

이더넷 디바이스 드라이버 개발

성정식 · 김도영

한국전자통신연구원

An Implementation of Fast Ethernet Controller: LAN-100 & LN-100

Jung-sik Sung · Do-young Kim

ETRI

E-mail : jssung@etri.re.kr

요 약

본 논문에서는 10Mbps 뿐만 아니라 100Mbps를 지원하는 패스트 이더넷 제어기인 LAN-100 IP 모듈 개발과 물리 계층에 대한 인터페이스인 LN-100 어댑터에 대해 논한다. LAN-100 IP 모듈은 10Mbps 및 100Mbps 속도를 지원하는데 이를 위해 SMC사의 Feast 91C100 Fast Ethernet controller를 사용하였다. 따라서 본 논문에서 주로 다루고자 하는 내용은 이 이더넷 칩의 디바이스 드라이버 개발에 관해서이다. 즉, 이더넷 초기화 과정과 이더넷 송신부 및 수신부 그리고 인터럽트 처리에 대해 논한다. 또한 개발된 드라이버의 송수신 성능에 관한 내용도 함께 다룬다.

I. 서 론

개량형 대용량 통신처리시스템은 기존의 전화망과 패킷망의 수용뿐 아니라 인터넷, Frame Relay 망, 그리고 ISDN도 수용 가능한 시스템이며, 정보 검색 서비스 이용자들이 접속되어 있는 서비스 이용자 접속 시스템들(TNAS: Telephone Network Access System, INAS:Isdn Network Access System^[1]), 정보제공 센터들을 위한 정보제공 센터 접속 시스템들(PNAS:Packet Network Access System^[2], WNAS:Web Network Access System^[3], FNAS:Frame relay Network Access System^[4]), 그리고 이들을 연결해주는 LAN 스위치로 구성되어 있다(그림 1 참조).

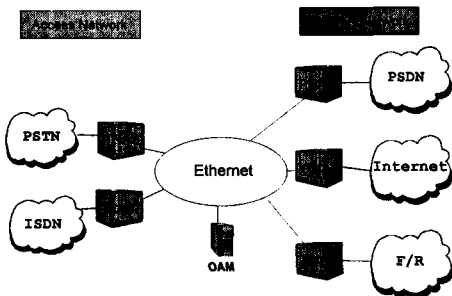


그림 1. 개량형 대용량 통신처리시스템의 서비스 망 구성도

통신처리시스템의 접속 시스템들은 이더넷 망을 백본으로하는 LAN 스위치를 통하여 상호 접속하므로 각 접속 시스템들은 이더넷 드라이버를 지원해야 한다. 본 논문에서는 10Mbps 뿐만 아니라 100Mbps를 지원하는 패스트 이더넷 제어기인 LAN-100 IP 모듈 개발과 물리 계층에 대한 인터페이스인 LN-100 어댑터에 대해 다루고자 한다.

II. LAN-100 IP 모듈 & LN-100 모듈

LAN-100 IP 모듈[5]은 10Mbps 및 100Mbps 속도를 지원하는데 이를 위해 SMC(Standard Microsystems Cooperation)사의 Feast 91C100 패스트 이더넷 제어기[6]를 사용한다. IP 모듈은 물리 계층 트랜시버 디바이스가 없으므로, IEEE 802.3u Media-Independent Interface(MII)에 따라 인터페이스를 제공하여 100Mbps 동작을 지원할 수 있다. MII 인터페이스는 40-pin 컨넥터로 정의되어 있고, IP 컨넥터(P2 connection)는 50 pin을 가지므로 나머지 10 pin은 외부 10Mbps 트랜시버를 지원하기 위해 사용된다. 10BASE-T 표준에 대한 10Mbps 트랜시버와 100BASE-TX 표준에 대한 100 Mbps 트랜시버를 결합한 물리 계층 어댑터 역할은 LN-100 모듈에서 제공한다. LN-100 모듈은 그림 2에서 보이는 것처럼 RJ-45 컨넥터를 사용하는 트위스트 페어 인터페이스를 위한 트랜시버를 제공한다. Micro-Linear ML6692 device를 기

본으로 하고, 10BASE-T 기능을 제공하기 위해 ML2653 소자를 함께 제공한다. 100 Mbps, 10Mbps를 선택하는 것은 자동적으로(automatic) 또는 소프트웨어로 선택할 수 있다. 이는 3장에서 설명하기로 한다.

