

Thuraya 정지궤도 위성을 이용한 선박용 IoT 단말 장치 설계 및 구현

Design and Implementation of IoT Terminal Equipment for Vessels using Thuraya Geo-stationary Orbit Satellite

장원창* · 이명희

한국기술교육대학교 전기전자통신공학부

Won-Chang Jang* · Myung-Eui Lee

Department of Electrical, Electronics and Communication Engineering, Korea University of Technology and Education, Chungcheongnam-do 31253, Korea

[요 약]

위성통신은 이동통신처럼 많은 사람이 사용하지는 않으나 군사용, 재난용, 원격 교육용 및 의료용, 도서 지역, 인프라 취약 지역에서의 인터넷 제공 등 공공성, 통신서비스를 위하여 꼭 필요한 기술이다. 하지만 선박이나 항공기에서는 기지국이 필요한 휴대용 이동통신들은 사용 불가능 하거나 사용에 제한을 받는다. 본 논문에서는 본 논문에서는 단말 장치의 제어기로 라즈베리 파이를 사용하여 위성 모뎀과 PPP 프로토콜을 통한 네트워크 통신을 하였으며 모뎀의 문자 메시징 기능을 이용하여 양방향 데이터 링크를 구현하여 Thuraya 정지궤도 위성 네트워크망에 접속하였다. 그리고 단말장치의 제어기에 I/O 장치들을 이에 연결하여 통신 시설이 갖춰지지 않은 곳에서 제어 대상 시스템에 원격으로 접속하여 I/O들을 제어하고 각종 센서를 통하여 측정한 데이터를 전송할 수 있는 선박용 IoT 단말 장치 시스템을 설계하고 구현하였다.

[Abstract]

Satellite communication is not used by many people like mobile communication, but it is a necessary technology for public service and communication services, such as providing the Internet in military, disaster, remote education and medical services, island areas, and infrastructure vulnerable areas. However, on ships and aircraft, mobile communications requiring base stations are either unavailable or restricted in their use. In this paper, we used a Raspberry Pi board as the terminal device to communicate network through satellite modem and PPP protocol, and implemented two-way data link using the text message of the modem to connect to the Thuraya geo-stationary orbit network. In addition, I/O devices were connected to the controller of the terminal equipment to design and implement an IoT device system for ships that can remotely access the system under control and control I/Os and transmit measured data through various sensors.

Key word : Thuraya, Geo-stationary orbit, PPP protocol, IoT, Raspberry Pi.

<https://doi.org/10.12673/jant.2020.24.2.67>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 24 March 2020; Revised 25 March 2020

Accepted (Publication) 25 April 2020 (30 April 2020)

*Corresponding Author; Won-Chang Jang

Tel: +82-10-6550-4720

E-mail: thou3153@koreatech.ac.kr

I. 서론

본 논문에서는 Thuraya 위성 모뎀과 PPP 데이터 통신을 위해 단말 장치의 제어기로 라즈베리 파이를 사용하고 네트워크 망에 접속하여 I/O 장치들을 이에 연결하여 통신 시설이 갖춰지지 않은 곳에서 제어 대상 시스템에 원격으로 접속하여 I/O 들을 제어하고 각종 센서를 통하여 계속한 데이터를 전송할 수 있는 선박용 IoT 단말 장치 시스템을 설계하고 구현하였다. 방향 데이터 링크 시스템을 구현하는 것이 목표이다.

통신 시설이 갖춰지지 않은 곳에서 Thuraya 정지궤도 위성을 이용하여 원격 제어 및 계속 서비스를 제공할 수 있으며, 더 나아가 선박이나 항공, 무인지대에서의 모니터링, 위치추적, 제어 및 계속 등의 서비스에 응용할 수 있을 것으로 보인다 [1].

