

스마트컨테이너의 Smart Unit 및 Smart Sensor Unit 구현에 관한 연구

김용성*, 최기철*, 김동욱*

*한국전자기술연구원

e-mail:yskim@keti.re.kr, gichoel@keti.re.kr, dkim20200@keti.re.kr

A study on implementation the Smart Unit and Smart Sensor Unit of smart container

Yong-Seong Kim*, Gi-Choel Choi*, Dong-Wook Kim*

*Korea Electronics Technology institute

요약

본 논문에서는 해운·항만 분야에서 스마트 해상물류 체계를 구축하기 위한 기본 요소로써, 컨테이너에 IoT 통신 기술을 접목하여 컨테이너의 위치·상태정보를 실시간으로 파악함으로써 화주 및 사용자에게 실시간 정보 서비스를 제공할 수 있는 스마트컨테이너 기술에 대해 살펴본다. 특히, 스마트컨테이너에 장착되는 스마트유닛과 스마트센서유닛의 하드웨어 및 소프트웨어 구성요소를 분석하여 개발 및 제작, 구현을 수행한 후 기능 검증을 통해 스마트컨테이너에 내장될 두가지 장비의 기능동작을 검증하였다.

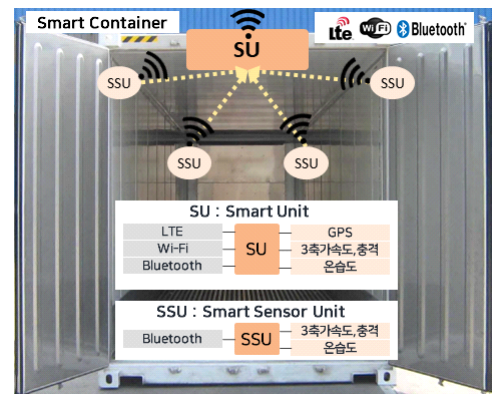
1. 서론

해운·항만 분야의 4차 산업은 해양 분야의 디지털 전환으로 해양산업 전반의 근본적인 변화를 일으키고 있다. 단순히 화물을 운반하는 보수적·노동 집약적인 산업에서 한 단계 진일보하여 빅데이터, 사물인터넷, 블록체인, 인공지능 등 4차 산업혁명 관련 기술을 활용하여 스마트 해상물류 체계를 구축하고자 노력중이다. 해상물류 체계의 핵심 3대 객체로서 선박, 항만, 컨테이너를 들 수 있는데, 4차 산업혁명 시대를 맞아 이들 3대 객체에 대한 스마트화가 강력하게 요구되고 있으며 현재 자율 운항 선박 기술 개발을 통한 선박의 스마트화가 이루어지고 있다. 그중 물류의 기본 매체인 선박의 컨테이너에 대한 스마트화를 추진하고자 컨테이너의 내·외부 정보를 실시간으로 확보하고 필요한 주체에 정보를 전달함으로써 다양한 해운 서비스를 제공하고자 한다. 본 논문은 컨테이너의 스마트화를 위해 구축되어야 하는 IT 기술인 스마트유닛 시스템에 관한 연구이며 스마트유닛 시스템을 구축하기 위한 구성요소와 구현 결과등을 논하고자 한다.

2. 스마트컨테이너의 스마트유닛 및 스마트센서유닛

스마트컨테이너란 기존 해양 물류의 컨테이너에 각종 센서와 IoT 통신장비를 추가하여 컨테이너의 위치정보·상태정보(온도/습도/충격 등)를 획득하고 실시간으로 전송하여 화주

에게 실시간 정보제공 서비스를 가능하게 할 수 있으며, 화물 파손의 책임소재를 명확히 하고 선사의 공컨테이너 회수를 용이하게 할 수 있는 기술이다. 스마트컨테이너에는 기존 컨테이너에 스마트유닛(SU)이라는 단말과 스마트센서유닛(SSU)이라는 센서 단말이 부착되어 컨테이너의 각종 센싱 정보를 실시간으로 전송할 수 있는 컨테이너이다.



