

ISDN 교환시스템에서 프레임 릴레이 서비스 및 성능 분석에 관한 연구

正會員 張在得*, 姜哲信**, 金珍泰*

A Study on Frame Relay Service and Performance Analysis in ISDN Switching System

Jae-Deug Jang*, Cheoul-Shin Kang**, and Jin-Tae Kim* Regular Members

要 約

기존의 ISDN 교환기에서 패킷 통신을 위하여 사용되는 X.25 교환 방식은 호의 설정(call set-up) 과정에서 제어 정보의 교환 및 처리가 필요해서 전송지연이 누적되는 단점이 있으며, 또한 64 Kbps 이상의 고속 패킷 통신의 수용은 불가능하다. 본 논문에서는 기존의 TDX-10 ISDN 교환기의 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 프레임 릴레이 교환 방식을 기존의 교환기에 적용하는 방식을 제안하였으며 이에 필요한 프레임 릴레이 교환 장치 (ASS-F)의 설계에 관하여 논하였다. 제안된 프레임 릴레이 교환 장치 (ASS-F)를 수용하는 프레임 릴레이 교환 구조에서는 기존의 64 Kbps 패킷 통신을 효율적으로 수행할 뿐만 아니라, 고속의 패킷 통신을 가능하게 하여준다. 본 논문에서는 제안된 시스템의 성능 특성을 비교하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 기존의 시스템에 비하여 성능 특성이 개선됨을 확인하였다. 제안된 프레임 릴레이 교환장치를 수용하는 교환시스템은 전송 대역폭을 효율적으로 이용하여 방대한 트래픽을 처리할 수 있으며, 고속의 패킷 통신을 가능하게 하여 주기때문에 광대역 ISDN으로의 진화 과정중의 중간 단계로 사용될 수 있다.

ABSTRACT

Typical integrated service digital network(ISDN) switching systems have several shortcomings including cumulated long call set-up delay and difficulty in higher speed packet communication. The problems come from the nature of X.25 packet switching technique used in the systems. In this thesis, to solve the above problems, the use of frame relay service within the TDX-10 ISDN switching system is proposed and a frame handling subsystem(FHS) is designed in order to support the high speed frame relay service in the TDX-10 switching systems. In the proposed TDX-10 architecture, the 64 Kbps packet communication can be exe-

*한국전자통신연구소 신호서비스 연구실

**한남대학교 전자공학과

論文番號 : 95173-0510

接受日字 : 1995年 5月 10日

cuted more efficiently and high speed packet communication is allowed. To measure the performance characteristics of the proposed system and to compare the performance with that of the proposed system is superior to that of the existing system. The proposed switching system offers a seamless evolutionary path from Narrowband-ISDN to Broadband-ISDN since it allows an efficient channel utilization and high speed packet communication.

I. 서 론

최근에 선진 외국에서는 X.25의 복잡한 데이터 처리 단계를 최소화하여 데이터 전송에 필요한 핵심 기능만 구현함으로써 고속 전송과 짧은 지연을 제공하는 프레임 릴레이 기술을 개발하였다⁽¹⁾. 이 프레임 릴레이 기술을 LAN 간 상호 연결⁽²⁾, 사설망⁽³⁾, 공중망⁽⁴⁾, 종합 정보 통신망의 액세스망⁽⁵⁾ 등으로 적용하여 서비스를 제공하고 있다.

국내의 경우에는 기존의 종합정보 통신망(Integrated Service Digital Network: ISDN) 교환 시스템을 이용하여 전화망(회선 교환망), 패킷 교환망 등의 서비스를 한 회선으로 통합하여 ISDN 서비스를 제공하고 있으며, 기존의 패킷 통신은 X.25 프로토콜(6)을 이용하여 패킷 단위 전송 및 교환 기능을 서비스하고 있다. 그러나 X.25 패킷 통신은 호의 설정(set-up) 과정이 복잡해서 전송지연이 누적되는 단점이 있으며, 64 Kbps 이상의 고속 패킷 통신은 불가능하다. 따라서 기존의 TDX-10 ISDN에서는 64 Kbps 이상의 광대역 서비스가 불가능하여 전송속도와 품질, 통신 및 비용 측면에서 사용자의 욕구를 충족 시킬 수 없다.

본 논문에서는 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 프레임 릴레이 교환 방식을 기존의 ISDN 교환기에 적용하는 방식을 제안하였다. 또한 TDX-10 ISDN 교환기에서 프레임 릴레이 서비스를 가능하게 하여주는 프레임 처리 서브 시스템의 설계 방안을 제시하였으며, 시뮬레이션을 통하여 자국호 데이터 통신에 대한 성능을 분석하였다. 제안된 방식에서는 기존 ISDN 교환시스템에서 고속 패킷 통신을 위한 프레임 릴레이 서비스를 구현하여 사용자의 요구에 따라 H_0 -채널의 경우 384 Kbps, H_{11} -채널의 경우 1.536 Kbps, 그리고 H_{12} -채널의 경우 1.920 Kbps의 다양한 비트율의 전송을 사

용자에게 제공한다⁽⁷⁾. 따라서, 본 논문에서 제안된 방식의 교환기는 패킷의 전송 속도를 64 Kbps 에서 약 2 Mbps까지로 높여 고속의 패킷 통신을 가능하게 하며, 전송 대역폭의 효율적인 이용과 방대한 트래픽을 처리할 수 있어서 광대역 ISDN으로의 진화 과정 중 중간 단계로 사용될 수 있다.

II. TDX-10 ISDN 패킷 교환 및 프레임 릴레이

1. TDX-10 ISDN에서 패킷 교환 구조

TDX-10 ISDN 교환시스템은 Access Switching Subsystem(ASS), Interconnection Network Subsystem(INS), Central Control Subsystem(CCS) 등 3개의 서브 시스템으로 구성되어 교환 기능을 분산하여 수행하도록 설계되어 있다. ASS는 가입자 및 중계선 정합 기능을 수행하며, INS는 ASS 상호 간이나 ASS와 CCS 사이를 연결 시켜주며, CCS는 시스템 차원의 유지보수, 시험, 측정, 통계 기능 및 운용자와의 정합 기능을 수행한다.

X.25 패킷은 물리 계층(physical layer), 데이터 링크 계층(data link layer), 패킷 계층(packet layer)으로 구성된 3개의 프로토콜 구조를 갖는 망 인터페이스(network interface)로써 사용자 정보와 제어 정보를 동일 패킷 계층 논리 채널(logical channel)을 갖는 대역내 방식을 이용한다. X.25 패킷 서비스를 제공하는 방안으로서 X.31 권고안에는 ISDN에서 패킷 교환 기능을 제공하지 않고 패킷 교환 공중 데이터 망(Packet Switched Public Data Network: PSPDN)까지 물리적인 회선만 연결시켜 패킷 서비스를 수행하는 Case A 방식과 ISDN내에 X.25 패킷을 처리할 수 있는 패킷처리가 존재하는 Case B 방식이

권고되고 있다⁽⁸⁾.

기존의 TDX-10 패킷 교환에서는 ISDN 안에 패킷 처리 기능이 제공되어 B-채널과 D-채널 모두 패킷 모드 액세스가 가능한 X.31 Case B 방식을 사용하고 있다. TDX-10 ISDN 패킷 교환 구조에서는 ISDN 가입자 인터페이스와 망 연동 인터페이스를 통한 모든 패킷 트래픽은 Time-Space-Time(T-S-T) 스위치로 구성

된 스위치 네트워크를 통하여 패킷교환장치(Access Switching Subsystem-Packet: ASS-P)로 집중된다.

패킷교환장치는 분산 제어 구조의 개념을 적용하여 그림 1과 같이 Access Switching Processor-Packet(ASP-P), Packet Layer Control Processor (PLCP), Packet Handling Module

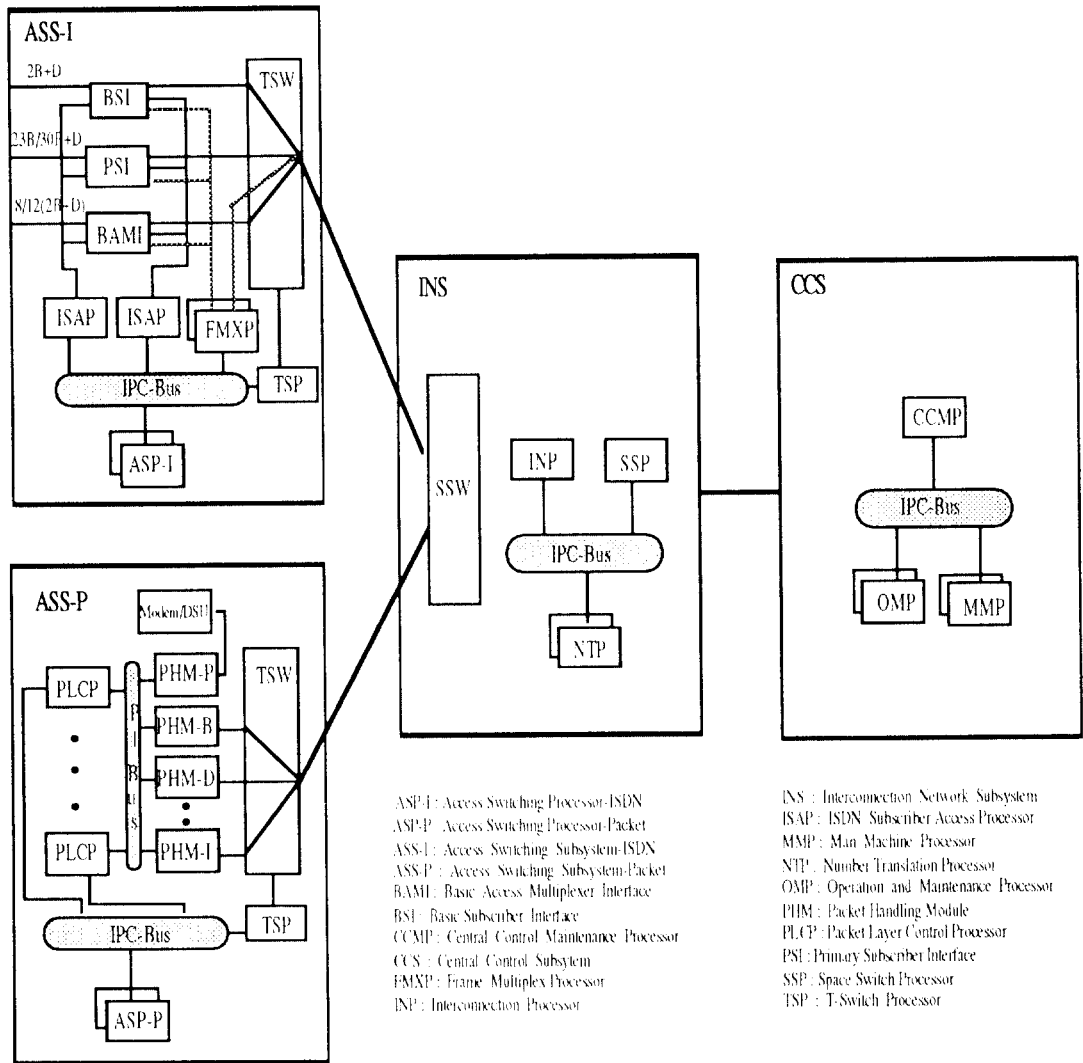


그림 1. TDX-10 ISDN에서의 X.25 패킷 교환 구조
 Fig. 1. X.25 Packet Switching Architecture in TDX-10 ISDN

