

Design and Implementation of Economical Smart Wall Switch with IEEE 802.11b/g/n

Myeong-Chul Park*, Hyoun-Chul Choi**, Cha-Hun Park*

*Professor, Dept. of Avionics Engineering, Kyungwoon University, Gumi, Korea

**CEO, DAON Co., LTD, Gumi, Korea

*Professor, Dept. of Avionics Engineering, Kyungwoon University, Gumi, Korea

[Abstract]

In this paper, we propose a smart wall switch based on IEEE 802.11b/g/n standard 2.4GHz band communication. As the 4th industrial era evolves, smart home solution development is actively underway, and application cases for smart wall switches are increasing. Most of the Chinese products that preoccupy the market through price competitiveness use Bluetooth and Zigbee communication switches. However, while ZigBee communication is low power, communication speed is slower than Bluetooth and network configuration through a separate hub is additionally required. The Bluetooth method has problems in that the communication range and speed are lower than Wi-Fi communication, the communication standby time is relatively long, and security is weak. In this study, an IEEE 802.11b/g/n smart wall switch applied with Wi-Fi communication technology was developed. In addition, through the two-wire structure, it is designed so that no additional cost is incurred through the construction of a separate neutral line in the building. The result of the study is more than 30% cheaper than the existing wall switch, so it is judged that it will be able to preoccupy the market not only in terms of technological competitiveness but also price competitiveness.

▶ **Key words:** Smart Home, Smart Wall Switch, IEEE 802.11b/g/n, IoT Smart Solution

[요 약]

본 논문에서는 IEEE 802.11b/g/n 규격의 2.4GHz 대역 통신 기반의 스마트 벽스위치를 제안한다. 4차 산업 시대로 진화하면서 스마트 홈 솔루션 개발이 활발히 진행 중이며 스마트 벽스위치에 대한 적용사례가 증가하고 있다. 가격 경쟁력을 통해 시장을 선점하고 있는 중국 제품은 대부분 블루투스 및 지그비 통신 방식의 스위치를 사용하고 있다. 하지만, 지그비 통신은 저전력인데 반해 블루투스보다 통신속도가 늦고 별도의 허브를 통한 네트워크 구성이 추가적으로 요구되는 단점이 있다. 블루투스 방식은 와이파이 통신에 비해 통신 범위와 속도가 낮고 통신 대기시간이 비교적 길며 보안성이 취약한 것이 문제점이다. 본 연구에서는 와이파이 통신 기술을 적용한 IEEE 802.11b/g/n 스마트 벽스위치를 개발하였다. 또한, 2선식 구조를 통하여 건물 내 별도의 중선선 시공을 통한 추가 비용이 발생하지 않게 설계하였다. 연구의 결과물은 기존 벽스위치에 비해 30% 이상 저렴하여 기술 경쟁력뿐만 아니라 가격 경쟁력에서도 시장을 선점할 수 있을 것으로 판단한다.

▶ **주제어:** 스마트 홈, 스마트 벽스위치, 와이파이 통신, 사물 인터넷 스마트 솔루션

-
- First Author: Myeong-Chul Park, Corresponding Author: Cha-Hun Park
 - *Myeong-Chul Park (africa@ikw.ac.kr), Dept. of Avionics Engineering, Kyungwoon University
 - **Hyoun-Chul Choi (daon@idaon.co.kr), DAON Co., LTD
 - *Cha-Hun Park (chpark@ikw.ac.kr), Dept. of Avionics Engineering, Kyungwoon University
 - Received: 2023. 07. 17, Revised: 2023. 08. 01, Accepted: 2023. 08. 07.

I. Introduction

언택트 문화의 확산 등으로 가정에 체류하는 시간이 늘어나고 1인 가구 등 생활 형태도 다양화됨에 따라 개인의 삶에 최적화된 스마트 홈 구축에 대한 관심도가 증가하고 있다. 미국 시장조사업체인 스트래티지애널리틱스의 ‘세계 스마트홈 전망’에 따르면[1], 2021년 스마트홈 솔루션 세계 소비자 지출액은 1,230억 달러이며 코로나19 팬데믹으로 전년대비 다소 감소하였으나 2025년에는 1,730억 달러로 성장과 스마트홈 기기 설치 가수 수도 4억 200만 가구로 전체 20%를 상회할 것으로 예상하였다. 한국스마트홈 산업협회에 조사결과에 따른 국내 시장 동향은 2017년 15조 원에서 연평균 9.5%의 성장률을 기록하여 2025년에는 약 31조원 규모로 확대될 것으로 전망하고 있다. 스마트홈은 소비자들에게 주거생활에 필수적으로 존재하는 제품 및 서비스로 인식되고 있으며 제품과 서비스를 소비자들의 눈높이에 맞춰 개발한다면 성장 가능성이 매우 높은 산업으로 인식되고 있다.