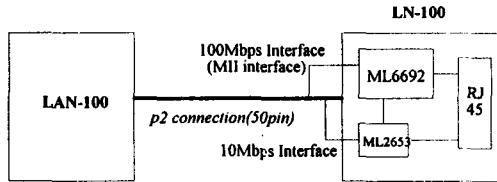


그림 2. LAN-100 & LN-100

(그림 3)은 LAN-100 IP 모듈의 하드웨어 블럭 구조를 보여준다. LAN-100 모듈은 크게 3가지로 구성되는데, 8MHz, 32MHz의 타이밍을 제어하고, 인터럽트 벡터 레지스터, control 레지스터, ID ROM 구현을 담당하는 IP Bus 인터페이스부, SMC 91C100 feast 제어기부, 그리고 패킷 저장을 위해 제공되는 128kbyte 20ns SRAM인 32-bit 버퍼 메모리와 64-word 16-bit EEPROM으로 구성된다.

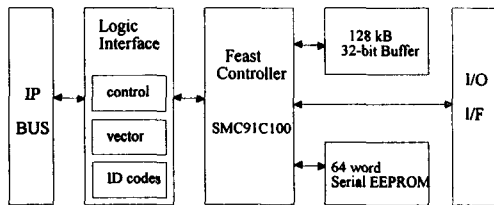


그림 3. LAN-100 IP 모듈 블럭 구조

III. LN-100 모듈 프로그래밍

LN-100에서는 물리 계층의 속도 및 duplex 모드를 고정시켜 사용할 수 있고, 또 다른 방법으로 물리적 특성 및 logical 프로토콜의 특성에 따라 자동 정보 교환 방식으로 속도와 duplex mode 등을 자동 설정하는 auto negotiation 방식을 지원한다. 이를 위해서는 먼저 SMC LAN 칩의 Configuration 레지스터의 MII_SELECT bit 및 Transmit Control 레지스터의 FDULPEX, SWFDUP bit 값을 적절하게 설정해야 한다(표 1 참조).

첫번째, 고정적으로 속도 및 duplex 모드를 사용하기 위해서는 <표 1>의 MII_SELECT bit를 1로 설정하고, LN-100 모듈의 ML6692 레지스터를 reset시킨 후, Control 레지스터값을 작성하여 속도와 duplex mode를 적절히 설정할 수 있다. 이 때 Control 레지스터의 auto negotiation enable bit값을 반드시 0으로 설정해야 한다.

Register	Bit	1로 설정시	0으로 설정시
Configuration	MII_SELECT	MII 인터페이스로 동작	ENDEC 인터페이스로 동작
	LOOP, FDUPLEX	SMC LAN에서 loopback으로 동작	Normal operation
Transmit Control	FDUPLEX	Physical loopback 가능 (물리계층이 full duplex 지원하는 경우)	Normal operation
	SWFDUP	Switched Full Duplex 모드 지원 (MII 모드에서만 가능)	Normal operation

<표 1> SMC LAN 레지스터

둘째, auto negotiation 방식으로 하기 위해서는 ML6692의 Control 레지스터의 Auto negotiation enable bit과 Restart auto negotiation bit를 1로 설정하여 auto negotiation이 수행되도록 한다. 이 방식이 설정되면 SMC LAN를 사용할 때 10Mbps, 100Mbps 속도 선택은 물리적 특성에 따라 자동 선택되고, duplex mode는 SMC LAN의 Configuration 레지스터의 MIISELECT bit이 1일 때만 의미를 가지는데 Transmit Control 레지스터의 SWFDUP bit이 1이면 full duplex mode로 선택되고, SWFDUP bit이 0이면 half duplex로 선택된다.

