스위치는 구성형태에 따라 (그림 7)에서와 같이 공통메모리, 공통버퍼, 입출력 버퍼(입력버퍼 혹은 출력버퍼 포함), 공간분할 크로스포인트 스위치 등으로 나누어 지며, 각 형태마다 장 단점을 내포하고 있다.

예를 들어 입력 버퍼 스위치의 경우에는 셀을 메모리에 쓰고 읽을 때 링크 속도와 동일한 속도(1x 링크속도)로 메모리를 액세스하면 충분하므로 다른 스위치에 비해 그다지 빠른 메모리를 사용하지 않아도 되는 장

(그림 7) ATM 스위치 구성 형태

| 구분                | 공통메모리   | 공통버스  | 공간분할-<br>입출력버퍼형  | 공간분할-<br>크로스포인트   |
|-------------------|---|---|--|---|
| 스위<br>치<br>구<br>성 |  |  |  |  |
| 메모리<br>속도         | 2NV<br>N:입력포트수<br>V:병렬비트수   | (N+1)V  | (L+1)V<br>L:스위치내부<br>고속화비  | 2V  |

점이 있다. 그러나, 이 방법에서는 HOL(Head Of Line) 블럭킹으로 인하여 스루풋(throughput)이 0.568 이상은 불가능하다는 단점이 있다. HOL블럭킹은 입력버퍼가 FIFO(First Input First Output) 방식으로 운용되므로 발생한다. 즉, 맨 앞 셀이 다른 앞 셀들과 동일한 출력링크를 선택하는 바람에 출력되지 못하는 경우 바로 뒤 셀들은 자기들의 출력링크들이 비어 있다고 하더라도 출력되지 못하고 기다려야 하는 것을 HOL블럭킹이라고 한다. 출력버퍼의 경우에는 입력버퍼방식과는 다르게 스루풋의 한계는 없으나 메모리 쓰기 속도가 ( $N \times$  링크속도)로 빨라야 하기 때문에 입력버퍼 스위치에 비해 빠른 메모리를 사용해야 하는 단점이 있다. 또한, 입력 버퍼 및 출력 버퍼형은 링크의 수만큼 메모리 칩이 필요하므로 메모리 사용의 효율이 공히 떨어지는 단점도 내포한다. 공통 메모리 혹은 공통버스의 경우에는 메모리 사용의 효율은 기대할 수 있으나, 메모리 쓰기 및 읽기 속도, 혹은 버스의 속도가 공히 ( $N \times$  링크속도)로 빨라야 하기 때문에 대용량 스위치 구성에 어려움이 있다. 공간분할 크로스 포인트 형태는 메모리 속도가 입력버퍼 방식보다 두배 빨라야 하고 스위치 구성이 복잡해지는 단점이 있다.

### 2.2.5. 국내 ATM교환기 개발현황

우리나라는 21세기 정보통신기반을 구축하기 위하여 정보통신부 주도의 국책사업으로 HANbit ACE라는 ATM교환시스템을 개발하고 있다. HANbit ACE교환시스템은 한국통신의 총괄 주관하에 한국전자통신연구원과 기업체(대우통신, 삼성전자, LG정보통신, 한화정보통신, 동아일렉콤, 우진전자통신)가 공동으로 개발하고 있다. 본 시스템은 1998년 12월부터 초고속 국가망에 현장설치되어 ATM서비스를 제공할 예정이며 본 고에서는 시스템의 주요특성에 대하여 간략히 소개하고자 한다.

ATM스위치 형태는 고속 메모리의 효율성을 고려하여 공통메모리 방식으로 구성하였으며 전달망 구조는 시스템의 가입자 수용 및 망의 트래픽 특성에 따라 가입선 및 중계선을 가변적으로 연결할 수 있도록 설계되어 있다<sup>(14)</sup>. 또한, 시스템의 확장성 및 유연성을 고려하여 하나의 ACS(ATM Central Switching Subsystem)에 시스템 용량에 따라 여러 개의 ALS(ATM Local Switching Subsystem)가 연결될 수 있도록 모듈 구조를 가지고 있다. ATM셀 교환을 위한 각종 신호처리 및 운용 유지보수 관련 소프트웨어는 각 서브시스템에 분산 및 계층화시킴으로써 B-

ISDN기술발전에 따라 쉽게 응용 소프트웨어를 변경할 수 있도록 소프트웨어 모듈성을 확보하였다. 현재 개발 중인 HANbit ACE교환기의 주요 제원은 다음과 같다.

- 수율 : 10Gbps (40Gbps 를 거쳐 160Gbps까지 확장 가능)
- 스위치 모듈 : 32 x 32 단방향 folded 구조 (64 x 64 구조로 확장 예정)
- 가입자 링크속도 : 155, 520 / 2, 048 / 44, 736 Mbps
- 중계선 링크속도 : 155, 520 / 622, 080 Mbps(STM-1 /STM-4)
- 제어계
  - SuperSPARC CPU/SROS
  - Signaling AAL 내장(ALS)
  - SCSI-2 bus로 Local Disk 접속(ACS)
  - 워크스테이션과 이더넷 접속(ACS)
- 제공 서비스
  - 영구/반영구 전용선 서비스
  - SVC에 의한 즉시형(on-demand) 서비스
  - CBR 및 VBR ATM 서비스
  - ABR 및 UBR 서비스 (1999년 2월 예정)
  - 비연결형 서비스
- 점대점, 점대 다중점 연결 서비스
- 제공 표준권고안 : UNI 3.1, UNI 4.0, PNNI, Q.2971, Q.2931, B-ISUP

## 2.3. 광 교환기술

### 2.3.1. 광교환기술 개요

광교환기술이란 광의 형태로 입력되는 정보를 ATM 교환기술에서와 같이 전기신호로 변환하지 않고 광의 상태 그대로 직접 교환하는 시스템 기술이다. 광교환기는 광대역, 고속성, 무누화, 무간섭 등의 광 고유 특성을 최대한 활용함으로써 초고속, 초대용량의 정보교환을 가능하게 하여 초고속 종합정보통신망 건설에 획기적으로 기여하기 위한 차세대 교환시스템이다. 미래 정보통신망에 FTTH(Fiber To The Home)가 확산

되어 수백 Mbps급 이상의 비디오 서비스와 슈퍼컴퓨터 통신 데이터 서비스가 등장함으로써 수십 Tbps 이상의 교환 전달 용량을 필요로 하게 된다. 특히, 사용자가 요구하는 대로 대역폭을 제공하는 BOD(Bandwidth On Demand)서비스가 많아 질 것이다.