국내에서 접할 수 있는 위성통신은 4종류 정도가 있다. 첫 번째로는 글로벌 스타(global star)는 저궤도 위성으로 감도와 송수신 속도가 빠른 장점이 있으나 수단을 포함한 아프리카 중부, 남부는 커버리지에서 제외된다. 두 번째로는 Iridium은 글로벌 스타와 같이 저궤도 인공위성을 통하여 전 세계 거의 모든 지역에서 통화가 가능하나 가격이 비싸고 위성 수명이 2014년부터 종료되기 시작한다. 세 번째로는 Inmarsat이 있는데 적도 상공에 있는 정지궤도위성을 사용하는 Thuraya 社와 같은 방식의 위성통신이다. 11개의 정지궤도 통신위성과 휴대용 단말기를 이용한 음성 및 데이터 통신 서비스를 제공한다.

본 논문에서 사용하는 위성은 Thuraya 위성으로 2000년 10월부터 상용 서비스를 개시하였다. 현재는 적도 상공 25,786, km에서 2기의 통신용 정지궤도 위성으로 운영하고 있고 유럽, 중동, 아프리카, 한국 등 아시아 전역을 통화권역으로 약 110개국에서 서비스를 이용할 수 있다. 50분 통화 기준으로 Iridium은 200달러, Inmarsat은 250달러이지만 Thuraya의 경우 80달러 정도로 이용료가 매우 저렴한 편 이어서 실 활용하기에 적합하다. 그리고 현재도 그림 1과 같이 2기의 위성으로 전 세계의 2/3를 커버리지로 두고 있으나 2020년도에는 3번째 정지궤도 위성 발사 예정이 있어 더욱더 커버리지를 기대할 수 있다 [2].



그림 1. Thuraya의 GSM Roaming 가능 지역
Fig. 1. GSM Roaming Area in Thuraya.

II. 양방향 데이터 링크 구현 구성

2-1 전체 시스템 구성

전체적인 시스템 구성은 아래의 그림 2와 같다.

Thuraya 정지궤도 위성을 이용한 원격 제어 및 계속 시스템은 위성 부분, 단말 장치의 제어기 부분, 서버 부분 이렇게 크게 세 가지로 나눌 수 있으며 그림 2의 DCE (data communications equipment) 부분은 Thuraya 통신 모뎀으로 구성되어 있으며, 그리고 DTE(data terminal equipment) 부분은 단말 장치의 제어기와 I/O 장치들로 구성되어 있다 [3].

2-2 원격 제어 및 계속 단말 부분

SM-2500 위성 모뎀을 제어하고 통신하기 위한 단말 장치의 제어기의 Micro processor로 라즈베리 파이를 선정하였다. 위성 통신을 위하여 PPP 프로토콜을 사용해야 하는데 단말 장치의 제어기에 리눅스를 설치하여 쉽게 제어할 수 있도록 하였다.

라즈베리 파이는 USB 포트가 기본적으로 내장되어 있으므로 SM-2500 모뎀의 SDK 개발 보드의 RS-232 to USB Serial을 사용하여 연결하였다. 그리고 7가지의 다양한 I/O 장치들을 연결하기 위한 넓은 호환성의 GPIO 핀들을 가지고 있고 많은 I/O 장치들을 빠르고 정확하게 제어하기 위해서는 성능 좋은 프로세서를 가진 라즈베리 파이가 적합하다.

그림 3은 ① 안테나, ② SM-2500 위성 모뎀, ③ SDK 개발 보드, ④ 단말 장치의 제어기, ⑤ I/O 장치들을 모두 연결하여 하드웨어 부분을 완성한 사진이다.

SM-2500 인공위성 모뎀과 통신 및 제어와 다양한 I/O 장치들을 제어하고 송수신할 데이터들을 관리하기 위하여 단말 장치의 제어기에서 Python을 사용한다. 단말 장치의 제어기를 구동시키기 위한 OS로 Raspbian 이라는 무료 배포 OS를 설치하였으며 이 Raspbian OS에는 Python이 기본적으로 설치되어있다. 이 Python을 사용하여 SM-2500 모뎀과 PPP 프로토콜 연결을 수립하며 모뎀으로부터 오는 데이터들을 통해 단말 장치를 제어한다 [4].