[그림 1] 스마트컨테이너 통신시스템 구성도

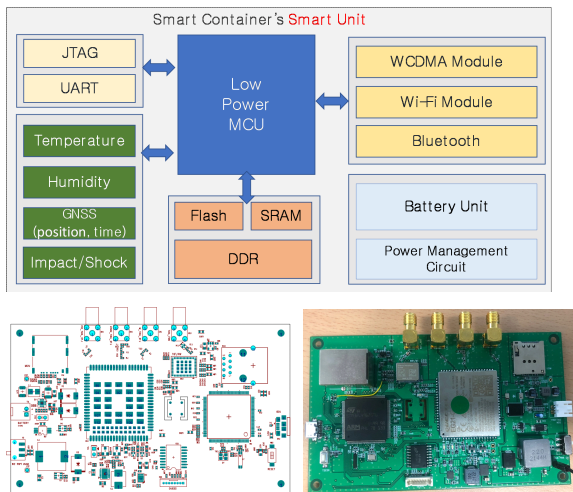
2.1 스마트유닛(SU : Smart unit)

스마트유닛은 스마트컨테이너의 자체 위치정보, 온습도정보, 충격정보를 센싱하고, 스마트센서유닛으로부터 전송되는 정보(온습도, 충격)를 수신받아 자체 정보와 함께 WCDMA 및 LTE망을 통해 육상의 서버에 전송하는 기능을 제공한다. 스마트유닛의 주요 부품은 아래 표와 같다.

[표 1] 스마트유닛의 주요 부품

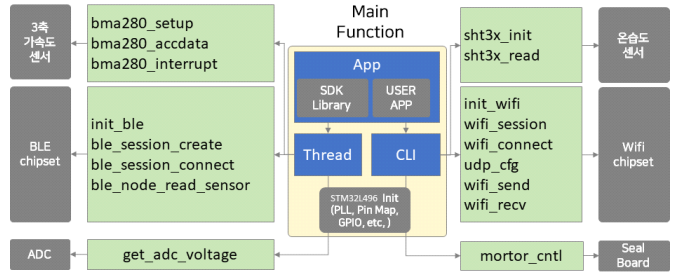
기능	Part name	주요특징
MCU	STM32L496	Arm® 32-bit Cortex®-M4 CPU
LTE,WCDMA, GPS	EG21_G	- LTE-FDD, LTE-TDD, DC-HSDPA, HSPA+, HSDPA, HSUPA, UMTS, EDGE and GPRS networks - GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo, QZSS
Wi-Fi/Bluetooth	BX3100	- Wifi : 802.11 b/g/n/e/i - Bluetooth : v4.2 BR/EDR and BLE compliant
충격센서	BMA280	- SPI 통신, triaxial, low-g acceleration
온습도센서	SHT30-DIS	- I2C 통신, Humidity, Temperature
Flash Memory	MT25QL256ABA	- 256Mbit NOR Flash

스마트컨테이너의 스마트유닛의 구성도는 아래와 같으며, 센서2종(충격, 온습도)과 통신모듈 2종으로 구성되어 있다. 스마트유닛의 전원관리를 위한 배터리 제어회로도 포함된다. Bluetooth 통신은 스마트센서 유닛과 무선네트워크형성을 하고, WCDMA는 지상 기지국과 통신한다. Wi-Fi의 경우, 관리자가 스마트컨테이너의 상태를 수집하고자 할 때, 스마트폰을 활용하여 스마트유닛 플래시 메모리에 저장된 로그값을 수집하기 위한 용도로 사용된다.



[그림 2] 스마트유닛의 구성도 및 실물

스마트유닛의 MCU에서 구동하는 소프트웨어는 [그림 3] 과 같이 구성된다. 기본적인 소프트웨어는 ST micro사에서 제공하는 SDK내부의 HAL(Hard ware Abstract Layer)드라이버및 RTOS를 기반으로 설계하였다. 메인 함수는 PLL, GPIO, PinMap에 대한 설정이 끝나면 기능별 Thread를 생성하거나 CLI를 통해서 각 외장모듈을 제어한다. 먼저 온도, 습도 센서 모듈은 I2C 인터페이스로 제어하고, 가속도, 충격 센서는 SPI 인터페이스를 통해 제어한다. Wi-Fi 및 Bluetooth는 UART 인터페이스를 통해 제어하고, 제어 방법으로는 Thread 또는 CLI(Command Line Interface)를 활용하여 적합한 API를 호출하는 방식을 사용한다



