

초고속정보통신망에 접속되는 ATM Adapter Card (Mnet-155s, Mnet-155p)

金 漢 樹, 李 昇 燮, 李 承 烈,
李 圭 澤, 金 芳 玄, 尹 盛 郁,
徐 正 旭, 趙 商 薰
(株)大宇電子

요 약

초고속 통신망에 근간이 되는 ATM 통신망에 SUN W/S, PC 컴퓨터들을 접속시키는 ATM Adapter Card은 하드웨어, 시스템 소프트웨어 및 응용 소프트웨어로 구성된다. 하드웨어의 구조 및 시스템 소프트웨어의 구조, 성능에 따라서 ATM Adapter Card 위에서 수행되는 응용 소프트웨어의 성능을 결정할 것이다. ATM Adapter Card는 효율적으로 Native ATM 응용 소프트웨어를 지원할 뿐 아니라, 기존의 TCP/IP 응용 소프트웨어를 수용하는 IOverATM, LAN Emulation 기능도 지원 하여야 한다. 또한 PVC(Permanent Virtual Channel), SVC(Signalling Virtual Channel)을 위하여 ATM Forum UNI 3.1에 준한 Signalling도 필요하다. 이러한 조건들을 만족시키기 위하여, 현재 개발 완료된 SUN W/S SBus용 디바이스 드라이버는 DLPI(Data Link Provider Interface), STREAM 방식으로 구현하였으며, 현재 개발 중인 PC PCI용 ATM Adapter Card의 디바이스 드라이버는 NDIS 3.0 방식으로 구현 다양한 Transport Layer를 ATM 망에 수용하도록 하였다. Signalling은 Daemon Process를 이용하여 구현하였다.

I. 서 론

정보의 획득과 활용은 국가, 기업, 연구소, 학교 그리고 가정에서조차도 가치 창출의 극대화를 위하여 필수적인 것이되고 있다. 각 처에 산재되어 있는 여러 가지 정보를 남보다 빠르게 획득하여, 의사결정에 반영 한다면, 일의 능률 및 생산성을 높일 수 있을 것이다. 멀티미디어(영상, 그래픽, 오디오 그리고 문자) 정보를 송수신 할 수 있는 광대역 정보통신망이 구축된다면 정보를 효율적이고, 빠르게 얻을 수 있을 것이다. 이러한 광대역 정보 통신망을 구축한 나라와 그렇지 못한 나라와

의 국가 산업 경쟁력 및 생산력에서 현격한 차이를 나타낼 것이다. 그러므로 세계 각국은 국가 기간 산업으로 광대역 정보 통신망을 선정, 정보 슈퍼 하이웨이를 구축하는 통신망 개발 계획을 수립 본격적으로 진행하고 있다. 예를 들면, 미국의 Nation Information Infrastructure(NII), 유럽의 RACE, 일본의 신사회간접자본 그리고 한국의 초고속 정보통신망등을 들 수 있다. 또한 반도체, 컴퓨터 그리고 통신 기술의 발전은 국가의 기간 산업으로서 문자, 영상, 스테레오 오디오등 멀티미디어 정보를 전송 할 수 있는 통신망 구축 기반 기술을 제공하기에 이르렀다. 반도체 기술의 발전은 새로이 개발되는 기술을 도입하여 생산하는 제품의 가격 하락을 촉진하고, 새로운 기술 도입을 용이하게 하고 있다.

멀티미디어 정보를 고속으로 송수신하여 사용자가 원하는 다양한 서비스를 제공하는 통신망을 광대역 종합정보통신망이라 한다. 이러한 통신망에 기본이 되는 기술이 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 교환 기술이며, ATM 관련 교환기, 단말기 및 주변 연동 장치 개발이 치열하게 전개되고 있고, 부분적으로 연구용, LAN용 ATM 교환기 및 통신 접속 카드가 개발되어 연구용 및 시험용으로 판매되고 있다. 특히, B-ISDN 구축에 기본이 되는 ATM 교환기는 AT&T, NEC, NorthernTelecom 등이 개발을 완료하고, 시험 서비스를 위한 시험을 하고 있으며, 국내에서도 대우통신, LG 통신, 삼성전자등이 ATM 교환기 시작품을 1995년 말 까지 만들 예정으로 국내에서도 국가에서 추진하는 초고속 정보통신망 사업의 기술적 지원을 산업체 및 연구소에서 담당하고 있다. 이러한 정보 통신망에서 제공되는 서비스는 Home Shopping, Home Banking, Interactive Game, Video on Demand, 채택 근무, Teleconference등 매우 다양하며, 특히 영상 정보의 교환은 대화 양자간의 의사 소통 및 정보 교환을 용이하게 함으로서 대화의 불일치를 해소할 수 있다. 광대역 통신망에서 제공되는 각종 서비스들이 단순한 통신망 구축으로 이루어지는 것은 아니다. 통신 기능을 지원하며, 각 서비스 특성에 맞는 시스템 및 응용 소

프트웨어가 필요하다. 이런 응용 소프트웨어 개발 및 공급이 향후 광대역 정보 통신망 구축과 함께 수익성 있는 사업이 될 것이다.

이와같이 정보화 시대를 이끌기 위해서는 사용자 하여금 쉽게 정보 통신망에 접근 정보를 용이하게 활용하게 할 수 있는 광대역 통신 단말기가 필요하다. 광대역 단말 장치는 기술적으로는 디지털 통신 및 컴퓨터 결합 제품이며, 제품 성향으로는 가전으로 수요가 많은 제품이다. 광대역 단말 장치 기술과 시스템 그리고 응용 소프트웨어 기술 확보는 2000년대 전자 시장을 대비한 필수적인 기술이라고 할 수 있다. 2000년대 멀티미디어 정보 교환으로 이루어지는 정보화 사회 변화에 적극 대처하기 위하여, 광대역 정보 통신망에 접속 되는 ATM 통신 접속 카드(ATM Adapter Card)를 개발하게 되었다.

광대역 통신 단말기는 광대역 통신망 시대에 사무실 및 가정에서 필수적인 장비가 될 것이다. 광대역 통신 단말기는 용도, 지원 기능에 따라, 기업의 개발, 판매 전략에 따라 형태나 기능이 달라질 것이다. 즉, 영상 및 음성을 전용으로 지원하는 경우와, 문자를 고속으로 전송하기 위한 경우, 멀티미디어 정보(영상, 음성, 그래픽...)를 지원하는 단말기와는 기능 및 용도에서 다를 것이다. 또한, 광대역 통신 단말기를 전용으로 하는 Platform을 새로이 구성할 것인가 아니면 기존 Platform(PC, Workstation)을 활용할 것인가에 따라 개발 전략이 달라진다.

초기 광대역 단말기는 연구용과 사용자용으로 분리 개발될 것으로 생각된다. 연구용은 광대역 서비스를 다양하게 지원하기 위해서 다양한 기능을 모듈화하여 개발하고, 시스템 버스에 추가하므로써 개발의 효율을 높이고, 반도체 기술등을 이용 소형화하여, 종합 정보 단말기 혹은 PBX 기술로 발전될 것이다. 초기 사용자용은 기존의 컴퓨터들을 ATM 통신망에 접속시키는 방식을 취할 것으로 생각된다. 즉, ATM 통신망에 접속되는 PC, Workstation용 접속 카드를 개발하고, 그 기능은 고속 문자 전송을 원하는 LAN(Local Area Network)을 지원하여, 기존의 컴퓨터 통신망을 ATM 통신

망 시장으로 확장할 것으로 생각된다. 특히, 기존의 컴퓨터 통신망으로 각광을 받고있는 Internet (TCP/IP) 접속이 필수적으로 ATM 통신망의 사용을 가속화시키는 원동력이 될 것이다. Teleconfer-encing 등 차기 광대역 응용 서비스를 대비한 영상/음성 코덱을 접속할 수 있는 접속점을 확보 서비스 확장에 대비하는 것이 필요하다.

