

TDX-1B ISDN 교환기 설계를 위한 D-채널처리방식에 관한 연구

(A Study on the D-channel Configuration for TDX-1B ISDN Switching System)

朴 墉 琪*, 閔 碩 基**, 李 太 遠***

(Yong-Ki Park, Suck-Ki Min and Tae-Won Lee)

要 約

ISDN의 가입자-망간 정합기능을 실현함에 있어 D-채널의 처리방식은 교환시스템의 가입자 모듈성능을 저하시킬 수 있다. 따라서 D-채널의 방식설계는 적용하고자 하는 시스템의 구조검토를 통하여 기존의 성능을 유지하면서 시스템에 효율적으로 연동시킬 수 있는 방식이 필요하다. 본 논문은 디지털 전자교환기인 TDX-1B 시스템에 ISDN 기능을 추가하기 위한 가입자-망간 정합기능을 구현함에 있어, 시스템의 구조와 밀접한 관계가 있는 D-채널의 처리방식을 설계하고 이에 따른 성능목표를 제시하였다.

Abstract

In the realization of interface between subscriber and network, D-channel may deteriorate the performance of switching system in handling subscriber. Thus, D-channel must be designed in a way to interface efficiently with the system while maintaining exciting performance. This objective can be obtained by through consideration of the structure of the system. This paper shows the method to design D-channel, which has significant relation with the structure of the system when realizing the interface between subscriber and network, in adding ISDN function. The goal of performance is also proposed.

I. 서론

CCITT에서는 ISDN을 이용자의 용도에 따라 다양

한 서비스를 제공하고 정보의 발생시점에서 최종목적까지 디지털 형태로 통신하는 공중 통신망이라고 정의하고 있으나, 그 의미를 생각해 보면망의 종합(Network Integration)과 서비스의 종합(Service Integration)으로 나뉘어질 수 있으며, 망의 종합이 구현되어야 서비스 종합이 가능하게 된다. ISDN은 별도의 망을 형성하는 것이 아니라 기존의 PSTN에 기능을 추가하는 개념으로 기존망을 발전시키므로써 음성과 비음성 서비스를 가능케 하며, 이는 기존 전화망에 디지털 기술을 적용함으로써 기존 가입자에게 비음성 서비스를 제공하여 전화망의 효율을높이는 반

*正會員, 韓國通信 ATM 開發팀
(Korea Telecom ATM Team)

**正會員, 韓國科學技術院
(Korea Institute of Science and Technology)

***正會員, 高麗大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Korea Univ.)

接受日字 : 1993年 11月 2日

면 가입자에게는 같은 망을 통하여 음성과 비음성 서비스를 동시에 이용케 하는 것이다. 따라서 ISDN의 핵심기술은 통신망의 디지털화이며 이 디지털망을 컴퓨터와 결합하여 정보의 처리, 보관, 전송이 가능하게 하므로써 앞으로 도래할 정보화 사회의 정보처리를 위한 도구로서 활용하게된다. 망의 디지털화를 위해서는 여러가지 기술이 필요하겠지만 이 중에서도 디지털 단말기 개발과 가입자 정합기술이 특히 중요하며 이 기술의 가용성, 편리성, 신뢰성 및 경제성이 ISDN 서비스 수요 창출을 위한 기술적 지표가 될 것이다.

본 논문은 TDX-1B 시스템에 ISDN 기능을 부가하면서 D-채널을 효율적으로 설계하므로써 기존 음성서비스 시스템의 성능에 영향을주지 않고 신호와 저속 패킷 데이터를 효율적으로 처리할 수 있는 방식설계에 관하여 연구하였다. TDX-1B ISDN 가입자 정합은 BRI(2B+D) 가입자, 증규모 다중정합(PMUX) 가입자, PRI(30B+D, 23B+D) 가입자정합 경로로 구성되어 있으나, BRI 가입자 정합이 ISDN에서의 가입자-망간 정합의 기본이 되므로 BRI 가입자 정합을 기준으로 D-채널 처리 방식을 설계하였다. 음성시스템에서는 가입자 회로와 단말기에 신호채널의 개념이 없으나 ISDN에서는 신호전용채널로서 D-채널을 별도로 두고 있기때문에 D-채널의 처리는 ISDN 기능 설계시 대두되는 새로운 과제이다. 따라서 D-채널 처리방식은 우선 음성시스템의 어느 위치를통하여 D-채널을 연동 시킬 것인가를 검토하였다.

본 연구에서는 D-채널의 분리 방식보다는 처리방식에 관하여 중심으로 연구하였으며, 처리방식의 기본은 TDX-1B 시스템의 제어구조의 특징인 분산제어와 IPC를 이용하여 신호를 처리하였다. 특히 IPC 구조는 D-채널 처리 절차와 유사하며 프로토콜도 같거나 공통점을 지니고 있어 이를 통하여 D-채널을 처리하므로써 효율을 높일도록 하였다. 또 TDX-1B 음성시스템은 개발이 완료되어 상당량이 현장에 공급되어 있으므로 ISDN 기능을 부가하는 과정에서 시스템의 구조가 변경되면, 운용중인 시스템에 ISDN 기능을 부가하는과정에서 많은 투자가 필요하게 된다. 따라서 D-채널의 처리 방식 설계시에도 이 점을 고려하여 설계하였으며 기존 시스템의 성능변화를 확인할 수 있게 하기 위하여음성시스템의 성능실측값과 CCITT의 기준부하를 이용한 성능목표를 제시하였다.

