

# OpenWrt와 Android 연동 원격 홈 네트워크 제어 시스템 설계 및 구현

김정길\* 종신회원

## Design and Implementation of a Home Network System on OpenWrt using Android Remote Control

Cheong Ghil Kim\* Lifelong Members

### 요 약

본 논문에서는 소형 임베디드 시스템을 홈 네트워크 서비스 제어 시스템으로 활용하여 가정의 전기를 스마트폰을 이용하여 원격으로 제어함으로 에너지를 절약할 수 있는 시스템을 제안한다. 제안 시스템의 구성은 OpenWrt 임베디드 리눅스 기반의 소형 유무선공유기를 임베디드 시스템 개발 플랫폼으로 홈 네트워크 서비스 제어 시스템을 구현하였으며, Android 스마트폰 어플리케이션을 통한 원격 제어 기능 구현하였으며, 가정의 조명 시스템은 기존 인터페이스 보드에 LED를 연결하여 구성하였다. 프로토타입 시스템은 OpenWrt 운영체제가 설치된 Buffalo의 WZR-HP-G450H 유무선공유기, LED를 연결한 Arduino의 Uno 인터페이스 보드, Android 어플리케이션 개발 환경은 한백전자의 HBE-SM5-S4210 개발 키트를 이용하여 구현하였다. 동작 검증은 Android 기반 원격제어를 위한 TCP/IP 프로그래밍, 유무선공유기와 Android 개발 키트 인터페이스를 위한 소켓통신 프로그래밍, 유무선공유기와 인터페이스 보드 연결을 위한 UART 통신 프로그램으로 실행하였다. 구현 결과 소형 유무선공유기를 이용한 저 비용의 홈 네트워크 시스템의 가능성을 보여주었다.

**Key Words** : OpenWrt, Wireless Router, Android, Home Networks, Light Control

### ABSTRACT

This paper introduces a home network service system using a low-cost wireless router on OpenWrt which can be remotely controlled by Android devices. The proposed system consists of an embedded system development platform for home network service control based on OpenWrt embedded Linux, an embedded system development platform, a remote control on Android, and a home lighting device made by an interface board with LEDs. The prototype system is made of a wireless router of Buffalo, WZR-HP-G450H, Arduino Uno interface board with LEDs, and an Android development kit of HBE-SM5-S421. The operation was performed by TCP/IP programming for Android remote control, socket programming between Android development kit and wireless router, and UART communication programming between the interface board and wireless router. The implementation result shows that a low cost home network system could be implemented with a wireless router.

## I. 서론

오늘날 반도체 및 무선통신의 발전은 다양한 실세계 사물에 컴퓨팅 능력을 갖추도록 하였으며, 다양한 기기들을 네트워크로 연결하여 언제, 어디에서나 주변 정보의 수집이 가능하게 하였다. 특히, 이들을 웹 인터페이스로 연결하여 빌딩자

동화, 전력그리드, 수송, 물관리, 유통 및 물류, 산업 자동화, 홈 네트워크, 헬스 케어, 환경보호 등 자동관리 서비스가 제공되고 있다.

특히, 현재의 IT환경은 인터넷과 무선통신이 대중화 된 IT 생활단계로 홈 네트워크와 모바일 간의 경계를 허물고 있다. 구글의 모바일 운영체제인 Android[1]는 이미 모바일 단

\*본 논문은 2012년도 남서울대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

\*남서울대학교 컴퓨터학과 (cgkim@nsu.ac.kr)

접수일자 : 2012년 12월 5일, 수정완료일자 : 2012년 12월 7일, 최종 게재확정일자 : 2012년 12월 17일

계를 넘어서 PC와 각 가전 장치에 탑재 되고 있다. 스마트폰의 급속한 확산은 용이한 인터넷 접속을 위하여 선 연결 없이 자유로운 네트워킹이 가능한 유무선공유기가 필수품으로 자리 잡게 하였다. 유무선공유기는 하나의 네트워크 기기 이면서 동시의 하나의 임베디드 컴퓨터로서 PC에 준하는 CPU와 수십 MB의 메인메모리 및 보조 메모리를 가지고 있다. 또한 임베디드 디바이스용 오픈 소스 운영체제인 OpenWrt (Open Wireless Router)[2,3]를 포팅 후 프로세싱이 가능하며 다양한 지원 패키지를 이용하여 주변기기와의 연동이 가능하대[4].