이러한 상황에서 워크 스테이션 환경에서 널리 쓰이고 있는 SBus 접속과 PC 환경에서의 PCI 접속에 대응하는 ATM 어댑터 카드를 개발함으로써 향후 ATM LAN 시장에서 기술적 시간적 우위를 점할 수 있을 것으로 생각된다.

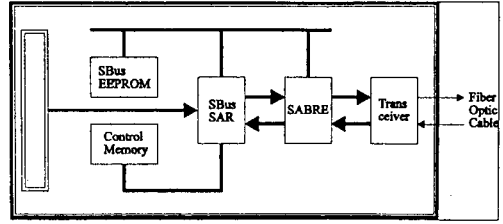
ATM 통신망 시장은 ATM 관련 표준화 작업의 지연과 가격 및 기존 LAN과의 호환성 문제로 아직 성숙되지 않고 있으나, 1995년말이면 대부분의 표준화 작업이 완료될것으로 예상되고 또한 96년이면 ATM 장비의 가격이 큰 폭으로 하락할 것으로 보이고 있어, 이 시기가 되면 ATM을 도입하는 사용자가 크게 늘어날 것으로 기대되고 있다.

ATM(Asynchronous Transfer Mode)방식 통신 접속 카드 시장이 1997년에는 1억7천만달러 규모로 성장할것으로 전망된다. 버지니아주 Williamsburg에 있는 시장조사 업체 Information Network에 따르면 ATM 어댑터 시장은 멀티미디어 네트워크에 대한 수요가 늘어나고 관련 제품 가격이 하락하면서 성장이 가속화 되고 있는데 1994년의 경우 ATM 어댑터 시장 규모는 1천5백만 달러에 불과했다.

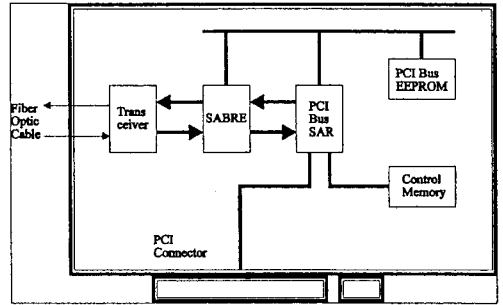
II. ATM Adapter Card H/W 구조 및 작동 원리

1. H/W Block Diagram

개발된 ATM Adapter Card는 Host/ATM 접속, ATM/SONET 접속 및 광 트랜시버로 구성되어 있으며, H/W 블록도는 그림 1, 그림 2와 같으며 전체적인 동작은 아래에 설명하였다.



(그림 1) SUN W/S SBus용 ATM Adapter Card H/W Block Diagram



(그림 2) PC PCI Bus용 ATM Adapter Card H/W Block Diagram

그림 1, 2와같이 SBus(PCI Bus)용은 AAL 계층에는 TI TNETA1560(1561) Chip(SAR) 사용하였고, ATM 계층 및 물리 계층은 TI TNETA-1500A Chip(SABRE)을 사용 설계, 구현, 테스트를 완료하였다.

SAR TNETA1560(1561) Chip 사양은 다음과 같다.

- TNETA1560은 SBus Host interface를 직접적으로 제공하므로 Host Memory와 ATM Card 사이에 데이터를 32, 16바이트 버스트 모드 전송으로 버스의 사용 속도를 높일 수 있고, 안정된 Host interface를 유지하여, 시스템 소프트웨어 구현을 용이하게 한다.
- TNETA1561은 PCI Bus Host interface를 직접적으로 제공하므로 Host와 ATM Adapter Card 접속을 위한 PCI interface의 부가 회로를 줄이고, 안정적인 Host inter-

face를 제공한다.

- AAL1, AAL5를 H/W로 지원하고, 약간의 소프트웨어 추가로 AAL3/4도 지원 가능하다.
- 물리계층과의 연결은 PHY Interface 표준인 UTOPIA (Universal Test & Operations PHY Interface for ATM Specification)로 TI 물리계층 칩 이외에도 PMC 물리계층 칩을 이용할 수 있게 되어 있다.
- ATM 계층의 OAM(Operation and Maintenance) Cell를 지원한다.
- 16 VPI 제공
- 1023 Unique Virtual Circuit Identifier 제공

SABRE Chip 사양은 다음과 같다.

- ATM Header 생성을 위한 HEC 생성 및 추출
- 155.52Mbps 전송 속도 지원
- SONET/SDH SMF/MMF(Single/Multi Mode Fiber) 지원
- 광 드라이버 접속이 Pseudo ECL로 광 드라이버로 임피던스 매칭이 용이하다.

TI SAR, SABRE에 대응되는 칩셋으로는 NEC mPD98401, m98402, LSI ATMizer, Transwitch 등을 사용 할 수 있다. NEC mPD98401, m98402는 AAL1, 3/4,5를 하드웨어로 지원 가능한 반면 일반적인 Host 접속 기능을 갖고 있어, 서로 다른 Host 접속(SBus, PCI) 마다 주변회로를 추가로 지원하여야 하고, 대량 소비가 아닌 경우에는 칩 지원이 어렵다. LSI ATMizer는 RISC CPU를 내장한 칩으로 융통성이 좋으나, AAL layer를 소프트웨어로 지원하므로 속도 지연이 문제가 되고, 시스템 소프트웨어 구현의 능력에 따라 성능 차이가 심하고, Host interface가 어렵다. Host Interface를 general 하게 구현한 칩들은 보기에는 좋을지 모르나 궁극적으로 각 호스트 버스의 특징을 최대한 살리도록 설계하기가 어렵고(대표적으로 버스트 모드 지원), 소형화 및 저가격으로 구현이 힘들다. 그러므로 ATM Processor를 ASIC화 할 경우는 각 호스트 버스별로 특성에 맞도록 설계 구현하여, 호스트 버스에서 생기는 병목현상을 다소나마 해

소 해야 할 것이다.

송신의 경우 호스트(컴퓨터)의 응용프로그램은 자신의 데이터를 전송하기위해 호스트 데이터 버퍼에 위치시키야 한다. 호스트는 메모리내에 여러 개의 데이터 패킷을 만들수있으며 하나의 패킷은 하나혹은 그이상의 버퍼로 이루어진다. 최대 버퍼 크기는 64K 바이트이다. 하나의 데이터 패킷이 만들어진후 SAR은 호스트로부터 패킷에 대한 소유권을 받는다. 일단 소유권을 받으면 SAR은 슬레이브 모드에서 마스터 모드로 전환 호스트 SBus에 대한 권리를 획득한 다음 16바이트 및 32 바이트 버스트 조합으로 48 바이트 데이터 블록의 전송을 시작한다. SAR내에 있는 전송 적응 계층 프로세서는 ATM 적응 계층에 관련된 모든 기능을 처리한 다음 각 셀에 4 바이트의 헤더를 덧붙이고 HEC place holder 바이트가 더해져 53 바이트의 ATM셀을 형성 전송 FIFO에 저장된다. 전송 FIFO는 424 바이트(8 바이트의 ATM 셀)를 저장할수 있다. SAR은 SABRE에 바이트 단위의 데이터 전송을 위한 클럭을 발생한다. 53바이트의 ATM 셀은 SABRE의 입력 FIFO로 옮겨지고 HEC 바이트가 계산된 다음 HEC place holder 바이트와 대체된다. 또 48 바이트의 패이로드 영역에 대해서는 self-synchronizing scrambler polynomial을 사용 스크램블한 다음 SONET Frame에 ATM 셀을 실어서 광 전송 모듈을 통해 전송되는데 SONET Frame은 매 125usec 마다 전송된다.

수신시 SABRE는 매 125usec마다 SONET Frame을 수신한다. 수신된 SONET Frame에서 ATM 셀이 분리되고 unscramble된 다음 HEC를 조사 후 바이트 단위로 SAR로 전달된다. SAR 수신 버퍼는 1696 바이트(32개의 ATM 셀)를 저장할 수 있다. SAR은 ATM 헤더를 제거하고 수신 데이터를 저장될 어드레스가 있는 해당 receive virtual channel identifier(VCI) DMA entry를 역세스한다. SAR 내부에서 수신 데이터는 송신 데이터에 비해 우선 순위가 높다. 이 시점에서 SAR은 호스트 버스에 대해 마스터가 되어 48 바이트의 데이터 블록을 호스트 메모리로 전달한다. 호스트 응용 프로그램이 오버헤드관련 프로토콜의 처

리를 완료하면 수신 동작은 완료된다.

