

《主 題》

# 초고속 통신망을 위한 ATM 교환기와 그의 품질 시험

정 택 원, 한 치 문  
(한국전자통신연구소 교환기술연구단)

□ 차 례 □

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| I. 개 요                 | Ⅲ. TDX-ATM 교환기의 시험 |
| Ⅱ. 초고속 통신망과 ATM 교환 시스템 | Ⅳ. 결 론             |

## 요 약

본 고에서는 B-ISDN망을 구성하는 요소로서의 ATM 교환기의 역할에 대하여 논하였다. 또 이를 위한 ATM 교환기의 구조, 동작, QoS등에 대하여 기술하였으며, HAN/B-ISDN 프로젝트의 일환으로 ETRI에서 개발중인 ATM 교환기의 품질, 성능 및 운용 예에 대하여 논하였다. 시험 결과에 의하면 개발된 ATM 교환기는 정상 상태에서 고품질을 유지하고 안정되게 동작함을 알 수 있었다.

### I. 개 요

ITU-T에서 B-ISDN(광대역 종합정보 통신망)의 실현 모드로 ATM을 권고함에 따라 이에 대한 연구가 ITU-T와 ATM Forum을 두 축으로 하여 상호 밀접하게 관련되어 진행되고 있다. ATM은 완성된 표준이 아니고 계속 변해 가는 과정에 있으며, 자세한 현황은 문헌에 기술되어 있다.[1][2] B-ISDN과 초고속 통신망은 엄밀히 말하면 다르지만 같은 의미로 통용되는 경우가 많으며, 본 고에서도 대략 같은 의미로 사용하였다.

본 고에서는 B-ISDN을 구성하는 ATM 교환 시스템의 구조, 동작, QoS(Quality of Service)등에 대하여 논하고, HAN/B-ISDN 프로젝트의 일환으로 개발중인 ATM 교환기를 소개하였다. 다음으로 개발중인 ATM 교환기에 대하여 입력 트래픽과 교환기 내부의

라우팅을 다양하게 조합한 환경에서 교환기의 품질 및 성능에 대한 시험을 행하였다. 끝으로 개발중인 ATM 교환기를 이용하여 구성한 NTB(Network Test-bed)에 대하여 기술하였다.

### Ⅱ. 초고속 통신망과 ATM 교환 시스템

정보 사회의 도래와 더불어 다양한 정보의 이용 및 이의 전달 또는 처리가 중요한 요소가 되었다. 기존의 음성 정보와 데이터 위주의 저속 정보에서 영상 정보의 추가로 인하여 정보량이 폭주하고 이에 따라 통신망의 고속화가 필연적이다. 기존의 PSTN망에서는 B Channel(64Kbps)의 일정 대역폭의 정보를 주로 전달하였으며, N-ISDN에서는 2B+D(144Kbps) 또는 1차군 속도(1.544/2.048Mbps)의 일정 대역의 정보를 전달하였다. 영상 정보 등의 고속 정보를 전달하기 위하

여는 더욱 빠른 정보 전달이 필요하게 되었으며, 이로 인하여 초고속 통신망의 필요성이 대두되었다. 일반적으로 고속 또는 초고속 통신망이라는 용어는 컴퓨터 망에서 주로 사용되는 것으로 정보 속도를 수치로 규정하기보다는 상대적인 의미로 쓰이고 있다. 통신 분야에서는 N-ISDN 보다 더 넓은 대역폭을 갖는 통신망으로 B-ISDN이 정의되었으며, B-ISDN을 실현하는 방안으로 ATM(Asynchronous Transfer Mode)이 ITU-T에 의하여 권고되었다. 이러한 이유로 B-ISDN, ATM 및 초고속 통신망이 같은 뜻으로 쓰이는 경우가 많지만 엄밀히 말하면 같은 의미라고는 할 수 없다.

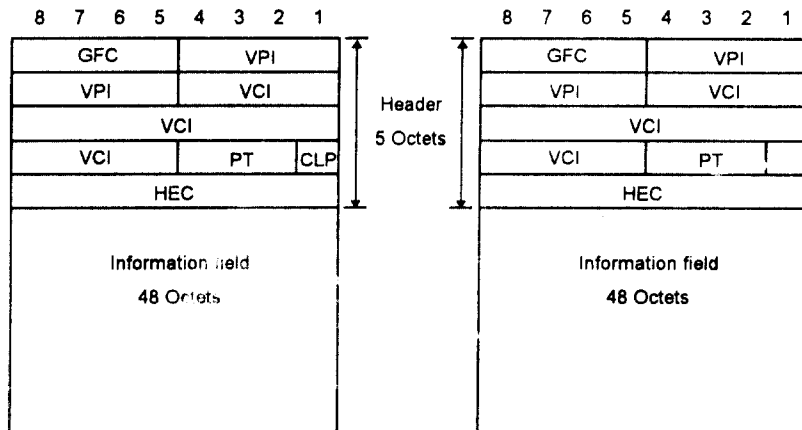
본 장에서는 B-ISDN의 구성과 ATM 교환기의 역할에 대하여 간단히 기술하고, ETRI(한국전자통신연구소)에서 개발하고 있는 ATM 교환기의 구조, 동작, QoS(Quality of Service)에 대하여 기술한다.

2.1 초고속 통신망에서 ATM 교환기의 위상

기존의 PSTN이나 N-ISDN등의 통신망에서는 모든 호의 접속이 채널 또는 채널의 정수배 단위로 이루어지며, 하나의 채널은 일정 대역폭을 갖고 있다. 그러나, B-ISDN에서는 이와 달리 사용자의 필요에 따라 필요한 만큼의 대역을 사용하게 된다. 기존의 통신망에서 호의 접속은 채널(channel) 혹은 경로(path) 단위로 이루어진다. 경로는 채널의 모임을 뜻하며, 하

나 이상의 다수의 채널로 이루어져 있다. B-ISDN에서는 기존의 통신망과는 달리 채널 및 경로의 대역폭이 일정하게 정해져 있지 않으므로, 채널이나 경로라는 어휘 대신에 가상 채널(virtual channel)이나 가상 경로(virtual path)라는 어휘를 사용한다. 가상 채널의 대역폭은 이 가상 채널을 포함하는 가상 경로의 대역폭보다 클 수 없지만 다른 가상 경로의 대역폭보다는 클 수도 있다. 가상 채널과 가상 경로는 가상 채널 식별자(VCI, Virtual Channel Identifier)와 가상 경로 식별자(VPI, Virtual Path Identifier)에 의하여 구별된다.

B-ISDN은 대별하여 가입자망, 액세스망, 교환망으로 이루어진다. 본질적인 요소는 가입자 단말과 교환기로 이루어진 교환망이라 할 수 있으며, 동일 구내에 다수의 단말이 있을 경우 이를 효과적으로 연결하기 위하여 가입자 망이 구성되었으며, 다수의 가입자 단말이나 가입자 망을 효과적으로 연결하기 위하여 액세스망이 출현하였다. 따라서, B-ISDN의 실현을 위하여는 ATM 교환기로 이루어진 교환망이 필수적이다. 그러므로 ATM 교환기의 성공적인 개발이 B-ISDN의 실현에 핵심이 된다. ATM 교환기만으로 B-ISDN을 구성할 수는 있지만 망을 경제적으로 구성하기 위하여 이용하기 위하여 단말기나 액세스망 장치 등의 개발이 동반되어야 함은 당연하다.



GFC: Generic Flow Control  
 VPI: Virtual Path Identifier  
 VCI: Virtual Channel Identifier

PT: Payload Type  
 CLP: Cell Loss Priority  
 HEC: Header Error Control

(a) UNI에서의 셀 구조

(b) NNI에서의 셀 구조

그림 1. 셀 구조

### 2.2 B-ISDN에서 정보의 전송

B-ISDN에서 모든 정보는 셀이라고 하는 단위로 주고받는다. 셀은 그림 1과 같이 53 Octet로 되어 있으며, 48 Octet 사용자 정보와 5 Octet의 헤더(헤더)로 이루어져 있다. 헤더의 각 부분의 역할을 간단히 기술하고자 한다.[3]

UNI와 NNI에서의 셀 형식(cell format)은 UNI에서의 GFC 4 bit가 NNI에서는 VPI용으로 추가로 배정되었다는 것 이외에는 동일하다. GFC는 4 bit로 구성되어 있으며, 이에 대한 자세한 설명은 ITU-T 권고안에 기술되어 있으며[4], 가입자 망(Customer Network)의 TB, SB 및SSB에서 일시적인 단기간 과부하를 해결하기 위하여 사용된다. 가입자망으로부터 망측으로 향하는 트래픽의 흐름을 조절하는 것으로 B-ISDN UNI에 적용된다. 동일한 전송매체에 연결된 가입자 망 내의 모든 단말에 동일하게 적용되며, 단말별로 제어할 수는 없다. GFC 기능은 스위치형 UNI 접속점에 대하여 결정되었는데, GFC의 각 bit를 이용하여 망측에서 전송 중지를 명령하거나 전송속도를 낮추도록 명령할 수 있다. 또 단말측에서는 GFC를 이용하여 망측의 흐름제어를 받는 셀인지 또는 흐름제어를 받을 수 있는 장비인지를 알려 준다.

CLP(Cell Loss Priority)는 1 비트로 표시되며 셀 폐기 시 우선순위가 높은지(CLP = 1) 또는 낮은지(CLP = 0)를 표시한다. CLP = 1인 셀의 경우에는 폭주 또는 과부하의 경우에 우선적으로 폐기된다. CLP = 0인 셀의 경우도 망의 상태를 최적으로 유지하기 위한 트래픽 제어의 수단으로 CLP = 1로 변경될 수도 있다.

