

GPS 신발용 소형 위치정보 송신기 설계 및 구현

막마르 엔흐자야*, 전 제 용*, 권 순 량°

Design and Implementation of Small Sized Location Information Transmitter for GPS Shoes

Enkhzaya Myagmar*, Je Yong Jeon*, Soon-ryang Kwon°

요 약

본 논문에서는 GPS 신발가입자 위치관리시스템 중 GPS 신발에 삽입되는 위치정보 송신기를 설계 및 구현하였다. GPS 수신기와 CDMA 모뎀이 일체형으로 구성된 모듈 적용을 통해 38mm x 35 mm x 12mm 크기의 소형의 위치정보 송신기의 하드웨어를 구현하였고, 3축 가속도 센서 적용을 통해 동일 위치정보의 반복적인 송신으로 인한 전력소모를 줄이도록 하였다.

서버와 연동 시험을 통해 위치정보 송신 기능이 정상적으로 동작함을 확인하였고, 관리자 단말기와의 연동 시험을 통해 관리자 등록 및 등록해제, 전원 상태 알림, 서버 IP 주소 및 송신 주기 조회 및 변경, 배터리 잔류량 조회 등의 SMS 제어 기능이 정상적으로 동작함을 확인하였다. 성능 실험 결과를 통해 제안된 위치정보 송신기는 16.4m의 위치 오차가 있었고 서버로 위치정보를 송신하는 간격을 10분으로 설정할 시 하루 이상 동작이 가능함을 각각 확인하였다.

Key Words : location transmitter, location information, location inquiry, location tracking, GPS shoes

ABSTRACT

In this paper, we designed and implemented a location information transmitter inserted in GPS shoes among GPS shoes subscriber location management system. We implemented a small sized location information transmitter such as 38 mm x 35 mm x 12 mm by applying a module which was integrated with GPS receiver and CDMA modem. We designed to reduce the power consumption due to repetitive transmission of same location information by applying a 3-axis acceleration sensor.

It was confirmed that the location information transmission function worked normally through the interworking with the server. Through the interworking test with the manager terminal, SMS control functions, such as manager registration and deregistration, power status notification, inquiry and change of the server IP address and the transmission period, worked normally. By above test results, we verified the implemented location information transmitter. Performance experiment results are confirmed that the proposed location information transmitter had a location error of 16.4m and the transmitter could work more than one day when the interval of transmitting location information to the server was set to 10 minutes.

※ 본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2015년 중소기업 융·복합기술개발사업(No. S2274320)의 연구수행으로 인한 결과임을 밝힙니다.

• First Author : Department of Electrical & Electronic & Information Comm. Engineering, Graduated School of Tongmyong University, peacedes@nate.com, 학생회원

° Corresponding Author : Department of Electronic Engineering, Tongmyong University, srkwon@tu.ac.kr, 정회원

* NPTEchon Incorporate, sazajins@nate.com

논문번호 : KICS2017-09-267, Received September 27, 2017; Revised November 10, 2017; Accepted November 13, 2017

I. 서 론

위치인식, 추정 및 추적에 대한 위치기반 기술은 인식 및 추적 대상이 어디에 있는지를 기준으로 실내 기술과 실외 기술로 구분할 수 있다.

기존의 실외 기술 사례로서 GPS 수신기와 CDMA 통신을 결합한 시스템이 연구되었고^[1], GPS 수신기와 LoRa 통신을 결합한 테스트베드 시스템이 연구되었다^[2]. 또한, GPS 수신기 오차를 보완하기 위한 다양한 보완 알고리즘 중 클라우드 기반 GPS 위치기반 테스트베드 시스템이 연구되었다^[3].

실내 기술 사례로서 Zigbee, Bluetooth, 가시광 무선 통신기술을 적용한 테스트베드 시스템이 연구되었다^[4]. 구글(Google)의 사례에서는 기지국이나 Wi-Fi 핫스팟 기술에 센서를 추가한 보완된 기능의 핑거프린트 방식이 소개되었다^[7].

사람, 동물, 물건 등에 대한 위치정보 획득을 통해 다양한 위치기반 서비스를 제공하기 위해서는 위치정보를 획득하여 주기적으로 송신할 수 있는 무선 통신 송신기 개발이 요구된다.

기존에 출시된 무선통신 송신기로서 목거리와 악세사리 형태로 나온 미야방지용 제품 사례^[8]가 있으나 분실의 우려와 휴대하기 불편한 문제가 존재한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 분실의 우려가 적고 휴대 및 착용의 불편함이 없는 신발을 활용할 필요가 있다. 따라서 위치정보 획득 대상의 신발 속에 삽입할 수 있는, 소형으로 제작된 위치정보 송신기가 필요하다.

본 논문에서는 어린이, 여성, 치매환자 등의 위치를 조회 및 추적할 수 있는 GPS 신발가입자 위치관리시스템^[9,10] 중 GPS 신발에 삽입되는 소형의 위치정보 송신기를 설계 및 구현하고자 한다.