최근 지구온난화에 따른 영향으로 기후 변화에 대한 여러 가지 환경적인 문제들이 대두되고 있으며 이는 현재 세계적으로 큰 이슈로 부각되고 있다. 따라서 세계 각 국에서는 지구 온난화를 방지하려는 움직임이 활발하게 진행되고 있다 [5]. 이에 따라 IT기업들은 환경을 보호하고 전기를 절약하기 위해 스마트 그리드라는 친환경 그린테크놀로지(Green Technology) 연구 개발을 통해 에너지 효율 향상으로 에너지 절감 및 신재생에너지를 통한 분산전원 활성화를 통해 에너지 안보 확보 및 화석 연료 사용 절감을 통한 온실가스 감축효과를 꾀하고 있다[6].

본 논문에서는 홈 네트워크 시스템과 안드로이드의 모바일 플랫폼과의 융합으로 OpenWrt 기반의 홈 네트워크 시스템을 이용하여 원격 가정 조명 제어 시스템을 구현하였다. 시스템은 유무선공유기에 OpenWrt를 포팅하여 인터페이스 보드(Interface-Board)와 조명(LED)를 연결하고 소켓통신으로 Android 기기와 통신하여 조명 제어 기능을 구현함으로써 가정 에너지를 절감 가능한 시스템을 구현하였다.

본 논문의 구성은 1장 서론에 이어 2장 시스템 구성 및 개발 환경에 대하여 서술하고 3장에서 시스템 사양 및 구현 결과에 관하여 서술하였다. 그리고 최종적으로 4장에서 결론을 제시한다.

## II. 시스템 구성 및 개발 환경

본 논문에서 제안하는 홈 네트워크 시스템의 구성은 유무선공유기, 이를 제어할 안드로이드 플랫폼, LED 조명 및 제어를 위한 인터페이스보드로 구성된다. 스마트폰은 유무선공유기와 통신을 하고, 유무선공유기는 유무선공유기의 USB (Universal Serial Bus)에 설치된 인터페이스 보드와의 통신을 통해 LED를 제어한다. 이후, 결과는 실물 LED 제어를 통해 확인 가능하다. 그림 1은 시스템의 데이터 흐름 및 구성을 보여주고 있다.

유무선공유기에 OpenWrt를 포팅하기 위하여 opkg를 이용하여, Backfire OpenWrt KMOD-USB-ACM 패키지를 설치한 뒤에 Arduino[7]를 연결하여 보드와 공유기의 통신을 연결하였다. 다음으로 C와 Linux의 라이브러리를 사용하

여 TCP/IP 프로토콜을 통한 소켓통신[8], USB포트를 통한 제어데이터 전송을 위한 서버프로그램을 Baud Rate를 맞추고 USB의 포트를 지정하여 파일 디스크립터를 이용해서 1 바이트의 데이터를 연속하여 송신 후 OpenWrt 시스템에 호환되도록 교차 컴파일을 하였다. 이를 위하여 유무선공유기에 OpenWrt Backfire 10.03-ar71xx를 tftp로 포팅 하였다 [9]. 이 후 OpenWrt 접속을 위하여 Linux Fedora 13의 telnet을 통해 192.168.1.1로 접속하여, 유무선공유기의 초기 비밀번호 설정 후에 SSH를 구동하였다. 그림 2는 OpenWrt 접속화면이다.