2. SBus Interface

SBus 호스트(워크 스테이션)와 SAR(ATM 어댑터 카드내의 TNETA1560) 사이의 접속으로 외부에 회로의 추가없이 직접 연결되며 SAR은

SBus direct virtual memory address(DVMA) 마스터와 슬레이브로서 동작한다. SBus 접속상에서 데이터의 전달은 32바이트까지의 버스트 전달이 가능하다. SBus 접속상에서의 데이터 전달에 관해서는 표 1에 나타내었다.

〈표 1〉 SBus Transaction

NO.	TRANSACTION TYPE	SAR ROLE	TRANSFER SIZE	ACK SIZE
1	Host accesses SAR register or control memory	Slave	Word	Word
2	Host accesses PHY layer registers	Slave	Word	Word
3	Host access EPROM	Slave	Byte/word	Byte
4	SAR transmit control information transactions and receive free buffer ring transactions	Master	Word	Word
5	SAR receive completion ring entries posted to the host	Master	4 Word	4 Word
6	SAR cell payload transfers (default)	Master	8,4,and 1 word	8,4, and 1 Word
7	SAR cell payload transfers (NCE)	Master	4 Word	4 Word

3. AAL Layer

개발한 ATM 어댑터 카드는 AAL 계층 처리를 위해 미국 TI사의 TNETA1560을 사용했는데 이 칩은 AAL 5를 완벽하게 지원하며 AAL 3/4에 대해서는 제한된 기능을 지원한다. 또한 Null AAL 기능을 제공 Constant Bit Rate 서비스도 지원해준다. 당사가 개발한 카드는 AAL 5 계층을 지원하며, AAL 5의 처리에 대해서만 설명한다. 우선 패킷의 전송시 TNETA1560은 전송 패킷의 크기를 계산하고 AAL 5 protocol trailer를 붙인 다음 AAL 5 패킷을 48 바이트의 페이로드로 나누고 4 바이트의 ATM 헤더를 더한 다음 물리 계층 처리부로 전달되어 한 바이트의 HEC가 추가된 다음 송신부를 통해 전송된다.

수신의 경우 TNETA1560은 물리 계층부에서 넘어온 패킷의 AAL 5 CRC를 조사 후 에러가 없을 경우 AAL 5 패킷 전부를 호스트 메모리에 저장하고 인터럽터를 발생시켜서 패킷의 도착을 알린다. AAL 5 trailer는 디바이스 드라이버에서 소프트웨어로 처리한다.

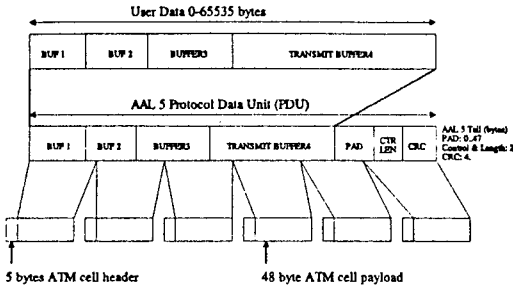
4. Physical Layer

물리 계층에서는 PMD(Physical Media Dependent) 부계층과 TC(Transmission Convergence) 부계층으로 나누어지며 TC 부계층에서는 셀 경계, HEC 생성/확인을 담당하고 PMD 부계층에서는 Bit Timing, Line Coding, 물리적 매체 등을 담당한다.

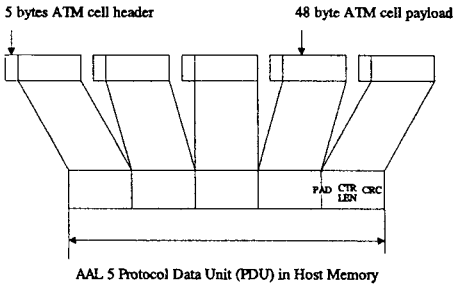
개발한 ATM 어댑터 카드는 Physical Layer의 처리를 위해 TNETA1500A를 사용했으며 이 칩은 155Mbps의 SONET/SDH 방식을 지원한다. 특징으로는 HEC 계산 기능이 선택가능하고 Idle 셀의 자동 삽입, 단말 루프백 기능등이 있으며 ATM Forum User Network Interface(UNI)를 지원한다. 또 SAR(Segmentation And Reassembly)과의 접속이 full-duplex이며 UTOPIA 규격을 따른다.

5. Optical Driver

개발한 ATM 어댑터 카드에서 광 드라이버는 TNETA1500A에 내장되어 있으며 간단한 외부회



〈그림 3〉 AAL5 Encapsulation



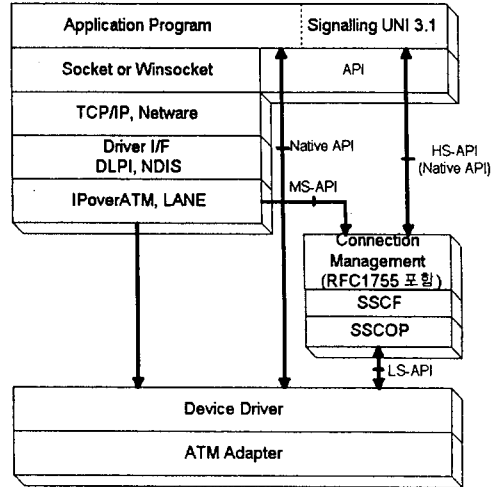
〈그림 4〉 AAL5 Termination

로(수동소자로 구성)의 추가로 광 모듈과의 접속이 가능하다. 여기서 사용한 광 모듈은 미국 AMP사의 SC Duplex Transceiver로 +5V 단일 전원을 사용하고 파장은 1340nm이며 LED 타입에 Multimode fibre를 사용한다.

III. ATM Adapter Card S/W 구조 및 작동 원리

1. Block Diagram

SBus용, PCI Bus용 시스템 소프트웨어 구조는 그림 5와 같은 블록 다이어그램으로 구성되어 있으며, 이를 기준으로 설명하고자 한다. 기본적으로 시스템 소프트웨어 구조는 디바이스 드라이버(Device Driver)를 중심으로 IP over ATM, LAN



〈그림 5〉 S/W System Block Diagram

Emulation, UNI 3.1 Signalling, SNMP, Native API를 효율적으로 운용할 수 있는 구조를 갖아야 한다.

A. 기존의 TCP/IP가 수정없이 ATM 디바이스 드라이버에 plumb(TCP/IP가 디바이스 드라이버를 사용하기위하여, 디바이스 드라이버를 Open하고 Setup하는 과정) 하여 IP over ATM 프로그램을 이용 ATM 망에 LAN을 수용 할수 있게 한다.

B. 동시에 Native API를 이용하여 직접적으로 ATM 디바이스 드라이버를 구동, 정보를 ATM망의 특성을 이용 신속히 전송 할 수 있도록 하여야 한다.

C. 이러한 방식을 효율적으로 지원하는 Device Driver를 SUN Workstation에서는 DLPI(Data Link Provider Interface)를 이용하고, PC에서는 NDIS (Network Device Interface Specification) 3.0을 이용하여 구현하였다.

D. 응용 프로그램이 ATM 망에 PVC (Permanent Virtual Circuit), SVC(Signalling Virtual Circuit)를 이용하여 접속할수 있도록 ATM Forum UNI 3.1을 Daemon으로 구현하였고, 각 응용 프로그램과 신호(Signalling) 관리 Daemon 간에는 Message Passing 방식으로 구현 하였다.

E. LAN Emulation이 아닌 IP over ATM 프로

그럼은 별도의 Pseudo Device Driver로도 구현이 가능하고, ATM Device Driver에 포함 하여 구현도 가능하다. 현재는 성능 테스트상 모두 구현하였다.