논문의 구성으로 I장 서론에 이어 II장에서 GPS 수신기와 CDMA 모듈이 일체형으로 구성된 모듈 적용을 통한 소형의 위치정보 송신기의 하드웨어 및 소프트웨어 구조를 설계한다. III장에서는 소프트웨어 동작 및 데이터 형식, SMS(Short Message Service) 제어 명령어를 설계한다. IV장에서는 설계된 사항을 적용하여 소형 위치정보 송신기를 구현하고 기능 및 성능 시험을 통해 구현된 송신기를 검증하고, V장에서 결론을 맺는다.

II. 시스템 구조

2.1 서비스 개요

그림 1은 소형 위치정보 송신기가 적용되는 서비스

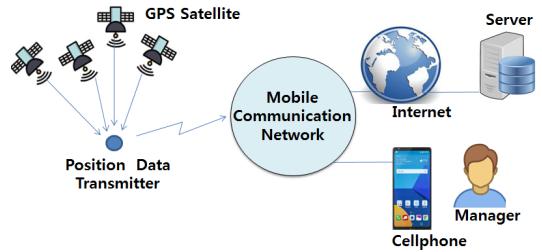


그림 1. 소형 위치정보 송신기를 적용한 서비스 개념도
Fig. 1. Conceptual diagram of service using a small sized location information transmitter

의 개념도를 나타낸 것이다.

GPS 신발에 삽입되는 송신기가 3개 이상의 위성에서 위치정보를 수신하면 CDMA 이동통신망과 인터넷을 통해 서버로 송신하여 정보를 저장한다.

관리자는 자신의 스마트 폰 등의 이동전화기를 통해 서버에 접근하여 GPS 신발 내의 송신기의 위치를 조회 및 추적한다. 또한 송신기로 SMS 제어 신호를 보내고 응답을 받는 과정을 통해 서버의 IP 주소, 서버로의 송신 주기, 전원 스위치 ON/OFF, 배터리 잔량 등에 대해 조회하거나 서버의 IP 주소와 송신기의 위치정보 송신 주기에 대해서는 원하는 값으로 변경할 수 있도록 한다.

여기서 관리자는 GPS 신발을 신은 어린이, 여성, 치매환자의 보호자 또는 서버를 관리하는 운영자로 볼 수 있다.

2.2 하드웨어 구조

소형 위치정보 송신기는 그림 2와 같이 MCU (Micro Controller Unit), GPS 수신기/CDMA 모듈 일체형 모듈(GPS/CDMA Module), 3축 가속도 센서와 전원공급부로 구성된다. 소형 위치정보 송신기는 전원공급부(무선전원 패치, 배터리충전부, 배터리, 배터리 충전상태를 표시하는 LED로 구성됨), MCU, GPS/CDMA 모듈, nano USIM, 안테나 등으로 구성

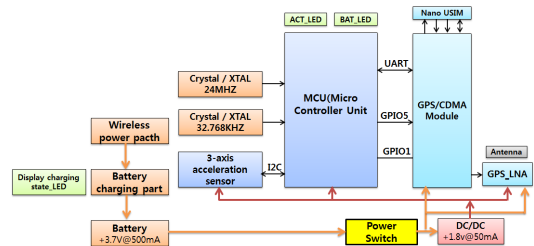


그림 2. 소형 위치정보 송신기 하드웨어 구조
Fig. 2. Hardware architecture of the small sized location information transmitter

된다.

제어 컨트롤러인 MCU는 24MHZ을 메인 클럭으로 사용하며, 시스템의 전반적인 기능을 수행한다.

MCU와 CDMA/GPS 모듈은 GPIO(General Purpose Input/Output)와 UART(Universal Asynchronous Receiver/ Transmitter)로 연결되며, 제어 및 상태 확인, 데이터 통신 기능을 수행한다.

ACT_LED는 전원의 ON 또는 OFF상태를 표시하며, BAT_LED는 외부 충전 모듈에서 배터리로 전류가 공급되고 있는 상태를 표시한다.

3축 가속도 센서는 장치의 움직임 여부를 감지하여, 움직임이 있을 경우에만 위치정보 신호를 송신하고, 이를 통해 장치의 동작 시간을 증가시킨다.

2.3 소프트웨어 구조

소형 위치정보 송신기의 소프트웨어 구조는 그림 3과 같다.

시스템은 크게 Physical Layer, Driver Layer, Application과 같이 3단계로 구성된다.

Physical Layer는 장치의 하드웨어에 해당되는 부분으로, 버튼 및 LED, Sensor, CDMA의 통신 부분 등으로 구성된다.

Driver Layer는 Physical Layer를 제어하는 부분으로서, 버튼 및 LED를 제어하는 GPIO Diver, 3축 가속도를 제어하는 Sensor Dirver, CDMA 및 GPS를 위한 CDMA Driver와 UART Driver로 구성된다.

Application Layer는 응용 소프트웨어 기능을 담당하는 User Application, 장치의 전반적인 부분을 관리하는 System Manager, GPIO 이벤트 또는 배터리 전압 등 장치의 일반적인 상태를 관리하는 Device Status Supervisor, 송신기의 움직임 상태를 관리하는 Activity Detector, 위치정보를 관리하는 Location Checker, 서버와의 통신을 위한 TCP/IP, 원격 제어를 위한 SMS 부분으로 구성된다.