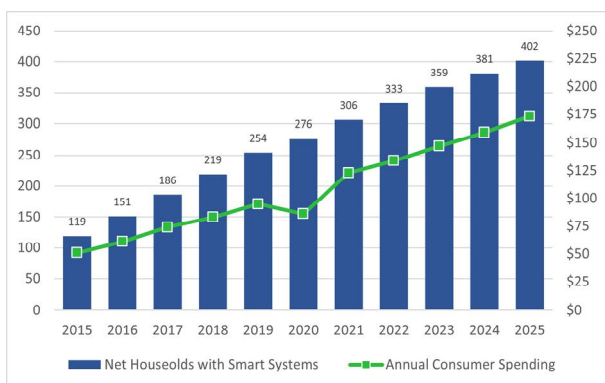


Fig. 1. Households with "Smart" Systems: Global Total[1]

스마트 홈 솔루션의 기본적인 기능은 원격 제어를 통한 사용자 요구사항을 수용하는 것이다. 이에 본 연구에서는 와이파이 통신을 이용한 원격 제어가 가능한 스마트 벽스위치를 구현하였다. 스마트 벽스위치의 장점은 스마트폰을 리모컨으로 사용하여 전등 스위치를 제어하거나 타이머 기능을 통해 자동으로 전원을 제어할 수 있고 외출 중에도 집안의 전원을 제어할 수 있다는 것이다. 과거 무선 통신을 이용해 전등을 제어 위해서는 와이파이기가 되는 전등을 구매하거나 전등의 전선에 Sonoff 스위치를 달아 제어 환경을 구축해야 했지만, 최근 다양한 IoT(Internet of Things) 제품들로 스마트 홈 시대가 열렸고 복잡한 전기 배선 공사가 필요 없는 스마트 벽스위치를 사용함으로써 불편함을 줄이고 무선화된 생활환경으로의 변화가 진행되

고 있다. 스마트 벽스위치에 사용되는 근거리 통신방식은 일반적으로 3가지 통신 기술이 사용되는데 지그비, 블루투스, 와이파이의 통신 방법이 존재한다. 구조적인 측면에서 2선식과 3선식 구조로 구분할 수 있는데, 3선식 제품은 가격이 저렴하지만 국내에서 일반적으로 사용되는 2선식 벽스위치의 연결 구조 중 중성선(Neutral Line)이 추가로 필요하다. 또한 최근 건설업계의 동향으로 자재비 및 인건비 절감의 목적으로 벽스위치에 중성선을 내지 않는 설계가 대부분으로 3선식 스위치를 사용하기 위해서는 건물 내 중성선 시공을 추가적으로 해야 하는 문제점을 가진다. 통신 방식 측면에서 지그비 통신은 가장 저전력을 소모하지만 통신 속도가 느리고 지그비 통신을 사용하는 제품들의 네트워크를 구성하기 위해서는 별도의 허브가 필요하며 이는 곧 가격 상승의 요인으로 작용한다. 블루투스 통신의 경우 와이파이 통신에 비해 통신 범위와 속도가 낮고 통신 대기시간이 비교적 길며 결정적으로 보안성이 떨어지기 때문에 스마트 홈 구축에 사용될 제품으로는 와이파이 통신 방식의 제품이 적합하다. 이에 본 연구에서는 기존 제품에 비해 경제적인 2선식 와이파이 방식의 벽스위치를 개발하고자 한다. 논문의 구성은 2장에서 스마트 스위치와 관련된 국내의 시장 동향과 기존 연구를 살펴보고 3장에서 구현을 위한 파워보드 및 제어보드 모듈의 설계에 관해 기술하고 실제 구현된 스마트 벽스위치에 대해 상세히 설명한다. 마지막 4장에서 결과에 관해 기술한다.

II. Background

1. Related Works on Smart Home Systems

‘스마트 하우스’는 조직화된 홈오토메이션 시스템에 가정 내 전기 및 전자 장치를 연결하여 인간 상호 작용의 필요성을 줄이고 편리성과 안전성을 전제로 에너지 효율성을 향상시키는 기술을 의미한다. 또한, 자동화 관점에서는 시설에 필요한 하나 이상의 주요 시스템 기능에 대한 포괄적이고 조정된 제어를 포함하는 시스템을 의미하기도 한다. 따라서 스마트 홈 시스템은 다양한 장치를 사용자의 편리성과 효율성에 근거하여 제어하는 기술로 총칭된다.

