

홈 네트워크를 위한 저전력 무선 센서의 설계 및 구현

이동민*, 소선섭**, 박성수***, 은성배*
*한남대학교 정보통신공학과
공주대학교 컴퓨터공학부, * (주) 옥타컴
e-mail : cop2007@mail.hannam.ac.kr

Design and Implementation of Low-Power Wireless Sensor Node for Home Network

Dong-Min Lee*, Sun Sup So**, Sung-Soo Park***, Seongbae Eun*
*Dept. of Information & Communication Engineering, Hannam University
Division. of Computer Engineering, Kongju University, * Octacomm Co.ltd

요 약

홈 네트워크 기술에서 무선 통신의 중요성이 날로 커져가고 있다. 본 논문에서는 무선 통신 방식으로 구현함에 있어서 중요한 것을 저전력 특성을 가져야 한다는 것이다. 저전력 특성 구현을 위하여 센서, CPU, RF 모듈의 선택에 대해 알아보고, 저전력 무선 보드 센서 설계 및 실제 구현 방식을 제시한다. 저전력 방식으로 설계된 센서는 AA 배터리 2개로 1년 이상의 성능을 낼 것으로 판단된다.

1. 서론

홈 네트워크란 PC 와 같은 정보 기기와 캠코더, 비디오 등의 AV(Audio Video)기기 및 백색 가전 등을 하나의 네트워크로 연결하여 서로 통신이 되게 하고, 인터넷 등을 통해 외부에서 제어하는 것을 의미한다.

현재 사용되는 홈 네트워크의 구성은 세 부분으로 나누어 생각할 수 있다. 첫째, 외부 인터넷 망과 연결되는 부분으로서 주로 모뎀을 통하여 수행되고 이 모뎀은 가정 내부의 네트워크와 외부의 네트워크를 연결하는 게이트웨이 역할까지 담당한다. 둘째, 가정 내부의 네트워크를 위한 물리적 전송 방법으로서 TCP/IP 프로토콜 지원을 권장하여 서로 다른 물리적 접속 방법 간에 통신 호환성을 갖춘다. 셋째, 홈 네트워크에 연결된 다양한 기기들을 관리하기 위한 홈 서버이다. 홈 서버의 개발은 다양한 접속 방법과 제어 방법을 지원해야 하므로 개발하는데 어려움이 따른다 [1]. 홈 네트워크 기술은 유선 방식과 무선 방식으로 나눌 수 있는데 이동성이 좋다는 것과 배선 설치가 필요 없다는 면에서 무선통신의 중요성이 날로 커져가고 있다.

본 논문에서는 저전력의 특성을 지원하는 무선 센서 노드의 설계 및 구현에 관하여 기술한다. 2 장에

서는 PLC, Home RF, Zigbee 등 홈 네트워크 전송 기술에 대하여 소개할 것이고, 3 장에서는 저전력 무선센서 설계에 대하여 서술할 것이다. 이어서 4 장에서는 3 장의 설계에 따른 구현 방식에 대한 서술을 하고 5 장에서는 무선센서 성능 평가 결과를 보여줄 것이다.

2. 홈 네트워크 전송 기술

홈 네트워크의 유선 전송 기술에는 HomePNA (Home Phoneline Networking Alliance), PLC (Power Line Communication), Ethernet, IEEE1394 (International Electrical & Electronics Engineering 1394), USB (Universal Serial Bus) 가 있다. 무선 전송 기술에는 Zigbee, 블루투스 (Bluetooth), 무선 LAN (Wireless Local Area Network), HomeRF (Home Radio Frequency), IrDA(Infrared Association) 등의 많은 종류가 있다[1].