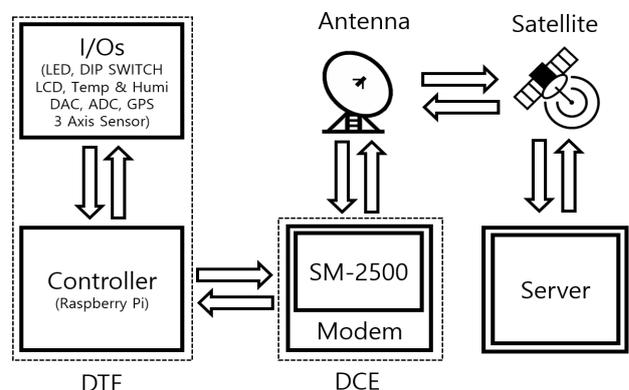


그림 2. 전체 시스템 개요
Fig. 2. Overall System Overview.

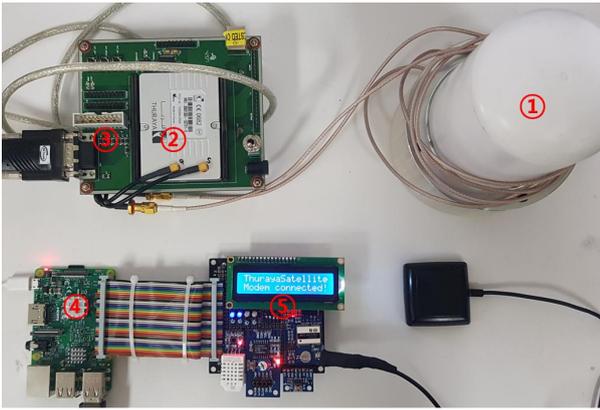


그림 3. 전체 하드웨어 시스템
Fig. 3. Overall Hardware System Overview.

모뎀으로부터 메시지를 받으면 그때부터 단말 장치의 제어기는 서버와 TCP/IP 소켓을 생성하게 되고 I/O 장치들로부터 받은 데이터들을 서버로 전송한다. 이때 서버로 전송하는 데이터로는 할당받은 IP 주소, DIP switch 상태, 온도 습도정보, ADC 데이터, GPS의 위도 경도 정보, 3축 가속도 센서의 값들이 있다. 이 데이터들을 고정 IP로 할당된 서버로 반복적으로 전송한다. 다음 그림 4는 단말 장치의 제어기가 시작 명령어를 받아 네트워크에 연결되고 서버로 데이터를 보내는 값을 콘솔에서 보여준다.

위의 그림 4와 같이 I/O 장치로부터 받은 데이터들을 정리하여 한 줄씩 서버로 보내주는 것을 볼 수 있다. 첫 번째 줄부터 DIP switch 정보, ADC 데이터, 온도 습도 센서값, 자이로 센서값, GPS 위도 정보 값으로 총 5줄로 반복적으로 서버로 전송한다 [5].

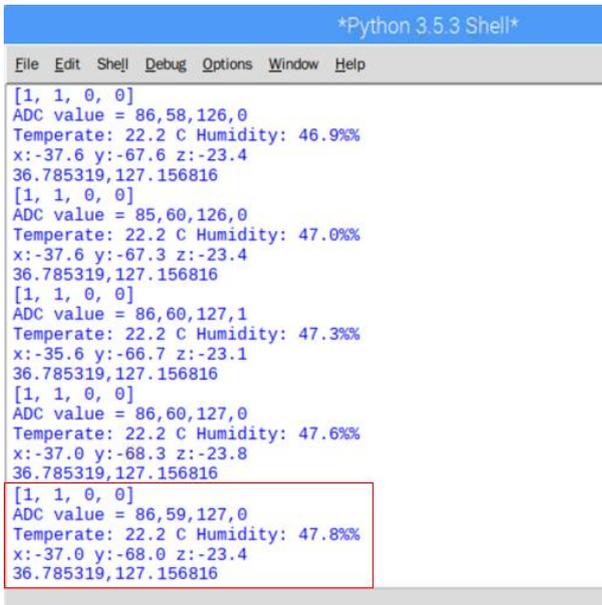


그림 4. 단말 장치의 제어기 Python 콘솔 화면
Fig. 4. Python Console Screen of Terminal Device.