그림 1. 제안 시스템 구성

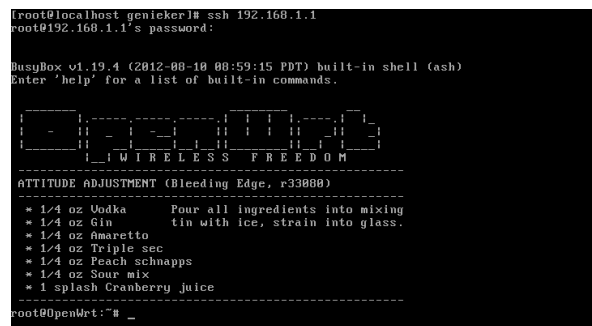


그림 2. SSH로 유무선공유기의 OpenWRT에 접속한 화면

다음으로, 툴체인을 설치하여 Linux Fedora 13에 교차 컴파일러 설치 및 교차 컴파일 환경을 구축하였다. 그림 3은 호스트와 타겟 시스템으로 구성된 OpenWrt 교차개발환경을 보여준다.

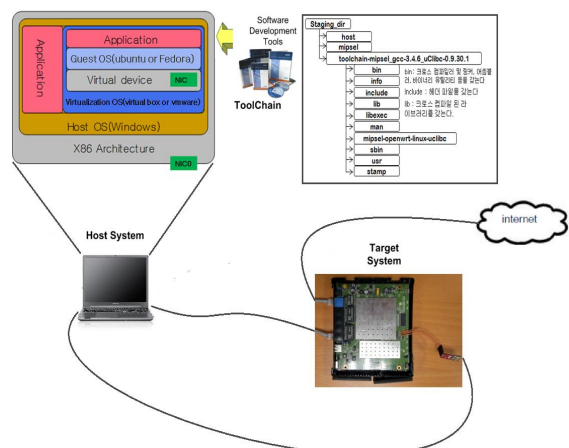


그림 3. 유무선공유기 환경에서의 교차개발환경

교차개발환경 구축 후 C언어로 TCP 소켓 서버 프로그래밍을 한 뒤에 교차컴파일 하여, 유무선공유기에 scp 명령어를 이용해 유무선공유기에 TCP 소켓 서버 파일을 업로드 함으로, 유무선공유기를 통한 홈 네트워크 시스템의 원격 조명 제어를 통한 에너지 절감 시스템의 서버 부분이 구현된다. 그림 4는 유무선공유기에 TCP 소켓 서버 파일이 업로드 된 상태를 보여준다.

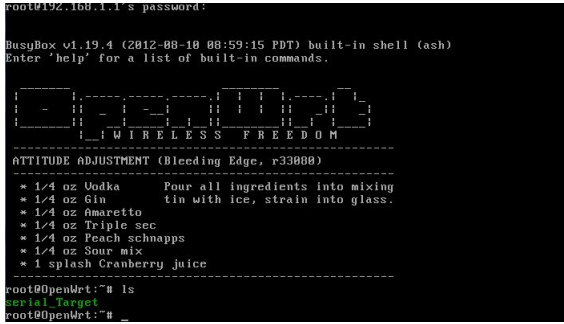


그림 4. 유무선공유기에 업로드된 TCP 소켓 서버 파일

그림 5는 포트 번호를 지정하여 TCP 소켓 서버 파일을 실행하여, 서버의 클라이언트 접속 대기 상태를 보여준다.