(PHM)의 3개의 계층으로 구성되어 있으며, 이 3개의 하드웨어 블럭은 Inter Processor Communication-Bus(IPC-Bus) 및 Packet-Bus(P-Bus)를 통하여 연결되어 있다.

ASP-P는 가입자 정합(BSI, PSI, BAMI)과 패킷처리기간 물리적인 경로의 연결과 해제를 담당하며, PLCP는 패킷호 제어 및 라우팅 정보 처리 기능을 수행하며, PHM은 링크 계층 기능을 담당한다. PHM은 X.25 프로토콜을 근간으로 B-채널 패킷 서비스를 수행하는 PHM-B, D-채널 패킷 서비스를 수행하는 PHM-D, X.75 프로토콜을 근간으로 ISDN, PSPDN 연동 인터페이스간에 패킷 서비스를 수행하는 PHM-P, TDX-10 간의 연동 인터페이스 간에 패킷 서비스를 수행하는 PHM-I 등으로 패킷 교환 서비스 특성에 따라 다양하게 분류된다.

그러나 TDX-10 ISDN 패킷 교환 구조에서는 단단단(end-to-end) 전송품질을 보장하기 위하여 X.25의 프로토콜을 사용하여 에러 검출 및 복구 등과 같은 복잡한 처리를 수행하기 때문에 다음과 같은 문제점들이 있다.

- (1) 네트워크 계층에서 흐름 제어 및 에러 제어를 수행하므로 프로토콜 오버헤드가 너무 커서 네트워크에서 전송지연이 많아 성능을 저하시킨다.
- (2) TDX-10 ISDN 패킷 교환구조에서는 LAPB, LAPD 통신만 제공하기 때문에 64 Kbps 이상의 고속 데이터 전송 서비스에는 부적합하여 망의 고속화에 한계가 있다.
- (3) 사용자 정보와 제어 정보를 계층 3인 패킷 계층에서 처리하는 대역내 방식을 이용하므로 새로운 서비스의 추가에 융통성이 없다.
- (4) 다중화 기능은 계층 3에서만 가능하기 때문에 D-채널 이외의 경우 동일 채널에 대하여 서비스를 공유할 수 없다.

따라서, 상기와같은 문제점들때문에 기존의 교환기는 전송속도와 품질 측면에서 향후 사용자의 서비스 욕구를 충족시킬 수 없다.

2. 프레임 릴레이 방식

프레임 릴레이는 패킷화된 데이터의 전송을 단순하게 할 수 있는 새로운 기법이다. 이와같이 패킷 프로토콜(X.25)의 처리를 간략화하여 고속의 데이터 전송을 하

기때문에 종래의 단말, 통신 제어 기술을 그대로 적용할 수 있어서 경제적으로 각종 통신 기기에 적용 가능한 이점이 있다.

프레임 릴레이는 OSI 참조 모델의 계층 2 릴레이 기능과 계층 3 라우팅 기능을 복합하여 수행하는 프로토콜로서 CCITT 권고안 I.122와 Q.922에서 표준화 되었다⁹⁾. 프레임 릴레이는 데이터 정보를 전송하는 채널과 제어 정보를 전송하는 채널이 분리된 대역외(out-of-band) 방식을 이용한 계층 2의 핵심 기능(core function)만 수행하기때문에 패킷 처리가 단순화되고 이로 인하여 교환 절차를 신속하게할 수 있어 많은 양의 데이터를 처리할 수 있다. 그러나 프레임 릴레이는 흐름제어 및 에러복구 기능이 망 종단 장치에서 수행되어야 하므로 사용자 장치의 고도화 및 능동화가 요구된다.

ISDN 망에서 제공하는 패킷 서비스 방식은 전송속도가 64 Kbps까지 가능한 B-채널 방식과 16 Kbps까지 가능한 D-채널 방식이 있다. 그러나 384 Kbps에서 1.92 Mbps까지 가능한 H-채널 방식에 대한 고속 패킷 통신 서비스는 불가능하다. 따라서 ISDN 망에서 B-채널, D-채널, 그리고 H-채널을 통하여 ISDN 사용자의 프레임 모드 베어러 서비스(Frame Mode Bearer Service: FMBS)를 제공하기 위해서는 ISDN 교환기 내에 프레임 처리기가 있어야 한다¹⁰⁾.

3. 프레임 릴레이 프로토콜 구조

프레임 릴레이 프로토콜은 사용자 장치와 망간 접속 프로토콜로서 ISDN의 LAPF 프로토콜로 정의되며, 프레임은 2~4 octets 어드레스 필드(default 값은 2 octets), 가변적인 정보(information) 영역, Frame Check Sequence (FCS), 그리고 플래그(flag) 필드를 갖는 계층 2 (link layer) 메시지에 의하여 구성된다¹¹⁾(그림 2 참조).

Ⅲ. TDX-10 ISDN 교환기에서 프레임 릴레이 서비스

1. TDX-10 ISDN에서의 프레임 릴레이 교환 구조

프레임 릴레이 교환 방식에는 Case A 방식과 Case B 방식이 있다. Case A 방식은 Switched Access to Frame Handler(FH)를 의미하는것으로 프레임 처리기가 교환기에 존재하지 않기때문에 원격지에 있는 프

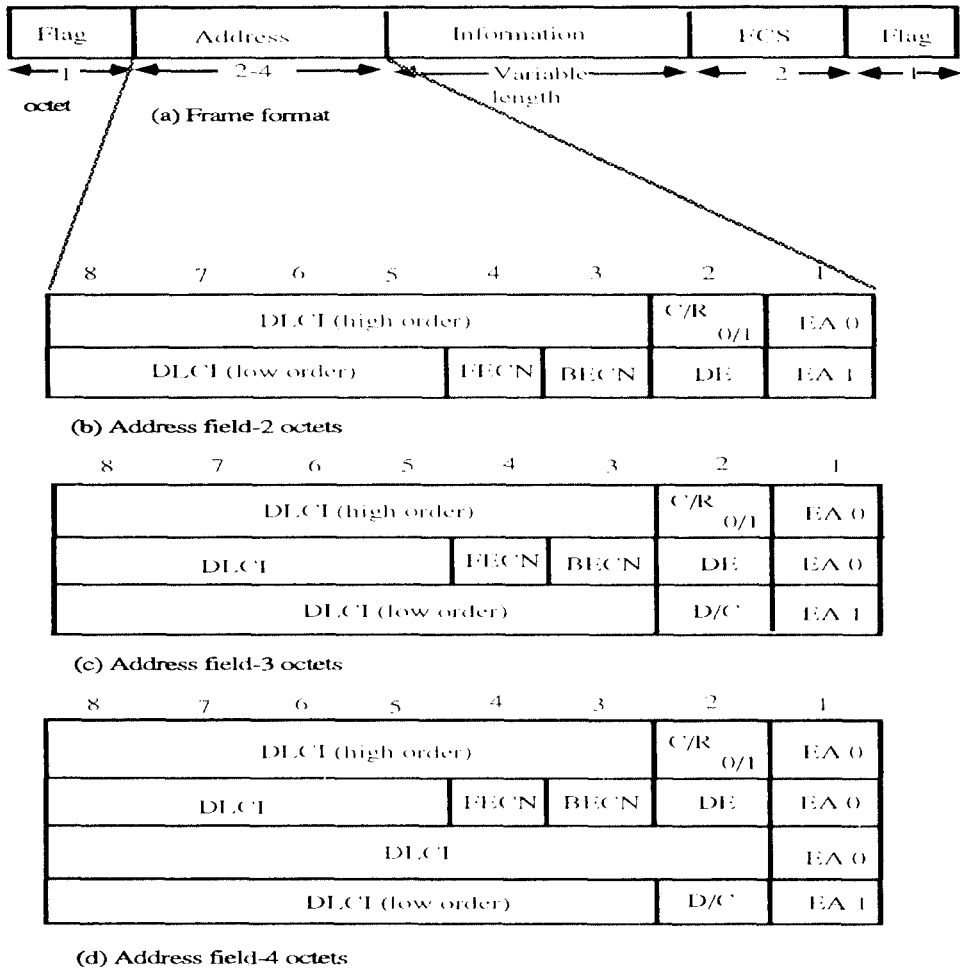


그림 2. LAPF 프레임 포맷
Fig. 2. LAPF Frame Format

레이프 처리기의 서비스를 받아야한다. 그러나, Case B 방식은 Integrated Access to Frame Handler(FH)로서 ISDN 내부에 프레임 처리기가 존재하기때문에 사용자가 프레임 릴레이 서비스를 액세스할 수 있다. 본 논문에서는 ISDN 내부에 프레임 처리기가 존재하는 Case B방식으로 프레임 릴레이 교환구조를 구성하였다(그림 3 참조).

