

글로벌스타 위성 모뎀을 위한 임베디드 프로세서 기반 PPP(Point-to-Point Protocol) 구현

문 현 겐[†] · 이 명 의^{††}

요 약

본 논문에서는 운영체제에서 지원하는 PPP 프로그램이 없는, 즉 별도의 운영체제를 사용하지 않는 임베디드 시스템에서 글로벌스타 인공위성 모뎀을 이용하기 위한 PPP 프로그램을 작성하였다. 글로벌스타를 포함한 오브컴, 인말셋과 같은 많은 위성통신 시스템은 데이터 링크 구현을 위하여 그 자체의 인터페이스를 제공하고 있다. 글로벌스타 위성 시스템과 데이터 링크를 구현하기 위해서는 글로벌스타 위성에서 사용하는 PPP를 사용해야 한다. 따라서 본 논문에서는 임베디드 프로세서 기반의 PPP를 구현하였으며, 이와 더불어 사용자 단말 장치를 개발하였다. 사용자 단말 장치는 다양한 응용분야에 사용될 수 있도록 여러 가지 입출력 장치 및 센서를 장착하여 설계 및 실험하였다. 실험 테스트를 통하여 이와 같이 구현된 모든 시스템은 글로벌스타 데이터 링크를 통해서 잘 동작함을 확인한다.

키워드 : 글로벌스타, 임베디드, PPP, TCP/IP, 패킷

Embedded Processor based PPP Implementation for Globalstar Satellite Modem

Hyun-Geol Moon[†] · Myung-Eui Lee^{††}

ABSTRACT

In this paper, we programed the PPP(Point-to-Point Protocol) used in embedded application environments for Globalstar Satellite Modem. There are number of satellite communication systems such as Orbcomm, Globalstar, Inmarsat and etc. But each satellite data service have provided a communication interface only for their own data links. A data communication link is needed to communicate with Globalstar satellite service. Globalstar communication system uses PPP to establish data communication link, so we implemented the embedded processor based PPP protocol. The user terminal equipment also designed in this paper has various input/output devices and sensors applicable to any user specific application. The proposed PPP program works well with Globalstar data communication link through experimental tests.

Keywords : Globalstar, Embedded, PPP, TCP/IP, Packet

1. 서 론

정보통신 분야의 급격한 발달은 사람들로 하여금 각종 정보에 대한 욕구를 점점 증가하도록 만들었다. 이런 수요에 의해 많은 VMS(Vehicle Monitoring System)들이 개발되어 왔고, 이런 대부분의 VMS시스템들은 기존 인프라를 이용하여 정보를 제공하도록 구현되었다. 그래서 VMS 시스템들의 개발로 정지된 물체나 이동 중인 물체의 단순한 위치

정보뿐 아니라 각종 상태 정보, 긴급 메시지 송수신, 원격제어 등 많은 정보를 제공하고 있다. 그러나 통신 시설이 갖추어 지지 않아 통신이 불가능한 산간지역, 무인도, 해양 등 인적이 없는 곳에서는 이런 시스템을 사용할 수 없다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 위성을 이용하는 VMS 시스템들이 개발되었고, 따라서 통신이 불가능한 장소에서도 위성 통신을 이용하여 다양한 정보를 제공할 수 있게 되고 있다.

세계 여러 나라들이 제공하는 위성들은 저마다의 인터페이스를 제공하고 있다. 이런 결과로 이를 이용하고자 하는 개발자들은 각 위성에 적합한 인터페이스를 구축하여야 한다. 본 논문에서 사용하고자 하는 글로벌스타 위성 모뎀은 2가지 통신 모드를 지원하고 있다. 데이터 통신을 위해서

[†] 정 회 원 : 한국기술교육대학교 전기전자공학과 공학석사

^{††} 정 회 원 : 한국기술교육대학교 정보통신공학과 교수(교신저자)

논문접수: 2008년 3월 18일

수정일: 2008년 8월 7일

심사완료: 2008년 8월 11일

글로벌스타 위성 모뎀을 위한 임베디드 프로세서기반 PPP 프로토콜을 구현하였다.

본 연구의 구현으로 글로벌스타 위성 모뎀을 이용한 시스템 구축 기술, PPP 프로토콜 및 프로그램 기술, TCP/IP 프로토콜 및 프로그램 기술, 위성 접속 기술, GPS 응용 기술, 인터넷 서비스 기술 등을 확보하여 원격 측정 및 원격 제어 등 다양한 응용 분야에 사용될 수 있다.

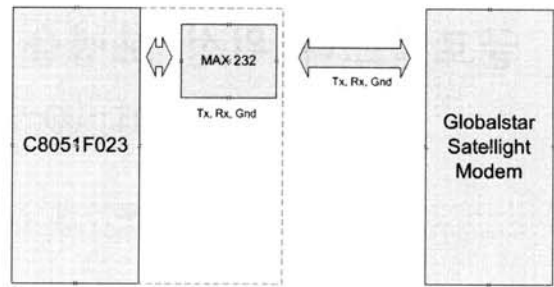
글로벌스타 위성 모뎀을 위한 임베디드 프로세서에 적합한 PPP 프로토콜을 실제 적용하기 위해서 디지털입출력을 포함한 다양한 입출력을 갖는 사용자 단말 장치를 설계 및 제작하였다. 글로벌스타 시스템은 크게 위성부분, 지상부분, 단말기 부분으로 구성되어 있다. 위성부분에서 글로벌스타 위성체는 북위 70도에서 남위 70도까지의 지역을 서비스할 수 있도록 설계된 48개의 주위성과 4개의 예비위성으로 구성되며, 지구국과 이용자 단말기를 연결하는 기능을 수행하고, 지상부분은 위성망관리센터(SOCC:Satellite Operations Control Center), 지상망제어센터(GOCC:Ground Operations Control Center), 지구국 등으로 구성되어 있다. 단말기 부분에는 각 환경에 맞게 설계된 단말기를 사용하는 가입자로 구성된다[11].

본 연구에서 글로벌스타 위성 모뎀을 위한 임베디드 프로세서 기반 PPP 프로토콜 구현은 글로벌스타 위성 모뎀을 사용하고자 하는 어느 누구라도 최적화된 PPP 프로토콜을 사용하여 손쉽고 빠르게 통신 인터페이스를 구축할 수 있을 것이다. 또, 이를 이용하여 제어 대상 시스템과 접속하여 이를 제어하고, 상태 정보 확인이 가능하도록 하며 이를 위해 글로벌스타 시스템과 저궤도 위성 통신망을 이용하여 시스템을 구축하였다. 이를 실제 적용하여 그 성능을 확인하고자 한다.

2. PPP 구현 방법

본 논문은 단말기의 상태 및 제어 정보를 글로벌 스타 위성 모뎀을 통하여 전달하며, 이를 위해 임베디드 프로세서 기반 PPP 프로토콜 구현에 목적이 있다.