III. 원격 제어 및 계측 위성 부분

3-1 위성 통신 모델

단말 장치의 제어기에서는 총 7가지의 I/O 장치들을 제어한다. I/O 장치들은 40pin 케이블을 통해 단말 장치의 제어기와 직접 연결되며 그림 5과 같이 연결한 것을 볼 수 있다 [6].

그림 6은 단말 장치의 제어기에 연결될 I/O 장치들을 보여준다. 단말 장치의 제어기와 장치들 간의 연결은 다음 그림 7의 핀맵과 같다. 각 I/O 장치들은 그림 6, 표 1과 같으며 사양과 제어 방법은 아래와 같다.

표 1에 있는 I/O 장치들의 세부 설명과 작동방식, 연결방식에 대한 설명은 다음과 같다.

(1) LED

총 4개의 LED를 이용하여 Digital output 장치로써 서버로부터 사용자가 설정한 데이터를 수신하여 High/Low 값으로 제어한다. 실제 선박에서는 전원, 모터, 밸브 등의 전기장치를 On/Off 할 수 있다.

(2) DIP switch

총 4채널의 DIP switch를 사용하여 Digital input 장치로써 HIGH/LOW 값을 발생시켜 서버로 값을 전송한다. 실제 선박에서는 각종 장치들의 상태를 On/Off 상태를 원격에서 모니터링할 수 있다.

(3) LCD

16X2 Character LCD를 사용한다. 보통 16x2 LCD는 8개의 데이터 라인을 사용하지만 4bit 모드로 4개의 데이터 라인을 사용하여 캐릭터를 표시할 수 있다. E, RS, D4, D5, D6, D7 이렇게 총 6개의 핀을 단말 장치의 제어기에 사용하며 Output 장치로써 서버로부터 사용자가 입력한 데이터를 받아 LCD 화면에 받아온 값들을 표시한다.

(4) Temperature & Humidity sensor

AM2302 / DHT-22 온습도 모듈을 사용하여 하나의 데이터 핀을 사용한다. Input 장치로서 주변의 환경을 측정 하면 다양한 환경 값들이 측정되는데 이중 온도 습도 값들만 추출하여 데이터화 후 서버로 값을 전송시켜 사용자가 온습

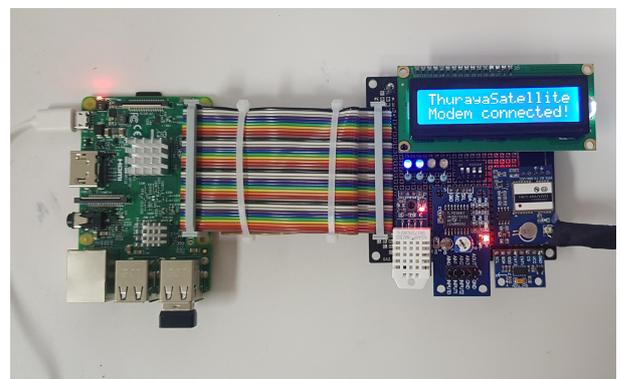


그림 5. 단말 장치의 입출력 디바이스
Fig. 5. Input, Output Device of the Terminal Device.

도를 확인할 수 있도록 한다.

(5) ADC/DAC

PCF8591 ADC/DAC 모듈을 사용하였고 이 모듈은 SDA, SCL 핀을 사용하여 단말 장치의 제어기와 I2C 포트로 연결하였다. 이 모듈은 서버로부터 사용자가 입력한 값을 받아와 Digital을 Analog로 AOUT 포트를 통하여 출력하고 Analog 입력을 받는 AIN 포트를 사용하여 서버로 값을 전송 후 사용자에게 값을 표시해준다.

(6) GPS

NEO-6M-0-001 GPS 모듈을 사용하였고 이 모듈은 TX, RX 핀을 사용하여 단말 장치의 제어기와 UART 포트로 연결하였다. 이 모듈은 위성으로부터 GPS 값을 받아와 필요한 데이터인 위도 경도값만 파싱하여 일정한 시간 간격으로 서버로 보내주어 사용자가 위도 경도값을 파악하여 위치를 확인할 수 있도록 한다.