스마트 홈 시스템의 여러 기능적 요소 중에 가장 일반적인 기능이 조명이라 할 수 있다. 조명은 가정에서 가장 중요하고 일반적인 전기적 제품으로 자연광을 대신하는 인공조명으로 널리 사용되고 있다. 자연광의 정도에 따라 자동으로 동작하는 조명도 스마트 시스템에 포함되지만, 원거리에서 스위칭을 위한 제어 시스템에 최근 일반화되고

있는 추세이다. 스마트 홈 시스템은 크게 두 가지 역할로 분리되는 것이 일반적이데, 명령 기능에 해당하는 스마트 스위치 기능과 전력선을 직접 연결하는 스마트 액추에이터 기능이다.

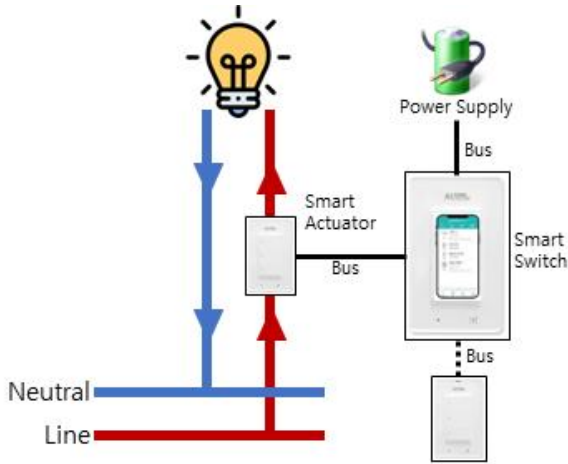


Fig. 2. Infrastructure of Smart Home System

또한, Fig. 2와 같이 명령과 액추에이터는 모두 정보를 송수신해야 하므로 통신 버스에 연결되어 있어야 한다. 이러한 버스는 전원 공급 장치에서 시작하여 시스템의 모든 스마트 모듈을 연결하고 있어야 한다. 조명장치와 같은 구동 단말 장치는 액추에이터를 거쳐 설비의 전원 부분과 통신 버스에 모두 연결되는 반면, 스위치, 온도 센서, 타이머 등의 제어 장치는 통신 버스에만 연결된다. S.Surendra[2]는 아두이노 기반의 스마트 앱을 이용한 ZigBee 기반의 원격 제어를 위한 마이크로 웹 서버를 구현하여 저비용의 유연한 홈 제어 및 모니터링 시스템을 제안하였다. Salas[3]은 임베디드 C기반에서 KEIL 소프트웨어와 LC2128 마이크로컨트롤러 사용하여 GPRS(Geeral Packet Radio Service)를 지원하는 2G 스마트폰을 사용한 스마트 스위치를 제안하였다. R.Akila[4]는 홈오토메이션 시스템에 아두이노와 라즈베리파이 등의 모듈을 이용해 저가형 시스템 구현을 위한 기본 구조를 소개하였다. K.Jain[5]는 기본 모듈식 배전반을 보완한 Smart Switch Box를 제안하였는데 ESP32 보드를 이용하여 Solis State Relay 와 Rotary Switch를 제어하는 시스템을 구현하였다. 동작제어는 클라우드 서버를 이용하여 제어 명령어를 전송하는 방식을 사용하였다. 하지만 이는 기존 배전반이 아닌, 별도의 동작 모듈이 구성되어야 적용 가능한 제한점을 가진다. S. Praveen Kumar[6]은 Node MCU을 이용하여 수동 토글 동작과 원격 제어가 동시에 가능한 스마트 스위치를 제안하였다. 하지만 결과물은 프로토타입 수준

로 실제 환경에서 사용하기에는 많은 제한이 따른다. Fabian[7]은 사용자가 모바일 애플리케이션을 통해 가정에서 Wi-Fi 무선 e-스위치를 원격으로 제어하고 모니터링 할 수 있는 사물인터넷 기반 플랫폼 및 클라우드 환경의 설계 및 구현을 소개하였지만, 구체적인 하드웨어보다는 소프트웨어 측면의 앱 개발에 치중하였다.