II. TDX-1B 시스템 검토

1. TDX-1B 시스템의 구조분석

TDX-1B 시스템의 구조는 통화로계와 프로세서계

로 나뉘어지며 신호의 처리 경로는 시스템의외부에서는 통화로계에 포함되어 전달되지만, 시스템 내부에서는 통화로계에서 분리되어 제어계를통하여 시스템에 연동된다. 제어계의 구조는 분산구조로서 기능분담(Function Share)과부하 분담(Load Share) 방식을 채택하고 있으며, 시스템의 규모와 성능을 고려하여 기능과 성능을 적절히분담하도록 구성되어 있기 때문에 시스템의 가용성이 타기종에 비해 우수하다. 또한 프로세서간의 통신처리는 IPC를 통하여 수행하므로 호와 관련된 신호방식의 변경이나 추가가 용이한 구조로 되어 있으며, IPC를 위한 통신 프로토콜은 HDLC를 사용하여 직렬통신을 하도록 구성되어 있다. 제어계를 구성하고 있는 프로세서는 계층구조로 되어 있으며 계층은 B-레벨(Base-Level)과 T-레벨(Top-Level)로 되어 있다. T-레벨은 전체 시스템 제어에 관여하는 계위로서 기존 시스템에서 T-레벨을 변경하는 것은 사실상 시스템의 구조가바뀌는 결과가 되기 때문에 기존 운용중인 시스템의 형상변경이 따르게 된다. 따라서 적어도 T-레벨의 하드웨어는 수정 없이 하위 레벨만 수정 설계하여 시스템의 성능을 만족시키는 것이 중요하다. 시스템의 가입자 제어 프로세서로서 T-레벨 프로세서인 SLP와 B-레벨프로세서인 ALCP는 8Bit 프로세서로구성되어 있어, ISDN 시스템에서 D-채널을 처리하기에는 용량이 작아 성능상의 문제가 발생할 수 있다. 그러나 이를위하여 T-레벨 프로세서를 바꾸게 되면 기존 구조에 상당한 변화가 오게 되므로 SLP는 변경하지 않고 D-채널을 처리할수 있게 방식을 설계하여야 한다. 통화로의 경우 가입자 1회선당 1채널만 점유하던 음성급 방식에서 1회선당 2채널을 배정하고각 채널의 통화패스를 서로 달리해 주어야 하므로 스위치 패스가 바뀌어야 한다. 채널은 DLC에서 분리토록 하고스위치의 패스 변경은 소프트웨어로 처리하므로써 B채널의 처리는 시스템의 구조에 영향을 주지 않고 설계 가능하다.

2. 설계조건 및 고려사항

TDX-1B 음성교환기의 기본적인 구조나 개념을 변경하여 ISDN기능을 구현하게 되면 현상운용중인 시스템에 적용할 경우 하드웨어와 소프트웨어의 변화가 많기 때문에 경제적인 손실 뿐 아니라 시스템의 신뢰성과 가용성을 저하시키고, 개발 과정에서도 인력, 개발기간, 개발비용 등의 과다로 신규로 시스템을 개발하는 것보다 더많은 투자를 하고 가치는 떨어지는 시스템을 개발할 우려가 있다. 따라서 기존 시스템과의 기본적인 호환성과 공통의 개념을 유지하고 D-채널 연동에 따라 나타날 수 있는 Bottle Neck 해소

방안 등은 설계조건으로 반듯이 지켜야 한다. 따라서 다음과 같은 사항들은 시스템 설계시 고려하여야 할 사항이다.

1) 시스템 연동

신호처리시간을 최소화 하고, 구현을 용이하게 하며, 경제성과 성능을 고려하여 연동하여야 한다.

2) 시스템 구조변경의 최소화

프로세서 및 IPC 계위의 기존 체계를 가급적 변경하지 않고 통신 프로토콜, 통신속도 및 통신 방식을 변경하지 않아야 한다. 또 T-Level 프로세서의 하드웨어는 기존의 SLP 하드웨어를 그대로 사용하고 소프트웨어의 호환성유지를 위해 소프트웨어의 기본구조를 변경하지 않도록 하여야 한다.

3) Bottle Neck 해소

D-채널 드라이버 및 BACP에서 실시간 처리할 수 있게하여 하위프로세서의 성능향상을 통해 T레벨프로세서에 미치는 영향을 최소화 한다. BACP와 ILCP간 통신시간을 최소화하고 ILCP의 처리능력을 향상시키며 최적의 기능 및 부하 분담으로 프로세서계의 Over Load가 발생치 않게한다.

Ⅲ. D-채널 처리방식 설계

가입자 모듈에서의 D-채널 처리는 우선 U 접속부로부터 D-채널을 물리적으로 분리해야하고, 분리된 D-채널은 LAPD 처리 프로토콜로 변환하여야 한다. LAPD 프로토콜로변환된 정보포맷은 신호정보와 패킷정보를 분리하여 시스템과 연동시켜 호처리를 수행할수 있게 하므로써 D-채널은 처리된다.

D-채널 처리방식 설계는 다음과 같이 2단계로 구분할 수 있다. 1단계는 2B+D 채널 신호로부터D-채널을 분리한후 신호정보와 패킷정보를 분리하는 단계이며, 2단계는 분리해낸 D-채널을 시스템과효율적으로 연동시켜 시스템의 성능과 용량을 최적화 시킬수 있게 설계하는 단계이다.

1. D-채널 분리기의 설계

D-채널 분리기는 2B+D로부터 D-채널의 분리와 분리된 D-채널을 시스템과 통신이 가능하도록하는 프로토콜 처리가 이루어져야 하며 프로토콜에 따라 신호정보와 패킷정보를 분리하므로써 D-채널의 분리가 이루어진다.

TDX-1B ISDN에서의 D-채널 분리는 CCITT의 가입자-망간 접속점 중 V 접속점으로부터 분리하고 있으며 이 접속점에 해당하는 버스를 IOM(ISDN Oriented Module) 버스라고 하고 D-채널 드라이버

인 IDEC(ISDN D-Channel Exchange Controller)에의해 D-채널을 분리하도록 구성 하였다.

TDX-1B ISDN의 V 접속점은 그림 1에서와 같이 U 접속으로부터 오는 2B+D 채널을 선로종단장치(LT)인IEC-Q(ISDN Echo Cancellation Circuit-Quaternary)에서 검출하여 IOM 프레임으로 변환하여PCM 32 채널 프리서브하이웨이(PSHW)와 연동되고 PCM으로의 변환 칩인 EPIC(Extend PCM Interface Controller)에 연결된다. 따라서IEC-Q와 EPIC 사이가 IOM 버스 구간이며CCITT 표준용어로는 IT와 ET 사이의 V 접속에 해당한다. 따라서 D-채널의 분리는 IOM 버스로부터 분리하도록 설계되어 있으며 IOM 버스 인터페이스가 가능하고 HDLC 프로토콜 변환이 가능한 IDEC 칩을 이용하여 분리한다.

IDEC는 칩당 4개의D-채널을 분리할 수 있어 IOM 버스의 8 채널 모두에 대해서D-채널을 분리하기 위해서는 2개의 IDEC가 필요하다.

IDEC 내부에서는 IOM 버스로부터 2 비트 스트림으로 입력되는 D-채널 데이터를 FIFO 로직을 이용해 계층 2프로토콜인 HDLC 포맷으로 변환하여, 32 Kbyte 단위로 콘트롤 프로세서인 BACP(Basic Access Control Processor)로 전달하므로써 D-채널의 분리가 이루어진다.

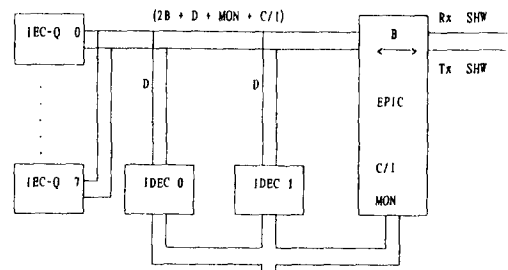


그림 1. V 접속과 D-채널 분리 방식도
Fig. 1. V interface and Configuration of D-channel extraction.