(7) 3 AXIS sensor

ADXL345 3축 자이로 가속도 센서를 이용하여 SPI 포트를 사용하여 Roll, Pitch, Yaw 값들을 일정한 시간 간격으로 서버로 보내주어 사용자가 현재 장치의 상태를 확인할 수 있도록 한다. 실제 선박의 자세를 확인하여 선박 전복 등 위기상황을 감지할 수 있다.

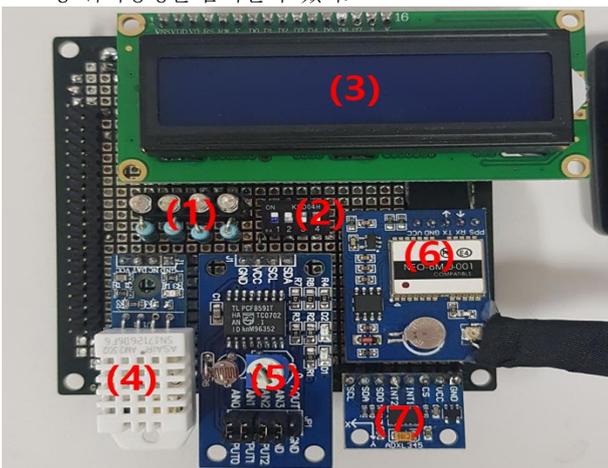


그림 6. 단말 장치의 제어기에 연결된 I/O장치
Fig. 6. I/O Device Connected to the Controller of the Terminal Device.

표 1. 단말 장치의 제어기에 연결된 I/O 장치 목록
Table 1. List of I/O Devices Connected to the Controller of the Terminal Device

No.	Output	No.	Input
(1)	LED x 4	(2)	DIP Switch x 4
(3)	LCD	(4)	Temperature & Humidity Sensor
(5)	DAC	(5)	ADC
		(6)	GPS
		(7)	3 Axis Sensor

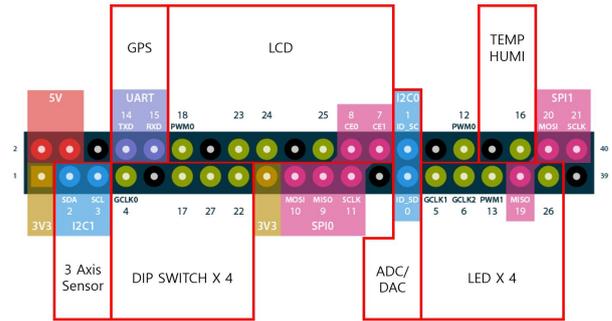


그림 7. 단말 장치의 제어기 GPIO 핀 맵
Fig. 7. GPIO Pin Map of Terminal Device Controller.

IV. 원격 제어 및 계측 사용자 인터페이스(GUI)

4-1 데이터 수신

일반 데스크톱 PC를 사용하여 서버를 구성하였으며 쉬운 접근을 위하여 고정 IP를 할당받아 외부로부터 접근이 쉽도록 설계하였다. 따라서 사용자는 인터넷 브라우저를 통하여 고정 IP로 접속하면 원격으로 제어 및 계측을 할 수 있다.