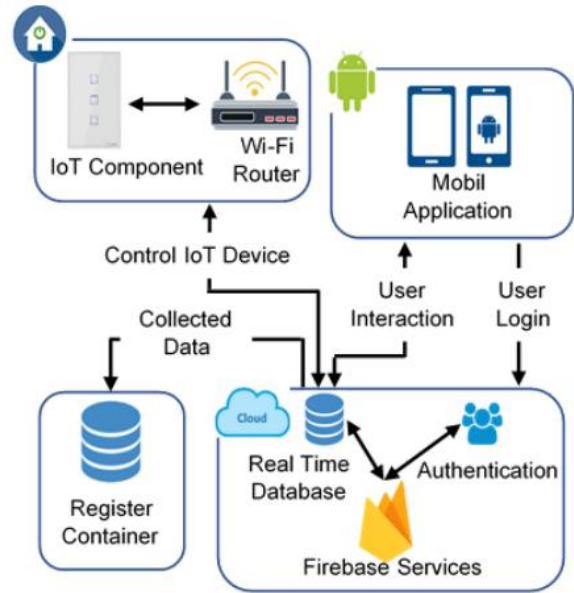


Fig. 3. Platform architecture of E-Switch[7]

2. Smart Switch

Lei Wang[8]은 스마트 플러그 장치를 이용하여 가전제품을 제어하고 모니터링하는 솔루션을 제안하였다. 두 개의 온도 센서와 전류 센서 및 IRemitter를 통합하여 WiFi 연결을 통해 액세스할 수 있는 전원 스위치를 의미한다. 전체적인 구조는 클라이언트/서버 모델이고 웹 클라이언트가 JavaScript와 Ajax를 사용하여 데이터를 전송하는 RESTful 기반 웹 서비스방식으로 운영된다. 그리고 사용자는 안드로이드 기반의 앱을 이용하여 웹 서버와 통신한다. Abiodun E.Amorn[9]는 아두이노 마이크로컨트롤러를 사용한 음성 프롬프트 기반의 홈오토메이션 시스템을 제안하였다. 이 시스템에는 아두이노 마이크로컨트롤러 외에도 신호 전송을 위한 Bluetooth 모듈, 가전제품을 제어하기 위한 앱 인벤트 기반(MIT App Inventor 2)의 애플리케이션이 있는 스마트폰의 세 가지 주요 구성 요소가 포함되어 있다. Bagdel[10]은 ESP8266 Wi-Fi 모듈, 릴레이, 로직 레벨 컨버터 모듈, 정전식 터치 센서 모듈로 구성된 안드로이드 애플리케이션을 개발했으며 Wi-Fi 기술을 사용하여 스위치를 제어하였다.

III. Design and Implementation

1. Design of Power Board and Realy Board

스위치의 Power Board는 구조상 작은 보드 내에 많은 부품이 사용됨으로 효율적인 회로 설계가 필수적이다. 또한 안정적인 전류 공급이 가능한 설계와 전자식 릴레이 방식의 Power Board 개발을 위하여 적층 구조의 PCB 설계를 진행하였다.

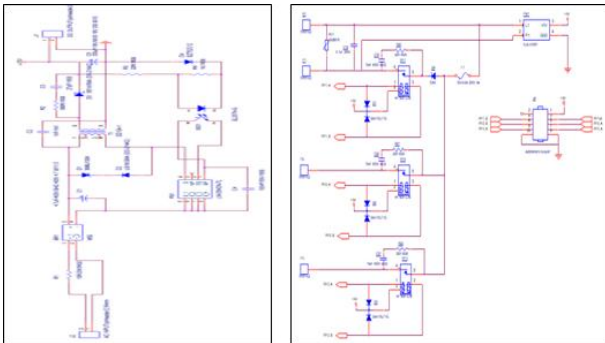


Fig. 4. Circuit Diagram of Power Board(Left) and Relay Board(Right)

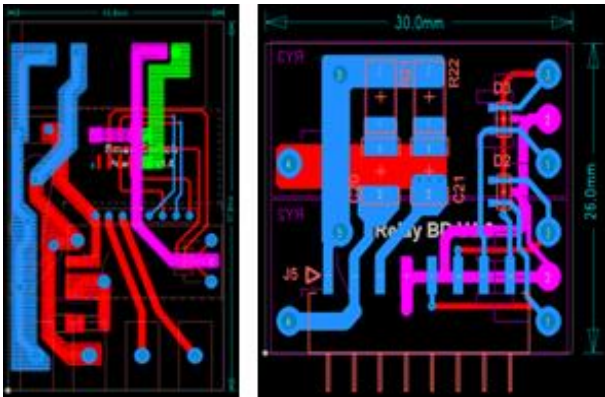


Fig. 5. Artwork of Power Board(Left) and Relay Board(Right)

Fig. 6은 실제 제작된 Power Board와 Relay Board 기판을 보인 것이고, Fig. 7은 Power Board에 Relay Board를 조립한 결과를 보이고 있다.