2. D-채널 처리방식 설계

시스템의 구조분석 결과를 토대로 하여 D-채널의 처리방식을 설계하였으며 이는 사실상 시스템의 구조설계와 같은 의미를 갖는다. D-채널의 신호정보나 패킷정보는 메시지 형태로 망과 연결되어야 하기 때문에 D-채널을 처리하기 위해서는 프로세서가 필요하게 된다. 따라서 D-채널 처리를 위하여 TDX-1B 시

스텝의 제어계 구조를 활용하였다. TDX-1B 시스템의 제어계는 프로세서 분산제어방식이며 프로세서간 연동은 직렬통신에 의해 연결되고 프로세서 상호간에는 계위를두어 기능과 부하를 분담토록 설계되어 있기 때문에 '계위의 설계'가 필요하고, 다음은 변경이 요구되는 프로세서와 IPC가 설계되어야 한다.

1) 계위의 설계

TDX-1B 시스템의 제어계 계위는 T.B.D(Top, Base, Device)-레벨로 구성되며 가입자 모듈에서는 T.B-레벨만 적용된다. 기존의 T.B-레벨을 그대로 이용하는 것이 하드웨어적인 변경이 없이 사용되는 방안으로 구조를 변경하지 않는다는 원칙에는 가장 좋은 방법이기도 하나 B-레벨 프로세서인 ILCP가 128 가입자의 D-채널을 처리해야 하며 이때 버스의 길이가 길어지게 되어 Noise에 의한 통신 Error 발생 확률이 높아지고, Shelf의 Back Plane설계가 복잡해진다. 또 D-채널 드라이버를 실시간 액세스할 경우 ILCP의 성능을 얼마나 높여야 할지 예측이 어려우며, D-채널에 새로운 기능이 추가 되거나 패킷 정보가 많아지면 ILCP가 과부하에 의한 Bottle Neck이 될수 있다. 또한D-채널의 신호 정보와 패킷 정보의 분리를 ILCP에서 담당해야 하므로 B-레벨의 하드웨어 구조 변경이 불가피해진다. T-레벨은 시스템의 구조에 영향이 미치게 되므로 기본적으로 T-레벨 프로세서의 변경없이 D-채널을 처리해야 하는원칙을 따라야 하기 때문에 하위 계위를 변경할 수 밖에 없다. 따라서 B-레벨 밑에 S(Signal)-레벨을 두어 8회선의 2B+D 가입자를 실시간 처리하는 구조의 프로세서(BACP)를 설계하였으며 B-레벨과의 통신을 위하여 DS-BUS를 두므로써 ILCP에 부가될 기능을 분담토록 하였다. B-레벨인 ILCP는 그림 2에서와 같이 16개의 BACP를 관장하고 T-레벨인 ISLP가 4개의 ILCP를 담당하게 하므로써 BACP간, ILCP간에는 부하를 분담 하도록 계위를 설계하였다. 각 계위간

기능 분담은 S-레벨에서는 D-채널 분리 하드웨어를 직접 제어하는 계층1의 버퍼드라이버 기능, 계층2의 Management기능과 Data Link제어 기능, 신호정보와 패킷정보의 분리기능 등을 수행하며 B-레벨은 신호의 다중처리 기능과 계층2 프리미티브 처리기능, 호제어 프리미티브 처리기능, 가입자의 상태감시기능 등 D-채널 처리를 위한 중요하고 복잡한 기능들을 담당하게 하였다.

T-레벨인 ISLP는 음성기능에서와 유사하게 호처리기능, 부가서비스기능 IN/OUT Test 기능, B-채널 패킷 제어기능, 계층3 처리기능, 특수서비스 기능 등 주로 호처리 기능을 담당 하므로써 기존의 8 bit 프로세서를 변경하지 않고도 ISDN관련 호처리 능력을 충분히 수행할 수 있도록 기능을 분담하였으며 표 1은 계위별 기능 분담을 구분하였다.

표 1. 계위별 기능 분담

B-CH Driver	BACP	ILCP	ISLP
<ul style="list-style-type: none"> • B-채널별 열 삽입 • LAPD 변조 - Flag검출 및 발생 기능 - Zero 점을 및 삽입기능 - CRC체크 및 발생 기능 - Abort체크기능 - 이도레스 인식 기능 	<ul style="list-style-type: none"> • LAPD 제어 • 유저보수 제어 기능 • 패킷 스트림 기능 - L.P 분리 기능 • DS-BUS 결합 기능 • C/I채널 제어기능 • Monitor채널 제어 기능 • LI 버퍼 드라이버 기능 • LI 버퍼 드라이버 기능 • LI Management 기능 • Data Link 제어기능 • 통계 감시 기능 • MAC 결합 기능 	<ul style="list-style-type: none"> • S의 다중처리 • 유저보수 제어기능 • B-BUS 결합기능 • DS-BUS 결합기능 • 가입자 발생정 제기능 • B-BUS 감시 기능 • 가입자 상태 감시기능 • CC 프리미티브 처리 기능 • Layer1 프리미티브 처리 기능 • Layer3 처리 기능 - 상태정보 설정 및 통제기능 - 사용자 정보의 상호 전달 기능 - 데이터감지 및 복구기능 - 충돌제어 및 정보포함제어 - Timer 처리기능 - MAC 결합기능 	<ul style="list-style-type: none"> • B-BUS 결합기능 • T-BUS 결합기능 • B-채널 결합 기능 • 호처리 기능 • 부가 서비스 기능 • 유저보수 제어 기능 • 특수 서비스 기능 • IN/OUT Test 기능 • BIC 제어 기능 • Timer 처리 기능 • MAC 결합 기능 • Layer 3 처리기능

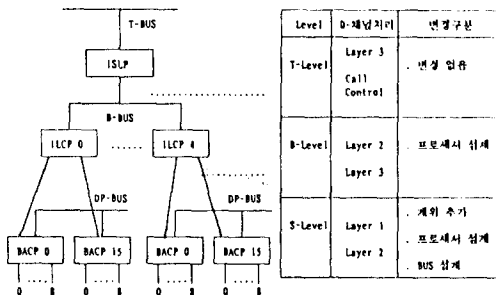


그림 2. 계위 구조
Fig. 2. Hierarchy structure.

2) 프로세서의 설계

T-레벨 프로세서인 ISLP는 기존 음성시스템에서 SLP 하드웨어를 변경하지 않아야하기 때문에, ISLP의 소프트웨어 적인 기능만 수정 또는 추가하는 범위에서 설계함으로써 시스템의 기본 구조가 손상되지 않도록 하였다.

ILCP는 음성시스템에서는 8Bit 프로세서(ALCP)이었으나, ISLP에 LAPD 처리로 인한부하와 기능적인 부담을 주지 않도록 하기 위하여 CPU를 기존의 ALCP와 전혀다른 16Bit 프로세서를 사용하였으며 하드웨어와 소프트웨어를 ISDN 기능 처리에 적합하도록 설계하였다.