VPI와 VCI는 전송한 바와 같이 가상 채널과 가상 경로를 구분하기 위한 식별자이며, UNI에서는 VPI/VCI = 8bit/16bit이며 NNI에서는 VPI/VCI = 12bit/16bit이다. 따라서 VPI와 VCI의 조합으로 구분할 수 있는 가상 채널의 수는 최대  $2^{24} = 1,600$ 만 또는  $2^{26} = 25,600$ 만이나 시스템의 개발 시에는 필요한 만큼만 할당할 수 있도록 실현한다. VPI와 VCI의 조합 중에서 일부는 특정 용도로 이미 할당이 되어 있는데, 예를 들면 point-to-point signaling으로 VPI = 0, VCI = 5가 할당이 되어 있다.

PT(Payload Type) 3 bit는 48 Octet의 information field의 종류를 나타내 준다. Information field에는 가입자 정보뿐만 아니라 망의 운용 및 관리에 필요한 정보도 있다. 운용 및 관리에 필요한 정보의 예로 VCC(Virtual Channel Connection)의 운용 및 관리를

위한 셀이 있다. 사용자 정보(user data)의 경우 2번째 비트가 폭주 여부를 표시하고 있으며 3번째 비트는 AAL 5에서 SDU(Service Data Unit)의 시작과 끝을 표시하는데 사용된다. 망을 구성하는 임의의 시스템에서 폭주 여부를 표시하는 2번째 비트를 변경시켜 단말(end user)에게 망의 상태를 알려 줄 수도 있다.

B-ISDN은 패킷망이나 프레임 릴레이 등에 비하여 전송로의 신뢰도가 높은 경우에 효과적인 망이므로 헤더의 기능이 상대적으로 작다. 그러나, 헤더에 오류가 있을 경우에 영향이 크므로 8 bit의 HEC(Header Error Control) 정보를 이용하여 영향을 최소화하고 있다. ITU-T 권고안 I.432에 HEC에 대하여 상세히 기술되어 있다.

### 2.3 ATM 교환기의 동작

#### 2.3.1 호의 종류

B-ISDN에서 호는 접속 형태에 따라 1:1(점대점, point-to-point) 접속 또는 1:다수(점대다중점, point-to-multipoint), 다수:다수(multipoint-to-multipoint)의 접속으로 구별할 수 있으며, 정보의 흐름 방향에 따라 단 방향 또는 양 방향으로 구별할 수 있다. 또, 하나의 호에도 하나 또는 여러 개의 접속이 있을 수 있다.

#### 2.3.2 시그널링(signaling)

시그널링이란 교환기와 단말 사이(UNI signaling) [5] 또는 교환기와 교환기 사이(NNI 시그널링) [6]에 정보를 주고받아 호를 연결하거나 해제하는 과정을 말한다. ITU-T에서는 시그널링을 메타 시그널링(meta-signaling)과 시그널링으로 구별하여 권고하고 있다. 메타 시그널링이란 사용자와 망 사이의 signaling virtual channel을 설정하거나, 유지하거나, 해제하는데 이용되며, 미리 정해진 가상 채널을 signaling virtual channel로 사용하면 메타 시그널링 과정이 없어도 된다.

시그널링에 관련된 ITU-T의 권고에는 서비스를 기준으로 하는 권고안과 프로토콜을 기준으로 하는 권고안이 있다. 서비스 입장에서는 기능을 3단계로 나누어 Release 1, Release 2, 및 Release 3로 권고하고 있고, 프로토콜의 입장에서는 CS(Capability Set)1, CS2 및 CS3로 구별하여 권고하고 있다. Release 1, 2, 3와 CS1, 2, 3가 정확히 일치하는 것은 아니지만 대체적으로 보아 대응된다고 할 수 있다. 현재 Release 1수준의 규격은 거의 완성되었으며, Release 2 및 3에 대하여는

계속 논의되고 있다. Release 1은 점대점(단 방향 uni-directional, 양 방향bi-directional, 대칭 symmetric, 비대칭 asymmetric) 접속으로 이루어지는 CBR(Constant Bit Rate) 서비스에 대하여 권고되어 있으며, Release 2는 step 1과 step 2의 2단계로 구분되어 있는 point-to-multipoint 접속 및 VBR(Variable Bit Rate) 서비스에 대한 권고 및 사용자가 QoS(Quality of Service)를 표시할 수 있는 기능이 추가되고, Release 3에는 멀티미디어 서비스, 분배 서비스 및 QoS 협상 기능에 대한 권고가 추가된다. ATM Forum에서는 meta-signaling을 권고하지 않고 있으며, Phase 1, 2로 구별하여 규정하고 있다. Phase 1의 기능은 Release 1의 기능에 약간의 point-to-multipoint 기능을 추가하였다고 볼 수 있다. HAN/B-ISDN에서는 ITU-T CS-1에 CS-2의 Step 1의 기능을 추가한 기능을 갖는 표준을 제정하고 HCS-1이라 명명하였으며, 이는 ATM Forum의 Phase 1과 유사하다.

2.3.3 호 성립 과정

여기에서는 1:1 연결로 하나의 접속만 이루어지는

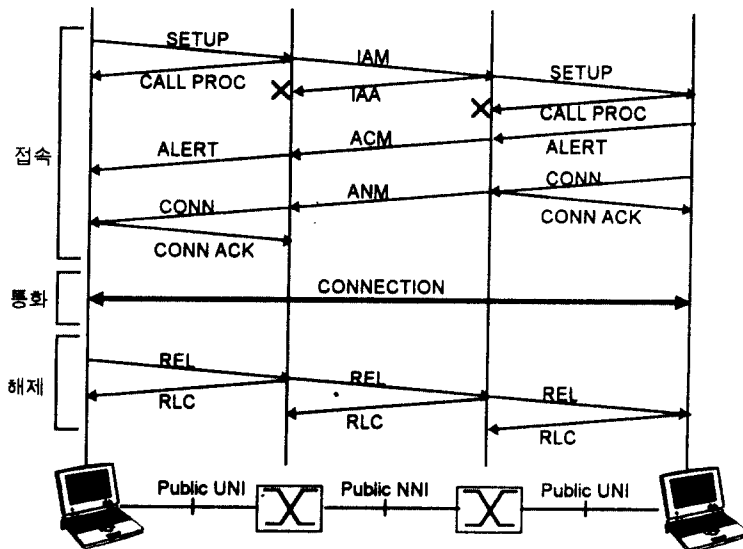
가장 간단한 경우에 대하여 알아본다. B-ISDN에서도 여러 가지 망 요소로 구성할 수 있으나 B-ISDN용 단말과 ATM 교환기로만 이루어진 가장 간단한 경우를 가정한다.

B-ISDN에서 호가 성립되는 과정은 대체적으로 기존 망에서의 호 서비스와 같이 연결, 통화, 해제의 순서로 되어 있다. 이 과정에서 시그널링에 의하여 단말과 교환기, 교환기와 교환기 사이에 정보가 교환되어 단말과 망이 유기적으로 동작하여 호가 이루어진다.

호 처리 과정은 단말의 종류(자동 응답 여부), 번호 방식(Enbloc, Overlap), 중계교환기의 유무 등에 따라 조금씩 다르나, 여기에서는 중계교환기가 필요없고 Enbloc 방식의 번호방식을 채택한 경우에 자동 응답 기능이 없는 단말간의 호를 예로 들었다. 호 처리 과정은 그림 2와 같고 순서대로 설명하면 다음과 같다.

(1)연 결

시그널링은 미리 할당된 가상 신호 채널(VPI = 0, VCI = 5)을 이용하여 ATM 셀을 주고받아 행하여지는데, 메시지를 payload에 실어 보낸다. 메시지의 길



ACM	Address Complete Message	IAA	Initial Address Acknowledgement
ALERT	ALERTing message	IAM	Initial Address Message
CALL PROC	CALL PROCEEDing message	REL	RELease message
CONN	CONNect message	RLC	ReLease Complete
CONN ACK	CONNect ACKnowledgement	SETUP	SETUP message
CPG	Call ProGRess message		

그림 2. 호 처리 과정(Enblock 방식의 자동 응답 기능이 없는 단말)

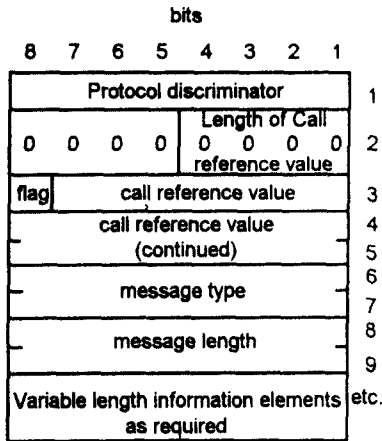


그림 3. 일반적인 메시지의 구성(Figure 4-1/Q2931)

이는 고정되어 있지 않으며, 메시지 자체에 길이를 나타내는 부분이 있다. 시그널링에서 사용되는 메시지는 그림 3과 같이 프로토콜을 구별하기 위한 프로토콜 식별자(protocol discriminator), 호를 구별하기 위한 호 참조번호(call reference)에 관련된 정보, 메시지 관련 정보 및 가변 정보로 이루어져 있다. 가변 정보에는 가변 정보의 길이, 코딩 표준, AAL 관련 정보, ATM 트래픽 기술자(peak cell rate), Broadband/Narrowband bearer capability, 호환성 검사를 위한 Broadband high/low layer 정보, 호 진행 관련 정보, 착신측 번호(Called party address and subaddress), 발신측 번호(Calling party number and subaddress), cause, 커넥션 식별자(connection identifier), 단말간 최대 허용 전달 지연, QoS 관련 정보(class, 기타는 미 확정), OAM 트래픽 기술자(traffic descriptor) 등이 포함된다. AAL 관련 정보에는 AAL type, CBR rate 및 source clock 정보(type 1), CPCS 및 SSCS 관련 정보(type 3/4, 5), F5 OAM 트래픽 기술자 등이 포함된다.

단말에서 호 접속을 원할 경우에는 메타 시그널링 과정에서 선택된 VPI와 VCI를 이용하거나, 미리 할당된 가상 신호 채널(VPI = 0, VCI = 5)을 이용하여 setup message(SETUP)를 ATM 셀의 Payload에 실어 교환기에 보내게 된다. SETUP에는 ATM User cell rate, Broadband bearer capability 및 QoS 관련 정보가 반드시 포함되어 있어야 하며, 이외에도 필요에 따라 착신측 번호, AAL 관련 정보, ATM 트래픽 기술자 등이 포함될 수도 있다.