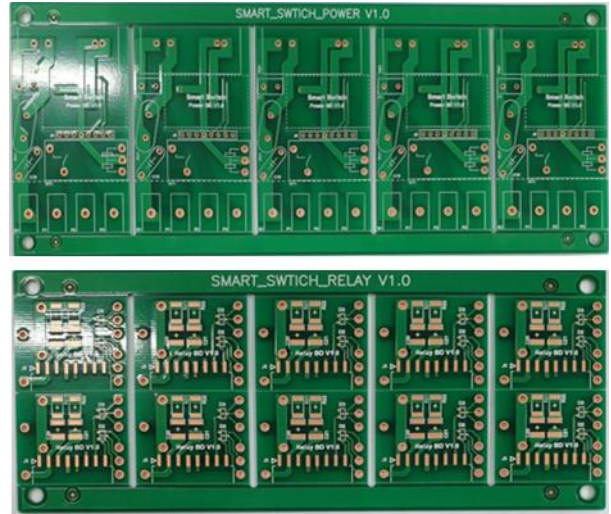


Fig. 6. Power Board(Top) and Relay Board(Bottom) Sample

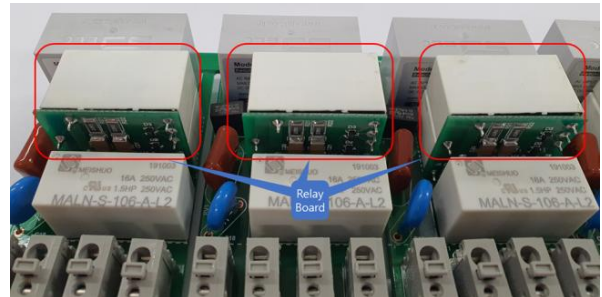


Fig. 7. Assembly of Power Board and Relay Board

Fig. 4의 회로도에서 보인 것과 같은 중성선 없이 구동 가능한 보드를 설계하였으며, Fig. 8과 같이 Power Board와 Controller Board에 연결 핀을 이용하여 적층 구조로 PCB를 설계하였다.



Fig. 8. Power Board and Controller Board

2. Design of Controller Board

터치 스위치 제어와 WiFi 통신을 위한 Controller Board의 회로설계도는 Fig. 9와 같다. ESP8266 IC를 이용하여 WiFi 기능과 MCU 통합 모듈 형태로 원칩화된 IC를 이용하여 제어부를 개발하였다. 또한 WiFi 2.4GHz 대역 안테나는 Amotech사의 칩 안테나를 이용하여 PCB 외곽으로 전방향성 안테나를 사용하였다.

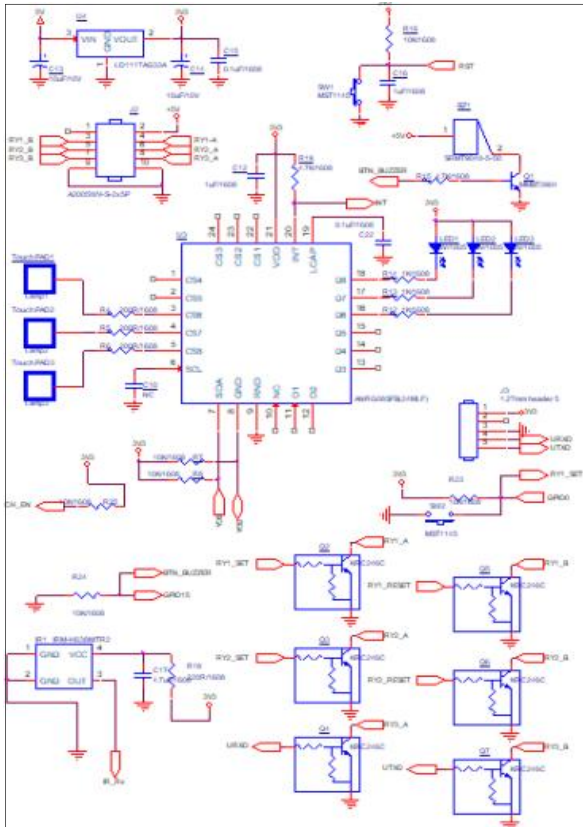


Fig. 9. Circuit Diagram of Controller Board

Power Board 내 전자식 스위치 제어는 래치타입 릴레이를 통해 방향(+,-) 제어를 위한 MCU GPIO 세팅과 별도 스펙트럼을 사용하여 타이머 기능 구현하였으며 터치 IC와 I2C 인터페이스로 제어 및 입력포트 확인 펌웨어를 구현하였다. Controller Board 내에 Wi-Fi 통신 프로토콜을 적용한 상태별 제어를 위한 펌웨어 개발하였다. 또한, 터치 IC를 적용하여 2채널 입출력 기반 터치부를 추가하였다. Fig. 9를 바탕으로 실제 구현된 Controller Board의 아트웍과 PCB 결과물은 Fig. 10과 같다.

