

# PLC 기반의 홈 네트워크 테스트베드 설계 및 구현

## Design and Implementation Testbed of Home Network based PLC

김혁진(Hyeock-Jin Kim)<sup>1)</sup> 한기반(Kuy-Ban Han)<sup>2)</sup> 전병찬(Byoung-Chan Jean)<sup>3)</sup>

### 요약

유비쿼터스 환경의 일환으로 있는 홈 네트워크는 원격제어 서비스, 모니터링, 정보가전기기의 연동서비스, 보안 서비스 등의 다양한 서비스들이 제공된다. 이러한 서비스들이 사용화되기 위해서는 먼저 테스트를 통한 검증과정이 필요하다. 본 논문에서는 홈 네트워크의 환경 구축 및 응용 서비스의 테스트와 연구 개발을 하기 위한 홈 네트워크 테스트베드를 설계하고 구현하고자 한다. 홈 네트워크 테스트베드의 솔루션으로 추가로 배선을 설치할 필요없이 기존의 전력선을 그대로 사용하기 때문에 비용이 적게 들고 설치가 용이한 PLC를 이용하였다. 또한, 홈 네트워크 테스트베드의 솔루션으로 Zigbee를 이용한 무선센서 네트워크를 사용하였다. 정보가전기기를 제어 및 모니터링 하는 Home Auto로 구현하였으며, Home Auto와 밖의 단말기들을 연결하는 Home Gateway로 구현하였다.

### Abstract

Remote control service, monitoring, gear service of information electronic appliance, various services of security service and so on of Home network that is by link of Ubiquitous environment are offered. These services need verification process through priority test to use and are changed. If test using actuality information electronic device for test, much expenses and time may be invested. Home network test bed offers softness of research using control model and simulator. in this paper, Wish to design and embody home network test bed to do environment construction of home network and test of application service. Because use istent power line just as it is without necessity to establish circuit in addition by solution of home network testbed, expense costs to be less and establishment used easy PLC. Also, propriated Wireless sensor network that use Zigbee by solution of home network testbed. Appliance check and monitor square do by Home Auto that know embodied, and embodied by Home Gateway that interlink terminals of Home Auto and out of.

▶ Keywords : Ubiquitous Application Service, Sensor Network, Testbed. PLC, Home Gateway

1)정회원: 청운대학교 컴퓨터학과 교수

2)비회원: 포인트아이(주) 연구원

3)정회원: 청운대학교 방송영상학과 교수

\* 본 논문은 청운대학교의 2009년 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음

## 1. 서론

최근에 유비쿼터스 세상으로 다가가고 있는 시점에서 홈 네트워크는 유비쿼터스 홈, 스마트 홈 등으로 불리며 점차적으로 확산되고 있다. 홈 네트워크는택내의 정보가전기기들이 네트워크로 연결되어 시간과 장소에 상관없이 지능화된 서비스를 제공하는 것을 말한다. 홈 네트워크를 구성하기 위한 솔루션은 유선과 무선으로 나눌 수 있다. 유선 기술에는 Ethernet, PLC(Programmable Logic Controller), HomePNA, IEEE1394, USB 등이 있고, 무선 기술에는 Wireless LAN, Bluetooth, Zigbee, IR, RF 등이 있다. 홈 네트워크의 정보가전기기들을 제어하기 위하여 Home Auto와 Controller가 필요하다. 또한 여러 가지 네트워크를 사용하는 단말기들의 요구를 수용하기 위하여 Home Gateway가 필요하다. Home Gateway는택내망 과택외망을 연결하는 역할을 한다. 즉,택외의 단말기와 Home Auto를 연결시켜주는 역할을 한다.[1,2].

본 논문에서는 홈 네트워크의 환경 구축 및 응용 서비스의 테스트 그리고 연구 개발을 하기 위한 홈 네트워크 테스트베드를 설계하고 구축한다. 홈 네트워크 테스트베드의 솔루션으로 PLC를 이용한다. 홈 네트워크 테스트베드는 PLC 모델과 여러 제어 모형을 제어하는 Controller(8051), 각종 센서 및 무선통신 모듈(Zigbee, RF), 정보가전기기 시뮬레이터(FLASH) 등으로 구성된다. 그리고, 이들을 제어하는 Home Auto와택외의 다양한 단말기들이 홈 네트워크에 접근하기 위한 Home Gateway가 포함된다. 홈 네트워크 테스트베드를 제어하는 단말로 터치스크린 및 핸드폰, PDA, PC(Web)를 이용한다. 각 단말의 사용자 인터페이스를 설계 구현하고, 일관된 통합 메시지를 이용하여 정보가전기기를 제어하고 모니터링 한다. 구축된 홈 네트워크 테스트베드를 이용하여 정보가전기기의 제어 및 모니터링