그러나, 전자식 ATM교환기의 경우 소자의 스위칭 속도 및 전송 대역폭의 한계 등으로 시스템당 Tbps 이상의 교환용량을 확보하는 데 어려움이 예상된다. 광 교환기는 ATM교환기등 기존 교환기와 마찬가지로 통화로계와 제어계로 크게 나누어지며 광 교환기의 제어계는 광컴퓨터가 개발되기 까지는 전자도메인의 프로세서를 이용하여 실현함에 따라 기존 교환기의 제어계와 유사할 것이다. 따라서 본 고에서는 통화로계의 핵심부분인 광교환방식에 관해서 주로 기술하고자 한다.

### 2.1.2. 광교환방식

일반적으로 광 교환방식에는 공간분할, 자유공간분할, 시간분할, 파장분할 등으로 구분된다. 공간분할 광 교환방식은 2차원상에서 입력 광신호의 진행 방향을 변화시킴으로써 교환을 이루는 방식이다. 이 방식은 스위칭 시간이 고속일 필요가 없고 광 동기를 맞추는 데에 어려움이 없는 장점이 있으나, 신호의 손실 및 누화 등으로 인해 광스위치의 규모 확장이 어렵기 때문에 대용량 교환기에는 적합하지 않은 단점이 있다. 공간분할 방식을 위한 주요 핵심 소자로는 광도파로 스위치, 광증폭기 등을 들 수 있다.

시간분할 방식은 전자 교환방식과 같은 광교환 방식으로서 기존 전자식 교환시스템과 병존이 가능하다는 장점이 있으나 시스템 내부속도가 증가하기 때문에 스위치 제어기 구성이 어렵다. 또한, 현재 공간스위치 및 광섬유 지연선 외의 관련 광소자가 개발되어 있지 않고 광 STM인 경우 광의 동기 조정이 어려운 문제가 있다. 시간분할 방식을 위한 주요 핵심소자로는 TMS(Time Multiplexed Switch), 시간분할 다중화기/역다중화기, 비트 및 셀 동기장치, 셀버퍼, 루팅제어기 등이 있다.

파장분할 광교환 방식은 하나의 광 선로상에 복수의 파장을 가지는 광신호의 다중교환방식으로, 각기 다른 파장의 레이저 다이오드의 입력 광신호를 다중화하여 서로 교환한 후 수신측에서 필요한 파장을 선택하는 방식이다. (그림 8)은 스타 커플러 형태의 파장분할 광교환 방식을 나타낸다. 이 방식은 전자교환에서 제공하지 못하는 파장대역에서의 다중화가 가능하고, 입력신호의 전송속도에 무관할 뿐만 아니라, 고밀도 광 FDM(Frequency Division Multiplexer)과 결합하여 대용량 교환망의 구성을 가능하게 한다. 또한, 다른 광교환 방식과 병행하여 용량 확장이 용이하다는 장점을 가지고 있지만, 파장가변 레이저 다이오드, 파장 필터, 파장변환기, 광증폭기 등과 같은 관련소자 기술이 미비한 문제점이 있다. 현재 전송기술에서는 파장다중 방식을 채용하기 위한 노력을 경주하고 있으므로 머지않아 광교환기에서도 파장다중 교환방식이 실현될 수 있을 것으로 예상된다.

자유공간 광교환 방식은 자유공간에서 유도되지 않은 광신호를 서로 간섭없이 교환하는 방식으로서 마이크로 옵틱스(Micro-optics)로 정렬된 2차원 또는 3차원 형태를 가지는 수직 입사광 배열로 구성된다. 이 방식은 2차원 또는 3차원의 다단계 광스위칭 시스템 구성이 가능하지만 각 소자간의 수직 입사광의 정렬이 어

렵고, 평면회로 기판 위에 집적화하기 어려운 문제가 있다.