[그림 3] 스마트유닛의 SW 구성도

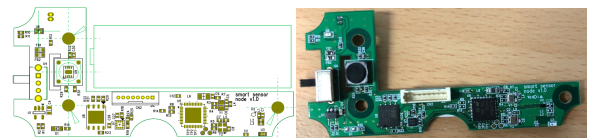
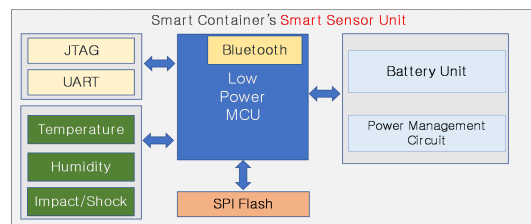
2.2 스마트 센서 유닛(SSU)

스마트컨테이너의 내부의 상태를 체크하기 위한 용도로 사용되는 스마트센서유닛은 온습도센서, 충격센서를 외장형으로 탑재되고, Bluetooth 통신이 내장된 저전력 SoC를 탑재한다. 저전력 SoC는 외장 센서로부터 온습도와 충격정보를 받아 Bluetooth를 통해 스마트유닛으로 센싱 데이터를 전송한다. 스마트 센서 유닛의 주요부품은 아래와 같다.

[표 2] 스마트센서유닛의 주요 부품

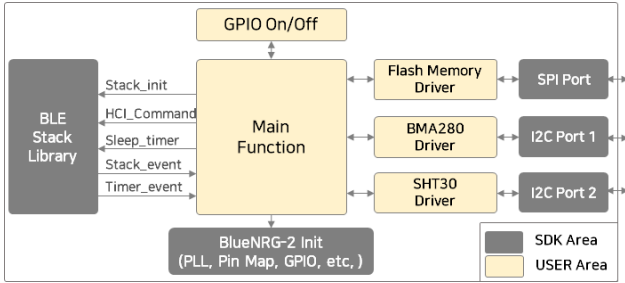
기능	Part name	주요특징
MCU	BlueNRG-2	Bluetooth®LE SIG core specification 5.3 Arm Cortex-M0+ 192 Kbytes of Flash memory 24 Kbytes of RAM
충격센서	BMA280	- SPI 통신, triaxial, low-g acceleration
온습도센서	SHT30-DIS	- I2C 통신, Humidity, Temperature
Flash Memory	SST25PF020B	- 2Mbit SPI Serial Flash

Flash memory의 경우, Bluetooth 통신이 원활하지 않을 경우, 센싱된 최신 데이터 일부 구간을 저장하기 위해 사용되고, 배터리는 일회성 산업용 배터리를 사용한다.



[그림 4] 스마트센서유닛의 구성도 및 실물

스마트센서유닛의 BlueNRG-2에서 구동되는 소프트웨어는 그림 4와 같이 구성되며 BlueNRG-2는 각종 인터페이스 드라이버를 제공하며, 그 드라이버와 연동하는 user driver를 설계한 후 Compiler를 통해 Object 코드를 제작한다. Linker에서는 Bluetooth stack을 불러들여서 최종 image 파일을 생성한 후 내장 flash에 포팅한다.