센서 설치를 위한 통신 소켓 구조는 Table 1과 같다. 이는 App(Application)에서 센서로 전달되는 메시지를 의미한다. 센서에서 서버를 전달되는 소켓 메시지는 Table 2와 같으며 암호화(AES256)된 형태로 전달된다.

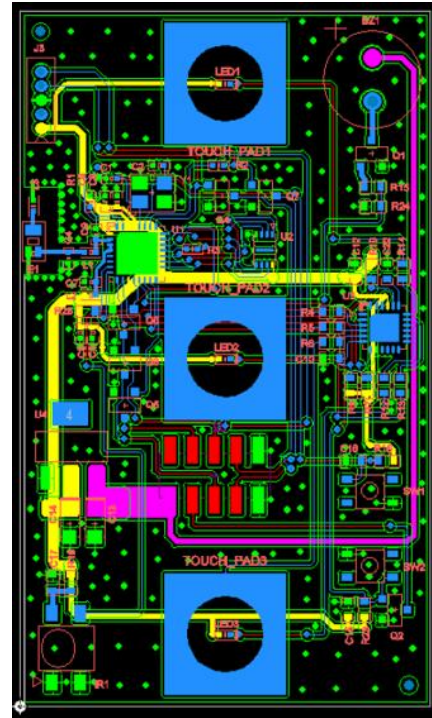


Fig. 10. Artwork of Controller Board

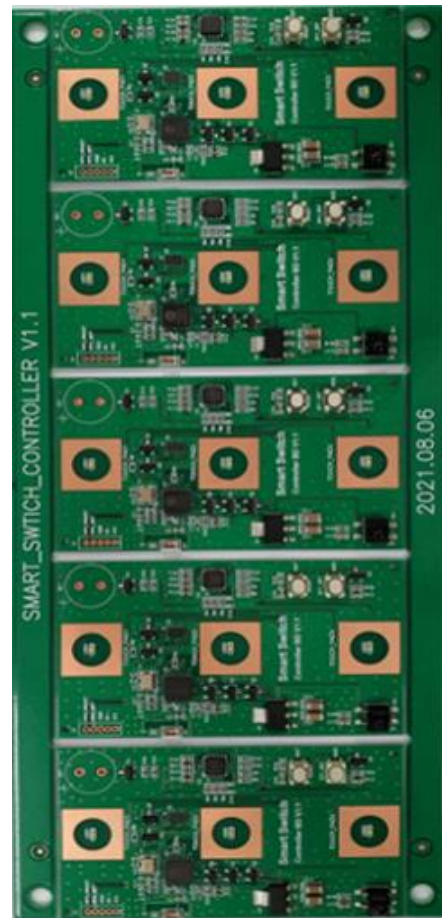


Fig. 11. PCB of Controller Board

Table 1. Structure of Socket(sensor installation)

Request	Description	Length	Type
Com. Code	0901	4	String
SSID L	SSID length	2	String
Pass L	Password length	2	String
SSID	SSID	~32	Hex
Pass	SSID Password	~64	Hex
Server Code	0	1	String
User ID	ID	8	Hex
Response	Description	Length	Type
Com. Code	0901	4	String
Message	0000	4	String

Table 2. Structure of Socket(states of sensor)

Request	Description	Length	Type
Com. Code	0104	4	String
Sensor Type	0x02(smart sensor)	2	Hex
Sensor ID	ID	12	String
Noti Srate	Action rules	2	String
SW Ver.	Major / Minor	2, 2	Hex
HW Ver.	Major / Minor	2, 2	Hex
User ID	ID	8	Hex
Response	Description	Length	Type
Com. Code	0104	4	String
Message	0000	4	String
Sensor Type	25	2	Hex
Sensor ID	ID	1	String

