

PC 환경에서 ISDN 사용자/망 프로토콜 분석기의 개발

정회원 정 중 수

Implementation of ISDN User/Network Protocol Analyzer on PC-based System

Joong-Soo Chung* *Regular Member*

요 약

교환과 전송방식이 기존의 아날로그에서 디지털화 되어가던 중 80년대부터 ISDN이 등장하여 다양한 서비스를 제공하였다. 본 논문에서는 ISDN 사용자/망 프로토콜을 실제 통신망상에서 그 흐름을 파악 할 수 있는 프로토콜 분석기 개발에 관해 살펴보았다. 이는 PC 기반의 확장 보드인 하드웨어상에 ISDN 사용자/망 프로토콜에 관한 펌웨어와 소프트웨어를 로딩하여 그 체계를 구축하였으며 운영체제는 PC의 OS를 기반으로 하였다. 또한 개발된 PC 기반의 확장 보드인 프로토콜 분석기로 ISDN 사용자/망 D-채널 시그널링의 모니터링 기능에 대한 성능을 파악한 결과, BRI나 PRI 인터페이스에서도 만족한 결과를 수행하였다.

ABSTRACT

On the emergence of ISDN which has been introduced in the year 1980, various services are supported. This paper presents implementation of ISDN user/network protocol analyzer based on PC-extension card. Firmware and software are loaded on the PC-extension card using PC OS. The performance analysis on D-channel signalling on this system is surveyed. The monitoring results satisfy with ISDN BRI or PRI interfaces.

I. 서 론

전화교환망(PSTN: Public Switched Telephone Network), 패킷교환망(PSPDN: Public Switched Packet Data Network)등은 각자 독자적인 서비스를 수행한 이후 전송 방식을 기존의 아날로그 통신망에서 디지털 통신망으로 급속한 전환이 이루어져 현재 및 미래의 모든 통신망들은 디지털망으로 발전될 것이다. 즉 단일 연결만으로도 음성과 비 음성 서비스를 포함하는 광범위한 서비스 지원을 위해 사용자에게 종단 대 종단(end-to-end)을 디지털 시스템으로 연결하는 종합정보통신망(ISDN: Intergarate Service Digital Network)의 실현이 이루어졌다.

이러한 ISDN 기능에서 사용자/망 프로토콜은 계층2인 Q.921(I.441)과 계층3인 Q.931(I.451)로 구성된다^[1]. 이러한 프로토콜을 이용한 통신장비는 ISDN과 인터넷 접속에 많이 사용될 것이며, 이와 같은 통신장비의 개발과 이의 검증에는 ISDN 프로토콜 분석기가 핵심적으로 필요하다. 현재 이러한 프로토콜 분석기는 활용성이 많음에도 불구하고 전적으로 수입하는 고가의 장비로서, 그 기능과 활용성이 가격에 비해 매우 미흡한 상황이다.

본 논문에서는 Q.921/Q.931 권고안을 중심으로 실제 네트워크 상에서 데이터의 흐름을 파악할 수 있는 프로토콜 분석기 개발에 대한 전반적인 설계 기법을 제시하였다. ISDN 프로토콜 분석기의 기능

* 안동대학교 전자정보산업학부(jschung@anu.andong.ac.kr)

논문번호: 98538-1216, 접수일자: 1998년 12월 16일

※ 본 연구는 한국연구재단 핵심전문연구과제(981-0918-097-2) 지원 관리로 수행되었습니다.

은 크게 모니터링과 에뮬레이션으로 분류되며, 이러한 기능을 지원할 하드웨어는 하나의 시스템인 PC 기반의 확장보드로 구현하여 개발 기법을 간소화시켰으며, 소프트웨어는 그 기능에 따라 다르게 설계하였다.

설계과정을 살펴보면 먼저 프로토콜 분석기에 관련된 하드웨어 주변장비들의 환경과 기법을 서술하고, 다음으로 이 소프트웨어 구성요소들을 블록단위로 나누어 분석해 보았다. 따라서 프로토콜 분석기 개발은 PC기반의 싱글 칩 프로세서(single chip processor)를 사용한 확장보드 상에서 PC의 MS-DOS를 그대로 사용한 운영체제, 하드웨어를 구동하는 펌웨어 및 응용 소프트웨어 개발로 구성된다. 아울러 프로토콜 분석기의 기능 중 ISDN D-채널 모니터링에 대한 성능을 분석하였다.