Application	User Application				
	System Manager		Location Checker	SMS	TCP/IP
	Device Status Supervisor	Activity Detector	GPS Parser		
Driver Layer	ADC	GPIO	Sensor Driver	CDMA Driver	
			I2C Driver	UART Driver	
Physical Layer	ETC		SENSOR	1575.42MHz	2100MHz

그림 3. 소형 위치정보 송신기의 소프트웨어 구조
Fig. 3. Software architecture of the small sized location information transmitter

III. 시스템 설계

3.1 동작 흐름도

소형 위치정보 송신기의 전체적인 동작 흐름도는 그림 4와 같다.

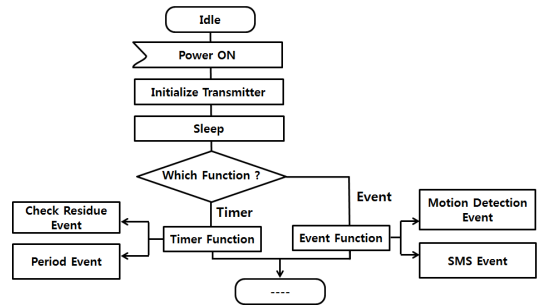


그림 4. 소형 위치정보 송신기의 동작 흐름도
Fig. 4. Operational flow chart of the small sized location information transmitter

- Initialize Transmitter : 위치정보 송신기를 초기화한다.
- Sleep : 내부 또는 외부 이벤트가 발생할 때까지 'Sleep' 상태를 유지한다.
- Which Function : 발생하는 이벤트가 위치정보 송신기의 내부 기능을 관리하기 위한 내부 이벤트(Timer)인지 외부 기능을 관리하기 위한 외부 이벤트(Event)인지 판단한다.
- Motion Detection Event : 동일한 위치정보 송신을 반복하는 행위를 줄이기 위해 위치정보 송신기의 움직임 포착시 동작되는 위치정보 송신 이벤트이다.
- SMS Event : 관리자 요청으로 외부에서 위치 정보 송신기로 요청된 SMS 요청 명령시 동작되는 이벤트이다.
- Check Residue Event: 위치정보 송신기의 배터리 전원 상태를 확인하여 관리자로 알리는 이벤트이다.
- Period Event : 위치정보 송신기의 움직임 감지 시 움직임 시간 변화량 확인 등 위치정보 송신기가 동작하기 위해 필요한 사항들을 확인하기 위해 주기적으로 발생하는 이벤트이다.

외부 이벤트인 'Motion Detection Event'의 동작 흐름도는 그림 5와 같다.

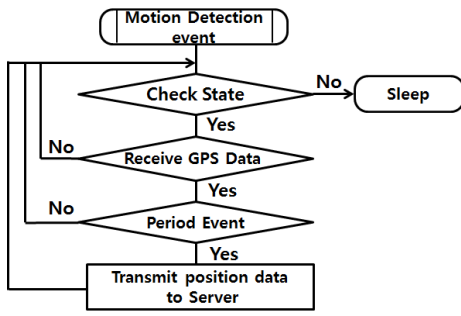


그림 5. 이동성 검출 이벤트의 동작 흐름도
Fig. 5. Operational flow chart of the motion detection event

- Check State : 위치정보 송신기는 3축 가속도 센서를 통해 각도 값의 변화를 확인해서 임계치 값을 넘는지에 따라 위치정보 송신기가 움직이는지 여부를 판단한다. 송신기가 움직인 것으로 판명되면 'Receive GPS Data' 단계를 수행하게 되며 아닐 경우 송신기는 'Sleep' 상태를 유지한다.
- Receive GPS Data : GPS기반 위치정보를 수신하며, 이를 내부 메모리에 저장한다. 저장된 GPS기반 위치정보는 1분에서 최대 240분 사이로 설정된 전송 주기에 맞춰 서버로 TCP/IP 접속 동작을 수행하며, 최종적으로 확인된 위치정보를 서버로 전송하게 된다. 위치정보 송신기가 움직이는 경우만 위성의 신호를 수신하여 서버에 보고하도록 하는 이 기능을 통해 배터리의 효율을 높일 수 있다.

외부 이벤트인 'SMS event'의 동작 흐름도는 그림 6과 같다.

관리자가 SMS로 요청하는 명령어에 따라 해당 명령에 대한 기능을 수행한 후 관리자로 응답한다.

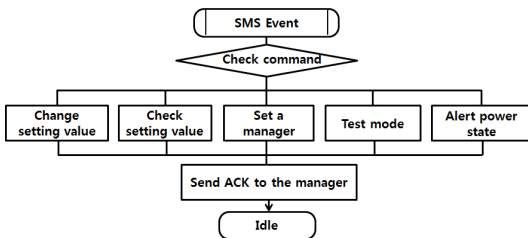


그림 6. Motion Detection event의 동작 흐름도
Fig. 6. Operational flow chart of the motion detection event

3.2 데이터 형식

소형 위치정보 송신기와 서버간 교류되는 데이터는

위치정보와 SMS 제어 명령어로 구분되며, 설계된 데이터의 형식은 다음과 같다.