ISDN에서 프레임 릴레이 교환 기능을 구현하는 방법으로서 프레임 처리기를 가입자 인터페이스 모듈에 분

산시키지 않고, 프레임 교환 장치인 Access Switching Subsystem-Frame(ASS-F)에만 두는 집중형 구조로 설계하였다.

제안된 방식의 TDX-10 ISDN 교환기에서 64 Kbps 이상의 고속 패킷 통신을 위한 프레임 릴레이 서비스는 ISDN 가입자 정합 장치 (ASS-1) 내의 일차군 속도 정합 (PSI) 블록을 사용한다. PSI 블록에서는 실시간으로 64 Kbps의 회선 교환호와 같은 방법으로 $N \times 64$ Kbps ($1 \leq N \leq 30$) 대역을 효율적으로 사용하기 위하여

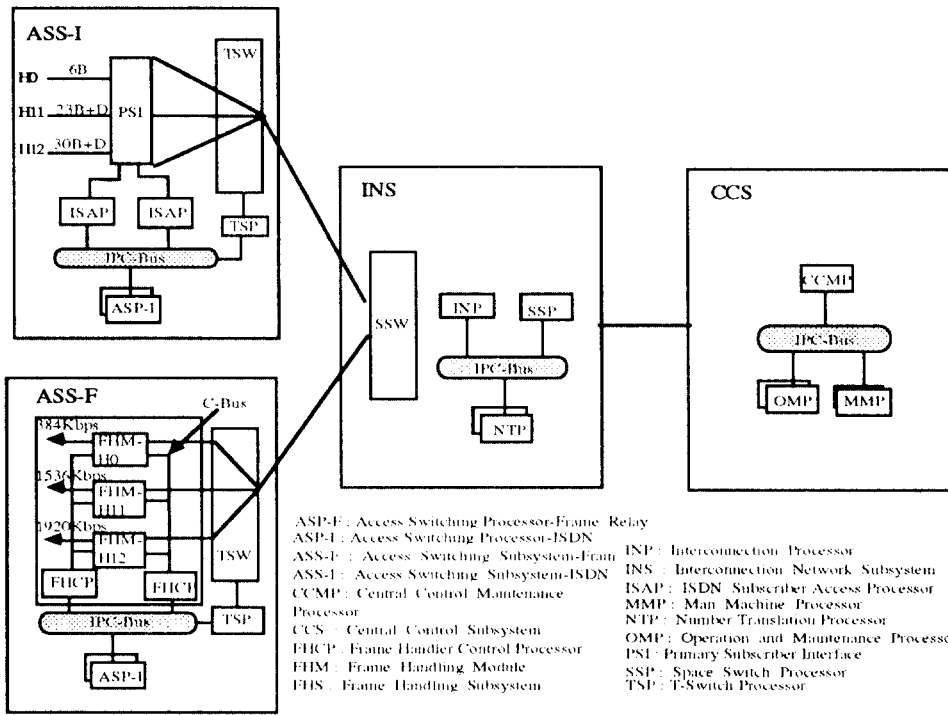


그림 3. 프레임 릴레이 교환 구조
Fig. 3. Frame Relay Switching Architecture

타임 스위치(TSW)가 64 Kbps 채널을 투명성있게 전달하도록 타임 슬롯 순서 보전 (Time Slot Sequence Integrity; TSSI)을 유지하여 회선을 할당한다. 따라서 고속의 데이터를 요구하는 사용자에게 서비스가 가능하며, 제공되는 서비스 채널 종류와 정보 전송 속도는 H₀-채널의 경우 384 Kbps, H₁₁-채널의 경우 1,536 Kbps, H₁₂-채널의 경우 1,920 Kbps 이다.

상기와 같은 H-채널 서비스를 프레임 처리 모듈에 사용하기 위한 채널 설정은 D-채널 프로토콜인 Q.933 절차로 수행한다. Q.933 과정에서 수행되는 내용은 처리량, 허용된 정보 전송율, 허용된 burst 크기, DLCI 현상, 전송지연등의 서비스 질 (Quality of Service: QoS) 파라미터에 대한 협의한다^[2].

프레임 릴레이 교환장치 (ASS-F)는 그림 3과 같이 Access Switching Processor-Frame(ASP-F), Frame Handler Control Processor(FHCP), Frame Handling Module (FHM)의 3개의 블럭으

로 구성된 집중형 구조로 설계하였다. 이 3 개의 하드웨어 블럭은 IPC-Bus, 공통 버스(Common-Bus : C-Bus)로 연결하였다.

프레임 릴레이 교환장치에서 ASP-F는 가입자와 프레임 처리기간 물리적인 경로의 연결, 해제 및 호처리 과정 중 상위 레벨 기능을 담당하며, FHCP는 링크 계층의 제어 기능을 담당하며, FHM은 링크 계층중 핵심 기능을 수행한다. FHM은 1.92 Mbps의 일차군 속도 정합까지의 대역폭을 충분히 활용할 수 있는 다중화 개념을 적용하여 사용자에게 제공되는 전송 속도에 따라 384 Kbps 데이터 서비스를 수행하는 FHM-H₀, 1,536 Kbps 데이터 서비스를 수행하는 FHM-H₁₁, 1,920 Kbps 데이터 서비스를 수행하는 FHM-H₁₂ 형태로 사용자의 용량에 따라 다양하게 분류된다. 그리고 회선 사용도가 빈번한 사용자는 가입시 네트워크와 사용자 단말간에 고정 경로가 할당되어, 데이터 전달을 위한 경로 설정 및 해제 절차를 수행하지 않는 영구 가상회선

(Permanent Virtual Circuit, PVC)을 설정하여 사용할 수도 있다. 이때 사용자들은 각 PVC에 대하여 Committed Information Rate(CIR)이라는 보장된 데이터 속도를 명시해야한다. FHCP는 신뢰성있게 이중화로 구성 하였으며, 이중화로 연결된 C-Bus를 통해 FHM과 통신이 가능하고, IPC-Bus를 통해서 ASP-F와 통신이 가능하다. 따라서 ISDN 고속의 H-채널을 이용하여 고속 패킷 통신을 위한 프레임 릴레이 서비스를 제공하기 위하여 ISDN 가입자 모듈로부터 프레임 처리 모듈 까지 경로설정은 DLCI 및 정보 전송율을 협의하여 엔드 포인터 까지 가상호를 설정한다. 호 설정시 D-채널 프로토콜인 망 계층만 Q.933 절차로 수행하고 데이터 전송시는 네트워크에서 링크 계층의 프레임만 전달 해 주는 대역의 방식을 이용하여 사용자 정보를 신속하게 전송한다.

2. 제안된 구조 하에서의 프레임 릴레이 교환 과정

ISDN 가입자 모듈로부터 프레임 처리 모듈까지의 경로 설정은 통신망을 보다 효율적으로 이용하기 위해서 전달 경로가 설정되는 가상호 방식(Virtual Call; VC)을 채택하였다. 따라서 ASS-I내에 구성되어 있는 PSI 블록을 통한 모든 패킷 데이터는 물리적인 경로인 T-S-T로 구성된 스위치 네트워크를 통해 ASS-F로 집중되도록 설계하였다. 이 구조하에서 프레임 릴레이 교환 과정은 다음과 같다(그림 4 참조).

- (1) PSI는 CCITT 1.431에 의하여 Network Termination(NT) 또는 Terminal Equipment(TE)와 물리적으로 연결되며, 발신측 TE가 사용자-망간의 Q.933 프로토콜 절차에 의하여 고속 패킷 통신을 위한 H-채널 설정을 요구하면 ASP-I와 ASP-F 간에 프로세서 통신을 하여 프레임 처리기를 할당한다. 그리고 INP와의 협상하에 스위치 채널을 결정하여 물리적인 경로를 형성한 후 발신측 FHCP로 통보한다. FHCP는 FHM으로 하여금 LAPP 프로토콜로 계층 2에 대한 링크를 설정한다.
- (2) 발신측 FHCP는 NTP로 착신 주소의 번호 번역을 요구한다. 그 번호 번역 결과 착신측 ASP-I가 H-채널로 착신이 결정되면 ASP-F에서 프레임 처리기를 할당하며, INP와 협상해서 스위치 채널을 결정하여 물리적인 경로를 형성한 후 착신측 FHCP

로 통보한다. FHCP는 FHM으로 착신측 TE와 LAPP 절차에 의하여 링크 계층을 설정한다.

- (3) PSI와 TSW는 H-채널의 정보 전송율에 따라 H₀-채널은 384 kbps, H₁₁-채널은 1,536 kbps, 그리고 H₁₂-채널은 1,920 kbps의 대역폭을 할당하여 사용자에게 제공하도록한다.
- (4) PSI와 FHM은 T-S-T 스위치 네트워크를 이용하는 nail-up 경로를 통해 연결되며, LAPP 프로토콜에 의해 계층 2의 프레임을 전송한다.
- (5) TSW와 FHM은 (3)항에서 할당된 전송 대역폭을 고속 패킷 통신용으로 사용하기위하여 FHM은 H-채널 타임 슬롯 순서를 유지하여 프레임 단위로 데이터를 처리한다.
- (6) FHM(발신측)과 FHM(착신측)사이에는 FHCP의 제어하의 DLCI를 이용하여 논리적으로 연결되어 프레임 교환이 이루어진다. 이들 사이는 하나의 물리 채널에 몇 개의 논리적인 채널 다중화를 할 수 있다. 그리고 한 개의 논리 회선상에 복수의 논리적인 통신로를 설정할 수 있으며, 1 회선으로 동시에 복수의 상대와 링크할 수 있다. 이상의 과정이 완료된 가상호는 프레임 전송 상태로 된다.

3. 프레임 릴레이 교환장치(ASS-F)의 설계

프레임 릴레이 교환구조에서는 FHCP 블록과 FHM 블록으로 구성된 프레임 처리 서브 시스템(Frame Handling Subsystem ; FHS)은 프레임의 순서가 유지되고, 동일 프레임이 존재 하지 않으며, 프레임이 손실 될 확률이 적은 연결성 링크 계층 기능을 담당한다.