II. ISDN 사용자/망 프로토콜 분석기 환경

ISDN 사용자/망 프로토콜은 융통성을 높이고 실현의 용이성을 위해 다른 프로토콜과 같이 OSI (Open System Interconnection) 참조모델을 기초로 계층 1부터 계층 3까지 분리되어 있다. 계층 1은 BRI(Basic Rate Interface)와 PRI(Primary Rate Interface)가 있으며, 이들은 서로 다른 전기 물리적인 배선형태를 권고하고 있고, 계층 2는 메시지 전송을 위한 링크의 설정 및 오류제어를 담당하고, 계층 3은 호의 설정, 개방 및 부가서비스에 대한 제어를 포함하는 호 제어 부분으로 되어있다. 이를 근거로 분석기의 설계기법과 이를 수행할 PC 환경에서 각 장비들의 전반적인 환경을 살펴보았다.

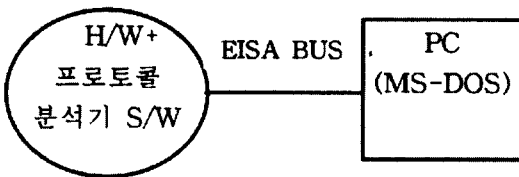


그림 1. 프로토콜 분석기 시스템

1. 프로토콜 분석기 기능

ISDN 프로토콜 분석기 기능은 모니터링과 에뮬레이션 기능이 있으며, 에뮬레이션 기능 수행은 그림 2와 같이 TE(Terminal Equipment)나 NT(Network Terminator)에서 ISDN 교환시스템간, 혹은 TE에서 NT간에 어느 한 시스템을 프로토콜 에뮬레

이터를 접속하여 계층 2나 계층 3를 구동시킨다. 이와 같은 환경에서 통신을 시키면서 설계된 프로토콜 분석기 소프트웨어를 구동시켜 분석기가 수행되도록 하였다. 그림 2는 에뮬레이션을 위한 주변 환경을 서술하였으며, BRI 접속은 8핀 짜리 RJ45용 포트가 사용된다. 이때 키보드로서 구동할 프로토콜 종류와 디스플레이 환경을 설정하면, 메모리에 탑재된 프로토콜 분석기 소프트웨어와 선택 코드가 설정됨으로써 에뮬레이션 기능이 수행된다.

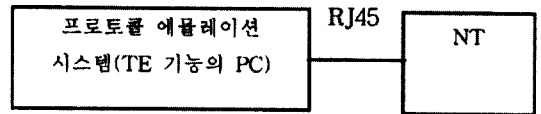


그림 2. 프로토콜 에뮬레이션 기법

모니터링 기능 수행은 그림 3과 같이 TE (Terminal Equipment)나 NT(Network Terminator) 간 "T" 형으로 접속하여 계층 2나 계층 3의 프로토콜 흐름을 모니터링 한다. 그 외의 기능은 에뮬레이션 기능과 동일하며 키보드로서 구동할 프로토콜 종류와 디스플레이 환경을 모니터링 환경으로 설정하면, 메모리에 탑재된 프로토콜 분석기 소프트웨어와 선택 코드가 설정됨으로써 모니터링 기능이 수행된다.

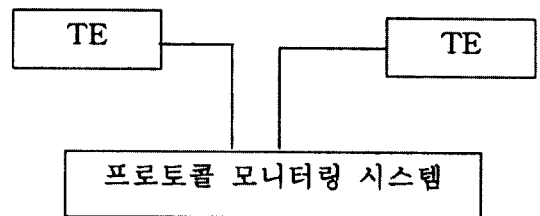


그림 3. 프로토콜 모니터링 기법

2. 설계된 프로토콜 분석기 장비의 환경 설정

프로토콜 분석기능을 수행하기 위해서 우선 소프트웨어를 구동할 수 있는 하드웨어의 환경설정이 정의되어야 한다. 본 프로토콜 분석기의 하드웨어는 PC 내부 슬롯에 16 비트 EISA 버스를 사용하여 부가 카드(add-on card)형식의 확장보드로 제작된다. 확장보드는 제어부인 프로세서, 펌웨어와 프로토콜 정보를 저장하는 DPRAM, S/T 인터페이스를 동작시키는 ISDN 구동용 상용 IC등으로 구성된다.