IV. SMCLAN 디바이스 드라이버 개발

1. 환경 설정

Real time OS인 Spectra 환경하에서 패스트 이더넷 제어기인 LAN-100 IP 모듈을 이용하여 이더넷 디바이스 드라이버를 프로그램하기 위해 필요한 태스크, IPC(Internal Process Communication)로 사용되는 큐, semaphore 등을 정의한다.

(1) 태스크

- 이더넷 송신 태스크: 이더넷 상위 계층으로부터 데이터를 전달받아 이더넷 헤더를 생성하여 SMC LAN에서 사용되는 메시지 형태로 변환시켜 SMC LAN의 송신 태스크에게 전달하는 역할을 담당한다. 이 태스크와 SMC LAN의 TX 태스크를 분리한 이유는 여러가지 송신 모드를 제공하기 위함이다.

- SMC LAN 드라이버 송신 태스크: 이더넷 송신 태스크로부터 송신 패킷을 전달받아 128K 외부 메모리 할당을 통해 패킷을 송신하는 역할을 담당한다. 송신 모드에 따라 다르게 동작한다.

- 이더넷 수신 태스크: 수신모드에 따라 인터럽트 핸들러나 SMC LAN 드라이버 수신 태스크로부터 패킷을 전달받는다. 이 패킷은 SMC LAN에서 사용되는 메시지 형태인데, 이를 이더넷 프레임으로 변환시켜 상위 계층에게 전달하는 역할을 담당한다.

- SMC LAN 드라이버 수신 태스크: 이 태스크는 특정 수신 모드에서만 사용된다. 인터럽트 핸들러에서 메시지가 수신되었음을 알리면 128K 외부 메모리에서 패킷을 복사하고 메모리를 해제시킨 후 이더넷 수신 태스크에게 복사한 패킷을 전달하는 역할을 담당한다.

(2) IPC (큐, semaphore)

- 이더넷 송신 큐: 이더넷 상위 계층과 이더넷 송신 태스크 간의 IPC에 사용된다.

- SMC LAN 드라이버 송신 큐: 이더넷 송신 태스크와 SMC LAN 드라이버 송신 태스크 간의 IPC에 사용된다.

- 이더넷 수신 큐: SMC LAN 드라이버 수신 태스크와 이더넷 수신 태스크 간의 IPC에 사용된다.

- 이더넷 수신 semaphore: 인터럽트 핸들러와 이더넷 수신 태스크 간의 IPC에 사용된다.

- SMC LAN 드라이버 수신 semaphore: 인터럽트 핸들러와 SMC LAN 드라이버 수신 태스크 간의 IPC에 사용된다.

2. 송신부

SMC LAN에서는 패킷을 송신하기 위해서는 반드시 128K 외부 메모리(SRAM)를 이용해야 한다. 즉, 패킷을 송신하기 전에 외부 메모리를 할당(allocation)받아야 하고, 할당이 완료되면(이때 할당 인터럽터 bit이 설정되어 할당 인터럽터가 발생한다) 해당 메모리에 패킷을 복사하여 송신 명령을 내려 데이터를 송신할 수 있다. 그리고 송신이 완료되면(이때 송신 인터럽터 bit이 설정되어 송신 인터럽터가 발생한다) 외부 메모리에서 해당 패킷의 송신 상태를 읽어와서 상태에 따라 처리한다. 본 논문에서는 이더넷 프레임을 송신하기 위해서 3가지 모드 방식을 제공하는데, 첫번째와 두번째 방식은 인터럽트를 이용하는 방식이고, 세번째는 폴링을 이용하는 방식이다.