글로벌스타 위성 모뎀은 데이터 통신에 적합한 인터페이스를 2가지 제공한다. PPP 데이터 통신을 위한 인터넷 라인 사용방법과 PSTN 망을 이용하여 사용방법으로 데이터 링크 계층인 2계층에서 동작하는 PPP는 동적 IP 주소 자동할당, 에러 감지 및 인증허용이 사용된다. 따라서 시리얼 링크 상에서 데이터그램을 프레임 또는 캡슐화 하여 안정된 전송을 보장하기 때문에 글로벌스타 위성 모뎀을 통한 TCP/IP 서비스를 제공하기 위해 채택하였다. 데이터 통신을 테스트하기 위해서 단말 장치를 구현 하였고 이를 통해서 PPP 프로토콜 구현을 확인하였다. 단말 장비를 통해서 데이터를 유저나 서버로 효율적으로 전송할 수 있다. 글로벌스타 위성 모뎀과는 시리얼통신으로 데이터 전송을 한다. PPP는 전화선과 같이 양단간 비동기 직렬 링크를 사용하여 두 컴퓨터간의 통신을 지원하는 프로토콜로서 TCP/IP 기반 등의



(그림 1) 단말장치와 글로벌스타 위성 모뎀과의 인터페이스

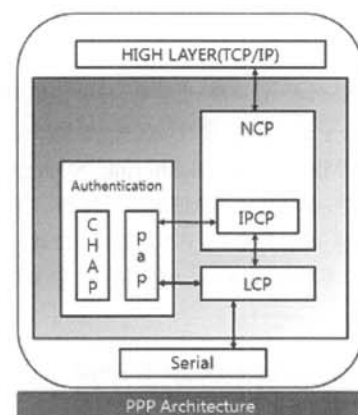
데이터 서비스에 많이 이용된다. PPP 프로토콜의 특징으로는 연결 양끝 노드간에 일대일(point-to-point) 직렬 링크를 구성하여 데이터 전달을 할 수 있다. 또한 단일 링크 상에서 복수의 네트워크 계층용 프로토콜 사용이 가능하다. 본 논문에서는 PPP 프로토콜을 구현하여 인터페이스를 구축하였다.

글로벌스타 위성 모뎀은 DATA PORT와 CONTROL PORT 두 가지 인터페이스를 지원한다. CONTROL 인터페이스를 통하여 글로벌스타 위성 모뎀의 초기화 및 설정을 할 수 있고, DATA 인터페이스를 통해 사용자 및 서버와의 통신을 할 수 있다. (그림 1)은 메인보드의 시리얼통신을 위한 하드웨어 부분으로 RX, TX 그리고 GND 핀을 글로벌스타 위성 모뎀과 연결 된다[1][10].

메인보드에서 사용한 C8051F023 프로세서는 많은 프로그램 메모리를 가지고 있어 PPP와 TCP/IP를 구현하기에 적합하고, 본 논문에서 구현한 시스템과 글로벌스타 위성모뎀에 적합하도록 최적화 하여 프로그램 하였다.

PPP는 데이터 통신 연결을 위한 기본적인 3가지 단계가 있다. 즉 1) Link Control Protocol(LCP) negotiation, 2) Authentication and Link Quality Management, 그리고 3) Network Control Protocol(NCP) negotiation 이다. (그림 2)는 PPP Architecture에서 보면 하위 시리얼통신과 상위 TCP/IP 통신 사이에서 존재하며 통신을 하기 위해서 기본적으로 LCP와 NCP 프로토콜을 사용한다[3].

다음은 본 논문에서 TCP/IP 통신을 위한 패킷 전송망을



(그림 2) PPP 소프트웨어 블록도

연결하는 과정으로 (그림 2)를 보면 시리얼통신으로 데이터를 전송하면 LCP에서 먼저 Link에 관한 정의와 연결 설정을 한다. 그 다음 연결이 되었으면 NCP중에서 IPCP 프로토콜을 통하여 네트워크 설정을 하며, 마지막으로 TCP/IP를 통하여 서버와의 연결을 가능하게 해준다. 여기에서 LCP Negotiation은 처음 통신을 하자마자 Link 연결 설정에 관해서 정의하는 프로토콜이다. 이 연결을 통해서 통신 사업자간의 원활한 데이터 통신을 수행할 수 있다.

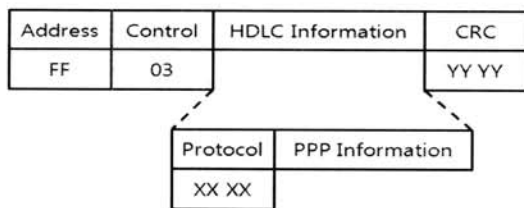
PPP 패킷의 기본적인 구조는 (그림 3)과 같으며, 프로토콜 필드의 값만 바꿈으로서 다양한 패킷으로 사용할 수 있다. LCP 패킷으로 사용하려면 Protocol 필드 값이 16진수 C021일 때 LCP 패킷이라고 한다. LCP 패킷은 크게 3가지 분류하여 사용하였으며 다음과 같다. 링크 연결 설정 패킷, 링크 연결 종료 패킷 그리고 링크 유지 패킷이 있다. 이 프로토콜의 장점은 간단한 구조를 갖고 있으며, LCP 패킷에 버전 필드가 없다. 따라서 패킷을 통해서 즉시 유용한 패킷인지 사용 불가능한 패킷인지를 판별 할 수 있다[3][7].

링크 연결 설정을 할 때, 그림과 같은 파라미터를 사용한다. 각각의 연결 설정 옵션들은 기본 값들을 가지고 있어서 LCP 패킷들은 항상 사용 될 수 있음을 보장한다. (그림 4)와 같이 LCP 패킷들은 PPP Information 프로토콜 필드가 HEX 값인 C021 을 가지는 PPP Information 필드에 캡슐화된다[3].

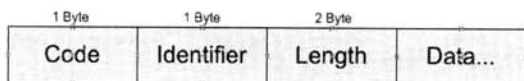
코드는 한 바이트로 구성 되며, LCP의 종류를 나타낸다. 정의된 이외의 코드가 전송 된다면 Code-Rej 패킷을 전송하며 코드의 종류는 <표 1>과 같다. 이 중에서 연결 설정에 사용한 옵션은 1-4까지 쓰였다[3].

Identifier 필드는 한 바이트로 구성 되며, 메시지의 요청과 응답에 대해서 확인 할 수 있도록 도와준다. Length 필드는 2 바이트로 구성 되며, LCP 패킷의 크기를 나타내고, code, identifier, length 그리고 data 필드까지의 크기를 포함한다. 그래서 이 크기 이외의 필드는 padding으로 취급되거나 무시된다. Data 필드는 0 또는 임의의 바이트로 구성 되는데, Code 필드의 옵션에 의해서 Data의 내용도 달라진다[3].