F. IP over ATM 상에서 수행되는 모든 응용 프로그램은 Socket 및 Winsocket API를 이용 작성 가능하고, ATM Device Driver를 직접 구동하고, Signalling Daemon간에는 ATM Forum Native API를 기본으로 하는 API를 제공한다.

G. 시스템 소프트웨어 구조는 위의 조건을 모두 만족하도록 설계 구축되어 있다.

위의 시스템 소프트웨어는 SUN Solaris 2.3 및 2.4 모두에서 실험이 완료 되었다. 또한 PC Windows 3.11 그리고 Windows NT에서도 지원 가능하며, NDIS 3.0 디바이스 드라이버이므로 Windows 95의 Device Driver로 진화가 용이 할 것이다. SUN Workstation에서는 Solaris version O.S에서 제공하는 DLPI, Stream 방식으로 디바이스 드라이버를 작성하였다.

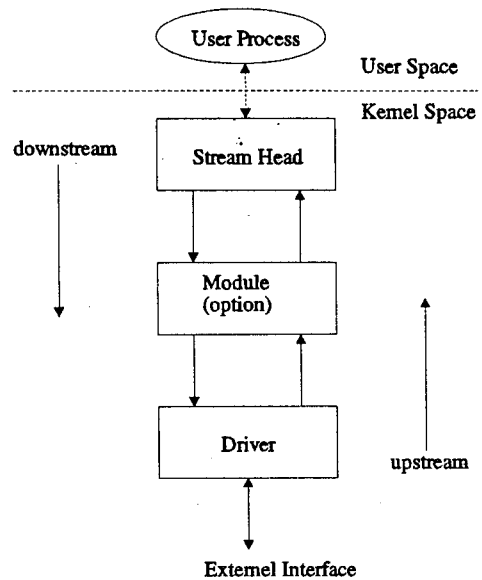
2. Device Driver

2.1 SUN W/S SBus Device Driver

SunOS 5.x에서 커널 네트워크(Kernel Network) 서비스시스템은 STREAMS가 기본이며 SunOS 4.x에서 ifnet 접속을 사용했던 Datalink driver는 DLPI(Data Link Provider Interface) 접속으로 변경되었다. 따라서 개발한 디바이스 드라이버는 스트림(STREAMS) 방식의 디바이스 드라이버로 DLPI 접속을 지원한다. 여기서는 스트림 방식의 디바이스 드라이버와 DLPI 접속에 대해 간략하게 살펴보고자 한다.

디바이스 드라이버는 운영 시스템과 디바이스 사이에 인터페이스를 제공하는 소프트웨어로 커널로부터의 요구에 응답해 디바이스를 제어한다. 스트림 방식은 커널내부 및 커널과 나머지 유닉스 시스템 사이의 문자(Character) 입출력에 대한 표준 접속을 정의하고 있으며 특히 통신 관련 디바이스 드라이버에 적합하다. 스트림방식의 드라이버에서는 커널영역의 STREAMS 드라이버와 사용자 영역의 프로세스(process) 사이에 전이중 양방향 처

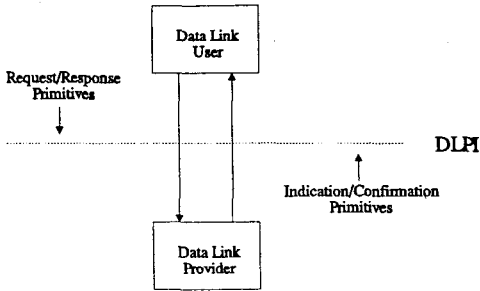
리 및 데이터 전달을 위한 스트림이라고 하는 경로가 만들어지는데 기본적으로 Stream head와 드라이버로 이루어지며 그 사이에 모듈(module)이 존재할 수도 있다. Stream head는 stream과 응용 프로그램 사이의 접속을 제공 응용 프로그램으로부터의 시스템 콜(System Call)을 처리하고 사용자 영역과 커널 영역사이의 데이터 및 정보의 양방향 전달을 수행한다. 모듈은 Stream head와 드라이버 사이에 전달되는 메시지에 대한 중간 처리를 수행한다. 아래에 그림 6에 기본적인 Stream의 구성을 표시했으며 현재 개발된 디바이스 드라이버는 Stream head와 드라이버로 이루어져 있으며 모듈은 없다.



〈그림 6〉 기본적인 STREAM 구성

DLPI는 data link service user가 data link service provider의 protocol에 대한 특별한 지식 없이 다양한 provider에 접근, 사용할 수 있게 해주며 data link service provider에 대한 접근을 규정할 뿐 특정 프로토콜이나 특정 프로토콜의 수행을 규정하지는 않는다. 특히 이 접속은 X.25 LAPB, BX.25 level2, SDLC, ISDN LAPD, Ethernet, FDDI, Token Ring, Token Bus, BISYNC 및 다른 datalink-level 프로토콜을 지원하기 위한 것이다.

DLPI는 Data Link Service User(DLS user) 및 Data Service Provider (DLS provider) 사이의 상호 작용을 위해 STREAMS 메시지 셋(Set), 상태포맷 컨벤션(convention)등을 정의 하고 있다. 그림 7에 DLPI에 대한 개념을 나타내었다.

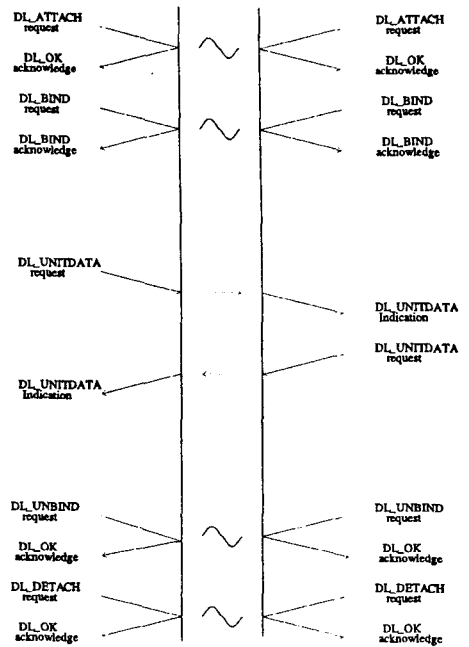


〈그림 7〉 Abstract View of DLPI

SunOS 5.x에서 DLS user는 커널 IP및 ARP 프로토콜등이며 DLS provider는 le(LANCE Ethernet)드라이버와 같은 datalink 드라이버를 들 수있다. 따라서 디바이스 드라이버를 DLS provider가 되도록 함으로서 IP와 같은 DLS user와 접속이 가능 기존의 IP 레벨 응용 프로그램을 그대로 쓸수있게 된다. 한편 시스템 네트워크 접속은 datalink-level값을 어떤 값으로 하거나 이것을 위에 알리는것등은 ifconfig 라고 하는 DLS user 프로그램으로 할수있다. data link provider 접속은 connection, connectionless 및 acknowledged connectionless의 3가지 방식을 지원하며 connection및 connectionless의 두가지에 대해서만 살펴 보겠다. connection 방식 서비스는 local management, connection establishment, data transfer 및 connection release로 이루어진다. connectionless 방식은 local management와 data transfer로 이루어진다. DLPI 에서 지원하는 두 가지 방식의 서비스 예를 그림 8, 그림 9에 표시하였다.