3.2.1 위치정보

위치정보는 위치정보 송신기에서 서버로 향하는 데이터로서 표 1과 같이 위치정보 송신기의 이동가입자 전화번호, 위성으로부터 수신된 GPGGA (Global Positioning System Fix Data) 정보에서 추출된 값(시간, 위도, 경도, 고도, 속도 값), 위치정보 송신기의 배터리 잔류량, 위치정보 송신기가 서버로 위치 데이터를 전송하는 주기, 데이터 오류를 체크하기 위한 체크섬으로 구성된다.

위치정보 송신기에서 서버로 송신할 경우의 메시지는 표 1에서 언급된 모든 파라미터를 순서대로 나열하고 파라미터 간은 콤마(,)로 분리한 후 최종 단에 메시지의 끝을 의미하는 '#'을 추가하는 형태로 설계하였다. 그러므로 송신 메시지는 '01012345678, hhmmss.sss, dddmm.mmmm, dddmm.mmmm, xxx.x, xxx.x, xx, xxx, C#'와 같은 형식이 되며, 값을 대입하면 '01012345678, 123456.000, 3724.1234, 12712.3456, 000.0, 000.0, 99, 001, C#' 와 같은 형식으로 표현할 수 있다.

전송되는 파라미터들 중 체크섬 데이터를 제외한 모든 데이터들은 ASCII 형식으로 표현된다.

표 1. 위치정보의 데이터 형식

Table 1. Data format of the location information

No	Parameter	Length	Description
1	CDMA No.	11	Cellular phone no.
2	UTC TIME	10	hhmmss.sss
3	LATITUDE	9	dddmm.mmmm
4	LONGITUDE	10	dddmm.mmmm
5	ALTITUDE	5	xxx.x
6	SPEED	5	xxx.x
7	BAT INFO	2	xx
8	PERIOD	3	xxx
9	CHECKSUM	1	C (hexadecimal)

3.2.2 SMS 제어 명령어

SMS 제어 명령어는 단문메시지(SMS)로 이루어지며 본 논문에서 설계된 데이터 형식을 따른다. 유효하지 않은 범위의 자리는 '0'으로 대체한다.

관리자가 SMS를 통해 송신기로 요청하는 SMS 제어 명령어는 Head, Body, Tail로 구성되며 데이터 형식은 표 2와 같다.

Head는 1byte로 구성됨, 데이터의 시작을 의미하는 '!'에 해당되는 STX(Start of Text)와 3byte로 구성된

표 2. SMS를 이용한 제어 명령어의 데이터 형식
Table 2. Data format of control commands using SMS

Section	No	Parameter	Type	Size
Head	1	STX	Char	1 Byte
	2	Command	Char	3 Byte
Body	3	Data	Char	0 ~ N Byte
Tail	4	ETX	Char	1 Byte

Command로 구성된다.

Body는 위치정보 송신기와 서버 간 교류되는 실제 정보로서 0 ~ N byte로 구성된다.

Tail인 1byte로 구성된, 데이터의 종료를 의미하는 ']'에 해당되는 ETX(End of Text)이다.

3.2.3 SMS 제어 명령어 종류

본 논문에서는 소형 위치정보 송신기의 동작을 효율적으로 제어하기 위해 SMS를 사용한다.

관리자가 SMS를 통해 소형 위치정보 송신기로 보내는 제어 명령어는 표 3과 같이 관리자 명령어 특성에 따라 Change settings value(설정값 변경), Check settings value(설정값 확인), Set a manager(관리자 설정), Test mode(테스트 모드)와 Alert power state(전원 상태 알림)이라는 5가지 명령 그룹으로 구분된다.

- Change setting value : 서버 IP 주소와 서버로 위치정보를 송신하는 주기를 변경하는 명령어 그룹으로 SMS 서버 IP와 주기 변경(A01), 서버 IP 변경(A02), 주기 변경(A03)로 구분되며 주기는 1분에서 240분까지 변경 가능하다.

표 3. 소형 위치정보 송신기의 SMS 제어 명령어
Table 3. SMS control commands of the small sized location information transmitter

No	Command Group	Commands	Description
1	Change setting value	A01	Server IP, period
		A02	Server IP
		A03	Period
2	Check setting value	A11	Server IP, period
		A12	Battery residue
3	Set a manager	A21	Register a manager
		A22	Clear the manager
4	Test mode	T01	Best gesture
		T02	Worst gesture
		T03	Normal gesture
		T04	Change period by second
5	Alert power state	N01	Notify power state

- Check setting value : 위치정보 송신기의 설정 값 (서버 IP, 위치정보를 송신하는 주기, 배터리 잔류량)을 확인하는 명령어 그룹으로 서버의 IP 주소와 주기 확인(A11), 배터리 잔류량 확인(A12)으로 구분된다.
- Set a manager : 위치정보 송신기에 관리자 휴대폰 전화번호를 등록(A21) 및 해제(A22) 하는 명령어 그룹이다.
- Test mode : 위치정보 송신기의 생명주기를 확인(T01, T02, T03) 하거나 위치정보 정밀도를 확인(T04)하기 위해 설계된 그룹 명령어다. T04 명령어를 통해 주기 값을 10초에서 60초까지 변경할 수 있다.
- Alert power state : 위치정보 송신기의 전원 상태를 관리자로 알리는 명령어(N01) 그룹이다.