LCP는 Configuration Option 을 통해서 링크 연결 설정 할 때 링크 옵션을 수정 할 수 있다. Configuration Option 이 Configure-Request 패킷을 포함하고 있지 않더라도 디폴



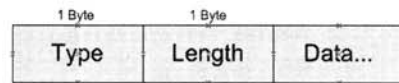
(그림 3) PPP 프레임 패킷 포맷



(그림 4) LCP 패킷 정보

<표 1> LCP 코드 값

Value	Description
1	1. Configure-Request
2	2. Configure-Ack
3	3. Configure-Nak
4	4. Configure-Reject
5	5. Terminate-Request
6	6. Terminate-Ack
7	7. Code-Reject
8	8. Protocol-Reject
9	9. Echo-Request
10	10. Echo-Reply



(그림 5) LCP Configuration Option 패킷 구조

트 값이 설정된다[3].

(그림 5)는 LCP Configuration Option 패킷 구조이고 Type, Length 와 Data(Option list) 필드로 구성된다. 이 연결 설정 옵션 리스트들의 끝은 LCP 패킷 필드의 Length 필드 값에 의해 알 수 있다[3].

Type는 한 바이트로 구성되며, <표 2>는 같은 값들이 사용된다. Length 필드는 한 바이트로 구성 되며 Configuration Option 길이를 나타내며, Type, Length 그리고 Data 필드의 길이를 포함한다. 만약 Configure-Request 패킷에 Configuration Option Data를 포함하여 전송 받았지만, 그 값들이 사용가능하지 않고, 확인할 수 없는 데이터들이면 Configure-Nak를 패킷을 전송해야 한다. Data 필드는 ZERO 이거나 그 이상의 바이트로 구성 된다. 그리고 Configuration Option 정보를 포함한다. Data의 형태는 Type와 Length 필드의 값에 의해 결정 된다. 그리고 Data가 패킷 길이의 끝을 넘어서 사용되어지면 이 패킷은 무시된다. LCP 연결 설정 옵션에서 5. Terminate-Request을 사용하여 서비스 공급업체와의 연결을 종료 할 수 있다. LCP 연결 설정 옵션에서 9번과 10번을 주고받으며 연결이 종료 되었는지 확인 할 수가 있다[3].

PAP는 인증 과정을 수행하는 프로토콜이다. PAP>Password

<표 2> LCP Configuration 타입 값

Value	Description
0	1. Reserved
2	2. Maximum-Receive-Unit
3	3. Authentication-Protocol
4	4. Quality-Protocol
5	5. Magic-Number
6	6. Protocol-Field-Compression
7	7. Address-and-Control-Field-Compression

〈표 3〉 IPCP 타입 정보

Option Number	Value (HEX)	Option Name	Description
1	01	IP-Addresses	not Use
2	02	IP-Compression-Protocol	00 2D (Van Jacobson)
3	03	IP-Address	IP Address

Authentication Protocol)과 CHAP(Challenge-Handshake Authentication Protocol)을 사용한다. PAP를 사용할 때 PPP 패킷의 Protocol 필드에 HEX값 C023을 사용하고, CHAP는 HEX값 C223을 사용한다. 본 논문에서 사용한 서비스 공급업체에서는 인증 과정을 요구하지 않으므로 생략하였다.

NCP는 LCP 연결설정이 이루어지면 네트워크 통신을 하기위해 설정하는 프로토콜이다. 이 프로토콜을 수행함으로써 단말 장비의 네트워크 설정을 할 수 있다. 본 논문에서는 NCP의 여러 프로토콜 중 DHCP인 IPCP를 사용하였다[2].

IPCP는 DHCP 프로토콜로서 PPP 서버로부터 IP를 할당 받는 역할을 한다. 그리고 LCP 패킷 구조와 같은 구조를 지니고 있어서 구현에 용이하다. LCP 패킷의 Protocol 필드에 HEX 8021 값을 사용함으로써 IPCP 정보를 전송할 수 있고, IPCP는 양단간 IP 프로토콜을 사용 가능하게 한다. IPCP에서 사용하는 옵션은 <표 3>과 같다[2].

데이터 전송할 때 옵션 2와 3을 사용한다. 2번은 압축된 패킷 데이터를 전송하여 효율적인 링크를 사용 위해서 사용한다. 3번은 PPP 서버로부터 IP를 부여 받기 위해서 사용한다.

Network 계층의 IP와 Transport Layer의 TCP 프로토콜을 다음과 같이 구현하였다.

IP계층의 전송 단위인 데이터그램은 가변 길이의 패킷으로 헤더와 데이터부분으로 구성되고, 데이터그램의 헤더의 크기는 최소 20-60 bytes 이며, 라우팅과 전달에 필요한 정보를 포함하고 있다.

위와 같이 글로벌 스타 위성 모뎀을 위한 임베디드 프로세서 기반 PPP 프로토콜 구현에 있어서 프로그램 크기 최소화에 중점을 두면서, 데이터 통신을 원활하게 하는데 있다. 임베디드 프로세서들은 내부에 충분한 프로그램 메모리를 내장하고 있지 않아서 PPP 프로토콜이 제안하는 모든 사항들을 적용하기에는 무리가 있다. 이를 해결하기 위해서 본 논문에서 PPP를 구현시 글로벌스타 위성모뎀에 적합하면서, 프로그램 최적화에 중점을 두고 구현 하였다. 이를 위해서 글로벌 스타 위성시스템에서 제공하는 PPP 서버의 특징 및 환경을 프로그램 테스트를 통하여 파악 하여 프로그램 최적화를 진행 하였다. 그리고 임베디드 프로세서의 Firmware, PPP 프로토콜 및 TCP/IP 통신을 한 프로세서에서 처리함으로써 프로그램을 최적화 할 수 있었다.

TCP는 응용 계층과 네트워크 계층 사이에 위치하고 있으며, 응용 프로그램과 네트워크 동작 사이의 매개체로서 사용된다. 전송 계층 프로토콜은 다음과 같은 여러 가지 기능을 제공한다. 하나는 포트를 이용한 프로세스간(프로그램 간) 통신을 가능하게 하고, 전송단계에서 흐름과 오류 제어

메커니즘을 제공한다.

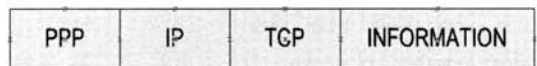
일반적인 TCP 통신은 전이중 서비스를 제공지만, 본 논문에서 제공하는 TCP 서비스는 반이중 서비스를 제공한다. 본 시스템에서 채택한 C8051F023 프로세서는 멀티 쓰레딩과 같은 하이 퍼포먼스를 지원하지 않으며 순차적으로 프로그램이 실행되기 때문이다. 하지만 본 시스템이 작동하는데 있어서 큰 문제가 되지 않는다. 그 이유는 본 시스템의 흐름제어를 함에 있어서 시스템 동작 중 동시에 전송 되는 데이터의 양이 적다 그래서 데이터 전송을 순차적으로 전송하도록 흐름 제어를 했기 때문이다. TCP의 Sequence number와 Acknowledgment number를 통하여 신뢰성 있는 연결을 과 흐름제어를 한다. 그래서 전송 되는 데이터의 오류 및 전송 효율을 높일 수 있다[8][9].