프레임 처리기로 유입된 프레임 릴레이 호는 FHM 블록과 FHCP 블록에서 처리된다. FHM 블록은 프레임 릴레이의 링크 계층을 프레임 구분 및 다중화, 폭주 제어, 에러감지 등 LAPP 프레임 처리와 관련된 핵심 기능을 제공하고, FHCP 블록은 에러 복구와 흐름 제어 등 데이터 링크 제어 기능을 수행하여 엔드 시스템에서 처리하도록 한다. 각 블록에서 수행하는 기능은 표 1에 요약하였다.

프레임 릴레이 교환장치는 ASP-F, FHCP 블록, FHM 블록으로 구성하였다. ASP-F는 호처리 과정중 상위 레벨 기능을 담당하며 ASS-I와 ASS-F간 물리적 경로설정을 제어하도록 하였다. FHCP 블록은 프레임

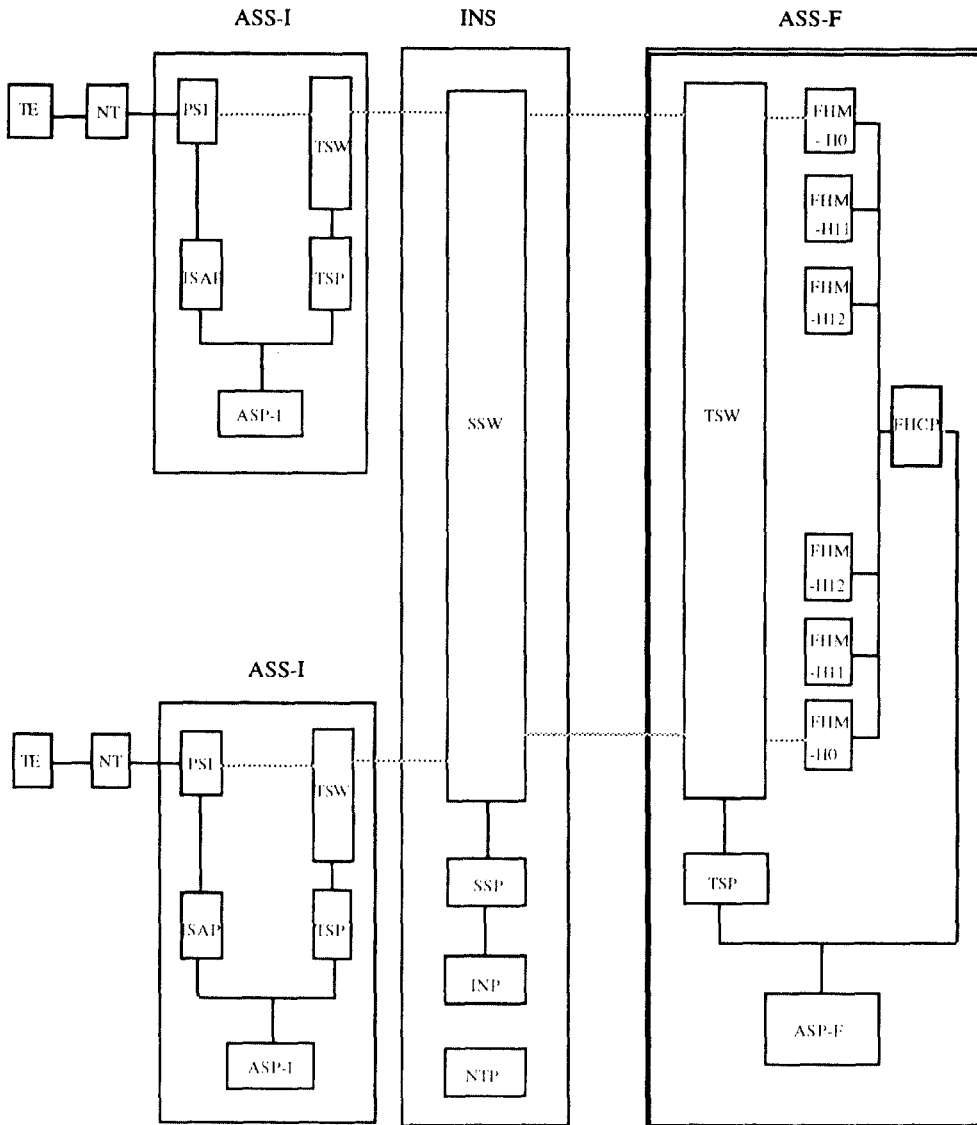


그림 4. 프레임 릴레이 교환 경로 구성도
 Fig. 4. Frame Relay Switching Route Block diagram

라우팅을 제어하며 FHM 블록은 링크 계층의 물리적인 접속 및 프레임 교환한다. ASP-F와 FHCP는 IPC-Bus를 통하여 다른 서브 시스템의 프로세서들과 통신하며, FHM 들과 FHCP는 C-Bus를 통하여 통신한다. 그리고 FHM 블록은 TSW 블록과 양방향 서브하이웨이, 8 KHz의 프레임 동기, 2.048 MHz의 클럭 신호

로서 상호 연결되어 있으며, FHM 블록은 타임 스위치 (TSW)에서 그룹핑된 채널을 순서대로 수신하여 링크 레벨 접속 기능을 수행한다.

3.1 FHM 블록의 설계

링크 계층의 물리적인 접속 및 프레임의 교환을 위하

표 1. ASS-F의 기능 정의
Table 1. The Function definition of ASS-F

블럭	기능	비고
ASP-F	· ASS-I와 ASS-F간 물리적 경로 설정 및 해제 · 프레임 처리기 형상 관리 · 정보 전송율, DLCI 협상, 서비스 질(QoS) 협의	I.451/Q.933
FHCP	· 프레임 라우팅, 데이터 링크 레이어 제어 · 모드 선택, 순서 유지, 응답 · 에러 복구, 흐름 제어	Q.922 Upper (DL-Control Sublayer)
FHM	· 프레임 구분, 정렬, 투명성 보장 · 프레임 다중화/역 다중화 · 전송에러 검사 (CRC), 폭주 제어	Q.922 Core (DL-Control Sublayer)

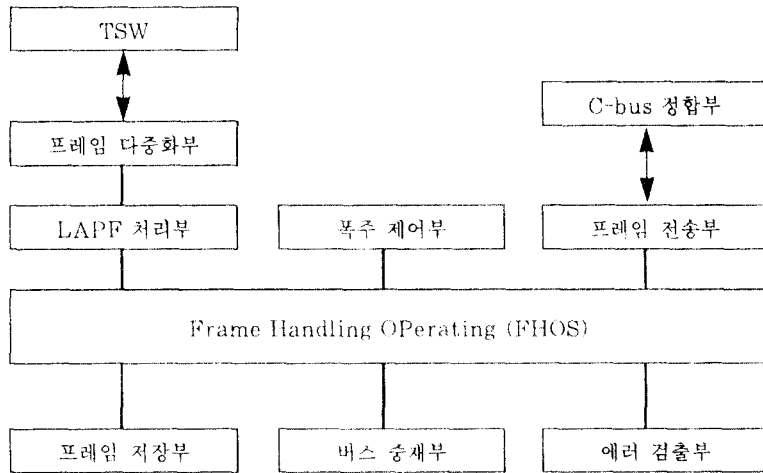


그림 5. FHM 블럭 기능 구성도
Fig. 5. The Block diagram of FHM Function

여 FHM 블럭은 그림 5와 같이 구성하였다. Frame Handling Operating System (FHOS)은 FHM 소프트웨어 블럭의 원활한 기능 수행을 위하여 실시간 타스크 관리, 메모리 관리, 시간 관리 기능 등을 제공한다. 프레임 다중화부 및 LAMP 처리부는 TSW 블럭에서 타임 슬롯 순서 보전이 된 고속의 데이터를 전송 대

역폭에 따라 할당하여 프레임 릴레이 LAMP 프로토콜을 처리하여 프레임 저장부에 저장한다. 프레임 저장부에는 버스 중재부에 의해 각 서비스로부터 도착하는 메시지를 처리할 수 있도록, 이들을 저장하는 First In First Out (FIFO) 버퍼로 구성하였다. 폭주 제어부는 트래픽이 폭주되어 전송 중인 프레임이 손실되거나, 성

능 저하 및 전송 지연 등이 발생하는 폭주 상황을 감지하여 서비스 트래픽의 전송 양을 조절하는 기능을 부여하였다. 프레임 전송부는 망과의 프레임을 송, 수신하기 위하여 FHM 간 또는 FHCP에 프로토콜을 변형하여 전송하도록하였다. 그리고 에러 검출부는 프레임 전송중에 에러가 발생하면 그 프레임을 폐기하도록 설계하였다.

3.2 FHCP 블럭의 설계

프레임 라우팅을 제어하는 FHCP 블럭은 그림 6과 같이 구성하였다. Peripheral Processor Operating System(PPOS)은 FHCP 소프트웨어 블럭의 각 프로세스가 원활히 수행되도록 상호 통신하기 위하여 프로세서 관리, 메모리 관리, IPC 관리 기능 등을 제공하도록하였다. 프레임 처리 모듈 (FHM)은 C-Bus를 통하여 FHCP 블럭과 상호 작용을 수행하며, 라우팅 정보 처리부 및 어드레스 변환부는 논리적 접속 테이블(DLCI)을 이용하여 프레임 라우팅을 제어한다. 또한, 구간 구간 마다 라우팅을 새롭게하여 연결에 따라 DLCI 값이 바뀌면서 목적지까지 도착하도록하는 기능을 담당하도록하였다. IPC-Bus 정합부에서는 ASP-F 및 ISDN 가입자가 속해있는 ASP-I와 H-채널 설정 관련 메시지를 교환한다. 이들간의 메시지 형태는 TDX-10의 표준 IPC 메시지 형태를 따르도록하며, FHCP 블럭의 이중화 구성에 따라 이중화된 양쪽에 연결시킨다.

프로토콜 처리부에서는 사용자에게 제공 가능한 FHM-H0/H11/H12 등의 상이한 몇가지 프로토콜 유형을 정보 전송율에 따라 구분하여 사용자에게 효율적인 전송 대역폭을 제공하는 기능을 수행하도록 설계하였다.

