

디지털 교환기술

朴 恒 九
(正 會 員)

韓國電子通信研究所 TDX 開發團長

I. 서 론

교환기술은 음성 및 비음성 정보를 하나의 통일된 통신망을 통하여 제공하고자 하는 종합정보통신망 구축의 핵심기술이며 통신서비스의 다양화 추세에 부응하기 위해서는 교환기술의 선진화가 반드시 필요하다 하겠다. 이에 따라 선진 각국에서는 종합정보통신망에 적합한 교환기를 개발하고자 노력을 기울이고 있다.

현재의 교환기는 통신기술 뿐만 아니라 컴퓨터, 반도체, 소프트웨어 기술 등 관련 첨단기술의 결정체라 해도 과언이 아닐 정도로 다양한 기술들이 뒷받침되어야 가능하고, 교환기 개발 능력은 한 국가의 전자기술 수준을 평가하는 척도의 역할을 하고 있다. 이와 같은 교환기술은 관련기술과 상호 연결되어 발전함으로써 기술 파급효과가 막대하다. 따라서 교환기술은 2000년대 정보사회 구현에 필요불가결한 기술이라고 볼 수 있으며 이 분야의 기술개발 없이는 선진국으로 발돋움 하는데 상당히 곤란할 것으로 보여진다.

디지털 교환기의 기본기술에는 가입자 및 중계선 정합기술, 스위치 네트워크 및 망동기 기술, 교환제어 기술등이 있으며, 종합정보통신망에서 다양한 서비스를 제공하기 위한 ISDN 액세스 기술, No.7 공동선 신호기술, 패킷 교환 기술 등이 부가적으로 필요하게 되었다. 선진 각국에서는 고도 정보화 사회로 진화하면서 발생하는 정보의 다량화 및 고속화에 따라 다량의 정보를 고속 교환하기 위한 광대역 교환기술이 활발히 연구되고 있다.

본고에서는 사설교환기(PABX)를 포함한 교환 기술의 전반적인 발전 현황을 언급한 후 디지털 교환기의 기본기술과 차세대 광대역 교환기술에 관하여 간략히 소개하고 교환기술의 발전 추세 및 우리나라의 교환기술 개발계획을 살펴보고자 한다.

II. 교환기술의 발전현황

국설교환기는 표 1과 같이 기계식을 거쳐 전자식으로 발전하여 왔다. 기계식 교환기는 사람 대신에 기계에 의해 전화교환을 수행하는 것으로서 스트로저 교환기, EMD 교환기, 크로스바교환기로 발전하였다. 특히 통화로제와 제어제를 완전 분리하고 공통제어방식을 채택한 크로스바교환기는 전자교환기의 개발의 기초가 되었다.

표 1. 국설 교환기의 발전형태

구 분	통화로제	제 어 계	신호방식	정보처리
기계식	전자계전기	공통제어	애널로그	음 성
애널로그 ESS	리드계전기	집중제어	애널로그	음 성
디지털 ESS	집적회로	분산제어	디지털	음성/데이터
ISDN ESS	고집적회로/ 광소자	분산제어	디지털	음성/데이터/화상

전자교환기(ESS)는 1960년대 이후 컴퓨터, 반도체, 소프트웨어 기술 등의 발전에 힘입어 교환기의 제어계에 축적프로그램 방식이 도입됨으로써 등장하게 되었다. '60년대에 개발된 애널로그 ESS는 애널로그 신호의 공간분할방식 교환기로서 중형컴퓨터에 의해 제어계의 전자화는 이루어졌으나 통화로제는 기계식 리드 계전기를 그대로 사용하였기 때문에 반전자교환기라고도 한다. 애널로그 ESS로서 아직까지 사용중인 국설교환기로는 AT&T사가 1966년에 소개한 No.1 ESS와 그 뒤 일본의 D10, FETEX 100, 벨지움의 M10CN, 미국의 No. 1A ESS 등이 있으며 70년대에 전 세계적으로 보급되었다.

70년대 이후에 개발된 디지털 ESS는 펄스부호변조(PCM) 원리를 이용한 디지털 신호의 시간분할방식 교

환기로서 통화로계까지 전자화가 이루어졌기 때문에 전전자교환기라고도 한다. 70년대에 개발된 디지털 ESS의 특징으로서서는 반도체 발전에 따른 디지털 전송, 디지털 교환이라는 IDN(integrated digital network) 개념에서 출발하였으며 호의 분산처리, 운용 및 유지보수의 중앙 집중화 개념에 의한 모듈러 설계방식이 채용되었으나 주변 기술 발전 속도가 빠르므로 인하여 동일 교환기 명칭아래 다수의 version이 존재하는 단점을 가지고 있다.

한편 80년대에 들어 종합정보통신망 구축에 필요한 ISDN용 ESS를 위하여 반도체의 급격한 발전에 힘입어 제어계에서는 분산제어개념을 더욱 발전시키고 통

화로계에서는 고집적회로 및 광소자의 활용이 진행되고 있으나, ISDN 기능 부가를 위하여 기존 교환기에 새로운 개념을 추가하는데 70년대에 수립한 교환기 구조를 광대역 ISDN 기능까지 서비스하기 위하여는 구조 수정이 불가피함을 인정하고 있고 기존구조와 interwork의 어려움 때문에 예상보다 ISDN 기능개발 기간이 길어지고 있다. 디지털 ESS의 기종으로서서는 미국의 No. 5ESS, No. 5EAX, 캐나다의 DMS-100/200, 스웨덴의 AXE-10, 독일의 EWSD, 프랑스의 E-10 B, MT 20, 이태리의 PROTEO, 벨지움의 S-1240, 일본의 D70, FETEX150, HDX-10 및 우리나라의 TDX-1, TDX-10이 있다. 표 2에서는 대표적인 디지털 ESS의