표 3에서 언급된 명령어 중 'A'와 'T'로 시작하는 11개의 명령어에 대한 응답은 표 4와 같으며, Response code는 Head(STX와 Command 포함)와 Tail 사이에 수신된 character형의 1byte 자리로 표시된다. Response code가 '0'이면 성공, '1' 또는 '2' 또는 '3'이면 오류가 발생한 것이다.

표 4에서 'XXX' 표시는 표 3의 Commands에 해당된다.

N 그룹에 대한 응답 명령어는 'Alert power state' 명령어인 'N01'에 대한 응답 코드로서 표 5와 같이 4가지의 의미로 구분된다.

위치정보 송신기의 전원버튼을 ON하면 위치정보 송신기가 관리자로 'N01' 명령 뒤에 Response code '0' 가 삽입된 [N010]을 보내고, 전원버튼을 OFF하

표 4. A 또는 T 그룹 명령어에 대한 응답 명령어
Table 4. ACK commands for A or T group command

No	Response code	Meaning	Example
1	0	Success	[XXX0]
2	1	Parsing error	[XXX1]
3	2	Data saving error	[XXX2]
4	3	Unknown error	[XXX3]

표 5. N 그룹 명령어에 대한 응답 명령어
Table 5. ACK commands for N group command

No	Response code	Meaning	Example
1	0	Power On	[N010]
2	1	Power Off	[N011]
3	2	Under battery 5%	[N012]
4	3	Under battery 30%	[N013]

면 ‘1’ 이 삽입된 [N011]을 보낸다.

위치정보 송신기의 배터리 잔류량이 5% 미만이 되면 POWER OFF 시퀀스에 진입하고, ‘2’ 가 삽입된 [N012]를 보내고 나서 자동으로 전원이 꺼진다.

위치정보 송신기 배터리 잔류량이 30% 미만이 되면 ‘3’ 이 삽입된 [N013]을 보내어 관리자로 하여금 위치정보 송신기의 충전이 필요함을 알린다.

IV. 시스템 구현 및 시험

4.1 하드웨어 구현

소형 위치정보 송신기의 주요 하드웨어 규격은 표 6과 같다.

소형 위치정보 송신기는 SKT 이동통신사의 3G 이동통신망을 이용하기 위해 WCDMA 모뎀과 2.1GHz의 안테나를 사용하였다.

GPS 수신기는 200m 오차 범위를 허용하는 Maxim Integrated사의 제품을 사용하였다.

MCU는 TI(Texas Instrument)사의 Powerful ARM® Cortex®-M3를 사용하였다.

3축 가속도 센서는 Freescale Semiconductor사의 제품을 사용하였다.

구현된 소형 위치정보 송신기의 PCB 보드(38mm x 35mm x 12mm) 및 보드가 삽입되는 외장 케이스(40mm x 40mm x 17mm)는 그림 7과 같다. 케이스

표 6. 소형 위치정보 송신기의 하드웨어 규격
Table 6. Hardware specifications of the small sized location information transmitter

Classification	Specifications
Network	SKT 3G (WCDMA 2.1GHz)
GNSS	GPS & GLONASS
Antenna	WCDMA 2.1GHz & GPS 1.5GHz Antenna
USIM	Nano USIM
Button	Power On/Off
MCU	Powerful ARM® Cortex®-M3
Sensor	3-Axes ACC Sensor
Battery	3.7V Li-Polymer Battery

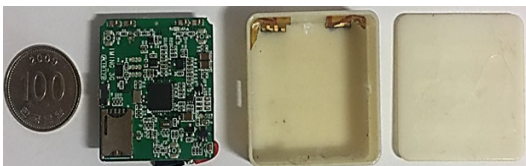


그림 7. 구현된 소형 위치정보 송신기
Fig. 7. The implemented small sized location information transmitter

내부에는 GPS 수신기의 안테나가 부착되어 있다.

4.2 소프트웨어 구현

표 7은 소형 위치정보 송신기의 응용 프로그램을 개발하기 위한 소프트웨어 개발 환경을 나타낸다.

소형 위치정보 송신기의 응용 프로그램은 TI(Texas Instrument)사에서 개발한 CCS (Code Compose Studio) 툴과 실시간 멀티태스킹 커널(SYS/BIOS)의 RTOS(Real Time Operating System) 툴을 이용하여 C언어로 구현하였고 TI v5.2.7 컴파일러를 통해 컴파일 되었다. 운영체제는 TI사에서 출시한 TI-RTOS를 사용하였다.

표 7. 소형 위치정보 송신기의 소프트웨어 개발 환경
Table 7. S/W Development environment of the small sized location information transmitter

Classification	Specifications
Operating System	TI-RTOS
IDE	CSS 6.1.0
SDK	cc26xx 2.01.00.44423
RTOS	tirtos_cc13xx_cc26xx
Compiler	TI v5.2.7

4.3 소프트웨어 기능 구현 및 시험

위치정보 송신기의 소프트웨어 기능은 III장 시스템 설계에서 언급된 내용을 바탕으로 구현되었다. 위치정보 송신기는 별도의 LCD 창이 없으므로 구현된 기능에 대한 검증은 서버와 관리자의 이동단말을 통해 이루어졌다. 위치정보 송신 시험은 서버를 통해, SMS 제어 기능 시험은 관리자의 이동단말을 통해 수행하였다.