에러 처리부 및 흐름제어 처리부에서는 단-대-단 전송 품질을 보장하기 위하여 흐름제어와 에러제어를 수행하여 단말에 위임하는 기능을 수행하도록하였다. 그리고 이중화 제어부는 FHCP의 신뢰도를 높이기 위하여 이중화 제어를 담당시킨다.

IV. X.25 패킷과 프레임 릴레이

1. 패킷 처리 프로토콜 비교

기존 시스템에서의 X.25 패킷은 패킷 계층, 데이터 링크 계층, 물리 계층으로 구성된 3개의 프로토콜 구조를 갖는 망 인터페이스로써(그림 7 참조) 사용자 정보와 제어 정보를 동일 계층인 패킷 계층에서 논리 채널을 갖는 대역내 방식을 이용한다. 그러나 프레임 릴레이 교환 처리 시스템을 수용하는 제안된 교환 시스템에서는 데이터 정보를 전송하는 채널과 제어정보를 전송하는 채널이 분리된 대역외 방식을 이용한 계층 2의 핵심 기능만 수행한다. 따라서, 기존의 시스템에서는 흐름제어 및 에러 제어를 계층 3에서 처리하는 반면에 제안된 시스템에서는 계층 2의 데이터 링크 제어(Data Link Control) 부계층에서 처리하므로 제안된 시스템에서의 프레임 릴레이 교환 방식은 계층 3의 기능이 배제되어 있어서 보다 빠른 데이터 처리가 가능하다.

2. 호처리 절차의 비교

그림 8은 기존 시스템에서의 X.25 패킷 교환과 제안된 시스템에서의 프레임 릴레이의 호 설정 및 데이터 전달 절차를 비교한 것으로써 프레임 릴레이 호처리(call processing) 절차 (그림 8(b))는 X.25 패킷 호처리

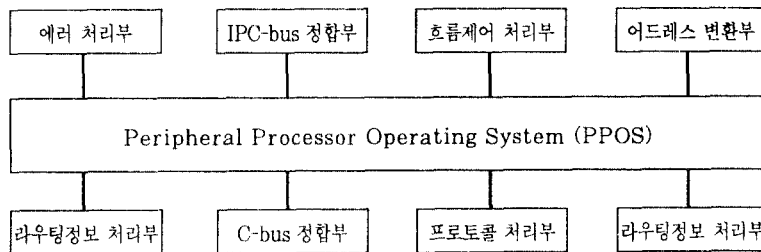


그림 6. FHCP 블럭 기능 구성도
Fig. 6. The Block diagram of FHCP Function

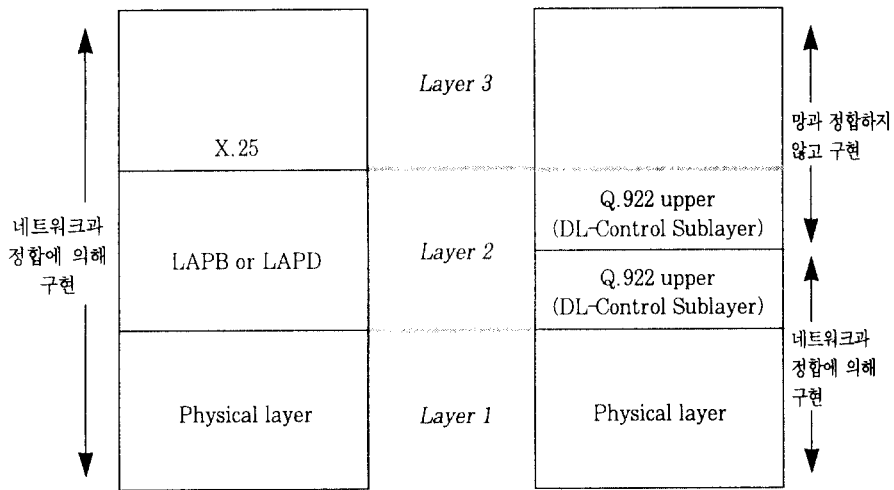


그림 7. X.25 패킷 프로토콜과 프레임 릴레이 프로토콜 비교
 Fig. 7. A Comparison of X.25 and Frame Relay Protocols

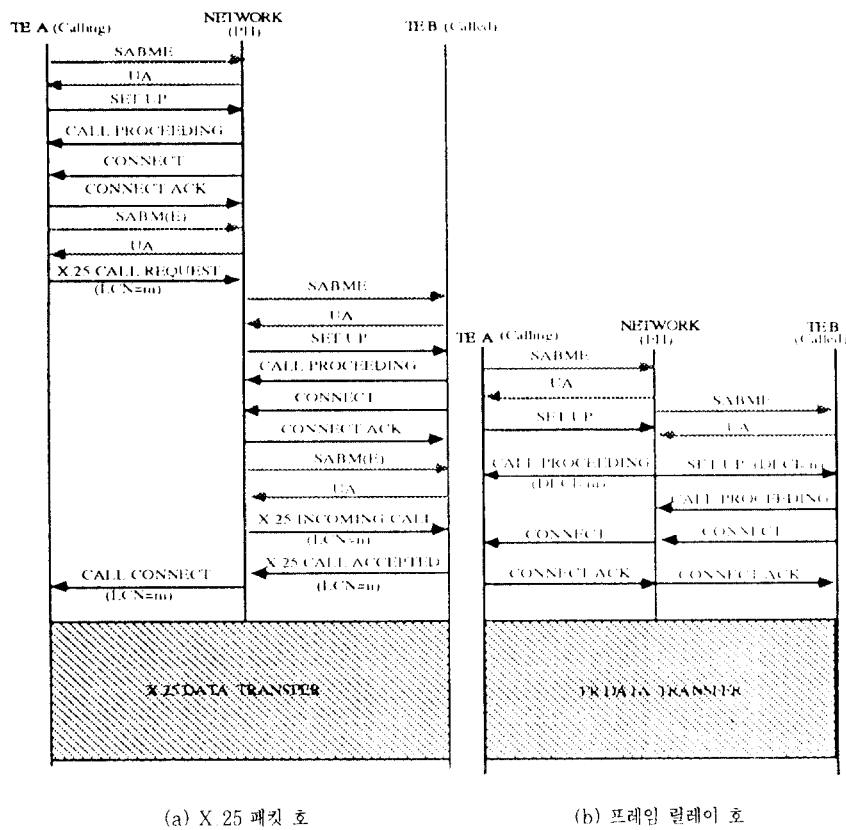


그림 8. X.25 패킷호와 프레임 릴레이 호처리 절차 비교
 Fig. 8. A Comparison of Packet Call and Frame Relay Call Processing Procedures

절차 (그림 8(a))에 비하여 절차가 간단하므로 호설정 과정의 단순화 및 호 설정 시간이 감소된다.

상기의 호 설정 과정을 참고하여 호설정 시간을 비교해 보면 다음과 같다. 기존의 TDX-10에서는 64 kbps 패킷 통신을 위한 X.25 패킷호 설정을 위하여 약 16개의 제어 메시지(각 10byte)를 B-채널(64 Kbps)을 통하여 교환한다. 이때, 한 개의 제어 메시지의 전송 시간은 1.25 msec 이며, 트래픽이 매우 낮을 경우의 총 호

설정 시간, $T_{X.25}$ 는 20 msec+노드 지연 시간(node delay)+전파 지연 시간(propagation delay)으로 계산 된다.

제안된 TDX-10 시스템에서의 프레임 릴레이 호 설정 시간은 약 9단계의 제어 정보 교환이 요구된다. 이때, 제어 정보 교환은 D-채널(64 Kbps)을 사용하여 교환되는데, 트래픽이 매우 낮을 경우의 총 호 설정 시간, T_{FR} 는 같은 방법으로 계산하여 11.25 msec+노드

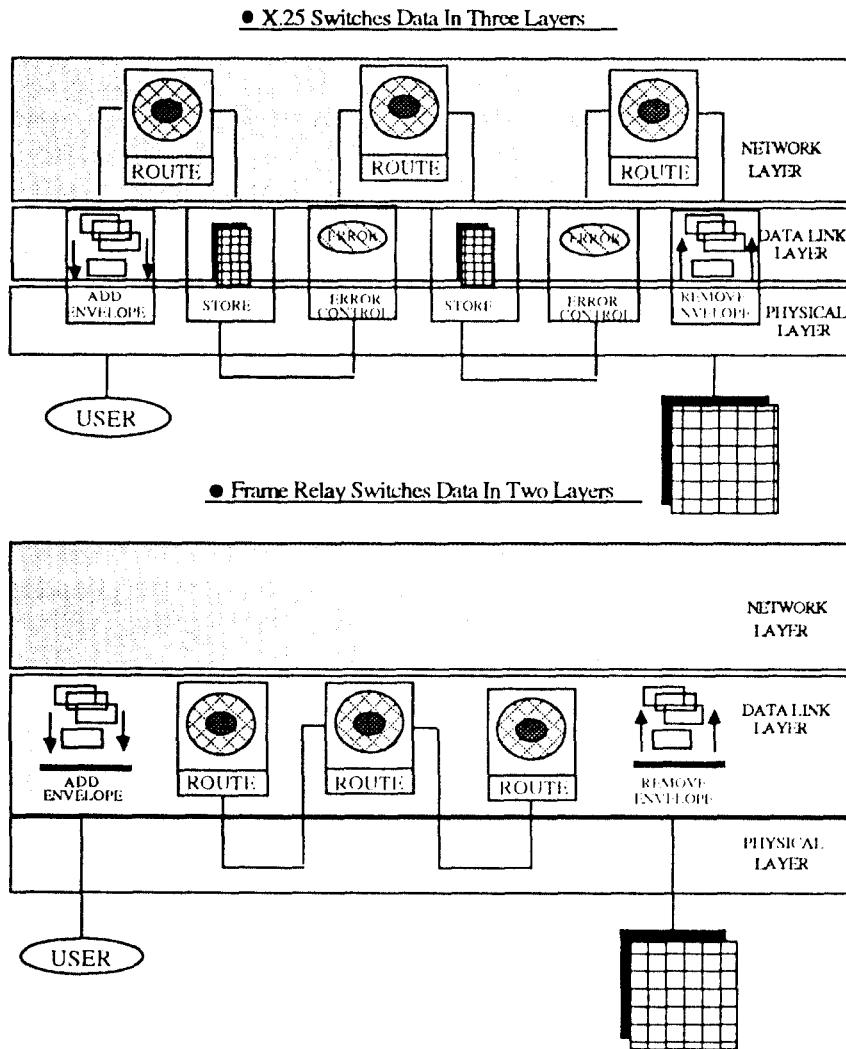


그림 9. X.25 패킷과 프레임 릴레이의 데이터 전달과정 비교
Fig. 9. A Comparison X.25 and Frame Relay Data Transfer Procedures

지연 시간(node delay)+전파 지연 시간(propagation delay)임을 알 수 있다. H-채널을 이용하여 호 설정을 할 수 있도록 설계할 경우에는, H₀-채널(384 Kbps)의 경우 0.2 msec+노드 지연 시간+전파지연 시간, H₁₁-채널(1,536 Kbps)의 경우 0.52 usec +노드 지연 시간+전파지연 시간, H₁₂-채널(1,920 Kbps)의 경우에는 0.42 usec+노드 지연 시간+전파지연 시간으로 각각 계산된다. 따라서 호처리 과정에서는 최소한 8.75 msec에서 약 20 msec가 단축된다.