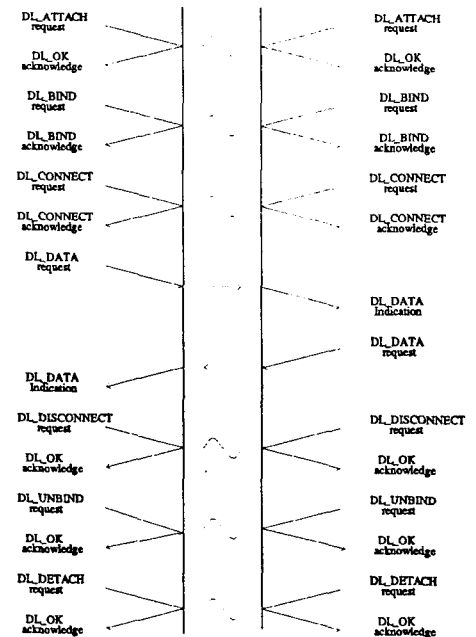
2.2 PC PCI Bus용 NDIS Driver for Windows NT 3.5

Windows NT 3.5에서 Device driver, interface card, transport protocol driver, OS 간의 pro-



Message Flow : A Connectionless-mode Example

〈그림 8〉 Connectionless Mode Transfer



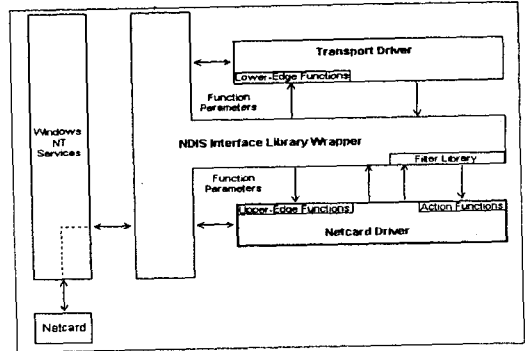
Message Flow : A Connection-mode Example

〈그림 9〉 Connection Oriented Mode Transfer

gramming interface는 NDIS(Network Driver Interface Specification) 3.0 을 따른다. NDIS는 Microsoft와 3Com사에 의해 1988년에 처음 제정되어 Microsoft의 LAN Manager 등에 사용되기 시작했고 현재 Windows for Workgroup, Windows 95, Windows NT의 표준 네트워크 인터페이스이다. Windows NT 3.1에서 네트워크 드라이버는 메시지 전달방식인 UNIX스타일의 STREAMS DLPI 드라이버로써 구현되었으나, Windows NT 3.5에서는 추상화 된 NDIS interface의 API를 호출하는 구조를 갖는다. 이로써 네트워크 드라이버는 C와 같은 상위레벨 언어로 작성되어질 수 있으며, Windows 95와 80x86, MIPS, DEC, Alpha, PowerPC 등의 CPU에 기반한 Windows NT에 쉽게 이식되어 사용될 수 있다. 이와 같은 추상화와 이식성을 제공하기 위해 NDIS 3.0 interface는 NDIS interface library 혹은 NDIS wrapper라 불리는 export library(NDIS.SYS)의 형태로 구현되어 드라이버와 링크 된다. NDIS interface가 서비스 요청을 받으면 Device-level service, protocol-level service 혹은 OS service를 호출하거나 자체 기능을 수행함으로써 서비스요청에 응답하게 된다. 디바이스 드라이버나 프로토콜 드라이버는 호출하려는 상대방 function의 entry point를 알 필요없이, 자신이 서비스하는 함수의 entry point를 NDIS 라이브러리에 등록하고 NDIS 라이브러리를 호출하는 간접적인 방식을 취한다. 그리고 Device 드라이버는 수신된 data frame이 자신에게 연결된 다수의 프로토콜 드라이버 중 어느 곳으로 라우팅되어야 하는지를 binding정보를 통해 얻고 해당 프로토콜 드라이버로 전송한다.

NDIS interface는 기본적으로 protocol driver가 raw packet을 network device를 통해 보내고, network device가 packet을 받았음을 해당하는 protocol driver에게 알리는 기능을 한다.

시스템 부팅시 Device driver는 NdisRegisterMac, NdisRegisterAdapter call로써 자신을 시스템에 등록함으로써 NdisOpenAdapter call시 자신을 식별할 수 있게 한다. NdisOpenAdapter call이 호출되면 protocol module과 MAC driver는



〈그림 10〉 Windows NT Network Driver Architecture

handle을 교환함으로써, 이후 protocol이 NDIS interface를 통해 서비스를 요청할때 원하는 adapter에게 그 요청이 전달되도록 한다.

데이터 전송은 NdisSend → MacSend call로 이루어지는데 MacSend를 받은 Device driver는 packet을 data frame으로 변환해 network device로 전송한다. Network device가 data frame을 수신하면 interrupt를 통해 driver에 알리고 binding context정보를 포함하는 NdisIndicateReceive → ProtocolReceive call을 통해 목적인 상위 protocol에게 data 수신을 알린다. 이어 NdisTransferData → MacTransferData call로써 데이터전송이 시작되는데 driver는 수신된 data frame을 상위 protocol이 원하는 packet structure로 변환하여 복사한다. 모든 data frame이 수신되면 driver는 NdisIndicateReceiveComplete → ProtocolReceiveComplete call로써 transport driver가 데이터에 대한 후처리를 시작하도록 알린다.

이러한 기본적인 서비스 외에 Window NT의 NDIS interface library function은 buffer, packet, pool, memory, file, timer, interrupt handling, DMA등과 관련한 다양한 관리기능들을 제공한다.

Device Driver는 크게 세가지 기능으로 구분된다. 첫째는 Operating System의 kernel 재생성 없이 Device Driver를 Dynamic하게 kernel 내에 Loading, Unloading 하게 하는 것이다. 이는 Solaris나 Windows NT에서 제공하는 Device

Driver 구현 방법 및 제공 API를 이용 작성하였다. 둘째는 DLPI, NDIS를 이용하여, 상위 프로토콜들(TCP/IP, Netware)과 접속을 제공 하는 것이고, 이는 위에서 작동 원리를 설명하였다. 다른 하나는 TI TNETA1560, 1561를 초기화, 구동하여 데이터를 송신하도록 하는 것이다. TI

TNETA1560, 1561을 위하여 kernel 내에 메모리를 확보하고, DMA를 구동하여 데이터를 송수신하며, 인터럽트를 처리하고, VPI, VCI의 상태를 관리하는 Routine이 있다. 좀더 구체적인 SBus용, PCI Bus용 ATM Adapter Card의 구체적인 사양은 표2, 표3을 참조하기 바란다.

〈표 2〉 SUN W/S SBus용 ATM Adapter Card Specification

Specification	Description
User-Network Interface	Q.2931, ATM Forum Version UNI 3.0
LAN Emulation	RFC 1483, 802.3 Emulation
ATM Adaptation Layer	AAL1, AAL5
ATM Address Type	E.164, IEEE802.2 48bit MAC Address
ATM-Physical Interface	STS-3c/STM-1(SDH) 155Mbps MMF
Connection Management	PVC Call Control, UNI 3.1 for SVC Call control
PVPC	16(numbered 0 to 15)
PVC	1024(numbered 0 to 1023)
Connection capacity	up to 1023 active virtual connections
Bus Interface	SBus
Protocol Support	TCP/IP, ATM
Operating system	Solaris 2.3, 2.4
Network Management	ILMI or SNMP (1996년 3월)
ATM Processor	TI 1560 or ASIC
Power	5V, 2A 이하
Connector	1350 nm LEC on duplexsc 62.5/125um multimode fiber
CODEC 접속	MVIP or Serial (1996년 6월)
Indicators	Power, LOS(Loss of Cell)

〈표 3〉 PC PCI용 ATM Adapter Card Specification

Specification	Description
User-Network Interface	Q.2931, ATM Forum Version UNI 3.0
LAN Emulation	RFC 1483, 802.3 Emulation
ATM Adaptation Layer	AAL1, AAL5
ATM Address Type	E.164, IEEE802.2 48bit MAC Address
ATM-Physical Interface	STS-3c/STM-1(SDH) 155Mbps MMF
Connection Management	PVC Call Control, UNI 3.1 for SVC Call control
PVPC	16(numbered 0 to 15)
PVC	1024(numbered 0 to 1023)
Connection capacity	up to 1023 active virtual connections
Bus Interface	PCI
Protocol Support	TCP/IP, Netware, ATM
Operating system	Windows 3.1, 3.11, Windows NT
Network Management	ILMI or SNMP (1996년 3월)
ATM Processor	TI 1561 or ASIC
Power	5V, 2A 이하
Connector	1350 nm LEC on duplexsc 62.5/125um multimode fiber
CODEC 접속	MVIP or Serial (1996년 6월)
Indicators	Power, LOS(Loss of Cell)