소프트웨어는 MS-DOS를 OS로 채택하여 프로토콜 모니터링 기능과 에뮬레이션 기능을 개발하였으

며, 이들은 개발된 동일한 하드웨어인 PC확장보드에 탑재되어 구동된다. 따라서 소프트웨어의 운용환경은 PC기반이기 때문에 OS에 관련된 별다른 환경 설정은 필요하지 않다. 다만 운용될 프로토콜 소프트웨어를 충분히 탑재할 수 있는 메인 메모리(main memory) 확보가 필요하다.

이러한 환경에서 사용자가 프로토콜 모니터링이나 에뮬레이션 기능 요구 시에 설치된 확장보드의 프로세서가 펌웨어를 구동시켜 PC의 I/O와 통신할 수 있도록 초기화시킨다. 하드웨어와 펌웨어의 초기화 후 메인 프로그램은 사용자나 펌웨어의 기능 수행요구 시 해당 서브프로그램을 호출한다. 프로그램의 실행단계는 먼저 설계된 프로토콜 모니터링이나 에뮬레이션 소프트웨어를 하드디스크에 탑재한 다음, 운용체제의 도움으로 다시 메인 메모리에 탑재시킨다. 운용자가 모니터링이나 에뮬레이션 환경으로 설정하면 하드웨어는 이를 수행할 초기 환경으로 설정된다. 메인 메뉴는 순환루틴을 반복하면서 사용자나 펌웨어의 인터럽트 요구 시 이를 우선적으로 처리하면서 계속해서 인터럽트를 대기한다.

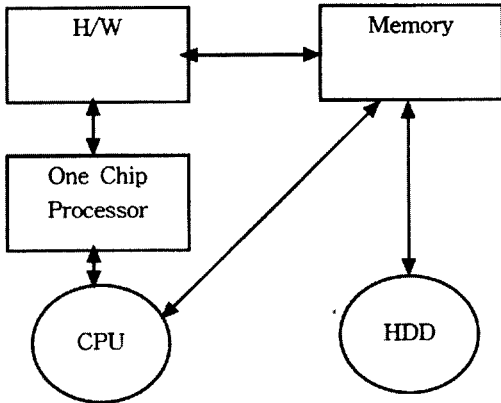


그림 4. 프로토콜 분석기의 전반적인 환경

III. ISDN 프로토콜 분석기 설계

1. ISDN 프로토콜 분석기 시스템

ISDN 프로토콜 분석기 시스템은 그림 5와 같이 프로세서 및 시스템 제어 부, ISDN 접속 부, PC 접속 부로 크게 구성된다.

프로세서는 PC의 명령 수신 및 응답 송신, 수집된 데이터를 PC로 넘겨주는 기능 및 보드내의 입, 출력 기능을 제어한다. 시스템 제어 부는 PC 메인 프로그램과 별도로 확장보드내의 기능을 정의하기 7

위한 명령 입력을 위한 상태 입력 부, PC화면에 출력할 프로토콜 정보를 백업으로 보관하는 시스템 메모리 부로 구성된다. ISDN 접속 부는 S/T 인터페이스 부를 구동하는 상용 IC로 사용되는 지멘스사의 PSB2186 칩과 이의 접속을 위한 라인 구동기로 구성된다. PC접속 부는 EISA 버스를 이용하여 PC 메인보드와 확장보드간 정보 및 데이터를 상호 전달하는 교량적 역할을 수행한다. 이는 PC가 확장보드와 명령 및 응답을 주고받기 위한 I/O 주소 선택 부, 운용자에게 프로토콜 에뮬레이션이나 모니터링 결과를 전달하기 위한 임시 저장 장소인 DPRAM, PC와의 정보 교환 시 각종 인터럽트를 처리하기 위한 인터럽트 처리 부로 구성된다.