표 2. 디지털 ESS의 비교표

	AXE-10	No.5ESS	S1240	D-70	TDX-10
1. 용도	local toll	local toll	local toll	local toll	local tandem/toll
2. 용량 - 가입자 - 중계선 - erlang - BHCA	200,000 65,000 25,000 700,000	100,000 60,000 30,000 500,000	100,000 60,000 25,000 750,000	100,000 4,800 630,000	100,000 60,000 26,000 1,200,000
3. 통화로계 구조 - 스위치 망 구조 - time switch 용량 - space switch 용량	T-S-T 512 TS 128×128	T-S-T 512 TS 2×(32×32)	TS...TS 512 TS	T-S-T 1,024 TS 16×16	T-S-T 4,096 TS 64×64
4. 제어계 - 제어방식 - 프로세서 - 프로그램 언어	중앙집중 APZ 212 PLEX	분산제어 3B20, MC68000 (32bit), (16bit) C	분산제어 Intel 8086 (16bit) CHILL	분산제어 customed VLSI (32bit) CHILL	분산제어 MC68020 (32bit) CHILL
5. 소모전력 (W/Line)	1.9	2.2	2.1	1.6	1.5
6. 랙크 크기 (H×D×W Cm)	290×39×73.1	183×53×76	210×45×90	275×65×45	220×55×75
7. 상면적 (m ² /10,000회선)	75	74	62	60	60
8. 가입자 PBA 밀도 (PBA당 가입자 수)	8	32	8	8	16
9. 원격 가입자 장치 (회선수/장치)	2,048/RSS	4,096/RSM	480/RSU	6,000/RCS	4,096/RASM
10. 중설단위	128 가입자/LSM 2.048/TSM	512 가입자/LU 4.096/IM	60가입자 480/Rack	128 가입자 2.048/SLIE	512 가입자/LU
11. ISDN 기능 시범 - 가입자 액세스 - Field trial	B+D 이태리 베니스 '84. 5 -	'86. 11 시카고 맥도날드회사 '86. 11 -	2B+D 독일 Stuttgart '87 -	B+D+C/2B+D 일본 (자국형) '86 -	2B+D, 23B+D/30B+D '90 -

특성을 비교하였다.

사설교환기 분야에서는 용도, 교환방식, 제어방식 등을 기준으로 볼 때 그 발전과정을 표3과 같이 4단계로 분류할 수 있다. 사설교환기는 일반적인 통신기술과 국설교환기술의 발전을 바탕으로 비약적인 기술발전이 이루어지고 있는데, 1975년 이전에는 기계식 교환방식과 단단식(step-by-step) 제어방식에 의해 음성교환을 목적으로 하는 제1세대 교환기가 있었고, 80년대까지는 PAM 및 공통제어방식에 의한 제2세대 교환기가 개발되었다. 뒤를 이어 83년까지는 PCM 및 분산 제어방식에 의해 음성 및 데이터 교환을 위한 제3세대가 출현하였으며, 최근 PCM/패킷 교환방식과 분산 제어방식에 의해 음성, 데이터, 화상 등의 교환에 이용되는 제4세대 사설교환기가 등장하게 되었다.

표 3. 사설교환기의 발전형태

구분	제1세대	제2세대	제3세대	제4세대
개발년대	'75년이전	'75~'80	'80~'83	'84~
용도	음성	음성	음성/데이터	음성/데이터/화상
교환방식	기계식	PAM	PCM	PCM/패킷
제어방식	단단식	공통제어	분산제어	분산제어
전송로	에널로그	에널로그	디지털	디지털

이와 같은 사설교환기 발전과정을 살펴볼 때 음성통신만이 가능한 제1, 2세대 기종에서 정보교환이 가능한 제3, 4세대 디지털 기종으로 이동하고 있으며, 제1, 2세대 기종은 소멸 내지 감소해 가는 반면 제3, 4세대 사설교환기 수요는 급신장 되어가고 있어 이에 따라 사설교환기는 전화는 물론 OA기기를 유기적으로 접속한 LAN, VAN 등 기업적 통신망의 중추적 역할을 담당해 나가고 있다.

세대별 사설교환기로는 제1세대로서 스트로저, EMD, X-Bar, 제2세대로서 Dimension, SL-1, CBX, NEAX-22, Sentinel 등이 있고 제3세대로서 System 85, SL-1 DATA, NEAX-2400, CBX-II가 있으며 제4세대로서 IBX, ROSE, PNE 등이 있다.

III. 디지털 교환기의 기본기술

교환기관 가입자선이나 중계선 등을 이용하여 사용자들이 원하는 음성 및 비음성 정보를 신속, 정확하게 전송도 경제적으로 교환할 수 있게 하는 통신시스템이며 특히 현재 널리 사용되고 있는 디지털 전자교환기는

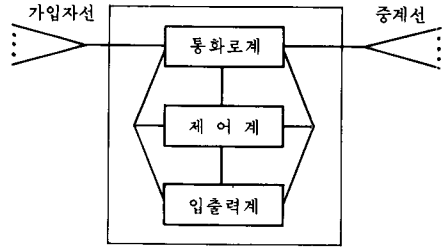


그림 1. 교환기의 일반구조

통신용 컴퓨터라고 해도 과언이 아닐 정도로 컴퓨터와 유사한 기능을 수행하고 있다. 이러한 교환시스템은 일반적으로 그림1과 같이 통화로계, 제어계, 입출력계로 구성되어 있다.

-통화로계는 실제로 정보를 송수신 할 수 있는 통로를 구성하는 장치와 교환기에 송부되어 오는 정보를 수신하거나 외부로 송신하는 장치로서 가입자선과 중계선 정합장치, 스위치 네트워크로 구성된다.

-제어계는 교환기의 두뇌에 해당되는 것으로서 정보교환에 관련된 일체의 과정을 통제하는 기능을 수행한다.

-입출력계는 교환기의 운용에 관련된 각종 정보의 입력 및 출력 기능을 수행하고 상태를 기록하는 것으로서 각종 기억장치와 터미널, 프린터 등으로 구성된다.

교환시스템은 취급하는 정보의 종류에 따라 전화교환, 전신교환, 데이터교환, 화상교환 및 통합교환으로 분류될 수 있는데, 지금까지는 전화교환을 중심으로 발전하였으나, 앞으로는 데이터, 화상등과 같은 비음성 통신서비스에 대한 수요가 증대되고 종합정보통신망이 실현됨에 따라 비음성 정보교환의 중요성이 높아질 것으로 보여진다.