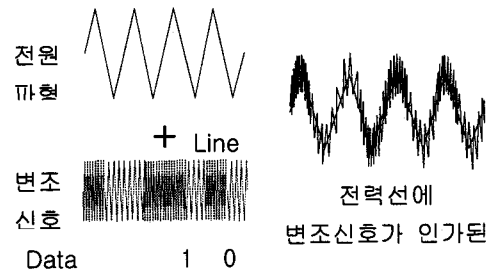
을 테스트하고, 몇가지 시나리오를 구상하여 정보가전기기들 간의 연동 서비스를 테스트 검증한다.

## 2. 이론적 배경

홈 네트워크는 유비쿼터스 환경의 중심에 있다고 볼 수 있다. 초기의 홈 네트워크는택내의 보안, 조명, 온도 등을 제어할수 있는 수준인 홈오토메이션(Home Automation)정도의 범위 내에서 이용할 수 있다고 보았다. 그러나 홈 네트워크를 구성하기 위해 새로운 네트워크를 설치해야하는 번거로움이 홈 네트워크 시장의 큰 장애로 작용하였다. 이를 극복하기 위해, 기존의 전력선을 그대로 이용하는 전력선 통신(PLC)과 무선 통신 기술이 발전하면서 기술의 한계를 극복하였다.[3,4,5,6].

### 2.1 PLC

그림 1은 PLC 전력선 통신 원리에 대해서 설명하고 있다.PLC(Power Line Communication)는 전력선 통신이라고 부르며, 말 그대로 기존의 전기선을 이용한 통신방법으로 통신신호를 100KHz - 300MHz의 고주파 신호로 바꿔 실어 보내고 이를 고주파 필터를 이용해 따로 분리해 신호를 수신하는 방식을 말한다. 전기가



[ 그림 1 ] 전력선 통신(PLC)  
[Fig 1] Power Line Communication

들어가는 곳이면 별도의 전용선 설치 없이 통신이 가능한 기술을 말한다. PLC는 홈 네트워크 구축을 위해 별도의 배선공사 비용이 거의



[Fig 2] Home Network Testbed system Institue

### 3.2 Home Auto

Home Auto와 PLC 모뎀은 Serial로 연결되고, PLC 모뎀과 PLC 모뎀이 내장된 스위치나 콘센트들은 전력선을 통해 연결된다. 그리고 PLC 스위치와 콘센트에는 On/Off로 제어되는 제품이 연결된다. Home Auto와 8051은 Serial로 연결되고, 8051과 제어모형들은 8051의 P1 포트의 P1.0, P1.1, P1.2 ... P1.7번 핀에 각각 연결되어 비트단위의 제어 신호로 제어된다. Home Auto와 Zigbee통신 모듈은 Serial로 연결된다. 그리고 Zigbee통신 수신모듈은 각종 센서가 부착된 노드들로부터 Zigbee통신을 통하여 데이터를 수신한다. Home Auto와 RF통신 모듈은 Serial로 연결된다

### 3.3 Home Gateway

Home Gateway는 리눅스로 구현한다. Home Gateway에는 CDMA모듈과 Bluetooth 모듈을 탑재한다. Home Gateway와 CDMA 모듈, Bluetooth모듈은 Serial로 연결하고, CDMA 모듈과 핸드폰은 SMS통신을, Bluetooth모듈과 PDA는 Bluetooth 통신을 한다. 외부 인터넷에서 Ethernet을 통해 Home Gateway에 접근한다. WAP 프로토콜을 이용하여 핸드폰으로 인터넷을 통해 Home Gateway에 접근한다.

### 3.4 시나리오

홈 네트워크 서비스들이 상용화되기 위해서 먼저 테스트를 통한 검증과정이 필요하다. 테스트를 효과적으로 하기 위한 방법으로 적절한 시나리오를 작성하고 그에 맞게 테스트하는 방법이 있다. 시나리오는 서비스 별로 나누어서 작성한다. 방법·방재 서비스, 냉·난방 공조 서비스, 사용자 인식 서비스 등으로 나누어 시나리오를 작성하고 그에 따른 상황에 대해 테스트한다.