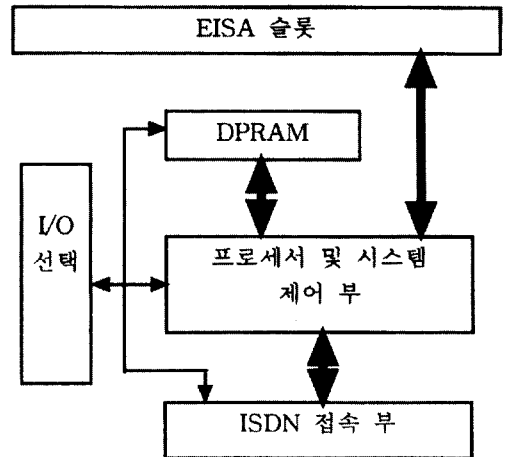


그림 5. 프로토콜 분석기 구조

2. 프로토콜 모니터링 설계개념

Q.921/Q.931 프로토콜 분석기의 설계는 제 2장 1절에서 제시된 기법을 토대로 하였다. Q.921/Q.931 모니터링은 기본적으로 D-채널 시그널링과 B-채널에 사용되는 X.25, TCP/IP, 프레임 릴레이 등 다양한 종류가 있으나 본 논문에서는 D-채널 시그널링에 대해서만 설계하였다. 따라서 BRI와 PRI 프로토콜 모니터링은 소프트웨어 입장에서 살펴보면 완전 동일하다.

소프트웨어 설계는 구조와 기능의 편의상 블록으로 분류하여 처리하였는데, 모니터링 설계를 위한 프로토콜 블록과 설계된 소프트웨어를 사용자의 운용에 따라서 화면에 결과 값을 표현(display)하는 User/Interface 기능(여기서 편의상 소프트웨어 용어로 MMC 블록이라 함)으로 구분한다. 또한 이들을 PC 확장보드에 내장된 프로세서와 이들 제어를 담

당하는 펌웨어 블록이 정의된다. MMC 블록과 프로토콜 블록은 프로토콜 내용에 의존하여 정의될 시그널 형태에 맞게 정보를 교환하며, 프로토콜 블록은 펌웨어 블록으로부터 프로토콜 내용에 무관하게 정보 수신용 프리미티브만 정의하여 정보의 시작주소와 정보의 내용을 포함하는 정보영역을 서로 교환한다^[6].

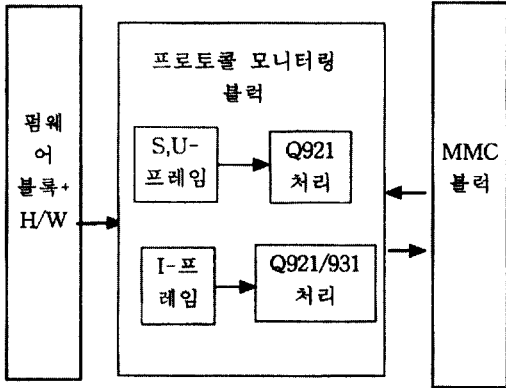


그림 6. Q.921/Q.931 프로토콜 모니터링 과정

프로토콜 모니터링은 운용자가 요구한 프로토콜 종류와 처리되어야 할 프로토콜 파라미터 등의 내용을 분석하여 펌웨어로부터 수신된 프로토콜 정보를 사용자의 PC 화면 출력 형태에 적합하게 디스플레이 한다. 프로토콜 모니터링 관련 소프트웨어블록의 동작은 다음과 같다.

- MMC 블록: 프로토콜 관련블록별로 존재하고 화면으로부터 입력되는 정보를 처리하여 해당블록으로 프로토콜 처리를 하도록 하고, 프로토콜블록으로부터 결과를 수신하여 화면에 출력시킨다. 특히 DOS환경으로부터 입력되는 정보처리가 가능하도록 하고 실행파일은 프로토콜 모니터링에 관련한 각종 메뉴를 정의하는 topic bar와 프로토콜 처리기능을 정의하는 function key로 구동되도록 하며, 디스크에 있는 해당 소프트웨어 블록을 메인 메모리에 상주시키도록 구성하였다.

- 프로토콜 모니터링 블록: Q.921/Q.931의 프로토콜 모니터링 소프트웨어 중 프로토콜의 처리기능이다. 펌웨어로부터 수신된 프레임의 종류에 따라 분류하며, S, U-프레임은 Q.921 프로토콜을 처리하여 MMC 블록에 전달하며, I-프레임은 Q.921 프로토콜처리 후 Q.931 프로토콜을 처리하여 MMC 블록에 전달하여 디스플레이를 요구한다.

- 펌웨어 블록: PC기반 확장보드를 동작시키는

부분으로 통신용 칩 구동 부와 이들의 제어 부로 구성된다.

3. 프로토콜 에뮬레이션 설계개념

Q.921/Q.931 프로토콜 에뮬레이션 기법은 기본적으로 모니터링 기법의 개념을 포용하도록 설계하였다.