3. 데이터 전달과정 및 메시지 흐름 비교

기존의 시스템에서의 X.25 프로토콜과 제안된 시스템에서의 프레임 릴레이 프로토콜은 하위 3 계층의 측면에서 비교해보면 그림 9와 같다. 이것은 중간 노드에서 어떤 계층까지 기능을 수행하느냐에 따라 구분된다. X.25는 데이터 링크 계층과 네트워크 계층에서 에러제어와 흐름제어를 제공하지만, 프레임 릴레이는 논리적 연결의 다중화와 교환을 계층 2에서 수행하므로 계층 3의 처리를 제거한 장점이 있고, 호제어 신호를 사용자 데이터와는 다른 논리적 연결로 전송한다. 또한 링크 별로 에러제어나 흐름제어를 수행하지 않아 중간 노드에서는 계층 2의 핵심 기능만 수행하므로 데이터의 중계시 노드 지연 시간이 매우 짧다. X.25 패킷은 중간 노드마다 네트워크 계층의 기능을 수행하므로 중간 노드에서의 노드 지연 시간이 상대적으로 길어서 단대단(end-to-end)총 지연 시간 특성이 떨어진다. 그러나, 프레임 릴레이 교환에서는 에러복구나 흐름제어 기능을 계층 3에서는 전혀 처리하지 않고 계층 2에서 모든 교환이 수행되고 흐름제어 및 에러제어 기능이 사용자 장치에서 수행되어야 하므로 사용자 장치가 더욱 고도화되고 지능화 되어야 한다는 문제점이 있다.

V. 성능 분석 및 고찰

본 장에서는 제안된 TDX-10 교환 시스템의 성능을 분석하고, 또한 기존의 시스템에서의 64 kbps 패킷 통신과 제안된 시스템에서의 64 kbps 패킷 통신의 성능 특성을 비교하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였다. 일반적으로 성능 분석의 방법으로 실제 시스템의 측정, 수학적 해석적 방법, 그리고 컴퓨터 프로그램을 이용하는 시뮬레이션 방법 등이 있다. 본 논문에서의 시스템 구조

및 동작은 매우 복잡하여 해석적 방법을 적용하기 어렵기 때문에, 시뮬레이션 언어인 SLAM II를 사용하여 시뮬레이터를 설계하여 성능을 분석하였다. 또한, 본 연구에서는 자국 패킷 서비스와 관련된 성능 분석만 수행하였다.

1. 가정 사항

본 연구의 시뮬레이션에서는 다음 사항들을 가정하였다.

- (1) 데이터 메시지의 발생 간격은 지수 분포를 따른다.
- (2) 기존의 시스템에서 PHM으로 입력되는 메시지의 호 설정을 위한 제어 메시지의 길이 및 제안된 시스템의 FHM으로 입력되는 메시지의 호 설정을 위한 제어 메시지의 길이는 10 bytes로 가정하였다. 사용자 메시지의 길이는 100 bytes, 500 bytes, 1,000 bytes 등으로 변화시키며 시뮬레이션하였다.
- (3) PHM/FHM에서의 호 설정 메시지 처리 시간을 표 2와 같이 가정하였다.
- (4) 사용자 메시지 하나의 호 설정은 발신 PHM/FHM과 착신 PHM/FHM에서 호 설정을 위한 여러개의 제어 패킷들의 교환으로 간주한다.
- (5) 이상적인 시스템으로 간주하여 오동작은 고려하지 않는다.

표 2. PHM/FHM 발, 착신 호설정 메시지 처리 시간

Table 2. PHM/FHM Calling, Called Call set-upMessage Processing Time

발신 PHM	7회×10 byte×8/64 Kbps	8.75 msec
착신 PHM	9회×10 byte×8/64 Kbps	11.25 msec
발신 FHM	3회×10 byte×8/64 Kbps	3.75 msec
착신 FHM	6회×10 byte×8/64 Kbps	6.25 msec

2. 교환 시스템들의 시뮬레이션 모델링

2.1 기존 시스템의 패킷 교환 시스템(ASS-P)의 모델링

기존 시스템의 64 kbps B-채널 패킷 자국호의 성능 평가를 위한 시뮬레이션 환경으로서 시스템의 구성은 ASS-I 내의 BSI 블럭을 통한 모든 패킷 트래픽이 T-

S-T로 구성된 스위치 네트워크를 통해 ASS-P 내의 PHM 블록으로 집중되는 방식으로 모델링하였다. 또한, ASS-I와 ASS-P는 2.048 Mbps로 동작하는 광 케이블로 연결되어 있으므로, ASS-I와 ASS-P 사이에는 최대 32개의 64 kbps B-채널이 있다고 가정하였다. 구성된 시뮬레이터의 큐잉 모델은 그림 10과 같다.

2.2 제안된 시스템의 프레임 교환 시스템(ASS-F)의 모델링

제안된 시스템의 모델은 기존의 TDX-10 교환기에서 X.25 패킷 처리를 하는 ASS-P 대신에 ASS-F가 장착된 교환기로 가정하였으며, ASS-I와 ASS-F 사이에는 2.048 Mbps 광 케이블이 연결되어 있음을 가정하였다. 따라서, 사용자가 64 kbps의 패킷 전송을 요구할 시에는 32개의 64 kbps D-채널로 동작하며, 고속의 패킷 통신을 요구하면 다양한 비트율의 H-채널로 동작한다. 프레임 릴레이 자국호의 성능 평가를 위한 시뮬레이션 환경으로서 시스템 구성은 ASS-I 내의 PSI 블록을 통한 모든 패킷 데이터가 T-S-T로 구성된 스위치 네트워크를 통해 ASS-F 내의 FHM 블록으로 집중되는 방식으로 모델링하였다. 제안된 시스템의 시뮬레이션 큐잉 모델은 그림 11에 보여주고 있다.

3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

3.1 기존의 시스템 과 제안된 시스템에서 64 kbps

패킷 통신의 성능 비교

본 연구의 시뮬레이션에서, 주요 관심 평가 항목은 시스템의 처리량과 평균 지연 시간이다. 메시지 전송 지연(packet transfer delay) 시간은 발신측 ASS-I 모듈이 사용자 메시지의 전송 요청을 받아 호 설정을 요구한 시점부터 착신측 ASS-I 모듈로 메시지가 완전히 수신될 때까지의 시간을 의미한다.

기존의 시스템과 제안된 시스템의 성능을 비교하기 위하여, 64 kbps의 패킷 통신의 경우에 대하여 상기 그림 10과 그림 11의 큐잉 모델에서 사용자의 메시지 길이를 100 bytes, 500 bytes, 그리고 1000 bytes로 변화시키며 각각 시뮬레이션하였다. 몇몇 대표적인 결과가 그림 12, 그림 13, 그리고 그림 14에 나타나있다. 또한 그림 15는, 제안된 시스템에서 64 kbps 패킷 통신에 대하여 사용자 메시지 길이에 따른 성능 변화를 보여주고 있다. 시뮬레이션 결과로부터 다음의 사항들이 관찰되었다.

- (1) 다양한 사용자 메시지에 대하여, 제안된 시스템의 성능 특성이 기존의 시스템의 성능 특성보다 우수하다(그림 12~그림 14 참조). 예를 들어서 그림 12의 100 bytes 사용자 메시지의 경우 기존의 시스템의 처리율(throughput)은 1초에 약 1,000 호(call)이며, 제안된 시스템은 1초당 약 1,500호를 처리할 수 있다.
- (2) 사용자 메시지의 길이가 길어짐에 따라 두 시스템

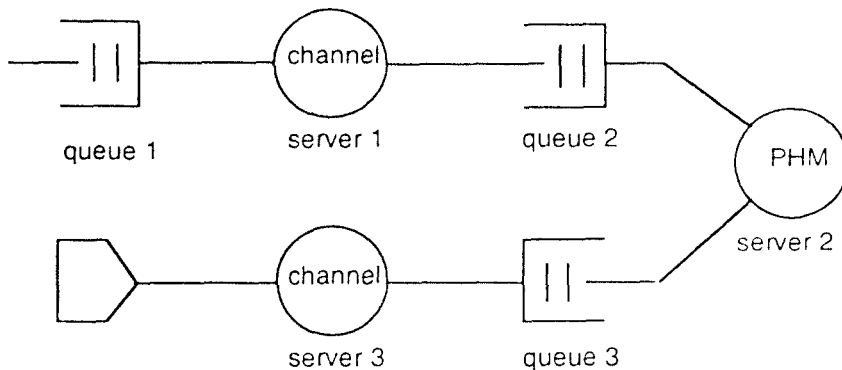


그림 10. 기존의 TDX-10 교환기에서 B-채널 64 kbps 패킷 통신(자국호)의 큐잉 모델
 Fig. 10. Queuing Model of B-ch 64Kbps Packet Communication (Local Call) for Conventional TDX-10 Switching System