교환기는 항상 단말로부터 오는 정보(VPI 및 VCI)를 검사하여 가상 신호 채널인지를 조사한다. 가상 신호 채널인 경우에 교환기에서는 payload에서 상대 단말 번호 및 QoS 등의 각종 정보를 추출하고, 이를 이용하여 호 처리를 행한다.

ATM 교환기A에서는 SETUP의 각종 정보를 이용하여 착신측 ATM 교환기B로 IAM(Initial Address Message)을 보내고, 발신 단말에 CALL PROC(CALL PROCeeding message)을 보내어 호가 진행 중임을 알려 준다. CALL PROC에는 VPI/VCI 및 호 진행 상태 등의 정보가 포함된다. IAM에 포함되는 정보는 SETUP의 정보와 거의 비슷한데, 다른 점 중에서 주요한 것은 ATM 트래픽 기술자 대신에 ATM cell rate를 보내고 QoS 정보를 보내지 않는 점이다.

착신측 ATM 교환기 B에서는 IAM을 받아 착신 단말에는 SETUP을 보내고, 발신측 교환기에게는 address message를 제대로 받았다는 메시지(IAA)를 보낸다. 경우에 따라 하나의 셀로 모든 정보를 다 보내지 못할 경우가 있는데, 이때에는 2개의 셀로 보내게 된다. SETUP 메시지를 수신한 착신측 단말B에서는 호 처리중이라는 메시지(CALL PROC)를 착신측 교환기에 보낸다. 호 접속처리에 필요한 메시지가 1 셀보다 많을 경우에는 동일한 과정으로 착신 단말에게 전해진다.

호 접속처리에 필요한 모든 정보를 수신한 착신측 단말은 착신측 교환기에게 ALERT 메시지를 보낸다. ALERT 메시지를 수신한 착신측 교환기는 필요한 address message를 모두 받았다는 메시지(ACM)를 발신측 교환기에게 보내게 된다. 착신 단말B에서는 address message를 이용하여 가입자에게 호 접속이 이루어짐을 알려주고(일반 진화기의 경우 ring) connect message(CONN)를 착신 교환기A에 보낸다. 착신 교환기B는 CONN을 수신하면 ANM(answer message)을 발신 교환기A에게 보내고 착신 단말에게는 제대로 받았다는 응답 신호(CONN ACK, Connection Acknowledgment)를 보낸다. 발신 교환기에서는 ANM을 수신하면 connect message(CONN)를 발신 단말A에게 보낸다. 이후 발신 단말에서 메시지를 제대로 받았다는 응답 신호(CONN ACK, Connection Acknowledgment)를 발신 교환기A에게 보내어 호가 이루어지게 된다.

(2) 통 화

통화가 이루어지면 단말에서는 데이터를 payload에 실어 보내게 되는 데, 데이터의 속성에 따라 payload에 데이터를 실어보내는 형식이 다르며, 이에 대하여 프로토콜이 마련되고 있다. 현재 ITU-T에서 timing, bit rate 및 connection mode등을 기준으로 AAL type 1, 2, 3/4 및 5에 대하여 프로토콜 권고안이 상당 부분 확정되었으며[7] 이를 응용 서비스에 적용하는 것에 대한 연구가 진행 중이다. ATM 교환기에서는 각 셀의 헤더 정보를 이용하여 교환을 행하여 수신단말에 연결해주어 셀(information payload) 전달이 이루어지며, 각 단말에서는 information payload를 프로토콜에 따라 처리하여 사용자간의 통화가 이루어지게 한다.

(3) 해 제

호가 진행되다가 착신측 또는 발신측의 요구로 호가 해제되는데, 여기에서는 발신측이 호 해제 요구를 할 경우가 예시되어 있다. 발신 단말A에서 호 해제 요구를 할 경우(PSTN의 경우 전화를 울려 놓는 것, 즉 hook on) 발신 교환기A는 착신 교환기B에게 해제 요구(REL)를 하고, 발신 단말에 호가 해제되었다는 메시지(RLC: Release Complete)를 보낸다. 착신 교환기는 해제 요구를 받는 즉시 착신 단말B에 해제 요구(REL)를 하고, 발신 교환기에게 해제되었다는 메시지(RLC: Release Complete)를 보낸다. 마찬가지로, 착신 단말B에서도 해제 요구를 받는 즉시 해제되었다는 메시지(RLC: Release Complete)를 착신 교환기에게 보내고 호를 해제함으로써 호가 완전히 해제된다.

이러한 과정에서 ATM 교환기는 입력 링크로 들어오는 ATM 셀을 해당 출력 링크로 보내 주게 되며, 입력 VPI/VCI를 상대측 단말 또는 교환기와 협의한 VPI/VCI로 변경시켜 주게 된다. ATM 교환기에서는 입력 셀의 헤더를 검사하여 헤더에 오류가 있는지를 알아본다. 헤더에 오류가 있을 경우에는 HEC를 이용하여 가능하면 정정하고 그렇지 않으면 폐기한다. 헤더에 오류가 없을 경우에는 Payload의 정보에 새로운 헤더를 부가하여 해당 ATM 교환기 또는 단말에 보내 준다.

망을 효율적으로 운영하기 위하여 교환기에는 전문적인 VPI/VCI 번역 기능 및 해당 링크로 라우팅(routing)하는 기능 외에도 부가적인 기능이 필요한데, 주요 기능으로는 망 자원 관리(resource management), 접속 허용 여부 제어(CAC, Connection Admission Con-

trol), 사용량 제어(UPC and NPC, User Parameter and Parameter Control), 우선순위 제어(Priority Control) 및 traffic shaping등이다. 망 자원 관리란 우선순위나 특성이 비슷한 여러 개의 가상 채널을 묶어 하나의 가상 경로를 만들어 효과적으로 제어할 수 있도록 하는 기능이다. CAC란 트래픽의 특성(peak cell rate, average cell rate, burstiness, peak duration 등)과 QoS(지연 및 지연 시간 변이, delay and delay variation)를 만족시킬 수 있는지 알아보고 이에 따라 호 접속 여부를 결정하는 기능이다. 사용량 제어는 호의 접속 시에 교환기 또는 망의 자원과 부하를 고려하여 접속 가능 여부를 결정하는 호 접속 제어(CAC, Connection Admission Control) 기능, 호 진행 중에 사용자가 약속된 traffic을 초과해서 보낼 경우 이를 제어할 수 있는 사용량 제어(UPC: Usage Parameter Control, NPC: Network Parameter Control) 기능 등이다.

2.4 ATM 교환기의 구조

2.4.1 ATM 교환기의 일반적 구조

ATM 교환기의 구조는 제어방식에 따라 다르나 그림 4와 같이 가입자/망 정합부, 스위치부, 제어부 등으로 구성되어 있다. 분산 제어방식의 경우에는 각 부분별로 제어부가 있으므로 공통 제어부가 매우 축소되거나 없는 경우도 있다.

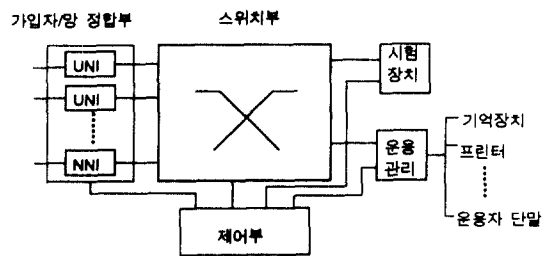


그림 4. ATM 교환기의 구조

(1) 가입자/망 정합부

정합부의 Bit rate는 STM-1(155Mbps)이 기본이고, 이외에도 STM-4/STM-4C(622Mbps), DS3(45Mbps), DS1E(2Mbps)등이 대두하고 있다. 주요 기능으로는 가입자 또는 망과의 정합 기능을 들 수 있다.

(2) 스위치부

가입자/망 정합부로부터 ATM 셀을 받아 VPI/VCI translation을 행하고 해당되는 출력으로 내보내 주는 기능을 행한다. 스위치는 기존의 PSTN이나 N-ISDN 등의 STM(Synchronous Transfer Mode) 스위치와는 달리 VPI/VCI translation과 Queuing 기능을 행한다. Queuing 기능은 ATM의 장점 중의 하나인 VBR 트래픽 특성에서 기인한 것으로 스위치 path에 blocking이 생길 때 이를 해결하기 위하여 버퍼에서 대기하고, resource가 유용할 때 스위칭을 행하는 기능이다.

스위치를 switch fabric이라 부르기도 하는데, 규모가 큰 스위치 소자(switching element)를 연결하여 규모가 큰 스위치를 구성하는 것이 일반적이다. 스위치 소자는 반도체 IC 소자로 이루어져 있으며, 반도체 기술의 발전에 따라 스위치 소자의 규모도 커지고 있다. Switch fabric은 기존의 교환기와는 달리 셀의 헤더 정보에 의하여 라우팅이 되는 self-routing 기능이 있다.

스위치 소자는 그림 5와 같이 구성 방법에 따라 격자형(matrix type), 중앙 메모리형(central memory type), 버스형(bus type), 환형(ring type)등으로 구분할 수 있으며, controller는 보통 메모리로 구성된 버퍼를 이용한다. 버퍼의 위치에 따라 스위치를 입력 버퍼형, 중앙 버퍼형, 출력 버퍼형 등으로 구분하기도 한다.