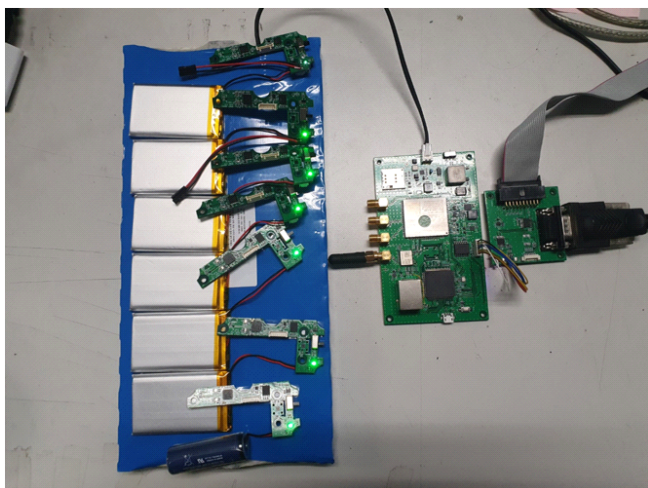
[그림 5] 스마트센서유닛의 SW 구성도

BlueNRE-2의 initial은 BlueNRG-2의 클럭동작속도와 I/O 핀할당, GPIO, SPI, I2C, UART등에 대한 초기화를 수행한다.

SHT30 Driver와 BMA280 Driver는 I2C채널을 통해 온습도 센서와 3축 가속도 센서의 초기화 및 센서 데이터 Read 기능을 하고, 실시간으로 수집된 데이터는 Bluetooth를 통해 스마트 유닛에 전송한다. Flash Memory Driver는 실시간으로 수집된 센서데이터를 SPI 채널을 통해 외부 Flash memory에 저장하거나 향후 요청에 의해 데이터를 Read할 수 있다. SPI Flash 모듈은 바이트 단위의 읽기 및 쓰기와 섹터 단위의 읽기 쓰기 모두 가능하도록 프로그램이 구성되어 있다. 또한 GPIO를 통해 외부 LED를 동작시켜 펌웨어의 내부 동작 상태를 확인할 수 있다. Green LED는 프로그램이 정상적으로 동작함을 나타내고, Red LED는 동작 중 에러가 발생하였음을 나타내며, Blue LED는 동작하지 않음을 표현하였다.

3. 스마트유닛 및 스마트센서유닛 동작 결과

스마트유닛 및 스마트센서유닛의 연동 시험은 아래 환경과 같이 1개의 스마트유닛에 7개의 스마트센서유닛을 연동하고 Bluetooth를 통해 Star topology 형태로 무선 네트워킹을 형성한다.



[그림 6] SU 및 SSU 연동시험환경구성도

다음 로그파일은 스마트유닛의 상태를 보여주고 있으

며, 7대의 스마트센서유닛의 MAC Address 정보와 두 번째 스마트센서유닛의 세션 ID에서 8byte를 수신한 결과 "1b\00\1a\00\00\00\00\00"을 수신하였으며, 1b(27%)는 습도,1a(26도)는 온도를 의미한다.

```

npu_server
smart_unit$ ble session connect c8:40:22:16:b4:d9

smart_unit$ ble info
name: SmartContainer
number of session: 7
session info
session id, mac, is_connected
1,c8:40:22:16:b4:d9,1
2,01:bb:08:ee:09:ff,1
3,aa:bb:cc:dd:ee:10,1
4,aa:bb:cc:dd:ee:12,1
5,aa:bb:cc:dd:ee:13,1
6,aa:bb:cc:dd:ee:14,1
7,aa:bb:cc:dd:ee:15,1

smart_unit$ ble node read sensor 01:bb:08:ee:09
+SRBLEREADECHAR: 2,8,"1b\00\1a\00\00\00\00\00"
OK
sensor humidity:27% temperature=26c
smart_unit$
    
```

[그림 7] SU상의 SSU 접속 정보 로그

4. 결론

논문에서는 스마트 해상물류 체계에 사용될 스마트컨테이너의 개념을 살펴보고 스마트컨테이너에 적용할 IT 기술인 스마트유닛과 스마트센서유닛에 대한 하드웨어, 소프트웨어 구성을 파악한 후, 연구 개발 및 제작을 통해 기능 검증을 수행하였다. Bluetooth 통신기술을 통해 스마트유닛은 스마트센서유닛과 1:7 무선네트워킹을 구성할 수 있었다. 향후 컨테이너에 장착을 통해 기능검증을 수행하고, 장시간 운영을 위한 전력 제어방법에 대한 연구를 수행할 예정이다.

본 논문은 2021년도 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (스마트컨테이너 실용화 기술개발 사업(과제번호: 20210154))