S-레벨인 BACP는 추가되는 계위의 프로세서로서 D-채널의 물리적인 기능과 L2변환기능을 실시간 처리 가능하도록 설계하였으며, 성능상의 Bottle Neck 이발생하지 않게 하기 위하여 제어 범위를 8 가입자 회로로 제한 하였다. 따라서 ILCP와 BACP는

ISDN 가입자 기능 처리를 위하여 신규 설계된 프로세서로서 주로 프로토콜 처리기능과 I/O 제어기능이 주된 일이기 때문에 이를 위하여 CPU를 모토로라사의 MC68302IMP(Integrated Multi-protocol Processor)를 채용하였다. ILCP와 BACP에서같은 CPU를 사용하므로써 프로세서 하드웨어 설계를 용이하게 하였을 뿐아니라 주변 I/O장치기능이 칩 내부에 포함되어 있어 설계를 소형화 단순화하여 하드웨어 신뢰성을 높였다. 또한 프로세서에서 사용되는 프로그램 언어를 통일시키므로 소프트웨어 엔지니어의 활용폭을 넓게하였고 설계와 디버깅을 용이하게 하여 전체 개발 기간을 단축하였다.

가. ISLP의 구성

ISLP의 주요 구성은 하위 레벨인 B-레벨 프로세서 정합부와 T-레벨 프로세서 정합부, DLC 제어부로 구성되는데 B-레벨정합부는 B-버스 정합부로 이루어지며 T-레벨 프로세서와는 T-버스를 통하여 연결된다. 그외 시스템의 정보장치 정합부, 확장메모리부, 이중화 정합부가 있으며, ISLP는 최상위 T-레벨 프로세서로써 각 기능은 별개의 회로팩으로 구성되며 기능간 신호 연결은 Back Board에 의해 이루어진다. ISLP의 하드웨어는 기존 TDX-1B SLP의 구성과 동일하다.

나. ILCP의 구성과 설계

ILCP는 장차 개발될 새로운 서비스와 기능의 추가에도 성능과 용량이 부족하지 않게 설계하여 신규서비스 수용 능력을 향상시킬 수 있게 하였다. ISDN 관련 신규서비스(H서비스)의 추가나 변경이 용이하게 하고, 소프트웨어를 모듈화하였으며, 고속처리가 가능한 CPU를 선정하여 성능을 향상시키므로써 앞으로 확대될 ISDN의 새로운 서비스와 이용율의 증가에 대처하였다. 또한 ILCP를 효율적으로 설계하고 성능을 향상 시키므로써 ISLP의 부하를 격감 시키도록 노력하였다.

ILCP의 구성은 크게 가입자 회로인 BASB(Basic Access Subscriber Board) 정합부와 상위 프로세서인 ISLP정합부로 나누어지는데 가입자 회로 정합부는 16 Port를 제어할 수 있는 16 비트 병렬 버스인 DS-버스를 통하여 인터페이스되고, ISLP와의 정합부는 409.6 Kbps속도의 직렬통신을 하는 B-버스를 통하여 인터페이스된다.

ILCP는 기능별로 제어를 담당하는 CPU 및 주변 회로, 메모리, 상위프로세서와 통신채널 구성을 위한 B-버스 정합 기능을 갖고 있어 각종 가입자 상태관리 및 계층 3 프로토콜처리 기능을 수행하며 구성도는 그림 3과 같다.

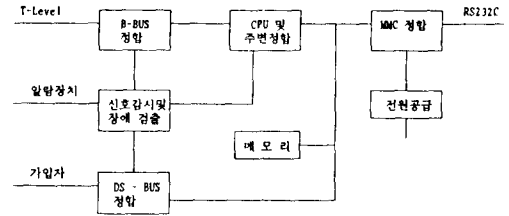


그림 3. ILCP 구성도

Fig. 3. Configuration for ILCP.

ILCP의 CPU는 모든 디바이스(Device)를 제어하는 중추적인 기능을 담당하는 회로이며, 클럭발생회로, 리셋회로, 디코더회로, 제어신호 발생회로 등으로 구성된다. ILCP의 메모리는 프로그램 저장용 메모리와 데이터 저장용 메모리로 구분되며 EPROM 128 KByte와 SRAM 128 KByte가 프로그램 메모리와 데이터 메모리로 사용되고 있다. B-버스는 이중화된 Global 버스 구조를 갖고 HDLC 프로토콜을 따른다

B-버스는 HDLC 프로토콜을 처리하기 위하여 IMP의 SCC1 Port를 이용하며, Global 버스채널 액세스를 위한 Reservation과 Selection 회로로 구성된다. DS-버스 정합은 ILCP의 기능 수행을 위한 가입자 블럭과 정합되는 부분으로 가입자블럭과 고속의 데이터를 주고 받기위해 16 Bit의 병렬 입출력 구조를 갖는다. ILCP는 DS-버스를 통하여 특정 가입자 회로를 지정하여 제어하며 제어 형태는 Common Memory(CM)를 통한 일정 양식의 데이터이다.

다. BACP의 설계

BACP는 하드웨어적인 신뢰성 확보를 위하여 가입자 회로팩인 BASB 내에 실장하고 있으며, D-채널을 IOM-버스로부터 분리하는 역할을 하며 BACP와 ILCP간의 통신방식을 Real Time Parallel Communication Bus로 추구하므로써 설계된 DS-버스에 의해 ILCP로 메시지를 전달한다. BACP는 교환기측의 D-채널 프로토콜을 수행하기 위하여 D-채널 정보를 주고 받으며 D-채널 드라이버의 FIFO와 인터페이스되어 인터럽트에 의해 데이터를 송,수신 하므로써 가입자측의 D-채널 데이터를 처리한다. BACP의 CPU는 제어부의 회로, 전력, 부품 밀도를 감소 시키고 기능을 단순화시키기 위하여 모토로라사의 MC68302 IMP(Integrated Multi-Protocol Processor)를 채택하여 프로세서부를 설계하였다. 그림 4에서 BACP는 CPU 외에 128K 바이트 ROM과 256K 바이트 RAM 영역을 제공하고 있으며,

ILCP와의 실시간 통신을 위하여 4K 바이트의 DPRAM을 두어 시스템 버스와 함께 사용하고있다. DPRAM의 두개의 포트중 시스템 버스측이 항상 높은 우선순위를 가지며 시스템 버스측에서 액세스 중이면 "BUSY" 신호에 의해 내부버스는 대기상태가 되고 "BUSY" 상태가 해제된 이후에 내부 액세스가 완료된다.