(1) TX_QUEUEPOST 송신 모드

TX_QUEUEPOST 송신 모드에서는 그림 4와 같이 이더넷 송신 태스크와 SMC LAN 드라이버 송신 태스크 간의 IPC 뿐만 아니라 인터럽트 핸들러와 SMC LAN 드라이버 송신 태스크 간의 IPC를 위해 SMC LAN 드라이버 송신 큐를 사용한다. 즉, 이더넷 송신 태스크는 전송하고자 하는 이더넷 프레임이 존재하면 SMC LAN 드라이버 송신 큐에 해당 메시지를 포스팅하여 SMC LAN 드라이버 송신 태스크에게 이를 알리고, 또한 인

터럽트 핸들러도 할당 인터럽트, 송신 인터럽트가 발생했을 때 인터럽트 이벤트를 SMC LAN 드라이버 송신 큐에 포스팅하여 SMC LAN 드라이버 송신 태스크에게 이를 알린다. 이때 인터럽트 핸들러는 메모리 번호가 작성된 레지스터값도 함께 메시지에 첨부하여 SMC LAN 드라이버 송신 큐에 포스팅해야 한다. 왜냐하면 SMC LAN 드라이버 송신 태스크는 인터럽트 핸들러보다 우선순위가 낮고, 새로운 인터럽터가 발생하면 기존의 레지스터 값이 변할 수 있기 때문이다.

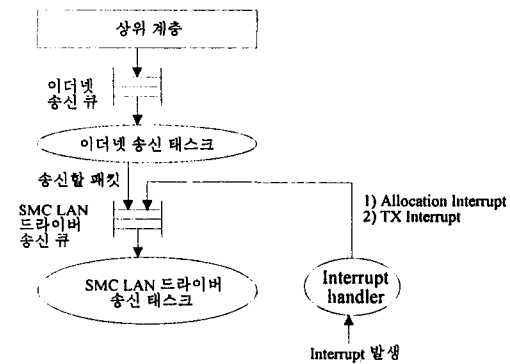


그림 4. TX_QUEUEPOST 송신 모드

SMC LAN 드라이버 송신 태스크는 SMC LAN 드라이버 송신 큐를 pend하여 메시지 타입에 따라 적절하게 처리한다. 첫째, 메시지가 이더넷 송신 태스크로부터 온 이더넷 프레임이면 프레임 길이를 조사하고, 버퍼에 저장한다. 그리고 패킷을 전송하기 위해 외부 메모리 할당 명령을 수행한다. 이때 버퍼에 저장된 이더넷 프레임의 상태는 할당 대기 상태가 된다. 둘째, 메시지가 인터럽트 핸들러로부터 온 할당 인터럽트 이벤트인 경우, 메시지에서 메모리 번호 값을 추출하여 버퍼에서 할당 대기 상태인 이더넷 프레임을 찾아 외부 메모리의 해당 페이지에 복사하고, 송신 명령을 내린다. 그리고 해당 이더넷 프레임은 CPU 로컬 메모리에서 삭제되고, 버퍼의 상태는 free 상태가 된다. 셋째, 메시지가 인터럽트 핸들러로부터 온 송신 인터럽트 이벤트인 경우, 외부 메모리에서 해당 패킷의 송신 상태를 읽어와서 상태에 따라 처리한다.

(2) TX_WITHIN_ISR 송신 모드

TX_WITHIN_ISR 송신 모드에서는 그림 5와 같이 이더넷 송신 태스크와 SMC LAN 드라이버 송신 태스크 간에 전송할 이더넷 프레임을 교환하기 위해 IPC로 SMC LAN 드라이버 송신 큐를 사용한다. 그리고 송신과 관련된 인터럽트가 발생했을 때는 인터럽트 핸들러 루틴내에서 처리된다. 즉, 이더넷 송신 태스크로부터 전송 이더넷 프레