4.3.1 위치정보 송신 기능

위치정보 송신기가 설정된 주기로 서버에 수신된 위치 데이터를 서버에서 가공해서 구글맵을 통해 보여주는 GUI(Graphic User Interface) 결과는 그림 8과 같다.

서버에서의 위치정보 조회 및 추적 기능에 대한 시험을 통해 위치정보 송신기가 ‘motion detection event’ 수행을 통해 위치정보를 정상적으로 송신하고 있음을 확인하였다.

4.3.2 SMS 제어 기능

표 3에서 설계된 소형 위치정보 송신기의 SMS 기능 중 대표적인 기능에 대한 구현 및 시험 결과는 그림 8에서 그림 12까지와 같으며, 관리자의 이동전화 단말 상에 나타나는 화면을 통해 나타내었다. 화면의 우측에 표시된 내용은 관리자의 이동전화 단말에서 위



그림 8. 서버에서의 위치 조회 및 추적 기능 시험 결과
Fig. 8. Functional test results for Inquiry and trace functions of the location in server

치정보 송신기로 SMS 제어 명령어를 보낸 것이며 좌측에 표시된 내용은 위치정보 송신기가 이동전화 단말로 보낸 응답 명령어를 나타낸다.

(1) 관리자 등록 및 등록해제

- 관리자가 자신의 전화번호를 위치정보 송신기에 등록하기 위해 위치정보 송신기로 [A21] SMS 제어 명령어를 보내면 그 응답으로 정상 동작을 의미하는



그림 9. 관리자 등록 및 등록해제 기능 시험 결과
Fig. 9. Functional test results for the registering and deregistering for manager

는 [A210] 이 수신된다.

- 관리자가 자신의 전화번호를 위치정보 송신기에서 등록해제하기 위해 위치정보 송신기로 [A22] 명령어를 보내면 그 응답으로 정상 동작을 의미하는 [A220] 이 수신된다.

(2) 전원 상태 알림

- 배터리 잔류량이 특정 값에 도달하거나 전원 ON 또는 전원 OFF 시 알림을 보낼 것을 요청하기 위해 [N01]을 위치정보 송신기로 보낸다.
- 이후, 송신기의 전원 버튼을 OFF 하면 위치정보 송신기는 관리자에게 송신기의 전원이 OFF 되었음을 [N011]을 통해 알린다.
- 송신기의 전원 버튼을 ON 하면 위치정보 송신기는 관리자에게 송신기의 전원이 ON 되었음을 [N010]을 통해 알린다.
- 송신기의 배터리 잔류량이 30% 이하로 판명되면 관리자에게 [N013]을 통해 이를 알린다.

[N01]

[N011]

[N010]

[N013]

그림 10. 전원 상태 알림 기능 시험 결과
Fig. 10. Functional test result for the alerting power state

(3) 서버 IP 주소 및 주기 조회 및 변경

- 현재 설정되어 있는 서버 IP 주소와 전송 주기 정보를 조회하기 위해 [A11] 명령어를 위치정보 송신기로 보내면 응답으로 [A11210.119.084. 102001] 이 수신된다. 수신된 '[A11]'과 '[' 메시지 사이의 숫자 및 문자에서 '210.119.084.102' 표시는 서버

[A11]

[A11210.119.084.102001]

[A02210.119.084.101]

[A020]

그림 11. IP 주소 및 주기 조회 및 변경 기능 시험 결과
Fig. 11. Functional test results for inquiring and changing of IP address and period

IP 주소를 의미하며 마지막 세 숫자인 '001'은 주기 값으로 1분을 의미한다.

- 조회된 설정값 'A11210.119.084.102001'에 대해 설정값을 변경하기 위해 [A02210.119.084.101]을 위치정보 송신기로 보내면 성공시에 [A020]을 받는다. 송신신호 [A02210.119.084.101]에서 'A02'는 설정값 변경 코드를 의미하며 'A02' 이후의 '210.119.084.101' 표시는 변경할 서버 IP 주소를 의미하며 마지막 세 숫자인 '001'은 주기 값으로 1분을 의미한다.

(4) 주기 변경 기능

- 위치정보 송신기의 주기를 10초로 변경하기 위해 [T0410]을 위치정보 송신기로 보내면 성공시에 [A040]을 응답 받는다.
- 주기를 10분으로 수정하기 위해 [A03010]을 위치정보 송신기로 보내면 성공 동작을 의미하는 [A030]을 받는다.



그림 12. 주기 변경 기능 시험 결과
Fig. 12. Functional test results for period changing

(5) 배터리 잔류량 조회 기능

위치정보 송신기의 현재의 배터리 잔류량 조회를 위해 [A12]를 위치정보 송신기로 보내면 현재의 배터리 잔류량이 66% 수준임을 알리는 [A1266]을 응답 받는다.