3. IP over ATM

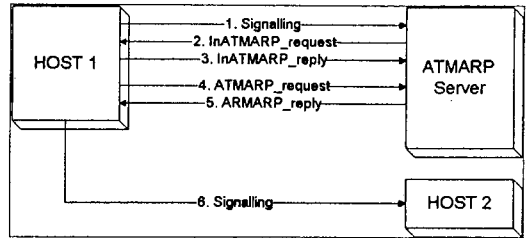
IETF(Internet Engineering Task Force)는 ATM 링크상에서 LAN 트래픽을 전달하는 방식을 RFC1577과 RFC1483을 통해 제시하고 있다. 이는 "Classical IP over ATM"이라고도 불리우는데 다음에 설명될 LAN Emulation에 비해 간단하고 구현이 용이한 방법으로서 현재 운용되고 있는 거의 모든 ATM LAN상에서 운용되고 있다. IP over ATM은 IP PDU를 최소한의 오버헤드만으로 ATM을 통해 상대방의 IP 계층에게 전달함으로써 상위 응용프로그램을 ATM 계층으로부터 은닉시킨다. 즉, IP 프로토콜상에서 운용되는 기존의 응용프로그램은 자신의 하위계층이 ATM임을 전혀 알지 못한채 ATM이 제공하는 투명한 고대역을 이용할 수 있다. 그리고 기존의 MAC 계층과의 호환을 유지할 필요가 없으므로 최대 프레임의 크기를 9000 바이트 이상으로 할 수 있어 대규모 데이터 전송시 이득이 된다. 그러나 IP 프로토콜만을 지원하며 기존의 LAN 장비와의 접속은 브리지나 라우터를 경유해야 한다는 단점이 있다.

ATM을 통해 직접 IP PDU를 전송하기 위해서는 두가지 문제가 해결되어야 하는데, 첫째는 상대방 호스트와 설정되어 있는 VCC 상에 IP PDU를 어떻게 구분하여 보낼 것인가의 문제이고, 둘째는 4바이트의 목적지 IP 주소를 20바이트의 ATM 주소로 매핑하는 방법이다.

RFC1483은 ATM망 상에서 서로 다른 비연결성 프로토콜 PDU를 전달하는 방법으로서 하나의 ATM VC에 PDU를 다중화하는 방법과, 프로토콜마다 서로 다른 VC를 통해 전달하는 방법을 정의하고 있는데, 현재의 RFC1577에서는 하나의 VC에 서로 다른 종류의 PDU를 다중화하는 LLC/SNAP encapsulation을 권고하고 있다. 한편, RFC-1577은 IP address를 network physical address로 변환하기 위한 프로토콜로서 ATMARP와 InATMARP를 정의한다. ATMARP는 IP address를 ATM address로, InATMARP는 역으로 ATM address를 IP address로 변환하는 프로토콜인데, 브로드캐스팅을 지원하지 않는 ATM망 상에서 address resolution 문제를 해결하기 위해

기존의 ARP(RFC826), InARP(RFC1293) 프로토콜을 변형한 형태이다.

IP over ATM의 동작 절차는 다음과 같다.



〈그림 11〉 IP over ATM

시스템 부팅시 ①각 호스트가 VC를 이용하여 ATMARP server에 LLC/SNAP encapsulation을 지원하는 연결을 설정하면 ②서버는 발신 호스트로 IP address를 요청하는 InATMARP_request 메시지를 보낸다. ③호스트가 자신의 IP address를 InATMARP_reply 메시지에 실어 서버로 전송하면 서버는 이 호스트가 자신이 관리하고 있는 서브넷상의 호스트인가를 확인한 후 자신의 ATMARP cache에 저장한다. ④어떤 호스트가 서브넷 내의 다른 호스트와 연결하고자 할때 ATMARP 서버로 상대방의 IP address가 담긴 ATMARP_request 메시지를 보내면 ⑤서버는 자신의 ATMARP cache를 검색하여 수신된 IP address에 해당하는 ATM address를 ATMARP_reply 메시지를 통해 전송함으로써 알려준다. 만약 서버의 ATMARP table cache에 목적 IP 호스트가 존재하지 않으면 ATMARP_NAK 메시지로 응답한다. ⑥이후 발신 호스트는 ATMARP_reply로 얻어진 ATM address를 {IP address, ATM address}로 관련지어 자신의 ATMARP cache에 저장하며 ATM address로 시그널링을 하여 연결이 이루어진다.

한편, cache에 저장된 {IP address, ATM address} 엔트리는 서버의 경우 20분, 클라이언트의 경우 15분이 경과하면 갱신되어야 한다. 지정된 시간이 경과하면 우선 엔트리를 무효화하고 만약 그 엔트리의 주소와 관련된 VC가 열려있는경

우, 서버는 InATMARP_request를, 클라이언트는 ATMARP_request를 각각 발신하고 수신된 메시지에 따라 cache entry를 새로 기입한다. 현재 IP over ATM은 디바이스 드라이버 내부 및 Pseudo Device Driver 형태로 모두를 구현 중이다.

4. LAN Emulation

4.1 표준화

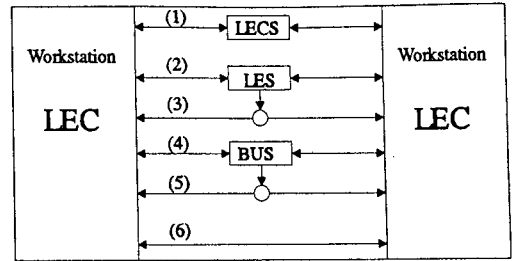
ATM의 고속성과 다양성이라는 장점을 알지라도 이 기술로 현재의 환경을 upgrade할 수 있는 사용자는 많지 않다. 이 문제에 대응하고자 ATM Forum에서 L-UNI(LAN Emulation-User/Network Interface)라는 표준화 작업을 진행하여 LAN Emulation Version 1.0이 만들어 졌는데 이것이 95년 5월 8일 정식으로 승인이 되었고 Version 2.0가 진행중인 것으로 알고 있다.

4.2 LAN Emulation이란?

기존의 단말 하드웨어와 소프트웨어에 어떤 교체작업이 없이 ATM의 모든 이익을 누리며 NDIS(Network Device Interface Specification), ODI(Open Data-Link Interface)와 DLPI(Data Link Provider Interface)같은 드라이버와 Data Link Layer 이상의 모든 프로토콜들이 ATM 망에서 계속 사용될 수 있게한다. LAN Emulation의 목표는 ATM의 Connection-Oriented 구조를 사용해서 LAN의 Connectionless 성격을 Emulate 하는데 있다.

4.3 LAN Emulation의 구성 요소와 VCCs(Virtual Channel Connections)

LANE는 크게 LEC(LAN Emulation Client)와 LE Service(LAN Emulation Service)로 이루어져 있고 LE Service는 LES(LAN Emulation Server), LECS(LAN Emulation Configuration Server)와 BUS(Broadcast and Unknown Server)로 그림 12와 같이 이루어져 있다. 이것들은 여러 VCC를 통하여 초기화와 data 전송에 관여한다.



(그림 12) LAN Emulation 구성 요소

4.3.1 초기화 단계

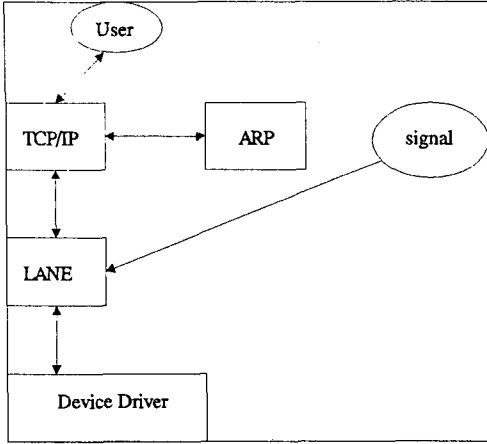
LEC는 LECS와 Configuration Direct VCC를 설정하여 configuration에 필요한 정보와 LES의 ATM address를 얻어 오고, LEC는 이 LES의 ATM address로 Control Direct VCC를 설정하고 LE-ARP-REQUEST를 통하여 BUS의 ATM address를 얻고, LES는 LEC와 Control Distribute VCC를 설립한다. LEC는 BUS의 ATM address로 BUS와 Multicast Send VCC를 설정하며, BUS는 LEC와 Multicast Forward VCC를 설정한다.