#### 3.4.1 방법·방재 서비스 시나리오

사용자 K씨는 외출을 하기 위해 현관문을 나선 뒤 PDA를 이용하여 외출 모드로 전환한다. 외출 모드가 되면, 전등이 꺼지고, 도어락이 잠기고, 창문 및 커튼이 닫히며, 가스밸브가 잠긴다. 외출 모드 시 만약 누군가가 집안으로 문이나 창문을 강제로 열고 침입한다면, 문과 창문에 설치된 마그네틱 센서에 의해 센싱되어 무선 센서 네트워크를 통해 Home Auto에게 센싱된 값이 전달된다. Home Auto는 센싱된 값을 파싱해서 침입자가 들어왔다는 것을 파악하고, K씨의 핸드폰과 112로 SMS 단문 메시지를 전송하여 침입자가 발생했음을 알리고, 경광등 및 사이렌이 켜져서 침입자에게 경고한다. 사용자 K씨가 회사에서 근무하고 있는 동안에, K씨의 집에 화재가 발생하였다. 화재가 발생하면 온도가 급격히 오르고, 이를 온도 센서가 감지하여 센서 네트워크를 통해 Home Auto에게 센싱된 값을 전달한다. Home Auto는 센싱된 값을 파싱하여 화재가 발생했다는 것을 파악하고, 가스밸브를 잠그고, 창문 및 도어락을 개방하며, 전원을 차단한다.

#### 3.4.2 냉·난방 공조 서비스 시나리오

사용자 K씨는 퇴근 후 집에 들어온다. 집에 들어와서 Wall Pad(터치스크린)로 냉·난방 공조 시스템을 가동 시킨다. 냉·난방 공조 시스템이 가동하면, 센서 네트워크로부터 Home Auto가 온도, 습도 값을 읽고, 각 값에 맞춰 미리 설정해 놓은 최적의 온도와 습도를 유지하기 위해, 여름철에는 에어컨 및 환풍기 등이 작동하고, 겨울철에는 보일러 및 가습기가 동작하여 집안을 쾌적한 상태로 만든다.

## 4. 메시지 설계

본 논문에서는 효과적인 메시지 처리를 위해 홈 네트워크 테스트베드의 정보사전기기 및 제어모형 등을 Home Auto로 제어 및 모니터링하고, Home Gateway를 통해 핸드폰, PDA 그리고 인터넷으로 제어 및 모니터링하기 위한

통합 메시지 형식을 정의하였다. 동적으로 ID를 설정하기 위하여 메시지 형식을 그림 3과 그림 4에서 설계하였다.

4.1 메시지 프로토콜

1	4	2	4	8	3	58 bytes
offset	class	id	flag	pass	length	value

[그림 3] 메인 제어 메시지 형식  
[Fig 3] Main Control Message Format

1	4	2	4	8	61 bytes
offset	class	id	flag	pass	value

[그림 4] 확장 메시지 형식  
[ Fig 4] Extend Message Format

위의 그림 3과 그림 4는 통합 메시지 형식을 정의한 것이다. 총 메시지의 크기는 80byte로 설계하였다. 그 이유는 제어를 위한 명령과 상태 메시지는 80byte면 충분히 표현이 가능하고, 핸드폰 SMS 단문 메시지 서비스가 한 건당 80byte로 제한되어 있기 때문이다. 각 필드의 크기는 그림에서 필드이름 위에 바이트로 표시되어 있다. 각 필드의 기능은 다음과 같다.

- ◆ offset : 1byte로 이루어졌으며, 0~9까지의 값을 가지는데, 값이 '0'이면 메인 메시지 형식인 그림 3를, '1' 이상이면 확장 메시지 형식인 그림 4를 따른다. 확장 메시지가 있는지의 여부는 메인 메시지 형식에서 length 필드의 값으로 정해진다.

- ◆ class : 비슷한 종류 및 같은 종류의 정보가 전자기 및 모드를 구분한다. 예를 들면, 보안 관련 기기류인 도어락은 [I002]로, 냉난방 기기류인 보일러는 [E004]로, 외출모드는 [Y000]으로 나타낸다.

- ◆ id : 종류가 같은 기기들을 구분한다. class가 같은 즉, 같은 종류의 정보가 전자기들이 여러 대 있을 경우 이를 구분한다. id는 각 기기의 "Serial No."와 맵핑될 수 있다.