그림 13. 배터리 잔류량 조회 기능 시험 결과
Fig. 13. Functional test result for checking of the battery residual amount

4.4 성능 시험

본 절에서는 위치정보 송신기의 위치정밀도와 평균 작동 시간에 대한 성능 시험을 통해 구현된 위치정보 송신기를 검증한다.

4.4.1 위치정밀도 확인 시험

(1) 시험 조건에 따른 위치편차 확인 시험

위치정보 송신기를 동일 위치(동명대학교 캠퍼스 내 10m 간격의 30 지점)에서 신발의 미드솔에 삽입한 경우(그림 14 a)와 신발 밖 외부에 노출한 경우(그림 14 b)로 구분한 시험을 통해 위치 편차를 확인하였다. 실험결과 그림 15와 같이 3곳을 제외한 27곳에서 거의 동일한 위치로 확인되어 90% 수준의 위치 정확도를 보였다. 편차가 높은 3곳 중 2곳은 약 9m, 한 곳은 약 11m의 편차가 있는 것으로 관찰되었다. 이는 주변 환경에 의해 형성된 GPS 신호의 다중경로의 영향으로 판단된다.



a) 미드솔에 삽입시 b) 외부에 노출시
a) When inserting midsole b) When exposed to the outside

그림 14. 위치 편차 확인을 위한 시험 조건
Fig. 14. Test conditions to conform the location difference

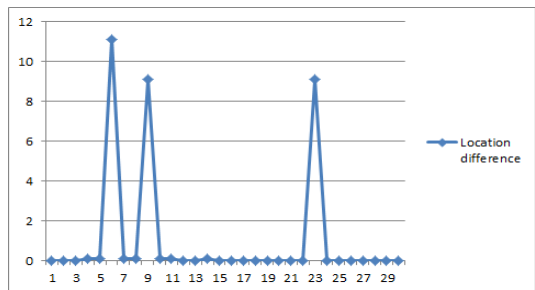


그림 15. 시험 조건에 따른 위치 편차
Fig. 15. Location difference according to test conditions

(2) 기준 위치와의 위치편차 확인 시험

그림 15를 통해 신발의 미드솔에 삽입해도 위치 정확도가 유지됨을 확인하였다. 이 결과를 바탕으로 구현된 위치정보 송신기의 위치의 정확도를 확인하는 시험을 실시하였다.

사전에 구글 지도를 통해 선정된 30개 위치점(인접 위치점간 거리는 10m 간격 유지)간을 그림 16에서 보는 바와 같이 이동할 경우 신발의 미드솔에 삽입된 송



그림 16. 기준위치와의 위치 편차 시험 결과
Fig. 16. Test results of the location difference for reference location

신기를 통해 측정된 위치와 구글지도 상의 기준 위치 간의 평균 오차는 16.4m로 나타났다.

이는 스마트폰, 내비게이션 등 일상에서 사용하는 민간용 측위의 위치정확도가 약 20~30m 수준인 것에 비해 신발 속이라는 열악한 환경에서도 양호한 수준으로 판단된다. 이를 통해 구현된 송신기의 우수성이 검증되었다.

4.4.2 평균 배터리 지속 시간 확인 시험

위치정보 송신기를 100%로 충전한 후 표 8과 같은 3가지 시나리오에 따른 시험을 통해 위치정보 송신기의 배터리 지속 시간을 확인하였다.

표 8. 시나리오별 배터리 지속시간
Table 8. battery life time according to scenarios

Mode	Best	Worst	Normal
Scenario	No movement	GPS On Period 1min	GPS On Period 10min
Life time	60hour	90min	24hour

- Best: 위치 정보 갱신 및 서버 동작 행위를 수행하지 않고 위치정보 송신기가 sleep된 상태일 경우이며 이 때 위치정보 송신기는 60시간 동안 동작하였다.
- Worst: 위치정보 송신기의 움직임 여부와 상관없이 GPS 위치정보를 1초 간격으로 수신해서 서버로 1분 간격으로 전송할 시 위치정보 송신기 작동 시간은 90분이었다.
- Normal: 위치정보 송신기의 움직임 여부와 상관없이 GPS 위치정보를 1초 간격으로 수신해서 서버로 10분 간격으로 전송할 시 위치정보 송신기 작동 시간은 24시간이었다.

구현된 송신기는 배터리 지속시간을 늘리기 위해

송신기 내의 센서를 통해 움직임이 있을 경우에만 CDMA 망을 거쳐 서버에 위치를 알린다. CDMA 통신이 배터리 지속시간에 영향이 제일 큰 점을 고려하면 신발을 신은 사용자가 24시간 활동하지 않는 특성으로 인해 배터리 지속시간은 시나리오에서 제시된 시간보다 더 늘어난다.

V. 결 론

본 논문에서는 GPS 신발가입자 위치관리시스템 중 GPS 신발에 삽입되는 소형의 위치정보 송신기를 설계 및 구현하였다.

GPS 수신기와 CDMA 모뎀이 일체형으로 구성된 모듈 적용을 통해 38mm x 35 mm x 12mm 크기의 소형의 위치정보 송신기의 하드웨어를 설계하고 이에 대한 소프트웨어 동작 및 제어 명령어 형식을 설계하였다. 설계된 사항을 적용하여 소형 위치정보 송신기를 구현하였다. 특히 3축 가속도 센서를 적용을 통해 움직임 감지 시에만 위치정보를 서버로 송신토록 함으로써 동일 위치정보의 반복적인 송신으로 인한 전력소모를 줄이도록 하였다.