여러 셀이 동시에 하나의 출력으로 나갈 경우에 하나의 셀만 원하는 출력으로 나가고 다른 셀들은 버퍼에서 순서를 기다리게 된다. 이때 어느 셀을 먼저 내보내느냐를 결정하는 것은 셀 손실, 셀 지연, 셀 지연 변이 등을 최소화 하고 모든 셀이 공정하게 순서를 받을 수 있어야 한다. 셀을 선택하기 위한 방법으로 random하게, cyclic하게, 대기중인 셀이 가장 많은 버퍼의 셀을 선택하거나, 가장 오랫동안 기다린 셀을 먼저 선택하는 방법 등이 있다. 이들 각 방법은 실현상의 어려움이나 지연 시간 등에서 서로 장단점이 있다. [8]

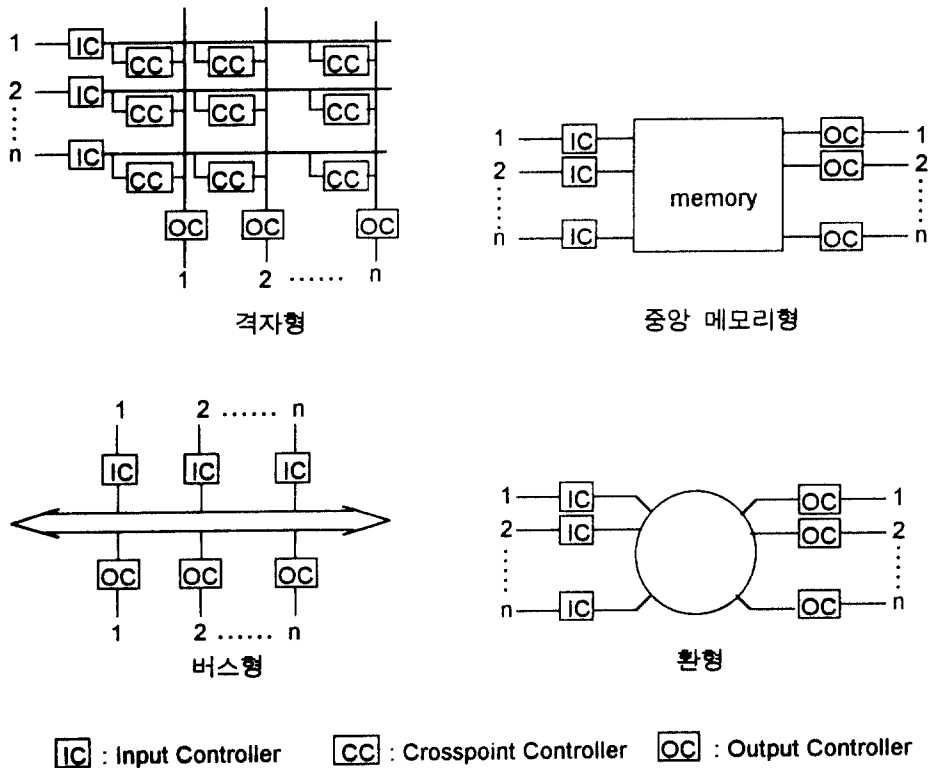


그림 5. 스위치 소자 구조

(3) 제어부

제어부는 시스템의 제어방식이 공통 제어인지 분산 제어인지에 따라 다르지만 IC 기술의 발달로 값싼 프로세서가 등장한 이후 주로 분산 제어 방식을 채택하고 있다.

2.4.2 TDX-ATM 교환기의 구조

HAN/B-ISDN 프로젝트의 일환으로 1992년부터 ATM 교환기의 개발이 한국통신 초고속 관리단 주관하에 진행되고 있다. 연구 개발은 한국전자통신연구소(ETRI)를 주축으로 하고, 6개 생산업체(대우통신, 삼성전자, LG 정보통신, 한화전자정보통신, 우진전자통신, 동아전기)가 참여하여 공동으로 개발하고 있다. 이 교환기(편의상 TDX-ATM 교환기라 함)는 1998년에 1,024×1,024 또는 그 이상의 스위치 규모를 갖도록 계획되어 있으며, 중간 결과로 1996년에 256×256의 중 소형 교환기를 상용화하도록 계획되어 있다.

중소형 교환기는 256×256의 스위치 구조인데, 형상 구성에 따라 더 작은 가입자를 위하여 32×32, 64×64, 128×128, 192×192등의 소규모로도 최적화하여 구성할 수 있으며, 전체적인 구조를 살펴보면 그림 6과 같다.

하나의 ALS는 32×32 규모의 스위치로 구성되어 있으므로, 용도에 따라 ALS의 수를 증가시켜서 적절한 크기의 교환기를 구성할 수 있다. 소규모의 가입자의 경우에는 하나의 ALS로 ATM 교환기가 이루어진다.

ALS는 일단 자기 라우팅(single-stage self-routing) 스위치이며, 가입자 및 중계선과의 정합 기능이 있다. ALS 자체 내에 서비스 처리 및 유지 보수 기능을 담당하는 제어부가 있다. 서로 다른 ALS에 수용되어 있는 가입자 또는 트렁크 사이는 ACS를 통하여 교환이 이루어진다. ALS에 연결된 가입자의 통화량이 크지

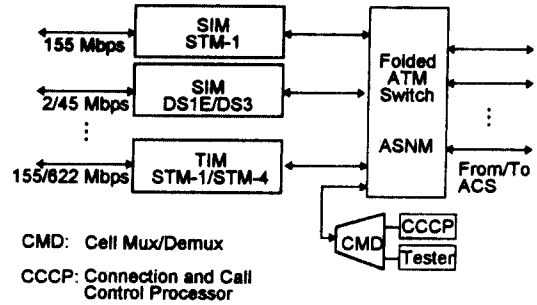


그림 7. ALS의 구조

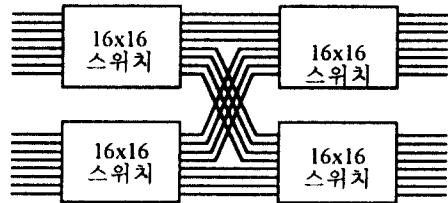


그림 8. ASNM의 구성

않을 경우 시스템을 경제적으로 구성하기 위하여 집선을 할 경우가 있다. 즉 다른 ALS 가입자와의 통화량이 크지 않을 경우 ACS와의 연결을 위하여 소수의 포트를 할당하고, 대부분의 포트를 가입자에게 할당하는 방법이다. 예를 들면, 32×32 ALS 스위치에서 29 포트를 가입자에게, 2 포트를 ACS와의 연결에, 1 포트를 ALS 제어 프로세서(CCCP)에 할당하면 집선비는 29:2 즉 14.5:1이 된다. 중 소형 교환기의 경우 ALS의 스위치는 32×32이므로 1:1부터 14.5:1까지 여러 가지의 비율로 집선을 할 수 있다. ALS의 구조를 살펴보면 그림 7과 같다.

ALS는 가입자/중계선과의 정합 장치와 스위치로

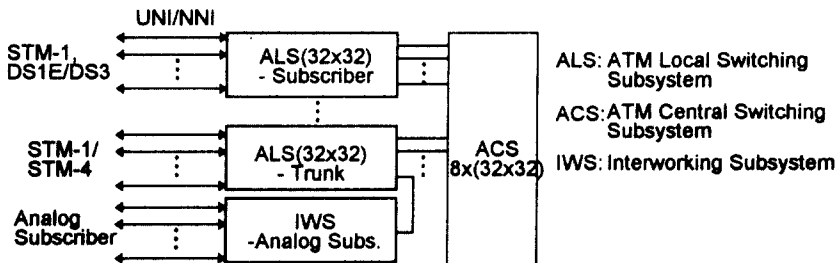


그림 6. 중 소형 TDX-ATM 교환기



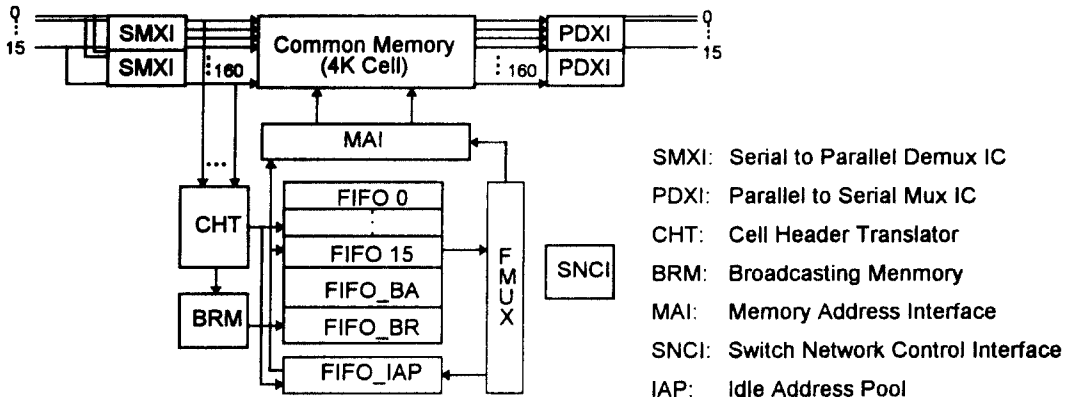


그림 9. 16x16 단위 스위치 구조

구성되며, 스위치는 그림 8과 같이 16x16의 스위치 소자 4개를 연결하여 구성한 32x32의 Folded ATM 스위치이다. 16x16의 스위치 소자는 제한 공유 버퍼 형태로 링크별로 셀의 주소를 저장할 수 있는 버퍼가 있으며, 셀을 저장하기 위한 공유 버퍼는 16 링크 각각에 대하여 256 셀 즉 총 4,096 셀을 저장할 수 있도록 되어 있다. 링크 각각에 대하여 버퍼가 할당되어 있으므로 하나의 링크가 overflow 되더라도 다른 링크의 버퍼를 사용하지 못하며 이러한 이유로 제한 공유 버퍼형이라 한다.

단위 스위치의 구조는 그림 9와 같이 버퍼, 메모리 및 제어회로로 이루어져 있다. 그림 9의 단위 스위치에서 스위치 내부의 동작 속도를 낮추기 위하여 입력 serial data를 parallel data로 변환하여(SMXI) 처리하고 있으며, 처리 후에는 parallel data를 serial data로 다시 변환하고(PDXI) 있다. 16개의 각 입력 링크별로 버퍼가(FIFO 0~FIFO 15) 할당되어 있는데, 이 버퍼에는 256개 셀의 주소를 저장할 수 있다. 또 각 링크별로 256개의 셀 즉 총 4,096개의 셀을 저장할 수 있는 메모리(Common Memory)가 준비되어 있다. 이 외에도 방송 기능, 유지 보수 및 시험 등에 필요한 프로세서와의 통신을 위한 기능(SNXI)이 있다. 현재 하나의 board에 16x16 단위 스위치 하나가 실현되어 있으나, ASIC화하여 하나의 board에 두개의 16x16 단위 스위치를 실장하기 위한 연구를 계속하고 있으며 '96년 상반기중에 실현 예정이다.