- ◆ flag : 제어 명령을 나타내거나 기기의 상태를 나타내는 값이다. 첫 바이트 대문자 'A-Z'

까지는 명령 메시지를 나타내고 소문자 'a-z'는 같은 가전기기의 상태(응답) 메시지를 나타낸다. 그리고 첫 바이트에 숫자가 오면 가전기기의 위기관리 서비스를 나타낸다. [예를 들어] 보일러를 켜는 명령이면 [000A], 끄는 명령이면 [000B], 온도를 올리는 명령이면 [000G]로 나타내고 보일러가 켜졌다는 응답 메시지의 flag값은 [000a]로 나타낸다.

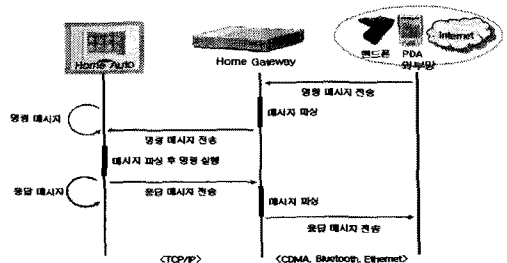
- ◆ pass : 사용자 인증을 위한 8자리의 비밀번호이다. 휴대폰 등과 같은 자체에 암호화가 되어 있는 기기는 보안이 필요하지는 않지만 pass 필드로 한 번 더 암호화 할 수 있다

- ◆ length : 뒤에 전송되는 value 값의 데이터 크기를 나타낸다. 값이 59이상이면 확장 메시지가 있음을 나타낸다.

- ◆ value : 명령(flag 필드)을 부가 설명 또는 명령 전달시 인수(파라미터)의 기능을 한다. 따라서 class 필드와 flag 필드에 따라 value 값의 형태는 달라진다.

[예를들어] 에어컨의 온도를 조절하기 위해 필요한 메시지를 통합 메시지 형식으로 표현하면 "0E00301000M12345678003024"이 된다. 이것을 필드별로 구별해 보면, offset[0], class[E003], id[01], flag[000M], pass[12345678], length[003], value[024]이다. 이것을 풀어 해석하면, 냉·난방 기기류 중 3번째 기기[E003]인 에어컨 중 첫 번째 에어컨

4.2 메시지 흐름도



[그림 5] 메시지 흐름도

[Fig 5] Message Flowchart

[01]에게 온도 설정 명령[000M]을 내리는데

온도 값[024]을 24도로 설정하라는 메시지이다. 그림 5는 메시지의 흐름도를 보여주고 있다. Home Auto에서 각 기기들을 제어하는 명령을 명령 메시지 형태로 내리면 메시지를 처리해서 기기를 제어한 후 상태 값을 응답 메시지 형태로 Home Auto에게 보낸다. 그리고 외부망에서 각 단말들에 의해 보내지는 명령 메시지들은 Home Gateway에서 파싱한 후 TCP/IP 소켓통신으로 Home Auto에 전송된다. Home Auto에서는 전송받은 메시지를 파싱한 후 기기를 제어한다. 그런 후에 기기의 상태 값을 응답 메시지 형식으로 TCP/IP 소켓통신으로 Home Gateway에 전송한다.

## 5. 구현 및 테스트

### 5.1 홈 네트워크 테스트베드의 구현

그림 6은 본 논문에서 구현된 홈 네트워크 테스트 베드를 나타내고 있다. 테스트 베드는 실제 집과 유사한 형태로 2층으로 제작 하였다. 테스트 베드 벽에는 실제 집과 같이 전력을 배선 하였다.



[그림 6] 홈 네트워크 테스트 베드  
[Fig 6] Home Network Testbed

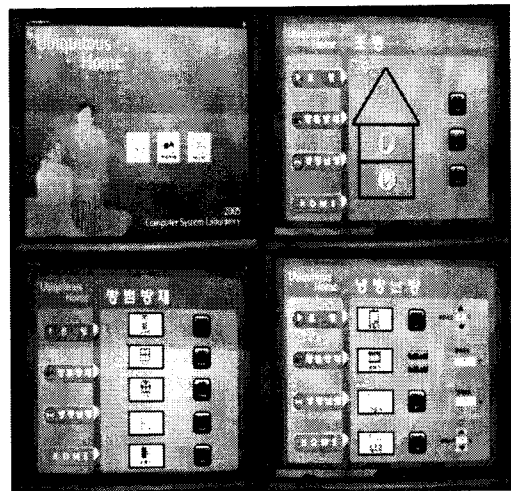
PLC모뎀은 (주)플레넷의 360bps급 저속 모뎀인 ZCT10E - 01을 사용하였다.