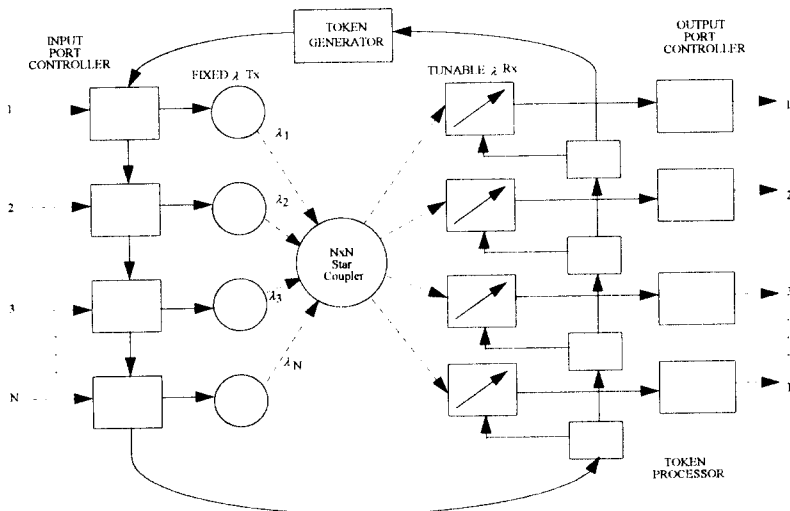
### III. 전송 기술

#### 3.1. 전송기술 개요

전송기술 분야는 1970년대 말 PCM기술과 광통신기술이 적용된 이래 고품질 및 대용량화 면에서 괄목할 만한 성장을 계속하여 세계적으로 수 Tb/s의 초고속 광전송 시연, 10Gb/s 전송시스템의 사업 적용 등으로 발전되었다. 국내에서는 2.5Gb/s 전송시스템의 양산, 10Gb/s 전송시스템 개발이 이루어졌으며 가입자 전송에서는 FTTC(Fiber-To-The-Curb), FTTH(Fiber-To-The-Home)를 구현하려는 노력이 계속되고 있다. 특히, 기존의 가입자 선로(unshielded twisted pair line)를 이용하여 수 Mb/s의 전송이 가능한 ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Lines)에 대한 상용화 등이 진행되었다.

현재의 고속 광전송시스템은 1988년 국제적으로 표준화된 동기식 디지털 계위(SDH : Synchronous

(그림 8) 스타커플러 형태의 파장분할형 광 스위치



Digital Hierarchy)와 초광대역 광통신기술과의 결합으로 가능해진 것이다. 북미의 1.544Mb/s와 유럽의 2.048Mb/s 신호를 바탕으로 하는 기존의 비동기식 전송체계는 다단계 다중화 구조를 가지고 있어 전송속도를 증가 시키기가 용이하지 않았고, 전송망의 OAM 자동화, 전송망의 네트워킹, 멀티미디어 전송실현 등의 측면에 많은 제약이 있었다. 이에 대해 비동기식 전송방식의 문제를 해결하고, 전송장비에 컴퓨터 및 소프트웨어 기술을 보다 적극적으로 활용할 수 있는 동기식 디지털 계위의 광전송망 개념이 등장하였으며 이와 관련된 기술이 ITU-T에 의해 국제 표준화로 채택됨으로써 범세계적으로 적용되고 있다.

제 I장에서 설명한 바와 같이 초고속정보통신망에서는 가입자 단말과 트랜스포트 네트워크 사이에 액세스 네트워크가 요구된다. 액세스 네트워크의 물리적 계층에는 지금까지 주로 협대역의 VF(Voice Frequency)용 구리선을 이용한 PTP(Point-To-Point) 구성이 주종을 이루었으나 최근에는 수 Gb/s급 이상의 광선로 기술을 포함하여 WDM(Wavelength Division Multiplexing) 및 광증폭기, 광교환소자 등과 같은 광소자 기술이 진전됨에 따라 보다 효율적으로 구성할 수 있게 되었다. 또한, PON(Passive Optical Network), PPL(Passive Photonic Loop) 및 Active Star 등과 같은 광선로 분배 기술들이 발전됨에 따라 지리적으로 널리 분포된 가입자들을 저렴한 가격에 보다 효율적으로 수용할 수 있게 되었다. 액세스 네트워크는 논리계층 개념에서 보면 기존의 MAN 프로토콜과는 달리 신호기능과 망 운용관리 기능이 강화되고 음성 및 비디오와 같은 실시간 트래픽의 전송 요구사항을 수용할 수 있어야 한다. 서비스 계층 개념에서 보면 액세스 네트워크에 지능망 서비스 개념을 도입함으로써 단말 가입자의 지능형 서비스를 지원할 수 있을 것이다.

전송기술의 발달은 곧 전송매체의 발달을 의미할 정도로 전송매체가 차지하는 기술 범위는 무척 크다. 전송매체는 앞에서 설명한 전화선 및 광섬유 이외에도 무선매체가 있으며 최근에는 무선매체를 통한 이동통

신 및 위성통신 기술 연구에 심혈을 기울이고 있다. 본 고에서는 이동통신기술과 위성통신 기술에 관한 서술을 생략하고자 한다.