Fig. 12는 터치 IC 제어를 위한 I2C 드라이버 관련 펌웨어와 통신 프로토콜에 따른 터치 시, 피드백과 GPIO 확장 보드로 LED를 제어하는 코드의 일부분을 보인 것이다.

```

esp_err_t i2c_init(i2c_port_t port, gpio_num_t sda, gpio_num_t scl, uint32_t clk_speed) {
    i2c_config_t config = {
        .mode = I2C_MODE_MASTER,
        .sda_io_num = sda,
        .sda_pullup_en = GPIO_PULLUP_ENABLE,
        .scl_io_num = scl,
        .scl_pullup_en = GPIO_PULLUP_ENABLE,
        .master.clk_speed = clk_speed,
    };
    RET( i2c_param_config(port, &config) );
    RET( i2c_driver_install(port, config.mode, 0, 0, 0) );
    return ESP_OK;
}

esp_err_t touch_command(i2c_port_t port) {
    _buffer[0] = touch_I2C_FRAME_HEADER;
    _buffer[1] = 0x7; // frame length
    _buffer[2] = touch_I2C_CONTROL_MODE;

    uint16_t data;
    switch (touch_I2C_CONTROL_MODE) {
        case touch_I2C_CTRL_SET_UP_CONTINUOUSLY_MEASUREMENT:
            data = 0xFFFF;
            break;
        case touch_I2C_CTRL_SET_UP_CALIBRATION_COEFFICIENT:
            data = touch_I2C_CALIBRATION_COEFFICIENT;
            break;
        default:
            data = touch_I2C_MEASURING_TIME;
            break;
    }
    _buffer[3] = data >> 8;
    _buffer[4] = data & 0xFF;
    _buffer[5] = 0; // Reserved

    // Calculate checksum
    _buffer[6] = _buffer[0];
    for (uint8_t i = 1; i < 6; i++) {
        _buffer[6] ^= _buffer[i];
    }

    uint8_t addr = touch_I2C_ADDRESS;
    i2c_cmd_handle_t h = i2c_cmd_link_create();
    RET( i2c_master_start(h) );
    RET( i2c_master_write_byte(h, (addr << 1) | I2C_MASTER_WRITE, true) );
    for (uint8_t i=0; i<7; i++) {
        RET( i2c_master_write_byte(h, _buffer[i], true) );
    }
    RET( i2c_master_stop(h) );
    RET( i2c_master_cmd_begin(port, h, 1 / portTICK_RATE_MS) );
    i2c_cmd_link_delete(h);
    return ESP_OK;
}

```

Fig. 12. Firmware of Touch IC

WiFi 연결 보안 관련한 WPA, WPA2 PSK 방식을 지원 하도록 WiFi의 연결 인증 보안을 강화하였으며, 관련 코드의 일부분은 Fig. 13과 같다.

```

void wifi_init_softap(void)
{
    ESP_ERROR_CHECK(esp_netif_init());
    ESP_ERROR_CHECK(esp_event_loop_create_default());
    esp_netif_create_default_wifi_ap();

    wifi_init_config_t cfg = WIFI_INIT_CONFIG_DEFAULT();
    ESP_ERROR_CHECK(esp_wifi_init(&cfg));

    ESP_ERROR_CHECK(esp_event_handler_instance_register(WIFI_EVENT,
                                                       ESP_EVENT_ANY_ID,
                                                       &wifi_event_handler,
                                                       NULL,
                                                       NULL));

    wifi_config_t wifi_config = {
        .ap = {
            .ssid = EXAMPLE_ESP_WIFI_SSID,
            .ssid_len = strlen(EXAMPLE_ESP_WIFI_SSID),
            .channel = EXAMPLE_ESP_WIFI_CHANNEL,
            .password = EXAMPLE_ESP_WIFI_PASS,
            .max_connection = EXAMPLE_MAX_STA_CONN,
            .authmode = WIFI_AUTH_WPA_WPA2_PSK
        },
    };
    if (strlen(EXAMPLE_ESP_WIFI_PASS) == 0) {
        wifi_config.ap.authmode = WIFI_AUTH_OPEN;
    }

    ESP_ERROR_CHECK(esp_wifi_set_mode(WIFI_MODE_AP));
    ESP_ERROR_CHECK(esp_wifi_set_config(WIFI_IF_AP, &wifi_config));
    ESP_ERROR_CHECK(esp_wifi_start());

    ESP_LOGI(TAG, "wifi_init_softap finished. SSID:%s password:%s channel:%d",
             EXAMPLE_ESP_WIFI_SSID, EXAMPLE_ESP_WIFI_PASS, EXAMPLE_ESP_WIFI_CHANNEL);
}

```

Fig. 13. Part of WiFi security related code

WPA 방식의 기본 암호화 알고리즘은 TKIP지만, 최근 무선 기기들은 보안을 강화하기 위해 WPA라든 WPA2에서 기본 알고리즘으로 채택한 AES(Advanced Encryption Standard) 기반 CCMP(Counter Cipher Mode with block chaining message authentication code Protocol)를 함께 지원하여 비밀번호 보안을 강화하였다. AES-CCMP 알고리즘은 가변 키 크기를 가지는 수학적 암호화 알고리즘을 사용해 암호키를 특정 시간이나 일정 크기의 패킷 전송 후 자동으로 변경시키는 방식이다. 장작 케이스 및 Front and Back Cover 디자인을 거친 최종적인 스마트 벽스위치는 Fig. 14와 같다.