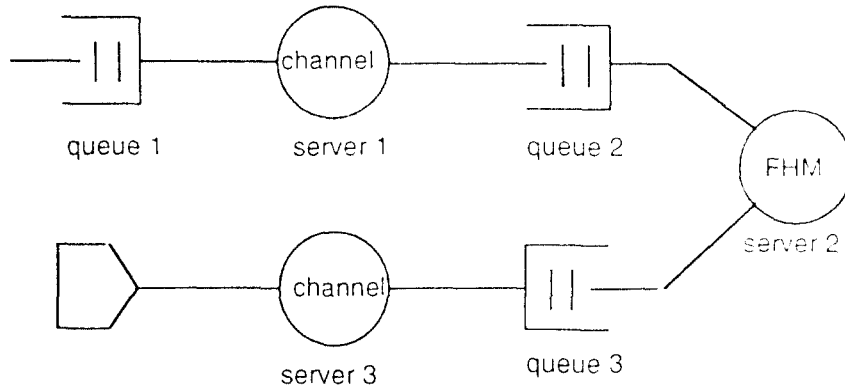


그림 11. 제안된 TDX-10 교환기에서 D-채널 64 kbps 패킷 통신(자국호)의 큐잉 모델
 Fig. 11. Queuing Model of D-ch 64Kbps Packet Communication (Local Call) for Proposed TDX-10 Switching System

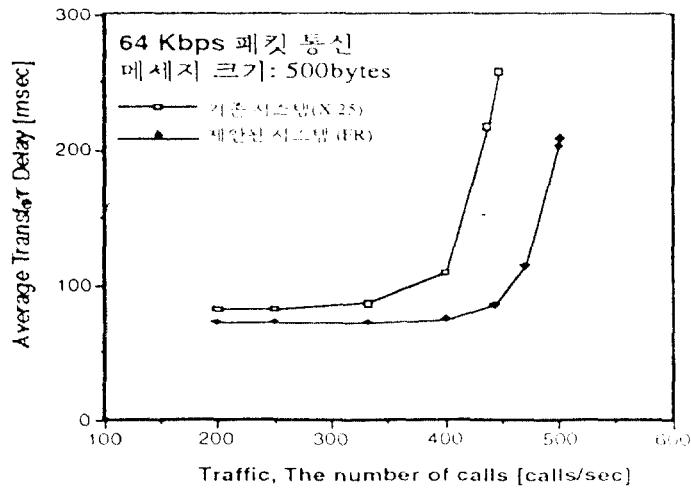


그림 12. 64 kbps 패킷 통신의 평균 전송 지연 시간 특성(메세지의 길이 100 bytes의 경우)
 Fig. 12. Average Transfer delay time Characteristics of 64Kbps Packet Communication (In Case of Message size 100bytes)

에서의 처리율의 차이는 점점 작아진다. 이는 호 설정 시간이 총 메세지 전송 시간중에서 차지하는 비율이 작아짐에 기인한다.

- (3) 정상 상태의 트래픽 상황에서, 기존의 시스템과 제안된 시스템에서의 평균 지연 시간은 제 IV장에서 계산하여 예측했던 바대로 약 9 msec의 차이가 있다(그림 12~그림 14 참조).

본 시뮬레이션에서의 평균 지연 시간 특성의 측정은

자국호에 대한 경우이기때문에, 실제 많은 중간 노드(교환 시스템)를 거치는 장거리 통신에서는 제안된 시스템을 사용할 경우 훨씬 더 많이 지연 시간 특성이 개선됨을 발견할 수 있을것이다.

3.2 제안된 시스템에서 64 kbps 패킷 통신 및 고속 패킷 통신의 성능 특성 고찰

제안된 시스템은 기존의 시스템에서는 제공할 수 없는

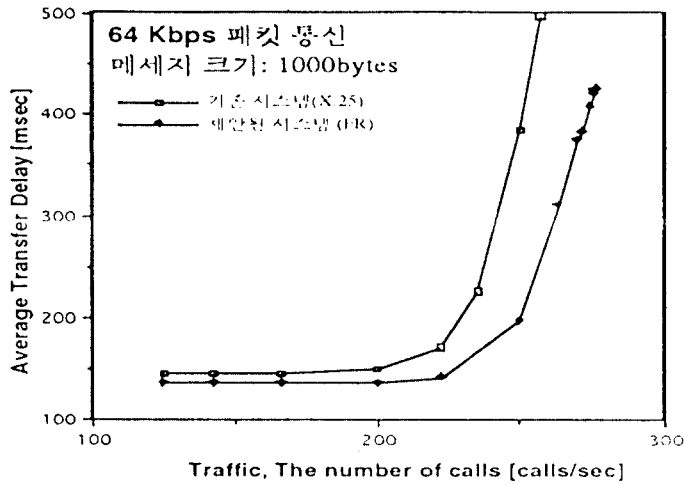


그림 13. 64 kbps패킷 통신의 평균 전송 지연 시간 특성 (메세지의 길이 500 bytes의 경우)
Fig. 13. Average Transfer delay time Characteristics of 64Kbps Packet Communication (In case of Message size 500bytes)

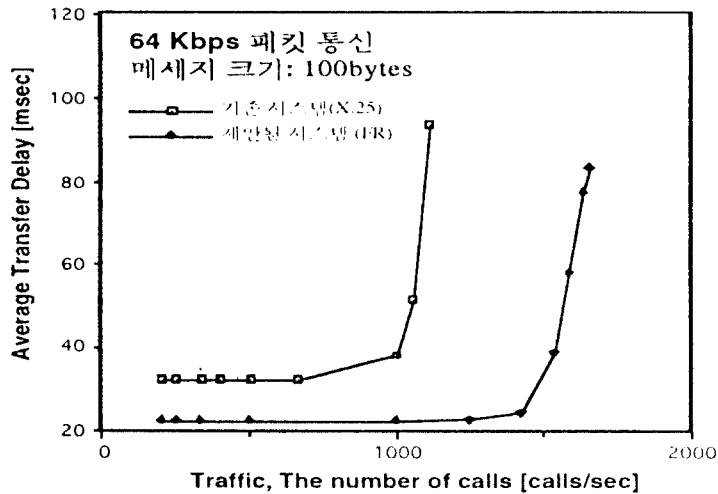


그림 14. 64 kbps패킷 통신의 평균 전송 지연 시간 특성 (메세지의 길이 1,000 bytes의 경우)
Fig. 14. Average Transfer delay time Characteristics of 64Kbps Packet Communication (In Case of Message size 1000bytes)

고속 패킷 통신을 가능하게 하여준다. 본 절에서는, 이 성능 특성을 분석하기 위하여 384 kbps, 1,536 kbps, 1,920 kbps 등의 다양한 사용자 패킷 통신 요구에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 16, 그림 17, 그림 18은 384 kbps, 1,536 kbps, 1,920 kbps

등의 고속 패킷 통신의 경우 제안된 시스템의 성능 특성을 보여준다. 제안된 교환 시스템이 384 kbps의 전송 속도로 서비스할 경우에는 총 16개의 채널이 사용 가능하다. 이 때 500 bytes 길이의 메시지를 송수신하는 응용 환경에서는 1초당 약 770 여개의 호를 처리할 수

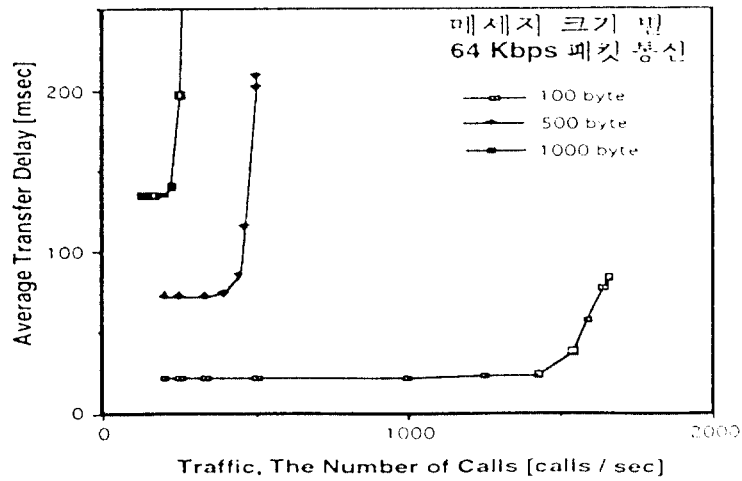


그림 15. 제안된 시스템에서 64 kbps 패킷 통신의 경우 메세지 길이에 따른 평균 전송 지연 시간 특성
 Fig. 15. Average Transfer delay time Characteristics by Message size of 64Kbps Packet Communication for Proposed System

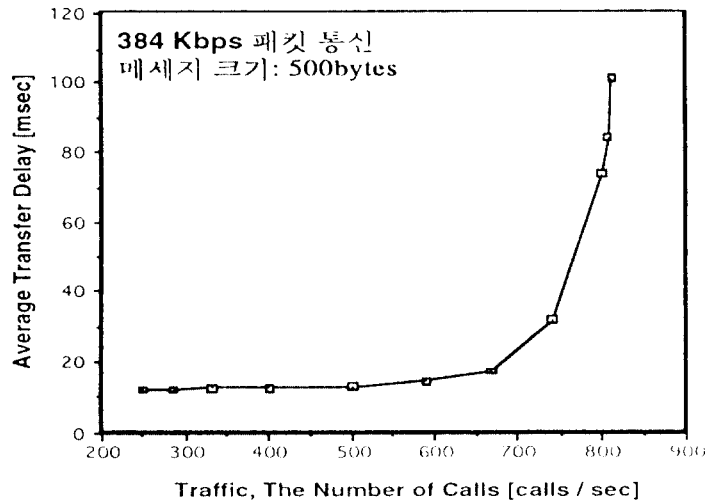


그림 16. 제안된 시스템에서 384 kbps 패킷 통신의 경우 평균 전송 지연 시간 특성(메세지의 길이 500 bytes의 경우)
 Fig. 16. Average Transfer delay time Characteristics of 384Kbps Packet Communication for Proposed System (In Case of Message size 500bytes)