본 논문에서 윈도우 관리를 위해 간략하고 효율적인 전송을 하도록 구현하였다. 즉 프로그램이 전송해야할 데이터의 크기가 방대하지 않기 때문에 여러 세그먼트로 분리하지 않고 전송하도록 했으며 각 단말장비들 간의 흐름제어는 전송 받은 세그먼트에 대해서 바로 확인 세그먼트를 전송하는 방식으로 구현하였다[8].

(그림 6)에서 보면 PPP, IP 그리고 TCP 다음 INFORMATION 필드에 전송하고자 하는 데이터가 들어가게 된다[8][9].

<표 4>는 전송되는 패킷에 포함되는 정보이다. 사용자의 요구와 응답 및 서버의 요구 응답으로 구분된다. ()의 수는 데이터 바이트 수를 나타낸다. 각각의 제어 프로토콜에 대한 내용은 다음과 같다.

<표 4>의 데이터 구조체를 이용하여 사용자와 단말 장비 사이의 정보를 주고받도록 구현하였다.



(그림 6) 전송 패킷 구조

〈표 4〉 컨트롤 패킷 정보

Name	Expression	Body
Request state data	패킷의 분류	state(1)
Request id data	단말장비의 분류	id(2)
Request LCD data	상태 정보 전달	LCD(0-18)
Request TEMP data	온도 데이터 전송 요청	TEMP(3)
Request A/D data	아날로그 입력 전송 요청	A/D(1)
Request D/A data	D/A 데이터 출력	D/A(1)
Request LED data	디지털 데이터 출력	LED(1)
Request D/SW data	디지털 데이터 입력	SW(1)
Request Latitude	위도 전송 요청	LATITUDE(10)
Request Longitude	경도 전송 요청	LONGITUDE(11)
Response monitor data	Report Data state(1)::id(2)::TEMP(2)::HUMI(3)::LED(1) ::SW(1)::A/D(1)::LATI(10)::LONGI(11)	

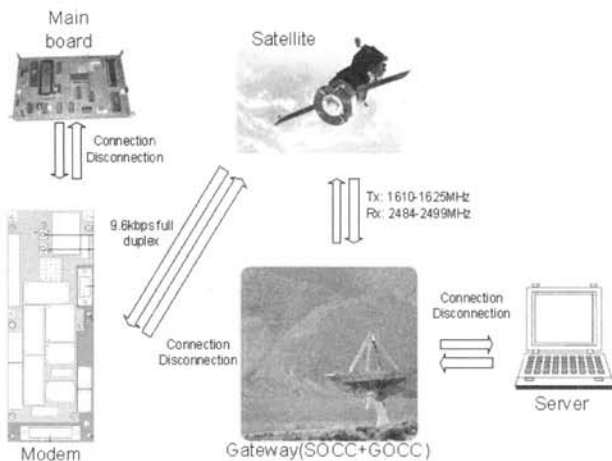
3. PPP를 이용한 글로벌스타 데이터 통신 시스템 구축

(그림 7)은 PPP 프로토콜 구현을 확인위한 저궤도 통신 위성을 이용하는 시스템 구성도이다.

(그림 7)과 같이 글로벌스타 위성 모뎀을 이용하는 시스템은 위성부분, 지상부분 그리고 단말기부분으로 구성되어 있고, <표 5>는 본 논문에서 사용하는 글로벌스타 위성모뎀의 사양이다[10].

위성부분에서 글로벌스타 위성체는 북위 70도에서 남위 70도까지의 지역을 서비스할 수 있도록 설계된 48개의 주위성과 4개의 예비위성으로 구성되며, 지구국과 이용자 단말장비를 연결하는 기능을 수행한다. 글로벌스타 위성은 또한 단말 장비나 발신되는 신호를 단지 증폭하여 수신측 단말기나 지구국으로 전환 시키는 기능만을 수행하도록 설계되어 글로벌스타 위성시스템은 단순하고 안정적이며 장애발생시 처리가 용이하다.

지상부분은 위성망 관제센터, 지상망제어센터, 지구국 등



(그림 7) 글로벌 스타 통신 시스템

<표 5> 글로벌스타 시스템 사양

DATA SERVICES	<ul style="list-style-type: none"> • Direct Internet or Direct Dial-up Circuit Switched Data • 9.6 kbps full duplex service rate (7.4 kbps average) • Utilizes standard "Hayes Modem" AT commands • Compatible with windows 95/98/2000/XP/NT/ME • Dial-up networking • Short Messaging Service (SMS): 19 character 																				
OPERATING FREQUENCIES	<ul style="list-style-type: none"> • Transmit: 1610 ~. 1625 MHz • Receive: 2484 ~. 2499 MHz 																				
MAXIMUM TRANSMIT POWER	• +26 dBm EIRP (0.4W)																				
DC INPUT VOLTAGE	• +5.6 V to +16V																				
POWER CONSUMPTION ESTIMATES @ 12V INPUT:	<table border="1"> <tr> <td>•State</td> <td>Min</td> <td>Typical</td> <td>Max</td> <td>Units</td> </tr> <tr> <td>•Shutdown</td> <td>1.2</td> <td>2.4</td> <td>3.6</td> <td>mW</td> </tr> <tr> <td>•Receive</td> <td>0.28</td> <td>0.5</td> <td>2.4</td> <td>W</td> </tr> <tr> <td>•Transmit</td> <td>3.6</td> <td>4.8</td> <td>5.4</td> <td>W</td> </tr> </table>	•State	Min	Typical	Max	Units	•Shutdown	1.2	2.4	3.6	mW	•Receive	0.28	0.5	2.4	W	•Transmit	3.6	4.8	5.4	W
•State	Min	Typical	Max	Units																	
•Shutdown	1.2	2.4	3.6	mW																	
•Receive	0.28	0.5	2.4	W																	
•Transmit	3.6	4.8	5.4	W																	
MODEM ENVIRONMENTAL CONDITIONS	<ul style="list-style-type: none"> • Operating: -22 to +140°F (-30 to +60°C) • Storage: -40 to +185°F (-40 to +85°C) 																				
ANTENNA ENVIRONMENTAL CONDITIONS	<ul style="list-style-type: none"> • Operating/Storage: -40 to +185°F (-40 to +85°C) • Relative humidity: 5% to 100% 																				

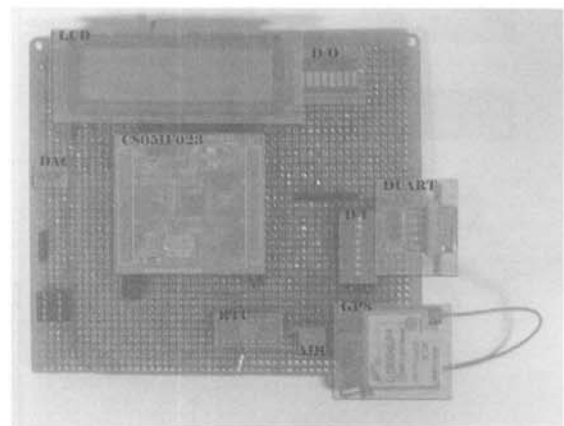
으로 구성되어 있다. 위성망 관제센터(SOCC:Satellite Operations Control Center)는 미국, 프랑스, 호주 한국의 지구국에 설치되어 있는 위성원격제어 시스템을 통하여 위성의 온도 및 전력, 각 부분의 동작 상태, 위치 등의 데이터를 수집하고, 이 데이터에 따라 위성의 궤도 및 위치, 기타 위성의 여러 상태를 제어하는 기능을 수행한다. 현재 이 위성망 관제센터는 미국 내 두 곳에 (San Jose, Sacramento)에 설치되어 있다.