8051kit는 제어모형으로 도어락, 창문, 가스

밸브, 분배기, 커튼에 설치하였으며, 보일러와 에어컨 시뮬레이터는 PC를 따로 두어 모니터를 이용해 디스플레이 하였다. 또한, 시뮬레이터는 FLASH MX2004로 만들었다. 또한, 온도, 조도, 습도센서가 내장된 Zigbee통신 모듈을 사용하였다. Home Gateway는 레드햇 리눅스를 OS로 사용하였으며, 커널은 2.4.26기반으로 Bluetooth 모듈 지원을 위한 커널이고, Bluetooth 오픈 소스 Bluez로 포팅하였다.

### 4.2 Home Auto의 구현

그림 7은 Home Auto 프로그램의 인터페이스 화면이다. 터치스크린을 사용하기 때문에 손가

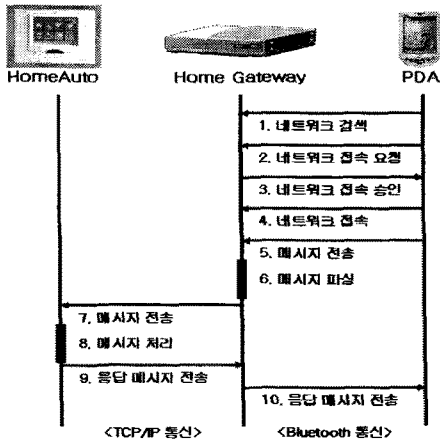


[그림 7] 터치스크린 방식의 Home Auto 인터페이스  
[Fig 7] Home Auto Interface of Touch Screen Method.

락으로 누르기 쉽게 Dialog기반으로 구현하였다. Dialog는 총 4개로 메인화면과 조명, 방법·방재, 냉·난방화면으로 구성되어 있으며, 메인 화면에서 각각의 화면으로 이동할 수 있으며 각각의 화면에서 다른 화면으로도 이동할 수 있도록 구현하였다. Dialog의 바탕과 버튼을 이미지를 입혀서 사용자 인터페이스를 비주얼하게 하였다.

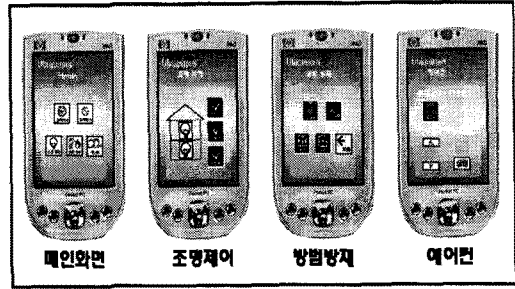
### 4.3 PDA의 구현

그림 8은 PDA와 Home Gateway 사이의 Bluetooth통신을 통한 메시지 흐름도를 보여주고 있다. 일단 검색을 하여 Bluetooth 모듈을 찾으면, 접속 요청을 한다. 접속 요청을 받은 Home Gateway가 승인을 하면 PDA와 Home Gateway가 Bluetooth통신을 하기 위한 접속이 완료될 것이다. 접속이 되면, Home Gateway로 제어 명령 메시지를 보낸다. Home Gateway에서는 메시지를 파싱하여 Home Auto로 보내고 Home Auto는 이 메시지를 파싱하여 기기를 제어하고, Home Gateway에게 응답 메시지를 전송한다. 응답 메시지를 받은 Home Gateway는 다시 PDA에게 응답 메시지를 전송한다.



[그림8] PDA와 Home Gateway 간 흐름도  
[Fig 8] PDA and Home Gateway Between flowchart

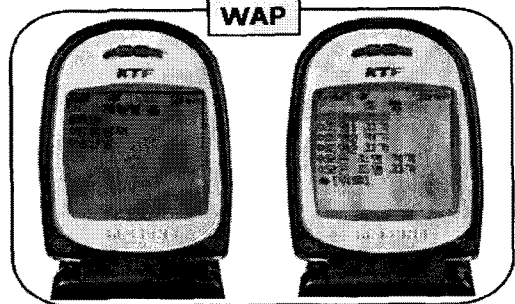
그림 9는 PDA로 구현한 홈 네트워크 제어 인터페이스를 보여주고 있으며, 그림에서 보는바와같이 정보가전기기인 메인화면에 조명제어, 방법방제, 에어컨 등으로 이루어져 있다.