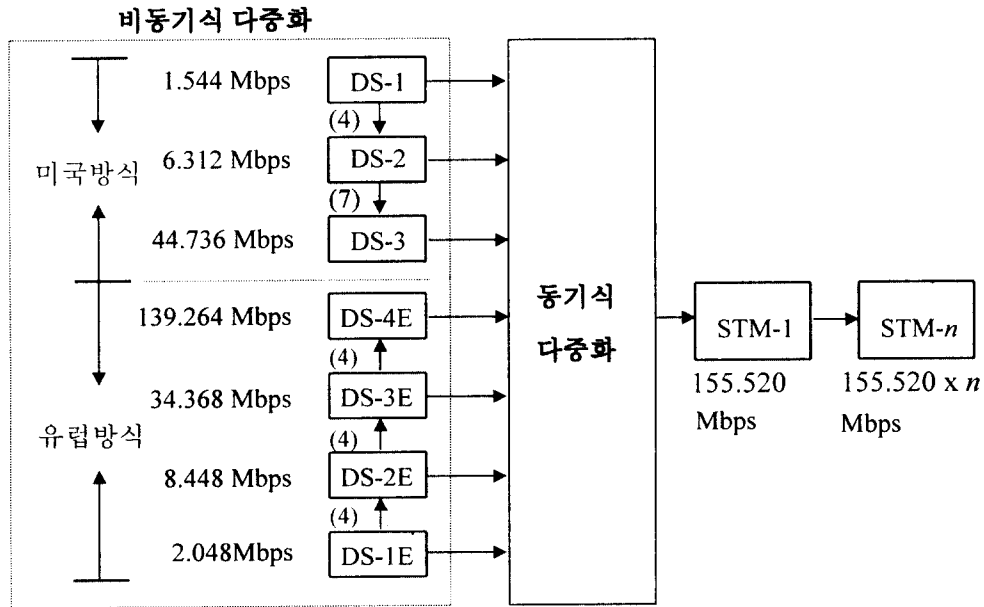
## 3.2 동기식 전송기술

### 3.2.1 동기식 다중방식

기존의 비동기식 다중방식은 아날로그 교환과 디지털 전송로가 통신망의 대부분을 점유했던 시기 즉, 디지털 신호를 형성하는 데 이용되는 클럭들이 독립적으로 운용될 때인 1960년대 이후부터 현재까지 세계적으로 주로 적용되었던 방식으로서 PTP간 대용량 신호 반송에 적합한 방식이다. 본 방식에서는 다중화를 위한 Stuffing bit추가로 인해 다중 레벨에서 임의의 저속 신호로 직접적인 액세스가 불가능하고, 다중화는 항상 PDH(Plesiochronous Digital Hierarchy) 신호 계위에 따라 단계적으로 이루어져야 한다. 또한, 기존의 PDH 신호상에는 망관리를 위한 overhead 를 독자적으로 설정하여 이용함으로써 멀티벤더 망 구성에 커다란 장애가 되었다.

여기에 비해 동기식 다중에서는 서로 동기된 입력 중속신호들을 비트 또는 바이트 단위로 interleaving하여 고속 다중 레벨상의 고정된 위치에 순차적으로 배열함으로써 동기가 설정된다. (그림 9)는 기존의 PDH 신호를 ITU-T에 의해 국제표준화된 SDH신호로 다중화하는 과정에 관한 개념을 나타내고 있다. SDH 기본 전송방식은 광대역 광섬유 전송을 바탕으로 하면서 ITU-T 권고 G.703에 규정된 PDH 신호의 수용, 전송 네트워킹에 필수적인 다중 신호내의 임의의 저속신호에 대한 직접 액세스, 전송망의 지능화 실현에 필요한 충분한 양의 오버헤드 채널 확보 등을 바탕으로 기존 망과의 호환성 및 향후 전송기술의 발전성 등이 모두 고려되고 있다.

(그림 9) SDH 전송계위 다중화 체계 개념도



**3.2.2 동기식 전송망 기술**

비동기식 전송망은 다중신호의 역다중 그리고 다시 다중처리를 수행하는 백투백(Back-to-back) 방식으로 구현됨에 따라 전송용량이 증가될수록 망효율이 저하되며 망운용 관리도 급속히 복잡하게 되었다. 이와 같은 문제를 해결하고 전송망 관리 능력의 향상을 위하여 단순하며 효율적인 전송망 운용을 바탕으로 하는 SDH전송망의 도입이 정보통신 선진국을 중심으로 이루어지고 있다.

각국의 동기식 전송시스템 구축은 먼저 지리적으로 PTP형태를 유지하는 구간에 SDH 단국이 도입되고, 전송용량이 상대적으로 적은 링형 구간에 ADM(Add-Drop Multiplexer)장치를 운용하고 있다. 점차적으로 동일 국사 내에 SDH 단국 또는 ADM(SHR) 형 장치가 증가됨에 따라 SDH단국간 또는 SHR(Self-Healing Ring)간의 연동에 의한 유연성 및 다이내믹성을 고려한 망구성이 요구된다. 이와 같은 망연동과 효율적인 전송 자원관리 기능을 제공하기 위하여 BDCS(Broadband Digital Cross-connect System) 망노드 장치가 필요하다. BDCS는

모든 생존망 기능을 보유함으로써 망사업자의 특성에 따른 생존망 구성에 유연성을 갖추고 있다. 이를 이용한 보호 및 복구 망 모델로는 크게 BDCS 또는 SDH 단국장치와의 접속을 위한 1+1 스펠 절체, ADM 링과의 접속을 위한 SHR 지원, 그리고 BDCS간을 상호 연결하는 메시망을 위한 SHM(Self-Healing Mesh) 지원 등과 같은 망복구를 들 수 있다.

**3.3. 광 통신기술**

광통신기술은 광섬유가 가지는 거의 무한대의 전송대역폭, 광소자의 초고속 변조특성 등을 이용하여 현재에도 이미 10Gb/s급의 고속전송이 가능하며, 2000년대에는 수 Tb/s급의 전송장치가 개발될 것으로 예상된다. 현재 연구 중인 광통신 관련 핵심기술은 광송수신 기술, 광증폭기술, 색분산 보상 및 비선형 현상 제어 기술, 광다중기술 및 솔리톤 전송기술 등이 있다(3).

### 3.3.1. 광송수신 기술

광송수신 기술은 광통신의 기본 기술로서 광통신 방식에 따라 디지털 송수신기술, 아날로그 송수신 기술, 코히런트 송수신기술로 구분된다. 디지털 광송수신기에서 사용하는 레이저의 파장은 초창기의 830nm에서 광섬유의 색분산이 최소인 1,310nm로 바뀌었다가 현재에는 광섬유의 손실이 최소인 1,550nm가 사용되고 있다. 색분산의 영향을 극복하고 초고속 신호의 장거리 전송을 위해서 광송수신용 레이저는 다중모드로 발진하는 패브리 페롯(Fabry-Perot)레이저에서 단일모드로 발진하는 DFB(Distributed Feedback)레이저로 바뀌었다. 직접 변조 DFB 레이저는 2.5Gb/s신호를 100km 정도 전송하는 시스템에 적용가능하지만 장거리 전송이나 혹은 10Gb/s 이상의 광전송 등에서는 색분산 및 처핑에 의한 전송거리의 제한이 심각하다. 이러한 시스템에서는 변조 시에 처핑이 없는 외부 변조기를 사용한 광송수신기가 사용되며 외부변조기로는 LiNbO<sub>3</sub> 변조기와 EA(Electro Absorption)변조기 등이 있다.