지상망제어센터(GOCC:Ground Operations Control Center)는 전 세계에 설치될 30여 개의 글로벌스타 지구국을 연결하여, 각 지구국의 통화량을 고려한 시스템을 계획, 시스템 자원 할당 및 서비스 제공자를 지원하는 등 통괄적 감시 및 제어 기능을 수행하며, 이 지상망제어센터는 미국에 2개소(San Jose, Sacramento)가 설치되어 있다. 또한 지구국은 글로벌스타 위성과 이용자 단말 장비간의 호 접속, 호 처리 및 부가 서비스를 제공하고 가입자 관리 기능을 수행한다[11].

(그림 8)은 본 논문에서 구현한 단말 장비이며 감시 및 제어 와 데이터 수집을 한다. 단말 장비는 PPP 그리고 TCP/IP 프로토콜들을 사용하여 필요할 때 언제 어디서든 글로벌 스타 위성 모뎀을 사용하여 사용자 및 서버에 접속할 수 있다. 글로벌스타 위성모뎀은 작은 안테나를 포함하며, 9.6 kbps full duplex, Hayes AT command, Dial-up networking 및 SMS를 지원한다. 다음 (그림 9)는 단말 장비의 하드웨어 블록도이다. (그림 9)를 통해 전체적인 입출력 장치들을 확인할 수 있다.

<표 6>은 단말 장비 사양이며 8051Core를 사용하는 C8051F023 프로세서를 사용하였다. (그림 9)에서 알 수 있듯이 ADC, DAC, UART0,1을 내장하고 있고, RTC, LCD, D/I 그리고 D/O를 외부에 구성 하였다. 이 프로세서는 최대 25MIPS 속도로 동작하므로 처리속도가 빠르며 프로그램 내부에 64k Bytes의 프로그램 및 데이터 메모리를 내장하고 있다. 그래서 본 논문에서 구현하고자 하는 시스템에 적당한 크기의 메모리를 내장하고 있다. 또한 C8051F023는 JTAG의 인-서킷 에뮬레이터(ICE) 기능을 사용해 프로그램 업로드 다운로드를 쉽고 빠르게 처리 할 수 있다[1].

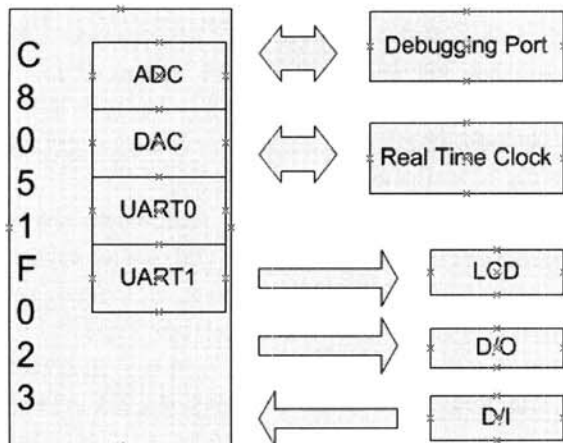
위에서 언급한 바와 같이 본 논문에서 제작하는 단말 장



(그림 8) 단말장비

〈표 6〉 단말장비 하드웨어 사양

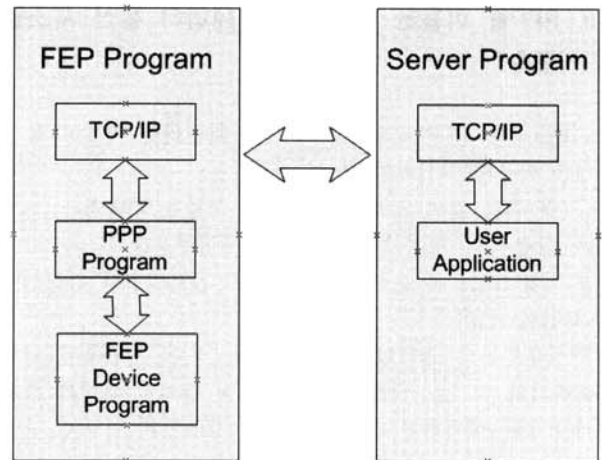
종류	사용 디바이스
CPU	High-Speed pipelined 8051-compatible microcontroller
ROM	64k bytes of in-system programmable FLASH memory
RAM	4352(4096+256) bytes 내부 메모리
Modem	GSP-1620, Globalstar satellite modem
ADC	8-bit ADC, 500 ksps, 8-channel
DAC	Two 12-bit DACs
TEMP. Sensor	C8051F023 내장 온도센서
GPS Receiver	G1800sLP
LCD	4bit data line LCD
RTC	DS1305
Digital Output	4-channel LED
Digital Input	4-channel DIP Switch



(그림 9) 단말장비 하드웨어 구성도



(그림 10) 사용자 컨트롤 화면



(그림 11) 전체 소프트웨어 블록도

비는 여러 종류의 디바이스들이 C8051F023 메인 프로세서와 상호 연동하여 동작한다. 모든 디바이스들은 C8051F023 프로세서가 제어 하도록 하였다.

원격의 사용자 프로그램 인터페이스는 (그림 10)과 같고, 지상부분과의 SOCC와 GOCC을 통하여 글로벌 스타 시스템과 연결하였다. 일반적인 TCP/IP 인터넷 접속 프로토콜을 사용하여 쉽게 단말 장비와 통신을 할 수 있고, 이를 통해서 사용자는 단말 장비를 제어 할 수 있다[12].

(그림 11)은 글로벌 스타 위성 모뎀을 이용한 PPP 프로토콜을 테스트 하기위한 전체적인 간략화한 소프트웨어 블록도이다. 단말 장비를 크게 펌웨어(FIRMWARE), PPP 그리고 TCP/IP로 3 부분으로 분류 하여 구현하였다. 이를 통해서 단말 장비는 원격의 사용자와 통신을 할 수 있도록 구현하였다.