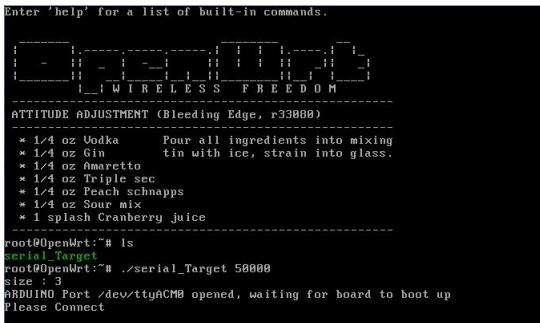


그림 5. 포트 50000번으로 지정하여 서버의 실행

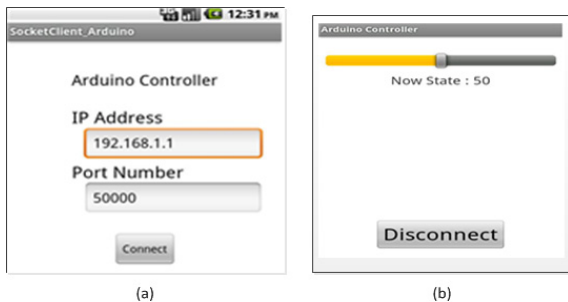


그림 6. Android UI

Android 플랫폼은 한백전자의 HBE-SM5-S4210[10] 키트를 사용하였다. 디바이스에 사용자 인터페이스를 구현 뒤 사용자 조작으로 TCP/IP 프로토콜을 통한 소켓통신이 가능하도록 Android SDK를 이용하여 프로그래밍 하였다[11]. 이후, Arduino 보드에 공유기의 USB로부터 데이터를 1바이트 씩 수신하고, 데이터가 모두 수신되었을 경우 사용자 입력과

데이터를 읽어서 LED에 신호를 출력하도록 프로그래밍 하였다[12]. Android 버전은 2.2(Froyo)[1]로 작성하였고, 실행 화면은 그림 6(a)에서처럼 IP주소와 포트 번호를 입력하도록 하였다. 그 결과 서버정보로 접속을 하게 되면, 그림 7(b) 같이 시크바를 통하여 조명을 제어할 수 있도록 사용자 인터페이스를 구성하였다.

인터페이스 보드는 Arduino의 Arduino-Uno를 사용 하였다. 그림 7과 같이 인터페이스 보드의 제어신호를 받아 들어 전력을 제어할 수 있는 조절스위치소자를 사용하여 LED와 보드의 제어신호단자 (PWM: Pulse width Modulation)를 연결하였다.

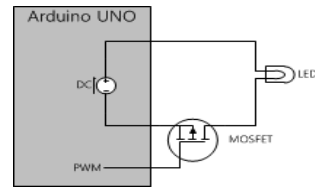


그림 7. 인터페이스 보드와 연결된 제어 회로도

### III. 시스템 사양 및 구현결과

구현 시스템에서 유무선공유기는 Buffalo의 WZR-HP-G450H 모델을 사용하였으며 상세사양은 표 1과 같다. Android 플랫폼은 Froy 2.2 기반의 HBE-SM5-S4210 키트를 사용하였으며 상세사양은 표 2와 같다. Arduino 인터페이스 보드의 상세사양은 표 3과 같다.

표 1. 유무선공유기 사양

Router	Buffalo WZR-HP-G450H
CPU	Atheros AR7242 @ 400mhz
RAM	64MB
USB	1ea USB 2.0
Language	ANSI-C
IDE	Linux Fedora 13 (2.6.34.9-69.fc13.i686.PAE)
OS	OpenWrt(Backfire_10.03-ar71xx (Linux Kernel 2.6.34))

표 2. 스마트폰 상세 사양

Smart-Phone	HBE-SM5-S4210
Processor	Samsung Exnos 4210(ARM Coretex™-A9 based Dual Core)
LCD	7" TFT LCD(800x480)
Touch	7" Capacitive Multi-Touch Screen, 4ea Capacitive Touch Key
Storage	1Slot microSD(T-Flash) 8GB Card, 1Slot SD/MMC
Memory	1GB LPDDR2(Integrated on Processor)
Connectivity	10/100 Base-T Ethernet, Wifi(802.11 b/g/n), Bluetooth(Ver2.1 EDR class 1)
USB	USB 2.0 device(USB Micro Type), USB 2.0 Host(USB A Type),