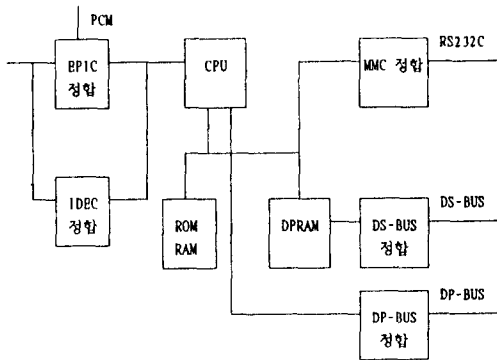


그림 4. BACP 구성도
Fig. 4. Configuration for BACP.

또 BACP는 계층 1과 2의 프로토콜 제어 기능을 수행하며 가입자 인터페이스의 V 접속에서 분리된 D-채널을 계층 1과 계층 2 처리 절차를 통해 신호정보와 저속 패킷정보로 분리하여 신호정보는 DS-버스를 통해 상위 계층인 ILCP로 전송하며, 저속 패킷데이터는 DP-버스를 통해 PH(Packet Handler)로 전송된다.

3) IPC의 설계

기존의 B-버스와 T-버스는 TDX-1B 음성급 교환기의 성능시험 결과 IPC는 Bottle Neck으로 나타나지 않았으며, 버스구조나 형상의 변화는 시스템 구조변경과 밀접하게 연관되어 있으므로 기존의 T,B-버스의 구조나 방식은 변경없이 그대로 사용토록 하였다. 다만 ILCP의 신규 설계에 따라 B-버스에 대해서만 ILCP측의 인터페이스를 기존 B-버스 구조에 맞추어 개발하였다.(그림 3. ILCP 구성도 참조) 따라서 IPC는 추가되는 계위인 S-레벨 프로세서와의 연동을 위한 DS-버스를 실시간 처리가 가능하도록 시스템 프로세서 버스인 VME 버스를 활용하여 Dual Port RAM을 중심으로 BACP와 ILCP가 교대로 액세스하도록 설계하였다. 그러므로 DS-버스는 DPRAM을 공통메모리(Common Memory)로 하여 상,하위의 CPU가 공동으로 액세스하므로 버스의 통신 지연 없이 처리가 가능하다.

그림 5은 DS-버스의 구조를 나타내고 있으며, 여기서 BACP의 액세스 주기는 90 ms이고 ILCP의 액세스 주기는 120 ms로 되어 있으며 DPRAM의 특성상 BACP와 ILCP의 어느 한 쪽이 액세스하고 있으면 상대방에는 "BUSY" 신호가 출력된다.

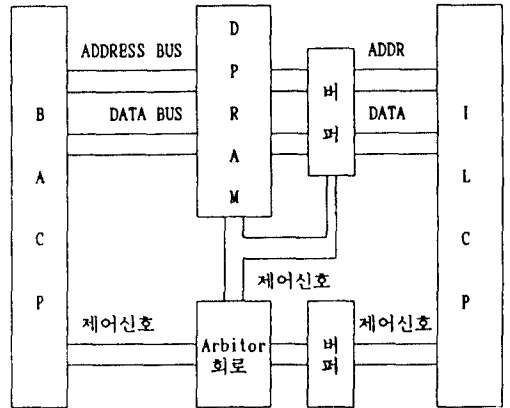


그림 5. DS-버스의 구조도
Fig. 5. Architecture of DS-BUS.

이 신호를 이용하여 버스 Arbitor를 설계하였고 이로써 두 프로세서가 액세스하는 동안 충돌현상을 방지하도록 하고 있으며, 버스 Arbitor는 DPRAM 제어를 위한 모든 신호를 제공한다. 또한 소프트웨어적으로 공통메모리(CM)를 두고 상호통신을 하도록 하기 위하여 BACP와 ILCP는 각각 Flag의 상태에 따라 상대방이 액세스 중인지 여부를 판단하도록 하고 있다.

3. 디지털 가입자 모듈(ISM)의 설계

전 '항'의 D-채널 처리 방식 설계에 따라 D-채널을 효과적으로 처리할 수 있도록 ISDN 가입자 정합 모듈의 구조를 설계하면 그림 6의 디지털 가입자 모듈 구성도와 같다.

그림 6에서 디지털 가입자 모듈(ISM)은 2선 가입자선로를 통하여 디지털 정보를 송,수신하기 위한 선로중단(LT) 기능에 해당하는 모듈로서 그 주요 기능은 2B+D 채널 송,수신을 위한 선로 정합기능과 2B+D 채널을 분리해서 2B 채널을 2.048 Mbps의 PCM 신호로 변환하는 기능, D-채널의 분리기능, D-채널의 처리기능, 패킷신호의 분리 및 처리기능, PCM 집선기능, D-채널 처리를 위한 DS-버스, B-레벨 프로세서간 통신을 위한 B-버스, T-레벨 프로세서간 통신을 위한 T-버스 등으로 구성된다. 가입자

정합의 최종단인 BASB는 8 가입자의 2B+D회선을 수용하며, 8 가입자 처리를 위한 16 bit 마이크로 프로세서(BACP)를 실장하고 있다. BASB의 PCM 출력은 16 CH이며 2매의 BASB에 의해 DLC의 PSHW 1개(32 CH)를 점유하게되어 있으며 DLC당 총 32개의 PSHW를 갖게 되므로 64매의 BASB를 수용할 수 있고, ISM당2B+D 수용 회선수는 512 회선을 수용할 수 있다.

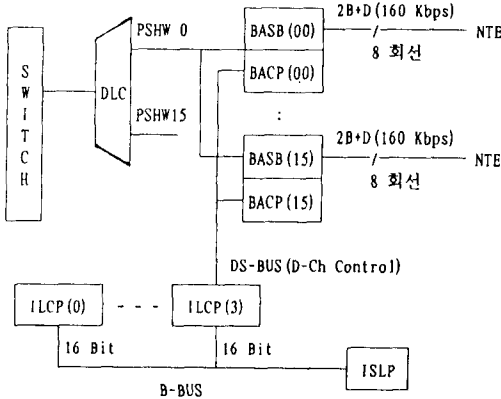


그림 6. 디지털 가입자 모듈(ISM)의 구성도
Fig. 6. Configuration for ISM.

프로세서 계위는 BACP가 8개의 2B+D 회선을 처리하고 BACP의 상위 프로세서인 ILCP는 DS-버스를 통해 16개의 BACP와 통신할 수 있으며 4개의 ILCP가 B-버스를 통하여 상위 프로세서인 ISLP와 통신하고 ISLP는 T-버스를 통하여 타 모듈의 T-레벨 프로세서와 통신한다. 따라서 ISM 1개 모듈은 64개의 BACP를 수용하고 4개의 ILCP와 1개의ISLP를 수용 하므로써 총 69개의 프로세서로 구성되며 ILCP와 BACP는 16 비트 마이크로 프로세서로 되어있고 ISLP는 기존의 8 비트 마이크로 프로세서로 구성되어 있다. 결국 ISM에서의 주요 ISDN 관련 기능 처리는 BACP와 ILCP에서 처리하도록 구성하므로써 기존의 시스템 구조를 유지할 수 있게 설계하였다.