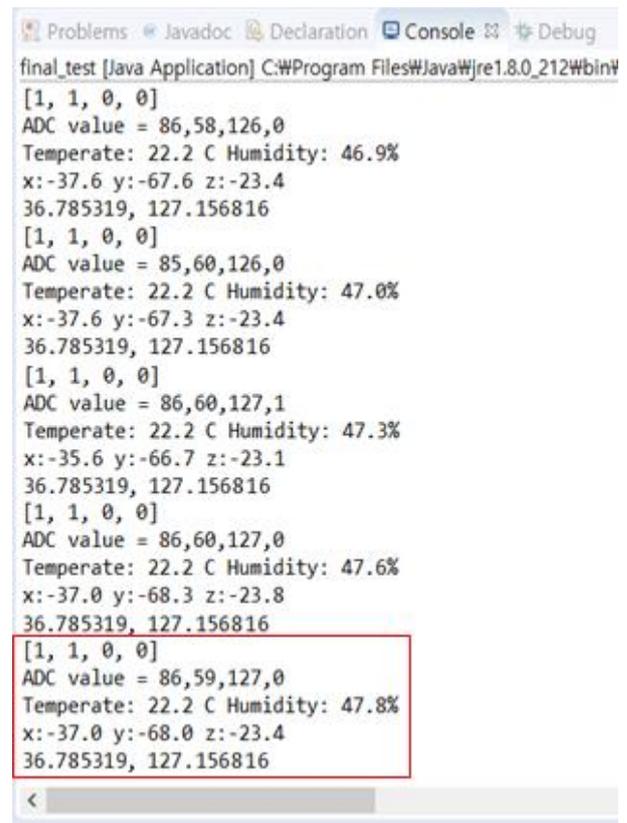


그림 8. 서버 콘솔 화면
Fig. 8. Server Console Screen.