1. 가입자선 정합기술

가입자선 정합기술은 가입자회로와 가입자 집선장치와 구분된다. 가입자 회로의 기능을 살펴보면 첫째로 전화기에 대한 통화용 직류전류의 공급(B기능), 가입자선의 루프상태의 감시(S기능), 전화기의 각종 호출신호의 송출과 피 호출자의 응답검출(R기능), 직류전류의 극성을 반전하는 등의 기본기능을 들 수 있다. 두 번째는 가입자선과 전화기의 이상 유무 및 교환기 통화로의 이상을 구별하기 위해서 가입자 회로에 2개의 시험구동 스위치가 필요하며, 이 스위치를 통해서 가입자선의 정전용량, 절연저항등 선로측의 시험 및 통화

로와 가입자 회로의 기능, 특성등 교환기쪽의 시험(T기능)을 수행한다. 세번째는 디지털화에 따른 기능으로서 디지털 통화로는 4선식 구성이 되기 때문에 2선식 가입자선과 접속하기 위해서 2선/4선의 변화기능(H기능)이 필요하다. 또 가입자선상의 애널로그 신호를 디지털 신호로 변환시키는 디지털 부호/복호화의 A/D 및 D/A 변환기능(C기능)이 필요하다. 위에서 설명한 가입자 회로를 전자부품으로 구성하면, 낙뢰 surge와 전력선 유도로부터 회로를 보호(O기능)하여야 한다. 과전압에 대해서는 종래와 같이 탄소 피뢰기를 이용하는 것만으로 유도전압이 클 때 충분한 보호가 되지 않기 때문에 피뢰기와 varistor를 이용한 성능 좋은 arrestor가 개발되고 있다. 또 과전류에 대해서는 가입자선의 전류치를 검출하여 한계값을 넘는 것에 대해서 내부저항을 크게 하든가, 일정한 값으로 clamp 하는 등의 보호 회로가 삽입된다.

교환기의 가입자 집선장치는 사용율이 낮은 가입자선을 다수 접속해 교환기 전체를 효율 좋게 사용하는 역할을 한다. 디지털 교환기는 이 경우 애널로그 교환기에서 공통으로 이용되고 있는 각종 대전화기 기능(BORSCHT)들을 가입자선마다 갖추어야 할 필요가 있다. BORSCHT 기능에 집선기능을 추가하는 방법은 교환기의 경제화 관점에서 중요한 위치를 점하게 되며 여러가지 방식 즉, 시분할(TD) 집선, 공간분할(SD) 집선 및 양쪽을 혼합한 집선방식으로 분류할 수 있다. TD 집선은 가입자마다 BORSCHT, 즉 통화전류의 공급, 호출신호의 송출, 감시 및 애널로그 디지털 변환 기능등을 통해 통화신호를 디지털화 한 후, 시분할 스위치에 의해 집선하는 방식이다. SD 집선은 공간분할 스위치를 이용한 가입자선 집선방식으로 하나는 가입자선 인터페이스에 요구되는 고내압 대 전력의 신호를 가입자선마다 설치된 BORSCHT 회로(C는 없음)로 중단하고, 저 내압의 애널로그 스위치에 의해 집선하여 A/D 변환회로(C에 해당됨)를 공통적으로 이용하는 4선 SD 집선 방식이다. 또 한가지는 pnpn, GDx 등 고내압의 쌍방향 애널로그 스위치를 이용해 집선하고 BORSCHT 회로(C를 포함)를 공통적으로 이용하는 2선 SD 집선 방식이다. 복합집선은 TD 집선과 SD 집선을 병용하는 방식으로 저효율의 가입자에 대해서만 경제성을 개선하는 목적으로 SD 집선을 이용하며 다시 이것을 TD 집선하는 방식이다.

한편 ISDN 가입자의 정합을 위해 2B+D 또는 23B+D 등을 처리하는 기능이 필요하다. 2B+D의 경우 bit frame은 48bit로 구성되어 있고 동기 bit를 포함

하여 192Kbps로 정합된다. 따라서 192Kbps의 가입자선(2w 혹은 4w)으로 부터 2B+D의 채널을 분리해 내고, D채널의 액세스 제어, activation 및 deactivation 절차 수행등의 기능이 부가적으로 필요하게 되었다. 뿐만 아니라 미래의 광대역 ISDN 가입자 정합을 위한 새로운 기술이 필요하게 되어 이에 대한 연구 개발이 계속 추진될 전망이다.

2. 중계선 정합기술

중계선 정합기술은 국간 중계 정합장치와 망동기 장치로 구분된다. 국간중계 정합장치는 통신망을 전송로망과 교환망으로 구분할 때 각각은 애널로그와 디지털 형태가 혼재하고 있으나 발전추세는 전송, 교환의 디지털화 및 통합화 방향으로 가고 있다. 우리나라는 μ -law 방식의 비선형 부호화에 의한 64Kb/s 속도를 기본으로 하는 1.544Mb/s의 전송속도를 기본으로 전송로를 디지털화 하고 있다. 1차 다중화 PCM 외에 고차군의 다중화 방법도 전송로에 응용되고 있다. 일반적으로 전송로가 24채널의 1.544Mb/s PCM이나 32채널의 2.048Mb/s PCM이 선택되어 사용되어 지는 것에 비해 디지털 교환기에서는 32채널의 2.048Mb/s PCM이 사용되고 있다. 즉 디지털 교환기를 보면 전통적으로 제어에 알맞는 시분할 방식을 사용하며 교환기 내부에서의 신호형태는 32채널방식 전송로에서 요구되는 bit format을 따르지 않아도 된다. 교환기 내부의 시분할 형태가 32채널 방식이고 전송로가 24채널이나 32채널 방식의 경우, 전송, 교환간의 정합은 항상 필요하게 되며 이때의 일반적인 기능을 GAZPAC-HO라 부르며 그 내용은 다음과 같다.