Fig. 14. Smart Wall Switch with IEEE 802.11b/g/n

IV. Conclusions

본 논문은 IEEE 802.11b/g/n 규격의 2.4GHz 대역 통신 기반의 스마트 벽스위치를 제안하였다. 안정적인 전류 공급이 가능한 설계와 전자식 릴레이 방식의 Power Board와 터치 스위치 제어와 WiFi 통신을 위한 Controller Board를 개발하였다. 구현된 결과물은 블루투스나 지그비 통신 기반의 중국산 제품과 국내 제품에 비해 30%이상 저렴한 가격 경쟁력을 가지며, 스마트 홈 솔루션 개발 업체와 제품 활용 협약을 체결하여 경제성을 입증하였다. 향후 스마트 홈 솔루션 및 응용 분야에 활용될 수 있을 것으로 기대되며, 전용 App 개발을 통한 사용성 증대를 위한 연구 활동을 지속할 계획이다.

REFERENCES

- [1] STRATEGY ANALYTICS , Smart Home, <https://www.strategy-analytics.com/access-services/devices/connected-home/smart-home/market-data>
- [2] Surendra. S, and B Sandhya Rani, "Implementation of Smart Home Control by Using Low Cost Arduino & Android Design," *International Journal for Research Trends and Innovation*, Vol. 1, No. 1, pp. 1-22. Oct. 2016. DOI : 10.6084/m9.doione.IJRTI1610001
- [3] J. E. G. Salas, R. M. Caporal, E. B. Huerta, J. J. Rodriguez and J. J. R. Magdaleno, "A Smart Switch to Connect and Disconnect Electrical Devices at Home by Using Internet," in *IEEE Latin America Transactions*, Vol. 14, No. 4, pp. 1575-1581, April 2016, DOI: 10.1109/TLA.2016.7483485
- [4] Akila, R. and K, Dharmarajan, "A Low Cost implementation of Smart Home Automation Using Arduino," *Proceedings of the International Conference on Innovative Computing & Communication(ICICC) 2021*, DOI : 10.2139/ssrn.3884923
- [5] K. Jain, A. Pasari, K. Sanghavi, G. Haldankar, R. Sutar and P. Kasambe, "IoT Enabled Programmable SwitchBox with existing SwitchBoard back," *2021 International Conference on Advances in Computing, Communication, and Control (ICAC3)*, Mumbai, India, 2021, pp. 1-6, DOI: 10.1109/ICAC353642.2021.9697141
- [6] S. Praveen Kumar et al., "Design and Fabrication of Iot Switch with Manual Override," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 1055. 2021. DOI : 10.1088/1757-899X/1055/1/012086
- [7] García-Vázquez, Fabian, Héctor A. Guerrero-Osuna, Gerardo Ornelas-Vargas, Rocío Carrasco-Navarro, Luis F. Luque-Vega, and Emmanuel Lopez-Neri, "Design and Implementation of the E-Switch for a Smart Home," *Sensors*, Vol. 21, No. 11:3811, 2021. DOI : 10.3390/s21113811
- [8] Lei Wang, Dunlu Peng and Ting Zhang, "Design of Smart Home System Based on WiFi Smart Plug," *International Journal of Smart Home*, Vol. 9, No. 6, pp. 173-182, 2015. DOI : 10.14257/ijsh.2015.9.6.19
- [9] Abiodun E. Amoran and Ayodele S. Oluwole and Enitan O. Fagorola and R.S. Diarah, "Home automated system using Bluetooth and an android application," *Scientific African*, Vol. 11 : e00711, 2021. DOI : 10.1016/j.sciaf.2021.e00711
- [10] Sejal Bagde, Pratiksha Ambade, Manasvi Batho, Piyush Duragkar, Prathmesh Dahikar, Avinash Ikha, "Internet of Things (IOT) Based Smart Switch," *Journal of ISMAC*, Vol. 3, No. 2, pp. 149-162, 2021. DOI : 10.36548/jismac.2021.2.007

Authors



Myeong-Chul Park received a B.S. degree in Computer Science from Korea National Open University in 1999, and the M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science from GyeongSang National University in 2002 and

2007, respectively. He is currently a Professor in the Department of Avionics Engineering, KyungWoon University. He is interested in Visualization, Simulation, Education of Software, Healthcare, and DTx(Digital Therapeutics).



Hyoun-Chul Choi received a B.S. degree in Department of Electronics Engineering from KyungWoon University in 2004. He is currently working as the CEO of Daon Co.k Ltd.

He is interested in Smart Factory, 6G AP and Security System.



Cha-Hun Park received a B.S degree in electronic engineering from Yeungnam University in 1988, and the M.S. and Ph. D. degrees in electronics engineering from Yeungnam University in 1990 and 2001,

respectively. He is currently a Professor in Department of Avionics Engineering, Kyungwoon University. He is interested in Embedded System, SoC and Telemetry System.