디지털 광수신기는 전치증폭기, 주증폭기, 클럭재생기, 판별회로 등으로 구성되어 있다. 전치증폭기는 광신호를 전기신호로 변환한 다음, 이를 증폭하는 기능을 수행하는 광수신기의 핵심부분으로 광수신기의 수신감도를 결정한다. 최근에는 광수신기 전단에 광전치증폭기를 두어서 광수신기에 입력되는 빛의 세기를 증폭하여 광수신기의 수신감도를 높이고 있다. 전기적인 전치증폭기를 사용하는 경우 -36dBm(2.5Gb/s), -20dBm(10Gb/s)인 수신감도가 광전치증폭기를 사용하면 -49dBm(2.5Gb/s), -38dBm(10Gb/s) 등으로 각각 개선된다.

### 3.3.2. 색분산 보상 및 비선형 현상 제어 기술

장거리 전송을 위해서는 광섬유의 색분산을 감소시키거나 보상에 주어야 한다. 이러한 색분산을 감소시키기 위하여 분산천이 광섬유가 개발되었다. 분산천이 광섬유는 1,550nm 근방에서 색분산이 최소가 되도록

광섬유를 설계한 것이다. 이러한 광섬유는 현재 해저 케이블에서 사용되고 있으며, 국간 전송에도 적용되고 있다. 또한, 이미 포설되어 있는 기존의 광섬유를 그대로 사용하여 장거리 전송이 가능하도록 색분산 보상법이 개발되었다. 색분산 보상법에는 색분산 보상용 광섬유를 사용하는 방법, 스펙트럼 반전법, 프리처핑 등이 있다.

색분산 보상용 광섬유는 기존의 광섬유와 색분산 방향이 반대이며 색분산이 100ps/nm.km로 매우 큰 광섬유이다. 따라서, 색분산 보상용 광섬유의 길이를 조정하여 전송구간의 색분산을 보상함으로써 장거리 전송이 가능하다. 스펙트럼 반전법은 비선형 광학효과를 이용하는 것으로 전송구간의 중간에서 넓어진 펄스의 스펙트럼을 반전하여 이 신호가 나머지 구간을 진행하는 동안 펄스가 다시 좁아지도록 하는 방법이다. 프리처핑 방법은 송신측에서 처핑을 주어 이 신호가 광섬유를 진행하는 동안 펄스폭이 넓어지지 않고 좁아지도록 하는 방법이다. 그러나, 일정거리를 지나면 좁아진 펄스는 급격히 펄스폭이 넓어지므로 이 방법은 비교적 단거리 전송에서만 사용 가능하다.

### 3.3.3. 광증폭 기술

광증폭이란 광전/전광 변환없이 광을 직접 증폭하는 방식으로 광섬유에 결합되는 광의 세기 및 광수신기의 수신감도를 대폭 향상시킬 수 있으므로 광통신의 중계거리를 크게 증가시킬 수 있다. 또한, 광증폭기를 이용하면 기존의 광통신 중계기에서 수행하는 광전신호변환, 전기적 증폭 및 신호재생 그리고 광전신호 변환후 송신하는 기능을 간단한 광증폭 기능으로 대체할 수 있으므로 시스템의 성능 및 신뢰도를 대폭 개선할 수 있다. 광증폭방식에는 반도체소자를 증폭매체로 사용하는 반도체 증폭방식, 광섬유에서의 비선형성을 이용하는 라만(Raman) 증폭기, ER(Erbium)이나 Pr<sup>3+</sup>이 첨가된 광섬유를 이용하는 광섬유 증폭방식 등이 있다. Er이 첨가된 광섬유를 이용한 증폭방식(EDFA: Er-Doped Fiber Amplifier)은 이득이 신

호의 편광에 무관하고 증폭시에 신호의 왜곡이 거의 없으며, 기본적으로 전송용 광섬유와의 결합손실이 작은 장점이 있다. 따라서, 전송시스템으로 국한할 때의 광증폭 방식으로는 광섬유 증폭방식이 많이 연구되고 있다.

### 3.3.4. 광다중 기술

광통신방식에서 전송속도를 높이기 위해서는 전기통신에서처럼 주파수 영역에서 여러 채널을 사용하는 광주파수분할 다중방식(OFDM : Optical Frequency Division Multiplexing), 파장분할 다중방식(WDM), 짧은 광펄스를 생성하여 이를 시간 영역에서 다중화하는 광시분할 다중방식(OTDM) 등이 사용된다. 또한, 광파의 파동성을 이용해 정보를 전달하는 코히런트 전송방식을 이용하면 광파의 넓은 주파수대역을 매우 세밀히 활용할 수 있다. 상기의 여러방법들 중에서 WDM방식이 활발히 상용시스템에 적용되고 있으며 단위 채널당 전송속도를 2.5Gb/s로 하여 16채널까지 다중화한 40Gb/s시스템이 미국에서 상용화되어 있다.

### 3.3.5. 솔리톤 기술

솔리톤(Soliton) 기술은 강도가 높은 초단펄스가 광섬유 내로 전송될 때, 광섬유의 색분산 효과가 섬유의 비선형 효과에 의해 상쇄됨으로써 초단펄스의 폭이 그대로 유지된 채 전파되는 원리를 이용한 광통신 방식이다. 최근 솔리톤 전송의 주요 연구목표는 광섬유 증폭기술을 이용해 광섬유의 손실과 분산을 동시에 보상시켜 줌으로써 초고속 신호의 초장거리 전송을 구현하는 것이다.