G(generation of frame code) : 프레임 코드 발생

A(alignment of frames) : 프레임 배열

Z(zero string suppression) : 제로 코드 억압

P(polar conversion) : 극성변환

A(alarm processing) : 경보처리

C(clock recovery) : 클럭재생

H(hunt during reframe) : 프레임 헌팅

O(office signaling) : 국간 신호처리

디지털 교환기의 망동기 장치는 미리 정해진 클럭 주파수에 기준을 두어 동작에 필요한 타이밍 정보를 만들고, 그것에 의해 통일적으로 스위치 회로망과 동기 단국장치 등을 동작시킨다. 이 경우 전회국 상호간의 클럭 주파수가 다르다면 슬립(slip) 현상이 발생한다. 이것은 주기적으로 정보의 중복과 누락을 발생시키는 것으로, 전화에 대해서는 클럭(click) 성의 잡음을, 데

이터에 대해서는 에러(error)를 일으키기도 한다. 따라서 슬립의 발생은 될 수 있는한 억제할 필요가 있고 이를 위해서는 망전체의 클럭 주파수를 일치시키지 않으면 안되며 이 클럭 주파수를 일치시키는 기능이 주파수 동기이다. 이에 의해 시분할 다중신호의 펄스(pulse) 부호열을 구성하는 각각의 펄스가 일정한 반복시간(비트 주기)으로 배열된다. 그러나 이 펄스열은 전송로를 통해서 전송되는 사이에 잡음의 중첩, 온도 변동, 전송로 변환등에 기인된 지연시간 변동과 지터(jitter)를 일으키게 된다. 이와같은 펄스열을 그대로 교환기에 입력하면 안정한 교환동작이 얻어지지 않기 때문에 교환기의 입력점에서 비트 펄스의 시간위치를 재조정할 필요가 있다. 이것이 비트 위상동기이다. 또 시분할 다중신호는 각 채널의 펄스군이 소정의 시간간격의 반복시간(프레임 주기)으로 배열되고 있으므로 교환기 입력단의 여러 곳에서 들어오는 다중신호의 프레임 시간위치(프레임 위상)도 일치한 펄스열로 하지 않으면 안된다. 이 시간위치를 맞추는 기능이 프레임 위상동기이다. 이상 서술한 것과 같이 망동기는 주파수 동기와 위상동기의 기능이며 디지털 교환방식에 필수적인 기술이다.

3. 스위치 네트워크 기술

시분할 통화로에 사용되는 스위치의 종류로는 다중화된 시분할 PCM highway상의 time slot을 서로 교환해주는 시분할 스위치(약호: T)와 서로 다른 PCM highway상의 time slot을 교환해 주는 공간 분할 스위치(약호: S)가 있다.

(1) 시분할 스위치

디지털 교환기의 시분할 스위치는 다중화된 시분할 PCM highway상의 time slot을 서로 교환함으로써 회선교환을 이룬다. 즉 time slot 0(T.S.0)의 음성데이터를 T.S.1으로 옮기고 반대로 T.S.1의 데이터는 T.S.0로 옮김으로써 T.S.0, T.S.1을 배정받은 가입자끼리 통화가 이루어지게 된다. 실제 이러한 highway들이 다수가 있게 되므로 서로 다른 highway상의 time slot들 상호간에도 time slot 교환이 이루어져야 한다. Time slot은 시간축에서의 한 부분이므로 time slot이 교환된다는 것은 어떤 음성데이터가 시간축에서의 위치를 바꾸는 것이며 지나간 시간축으로의 이동은 불가능하므로 결국은 데이터가 시간지연을 갖는 것이 된다. 따라서 RAM(random access memory)과 같은 메모리의 사용이 필요하며 highway로 계속 들어오는 데이터 스트림(stream)을 연속적으로 write하여, 그 데

이터를 이동하고자 하는 time slot일 때 read시켜 보냄으로써 time slot 교환을 행한다. 시분할 time switch의 용량은 RAM의 address 용량과 그 동작속도에 따라 증가하게 된다.

(2) 공간분할 스위치

입출력 time slot 사이의 time slot 변환 기능은 time switch만으로 수행되어질 수 있다. 그러나 메모리 동작 속도등에 의한 제약때문에 time switch의 용량을 무한정 크게 할 수는 없으므로 time switch 한단만으로 통화를 구성한다면 용량에 한계가 있게 된다. 따라서 대용량 통화를 실현하려면 여러개의 time switch를 필요로 하게되며 이들 사이의 time slot 변환을 위해서는 space switch가 필요하게 된다. space switch는 여러개의 time slot 교환군을 logic gate로 상호 접속시킴으로써 한 stream내의 time slot을 다른 stream내의 time slot으로 변환시켜 주는 것이다. 이것을 space array를 이용한 time-shared(또는 time-multiplexed) 공간 분할 교환이라 부른다. 여기서 space array는 relay 점접을 이용한 array와 유사하나 고속으로 동작하는 logic gate가 필요한 것이 다른 점이다.

(3) 스위칭 망구성

전술한 time switch나 space switch 한단만으로 통화를 구성하면 통화로 용량에 제약을 받기 때문에 이들의 조합에 의해 대용량의 시분할 통화로망 구성이 가능하며, 그 방법으로는 T-S, S-T, T-S-T, S-T-S, 혹은 더 많은 T와 S의 조합(T-S-S-S-T)등이 있다.

소용량 스위치의 경우는 단일 T나 S, T-S, S-T등으로 구성이 가능하나 대용량의 경우는 더많은 T와 S의 조합이 필요하게 되며, 메모리 소자의 발달로 T의 용량을 증대시킬 수 있기 때문에 T-S-T, S-T-S의 회로망 구성이 보편화 되어 있다.

4. 교환제어 기술

(1) 제어기능의 분류

교환기가 수행해야 할 제어 기능을 구분하면 아래와 같이 크게 8가지로 구분할 수 있다.

- 신호처리 기능(signaling processing function)
- 호 처리기능(call processing function)
- 데이터 베이스 기능(translation data base function)
- 그룹 스위치 제어기능(group switch control function)
- 유지 보수기능(system maintenance function)
- 관리기능(system administration function)

- 공통선 신호처리 기능(common channel signaling processing function)
- 패킷 데이터 교환기능(packet data switching function)

신호처리 기능은 가입자 단말기의 온/오프 혹은 검출, 집선제어, 각종 신호음 송출 및 수신, 번호 수신 및 ISDN 단말기를 위한 LAPD 프로토콜 처리 등을 가리키며, 호 처리기능은 가입자 회선 및 중계선의 서어비스 등급 결정, 입/출 신호의 시퀀스 제어, 통화 경로설정 및 복구 요구, 과금의 시작, 트래픽 데이터의 측정등을 포함한다. 그룹 스위치 제어기능은 음성 및 회선교환 데이터의 회선 교환이 이루어지는 교환기 중앙의 그룹 스위치 각 채널의 상태기억과 망연결 경로의 검색, 통화 경로 설정 및 복구 등의 기능을 가리키며, 데이터 베이스 기능은 국 번호 및 루팅 관련 데이터 번역 기능 등을 가리킨다. 유지보수 기능은 에러의 검출 및 경보 메시지 송출, 진단 시험의 수행, 가입자 회선과 중계선에 대한 집중화된 시험수행, 시스템 과부하 조절등이며, 관리 기능은 데이터 베이스 관리, 과금처리, 교환기 운용자간의 대화용 단말기 관리, 기억장치 관리 등이다. 공통선 신호처리기능은 CCITT에서 권고한 No. 7 신호방식의 레벨 1-4 프로토콜을 처리하는 기능을 가리키며, 패킷 데이터 교환기능은 ISDN 가입자 회선으로부터의 B채널 또는 D채널을 사용한 패킷 데이터의 교환 기능을 가리킨다.