IV. 성능 목표의 설계

교환기에서 성능의 함수는 트래픽과 호처리 능력이며 트래픽은 통화로계에 영향을 미치게 되며 호처리는 프로세서계에 영향을 미친다. 본 연구에서는 기존의 TDX-1B 시스템에 ISDN 기능을 추가함에 따라 하드웨어적으로 고정되어 있는 통화로계의 트래픽 함

수의 변화는 없는 것으로 보고 제어계의 호처리를 성능의 유일한 함수로 보았다. ISDN 가입자의 트래픽은 상용화 초기 단계 이어서 실측에 의한 트래픽 측정이 불가능하므로 CCITT Blue book Q.543의 교환기 성능 권고안을 활용하여 추정하고 TDX-1B 음성교환기의 성능 측정자료를 이용하여 성능 목표를 설정하고자 한다.

1. ISDN 가입자 트래픽 추정

1) 일반 가입자회선의 기준부하

단국교환기에 추가되는 트래픽 특성은 수용되는 가입자회선이 농어촌이나, 도시이나, 주거용이나 또는 업무용이나에 따라 크게 달라진다. 따라서 기준부하는 교환기 용도에 따라 분류되며 교환기의 운용국 설계시에는 가입자 성향에 따라 기준부하를 선택 하여야한다. 일반 가입자회선의 기준부하는 표 2와 같이 가입자 성향에 따라 4종류로 분류하여 평균통화량과 평균 BHCA로 나타낼 수 있다.

표 2. 일반 가입자회선의 기준부하 A

Table 2. Reference load A of an among subscriber.

교환기 유형	평균 통화량	평균 BHCA
W	0.03 B	1.2
X	0.06 B	2.4
Y	0.10 B	4
Z	0.17 B	6.8

- W : 농어촌 지역
- X : 중소도시, 대도시 주거역
- Y : 대도시 상업지역
- Z : 특수 트래픽지역

2) ISDN 가입자회선

ISDN 가입자회선은 일반 가입자회선의 Heavy Traffic에 해당하는 교환기 유형 Y 이상의 트래픽을 발생시킬 것으로 가정하여 다음 표 3과 같이 3종류의 유형으로 분류할 수있다. 표 3에서 유형 Y¹는 하나의 유형 Y 일반 가입자회선에 해당하는 B-채널 트래픽을, 유형 Y²는 두개의 유형 Y 일반 가입자회선에 해당하는 B-채널 트래픽을, 그리고 유형 Y³는 하나의 유형 Y 일반 가입자회선에 해당하는 트래픽과 매우 높은B-채널 트래픽을(예를 들면, 1 Erlang의 회선교환 데이터 트래픽) 의미한다. 표 3은 D-채널당 평균 패킷수는 음성신호의 2배를 감안하여 계산된 수치이다. CCITT에서는 아직 권고하지 않은 내용이며 따라서 본 논문에서는 일반 음성호의 최악 조건을 가정하므로써 패킷 트래픽을 고려한 수치로 보았다.

3) TDX-1B ISDN 가입자 모듈 프로세서의 호처리 성능 목표값 설정

CCITT에서는 PSTN 가입자의 Heavy Traffic 유형 Y에 근거하여 ISDN 가입자에 대하여 다음과 같이 Y¹, Y², 및 Y³의 유형을 제시하고 있으나, 최대 8대의 복수 단말 수용이 가능하고 각각의 단말에서 유형 Y 일반 가입자 회선에 해당하는 트래픽 유형의 발생을 고려하였으며 이의 유형을 Y⁴로 나타내어 B-채널당 평균 통화량과 B-채널당 평균 BHCA를 다음과 같이 결정하였다.

B-채널당 평균 통화량 : $(0.1 \text{ Erl/TE} \times 8 \text{ TE}) / 2 \text{ B-채널} = 0.4 \text{ Erl/B-채널}$

B-채널당 평균 BHCA : $(4 \text{ BHCA/TE} \times 8 \text{ TE}) / 2 \text{ B-채널} = 16 \text{ BHCA/B-채널}$

표 3. ISDN 가입자 회선의 기준부하 A와 8대의복수단말 수용시 Y⁴유형

Table 3. Y⁴ type in accommodation of 8 terminal equipments.

유형	B-채널 당 평균 통화량	B-채널 당 평균 BHCA	D-채널 당 평균 패킷수 (Packet/sec)
Y ¹	0.05 B	2	신호용 : 0.05
			데이터 : 0.1
Y ²	0.10 E	4	신호용 : 0.1
			데이터 : 0.2
Y ³	0.55 B	2	신호용 : 0.05
			데이터 : 0.1
Y ⁴	0.40 B	16	신호용 : 0.1
			데이터 : 0.2

5) 각 프로세서별 호처리 성능목표

BACP : $8 \text{ 회선/B'd} \times 2 \text{ B-채널/회선} \times 16 \text{ BHCA/B-채널} = 256 \text{ BHCA}$
 ILCP : $16 \text{ B'd/ILCP} \times 256 \text{ BHCA/B'd} = 4096 \text{ BHCA}$
 ILSP : $4 \text{ ILCP/ISLP} \times 4096 \text{ BHCA/ILCP} = 16384 \text{ BHCA}$

6) 각 프로세서별 추정에 의한 최종 호처리 성능목표

CCITT에서는 계획된 정상수준을 초과하는 기준부하 B의 트래픽 처리를 위하여 35% 증가된 트래픽을 고려하고 있으므로 TDX-1B ISDN에서도 기본 호처리 성능 목표를 감안하여 최종 호처리 성능을 결정하면 다음과 같다.

BACP : $256 \times 1.35 = 346 \text{ BHCA}$
 ILCP : $4096 \times 1.35 = 5530 \text{ BHCA}$
 ISLP : $16384 \times 1.35 = 22118 \text{ BHCA}$

2. TDX-1B 시스템의 실측에 의한 성능목표 설정

TDX-1B 시스템의 성능을 확인하기 위하여 실측적인 방법에 의해 LCS(Local Call Simulator)와 UCS(Universal Call Simulator)을 이용하여 성능 시험을 하였다.

표 4. SNP가 최대 호처리시 프로세서별 CPU 부하

Table 4. CPU load of processors when SNP processes full load of calls.