임을 수신한 SMC LAN 드라이버 태스크는 해당 이더넷 프레임 길이를 조사하고, 버퍼에 저장한 다음 외부 메모리 할당 명령을 수행한다. 이때 버퍼에 저장된 이더넷 프레임의 상태는 할당 대기 상태가 된다. 할당 인터럽트가 발생하면 인터럽트 핸들러가 메모리 번호가 쓰여진 레지스터 값을 읽어, 이전에 SMC LAN 드라이버 태스크가 버퍼에 저장한 해당 이더넷 프레임을 찾아와 외부 메모리의 해당 페이지에 복사하고, 송신 명령을 내린 후 해당 이더넷 프레임을 CPU의 로컬 메모리에서 삭제한다. 또한 버퍼의 상태는 free 상태로 변경시킨다. 송신이 완료되었다는 송신 인터럽트가 발생하면 인터럽트 핸들러 내에서 송신 인터럽트 처리가 이루어진다.

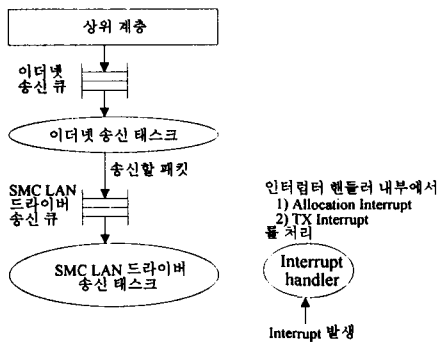


그림 5. TX_WITHIN_ISR 송신 모드

(3) TX_POLL 송신 모드

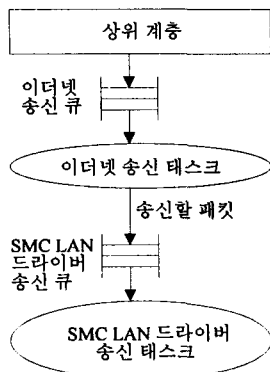


그림 6. TX_POLL 송신 모드

TX_POLL 송신 모드에서는 그림 6과 같이 인터럽트 핸들러가 존재하지 않는다. 즉, 할당이나 송신 인터럽트가 발생할 때까지 SMC LAN 드라이버 송신 태스크에서 폴링하고 있다가 해당 인터럽트 bit이 설정되면 할당 관련 함수나 송신 관

련 함수를 호출하여 처리하여 송신이 이루어진다. TX_POLL 송신 모드에서도 앞의 두 송신 모드와 마찬가지로 이더넷 송신 태스크와 SMC LAN 드라이버 송신 태스크 간에 전송할 이더넷 프레임을 교환하기 위해 IPC로 SMC LAN 드라이버 송신 큐를 사용한다.

3. 수신부

SMC LAN의 DMA가 CDMA로부터 패킷을 수신하여 외부 메모리에 저장하고 해당 패킷 #를 RX FIFO로 작성한다. RX FIFO에 패킷 #가 작성되면(즉, RX FIFO가 EMPTY가 아니면) 수신 인터럽트가 발생한다. 본 논문에서는 이더넷 프레임을 수신하기 위해서 2가지 모드 방식을 제공한다. 첫째는 RX 인터럽트가 발생했을 때 인터럽트 핸들러가 SMC LAN 드라이버 수신 semaphore IPC를 통해 SMC LAN 드라이버 수신 태스크에게 RX 인터럽트 이벤트 발생을 알리고, SMC LAN 드라이버 수신 태스크가 외부 메모리로부터 이더넷 프레임을 가져오는 RX 인터럽트 처리 과정을 수행하고, 복사한 이더넷 프레임을 이더넷 수신 태스크에게 이더넷 수신 큐를 통하여 전달하는 RX_SEMAPHORE 수신 모드이다. 둘째는 RX 인터럽트가 발생했을 때 인터럽트 핸들러 내에서 RX 인터럽트 처리 과정을 수행하고 수신한 이더넷 프레임을 이더넷 수신 semaphore를 통하여 이더넷 수신 태스크에게 전달하는 RX_WITHIN_ISR 수신 모드이다.