UART	RS232 Level UART(Stereo Type) RS232 Level UART(9pin D-sub)
Language	Android 2.3.5(Gingerbread)
IDE	Linux-Kernel 2.6.35.6, u-boot 1.3.4

표 3. 인터페이스 보드 상세 사양

Interface-Board	Arduino Uno
Micro controller	ATmega328
RAM	SRAM @ 2kb
Language	AVR-C
IDE	Arduino 1.0.1
OS	Cross-Platform

동작은 Android 플랫폼 UI를 조작하여, 공유기의 TCP/IP를 통해 데이터를 송신하고, 공유기는 다시 연결된 보드에 데이터를 전송하고, 보드는 받은 데이터로 LED의 밝기를 제어하게 된다. 그림 8은 인터페이스 회로를 이용한 LED 조명 보드와 USB 인터페이스 연결을 보여준다.

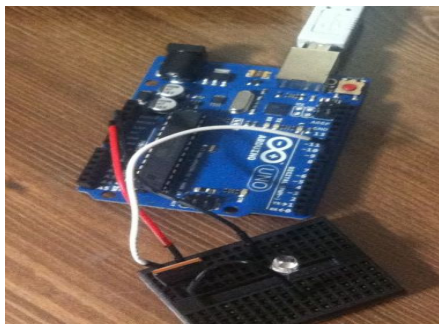


그림 8. 인터페이스보드 회로제작

그림 9은 OpenWrt기반 제어용 소프트웨어를 SSH를 구동하고 명령을 입력하여 가동한 후 Android 플랫폼을 유무선공유기에 WIFI로 접속시켜 TCP 소켓통신으로 연결한다.

```

root@OpenWrt:~# ls
serial_target
root@OpenWrt:~# ./serial_target 50000
Size : 3
ARDUINO Port /dev/ttyACM0 opened, waiting for board to boot up
Please Connect
Connected Client 192.168.1.174:9191
0 : 6 D : 1 S : 1
0 : 0 D : 1 S : 1
0 : 12 D : 1 S : 1
0 : 15 D : 1 S : 1
0 : 16 D : 1 S : 1
0 : 17 D : 1 S : 1
0 : 21 D : 1 S : 1
0 : 24 D : 1 S : 1
0 : 26 D : 1 S : 1
0 : 38 D : 1 S : 1
0 : 58 D : 1 S : 1
0 : 53 D : 1 S : 1
0 : 52 D : 1 S : 1
0 : 58 D : 1 S : 1
    
```

그림 9. 유무선공유기의 서버프로그램 실행 결과

그림 10은 원격 제어를 통하여 LED 밝기를 조절하는 결과 화면을 보여준다. 밝기는 0~100까지 조절가능하며 그림 10(a)와 그림 10(b)는 각각 조명 밝기 50 그리고 100 경우의 결과 사진으로 LED의 밝기의 차이를 보여준다. 또한, 외부

에서의 공유기 접근을 허용하도록 공유기의 Firewall 설정 변경 후에는 로컬의 WIFI뿐만 아니라, 외부 망으로부터의 인터넷 연결(3G) 후 제어도 가능하다.