4. 실험 및 측정 결과

본 논문에서 구현한 글로벌 스타 위성 모뎀을 위한 PPP 프로토콜 구현 동작과 성능을 관찰하기 위하여 글로벌스타 위성 시스템을 사용하였으며, 시스템의 각 부분에 필요한 연결 단자를 정확하게 연결시키고, 시스템에 전원을 인가하면 C8051F023에 Power-On-Reset이 발생하여 프로그램 어드레스 0x0000으로부터 단말 장비의 동작이 시작된다. 동작 확인을 위한 제어 패킷 명령 내용을 <표 4>에 나타내었으며 PPP를 포함한 모든 프로그램은 Keil 8051 C 컴파일러로 작성되었다.

단말 장비와 위성 모뎀을 통해서 PPP 프로토콜의 동작을 확인한다. 가장 기본적으로는 LCD를 통하여 확인 가능하지만, 패킷의 구조 및 동작을 확인하기 위해서 링크간 신호를 모니터링하여 동작을 확인 하였다. <표 7, 8>은 PPP 프로토콜 연결 설정 및 데이터 전송시 캡처된 패킷 데이터로 LCP 연결 설정 시 전송되는 패킷 데이터이다. PPP 서버에서 LCP의 OPEN STATE 진행되기 위해서는 PPP와 단말 장비 양쪽 모두에서 REQ와 ACK를 주고 받아야 하는데 <표 7>을 보면 PPP 서버에서 REQ와 ACK를 보내주고 있

<표 7> LCP PPP 서버 데이터

1) 7E FF 03 C0 21 01 01 00 10 02 06 00 00 00 00 ...
2) 7E FF 03 C0 21 02 01 00 14 02 06 00 00 00 00 ...

<표 8> LCP 단말장비 데이터

1) 7E FF 03 C0 21 01 01 00 14 02 06 00 00 00 00 ...
2) 7E FF 03 C0 21 02 01 00 10 02 06 00 00 00 00 ...

<표 9> NCP PPP 서버 데이터

1) 7E FF 03 80 21 01 02 00 10 03 06 00 00 00 00 ...
2) 7E FF 03 80 21 02 01 00 10 03 06 0A 20 05 03 ...
3) 7E FF 03 80 21 03 02 00 10 03 06 0A 56 09 4C ...

<표 10> NCP 단말장비 데이터

1) 7E FF 03 80 21 01 01 00 10 03 06 0A 20 05 03 ...
2) 7E FF 03 80 21 03 02 00 0A 03 06 0A 56 09 4C ...
3) 7E FF 03 80 21 02 02 00 10 03 06 0A 56 09 4C ...

다. 또한 <표 8>에서보면 단말 장비에서 서버로 REQ와 ACK를 보내고 있음을 확인 할 수 있다.

NCP도 또한 REQ와 ACK를 주고받아야 한다. <표 9, 10>은 PPP서버와 단말 장비의 REQ와 ACK데이터를 주고 받음을 확인 할 수 있다. 하지만 NCP에서 사용하는 IPCP는 DHCP 서버로서 IP를 할당 받아야 한다. 그래서 우선은 임의 IP 데이터를 PPP서버로 전송한다. 그러면 PPP 서버는 NAK를 전송하면서 사용가능한 IP를 같이 전송해준다. 이를 단말 장비의 IP로 설정하여 다시 REQ하면 서버는 ACK를 전송하여준다. 이를 <표 9, 10>에서 확인 할 수 있다.

LCP OPEN 상태가 되면 PPP 서버로 부터의 NCP REQ 패킷이 전송된다. <표 9, 10>은 NCP OPEN 하기 위한 PPP 서버의 NCP REQ 패킷 데이터들이다.

위와 같이 REQ와 ACK를 주고받아 PPP를 OPEN시킬 수 있다. 이로서 TCP/IP 통신을 위한 환경을 구축 할 수 있다. 또한 사용 중인 글로벌스타 지구국의 PPP 서버를 테스트 하여 필요한 부분만을 단말 장비에서 구현 하여 FIRMWARE 프로그램을 최적화 하였다.

단말 장비와 PPP 연결 설정이 끝나고 서버와의 통신을 위해서 서버와의 TCP/IP 연결 설정 확인한다. LCD 및 서버 프로그램을 통해서 확인 가능하다. TCP/IP 패킷 구조 및 단말 장비에서의 성능을 확인하기 위해서 전송 되는 패킷을 모니터링 하였고 그중 연결 설정을 위해서 전송 되는 패킷을 <표11, 12>와 같이 모니터링하여 확인 하였다. <표 11, 12>는 TCP연결 설정 패킷들이다.

<표 11, 12>는 3핸드 웨이크를 하는 패킷들로서 이를 통해서 서버와 연결 설정을 확인할 수 있다. 이로서 단말 장비단과 서버와의 패킷 데이터 통신을 할 수 있는 환경을 구축하였다.

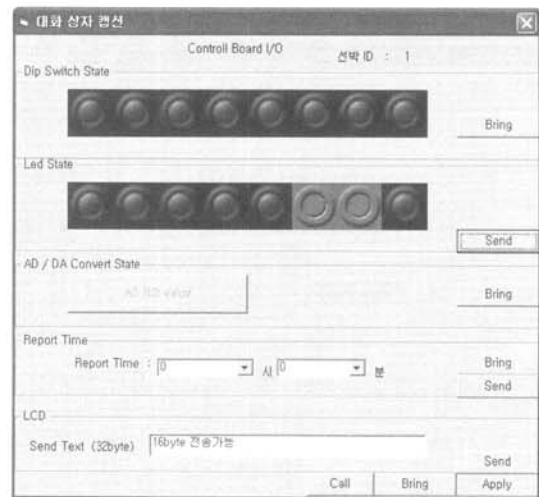
일반적인 성능 테스트는 펌웨어 프로그램 및 사용자 응용 프로그램 개발 시에 단계적인 모듈별 프로그램에 의해 동작

<표 11> 서버 프로그램 TCP 연결 설정 데이터

Protocol	Data
PPP	1) 7E FF 03 00 21 ... 88 77 7E
	2) 7E FF 03 00 2F ... 56 82 7E
IP	1) 45 00 00 2C 3E 05 40 00 40 06 CB BF 0A 56 09 4C DC 44 41 21
	2) 45 00 00 28 3E 06 40 00 40 00 CB C2 0A 56 09 4C DC 44 41 21
TCP	1) 2C AB 1B 58 00 9B 51 5D 00 00 00 00 60 02 01 FF D0 06 00 00 02 04 00 D2
	2) 2C AB 1B 58 00 9B 51 5E 9D BF 62 77 50 10 01 FF E2 9A 00 00

<표 12> 단말장비 프로그램 TCP 연결 설정 데이터

Protocol	Data
PPP	1) 7E FF 03 00 21 ... 51 03 7E
	2) 7E FF 03 00 2F ... FE E4 7E
IP	1) 45 00 00 2C 41 7B 40 00 35 06 D3 49 DC 44 41 21 0A 56 09 4C
	2) 45 00 00 28 3E 06 40 00 40 00 CB C2 0A 56 09 4C DC 44 41 21
TCP	1) 1B 58 2C AB 9D BF 62 76 00 9B 51 5E 60 12 FF FF D0 B6 00 00 02 04 01 DA
	2) 1B 58 2C AB 9D BF 62 77 00 9B 51 5E 50 18 FF FF 53 5D 00 00