(1) RX_SEMAPHORE 수신 모드

RX_SEMAPHORE 수신 모드에서의 인터럽트 핸들러는 그림 7에서 보이는 것처럼 RX 인터럽트가 발생하면 이를 SMC LAN 드라이버 수신 태스크에게 알려 이 태스크가 외부 메모리에 수신되어 있는 이더넷 프레임을 CPU의 로컬 메모리로 복사할 수 있도록 한다. 즉, RX 인터럽트 발생시 인터럽트 핸들러는 SMC LAN 드라이버 수신 semaphore에게 RX 인터럽트를 포스팅하는 역할을 하고 인터럽트 핸들러 루틴을 빠져나온다. 이때 RX 인터럽트는 disable시킨 상태인 채로 빠져나와야 한다. SMC LAN 드라이버 수신 태스크는 SMC LAN 드라이버 수신 semaphore를 pend하여 외부 메모리에 수신된 이더넷 프레임(실제는 SMC LAN 메시지 형태)을 CPU의 로컬 메모리로 복사한 후, 이더넷 프레임을 이더넷 수신 태스크에게 전달한다. 더 이상 수신된 외부 메모리가 없으면 RX 인터럽트를 enable시키고 자신은 SMC LAN 드라이버 수신 semaphore를 pending한다. 이더넷 수신 태스크는 SMC LAN 메시지 형태로 된 데이터에서 이더넷 프레임을 추출하고, 이더넷 형태에 따라 해당 상위 계층에게 패킷을 전달하는 역할을 담당한다.

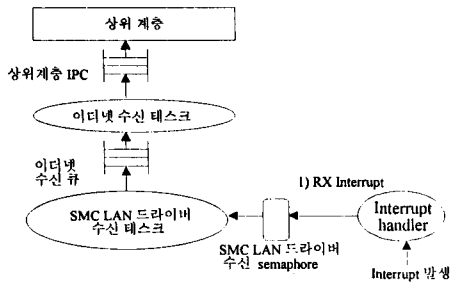


그림 7. RX_SEMAPHORE 수신 모드

(2) RX_WITHIN_ISR 수신 모드

RX_WITHIN_ISR 수신 모드에서는 RX 인터럽트가 발생하면 인터럽트 핸들러 루틴내에서 외부 메모리에 수신되어 있는 패킷을 CPU의 로컬 메모리로 복사하여 이더넷 수신 태스크에게 해당 패킷을 전달한다. 외부 메모리에 더 이상 수신된 패킷이 없으면 인터럽트 핸들러는 다시 Interrupt Status 레지스터를 읽어 인터럽트 bit이 설정되었는지 확인한다. 인터럽트 bit이 설정되어 있으면 해당 인터럽트를 처리하고 그렇지 않은 경우는 인터럽트 핸들러 루틴을 빠져나온다.

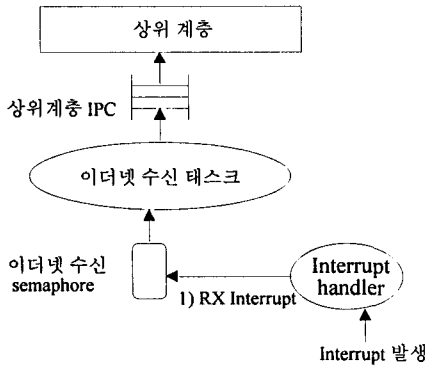


그림 8. RX_WITHIN_ISR 수신 모드

4. 송수신 성능

상기 개발한 이더넷 디바이스 드라이버의 송수신 성능을 측정하였다. 개발된 이더넷 디바이스 드라이버가 장착된 시스템과 LAN 프로토콜 분석기를 연결하여 LAN 프로토콜 분석기를 이용하여 이더넷 디바이스 드라이버의 송수신율을 조사하였다. 송신율(NFR:Network Frame Rate)은 두 가지 송신 모드에서 조사하였는데 그림 9는 TX_WITHIN_ISR 송신 모드에서 측정한 것이고, 그림 10은 TX_POLL 송신 모드에서 측정한 것이다. 그림에서 볼 수 있듯 폴링 송신 방식보다 인터럽트 송신 방식이 송신율이 뛰어남을 알 수 있다. 그림 11은 LAN 프로토콜 분석기에서 생성한 이더넷 프레임 수신했을 때의 수신율을 나타낸

것이다.