4.3.2 Data 전송단계

LEC가 목적지의 ATM address를 알면 Data Direct VCC를 설정하여 Data를 보내면 되고 모르면 LES에게 LE-ARP-REQUEST를 보내어 목적지 LEC의 ATM address를 얻는데 그러는 사이에 BUS를 통하여 Data를 보낸다. LEC가 목적지의 ATM address를 얻게되면 BUS를 통하여 보내는 것을 중지하고 Data Direct VCC를 설립하여 Data를 보낸다.

4.4 전체 소프트웨어 Block도 상의 LAN Emulation의 위치

LANE는 Device Driver와 TCP/IP사이에 놓여 TCP/IP로 부터 Data를 받아 Device Driver에 전송하고 반대로 Device Driver로부터 받은 Data를 TCP/IP에 올려 주기도 한다. 현재 LANE은 Pseudo Device Driver 형태로 구현, 테스트 환경 구축 중에 있으며, 적당한 테스트 환경 구축을 바



(그림 13) LAN Emulation Module 위치

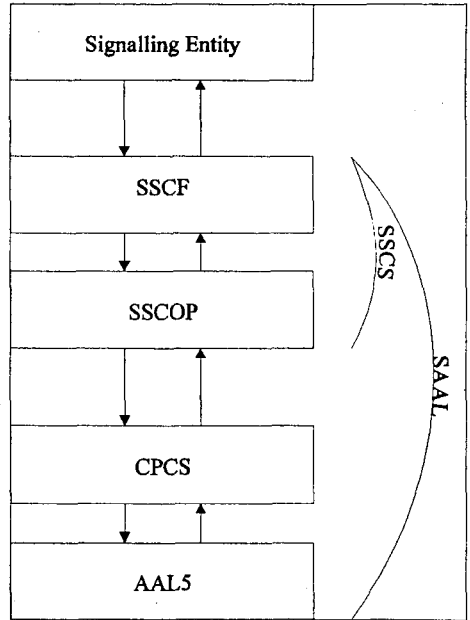
탕으로 본격적인 프로그램 검증이 필요하다.

5. UNI 3.1 Signalling

Signalling 은 사용자와 교환기 사이에 가상 채널을 연결해주는 프로토콜이다. ATM Forum 에서는 ITU-T Q.2931의 Signalling의 대부분과 호환성을 가지며, 여기에 multiparty 프로토콜을 지원하는 기능을 가지는 표준안을 93년 말에 제안하고 있다. 95년 말에는 UNI 4.0 Signalling 표준안이 나올 예정으로 있으며, 여기에는 Proxy Signalling 등 몇가지 기능이 더 추가될 것으로 알려져 있으며, ITU-T 와의 호환성을 더욱 확장할 것으로 알려져 있다. 당사가 개발한 ATM 카드의 구동 소프트웨어로 제공되고 있는 Signalling 모듈은 UNI 3.1을 기반으로 Signalling을 지원하고 있으며, 앞으로 나오는 ITU-T, ATM Forum의 권고안에 맞추어 지속적인 개발을 해 나갈 것이다.

현재 Signalling 모듈은 영구설정 가상 채널 식별자 VPI 0, VCI 5번으로 전송을 하게 되어 있으며, Signalling 메시지의 안정적인 전송을 위해서 SSCS(service specific convergence sublayer)가 이미 권고안으로 나와 있다. 이는 SSCOP, SSCF 로 구분되어 나뉘어져 있으며, 확실한 전송을 위해서 selective retransmission의 형식을 띄고 있다. Signalling 모듈을 전송하는 계층이 이렇게하여 특

별히 마련되어 있고, 이는 SAAL(signalling ATM adaptation layer)라 명명되어 있다. SAAL는 그림 14과 같다.



(그림 14) Signalling AAL(SAAL)

Signalling은 Setup 메시지로 시작하여 Connect Acknowledge로 끝나는 호 설정 부분, Release로 시작해서 Release Acknowledge로 끝나는 호 단속 부분, 그리고 시스템의 재시동을 위한 Restart 부분으로 나뉘어 질 수 있다.

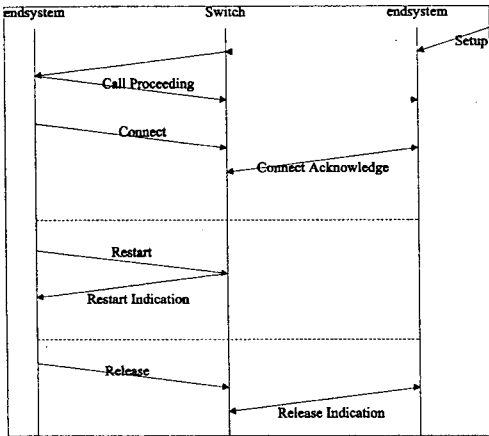
호 설정 부분은 endsystem 에서 다른 endsystem으로 교환기를 통한 연결 설정 메시지인 Setup메세지를 교환기로 endsystem에서 전송함으로써 시작된다. Setup메세지는 연결 설정에 필요한 다양한 정보를 가지고 있으며, 가장 복잡한 메시지의 성격을 지니고 있다. 하나의 메시지는 여러 개의 IE(information element)로 이루어져 있다. Setup은 이러한 IE를 가장 많이 가지고 있으며, 이는 교환기를 통해 반대편의 endsystem에 transparent하게 전송되게 된다. 반대편 endsystem에서 IE들에 나타난 정보를 수용가능하다고 판단하게 되면 Acknowledge메세지들을 보내고 연결 설정은 마무리된다. 교환기는 이때에 가상 채널 식별

자를 할당하여 각각 다른 endsystem에 알려주게 된다.

호 단속 부분은 endsystem 또는 교환기가 Release 메시지를 전송함으로써 시작된다. Release 메시지는 IE가 몇개 없고 연결을 끊으려 하는 이유를 나타내는 Cause IE를 포함하게 된다.

Restart 부분은 시스템의 재시동 등으로 해서 기존의 연결들을 모두 없애거나 또는 일정개의 연결만을 없앨 수가 있게 된다. 이 때는 endsystem 이나 교환기는 각 연결 설정되어 있던 부분들을 다 없애고 새로운 연결 설정을 준비해야 된다.

위에서 언급한 Signalling의 과정을 그림 15에 도시하였다.



<그림 15> Signalling Flow

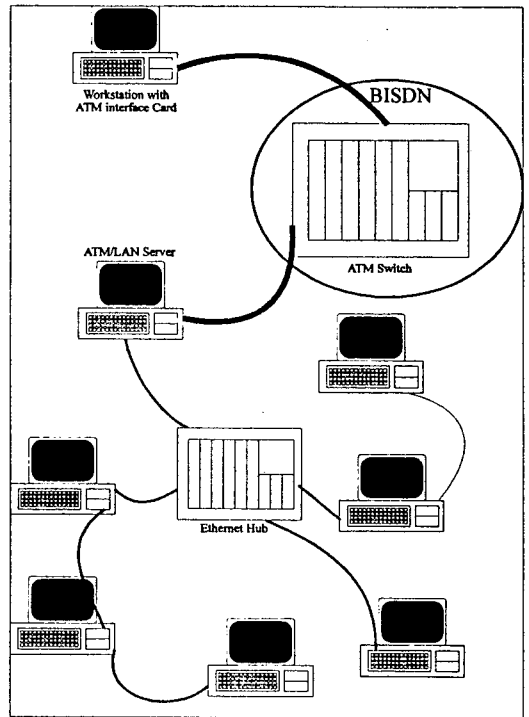
UNI 3.1에서 지원하는 multi party 프로토콜은 하나의 endsystem에서 여러개의 endsystem으로 전송을 하기 위한 프로토콜이다. 따라서 Root endsystem만이 데이터를 전송할 수 있으며, leaf endsystem에서는 데이터를 받아 볼 수만 있을 뿐이다. 이때에 모든 leaf endsystem으로 root endsystem은 같은 call reference를 사용하여 전송하고, 모든 leaf endsystem에 대한 연결의 IE는 같은 것들이 전송되게 된다.