2.1 PLC (Power Line Communication)

PLC 란 집안의 기존 전력선을 통하여 데이터를 송수신 하는 전송 방식이다. 기존에 설치되어 있는 전력선을 사용하기 때문에 부가적 케이블 설치 비용이 거의 들지 않고, 추가 선로 공사가 필요하지 않다는 장점이 있다. 그러나 전송 전력의 제한, 전력선상의 잡음과 간섭, 감쇄 현상, 임피던스의 변화 등 고려할 것

이 많다.

전력선 기술은 데이터 전송 속도의 차이에 의해 나눌 수가 있다. 저속 전력선 통신 기술은 주로 조명 제어, 방법 및 방재, 홈 오토메이션 및 수용가 전력 제어 등에 주로 적용되고 있다. 또한 중속은 주로 홈 네트워크의 데이터 통신용으로 사용되며, 고속은 외부 망과의 접속용으로 사용된다. 프로토콜은 조명이나 가전 기기를 제어하는 매우 간단한 X.10 과 홈 오토메이션 개방형 표준 프로토콜인 CEBus(Consumer Electronics Bus)를 사용한다.

2.2 HomeRF

HomeRF(Home Radio Frequency)는 가정 또는 소호 환경에서 PC, 전화, TV, 오디오 기기 등을 무선으로 연결하는 하나의 무선 네트워크 표준으로서 음성, 데이터, 영상 등의 다양한 정보를 통합할 목적으로 만들어졌다. PSTN (Public Switched Telephone Network)과 인터넷 연동을 하며, 하나의 제어점(control point)이 최대 127 개 장치를 지원하고 최대 전송 거리는 블루투스보다 긴 50m 이다. 프로토콜로는 가정용 기기 간의 무선 데이터 전송을 가능하게 하는 SWAP(Shared Wireless Access Protocol) v2.0 을 사용한다.[1]

HomeRF 1.0 은 전송 방식 50 hops/sec 의 FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)를 사용하며, 데이터 전송 속도는 0.8~1.6 Mbps 이다. 2000 년대 하반기에 FCC 에 의해 승인된 HomeRF 2.0 은 5GHz 대역을 사용하며, 최대 10Mbps 의 전송속도를 지원한다. 데이터 프레임은 등시성 (isochronous) 및 비동기 (asynchronous) 모드의 혼합이다. 기지국과의 통신을 위해서는 TDMA (Time Division Multiple Access) 서비스를 이용한다.[2]

2.3 Zigbee

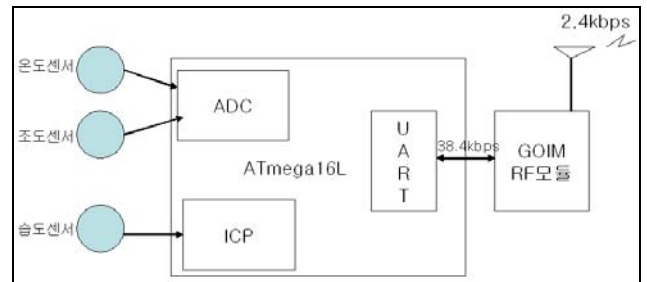
Zigbee 는 반경 30m 내에서 250kbps 의 속도로 데이터를 전송할 수 있는 저전력, 저비용의 단거리 무선 통신 기술이다.

Zigbee 는 저전력 Zigbee 송수신기를 각종 센서와 결합하여 대규모 센서 네트워크를 구성할 수 있게 해준다. 센서 네트워크에서는 대용량 정보 전달이 요구되지 않는 반면, 긴 배터리 시간과 일정 거리 이상의 전송 커버리지 확보가 필요하다. 이러한 요건을 충족시키기 위해 2003 년 5 월 IEEE 에서 저렴한 저전력 무선 PNA 기술을 정의하는 802.15.4 규격을 발표했다. 이 표준에서는 3 개 주파수(868MHz/928MHz/2.4GHz) 대역에서 DSSS 변조 방식으로 최대거리 100m, 전송 속도 20~250kbps 지원을 정의하고 있다. 또한 주소에 64 비트를 할당함으로써 최대 65000 개의 노드를 사용할 수 있으며 CSMA-CA 액세스 방식과 QoS 를 위한 GTS 매커니즘을 적용하고 있다. 리피터를 사용해 네트워크를 수 km 이상으로 확장 가능하고, star, Mesh 등 다양한 토폴로지로 망을 구성할 수도 있다. 그러나 Zigbee 의 최대 장점은 초저전력 소비에 있다. 송수신 시 Zigbee 의 평균 전력 소비 수준은 50mW 정도로, UWB 의 전력 소모량인 200mW, Wireless LAN 의 전력