있으며 평균 전송 지연 시간은 약 13 msec이다(그림 16 참조). 또 시스템이 1.536 kbps와 1.920 kbps로 서비스하는 고속 통신에서는 8개씩의 채널이 사용 가능하다. 그림 17은 전송 속도가 1.536 kbps이며 메세지의 길이가 500 bytes인 응용 환경에서의 전달 지연 시

간 특성 및 처리율 특성을 보여주고 있다. 이 경우에서의 평균 전달 지연 시간은 약 7 msec이며, 매 초당 약 530 여개의 호가 처리될 수 있다. 그림 18은 패킷 전송 속도가 1.920 kbps이며 메세지의 길이가 500 bytes인 응용 환경에서의 성능 특성을 보여준다. 이 때는 매 초

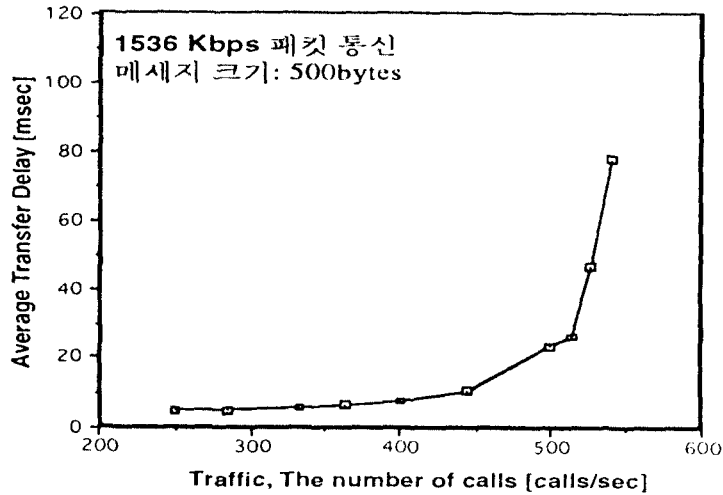


그림 17. 제안된 시스템에서 1,536 kbps 패킷 통신의 경우 평균 전송 지연 시간 특성 (메세지의 길이 500 bytes의 경우)
 Fig. 17. Average Transfer delay time Characteristics of 1536Kbps Packet Communication for Proposed System (In Case of Message size 500bytes)

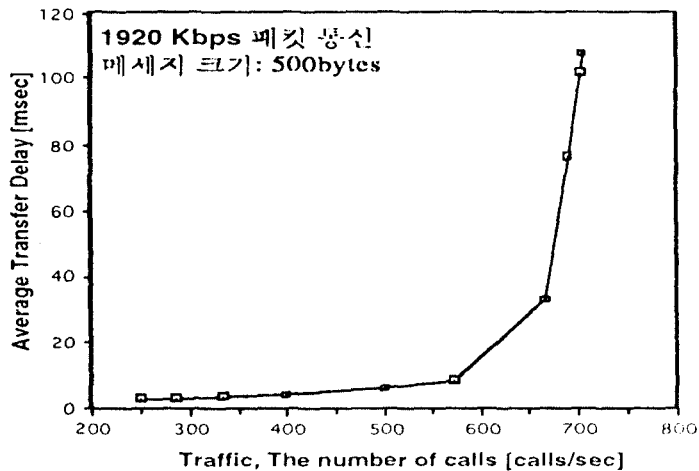


그림 18. 제안된 시스템에서 1,920 kbps 패킷 통신의 경우 평균 전송 지연 시간 특성 (메세지의 길이 500 bytes의 경우)
 Fig. 18. Average Transfer delay time Characteristics of 1920Kbps Packet Communication for Proposed System (In Case of Message size 500bytes)

당 약 670 여개의 호가 처리될 수 있음을 알 수 있다. 그러나, 본 논문에서의 평균 지연 시간 특성 및 처리율 특성은 발신측 ASS-I 모듈이 사용자 메세지의 전송 요청을 받아 호 설정을 요구한 시점부터 착신측 ASS-I 모듈로 메세지가 완전히 수신될 때까지의 시간을 의미하

기때문에, 실제의 전체 교환 시스템에서의 지연 시간은 본 논문에서 측정된 측정치외에 교환기의 기타 다른 부분에서의 지연 시간 등을 고려하여야 한다.

VI. 결 론

본 논문에서는 프레임 릴레이 서비스를 기존의 ISDN 교환시스템에 적용하여 고속 전송과 짧은 지연을 제공할 수 있도록 교환기 구조의 개선 방안을 제시하였으며, 프레임 릴레이 서비스를 제공할 수 있도록하는 프레임 릴레이 교환 장치 (ASS-F)의 설계 방안을 제안하였다. 본 논문에서 제안된 프레임 릴레이 교환 장치 (ASS-F)를 수용하는 프레임 릴레이 교환 구조에서는 호 설정시 D-채널 프로토콜의 네트워크 계층 만 Q.933 절차로 수행하고 데이터 전송시는 네트워크에서 링크 계층의 프레임만 전달하는 프레임 릴레이 교환 방식을 사용한다. 따라서, 본 논문에서 제안된 TDX-10 ISDN 교환기는 프레임 릴레이 방식으로 패킷 호 처리를 간략화 하여 기존의 X.25 패킷 스위칭에 기초를 둔 64 kbps 패킷 통신의 성능 특성을 향상시킬 뿐만 아니라, 약 2 Mbps 까지의 고속의 패킷 통신을 가능하게한다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 통하여 64 kbps 패킷 통신의 성능 특성이 향상됨을 검증하였다.

제안된 TDX-10 ISDN 교환기에서는 1.92 Mbps의 일차군 속도 정합 까지의 대역폭을 충분히 활용할 수 있는 ISDN 가입자 모듈로 부터 프레임 처리 모듈까지 경로 설정은 물리적 경로인 T-S-T로 구성된 스위치 네트워크를 사용하기 때문에 종래의 단말, 통신 제어 기술을 그대로 적용 할 수 있어 경제적으로 이점이 있으며, 전송 대역폭을 효율적으로 이용하여 방대한 트래픽을 처리할 수 있기때문에 광대역 ISDN으로의 진화 과정중의 중간 단계로 사용될 수 있다.

참고문헌

1. Harry Santoso and Serge Fdida, "Frame Relay: a sloution for high bandwidth networking," *Computer Communications*, Vol. 16, No. 7, pp. 432-439, July. 1993.
2. J. Lamount, J. Doak, M. Hui, "LAN Interconnection via Frame Relaying." *Proc. IEEE INFOCOM' 89*, pp.686-690, April. 1989.
3. R. J. Cherukuri and J. H. Derby, "Frame relay-Protocols and Private Network Application", *Proc. IEEE INFOCOM' 89*, pp.676-685, April. 1989.
4. M. irfan Ali, "Frame Relay in public Networks," *IEEE communications Magazine*, pp.72-78, March. 1992.
5. Renata Guarneri and Cees J. M. Lanting, "Fame Relaying as a Common Access to N-ISDN and B-ISDN Data Services," *IEEE Computer Communications Magazine*, pp.39-43, June. 1994.
6. Black, Uyles D. , *X.25 and Related Protocols*, IEEE Computer Society press Monograph, 1991.
7. ITU-T Recommendation, "I.431 : Primary Rate User-Network Interface Layer 1 Specification", ITU-T Study Group XVIII, 1993.
8. ITU-T Recommendation, "X.31 : Support of Packet Mode Terminal Equipment by ISDN", ITU-T Study Group VII, 1993.
9. CCITT Recommendation, "Q.922, COM XI-R63", May. 1991.
10. CCITT Recommendation, "I.233 : Frame Mode Bearer Services" Geneva, 1992.
11. Daniel Roy, "Frame Relay Technology : Complement or Substitute", *Telecommunications*, Oct. 1990.
12. *CCITT Recommendation*, "DSS1 Signaling Specification for Frame Mode Bearer Service", TD692 Rev.1, Geneva, Oct. 1991.
13. James P. Cavanagh, "Applying the Frame Relay Interface to Private Networks", *IEEE Communications Magazine*, pp.48-64, March. 1992.



張 在 得(Jae-Deug Jang) 정회원

1986년 2월 : 대전공업대학교 전자공학과(학사)
1995년 2월 : 한남대학교 전자공학과(석사)
1983년~현재 : 한국전자통신연구소(ETRI) 신호서비스연구실 선임연구원

※주관심 분야 : 패킷 통신망, Frame Relay, B-ISDN(ATM Switching System)



金 珍 泰(Jin-Tae Kim) 정회원

1980년 2월 : 인하대학교 전자공학과(학사)
1982년 8월 : 인하대학교 전자공학과 전자공학과(석사)
1993년 2월 : 인하대학교 전자공학과 박사과정 수료

1988년~1989년 : University of Missouri-Kansas City 방문 연구원

1979년 12월~현재 : 한국전자통신연구소 신호서비스연구실 실장, 책임연구원

※주관심 분야 : B-ISDN/ATM 교환분야



姜 哲 儻(Cheoul-Shin Kang) 정회원

1972년~1979년 : 한양대학교 전자공학과(학사)
1984년 : Oregon State University, 전기 및 컴퓨터공학과(석사)
1987년 : Oregon State University, 전기 및 컴퓨터공학과(박사)

1978년~1982년 : 금성사 중앙연구소 연구원

1987년~1992년 : 미국 American University 전산정보학과 조교수

1990년~1991년 : 미국 연방 국방정보부(DIA), 컴퓨터 통신분야 초청교수

1991년~1992년 : 한국전자통신연구소 선임연구원

1992년 4월 : IEEE Annual International Phoenix Conference on Computers and Communications, Tutor 초청 강사

1992년~현재 : 한남대학교 전자공학과 부교수

1990년~현재 : 국제학술지 International Journal of Computer and Software Engineering 편집위원

1990년~현재 : 국제 학술대회 ISCA International Conference on Computer Applications in Design Analysis and Simulation 상임위원

1991년~현재 : 국제 학술대회 ISCA International Conference on Computer Communications and Networks(IC³N) 상임위원

1982년~현재 : IEEE, ACM 정회원

1984년~현재 : Phi Kappa Phi(ΦΚΦ) 정회원

1988년~현재 : Sigma Zi(ΣΖ) 정회원

※주관심 분야 : 광 통신망, ATM LAN.MAN, 통신망 설계, 통신망 정보보호