## 3.4. 국내 전송시스템 개발 현황

국내에서는 HAN/B-ISDN사업의 일환으로 한국전

자통신연구원(ETRI)이 주축이 되어 B-NT시스템을 개발하였다. B-NT시스템은 ATM단말 가입자나 혹은 사설통신망에서 공중통신망을 액세스 하고자 할 경우 사용자에게 불편을 주지 않고 단순한 방법으로 요구하는 정보채널을 필요로 하는 만큼 제공하기 위하여 사용된다. B-NT시스템은 신호처리 기능을 가지고 있기 때문에 LAN/MAN 장비나 사설 ATM스위치가 공중망에 접속할 경우 자체 시스템 내에 복잡한 운용관리 프로토콜이나 신호 프로토콜을 탑재하지 않아도 된다. 이러한 B-NT시스템은 가입자의 지리적 분포, 사용대역 요구량, 사용빈도 등에 따라 집중형 B-NT시스템(CANS: Centralized Access Node System)과 분산형 B-NT시스템(DANS: Distributed Access Node System)으로 구분하여 개발하였다. CANS는 전송 요구대역이 크게 집중화된 가입자 지역을 목표로 하였으며 DANS는 지리적으로 분산되고 비교적 사용빈도가 적은 지역을 대상으로 하였다[15].

CANS는 기본적으로 공중망에 적용하도록 설계되었으며 자체적으로 건물 안이나 혹은 집중된 지역 내에서 사설 ATM망을 구축하여 운영할 수도 있다. CANS의 주요 기능은 다음과 같다.

- ITU-T 기반 ATM단말 접속
  - STM-1(155Mb/s) 광기반 (최대 8 포트)
- ATM Forum 기반 ATM 단말 접속
  - TAXI (100 Mb/s) 광 기반
  - DS3 (45 Mb/s) 동축 기반
  - UTP (25 Mb/s), DS1 (2 Mb/s) 동선 기반
- MPEG2 비디오 접속
- Ethernet LAN 접속
- DS1 및 DS3급의 STM/ATM 간 연동
- Local switching 및 multicast
- SNMP 기반의 운용관리

DANS는 액세스망 또는 맥내망 장치로서 광섬유를 통하여 지리적으로 분산된 가입자를 수용하며 최대 4개의 링을 구성할 수 있다. 지리적으로 분산된 가입자를 수용하기 위하여 HN(Head Node)와 RN(Ring Node)라는 2가지 망요소로 구성된다. HN은 액세스



노드 중심에 위치하여 여러 RN을 접속하며 각 RN은 가입자 인근지역에 위치하여 분산된 가입자를 수용한다. DANS의 주요 기능제원은 다음과 같다.

- 링형 (RN) : 4개의 Optical Ring (링당 4개의 RN) 수용  
(RN) : 8 x STP-1, 16 x 25M UTP, 또는 8 Ethernet 가입자 수용
- 스타형 : 최대 8 STM-1 가입자 수용
- HCS-1 호처리예 의해 최대 16:1의 가입자 집선 능력
- PVC/SVC, 일대일/일대 다중호 처리능력
- LAN 연결 기능
- TMN 기반의 DANS 통합운용 관리 능력

가입자 대내에 위치하는 다양한 서비스 단말들을 경제적이고 용이하게 수용하여 액세스망에 접속시켜 주는 망중단기로서 HANS(Home Access Node System)를 개발 중에 있으며 CANS시스템의 개량형으로 CANS+ 시스템을 개발하고 있다.

광전송장치로서는 10Gbps 광전송장치와 100Gbps급 광전송장치 등이 개발 중이다. 10Gbps 광전송장치는 STM-64신호를 광섬유 케이블을 통하여 전송하는 동기식 다중 전송장치로서 종속신호로서 STM-1, STM-4, STM-16 등의 광신호를 접속한다. STM-1 및 STM-4를 접속하는 경우 수용단위는 STM-16용량으로 하며, 분기 결합기능의 실장형태에 따라 단국파선형 ADM(Add-drop Multiplexing)으로 구분된다. 전송거리가 긴 경우(40 km 이상) 송신측에서 외부변조기와 광전력증폭기를, 그리고 수신측에서 광전치증폭기를 각각 사용하게 된다. 중계기로 종래의 3R(regenerating, retiming, and reshaping)방식 대신에 구조가 간단한 광증폭기를 사용하며, 이 방법으로 중계기 간격을 120km까지 연장할 수 있게 되었다<sup>[16]</sup>.

100Gbps급 광전송장치는 기존의 전송장치로부터의 광출력을 종속신호로 하여 광주파수 다중방법으로 전송용량을 확장시키는 초대용량 전송장치로 관련기술은 Tera bps 전송을 위한 기반기술에 해당된다. 100 Gbps급 광전송장치의 주요 기능으로는 점대점 전송기능, 광주파수 다중 및 역다중 기능, OAM기능, 다채널

광증폭기능을 가진다.

## IV. 향후 발전방향

### 4.1. 교환기술 발전방향

교환기술은 3C, 즉 용량(Capacity), 고객(Customer), 비용(Cost) 등을 고려하여 발전을 거듭해 왔다. 본 고에서는 용량과 고객 측면에서 교환기술의 발전방향을 예측하고자 한다. 우선 용량은 교환기의 최대 트래픽 교환능력으로서 스위칭 용량에 의해 결정되며 최대 가입자 수용능력과의 관련이 있다. 현재는 ATM서비스가 많이 창출되지 않아 초고속/대용량 ATM교환기가 요구되고 있지 않으나 21세기에 접어들어 정보화 사회가 확산되면 각 가입자로부터의 대역폭이 수백 Mbps ~ 수 Gbps로 증가할 것으로 예상되어 Tbps급의 교환기술이 요구된다. Tbps급 스위치를 개발하는 데에는 두 가지 접근 방식이 거론되고 있다. 그 하나는 현재의 전기적 스위치 기술을 이용하여 고밀도 실장기술을 통한 초고속 스위치 개발을 목표로 하는 것이고, 다른 하나는 전기적 스위치는 초고속 용량의 한계가 있다는 것을 감안하여 광스위치로 대체하는 접근방식이다. 현재의 기술로는 아직 광스위치의 여러 부품들(예, 광스위치 소자, 광송신기, 광수신기, 파장필터, 파장변환기, 광증폭기, 스타커플러 등)을 경제적이고 효율적으로 제작하기 어려운 실정에 있으나 2000년대 초기에는 이들 부품기술이 발전되어 수십 Tbps이상의 광교환기술이 가능하리라 예상된다.