PROCESSOR	호발생건수	불완료건수	불완료율	CPU상태	CPU Free Time	호 발생장비
SLP 00	26,700	54/94	0.544 %	Normal	37.17 %	ACT (5) MFC: 86,190 DP : 46,445
SLP 01	26,524	34/117	0.569 %	Normal	35.70 %	
SLP 02	26,553	35/112	0.553 %	Normal	36.06 %	
SLP 03	26,664	59/95	0.579 %	Normal	36.06 %	LCS (17) MFC: 27,125 DP : 37,072
SLP 04	26,194	30/256	1.168 %	Normal	24.46 %	
SLP 05	21,447	69/7	0.354 %	Normal	46.42 %	
SLP 06	15,245	156/42	1.298 %	Normal	54.35 %	UCS (7) R2 : 26,307 불완료건수 Fault/Fail
SLP 07	27,505	174/38	0.77 %	Normal	32.43 %	
SLP 08						
SLP 09						
소 계	196,832	631/761	0.707 %			
TLP 00	12,725	10	0.081 %	Normal	60.86 %	
TLP 01	14,082	1	0.007 %	Normal	60.43 %	
소 계	26,807	11	0.042 %			
총 계	223,139	642/761	0.629 %			
SNP				Minor	21.74 %	
OMP				Normal	74.99 %	

실측 결과 T,B-Bus의 IPC는 Bottle Neck이 아니었으며 SNP가 Bottle Neck으로 나타났고, CPU가 Minor Overload 상태 직전(CPU Free Time 21.74%)에서 223,139 Call/H로 나타나 설계 목표치를 만족하고 있음을 확인하였다.

표 4는 SNP가 223,139 Call을 처리하고 있는 동안 SLP와 TLP의 CPU 상태와 CPU Free Time을 나타내고 있다.

이때 SLP는 같은 SLP내에서 발,착신을 동시에 처리하는 시험을 수행하였으며 Normal상태에서 29,000 Call/H, Minor Overload 상태에서 35,000 Call/H, Major Overload 상태에서도 35,000 Call/H를 처리 하였다. 따라서 Minor Overload 상태의 호처리 능력을 SLP의 처리능력 이라고 보아야 하며 이 값은 완료호 기준이므로 불완료호 발생 비율을 30%로 가정 할 경우 SLP의 최대 처리 능력은 $35,000 \text{ Call/H} \times 1.3 = 45,500 \text{ BHCA}$ 가 되어 당초 TDX-1B 시스템의 설계 목표치인 42,200 BHCA를 만족한다. 따라서 기존 TDX-1B 시스템의 SLP 호처리 능력을 ISLP의 설계목표로 설정하면 ISLP의 최대 호처리 능력이 42,200 BHCA일때 ILCP를 4개 수용할 수 있기 때문에 ILCP당 8,750 Call/H 발생하면 ISLP는 Major Overload로 과부하 상태가 된다. 그러므로 ILCP는 불완료호를 포함

하여 8.750 Call/H \times 1.3 = 11.375 BHCA 이상 처리할 수 있으면 된다. 이때 BACP는 8 가입자 회선을 Real Time으로 처리하기 때문에 어떤 상황에서든 과부하상태가 발생하지 않아야 겠으나 상위 프로세서와의 관계를 감안하여 유도하면 다음과 같다.

$$8,750 \div 16 = 546.9 \text{ Call/H}$$

$$546.9 \times 1.3 = 710.9 \text{ BHCA}$$

따라서 ISLP의 최대 호처리 성능 목표치는 42,200 BHCA로 설정하고 ILCP는 11,375 BHCA로 설정하였으며 BACP는 711 BHCA로 선정하였다.

3. 목표설정

기준부하에 의한 추정은 CCITT 권고의 기준부하로부터 유추하면서 실제 서비스 트래픽 기준 중에서 최상위 값을 준용하였기 때문에 시스템 운용중 천재 지변이나 전선 등 특수 상황에서만 나타날 가능성이 있다.

표 5. 프로세서별 설계 목표

Table 5. Designed goal of processors performance.

프로세서	설계에 의한 추정	기준부하에 의한 추정	설계목표치	비 고
ISLP	42,200 BHCA	22,118 BHCA	42,200 BHCA	1.9 배
ILCP	11,375 BHCA	5,530 BHCA	11,375 BHCA	2.1 배
BACP	711 BHCA	346 BHCA	711 BHCA	2.1 배

그러나 이때에도 시스템은 Overload 상태가 되어서는 안되기 때문에 설계 목표를 기준부하에 의한 회선당 트래픽 추정값의 1.5 ~ 2.5배 범위안에서 설정할 필요가 있다. 따라서 표 5에서와 같이 기존 TDX-1B 시스템 실측치에 의한 추정값을 TDX-1B ISDN의 설계 목표값으로 설정하였다.

V. 결론

본 연구는 기존의 음성서비스를 위하여 개발된 전자교환기 TDX-1B 시스템에 ISDN 기능을 추가하는 과정에서 D-채널의 처리방식이 시스템 구조에 미치는 영향을 분석하였으며, D-채널의 처리방식 설계에 따라 시스템 제어계의 성능과 구조의 변화가 수반되므로 기존 시스템의 구조를 유지하면서 D-채널을 처리하는 방식을 연구하였다. D-채널의 처리방식은 D-채널의 분리단계와 처리단계로 구분하여 설계하였으며 특히 처리방식에 대하여 중점적으로 연구하여 기존 시스템에 D-채널을 연동시켰다.

설계는 TDX-1B의 시스템 구조 검토를 통하여 기존의 구조와의 연동성을 기준으로 설계하였으며 프로세서의 분산제어 구조와 프로세서간 통신 구조를 이

용하여 D-채널을 연동 처리하는 방식으로 D-채널의 처리 방안을 구상하였다. 연동 처리방식은 먼저 계위를 설계하고 계위설계에 따라 요구되는 프로세서를 설계한 후 프로세서의 연동을 위한 IPC를 설계하였다.

D-채널 처리방식의 설계는 T-레벨 이하만 변경하기 때문에 실질적으로 디지털 가입자모듈의 설계 형태로 나타난다. 계위설계에서 S-레벨의 추가를 결정하고 프로세서간 기능과 부하분담 업무를 결정하므로써 B-레벨 프로세서의 신규 설계의 필요성을 확인하였다. 프로세서의 설계에서는 T-레벨 프로세서인 SLP에 ISDN 기능을 추가하고 기존의 HDLC 프로토콜을 CCITT 권고안을 기준으로 수정하여 데이터 및 패킷호 처리가 가능하도록 하였으며, ILCP는 ISLP에서 처리하기 어려운 계층 2,3의 기능 등과 같은 프로토콜 처리와 하위 프로세서인 BACP를 권장하도록 하였다. 또 ILCP는 용량이나 성능면에서 앞으로 늘어나게 될 이용도와 신규서비스에 대해서 가용성과 융통성을 발휘할 수 있게 설계하였다. BACP는 어떤 경우에도 Bottle Neck이 발생치 않도록 실시간 처리를 설계목표로 하였으며 하드웨어의 직접 제어와 프로세서의 신뢰성 확보를 위하여 가입자회로와 같은 PBA에 실장하도록 하였다. IPC 설계는 구조와 관련이 있는 T,B-버스는 그대로 사용하되 ILCP측 인터페이스만 신규 설계하고 하위 버스인 DS-버스는 실시간 처리를 위하여 병렬형의 시스템 버스를 사용하기로 하였으며 프로세서의 독립성과 효율을 제고하기 위하여 버스내에 DPRAM을 두고 양 프로세서의 충돌을 막도록 설계하였다.