2.5 ATM 교환기의 QoS

ATM 교환기의 QoS에 대하여 명확히 정의된 바는

없으나 ITU-T 권고[9]에 의하면 셀 손실율(Cell loss ratio), 셀 혼입율(Cell misinsertion ratio), 셀 오류율(Cell error ratio), Severely errored cell block ratio, 평균

표 1. 각종 QoS parameter의 값

(a) ATM QoS class에 따른 QoS parameter 값

Parameter	CLP	QoS Class 1	QoS Class 2
Cell loss ratio	0/1	$<1.7 \times 10^{-10}/NS$	$<10^{-7}/NS$
Cell transfer delay	0/1	150 $\mu s$	250 $\mu s$
Cell delay variation	0/1	150 $\mu s$	250 $\mu s$

(b) 지연 시간(호 접속 및 호 해제)

Item	Call Set up	Call Clearing
Mean	80 ms	30 ms
95%	125 ms	50 ms

(c) 접속 거부율(Connection Denial Probability)

Peak rate (Mbps)	Probability
$\leq 1.5$	$10^{-6}$
$\leq 6$	$10^{-5}$
$\leq 10$	$10^{-4}$
$\leq 135$	$10^{-3}$
$\leq 620$	$10^{-2}$

(d) Circuit emulation시의 QoS parameter 값

Parameter	DS1 Circuit emulation	DS3 Circuit emulation
Cell loss ratio	$<1.7 \times 10^{-10}$	$<1.7 \times 10^{-10}$
Cell transfer delay(99%)	150 $\mu s$	150 $\mu s$
Cell transfer delay(99%)	250 $\mu s$	250 $\mu s$
Jitter absorption delay (10 <sup>-10</sup> quantile)	750 $\mu s$	1,000 $\mu s$

셀 전달 지연(Mean cell transfer delay) 및 셀 지연 변이(Cell delay variation)등으로 정의할 수 있다. 현재 ATM 교환기에 대한 구체적인 수치는 ITU-T 권고에는 없으나 Bellcore등에서 일부 정해진 바가 있다. Bellcore에서는 성능 목표(Performance Objective)로 나타내고 있는데, 주요 parameter에는 셀 손실율(Cell loss ratio), 셀 전달 지연(Cell transfer delay), 셀 지연 변이(Cell delay variation), 접속 거부율(Connection denial probability)등이다. 표 1에 Bellcore[10]에 의한 각종 QoS parameter 값이 나타나 있다. 현재 HAN/B-ISDN 사업에서 개발중인 ATM 교환기도 Bellcore의 QoS parameter 값을 따르는 방향으로 논의되고 있다.

### III. TDX-ATM 교환기의 시험

HAN/B-ISDN 프로젝트의 일환으로 ETRI에서 개발중인 ATM 교환기(TDX-ATM)의 QoS(또는 성능)를 알아보기 위한 시험을 행하였다.

#### 3.1 시험용 교환기의 구성

현재 개발중인 중소형 ATM 교환기는 256×256의 스위치 규모가 가능하나 본 시험에 사용된 교환기는 초기 버전으로 8개의 ALS와 4개의 ACS로 64×64 규모의 스위치를 이룬다. 본 시험에 사용된 교환기의 구성을 살펴보면 그림 10과 같다.

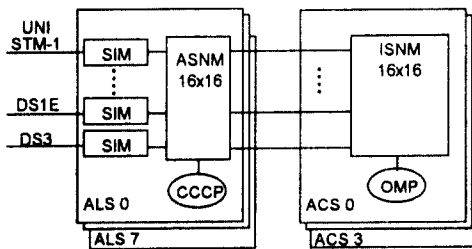


그림 10. 시험용 교환기의 구성

ALS(ATM Local Switching Subsystem) 및 ACS(ATM Central Switching Subsystem)의 스위치는 16×16 단 방향 Folded 구조이다. ALS의 경우 16개의 포트는 ACS와의 연결(8 포트), 가입자 수용(7 포트) 및 ALS의 제어 프로세서용(1 포트)으로 사용된다. ALS와 ACS는 그림 11과 같이 연결되어 있다. 본 교환기는 ALS

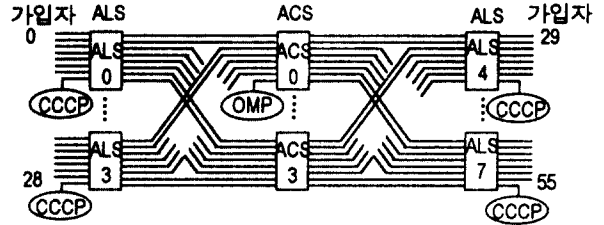


그림 11. Switch Fabric의 구성

당 7 가입자, 최대 56 가입자를 수용할 수 있으며, 제원을 살펴보면 다음과 같다.

- Throughput : 9.8 Gbps
- Switch : 64×64
- Maximum Virtual Connection : 256 PVC
- Interface : SDH Based STM-1(155Mbps)/DS-1E (2Mbps), DS-3(45Mbps)
- Cell Format : ITU-T L361

SDH Based STM-1의 53 Octet로 구성되어 있는 셀을 ATM 가입자 정합 장치에서 받아, 5 Octet의 셀 헤더에 포함되어 있는 VPI/VCI에 대한 번역(translation)을 행하고, 시스템 내부의 Routing을 위한 3 Octet을 추가한다. (그림 12 참조) 56 Octet의 셀은 14 Octet 단위로 분할되고, 14 Octet 각각에 셀 동기, 프레임 동기, CRC 등을 위하여 2 Octet가 추가된다. 즉 시스템 내부에서의 동작을 위하여 53 Octet 길이의 셀에 11 Octet가 추가된다. 따라서, 시스템 내부의 Bit rate는  $155.520 \times 64 / 53 = 187.8\text{Mbps}$ 이며, 직렬/병렬 변환으로 스위치 내부의 bit rate는  $187.8 / 8 = 23.47\text{Mbps}$ 이다. 시스템 내의 목적인 최종단(가입자 정합부)에 보내진 후, 병렬/직렬 변환 후에 53 Octet로 다시 환원되어 최종 가입자의 목적지로 전송된다.

시스템의 전반적인 운영 및 유지 보수를 위하여 ACS에 OMP(Operating & Maintenance Processor)가 설치되어 있다. 가입자의 상태 관리는 ALS별로 이루어지며, 가입자 관련 정보 및 OAM 관련 정보가 실시간적으로 OMP로 보고되어 운영자가 알 수 있도록 한다. OMP에서는 이외에 HMI(Human Machine Interface) 기능도 관장한다.

#### 3.2 품질 시험

스위치를 통과하는 ATM 셀의 형태는 사용자 셀, 접속 설정 및 해제를 위한 셀, OAM 셀 및 자원 관리용 셀로 구분할 수 있다. 사용자 셀은 상대방 가입자

표 2. 셀 지연 및 지연 시간 변이(단일 채널 7.488 Mbps/100개 채널×1.496Mbps)

	단 방향 품질 시험		양방향 품질 시험	
	Cell Interarrival Time(μs)	Cell Delay Time(μs)	Cell Interarrival Time(μs)	Cell Delay Time(μs)
Minimum	53.8/280.2	52.6/52.9	50.6/280.2	103.1/120.5
Maximum	59.9/286.2	55.9/55.8	62.6/286.1	109.1/121.1
Mean	56.62/283.1	53.3/54.0	56.6/283.1	104.4/120.8

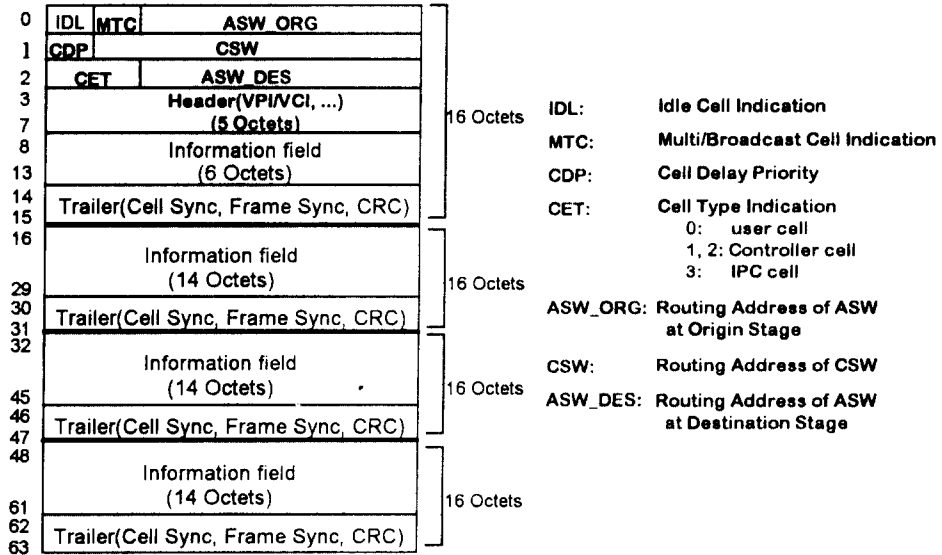
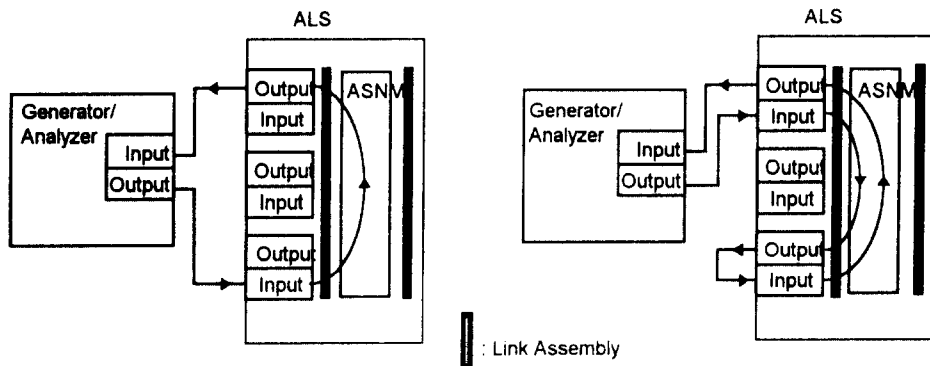