(2) 제어방식

교환기 제어방식은 그림 2와 같이 구분할 수 있는데, 최근 개발되는 교환기는 분산제어방식을 많이 사용하고 있다. 이는 시스템내의 부하를 일정하게 분담하여 처리하거나, 서로 다른 기능을 가지고 서로 다른 부하를 맡아 처리하는 방식으로서, 시스템 구성이 다소 복잡하나 소용량부터 대용량까지 경제적으로 증설이 용이하고 시스템 일부의 분산 설치가 용이하며 일부 제

어부의 결합 발생시 해당 가입자군만 서비스가 저하되고 시스템 전체에는 크게 영향을 주지 않기 때문이다. 분산제어방식 교환기의 기능 구성 모듈은 다음과 같은 서브 시스템의 예로 구분해 볼 수 있다.

- 출입교환기능 제어(ASS : access switching subsystem)
- 공용기능 제어(CCS : common control subsystem)
- 연결망 제어(INS : interconnection network subsystem)

ASS는 가입자 단말기로부터의 가입자 회선 및 타교환기와와의 중계선을 수용하는 기능이며, 애널로그 가입자 회선 또는 애널로그 국간 중계선 정합기능을 수행하는 장치들과 디지털 중계선 정합기능을 수행하는 장치들 및 각종 신호장치들을 수용하여 제어한다. 어떤 교환기에서는 ASS내의 각 장치들간 및 INS으로의 통화로 구성을 위한 스위치를 내장하는 경우도 있다. 패킷 교환장치 및 No. 7 공통선 신호처리 장치는 특정 ASS 또는 CCS에 수용하거나 각 ASS에 분산수용하고 있다. CCS는 ASS에서 수행될 수 없는 시스템 차원의 중앙제어 기능들을 수행하며 한개 이상일 경우도 있다. INS는 모듈 상호간의 음성과 제어 데이터, 패킷 데이터, 프로세서간 통신 메시지들의 교환망으로서 개별 교환망(회선망, 패킷망)에 의한 분리 처리 또는 단일 교환망(광역 교환망)에 의한 통합처리 등의 방식이 있을 수 있다.

IV. 광대역 교환기술

III장에서 전술한 교환기 기본 기술은 기존의 디지털 회선 교환기술을 중심으로 기술한 것으로 ISDN 액세스 기능, No. 7 공통선 신호기능, 현대역 패킷교환 기능 등을 부가함으로써 협대역 ISDN에서는 충분히 활용될 수 있으나 이는 고정된 대역폭에 의존하기 때문에 다양한 대역폭을 요구하는 서비스 제공에는 문제가 있으며 또한 정보의 다량화와 고속 교환 요구에 따라 140Mbps까지의 고속 throughput 교환이 가능하고 트래픽 특성에 따라 교환 대역폭을 유연하게 할당할 수 있는 광대역 교환방식을 추구하게 되었다.

광대역 교환방식은 ATDM (asynchronous time division multiplexing) 방법, STDM (synchronous time division multiplexing) 방법, SSDM (synchronous space division multiplexing) 방법, ASDM (asynchronous space division multiplexing) 방법으로 크게 분류할 수 있다.^[6]

ATDM 방식은 "Fast Packet Switching"^[7]이라고도

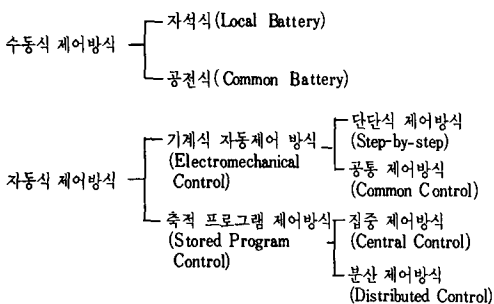


그림 2. 교환기 제어방식의 분류

블리머 서비스의 종류 및 속도에 무관하게 망내에서 물리적 대역폭을 공유하며 여러 서비스가 혼합됨으로써 서비스별 대역폭이 매우 유연하게 제공될 수 있는 장점이 있으며 소자기술(VLSI)의 발달에 따라 매우 큰 throughput도 가능할 것으로 예상된다.

STDM 방식에는 기본속도(64Kbps 또는 8Kbps)의 다수배로 교환되는 다속도 회선교환(multi-rate circuit switching) 또는 짧은 채널 개설시간(100ms-200ms)으로 효율을 높이고 대역폭 가변을 시도하는 고속 회선교환(fast circuit switching)⁷⁾ 방식이 있으며 이들은 bit stream의 동기가 어렵고 고속제어가 요구되며 실현이 어려운 단점이 있다.

SSDM 방식은 스위칭 노드에서 공통 클럭이 제공되는 반면 ASDM에서는 통신망은 transparent connection만 제공하고 터미널에서 클럭과 함께 end-to-end로 전송된다. 이들 교환 방식은 초고속 교환(140Mbps 등)에 쉽게 실현할 수 있으나 수 Kbps-수백 Mbps까지의 대역폭 가변이 요구되는 ISDN에서는 채널 대역폭에 제약이 있으므로 효율적이지 못하다.

다음은 현재 선진 각국에서 활발히 연구되고 있는 광대역 교환방식 및 가지에 대해 그 개념 및 특징을 요약한다.

1. 다속도 회선교환(MRCS; multi-rate circuit switching)

MRCS는 어떤 기준 속도(8Kbps 또는 16Kbps)의 배수 또는 동일 대역폭을 갖는 채널을 할당하는 회선 교환 방식이다. 가입자가 호 설정시 전송속도를 규정하면 망에서는 그 서비스 요구를 수용할 수 있는 충분한 채널을 할당한다. MRCS는 기존 회선 교환에 비해 비교적 넓은 대역폭에 걸쳐 서비스를 제공할 수 있으나 다음과 같은 문제점을 갖고 있다.