소프트웨어 설계는 구조와 기능의 편의상 모니터링과 같이 블록으로 분류하여 처리하였는데, MMC 블록과 프로토콜 블록은 모니터링과 마찬가지로 프로토콜 내용에 의존하여 정의될 시그널 형태에 맞게 정보를 교환하며, 프로토콜 블록과 펌웨어 블록은 프로토콜 내용에 무관하게 정보 송, 수신용 프리미티브 두 개만 정의하여 정보의 시작주소와 정보의 내용을 포함하는 정보영역을 서로 교환한다^[7].

프로토콜 에뮬레이션 처리는 Q.921/Q.931 프로토콜 정보를 상대 시스템과 송, 수신하는 과정이 필요하다. 상대 시스템으로 송신하여야 할 경우는 프로토콜 정보형성과 전달이 필요하다. 이러한 정보형성은 운용자가 요구한 프로토콜 종류와 그 내용(기본적으로 처리되어야 할 파라미터와 운용자 요구에 따른 프레임 선택별 파라미터 등)을 MMC블록을 통해 프로토콜 블록으로 정의된 시그널 형태에 맞게 전달한다. 프로토콜 블록은 프로토콜 관련 파라미터를 바탕으로 HEXA 값으로 권고안에 따라 계층 2부터 필요에 따라 관련 정보를 직접 코딩하여 작성하는 MANUAL 처리법과 프로토콜 파라미터 요소 값을 사용자로부터 하나씩 수신하여 처리하는 AUTOMAIC 기법이 있다. 프로토콜 블록은 수신된 시그널 구성요소를 면밀히 파악하여 그 내용을 참고하여 펌웨어 블록으로 정보를 송신하기 위해 메모리에 프로토콜 내용을 형성한다. 이후 프로토콜 블록은 펌웨어블록에게 메모리에 저장된 프로토콜 내용을 가져가라는 송신 프리미티브를 호출하며, 호출된 프로토콜의 내용이 PC화면에 표시됨과 동시에 상대 시스템으로 그 정보를 송신한다.

상대 시스템으로부터 정보를 수신하는 모드로 동작할 때는 그 정보를 먼저 PC화면에 출력하여야 하는데, 이때는 펌웨어 블록으로부터 수신프리미티브로 전달받은 프로토콜 내용을 위 방법의 역순으로 프로토콜 모니터링처리와 동일하다. 또 수신된 메시지에 대해 해당 프로토콜 요소 값을 바탕으로 자동적으로 메시지를 생성하여 송출하기도 하는데, 만일 SETUP 메시지를 수신하면 그 정보를 바탕으로 CONNECT를 자동 생성 후 송출한다. 그림 7에서는 소프트웨어 블록의 형성과 그들간의 상호동작을

서술하였다.

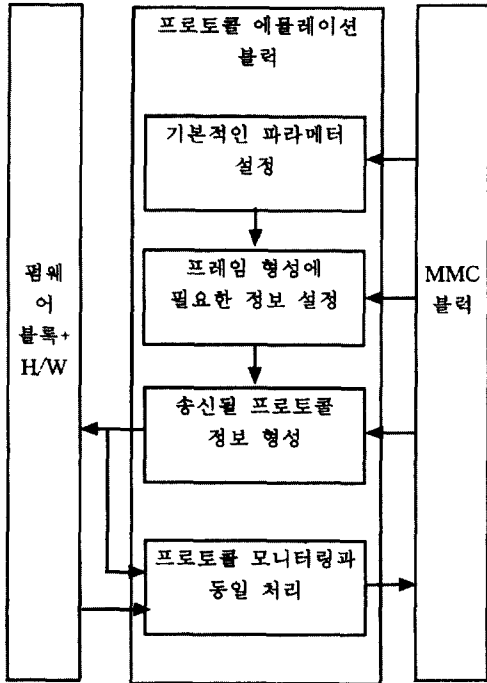


그림 7. Q.921/Q.931 프로토콜 에뮬레이션 과정

프로토콜 관련 소프트웨어블록은 모니터링과 비교하여 에뮬레이션 기능이 추가된다.

- 프로토콜 에뮬레이션 블록: Q.921/Q.931의 프로토콜 에뮬레이션 소프트웨어 중 프로토콜의 처리 기능이다. 사용자가 프레임의 상대 시스템으로 전달할 때는 입력된 파라미터를 바탕으로 이를 처리한 후 펌웨어로 전달하며, 상대 시스템으로부터 정보를 수신하면 모니터링과 동일한 방법으로 MMC에게 디스플레이를 요구한다.