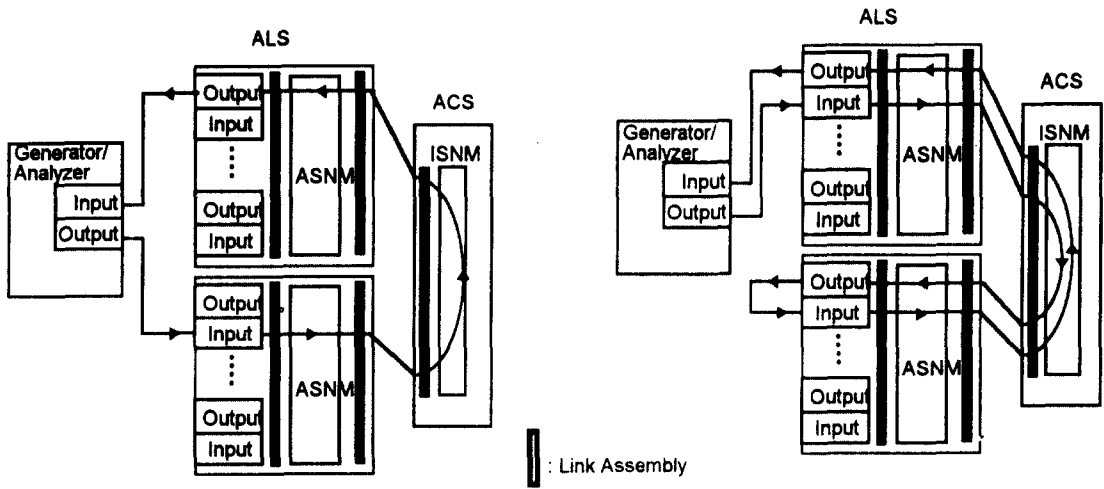
그림 12. 시스템 내부 셀 형태



(a) 단 방향 품질 시험

(b) 양 방향 품질 시험

그림 13. 시험 구성(동일 ASS 가입자간)



(a) 단 방향 품질 시험

(b) 양 방향 품질 시험

그림 14. 시험 구성 (다른 ASS 가입자간)

표 3. 셀 지연 및 지연 시간 변이 (단일 채널 7.488 Mbps/100개 채널 × 1.496Mbps)

	단 방향 품질 시험		양방향 품질 시험	
	Cell Interarrival Time( $\mu$ s)	Cell Delay Time( $\mu$ s)	Cell Interarrival Time( $\mu$ s)	Cell Delay Time( $\mu$ s)
Minimum	53.8/280.1	106.7/106	50.6/280.1	216.5/216.5
Maximum	59.8/286.2	110.0/109.4	62.7/286.2	219.8/222.5
Mean	56.62/283.1	107.6/109.0	57.1/283.1	218.7/220.1

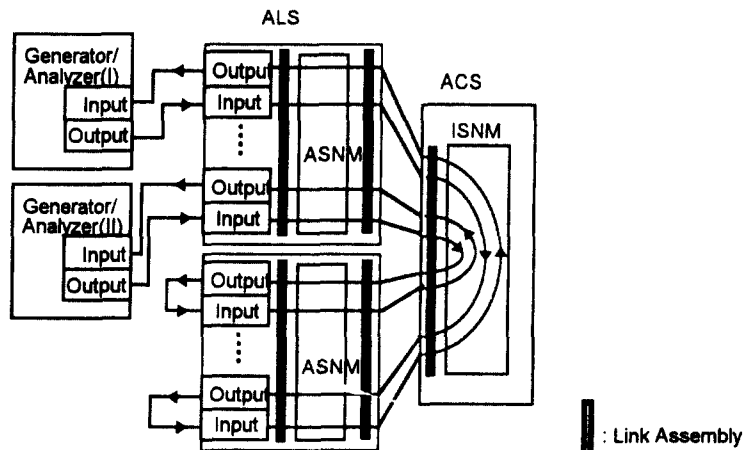


그림 15. 시험 구성(별도의 경로)

의 위치에 따라 1단 또는 3단의 스위치를 경유하며, 접속 설정을 위한 셀은 1단 스위치 경로만으로 셀이 전송 된다. OAM 셀 및 자원 관리용 셀들은 가입자에서 발생되거나, 가입자 서브 시스템의 자원을 관리하고 있는 프로세서가 우선적으로 감지하여 ALS-ACS의 2단 스위치를 경유하여 OMP에 보고되어 운용자가 알 수 있도록 한다. 따라서 시험은 교환기의 OS (Operating System)가 정상적으로 운용되고, 가입자의 상태 관리 및 일부 OAM 관리 기능이 정상적으로 행하여지는 상태에서 이루어졌다. 시험은 여러 경우에서 지연 시간 및 지연 시간 변이를 측정하였으며, 장시간 시험을 행하여 교환기의 안정성 및 성능에 대한 시험도 행하였다.

### 3.2.1 동일 서브 시스템 가입자간의 품질 시험(동일 대역폭)

그림 13과 같이 측정 장비와 교환기를 연결하여, 동일 ASS내에 수용된 ATM 가입자 사이에서의 지연 시간을 측정하였다. ASS에서 한번 스위칭될 경우와 cable loop을 하여 2번 스위칭 될 경우에 대하여 시험하였으며, 이때 트래픽은 한 채널에 CBR 7.488Mbps를 가하거나, 100개의 채널에 VPI가 서로 다른 CBR 1.4976 Mbps를 각각 부가하였다.

시험 결과 다음의 표 2와 같이 단 방향의 경우 셀 전송 지연은 평균 53.3 s이고 셀 지연 변이는 최대 6.1 s로 나타났다. 위의 지연의 대부분은 ATM 가입자 (SIM : Subscriber Interface Module)와 스위치 모듈 (SMEA : Switch Memory Assembly)을 정합 시키는 링크용 하드웨어 모듈(IM1)로 인한 것이며, 이 값은 참고문헌[11]에 기술한 고정 지연의 값에 해당되는 것이라 할 수 있다. 양방향의 경우에 셀 지연 시간 및 지연 변이 모두 약 2배로 증가하는 것을 알 수 있다.

### 3.2.2 다른 서브 시스템 가입자간 품질 시험(동일 대역폭)

이 시험에서도 트래픽은 1 채널의 CBR 7.488Mbps 또는 100 채널의 CBR 1.496Mbps 트래픽을 가하였다. 다른 서브 시스템간의 품질 측정은 서로 다른 ALS에 연결되어 있는 가입자(또는 교환기 시스템)의 경우이다. 이 경로는 그림 14와 같이 3단 스위치로 이루어지며, 두개의 ALS는 가입자용(UNI 또는 NNI) 서브 시스템이며 중앙의 ACS는 Central 스위치로서 다른 ALS에 접속되어 있는 가입자에 대하여 교환을 하여 준다.

위의 그림과 같이 구성하고 부하를 가하였을 경우 시험 결과는 표 3과 같다. 동일 ASS 가입자간의 접속과 비교하면 지연 시간과 지연 시간 변이 모두 약 2배 정도임을 알 수 있다. 또 다른 ASS 가입자간의 접속에서도 예상했던 바와 같이 양 방향의 경우 지연 시간 및 지연 시간 변이가 단 방향의 경우의 약 2배이었다. 100 채널에 1.496Mbps CBR 트래픽을 가했을 경우 Cell Interarrival Time과 Cell Delay Time의 variance는 3.53 s와 1.58 s이었다.

### 3.2.3 다른 서브 시스템간 품질 시험(대역폭이 다른 경우)

이 시험은 교환기에 다수의 경로(connection path)가 설정되어 있을 경우에 경로 상호간에 미치는 영향이 있는지를 알아보기 위한 것이다. 두 경우에 대하여 시험을 하였는데, 첫째는 별도의 경로가 다수 설정되어 있는 경우이고 다음으로는 일부 경로의 트래픽이 혼합되어 동일한 경로를 택할 경우이다.

#### 3.2.3.1 별도의 경로가 설정된 경우

시험은 그림 15와 같이 구성하고 2개의 트래픽 발생 장치를 이용하여 부하를 발생시켰다. 트래픽 발생 장치 1에서는 동일한 경로에 7개의 connection을 설정하여 각각 7.488, 45, 40, 30, 15, 5, 4, 3.272Mbps의 CBR 트래픽을 가하였고, 트래픽 발생 장치 2에서는 하나의 CBR 100Mbps 트래픽을 가하였다. 2개의 트래픽 발생 장치를 동작시키고 7.488Mbps connection에 대하여 셀 지연 시간 및 지연 시간 변이를 트래픽 발생 장치 1에서 측정된 결과 표 4의 결과를 얻을 수 있었다. 이 결과는 이전의 결과와 유사함을 알 수 있으며, 그림 15와 같은 구성에서도 교환기가 제대로 동작함을 알 수 있다.