첫째로 기준 속도를 선택하는 문제이다. 텔리메트리 같은 저속(1Kbps) 데이터로부터 화상(1Mbps 이상)과 같은 고속 데이터 서비스를 수용할 때 저속의 경우 시분할 프레임(time division frame)을 만들기 위한 지연문제, 고속의 경우 대량의 채널을 할당해야 하는 복잡한 문제가 제기된다.

둘째로 단일 호의 모든 비트 스트림에 대해 차등 지연(differential delay)이 발생하지 않도록 비트 스트림상의 동기가 유지되어야 하는 문제이다.

세째로 MRCS는 burstiness가 큰 정보를 효과적으로 다룰 수 없으므로 채널 이용도가 낮다.

2. 고속 회선 교환(FCS; fast circuit switching)

FCS 방식은 망에서 burst 정보에 대해 효율적으로 대처할 수 있도록 대역폭이 가변되는 확장된 형태의 고속회선 교환방식이다. 이 FCS 방식은 보통 DS1(1.544Mbps)~DS3(44.736Mbps) 정도의 속도를 수용한다.

회선의 설정 및 해제는 CCS No.7 신호방식과 같이 고속신호 절차로 수행하며 회선은 대역폭이 요구될 때만 할당되고 보낼 정보가 없을 때 해제된다. 따라서 FCS는 대역폭이 예약되지 않으므로 회선이 항상 제공되지는 않는다. 즉 FCS는 가변 대역의 채널이 동적으로 할당되거나 해제된다. FCS가 효율적으로 동작하기 위해서는 10ms 정도의 호 설정/해제 시간이 요구되므로 고속 액세스 라인(access line), 효율적인 버퍼관리, 고속신호 절차등이 필요하다.

FCS는 긴 메시지, 동기 데이터 스트림 전송에는 상당히 효과적이나 복잡한 망제어, 부하분산 등의 문제로 향후 새로운 사용자 인터페이스의 표준화 및 고속 교환 기술 진전에 따라 이 방식의 확산 여부가 결정될 것이다.

3. 고속패킷 교환(FPS; fast packet switching)

FPS는 가입자 또는 망의 개입없이 망에 유입되는 패킷량에 따라 대역폭을 가변하여 할당하는 방식이다. 단일 전송 링크를 통해 서로 다른 서비스가 독립적으로 통과되므로 동적인 대역폭 할당이 가능하다. FPS는 종래 패킷 교환에 비해 오류교정(error correction) 및 흐름제어(flow control) 등이 없으며 하드웨어에 의해 self-routing 됨으로써 프로토콜 처리부하와 교환 지연시간이 감소된다.

이 FPS 방식은 bursty 정보전송에 적합하나 미래의 광대역 ISDN에서 통합교환으로서의 기능을 수행하려면 음성 및 영상 서비스등의 비 데이터 형태의 정보도 처리 가능해야 하고 이를 위해 초당 수백만 패킷의 교환이 가능해야 하며 교환 지연시간이 1ms 이하이어야 한다.

FPS 기본기능은 외부링크 정합기능, 교환 제어기능, 고속 교환기능으로 구분된다. 외부링크 정합기능은 외부 링크와 내부 고속 교환 링크간의 프로토콜 변환 기능을 수행하며, 교환제어 기능은 호설정 즉, self-routing 정보를 제공하여 호설정기간 동안 루우팅이 고정되도록 하며 기타 서비스 기능을 수행한다. 한편 FPS의 대표적 기술인 고속교환 기능은 하드웨어로 self-routing 되도록 구성되며 스위칭 네트워크는 크로스바 네트워크, shuffle-exchange 네트워크(Banyan,

Omega, Binary N-cube 등), nodal switching 네트워크 등이 있다.

Self routing 크로스바 네트워크는 그림 3 과 같이 N개의 외부 링크 정합을 위해서는 N 개의 수직 path와 N개의 수평 path를 가지므로 N^2 의 교차점(cross point)을 요한다. 이 경우는 패킷 충돌이 없고 self-routing 알고리즘이 간단한 반면 교차점이 많으므로 큰 switching fabric의 구성이 어렵고, 각 패킷은 N 개의 교차점을 거치므로 시간지연이 큰 편이다.

Shuffle-exchange 네트워크는 교차점 수를 줄이고 간단한 self routing 알고리즘을 사용할 수 있는 구조로 2×2 switching element를 사용하는 경우 그림 4 와 같으며 $\log_2(N)$ 개의 stage를 갖는다. 이 2×2 switching element는 addressing 정보중 1bit를 조사해서 출구를 선택한다. 두 패킷이 동시에 같은 출구를 선택시 충돌이 발생하는데 이 경우를 대비해 buffering 기능이 있어야 한다. 각 교차점 element는 모두 같고 기능적으로 간단하기 때문에 VLSI화에 적합하지만 패킷 충돌 문제가 해결해야 할 과제로 되어 있다. 이를 위해 외부 링크에 비해 switching fabric의 전송속도를 매우 크게 하거나 수백 호를 한 외부 링크에 다중화시키는 구조를 사용하면 충돌을 유발하는 트래픽 패턴의 영향을 감소시킬 수 있다. 이 shuffle-exchange 네트워크는 여러가지 변형된 구조를 가질 수 있으며, self-routing이 간단하고 VLSI화에 적합하며 적은 교차점 수로 많은 용량을 가지므로 FPS에 많이 적용되고 있다.

Nodal switching 네트워크는 그림 5 와 같이 스위칭 노드가 양방향 내부 링크에 의해 mesh 형태로 연결되고 각 스위칭 노드는 중계 기능을 가지므로 두 노드 사이에 많은 path가 존재한다. 스위칭 노드 내에서는 bus나 ring을 사용하여 다른 스위칭 노드로 self-routing 된다. 이 경우는 패킷 충돌에 대해 유연하고 확장이 용이하여 구조 변경에 쉽게 적응하지만, graph 확장시 평균 diameter를 최소로, connectivity는 최대로 하는 graph를 찾기 어려운 단점이 있다.