소모량이 1W 에 비하면 매우 낮은 수준이다. 게다가 Zigbee slave 장치는 master 장치로부터 호출이 왔을 경우에만 전력을 사용하기 때문에, 한번 배터리를 장착하면 최대 2~3 년 정도 사용할 수 있다. 따라서 데이터 송수신 빈도가 많지 않은 가정 내 시스템에 적합하다.

3. 저전력 무선 센서 설계

이 장에서는 홈 네트워크 저전력 무선 센서 설계에 있어서 필요한 CPU, 센서, RF 모듈 등의 선정에 대해 알아본다.



<그림 1> 저전력 무선 센서 모듈 블록도

저전력 무선 센서 모듈은 크게 센서 파트, CPU, RF 모듈로 나뉜다. 센서파트의 온도, 조도 센서는 CPU 인 ATmega16 의 ADC 포트에 입력을 받아서 디지털 값으로 변환한 후 UART 인터페이스를 통하여 RF 모듈로 전송되며, 습도 센서는 ATmega16 의 ICP(Input Capture Pin)을 통하여 주파수 값을 읽어서 UART 인터페이스를 통해 RF 모듈로 전송된다.

3.1 CPU 선정

각 주요 파트의 설계 내용에 대해 살펴보자. 먼저 CPU 는 Atmel 사의 AVR 계열의 CPU 를 사용하였다. Atmel 사의 ATmega 계열의 CPU 의 장점은 다음과 같다.

- 유사 RISC(Reduced Instruction Set Code)구조로 되어 있다.
- 하버드 구조로 되어 있어 프로그램 메모리와 데이터 메모리가 확연히 구분되어 있다.
- 기본명령의 실행시간은 클럭주파수의 1 클럭이다. 다만 Load/Store 명령 및 분기명령의 실행시간은 2~4 클럭시간이어서 평균 CPI(Clock Per Instruction)는 1.3 클럭이다.
- 32 개의 범용 레지스터가 ALU(arithmetic Logic Unit)에 직접 연결되어 있어서 모든 연산 및 전송이 레지스터에서 레지스터로 직접 이루어진다.
- 2 단 명령 파이프라인 구성으로 되어서, 제 1 명령어의 실행이 이루어지는 동안에 제 2 명령어의 호출이 시작되도록 되어있다.
- 명령어의 길이가 16 비트 1 워드로 고정적이어서 해독하기가 쉽다.
- 실행속도는 앞에서 서술한 Load/Store 명령과 분기 명령을 제외하고 하나의 명령을 수행하는데 걸리는

시간은 16MHz 클럭에서 1/16 마이크로 초 이다. 즉 명령처리율이 16MIPS 이다.

- 저전력 고속의 CMOS 로 되어 있다.

위의 특성들을 가지고 있는 Atmel사의 AVR 제품들이 시중에 많이 출시되어있다. 이들 제품들은 내부적인 기능과 동작은 모두 같고 프로그램 플래시메모리와 데이터 메모리의 크기 별로 여러 제품들이 있다.