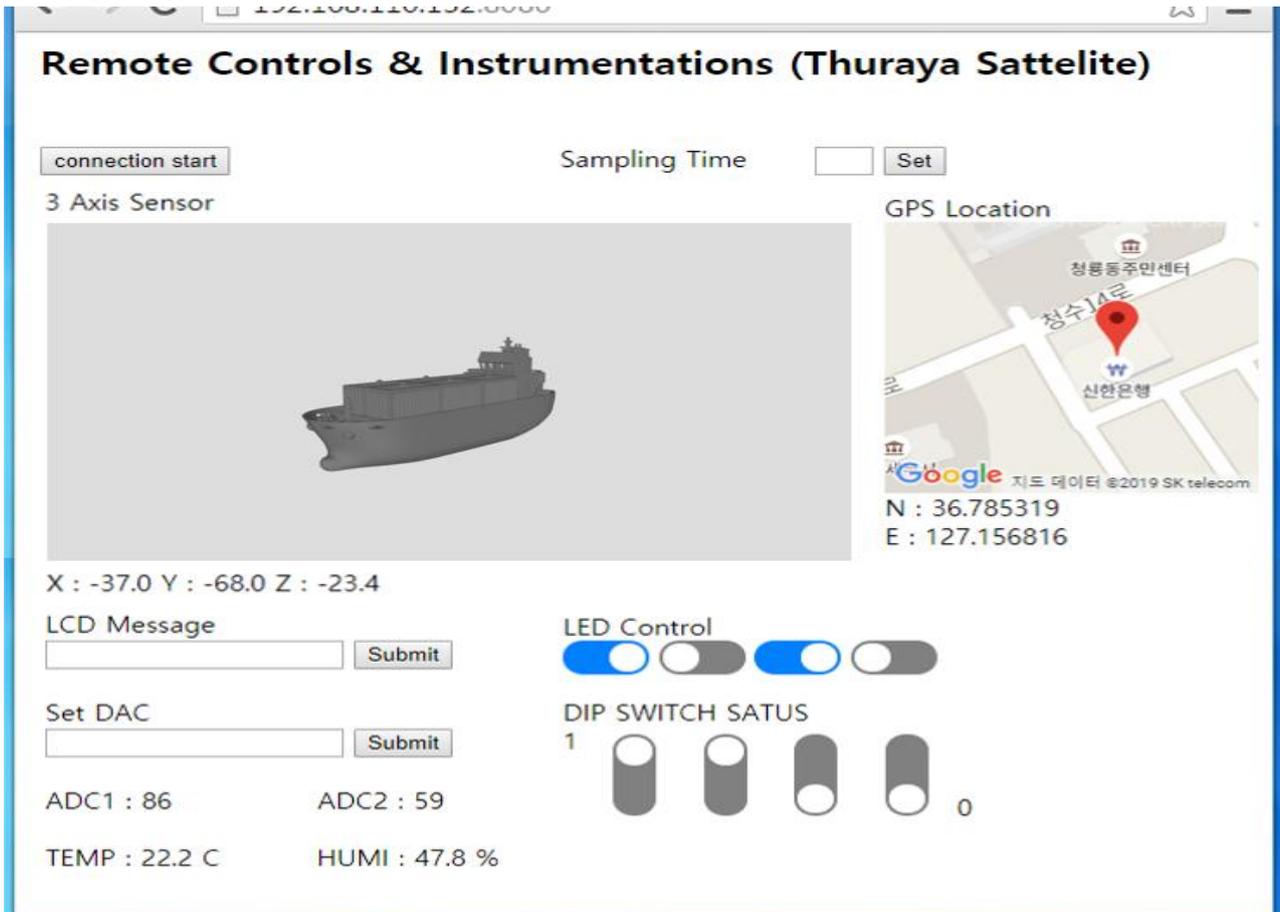


그림 9. GUI 환경 사용자 제어 화면
 Fig. 9. GUI Environment User Control Screen.

서버로는 JAVA 언어로 제작하였고 TCP/IP 소켓 통신을 통해 단말 장치의 제어기로부터 데이터를 받아 GUI 환경으로 사용자가 데이터를 보고 제어하기 쉽게 개발하였다. 일단 서버를 실행시키면 할당받은 고정 IP로 서버가 작동되며 단말 장치의 제어기로부터 데이터를 받을 준비가 된다. 그리고 서버에서 모뎀으로 메시지를 보내게 되면 단말 장치의 제어기에서 데이터를 보내기 시작하고 TCP/IP 소켓 통신이 이루어지게 된다.

다음 그림 8은 단말 장치의 제어기에서 메시지 수신 후 송신된 데이터를 콘솔에서 보여주고 있다.

그림 8과같이 단말 장치의 제어기에서 보내는 데이터와 값이 일치하는 것을 볼 수 있다. TCP/IP 소켓 통신으로 전송된 데이터는 각 항목 마다 실시간으로 적용하여 GUI 환경으로 보여주며, GPS 값은 데이터베이스에 누적하여 저장되어 GPS 이동 경로를 확인할 수 있도록 하였다. 위의 그림 9에서는 GUI 환경으로 사용자가 제어하기 쉽도록 구성하였다.

우선 제어 및 계측을 시작하기 위해서는 "Connect Start" 버튼을 눌러 모뎀에게 TCP/IP 소켓을 생성하는 명령을 보낸다. 이 버튼은 웹상에서 문자 메시지를 보내는 기능으로서 www.skysms.co.kr 에서 지원하는 웹 연동으로 문자를 간단하

게 보낼 수 있는 서비스를 신청하여 모뎀으로 문자 전송이 가능케 하였다. 그림 10과 같이 문자 전송에 성공하여 코드 0000, "전송성공" 을 결과로 받을 수 있다. 그림 10의 하단에는 서비스를 신청하면 제공하는 KEY와 웹 연동에 필요한 ID, 보내는 모뎀의 번호를 적은 것을 확인할 수 있다.

메시지 전송 후 단말 장치에서 성공적으로 메시지를 읽으면 TCP/IP 소켓통신으로 Input 데이터인 4개 LED의 On/Off 제어, 16x2 캐릭터 LCD의 메시지 출력, DAC의 출력 이렇게 3개의 Input 데이터를 제어할 수 있으며 Output 데이터인 4개의 DIP Switch의 상태확인, 측정된 ADC의 값, 온도, 습도정보, GPS 위치 정보, 3축 가속도 센서의 현 상태 정보를 확인할 수 있다. 각 데이터들은 위의 Sampling time을 설정하고 "Set" 하여 사용자가 단말 장치 제어기의 데이터 송신 주기를 설정할 수 있어 요금 절약을 할 수 있다[7].

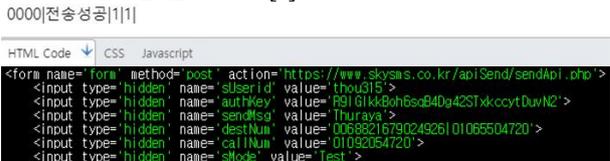


그림 10. 서버 문자 메시지 전송
 Fig. 10. Send Server Text Messages.