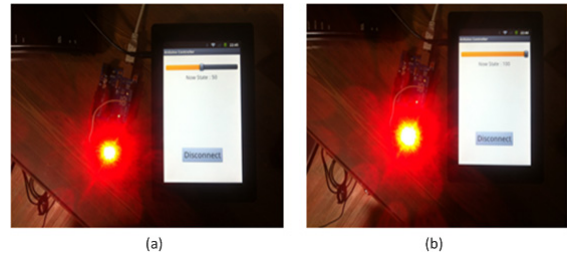


그림 10. 조명제어 실행 결과

본 구현의 결과는 이를 확장하여 활용할 때 추가적으로 인터넷을 통한 원격 가정자동화 장치로의 확대가 가능하다. 유무선공유기에 인터넷을 연결하고 가정의 각 장치를 WIFI나 USB등의 인터페이스를 통해 연결하면 유무선공유기의 신호처리를 수신하여 중앙제어가 가능하다. 이러한 시스템을 활용할 경우, 가정 내에 불필요한 전등을 켜고 나왔다고 생각했을 경우 인터넷만 접속가능하다면 지구 반대편에서도 내 방의 전등을 소등할 수 있어 불필요한 전력소모 감소에도 역할을 할 것으로 기대되며, 불필요하게 밝은 LED는 밝기를 개인이 원하는 수준으로 적절히 감소시켜 필요한 만큼의 빛만 사용할 수 있도록 유도하여 전력절감에 기여할 수 있을 것이다. 다른 응용으로는 3개의 RGB컬러의 LED를 적용하고 스마트폰을 통해 3원색의 강약조절을 통해 색을 자유자재로 만들 수 있도록 하면 다채로운 가정 내의 조명제어도 가능할 것이다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 소형 임베디드 시스템을 홈 네트워크 서비스 제어 시스템으로 활용하여 가정의 전기를 스마트폰을 이용하여 원격으로 제어함으로 에너지를 절약할 수 있는 시스템을 제안하였다. 이를 위하여 OpenWrt 임베디드 리눅스 기반의 소형 유무선공유기를 임베디드 시스템 개발 플랫폼으로 홈 네트워크 서비스 제어 시스템을 구현하였으며, Android 스마트폰 어플리케이션을 통한 원격 제어 기능 구현하였으며, 가정의 조명 시스템은 기존 인터페이스 보드에 LED를 연결하여 구성하였다. 구현 결과 소형 유무선공유기를 이용한 저 비용의 홈 네트워크 시스템의 가능성을 보여주었다. 그 결과 유무선공유기는 그 자체만으로 하나의 리눅스 컴퓨터 시스템이고, 일반 PC보다는 저전력의 장치로서, 다양한 센서 또는 인터페이스 모듈의 결합과 응용을 통해 발전된 활용 가능성을 확인하였다.



## 참 고 문 헌

- [1] <http://developer.android.com>
- [2] <http://openwrt.org>
- [3] <http://openwrt.ssu.ac.kr>
- [4] 정규식, 김정길, 곽후근, 장훈, “유무선 공유기를 이용한 임베디드 리눅스 시스템 구축 및 응용”, 그린, 2009.
- [5] 이정환, “스마트그리드를 위한 IEEE1451 인터페이스 연구”, 한양대학교 대학원, 2011년 8월
- [6] 전황수, 하영욱, 조병선, “주요 국가의 스마트그리드 정책 동향”, 전자통신동향분석 제25권 제3호 2010년 6월.
- [7] <http://arduino.cc/en/>
- [8] More! 아이폰3 프로그래밍, 데이브 마크 외 1명, 위키북스, May, 2010.
- [9] 윤성우의 열혈 TCP/IP 프로그래밍, 윤성우 저, 오렌지미디어, pp. 110-112, Sep, 2007.
- [10] <http://hanback.co.kr/products/view/116>
- [11] 위키피디아, <http://Ko.wikipedia.org/wiki/OpenWrt>
- [12] Arduino Forum, “UNO serial latency Reply 6”, at “<http://arduino.cc/forum/index.php?topic=96.0>”

## 저자

김 정 길(Cheong Ghil Kim)

종신회원



- 1987년 : University of Redlands, CA, U.S.A. B.S. in Computer Science
- 2003년 : 연세대학교 컴퓨터과학 공학 석사
- 2006년 : 연세대학교 컴퓨터과학 공학 박사

- 2006년 ~ 2007년 : 연세대학교 컴퓨터과학과 박사후연구원
- 2007년 ~ 2008년 : 연세대학교 컴퓨터과학과 연구교수
- 2008년 ~ 현재 : 남서울대학교 컴퓨터학과 교수

<관심분야> : 멀티미디어 임베디드 시스템, 이기종 컴퓨팅, 모바일 AR, 3D Contents