개발한 UNI 3.1을 기반으로한 Signalling 모듈은 위에서 언급한 모든 기능을 다 지원하고 있다. Signalling 모듈의 특징은 1024개의 가상 채널 지

원, 간단한 API이다. ATM Forum에서 추진 중인 Native API 규격에 준하여 API를 제공 할 예정이다. 또한, 현재 ver1.0인 Signalling 모듈은 multi thread로 동작하고 있다. 차후에는 multi thread의 강도를 더욱 높여서 버전을 높여 나갈 것이며, UNI 4.0의 개발과 발 맞추어 또 버전업을 할 예정으로 있다.

IV. 테스트 환경

개발된 ATM Adapter Card는 그림 16과 같은 환경에서 테스트 중이다. 신뢰도 점검은 완료한 상태이다. 송신측 SUN Sparc 20에 Motion JPEG Card와 카메라를 이용하여, 영상을 Capture하고, Motion JPEG으로 압축하여, ATM Adapter Card의 IP over ATM을 이용 영상 정보를 전송한다. 수신측에서는 ATM Adapter Card에서 수신



<그림 16> 시연 망 구조

된 정보를 IP over ATM 프로그램을 통해 정보를 TCP/IP로 전달 압축 정보를 Motion JPEG Card를 이용하여, 복원, 모니터에 display한다. FTP (File Transfer Protocol), Telnet, Netscape등 기존의 TCP/IP 응용 프로그램등의 작동을 확인 하였다. 장시간 Working Test로 하드웨어 및 시스템 소프트웨어의 신뢰도를 확보하였다. Motion JPEG Card와 LAN Card TCP/IP를 이용한 영상 정보 송수신과 비교는 실감적으로 ATM Adater Card가 LAN Card를 이용한 것보다 빠르다는 것은 확인 하였으나, 수치를 통한 성능 분석이 진행 중이다.

V. 결 론

SUN W/S SBus용 ATM Adapter Card의 하드웨어 기능은 155.52Mbps 물리적 전송 속도들 갖고, SDH/SONET, SMF/MMF(Single/Multi Mode Fiber) 물리계층을 지원하며, Native ATM 응용 소프트웨어 개발을 위한 API(Application Programming Interface) 뿐만이 아니라, 기존의 TCP/IP 응용 소프트웨어를 ATM 망에서 수용하는 소프트웨어도 지원한다. SBus용 ATM Adapter Card는 1995년 12월 상용화 예정이며, 자세한 사양은 표 2를 참조, PC PCI용 ATM Adapter Card는 표2에서 보는 다양한 전송, 물리매체를 지원하는 제품을 1995년 12월에는 시제품을 1996년 3월까지 상용제품을 선보일 예정이다. 앞으로 할일은 다양한 성능 점검과 타 제품들과의 호환성 및 성능을 테스트이다. 현재는 Newbridge, ForeSystem사의 교환기 및 ATM Adatper Card와 호환 및 접속 테스트 중이다. 다양한 호스트 접속 및 물리매체를 지원하는 ATM Adapter Card를 계속 개발 할 예정이다.

앞으로는 기존의 컴퓨터를 초고속통신 단말기로 활용할 수 있도록 영상 코덱이 필요하고, 시스템 버스를 이용한 영상 정보 교환으로 인한 컴퓨터 메

인 시스템의 부하를 줄이기위해서, 영상코덱과 ATM Adapter Card간 영상 정보전달을 위한 하드웨어 포트를 확보 다가온 멀티미디어 정보를 효율적으로 처리 할 수 있도록 하는 일을 추진 할 예정이다. 또한 현재 국내 각사에서 개발 혹은 개발 완료된 교환기에 PVC를 통한 접속 및 SVC를 이용한 접속을 테스트하는 것이 필요하다. Native ATM API를 이용한 다양한 초고속 정보통신망의 특성을 잘 보여줄수있는 응용 소프트웨어 개발이 시급한 과제라 할 수 있다.

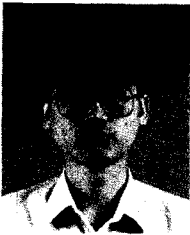
참 고 문 헌

- [1] Rec. I.113 "Vocabulary terms for broadband aspects of ISDN".
- [2] Rec. I.221 "B-ISDN protocol reference model and its application".
- [3] Rec. I.361 "B-ISDN ATM layer Specification".
- [4] Rec. I.362 "B-ISDN ATM adaptation layer (AAL) functional description".
- [5] Rec. I.363 "B-ISDN user-network interface".
- [6] Rec. I.432 "B-ISDN user-network interface-physical Layer specification".
- [7] Rec. I.610 "OAM principle of B-ISDN".
- [8] The ATM Forum, "User-Network Interface Specification Version 3.1", 1995.
- [9] SUN Microsystems, "The SBus Specification", 1989.
- [10] SunSoft, "STERAMS Programmer's Guide", 1994.
- [11] Microsoft LAN Manager, "Network Driver Interface Specification(NDIS) Version 3.1", Draft Review, April 25, 1990.
- [12] Microsoft, "Windows NT Version 3.5 Device Driver Kit".

저자 소개

金 漢 樹

전자공학회지 제22권 제7호 참조



李 昇 燮

1961年 4月 27日生

1984年 2月 한국항공대학교 전자 공학과 졸업(학사)

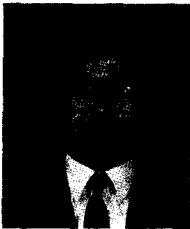
1989年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사)

1993年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(박사)

1993年 3月~현재

대우전자 영상연구소 선임 연구원

주관심분야: B-ISDN, VoD, Operating System, Distributed and Parallel Procssing



李 承 烈

1964年 10月 4日生

1964年 2月 경북대학교 공과대학 전자공학과(학사)

1987年 2月 대우통신(주) 종합연구소(연구원)

1990年 2月 나우정밀 중앙연구소(주임연구원)

1993年 5月~현재

대우전자 영상연구소(주임연구원)

주관심분야: ATM 통신 디지털회로설계



李 圭 澤

1966年 10月 22日生

1989年 2月 서울 대학교 공과대학 제어계측공학과(학사)

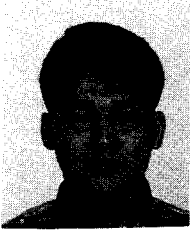
1991年 2月 서울 대학교 공과대학 제어계측공학과(석사)

1995年 8月 서울 대학교 공과대학 제어계측공학과(박사)

1994年 3月~현재

대우전자 영상연구소(선임연구원)

주관심분야: B-ISDN, VoD, Fuzzy Control



金 芳 玄

1968年 2月 27日生

1991年 2月 송실대학교 공과대학 전자계산학과(석사)

1993年 5月 Stevens Institute of Tech. 전자계산학과(석사)

1993年 11月~현재

대우전자 영상연구소(연구원)

주관심분야 : ATM통신, VoD



尹 盛 郁

1970年 1月 21日生

1992年 2月 서울 대학교 공과대학 제어계측공학과(학사)

1994年 2月 서울 대학교 공과대학 제어계측공학과(석사)

1994年 2月~현재

대우전자 영상연구소(연구원)

주관심분야 : Digital Signal Processing, Communication Protocol



徐 正 旭

1968年 10月 29日生

1994年 2月 아주대학교 전자공학과 졸업

1994年 1月~현재

대우전자 영상연구소(연구원)

주관심분야 : System and Network Admin., WWW 서버 운영

**趙 商 薰**

1969年 10月 1日生

1992年 2月 고려대학교 공과대학 전자전산공학과(학사)

1995年 2月 고려대학교 대학원 전자공학과(석사)

1995年 1月~현재

대우전자 영상연구소(연구원)

주관심분야 : ATM 통신, ATM 트래픽 제어, 음성신호처리