표 4. 7.488 Mbps 트래픽에 대한 셀 지연 및 지연 시간 변이 (별도의 경로)

	Cell Interarrival Time( $\mu$ s)	Cell Delay Time( $\mu$ s)
Minimum	56.5	213.5
Maximum	57.1	214.1
Mean	56.6	213.7

#### 3.2.3.2 트래픽이 혼합된 경우

이 시험은 트래픽이 혼합될 경우에 어떤 영향을 주는지를 알아보기 위한 것이다. 그림 16과 같이 2개의 트래픽 발생 장치를 연결하였다. 트래픽 발생 장치(1)

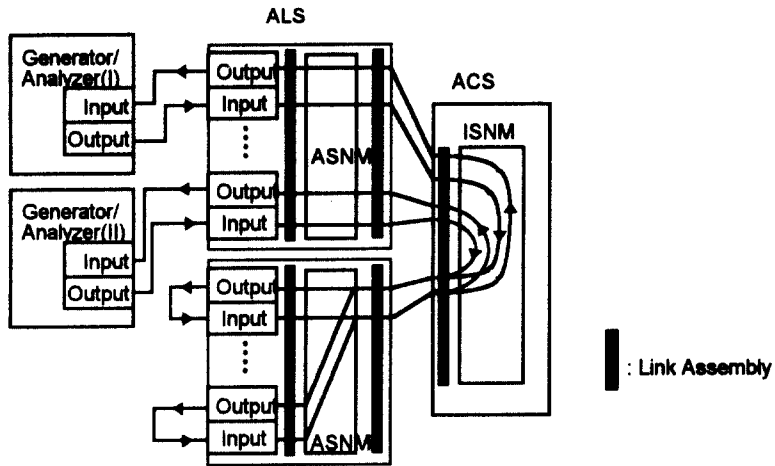


그림 16. 시험 구성(트래픽이 혼합될 경우)

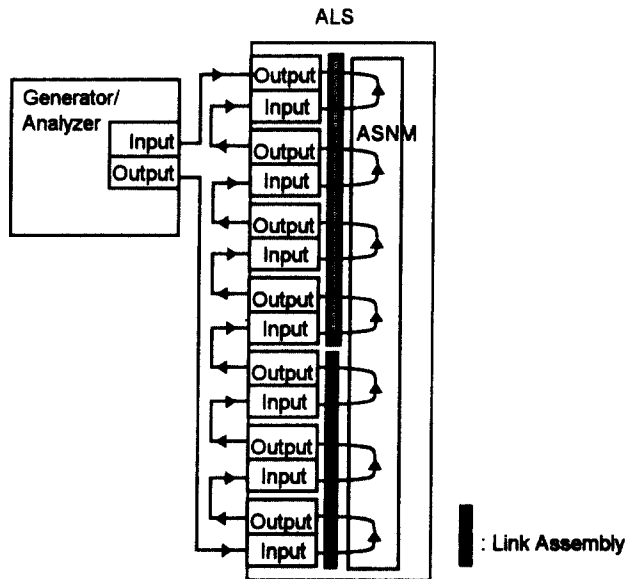


그림 17. 스위치와 링크의 안정성 시험

에서는 45Mbps의 CBR 트래픽을 발생시키고, 트래픽 발생 장치(II)에서는 최대 149.76Mbps이고 평균 86.79Mbps인 VBR 트래픽을 발생시켰다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 일부 링크를 공유하고 있으므로 두개의 트래픽 발생 장치를 동작시킬 경우 일부의 셀이 버퍼에 대기하여야 할 경우가 생긴다. 시험한 결과 트

래픽 발생 장치(1)만 작동시킬 경우에 지연시간은 최소 207.6 $\mu$ s, 최대 211.0 $\mu$ s, 평균 209.9 $\mu$ s이었으며, 두 개 모두 작동시킬 경우에는 최대 지연시간이 약 54 $\mu$ s 증가하였다. 최대 지연시간이 증가한 이유는 셀이 버퍼에 대기하였기 때문이며, 이는 약 20개의 셀이 버퍼에 추가되었다는 것을 의미한다. 이 시험에서 TDX-ATM

교환기가 CBR 트래픽과 VBR 트래픽이 혼합될 경우에도 지연 시간이 약간 증가하지만 제대로 처리하고 있음을 알 수 있다.

### 3.3 성능 및 안정성 시험

성능 및 안정성 시험은 트래픽의 변화 및 과부하에 의한 영향과 장시간 운용 시험을 이루어 진다. 시험은 Switch와 링크의 안정성 시험, 스위치의 버퍼 기능 확인, 트래픽 관리, 성능 시험 등으로 구분하여 행하였다.

#### 3.3.1 Switch와 Link의 안정성 시험

ALS의 16×16 단위 스위치 모듈(ASNМ)과 데이터 링크를 시험하기 위하여 그림 17과 같이 구성하였다. 링크는 스위치와 가입자 보드를 정합해 주며, 한 개의 링크 보드에 4개의 스위치 port가 연결할 수 있다. 그림과 같이 구성하여 24시간 동안 149.76Mbps의 CBR 트래픽을 가하였다. 시험 결과 셀 손실이 없었으며, 이것은 Switch와 Link가 어느 정도 안정적으로 동작함을 뜻한다.

#### 3.3.2 Switch Overflow 시험

스위치의 Overflow 시험은 switch element의 AFIFO(Address First-In First-out)가 제대로 동작하는지 점검하는 것이다. AFIFO는 256 셀의 주소를 저장할 수 있으며, 80%(205개)까지는 저장하나 이를 초과하면 overflow되어 손실되도록 되어 있다. 이 시험에서 CLP

(Cell Loss Priority) 및 UPC(Usage parameter Control) 관련 기능은 제외되었으며, 버퍼 관리가 제대로 이루어지는지에 대해서만 시험하였다.

시험 구성도는 그림 18과 같이 2개의 트래픽 발생 장치를 연결하여 구성하였다. 각각의 트래픽 발생 장치에서 74.88Mbps와 74.89Mbps의 CBR 트래픽을 일정 시간 교대로 발생시켰다. 각각 74.89Mbps의 트래픽을 발생시킬 경우에는 AFIFO의 overflow로 셀 손실이 발생하였다. 최대 셀 지연 변이를 측정할 결과 최대 205개의 셀이 버퍼에 저장되어 있었음을 알 수 있었다. 따라서 버퍼 관리가 제대로 이루어짐을 확인할 수 있었다.

#### 3.3.3 트래픽 관리 시험

일반적으로 ATM 교환기에서 트래픽 관리라 함은 지연에 민감한 트래픽의 셀이 유실되지 않도록 보장하는 기법으로 UPC(Usage Parameter Control)와 CLP(Cell-Loss Priority) Bit을 활용하는 방법 등이 있다. 시험 대상인 현재의 교환기에는 이와 같은 기능이 없으나, 중소형 교환기에 실현되어 있으며 시험 중이다. 현재의 교환기에는 ALS-ACS-ALS를 연결하는 내부 스위치 및 링크의 선택 시 최대 가용 대역폭을 갖는 링크가 우선적으로 선택되도록 되어 있다. 각 링크별로 서로 다른 부하를 가한 다음 새로운 connection을 추가하고 연결되는 링크를 확인한 결과 최대 가용 대역폭을 갖는 링크가 선택됨을 확인할 수 있었다.

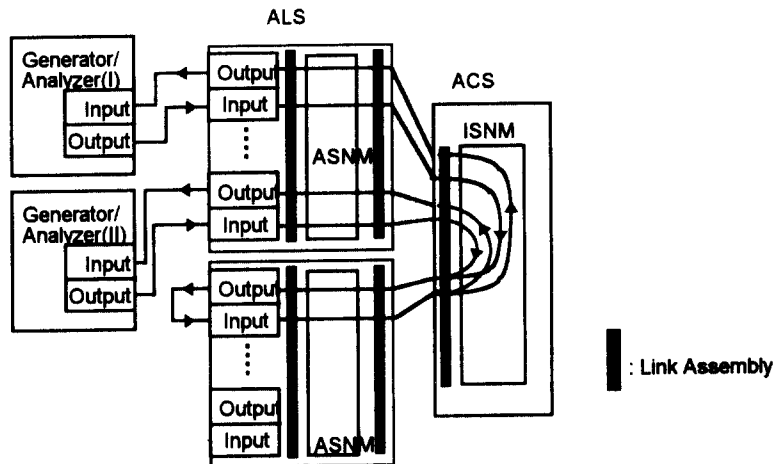


그림 18. Switch Overflow 시험 구성도

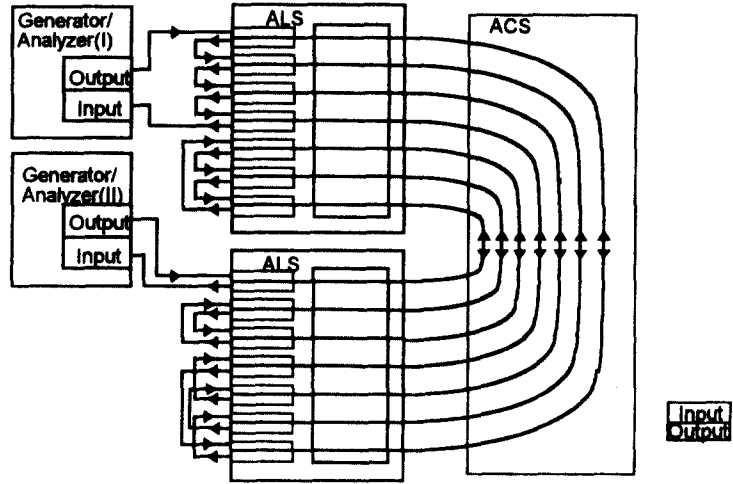


그림 19. 성능 시험 구성도

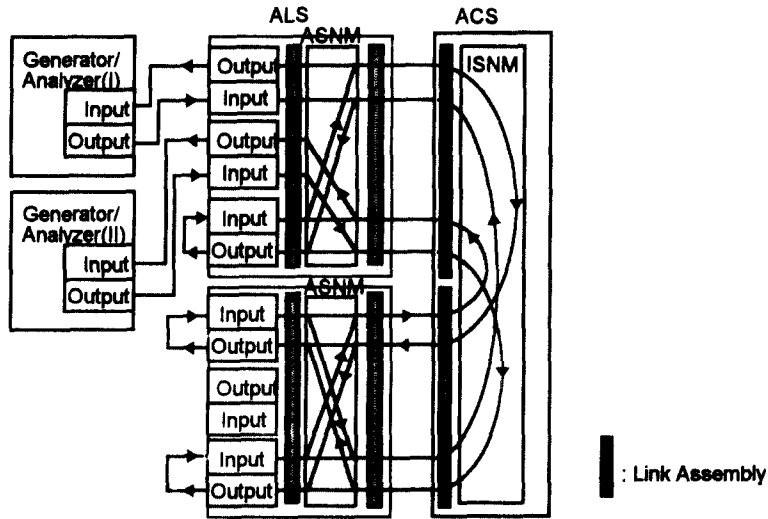


그림 20. 시험 구성도(CBR 스트림과 VBR 스트림의 혼합)

### 3.3.4 성능 시험

교환기가 처리할 수 있는 최대의 트래픽을 가하여 성능을 시험하였다. 성능 시험은 CBR 트래픽에 의한 시험과 CBR 트래픽과 VBR 트래픽을 혼합했을 경우에 대하여 행하였다.