V. 교환기술의 발전추세

교환기술은 전송기술과 더불어 통신망 구성의 핵심적인 요소기술에 해당되는 것으로서, 통신망이 종합정보통신망으로 발전하는 것과 보조를 맞추어 교환기술의 발전은 급속히 진전되고 있으며, 이러한 기술발전의 일반적인 추세는 디지털화, 광대역화, 제어기능의 분산화, 소프트 언어의 고급화, 지능화로 요약될 수

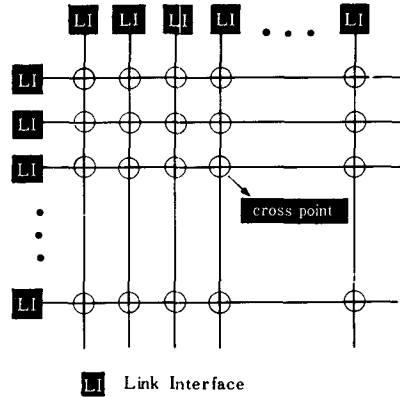


그림 3. Self-routing 크로스바 네트워크

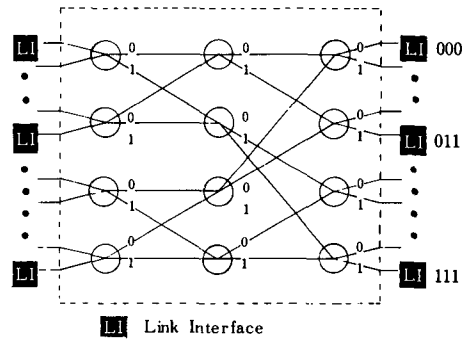


그림 4. Shuffle-exchange 네트워크 (8×8)

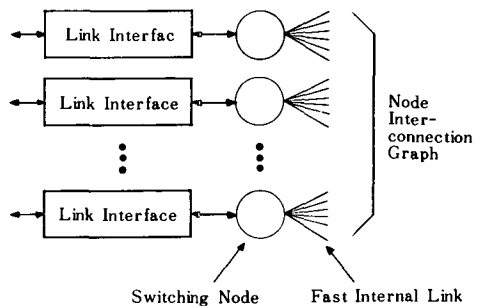


그림 5. Nodal switching 네트워크

있다.

에널로그 교환기술에서 디지털 교환기술로 발전하는 것은 다양한 음성 및 비음성 정보교환의 필요성 증대와 디지털 통신의 장점 때문이며 ISDN을 위한 교환기의 디지털화는 더욱 가속화될 것이다. 이와 더불어 화

상정보 서비스와 같은 광대역 서비스 수요를 충족시켜 주기 위하여 정보전송의 속도와 대역폭을 넓히려고 광대역화 하고 있다. 또한 마이크로 프로세서의 발달에 따라 교환기 제어기능을 분산시키는 것이 일반적인 경향이며 이와 같은 제어기능의 분산화로 교환기 구조의 융통성을 확보하는 한편 소용량 시스템에서 회선당 단가의 경제성을 획득할 수 있다고 하겠다. 한편 교환기는 특수용도의 컴퓨터라 해도 과언이 아니어서 소프트웨어의 중요성이 매우 크다. 현재 프로그래밍의 효율화, 디버깅의 간편화 등으로 CHILL을 상위 레벨 프로세서 언어로 사용하는 경향이고, 실시간 처리가 요구될 때만 어셈블리 언어를 하위 레벨에서 사용하는 경향이어서, 앞으로 CHILL이 표준 프로그래밍 언어가 될 전망이다. 앞으로 통신망이 고도화 되고 복잡하게 되면 망의 유지보수 및 운용에 필요한 종합적인 기능을 교환기에 두어야 할지 혹은 이러한 기능을 다른 곳에 부과하고 교환기는 transparent한 교환기의 역할만을 담당할지 하는 인공지능에 의한 망관리 제어기술이나 광교환기술 등이 연구되고 있다.

국설교환기술은 시스템 기술, 하드웨어 기술, 소프트웨어 기술, ISDN 관련기술의 4 분야로 구분될 수 있다. 시스템 기술 분야에서는 미래의 ISDN기능을 단계적으로 수용하기 위하여 교환기 설계 및 개발 시 모듈화, 융통성을 고려하고 있으며, 교환기 개발이라는 대형 프로젝트를 효율적으로 관리하기 위한 시스템 차원의 연구가 병행되고 있다. 하드웨어기술 분야에서는 실리콘 소자를 중심으로한 VLSI기술과 이의 한계영역을 확장 또는 보완하기 위한 차세대 소자기술로 대별하여 연구가 진행되고 있으며, 32/64비트 프로세서 설계기술, 다층기판 설계기술 및 설계자동화기술 개발에 박차를 가하고 있다. 소프트웨어기술 분야에서는 고급언어 C 및 CHILL/SDL 등이 대용량 교환기에서 이미 사용되고 있으며, ISDN기능 수용을 위한 패킷스위칭기술, 프로토콜처리기술, 소프트웨어 테스트 자동화기술 등에 대한 연구가 진행되고 있고, 부분적으로는 개발, 시험단계에 있다. ISDN 관련기술 분야에서는 광대역 ISDN기능을 수용하기 위한 공간스위칭기술, 복합스위칭기술, 광스위칭기술에 대한 연구가 컴퓨터 기술 및 신소자 기술 개발과 병행하여 진행되고 있다.

장차 광대역의 ISDN을 수용하기 위하여는 신소자 기술, 컴퓨터 기술개발을 기반으로 복합교환방식, 광교환방식, 인공지능 기술 등을 수용하는 교환기가 개발되어야 하겠다. 이와 같은 차세대 교환기술개발의 주요항목에 대해서 간략하게 살펴보면,

-신소자기술은 선진국의 경우 실리콘 소자기술의 한계를 극복할 수 있는 차세대 소자기술에 관한 연구가 진행되고 있는데, 여기에는 화합물반도체 집적회로 기술, 광소자기술, 3차원 IC 등이 있다. 선진국과 경쟁하기 위하여는 소자기술개발에 대한 정책적인 대책이 시급하다고 하겠다.

-컴퓨터기술 분야에서 선진국은 인공지능형 컴퓨터와 광컴퓨터에 대한 연구에 초점을 맞추고 있는데 국내에서는 최근 32비트 마이크로컴퓨터를 시제품화한 것을 토대로 단계적으로 발전시켜 나가야 하겠다.

-복합교환기술은 패킷교환과 회선교환의 장점을 동시에 가지고 있으므로 ISDN에서와 같은 다양한 서비스를 효율적으로 수용할 수 있다.