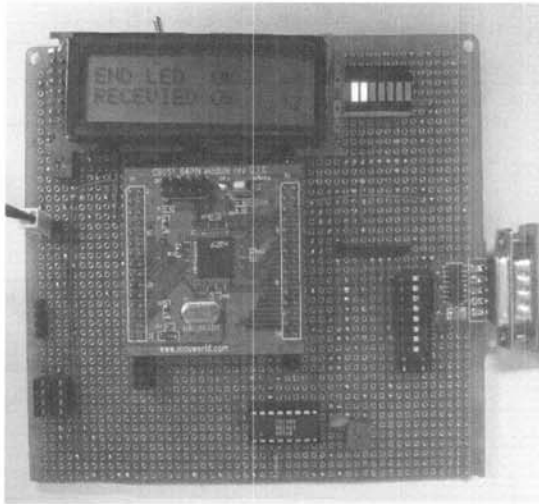


(그림 12) 컨트롤 다이얼로그 D/O

을 확인하였으며 결과적으로 이번 항목 및 전체 시스템 동작으로 확인 한다.

원격 제어는 웹상의 사용자 인터페이스에서 사용자가 설정한 명령이 단말 장비의 Device에 전달하는 것이므로, 데이터를 송신 하였을 경우에 설정한 사용자 명령이 정확히 단말 장비의 Device에 전달되는가에 의해 시스템이 정확하게 동작하는 것을 확인할 수 있다.

(그림 12)는 사용자 인터페이스에서 설정한 사용자의 명령을 나타내고 있으며, 사용자 명령을 컨트롤 다이얼로그에



(그림 13) 단말장비 D/O 출력

<표 13> 서버 프로그램의 LED 컨트롤 데이터

```
7E FF 03 00 2F 45 00 00 2F 01 84 40 00 35 00 10 4C DC 44 41
21 0A 56 0C 3E 1B 58 15 52 50 0B 8A A7 00 08 FE 83 50 18
FF 87 9F B2 00 00 21 6C 73 0A 30 36 0E 2F 7D 5D 7E
```

<표 14> 단말장비 프로그램의 전송 데이터

```
7E FF 03 00 2F 45 00 00 48 30 10 40 00 40 06 DD 93 0A 56 05
51 DC 44 41 21 03 09 1B 58 00 00 00 A5 E8 41 9D 0E 50 18 FF
01 05 2E 00 00 F3 30 31 2B 00 09 00 00 00 00 4A 9F 08 8F 5D FF
FF F1 D1 FF 00 10 6D 80 78 CA 90 76 27 FB 08 D7 0E 33 9C
7E
```

<표 15> 서버 프로그램의 전송 요청 컨트롤 데이터

```
7E FF 03 00 2F 45 00 00 2C E4 22 40 00 35 06 34 9D DC 44 41
21 0A 56 05 51 1B 58 03 09 E8 41 9C FF 00 00 00 85 50 18 FF
DF 5B 43 00 00 21 64 62 0E 8E DF 7E
```

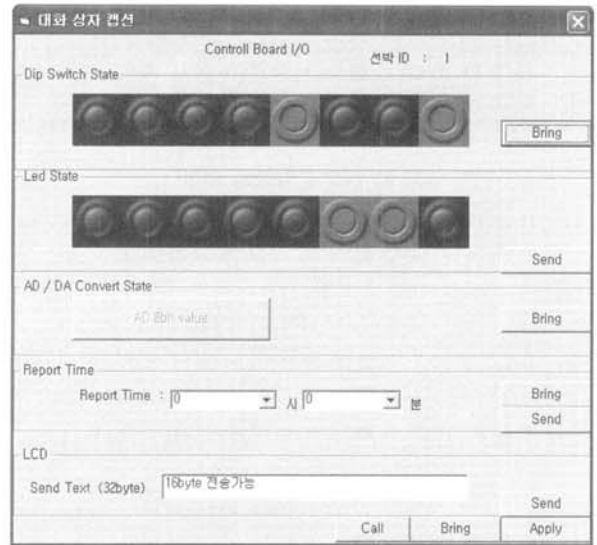
<표 16> 단말장비 프로그램의 응답 메시지 데이터

```
7E FF 03 00 2F 45 00 00 48 30 12 40 00 40 06 DD 91 0A 56 05
51 DC 44 41 21 03 09 1B 58 00 00 00 C5 E8 41 9D 50 18 FF 01
05 24 00 00 F3 30 31 2B 00 09 00 00 00 00 4A 9F 08 8F 5D FF
F1 D1 FF 00 10 6D 80 78 CA 90 76 27 FB 08 D7 0E F8 5F 7E
```

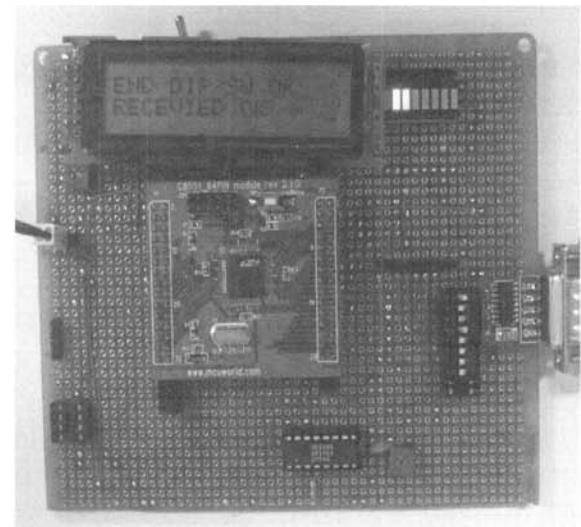
서 단말 장비에 있는 디지털 출력(D/O)장치에 0x06값을 출력하였다. 이를 (그림 13)과 같이 단말 장비의 D/O 인 LED를 통하여 확인 할 수 있다.

위의 과정에서 명령을 전송 하였을 경우 전달하는 패킷의 내용을 모니터링하여 <표 13, 14>와 같이 확인 할 수 있다.

PPP, IP 그리고 TCP 헤더를 제외한 서버 명령은 위의 반전글자로 표시하였다. 이를 다시 내부 제어 프로토콜로 변환하면 "!!s 0 6" 라는 명령으로 디지털출력을 LED 하위 니블 2



(그림 14) 컨트롤 다이얼로그 D/I



(그림 15) 단말장비 D/I 입력

번과 3번을 점등하라는 명령으로 (그림 13)와 같이 단말 장비에서 LED를 통하여 그 결과를 확인 할 수 있었다.