서버와 연동 시험을 통해 위치정보 송신 기능이 정상적으로 동작함을 확인하였고, 관리자 단말기와의 연동 시험을 통해 관리자 등록 및 등록해제, 전원 상태 알림, 서버 IP 주소 및 주기 조회 및 변경, 주기 변경, 배터리 잔류량 조회 등의 SMS 제어 기능이 정상적으로 동작함을 확인하였다.

또한 위치정밀도 확인 시험을 통해 위치정보 송신기를 신발의 미드솔에 삽입하더라도 외부에 노출했을 때와 대비하여 90% 수준의 정확도를 유지함을 확인하였고, 측정된 평균 위치오차가 기준값에 비해 16.4m 수준으로 우수함을 확인하였다.

그리고 위치정보 송신기의 평균 배터리 지속 시간은 Normal 모드에서 1일 이상임을 확인하였다.

이상의 기능 및 성능 시험을 통해 구현된 위치정보 송신기를 검증하였다.

개발된 위치정보 송신기는 신발, 수하물 등 모든 객체에 부착 또는 삽입을 통해 객체의 위치 파악 및 이동 경로 확인 등의 다양한 위치기반 서비스를 제공하는 데 기여할 수 있다.

향후 과제로는 기능 및 성능 개선을 통한 경쟁력 있는 제품화를 통해 상용서비스에 적용하는 것이다.

References

[1] H. B. Lee and S. H. Cho, "Development of a LBS-based bicycle monitoring system using GPS-CDMA modem combined terminals," *J. Korea Computer Inf. Assoc.*, vol. 17, no. 8, pp. 41-50, Aug. 2012.

[2] J. H. Ko, D. K. Han, S. R. Lee, H. Y. Park, and D. H. Kim, "Implementation of GPS-based wireless loss prevention system using the loRa module," *J. Digital Contents Soc. (DCS)*, vol. 18, no. 4, pp. 761-768, Jul. 2017.

[3] J. H. Ko, "A study on the positioning system using a cloud-based GPS," Dept. Electronic Commun. Eng. Graduate School of Chonnam National Univ., Doctor degree diploma, Aug. 2016.

[4] J. T. Tak and I. K. Kim, "The development of indoor location measurement system using zigbee and GPS," *J. KSIS*, vol. 17, no. 4, pp. 1-7, Aug. 2012.

[5] C. H. Yun, "Research for indoor positioning system using wireless LAN and bluetooth beacons," Dept. of Computer Eng., Graduate School of Hallym Univ., Master degree diploma, Jun. 2015.

[6] W. Y. Kim, H. C. Zin, J. C. Kim, D. S. Noh, and D. H. Seo, "A study on 3-D indoor localization based on visible-light communication consider ing the inclination and azimuth of the receiver," *J. KOSME*, vol. 40, no. 7, pp. 647-654, Sept. 2016.

[7] P. S. Shin, J. M. Kwon, H. S. Shin, and K. I. Kim, "Real time positioning system (RTLS) and sports tracking technology," *GiGa Korea (GKF)*, pp. 15-23, Feb. 2015.

[8] Media SK magazine, Nov. 03, 2016, from <http://mediask.co.kr/35977>.

[9] M. Enkhzaya, M. Enkhtuvshin, G. H. Kim, J. B. Park, and S. R. Kwon, "Design and implementation of a location transmission module for an object," in *Proc. IEIE*, pp. 494-495, Haeundae Beach, Busan, Korea, Jun. 2017.

[10] M. Enkhzaya, J. J. Yong, and S. R. Kwon,

"Development of a small sized location information transmitter integrated with GPS receiver and CDMA modem," in *Proc. KICS*, pp. 1377-1377, Korea, Jun. 2017.

막마르 엔흐자야 (Enkhzaya Myagmar)



2007년 6월: 몽골 후레정통신 대학교 전자공학과 졸업
 2010년 2월: 동명대학교 정보통신공학과 석사
 2010년 3월~현재: 동명대학교 전기전자정보통신공학과 박사과정

<관심분야> 이동통신, RTLS, LED 무선통신

전 제 용 (Je Yong Jeon)



2008년 3월: 유한대학교 제어계측과 졸업
 2006년 11월~2008년 7월: (주)바이텍 코리아 기업부설 연구소 연구원
 2009년 5월~현재: (주)엔피테크 온 과장

<관심분야> 이동통신 시스템, RF 통신, 임베디드 시스템

권 순 량 (Soon-ryang Kwon)



1982년 6월: 동아대학교 전자공학과 졸업
 1984년 2월: 부산대학교 전자공학과 석사
 1999년 3월: 충남대학교 전자공학과 박사
 1984년 3월~1999년 3월: 한국

전자통신연구원 책임연구원

1999년 3월~현재: 동명대학교 전자공학과 교수

<관심분야> 이동통신시스템, RFID/USN, 홈네트워크, RTLS, LoRa 무선통신, 융합 기술