[그림 9] PDA 홈 네트워크 제어 인터페이스  
[Fig 9] Home Network Control Interface of PDA

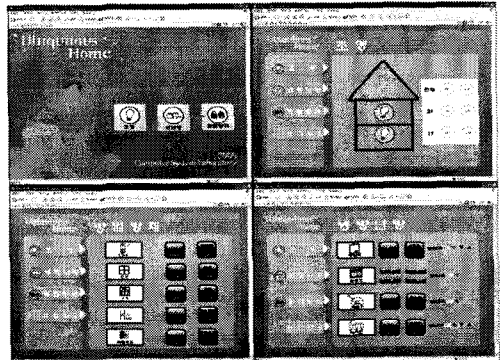
### 4.3 핸드폰 및 웹 화면 구현

그림 10은 핸드폰으로 정보가전기기인 조명에 대한 서비스를 보여주고 있다.



[그림 10] 핸드폰 서비스  
{Fig 10} Handphone Service

그림 11는 홈 네트워크에서 정보가전기기를 제어하기 위한 웹 화면에 메뉴얼인 조명, 방법



[그림11] 웹 화면  
[Fig 11] Web Screen

## 6. 결론

본 논문에서는 홈 네트워크의 기술 개발을 위하여 응용 서비스의 적용 및 테스트를 하기 위한 홈 네트워크 테스트베드를 구축하였다. 테스트베드는 PLC를 기본 솔루션으로 구축하였고, Zigbee 및 RF 통신을 통한 무선 센서 네트워크를 구축하였다. 그리고 Serial통신 및 TCP/IP통신으로 정보가전기기들을 제어 및 모니터링 하도록 구축하였다. 또한, Home Gateway를 통해 핸드폰, PDA, Web 등과 같은 다양한 제어 단말을 사용하여 통합된 메시지 형식으로 홈 네트워크에 접근이 가능하도록 설계하였다.

Home Auto 및 PDA, Web page등의 사용자 인터페이스를 같게 하여 사용자가 편리하게 이용할 수 있게 설계하였다.

그리고 방법·방재 서비스, 냉·난방 서비스등과 같은 각종 응용 서비스를 테스트하기 위한 시나리오를 만들어 정보가전기기 및 응용 서비스를 테스트하였다.

## 참고문헌

- [1] 김동균,이명근,전병찬,이상정, "홈 네트워크 액세스 에이전트 및 테스트베드 설계 구현", 한국컴퓨터학회 논문지, 2006.
- [2] 박세건, "홈 네트워크 테스트베드 구축", 순천향대학교 공과대학 정보기술공학부, p.2, 11월 2004.
- [3] 이동환, "홈 네트워크산업 현황 조사 연구 결과 보고", 한국 홈 네트워크 산업협회 (HNA), p.3, 2월 2005.
- [4] 전병찬,김혁진,김동균,"PLC 기반의 홈 네트워크 미들웨어 설계 및 구현",한국컴퓨터산업교육학회 논문지, 2월 2008.
- [5] 정성욱, "전력선통신(PLC) 기술 및 표준화 동향".
- [6] (주)파워콤 연구개발팀, "전력선 통신 (PLC)기술", 서울 벤처타운 기술세미나 (위즈네트), 10월 2000.

- [7] 나재훈,채기준,정교일, "센서 네트워크 보안 연구 동향"
- [8] 윤성록,서상호,최호석,황용석,유형준,박신중 "Zigbee : 저속-저가-저전력의 무선 통신 기술", 한국정보통신대학교 시스템집적기술연구소
- [9] Bluetooth, "http://www.bluetooth.com/"



김 혁 진  
아주대학교 대학원 컴퓨터공학과 석·박사  
김천대학 사무자동화과 교수  
현 청운대학교 컴퓨터학과 교수  
관심분야 : CG, CAGD, 웹기술 등

### 한 기 반

순천향대학교 정보기술공학부 학사졸업  
현 포인트아이(주) 근무, 연구원  
관심분야 : 네트워크, 홈 네트워크, 모바일 및 프로그래밍 등



전 병 찬  
순천향대학교 대학원 전산학과 박사  
현 청운대학교 방송영상학과 교수  
관심분야 : 컴퓨터구조, 홈 네트워크, 모바일, 마이크로프로세서 등