고객(Customer)측면에서 교환기는 기존의 가입자는 물론 앞으로의 가입자들에게 QOS를 만족시키면서 효율적으로 제공할 수 있도록 서비스제어 기술 확보가 시급하다. 서비스 제어기술은 통신망 환경이 급변하여도 신속하고 경제적으로 모든 통신서비스를 제공할 수 있는 시스템 구성 기술을 말한다. 이러한 서비스 제어 기술을 발전시키기 위해서는 우선 교환시스템이 유연

성과 모듈성을 가지는 개방형 시스템 구조이어야 한다. 개방형 시스템 구조에서는 하드웨어를 기능블럭 단위로 모듈화 시킬뿐만 아니라 소프트웨어의 모듈성, 생산성, 신뢰성, 유지보수성 등을 증대시켜야 한다. 이러한 소프트웨어의 특성을 갖게 하기 위해서는 소프트웨어가 계층적 구조, 즉 Basic OS, Software Platform, Applications 등으로 이루어지고 계층과 계층 사이의 인터페이스가 간단하고 투명성이 보장되어야 한다. 소프트웨어 플랫폼에는 각각의 통신서비스에 필요한 공통적인 기능블럭들을 두어 새로운 서비스가 등장하여도 Super Plug In 개념으로 몇 개의 소프트웨어 블럭들을 조합 운용함으로써 신속하고 경제적으로 대처 가능하게 된다<sup>(17)</sup>.

앞에서 서술한 향후 교환기술의 발전방향을 요약하면 전달계 용량증대를 위해서는 광스위치 기술이 발전할 것이며 서비스 제어 기술을 위해서는 소프트웨어 플랫폼 기술이 발달될 것이다. 21세기 정보통신망의 근간이 되는 초고속교환기로서 3C를 만족시키기 위해서는 상기의 두 기술 분야개발에 많은 투자가 이루어져야 할 것이다.

## 4.2. 전송기술 발전방향

전반적으로 10Gbps급 광전송에서는 전자신호를 시간분할 다중 및 역다중화한 후 반도체 레이저광을 변조시키는 기술이 이용되고, 그 이상의 전송용량에 있어서는 여러 파장에서 광 파장분할다중에 의해서 초고속화를 추진하고 있다. 1.3 $\mu$ m 파장 대에서의 전송기술도 기존 1.3 $\mu$ m 용 통신 선로를 활용하는 측면에서 1.3 $\mu$ m 파장 대에서의 광증폭기 성능향상과 전송기술에 대한 연구개발이 지속적으로 이루어질 것으로 예상된다.

광전송기술은 전반적으로 고속 시간분할 다중 전송기술과 고밀도 파장분할다중 전송기술을 이용하려는 추세에 있으며 현재 시간분할 다중에 의해 100Gbps급 수준에 와 있고 파장분할 다중 전송 기술에 의해서는 160Gbps 급 수준이 보고되고 있다. 파장분할 다중의

경우 서로 다른 파장의 채널간 신호의 효과적인 교환이 가능해야 함으로 새로운 개념의 신호처리 기술과 관련 부품 기술이 필요하다. 최근 활발히 연구되고 있는 분야로 파장가변 기술이며, 파장가변 광원, 광원의 파장 또는 주파수 안정화, 광필터 및 파장 분할 역다중 기술, 다채널에 따른 광비선형문제, 시스템 차원에서 파장 할당문제 등이 연구되고 있다<sup>(18)</sup>.

주파수 분할 다중이 가능한 채널간의 간격은 약 0.1nm 또는 10GHz 이하로 내려갈 수 없으므로 당분간은 0.1nm 이상의 파장 간격에 대한 파장분할 다중과 이에 맞는 시간분할 다중 방식의 혼합형 광전송 기술이 필요할 것으로 예상된다. 궁극적으로 전송용량을 최대로 활용하기 위해서는 1.3 $\mu$ m 파장영역과 1.5 $\mu$ m 파장 영역을 모두 사용하여야 하고 이에 따른 광증폭기의 이득 영역을 넓힐 수 있는 새로운 광섬유 소재와 이의 응용기술이 등장할 것이다. 솔리톤 전송기술의 경우 아직 지상 통신에서의 응용성이 다소 부족한 편이며 이에 대한 연구가 계속 진행되고 있는 추세이고 솔리톤 전송에서는 광섬유의 분산효과와 증폭기에 의한 전송 비트율에 대한 한계성을 극복하려는 연구가 계속 진행될 것으로 보인다.

액세스네트워크 분야에서는 하나의 망으로 모든 서비스를 제공할 수 있는 방향으로 발전해 나아갈 것이며 광대역화를 위한 기술, 즉 FITL(Fiber In The Loop), SDM/TDM/FDM/WDM, Optical Loop, OAM, 선로 기술 등이 확보되어야 할 것이다.