4. MMC 화면 디스플레이 과정

MMC 화면 디스플레이 과정은 펌웨어 블록으로부터 수신프리미티브로 전달받은 프로토콜 내용을 PC화면에 표시하는 모니터링 방법과 에뮬레이션 기능중 운용자에 의해 형성된 정보를 송신한 후 이의 내용을 PC화면에 표시하는 방법이 있다.

4.1 정보 수신 부의 처리

Q.921/Q.931 프로토콜 에뮬레이션 기능 수행 시 모니터링 방법과 동일하게 처리되며, 펌웨어 블록으로부터 수신프리미티브로 전달받은 프로토콜 내용을 PC화면에 표시하는 경우이며, 펌웨어로부터 “Q.921

정보 수신” 프리미티브를 호출 후 Q.921 프레임 형태의 헤더를 파악한다. 즉, User/Network, SAPI (Service Access Point Identifier), TEI (Terminal Endpoint Identifier)를 판단하는 어드레스 영역, 프레임 종류를 점검하는 제어 영역을 처리한다. 제어 영역의 요소는 I-프레임, U-프레임, S-프레임 별로 분리하여, I-프레임의 경우에는 P/F 비트 검출, 송, 수신 순서번호를 점검한 후 메모리의 포인터를 옮겨 Q.931 처리를 요구한다. Q.931처리후 “Q.931 정보 수신”(Q.931의 화면출력의 근간이 되는 정보들로 구성) 프리미티브를 MMC 블록에게 호출하여 Q.921 및 Q.931의 정보를 운전자 화면에 표시하도록 한다. U-프레임의 경우는 프레임 종류만 파악하고, S-프레임은 수신순서번호를 분리하여 “Q.921 화면출력 프리미티브”(Q.921 화면출력에 근간이 되는 정보들로 구성)를 MMC 블록에게 호출하여 Q.921의 정보만 화면에 표시하도록 한다.

Q.921 프레임 중 I-프레임의 경우 Q.931의 처리는 PROD (프로토콜 식별자: Protocol Discriminator), 호 식별자 (Call Reference Value), MSGT (메시지 형태: Message Type)를 파악한 후 각 메시지별 정보요소를 점검한다. 정보요소는 그 종류가 많으나 메시지 종류에 따라 포함될 내용이 다르다. Q.931 프로토콜 내용은 메시지 종류에 따라 처리방식이 달라지는데, 메시지의 종류는 크게 호 설정과 해제에 관련된 것, 호 정보 메시지, 미셀레니어스 메시지로 분류된다. Q.921/Q.931 프로토콜 에뮬레이션 처리블록에서는 이들 정보를 전부 처리한 후 MMC 블록을 호출하여 운전자 화면에 표시되도록 한다. 화면 출력 형태는 메시지마다 user-friendly하게 ‘HEXA’, ‘NEMONIC’, ‘COMPLETE’가 있으며, 특히 ‘COMPLETE’는 정보 요소의 모든 파라미터 값까지 출력하여 초보자라도 프로토콜을 쉽게 이해 할 수 있도록 하였다.

4.2 정보 송신 부의 처리

에뮬레이션기능에 해당되며 이는 크게 시스템이 사용자의 명령에 의해 Q.921/Q.931 프로토콜정보를 형성하여 펌웨어로 전달한 후 그 내용을 디스플레이하는 기능과 상대 시스템에서 프로토콜 정보를 수신하면 프로토콜 상태 처리에 따라 시스템이 사용자와 무관하게 자동적으로 Q.921/Q.931 프로토콜을 형성하여 펌웨어로 전달한 후 그 내용을 디스플레이하는 기능이 있다.

어느 경우도 펌웨어는 상대측으로 정보 전송 후 전송된 프로토콜은 마치 상대측으로부터 수신되어

PC 화면에 표시되는 기능과 동일하게 처리한다.

IV. 프로토콜 분석기의 성능해석

ISDN UNI Q.921/Q.931 프로토콜 분석기 개발 중 성능에 영향을 미치는 BRI 인터페이스의 D-채널 모니터링 기법에 대해 살펴보았다. 본 시스템에서 하드웨어로부터 수신되는 Q.921/Q.931 프로토콜 정보를 화면에 출력하기까지 소요시간은 다음과 같다.