#### 3.3.4.1 CBR 트래픽에 의한 성능 시험

그림 19와 같이 2대의 트래픽 발생 장치를 교환기

에 연결하여 구성하였다. 2대의 트래픽 발생 장치에서 각각 각각 149.76Mbps의 CBR 트래픽을 발생시키고 교환기가 정상적으로 운용되는지 확인하였다. 38시간 운용 결과 셀 손실이 7개 발생하였다. 이 시험 결과 CBR 트래픽의 경우에 최대 트래픽을 제대로 처리하는 것을 알 수 있으나, 운용 시간이 너무 짧기 때문에 셀 손실율을 구하는 것은 의미가 없다. 수치상으로는 약  $1.1 \times 10^{-11}$ 의 셀 손실율에 해당되나 의미 있



표 5. 7.488 Mbps 트래픽에 대한 셀 지연 및 지연 시간 변이(별도의 경로)

Item	Load(0.7625)		Load(0.8875)		Load(0.9875)	
	CBR(0.7)	VBR(0.0625)	CBR(0.7)	VBR(0.1875)	CBR(0.7)	VBR(0.2875)
측정시간	135365sec	136190sec	211529sec	211748sec	46320sec	46320sec
수신 Cell	$3.3 \times 10^{10}$	$3.0 \times 10^9$	$5.2 \times 10^{10}$	$1.4 \times 10^{10}$	$1.1 \times 10^{10}$	$4.7 \times 10^9$
손실 Cell	11	3	12	7	4502	4502
Cell 손실율	$3.3 \times 10^{-10}$	$1.0 \times 10^{-9}$	$2.3 \times 10^{-10}$	$5.0 \times 10^{-10}$	$3.9 \times 10^{-7}$	$9.5 \times 10^{-7}$
J.R	-	-	-	$8.3 \times 10^{-12}$	-	$6.3 \times 10^{-12}$

는 손실율을 얻기 위하여는 1개월 이상 측정하여야 한다.

3.3.4.2 VBR 트래픽에 대한 성능 시험

CBR 스트림과 Bursty 스트림이 혼합되어 교환기 내의 동일 경로를 흐를 때 어떤 결과가 생기는지 알아보기 위한 시험이다. 그림 20과 같이 2개의 트래픽 발생 장치를 교환기에 연결하여 구성한다.

위의 구성도에서 발생 장치(I)에서는 Load율 약 0.7의 CBR 스트림을 발생시키고, 측정기(II)에서는 VBR 스트림을 발생시켰다. VBR 스트림은 최대 149.76 Mbps이고 평균 9.36/28.08/43.056Mbps인 데, load 율로 환산하면 0.0625/0.1875/0.2875이고, bursty cell의 길이는 5/15/23이 된다. 0.7의 CBR 트래픽과 VBR 스트림을 동시에 가하면 시험 구성도에서 7곳에서 Hot spot이 일어난다. 이 때 셀 손실율을 구하면 표 5와 같이 Load = 0.8 이하일 경우에는  $10^{-10}$  정도로 안정된 동작을 하는 것을 알 수 있다. 결과에 의하면 총 부하

가 0.8 이상으로 증가함에 따라 셀 손실이 많아지는 것을 알 수 있다. 시험 결과에서 Load = 0.8875일 경우의 셀 손실율이 Load = 0.7625일 경우보다 오히려 낮은 이유는 시험 기간이 짧기 때문이라고 할 수 있다. 이 시험에서 측정 기간이 짧기 때문에 셀 손실율 자체는 다만 경향을 파악하는 지표로 사용될 수 있다.

3.4 ATM 교환기 운용 예

그림 21과 같이 ATM 교환기를 이용하여 구성된 ATM 망이 NTB로 시험 운용되고 있다. 구성도에서 CANS는 집중형 NT로 STM-1급의 4 가입자를 수용할 수 있으며, 교환기의 UNI 가입자 정합 장치에 접속되어 운용된다. 교환기 및 CANS에는 B-TA가 접속되어 N-ISDN(음성), 영상 전화, LAN등을 연결할 수 있다. 이 장치들을 이용하여 영상 전화 및 데이터 통신 서비스가 가능하다. 구성도에서 '95. 4. 27.~'95. 7. 30.에 정상 동작 시의 단말간(end-to-end) 셀 손실율은 평균  $2.48 \times 10^{-10}$ 이었다.

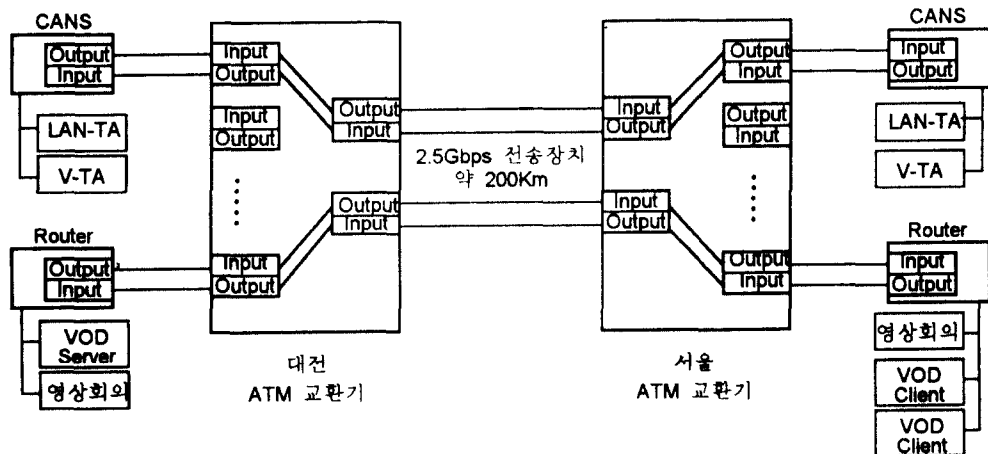


그림 21. NTB 구성도

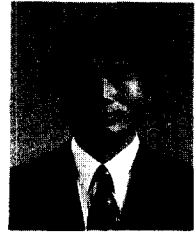
#### IV. 결 론

초고속 통신망에서 ATM 교환기의 역할, ATM 교환기의 구조, 동작, QoS 등에 대하여 간단히 기술하였다. 다음으로 HAN/B-ISDN 프로젝트의 일환으로 개발되고 있는 초기 버전 TDX-ATM 교환기에 대하여 다양하게 구성하여 품질 및 성능에 대한 시험을 행하였다.

시험 결과에 의하면 셀 지연은 약  $107\mu s$ , 셀 지연 변이는 약  $6\mu s$ 임을 알 수 있었으며, 부하가 0.8 정도일 경우에도 안정적으로 동작함을 알 수 있었다. 이번 시험에 사용된 교환기는 트래픽 관리 기능, 각종 성능 감시 기능 및 통계 기능 등이 없는 상태이었으며, 이러한 기능들은 1996년 개발 완료 예정인 중소형 ATM 교환기에 실현 중에 있다.

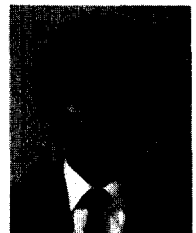
#### 참 고 문 헌

1. 정일영, "ATM 포럼의 최근 표준화 동향," 텔레콤 제11권 제1호, 1995년 6월, pp. 3-13
2. 최준균, "ITU-T의 ATM 표준화 동향," 텔레콤 제11권 제1호, 1995년 6월, pp. 14-22
3. ITU Recommendation I.361, B-ISDN ATM Layer Specification
4. ITU Recommendation I.150, B-ISDN ATM Functional Characteristics
5. ITU Recommendation Q.2931, B-ISDN UNI Layer 3 Protocol
6. ITU Recommendation Q.2764, B-ISDN NNI Signaling Protocol
7. ITU Recommendation I.363, B-ISDN AAL Specification
8. Rathgeb, E. P., Theimer, T. H., Huber, M. N. : ATM Switches-Basic Architectures and their Performance, Int'l Journal of Digital and Analog Cabled Systems, Vol. 2, no. 4, Oct. 1989, pp. 227-236
9. ITU-T Recommendation I.356, B-ISDN ATM Layer Cell Transfer Performance
10. TA-NWT-001110, Issue 2, August 1993, B-ISDN Switching System Generic Requirements, Bellcore
11. Thomas R. Banniza, "Design and Technology Aspects of VLSI's for ATM Switches," IEEE Journal on Selected Areas in Communication, vol. 9 no. 8, October 1991.



정택원

- 1979년 2월 : 서울대학교 공과대학 전기공학과(학사)
- 1981년 2월 : 동 대학원(석사)
- 1991년 7월 : University of Florida (Ph.D in EE)
- 1983년~현재 : 한국전자통신연구소 선임연구원  
교환기술연구단 품질보증연구실장



한치문

- 1977년 2월 : 경북대학교 공과대학 전자공학과(학사)
- 1983년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과(석사)
- 1990년 9월 : 일본 동경대학 대학원(박사, 전기공학)
- 1993년 4월~현재 : 한국전자통신연구소 책임연구원  
교환기술연구단 계통연구부장