본 고에서는 초고속정보통신 구축에 필수적으로 요구되는 교환 및 전송기술에 관하여 서술하였다. 교환기술 분야에서는 ATM교환기에 연동되어야 할 여러가지 인터페이스 모듈 기능들을 중점적으로 기술하였으며 또한 21세기의BOD서비스를 충족시키기 위한 광스위치 기술을 소개하였다. 현재 한국전자통신연구원에서 개발 중인 HANbit ACE 교환기에 관한 기능 설명도 포함시켰다. 전송기술 분야에서는 동기식 전송방식과 광통신기술의 핵심기술에 관하여 서술하였다. 21세기 정보통신기반을 경제적이고 효율적으로 구축하고 또한 세계 선진기술을 확보하기 위해서는 본고에서 기술한

교환 및 전송기술 개발에 막대한 투자가 이루어져야 할 것이다. 추후과제로서는 초고속정보통신의 전송기술로서의 무선통신기술과 위성통신기술에 관하여 요약 보고하고자 한다.

### 참고문헌

- [1] 오창환, 임주환, "교환 전송 기술," 물리학과 첨단기술, Vol.5, No.5, 한국물리학회, pp. 13-18, 9월, 1996.
- [2] 오창환, "21세기 정보통신망과 열린교육," 대한전자공학 회, 2000년대를 대비한 전자공학 교육. 연구 세미나, pp. 173-185, 8월 1997.
- [3] 전자신문사, 정보통신연감, 1997.
- [4] 한국전자통신연구원, 정보통신기술개론, 1996.
- [5] 오창환, 이형호, "초고속정보통신망의 구축 동향 및 기술," 한국전자산업진흥회, 전자진흥 제17권 제 7호, pp.27-35, 7월 1997.
- [6] 오창환, 이형호, "초고속정보통신망의 ATM 교환기술 동향," 한국전자산업진흥회, 전자진흥 제 17권 제 8호, pp.44-51, 8월 1997.
- [7] Thomas M. Chen and Stephen S. Liu, ATM Switching Systems, Artech House, Inc. 1995.
- [8] Sudhir Dixit and Stuart Elby, "Frame Relay and ATM Interworking," IEEE Communications Magazine, pp.64-82, June 1996.
- [9] Frame Relay Forum, "Frame Relay/ATM Network Interworking Implementation Agreement", Dec. 1994.
- [10] Do-Yeon Kim, Tae-Joon Park, Jung-Sik Kim, "A Study on the Cell MUX/DMUX for Frame Relay Interworking in ATM network," ISTN'97, pp.324-327, Nov. 1997.
- [11] 전병천, 도미선, "ATM망에서 비연결형 데이터 서비스 제공방안," 한국정보과학회 정보 통신기술 제 9권, 제1호, pp.52-68, 5월 1995.
- [12] Goran Eneroth and Martin Johnsson, "ATM Transport in Cellular Networks," ISS'97, pp.139-146, Sep. 1997.
- [13] Yoshihiro Kitamura, Kazuhiko Nagata, Sadayuki Yasuda, and Tomoji Toriyama, "Implementation of AAL2 for Low Bit-Rate Voice over ATM," ISS'97, pp.271-276, Sep. 1997.
- [14] 오창환, 한치문, 임주환, "ATM 교환시스템 개발," 한국통신학회, 정보통신, 제 12권 4호, pp.276-287, 4월 1995.
- [15] 김재근, 최준균, "B-NT 개발," 한국통신학회, 정보통신, 제 12권 4호, pp303-312, 4월 1995.
- [16] 이만섭, 박창수, 최준균, "광전송 장치 개발," 한국통신학회, 정보통신, 제 12권 4호, pp.329344, 4월 1995.
- [17] 한국전자통신연구원, 21세기 정보통신, 핵심기술 및 산업전망, 1997.
- [18] 한국전자통신연구원, 새로운 정보전달 및 교환방식 검토, 1996.



오 창 환

- 1980년 2월 : 고려대학교 전자공학과(공학사)
- 1983년 2월 : 고려대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1994년 3월 : 오사카대학 대학원 정보공학과(공학박사)
- 1984년 2월 ~ 1984년 9월 : 스웨덴 LM Ericsson 파견 연구원
- 1979년 12월-현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원



이 형 호

- 1977년 2월 : 서울대학교 공업교육과 전자전공 (공학사)
- 1979년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
- 1983년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
- 1984년 12월 ~ 1986년 11월 : 미국 AT&T Bell 연구소 방문연구원
- 1995년 1월 ~ 현재 : 대한전자공학회 회지편집위원장
- 1996년 9월 ~ 현재 : 충남대학교 전자공학과 겸임교수
- 1983년 9월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원,  
교향기술연구단 계통연구부장



김 영 선

- 1980 : 고려대학교 전자공학과 학사
- 1982 : 고려대학교 전자공학과 석사
- 1991 : 고려대학교 전자공학과 박사
- 1994-현재 : 전북대학교 컴퓨터공학과 겸임교수
- 1991-현재 : 한국통신학회 대전·충남지부 부지부장
- 1991-현재 : 한국통신학회 학회지 편집위원, 교향연구회 전문위원장
- 1992-현재 : 대한전자공학회 논문지 편집위원, 학술위원
- 1982-현재 : 한국전자통신연구원 교향기술연구단  
교향방식연구실장(책임연구원)



임 주 환

- 1972년 2월 : 서울공대 공업교육(전자) 학사
- 1979년 2월 : 서울대 대학원 석사
- 1984년 7월 : 독일 Braunschweig 공대 박사  
(통신시스템 전공)
- 1978년 ~ 1979년 : 한국통신기술연구소 연구원
- 1979년 ~ 1984년 : 독일 Braunschweig 공대  
통신시스템연구소 연구원
- 1984년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 (책임연구원)  
ISDN연구부장, 교향연구부장 역임  
정보통신표준연구센터장 역임  
(현) 교향기술연구단장