IV. 결 론

본 논문에서 연구를 진행하며 구현한 Thuraya 인공위성 모뎀을 사용한 원격 제어 및 계측 시스템은 라즈베리 파이를 단말 장치의 제어기로 선정하여 다양한 제어 시스템에 확장 응용할 수 있도록 시스템을 구축하였다. 이를 위해 Thuraya 위성 모뎀을 연결하기 위한 쉬운 설정을 하여 사용자가 쉽게 네트워크를 사용할 수 있도록 하였다.

본 논문은 Thuraya 인공위성 모뎀을 사용한 원격 제어 및 계측 시스템을 구현한 것으로서 지상 통신이 곤란한 해양, 항공, 오지에서도 데이터 통신이 가능하다.

단말 장치의 제어기를 이용한 장치는 위성 모뎀과 UART 통신으로 연결되어 PPP 프로토콜과 TCP/IP 프로토콜을 이용하여 데이터 통신을 하고 단말 장치의 제어기의 GPIO를 통하여 각종 다양한 I/O 장치들을 사용하여 각종 디지털 및 아날로그 입출력 데이터를 처리하여 사용자에게 원격에서 선박을 제어하거나 현재 선박의 상태를 감시할 수 있다.

본 논문에서는 이와 같은 위성 모뎀 통신을 사용하여 단말 장치의 제어기를 원격으로 제어하고 계측하여 각종 선박의 안전 운행에 응용할 수 있는 시스템을 설계 및 제작하고, 각 데이터의 정상적인 송수신을 GUI 환경 사용자 제어 프로그램으로 확인하여 Thuraya 인공위성 모뎀을 사용한 원격 제어 및 계측 시스템을 구현하였다.

Acknowledgments

이 논문은 2019년도 한국기술교육대학교 교수 교육연구 진흥과제 지원에 의하여 연구 되었음.

References

- [1] Berman, *Highlights in Space 2007: Progress in Space Science Technology and Applications International Cooperation and Space Law*, Ohio State, USA : United Nations Publications, 2008.
- [2] F. Dimc and G. Baldini, “Experimental detection of mobile satellite transmissions with cyclostationary features,” *International Journal of Satellite Communications and Networking*, Vol. 33, No. 2, pp.163-183, Mar. 2015.
- [3] S. Ferdoush and X. Li, “Wireless sensor network system design using Raspberry Pi and Arduino for environmental monitoring applications,” *Procedia Computer Science*, Vol. 34, pp. 103-110, 2014.
- [4] D. A. Sunderland, G. L. Ducan and B.J. Rasmussen, “Megagate ASICs for the Thuraya satellite digital signal processor,” in *Proceedings International Symposium on Quality Electronic Design*, San Jose: CA, pp. 1-8, Mar. 2002.
- [5] J. M. Kang, J. W. Jung, M. S. Kim and W. J. Oh, “Design and implementation of $\pi/4$ QPSK satellite IP modem part”, *The Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 11, No. 10, pp. 1858-1865, 2007.
- [6] Teach, Learn, and Make with Raspberry Pi – Raspberry Pi. Raspberry Pi Documentation [Internet]. Available: <https://www.raspberrypi.org/documentation/>.
- [7] Thuraya | Satellite Communication Company | Satellite Mobile Phones. Thuraya IOT/M2M [Internet]. Available: <https://www.thuraya.com/>.



장 원 창(Won-Chang Jang)

2017년 8월 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 (공학사)
2019년 8월 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 (공학석사)
2019년 9월 - 현재 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과 (공학박사)
※ 관심분야 : Embedded System



이 명 의 (Myung-Eui Lee)

1985년 2월 : 인하대학교 전기공학 (공학사),
1991년 8월 : 인하대학교 대학원 기기 및 제어 (공학박사),
2004년 1월 ~ 2005년 1월 : U.C.Berkeley 객원교수,
※ 관심분야 : 제어계측 시스템, 시스템 소프트웨어, 위성통신시스템

1987년 2월 : 인하대학교 대학원 기기 및 제어 (공학석사)
1995년 8월 : 현대전자 선임연구원
1995년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 교수