-교환기용 광스위치는 아직 기초연구단계에 있으나 전송분야에서는 광시스템의 도입으로 적극 추진되고 있으며 장차 광대역 ISDN을 수용하게 될 것이다.

-지식표현, 추론, 인식, 인간/기계 인터페이스 등에 관한 지식처리형 컴퓨터기술이 발전되고 이를 교환기 내부 혹은 외부에 수용함으로써 지적 능력을 갖는 인공지능 교환망 관리기술이 출현하게 될 것으로 예상된다.

향후 사설교환기는 사무 자동화 기기와 연결되어 사무 자동화의 시스템화, 네트워크화를 실현하고 종합정보 통신망과 연결되어 각종 음성/데이터 서비스를 제공하게 될 것이다. 사설교환기의 중요한 기술동향을 몇가지 항목으로 나누어 보면,

-음성/데이터 정보를 처리하기 위하여는 트래픽이 매우 높을 것이므로 모든 정보를 동시에 처리할 수 있는 non-blocking 통화로 구조가 될 것이며 국설교환기와의 ISDN 정합을 위하여 23B+D/30B+D 정합기능의 수요가 증대될 것이다.

-소용량부터 대용량까지 경제적으로 증설할 수 있고, 시스템의 일부를 원거리에 분산 설치하기가 용이한 분산교환방식의 구조로 발전할 것이다.

-사설교환기의 소형화, 저전력화, 고신뢰도화를 위해서는 지금까지의 상용IC보다는 CODEC, 필터, 가입자 회선IC, CPU 등의 LSI화와 가입자회로, 중계회로 등에 보다 많은 custom hybrid IC 채용이 진전될 것이다.

-소프트웨어의 생산성 향상, 유지관리의 용이 및 소프트웨어 자원의 활용 등을 위해서는 고급언어가 폭넓게 사용될 것이다.

-데이터단말, 팩시밀리, 텔렉스, 텔레텍스 등의 비음성 통신 서비스 및 전자사서함, 음성인식장치에 의

표 4. 제 1 단계('87~'91) 개발 Milestone

분야 년도	대용량 음성 교환기능	ISDN 기능		
		2B+D 액세스 기능	공통선 신호기능	패킷 처리 기능
1987	-시험모델 제작 -기능시험 착수	-기능규격 작성	-하드웨어 시제품 제작	-기능규격 작성
1988	-기능시험 및 개선 -인증시험	-기능개발	-소프트웨어 기능 개발	-기능개발
1989	-실용시험 -상용시험	-기능시험	-기능시험	-기능개발
1990	-생산 및 개통	-상용시험(가입자 접속장치 포함)		-기능시험
1991		-생산 및 개통		-상용시험 -생산

한 서비스가 크게 제공될 것이며, 공중통신망의 ISDN 구축에 앞서 사무실내에서 먼저 사설교환기에 의한 ISDN 서비스를 제공하게 될 것이다.

-광대역 요하는 영상전화, 영상회의, 초고속 팩시밀리 등의 화상통신을 위해서는 Mbps급의 정보전송이 가능한 광대역교환이 필요하게 될 것이다.

Ⅵ. 우리나라의 교환기술 개발계획

우리나라의 교환기술 개발의 기본 목표는 종합정보통신망 구축에 필요한 TDX-10 전전자교환기 개발과 지속적인 ISDN 기능 추가 및 차세대 교환기술을 축적하는 것이다. 이를 위한 장기적 개발 목표는 단계별로 다음과 같이 설정하고 있다.

제 1 단계('87~'91)는 대용량 국내 표준 교환기 개발이다. 이 단계의 세부 계획은 표 4와 같으며 대용량 음성 교환기능, ISDN 기본 데이터 가입자 처리기능, 공통선 신호(CCS No. 7) 기능, 패킷 데이터 처리기능을 수용하는 대용량 교환기를 개발한다.

제 2 단계('92~'96)는 ISDN 기능의 본격 개발이다. 이 단계에서는 광대역 ISDN 기능 및 대용량 패킷 교환 기능을 부가한다.

제 3 단계('97~2001)는 차세대 교환기술 개발이다. 이 단계에서는 차세대 교환방식을 연구하고 신소자 기술, 소프트웨어 자동화 기술 등이 중점적으로 개발될 것이다.

Ⅶ. 결 론

교환 기술은 통신, 반도체, 컴퓨터 등의 첨단 기술과 이의 종합기술을 바탕으로 한 핵심산업 전자기술로서 장차 음성뿐만 아니라 영상통신 등 비음성 서비스를 가입자에게 경제적으로 제공할 수 있는 종합정보통신망

신망(ISDN) 구축을 위한 필수 기본 기술이다. 선진 국가의 ISDN 전략을 살펴보면 자국에서 개발된 ISDN 교환기를 중심으로 구축 발전시키는 것이 일반적이다. 국내에서도 국내 개발 교환시스템을 중심으로 ISDN 구축을 추진함으로써 통신망의 표준화로 망 구성의 효율성을 높이고, 컴퓨터 및 소프트웨어 기술, 반도체 및 소재기술, 시스템 엔지니어링 기술, 정보통신 기술 등 국내 산업 전자기술의 선진화와 기술 자립을 이룰 경제적 공헌으로 막대한 외화절약은 물론 원가 절감, 운용 및 유지보수비 절감, 관련 전자통신 산업 육성을 통한 국내의 시장확보 및 수출 경쟁력 증대, 고급기술인력양성, 산업 구조의 고도화 등을 이룩할 수 있다고 하겠다.

參 考 文 獻

- [1] 한국전자통신연구소, 교환기술 개발 동향과 우리의 대응책, 1987. 8.
- [2] 한국전자통신연구소, TDX-10 시스템 계획서(안), 1987. 5.
- [3] 박항구, "가입자선과 중계선 정합기술," 전자교환기술 제 1 권 제 1 호, 1985. 8.
- [4] 유완영 외, "전전자 교환기 제어 아키텍처," 전자교환기술 제 2 권 제 1 호, 1986. 6.
- [5] D. S. Biring, "Impact of Windband ISDN Services of Communications", ICC'87, Seattle, USA, Jun. 1987.
- [6] G. W. R. Luderer, et al., "Wideband Packet Technology for Switching Systems", ISS '87, Phoenix, USA, Mar. 1987.
- [7] W. P. Standish, et al., "Network Switching in 1990's", ISS'87, Phoenix, USA, Mar. 1987. *