또 본 연구에서는 D-채널 처리를 위한 방식설계와 함께 시스템 구조에 영향을 받는 성능목표를 제시하기 위하여 CCITT Q.543의 교환기 성능권고안에 따라 이용가능 트래픽을 추정하고 TDX-1B 음성교환기의 성능 측정자료를 참고하여 목표값을 설정하였다. 설계 목표값은 기준 부하에 의한 추정치는 운용현장에서 특수상황에서만 나타날 수 있는 수준으로 설계하였으며, 이러한 기준에 따라 ISLP는 22,118 BHCA, ILCP는 5,530 BHCA, BACP는 346 BHCA로 성능을 유도하였다. 또 TDX-1B 음성시스템의 실측에 의한 추정 값은 ISLP가 42,200 BHCA, ILCP가 11,375 BHCA, BACP가 711 BHCA로 산출되었으며, 목표설정을 위하여 운용현장에서 발생할 가능성이 있는 경우에 ISLP보다 하위 프로세서가 Bottle Neck이 되어서는 안되므로 기준부하의 2배 수준의 실측값을 설계 목표로 하였다. 다만 본 연구에서 제시한 성능목표값 설정시에 데이터 가입자에 대한 성능요소를 감안하지 못한 점이 있었으나, 이는

CCITT에서도 데이터와 패킷에 관하여 추후 검토과제로 남겨두고 있을 뿐아니라 우리나라의 경우에도 현재 시범단계로써 1300여 가입자만 시범운영중에 있기때문에 현장운용에 의한 데이터 트래픽 예측은 어렵게 되어있다. 따라서 상용화가 본격적으로 추진되어 30만 회선 이상이 공급되는 1997년 이후에 데이터 트래픽 측정이 가능할 것으로 예상되기 때문에, 본 연구에서는 성능평가지 데이터 트래픽 요소를 반영하기 위해 일반음성가입자의 대도시 트래픽보다 높게 가정하여 기준부하를 산출하므로써 데이터에 의한 성능요소를 포함하였다.

參 考 文 獻

- [1] 정희창, 서창진, 이승희, "ISDN 가입자 모듈", 전자공학회지 제16권 3호, 1989.6.
- [2] 조정호, 손동철, 한운영, "ISDN D-채널 프로토콜의 설계 및 구현", 전자공학회지 제16권 제3호, 1989.6.
- [3] James Martin, "Computer Network and Distributed Processing", Prentice-Hall, N.J, 1981.
- [4] 한운영, "LAPD 프로토콜의 formal description", 대한전자공학회 하계학술대회 Vol.9, 1986.6.
- [5] 김성조, "VLSI Based ISDN 가입자 접속장치의 설계에 관한 연구", 대한전자공학회 추계학술대회 Vol.8, 1985.11.

- [6] 박용기, "TDX-ISDN 개발계획", KT 사업개발단, 1987.9.
- [7] 오문규, 이용준, 이윤주, "ISDN 교환기의 디지털 가입자 LAPD 처리기 구성에 관한 연구", ETRI TM, 1987.3.
- [8] 조정호, 손동철, 정희창, "ISDN 가입자망의 시스템 관리에 관한 연구", 한국통신학회 '90하계종합학술발표회 논문집, 1990.8.
- [9] Northern Telecom, "ISDN Implementation : DMS-100 Family", Pl 86-01-001 Issue #3, April 1987.
- [10] "TDX-10 ISDN 교환기의 기준부하 및 성능 목표값", TDX-10 ISDN 일반요구사항, ETRI.
- [11] CCITT Recommendation Blue Book Q.543 series, "Digital Exchange Performance Design Objective".
- [12] "ISDN 교환기능개발", ETRI 연구보고서, 1991.10.
- [13] R. A. Fishel, "ISDN Implementation in the 5ESS Switch", IEEE, 86.
- [14] Goran Eriksson, Hakan Simonsson and Uif Thune, "AXE for ISDN", ERICSSON REVIEW, NO. B, 1987.
- [15] 황승희, 오문규, 이윤주, "ISDN 교환기의 디지털 가입자 Access Module 제어구조에 관한 연구", 교환 및 통신연구회 합동학술 발표회 논문집, Vol.11, No.1, 1987.

著者紹介



朴 埴 琪(正會員)

1950年 7月 29日生. 1973年 2月
경희대학교 전자공학과(공학사).
1978年 2月 고려대학교 대학원 전
자공학과(석사). 1994年 2月 고려
대학교 대학원 전자공학과(박사).
1978年 3月 ~ 1983年 1月 한국전

자통신연구소 TDX 개발단(선임연구원). 1983年 1월
~ 1984年 3월 대영전자(주) 부장. 1984年 4월 ~
1990年 2월 한국전기통신공사 사업개발단 부장. 1990
年 2월 ~ 1994年 3월 한국전기통신공사 사업개발단
시스템개발국 국장. 1994年 3월 ~ 현재 . 한국전기
통신공사 연구개발원 통신망연구소 ATM 개발팀장



閔 碩 基(正會員)

1938年 12月 14日生. 1964年 2
월 고려대학교 물리학과(이학사).
1966年 8월 고려대학교 대학원
물리학과(석사). 1989年 5월
Osaka 대학 전기공학과 반도체공
학(박사).

1979年 3월 ~1989年 6월 한국과학기술연구원
(KIST) 책임연구원. 1989년 6월 ~현재 한국과학기술
연구원(KIST) 반도체재료연구실장. 1990年 10월
~현재 한국과학기술연구원(KIST) 정보재료연구단
담당부장.



李 太 遠(正會員)

1931年 7月 27日生. 1955年 2월
서울대학교 통신공학과(공학사).
1960年 2월 서울대학교 대학원 전
자공학과(석사). 1975年 8월 서울
대학교 대학원 전자공학과(박사).
1977年 1월 ~현재 고려대학교 공

과대학 교수. 1981年 8월 ~1982年 7월 미국
Cornell 대학교 객원교수. 1986年 1월 ~1987年 12
월 대한전자공학회 부회장. 1987年 2월 ~현재 국립
공업시험원 공업기반기술 전문위원. 1987年 7월~현
재 과기처 교육전산망 위원. 1988年 1월~1988年 12
월 대한전자공학회 회장. 1990年 3월 ~현재 생산기
술연구원 공업기반기술 전문위원