- 펌웨어 소요시간: 1ms
- 펌웨어에서 소프트웨어 프리미티브 호출 처리시간: 0.3ms
- 모니터링 소프트웨어 처리시간: 0.2ms
- PC 화면 처리시간('COMPLETE'메뉴: 경우): 0.1ms

* 'COMPLETE' 모드에서는 인터페이스에 수신하는 신호는 충분히 빨리 캡처했으나 화면 출력에서 디스플레이 시간이 다른 모드보다 길어짐.

위의 사실로 보아 한 개의 Q.921/Q.931 프로토콜 정보를 화면에 출력하기까지의 전체 소요시간은 1.6ms이다. BRI 인터페이스의 D-채널 전송속도는 16kbps이므로 가장 짧은 I-프레임의 경우 최소 16바이트 (플래그 2 바이트, FCS 2 바이트, 어드레스 2 바이트, 제어영역 2 바이트, 계층3 6바이트)이므로 이러한 프레임 전송시간이 약 6.6ms이므로 현재의 개발된 프로토콜 분석기는 어떠한 경우에도 BRI 인터페이스의 D-채널 시그널링 모니터링은 완벽하게 수행하는 결론을 내렸고 현재 ISDN 환경에서도 프레임 분실은 전혀 없었다.

PRI 인터페이스의 D-채널의 전송속도는 64kbps이므로 가장 짧은 I-프레임의 전송시간이 약 1.7ms이므로 현재의 개발된 프로토콜 분석기는 PRI 인터페이스의 D-채널 시그널링 모니터링도 완벽하게 수행하는 결론을 내렸다.

V. 결론

본 논문에서는 ISDN 프로토콜중 Q.921/Q.931 근간의 프로토콜 분석기 개발을 PC기반 하에서 확장보드로 수행하였으며, 이의 동작과 기능을 제반환경과 더불어 살펴보았다.

프로토콜 분석기의 기능은 모니터링과 에뮬레이션 기능이 있으며, 이러한 기능 수행 시 동일한 PC

확장보드로 구현하였으며, 소프트웨어만 운용자의 요구에 따라 각각 로딩하도록 하였다. 소프트웨어는 PC기반 하에서 MS-DOS를 운영체제로 사용함으로써 별도의 부가 장비 없이 손쉽게 프로토콜을 분석할 수 있는 환경을 구축하였으며, 추후 또 다른 프로토콜의 탑재가 가능하도록 개방된 구조로 설계하였다. 또한 Q.921/Q.931 D-채널 시그널링 성능도 분석하였는데 현재 개발된 시스템의 한 개의 프레임 처리시간은 1.6ms로서 BRI나 PRI 인터페이스 환경에서 모니터링을 완벽하게 수행함을 입증하였다.

향후 현재의 시스템 개발 기법으로는 프레임 릴레이 이상의 고속 프로토콜 모니터링은 완벽하게 수행하지 못함으로 stand-alone 등의 설계기법의 변화와 모니터링 방식의 개선이 요구된다.

참고문헌

- [1] ITU-T Rec. Q.921/Q.931, Blue Book, 1988
- [2] "PT500 Protocol Analyzer User manual", 1992
- [3] "PT502 Protocol Analyzer User manual", 1994
- [4] "HP Internet Advisor", 1995
- [5] "Chameleon32 Protocol Analyzer User manual", 1993
- [6] 김호익, 정중수, "PC 환경에서 ISDN 사용자/망 프로토콜 모니터링 기법의 실현", 한국통신학회 '97 추계학술발표대회, 1997년 11월
- [7] 정중수, "PC 환경에서 ISDN 사용자/망 프로토콜 에뮬레이션 기법의 실현", 한국통신학회 '98 NCS 학술발표대회, 1998년 12월

- | | |
|--|-----|
| 정 중 수(Joong-Soo Chung) | 정희원 |
| 1981년 2월 : 영남대학교 전자공학과 (학사) | |
| 1983년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (석사) | |
| 1993년 8월 : 연세대학교 전자공학과 (박사) | |
| 1983년 3월~1994년 2월 : ETRI 연구원, 선임연구원 | |
| 1987년 8~1989년 8월 : 벨지움 Alcal/Bell Telephone사 객원연구원 | |
| 1994년 3월~현재 : 국립 안동대학교 공과대학 전자정보산업학부 조교수 | |