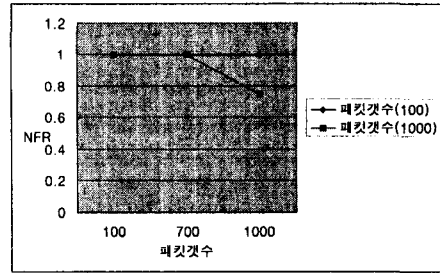


그림 9. TX_WITHIN_ISR 송신 모드에서의 송신율

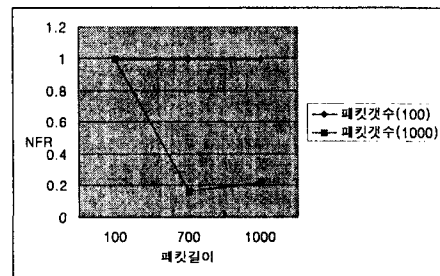


그림 10. TX_POLL 송신 모드에서의 송신율

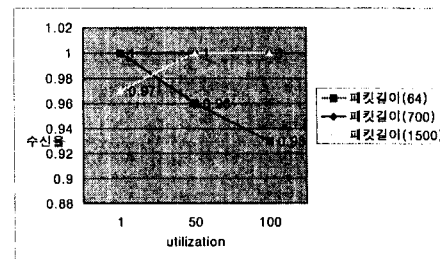


그림 11. RX_WITHIN_ISR 수신 모드에서의 수신율

III. 결론

본 논문은 10Mbps 및 100Mbps를 지원하는 LAN-100 IP 모듈과 이의 물리 계층 어댑터 역할을 하는 LN-100 모듈에 대한 개발을 다루었다. 특히 10Mbps 및 100Mbps 속도를 지원하는 위해 SMC 사의 Feast 패스트 이더넷 제어기의 디바이스 드라이버 개발에 대해 다루었다. 즉, 디바이스 드라이버의 송신부, 수신부를 여러가지 송수신 모드에 따라 개발하고 이들의 성능을 조사해 보았다. 송신부에서는 폴링 모드때보다 인터럽트 모드

에서 훨씬 나은 성능을 보였다. 수신부에서는 프레임 수신할 때 드라이버가 외부 메모리를 제어할 수 없으므로 수신시 패킷을 잃어버리는 문제가 발생했는데 이에 대한 해결 과제가 남아 있다.

그리고 지금까지는 10Mbps에서만 성능을 조사해보고 시험해 보았기 때문에 앞으로 100Mbps의 속도에서 드라이버의 성능을 조사하고, 또한 이더넷 스위치와 Full duplex 모드로 설정하여 연결하였을 때 성능 문제를 연구할 필요가 있다.

V. 참고문헌

- [1] 한태만 외, 대용량 통신처리시스템의 ISDN망 정합장치 구조 설계 및 구현, 한국통신학회, 하계학술대회, 1996.
- [2] 박창민 외, 패킷망 접속용 가입자 액세스 시스템 구현, JCCI '96.
- [3] 이승훈 외, An Implementation of Internet Access Service Subsystem using PPP, 한국정보과학회, 8회 학술발표회, 1996.
- [4] 이현우 외, 대용량 통신처리시스템의 프레임 릴레이망 정합장치 설계 및 구현, JCCI '96.
- [5] ACTIS Computer, IP module Fast Ethernet Controller: LAN-100 & LN-100 Users Guide, 1997.
- [6] SMC, FEAST Fast Ethernet Controller with Full Duplex Capability, 1997.