본 연구에서는 홈 네트워크에서 실제로 사용 가능한 저전력 무선센서에 적용하기 위하여 가격대도 적당하며 또한 기능적인 면에서 센서의 값을 전압 값으로 출력하는 센서 값을 처리할 수 있는 ADC(Analog to Digital Converter)와 또한 센서 출력이 주파수로 출력되는 센서 값을 처리할 수 있는 기능을 모두 가지고 있는 AVR 계열의 ATmega16L 을 선택하였다. 아래 <표 1>은 ATmega 제품의 비교한 표이다.

Part Number	Package Options	Max IO Pins	Flash	Vcc Min	Eeprom	SRAM
ATmega161L	40-Pin DIP, 44-Pin TOFP	35	16 KB	2.7V	512B	1 KB*32 Registers
ATmega161	40-Pin DIP, 44-Pin TOFP	25	16 KB	4.0V	512B	1 KB*32 Registers
ATmega163L	40-Pin DIP, 44-Pin TOFP	32	16 KB	2.7V	512B	1 KB*32 Registers
ATmega163	40-Pin DIP, 44-Pin TOFP	32	16 KB	4.0V	512B	1 KB*32 Registers
ATmega323L	40-Pin DIP, 44-Pin TOFP	32	32 KB	2.7V	1 KB	2 KB*32 Registers
ATmega323	40-Pin DIP, 44-Pin TOFP	32	32 KB	4.0V	1 KB	2 KB*32 Registers
ATmega103L	64-Pin TOFP	48	128 KB	2.7V	4 KB	4 KB*32 Registers
ATmega103	64-Pin TOFP	48	128 KB	4.0V	4 KB	4 KB*32 Registers
ATmega8	28-Pin DIP, 32-lead TOFP, 32-pad MLF	23	8 KB	4.5V	512B	1 KB*32 Registers
ATmega8L	28-Pin DIP, 32-lead TOFP, 32-pad MLF	23	8 KB	2.7V	512B	1 KB*32 Registers
ATmega128	64-Pin TOFP/MLF	53	128 KB	4.5V	4 KB	4 KB*32 Registers
ATmega128L	64-Pin TOFP/MLF	53	128 KB	2.7V	4 KB	4 KB*32 Registers
ATmega16	40-Pin DIP, 44-Pin TOFP/MLF	32	16 KB	4.5V	512B	1 KB*32 Registers
ATmega16L	40-Pin DIP, 44-Pin TOFP/MLF	32	16 KB	2.7V	512B	1 KB*32 Registers
ATmega64	64-Pin TOFP/MLF	53	64 KB	4.5V	2 KB	4 KB*32 Registers
ATmega64L	64-Pin TOFP/MLF	53	64 KB	2.7V	2 KB	4 KB*32 Registers

<표 1> ATmega 제품 비교 표[3]

CPU	가격 (천개 구매시 개당 가격)	ADC 지원 (10bit)	Counter 지원	ICP 지원
ATmega8	1.5 \$	최대 8 개	2 개	1 개
ATmega16	2.5 \$	최대 8 개	2 개	1 개
ATmega32	4 \$	최대 8 개	2 개	1 개
ATmega128	6 \$	최대 8 개	4 개	2 개

<표 2> ATmega 가격 비교

위 <표 2>는 위 <표 1>의 제품 중에서 ATmega8, ATmega16, ATmega32, ATmega128의 가격을 비교한 표이다. 위의 두 자료를 기반에 가격과 성능을 비교하면 가장 적합한 CPU 는 ATmega8, ATmega16 정도로 압축되는데 ATmega8 은 Sleep 모드를 지원하기 위해서 필요한 32.768KHz 클럭을 사용하기 위해서는 메인 클럭을 내부에서 제공되는 RC 클럭을 사용해야 한다. 그러나 내부 RC 클럭은 정확한 클럭을 발생시키기 위해서 보정작업이 필요하고, 또한 내부 RC 클럭은 온도의 특성에 따라서 클럭값이 변한다. 그러나 ATmega16 은 32.768KHz 클럭과 메인 클럭을 동시에 외부에서 제공할 수 있다. 메인 클럭은 RF 모듈과의 인터페이스에 필요한 UART 클럭을 제공하기 때문에 정확한 값이 나오지 않으면 RF 모듈과의 통신이 불가능하다. 결

론적으로 안정적인 클럭을 제공하면서 가격도 적당한 ATmega16 을 CPU 로 선정하게 되었다

3.2 센서 선택

센서파트는 가정 내의 환경 변화를 감시하여 CPU 로 보내는 역할을 담당한다. 이 연구에서는 환경 변화의 가장 기본이 되는 온도와 조도, 습도 센서를 선택하였다.