원격 상태 확인 과정은 웹상의 사용자 인터페이스에서 두 가지 방법을 제공한다. 각각의 device 정보를 호출하는 방법과 자동적으로 device들의 데이터를 수집하여 서버 및 사용자에게 전달하는 방법이다. 원격 상태 확인을 위해 첫 번째 방법을 사용하였다. 컨트롤 다이얼로그에서 DIP Switch의 상태를 확인하기 위해서 BRING 버튼을 클릭 하여 데이터를 호출하여 웹상의 사용자 인터페이스에 나타내는 과정으로 동작을 확인하였다.

(그림 14)와 같이 DIP Switch State의 BRING 버튼을 선택하였을 경우 단말 장비에서 해당 프로토콜을 분석하여 데이터를 수집한 후 현재의 상태를 다시 전달해 준다. 화면의 결과와 (그림 15)의 결과가 일치함을 확인 할 수 있다.

<표 15, 16>의 데이터들은 단말장비에서 사용자 인터페이스 환경으로 전달하는 데이터들로 내용을 분석하면 현재

단말 장비의 디지털 입력(D/I) 상태를 나타낸 (그림 15)와 비교했을 경우 메인보드의 DIP Switch (0x09)의 내용이 동일함을 확인할 수 있다.

이와 같이 글로벌 스타 위성 모뎀을 위한 임베디드 프로세서 기반 PPP 프로토콜 구현에 있어서 프로그램을 최적화하는데 있다. PPP 프로토콜은 프로그램 메모리가 부족한 임베디드 프로세서를 위해서 PPP를 최적화 하였다. 또한 글로벌스타 위성모뎀에 최적화할 수 있도록 글로벌 스타 위성시스템에서 제공하는 PPP 서버의 특징 및 환경을 테스트 프로그램 통하여 데이터를 수집하여 이를 분석하였으며, 이와 같이 분석된 자료를 통하여 프로그램을 최적화 하였다. 본 논문에서 구현한 임베디드 프로세서 기반 시스템은 임베디드 프로세서의 응용 프로그램(Firmware) 및 데이터 통신을 위한 PPP 프로그램을 하나의 프로세서로 처리함에 따라 연결 설정 및 통신을 최적화할 수 있었다. 이와 같은 결과에 의해 프로그램 최적화 할 수 있었으며, 서버와의 통신을 원활하게 수행할 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서 구현한 글로벌스타 위성 모뎀을 위한 임베디드 프로세서 기반 PPP 프로그램 구현을 통해서 하나의 임베디드 프로세서에서 PPP 프로토콜을 동시에 함께 사용함으로써 전체 시스템을 최적화하고, 이를 이용하여 원활한 데이터 통신이 가능하며, 그리고 글로벌스타 위성을 이용한 다양한 제어 대상 시스템에 응용할 수 있다. 또한 시스템 내부 제어 프로토콜을 정의하여 사용자 프로그램과 단말 장비 사이에 정보 교환이 이루어짐에 따라 시스템 보안문제에도 기여할 수 있다.

위성 시스템을 이용하면 지상 통신이 곤란한 오지, 산간벽지, 해상 및 공중에서도 데이터 통신이 가능하다. 회선 구성이 용이하고, 지진 및 태풍 등에도 강한 내재해성을 갖고 있으며, 우리나라 전 지역은 물론 전 세계에서 광역성 및 동보성을 확보하고 있다.

위성 시스템을 이용하여 통신망을 구축하고, 단말 장비에 대한 위치 정보는 물론 상태 정보를 인터넷을 통하여 사용자에게 직접 전송하는 시스템을 구축하였고, 또한 사용자는 단말 장비의 여러 정보를 확인하고, 이와 같은 정보를 처리하여 단말 장비에 제어 정보를 전송하여 제어할 수 있도록 구현하였다.

마이크로프로세서를 이용한 단말 장비는 각 센서들과 입출력 장치들(GPS 데이터, A/D, D/A, D/I, D/O 그리고 온도 센서 등)을 제어하도록 하였으며, 데이터를 수집하여 사용자에게로 송신하도록 하였다. 데이터 통신을 위한 Firmware(1계층), PPP 프로토콜(2계층) 그리고 TCP/IP(3,4 계층) 프로토콜을 구현하여 사용자 프로그램과 데이터 통신이 가능하도록 하였다. 위와 같은 시스템을 구현함으로써, 글로벌스타 위성 모뎀을 위한 PPP 프로토콜 구현이 정확하게 동작함을 확인할 수 있었다.

마이크로소프트 윈도우 또는 리눅스 계열 운영체제를 사용하는 시스템에서는 운영체제에 이미 내장된 PPP를 통하여 비교적 용이하게 글로벌스타 위성시스템과 통신 링크를 구성할 수 있으나, 이와 같이 별도의 운영체제를 사용하지 않는 임베디드 시스템에서 사용할 수 있는 PPP를 구현하여 각 데이터의 분석 및 정상적인 글로벌스타 위성 시스템과의 동작을 확인하였다.

또한 본 논문에서는 글로벌스타 위성 모뎀을 위한 PPP 프로토콜뿐만 아니라 단말장비 설계/제작 과정, 글로벌스타 시스템 그리고 사용자 응용 프로그램의 제작과정을 이해하고 이를 이용한 시스템을 구현하였다.

참 고 문 헌

- [1] Silicon Laboratories, "C8051F02x", September 2003.
- [2] G. McGregor, "rfc1332", May 1992.
- [3] W. Simpson, "rfc1661", July 1994.
- [4] W. Simpson, "rfc1662", July 1994.
- [5] F. DIETRICH, "The Globalstar Satellite Cellular Communication System: Design and Status". IEEE Communications. April 1997
- [6] RA Wiedeman, AJ Viterbi, "The Globalstar mobile satellite system for worldwide personal communications" 1993.
- [7] James Carlson, "PPP Design and Debugging", Addison-Wesley Publishing Company, 1998.
- [8] 김병철, 박찬영, 심영철, 이재광, 이재훈, 홍충선, "TCP/IP 프로토콜", McGraw-Hill Korea, 2003.
- [9] Jacobson, V., "Compressing TCP/IP Headers", RFC 1144, January 1990.
- [10] QUALCOMM, "Integrator's Reference Manual", 2001.
- [11] LG 테이컴-글로벌스타 <http://www.globalstarkorea.com>
- [12] Ivor Horton, "BEGINNING VISUAL C++ 6", January, 1999.



문 헌 걸

e-mail : moonhk80@kut.ac.kr

2006년 2월 한국기술교육대학교 정보통신공학과(공학사)

2008년 2월 한국기술교육대학교 전기전자공학과(공학석사)

관심분야 : DSP, FPGA, Micro-processor 응용



이 명의

e-mail : melee@kut.ac.kr

1985년 2월 인하대학교 전기공학(공학사)

1987년 2월 인하대학원 기기및제어
(공학석사)

1991년 8월 인하대학원 기기및제어
(공학박사)

1995년 9월 현대전자 인공위성 사업단

2004년 1월~2005년 1월 U.C.Berkeley 방문교수

1995년 9월~현 재 한국기술교육대학교 정보통신공학과 교수

관심분야: 인공위성 시스템, 시스템 프로그래밍, Digital Control
System