온도센서는 National Semiconductor 사의 LM61 을 사용하였다. LM61 은 동작 전압 2.7V ~ 10V, 측정 온도 영하 30 도에서 100 도, 25 도에서 정확도 ±2.0, 전류 드레인(Drain) 125 μA의 특징을 가지고 있다. 조도센서는 CDS9060 을 사용하였으며 습도센서는 HUMIREL 사의 H1101 을 사용하였다. 이 센서의 특징은 센서 값이 주파수 값으로 출력된다는 것이며 센서 값 출력표는 아래 <표 3>과 같다.

RH	Frequency
0	7351
10	7224
20	7100
30	6976
40	6853
50	6728
60	6600
70	6468
80	6330
90	6186
100	6033

<표 3> 습도센서 주파수 출력 표[4]

Item	Min	Typical	Max	Unit	
입력전압	2.0	3.3	4	V	
전송속도	-	2400	-	BPS	
소비전류	송신	20	22	25	mA
	수신	15	17	18	
	대기	9	10	11	
동작 온도	-10	25	70	℃	
RF 송신	주파수 안정도	±5	±7	±10	PPM
	사용주파수	-	447.725	-	MHz
	송신출력	-	5	-	mW
RF 수신	주파수 안정도	±5	±7	±10	PPM
	사용주파수	-	447.725	-	MHz
	수신강도	-110	-115	-117	dBm
	변조도	-	FSK	-	

<표 4> RF 특성 표[5]

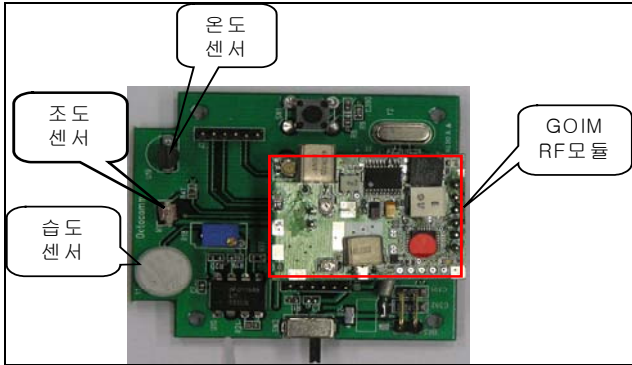
3.3 RF 선택

RF 모듈은 센서에서 CPU 로 전달되어 처리된 데이터들을 무선을 통해 다른 노드나 센터로 보내는 역할을 한다. 이 연구에서는 실제 홈 네트워크 시범 서비스에서 환경 센서로 사용되고 있는 GOIM 사의 RF 모듈을 선택하였다. GOIM RF 모듈의 특성은 위 <표 4>

와 같다.

4. 저전력 무선 센서 구현

이 장에서는 3 장에서 설계 된 각 파트들과 블럭도를 구현함에 있어 요구되는 것들에 대해 알아본다.



<그림 2> 구현된 저전력 무선 센서

4.1 온도 센서 처리

온도와 조도 센서는 센서의 값이 전압으로 출력되어 ATmega16 에서 제공되는 ADC 로 전달된다. ATmega16 의 ADC 는 10 비트, 최대 15kSPS 의 Resolution, 13~260 μs의 변환 시간을 가지고 있으며 0~Vcc 까지의 입력 전압 범위와 선택 가능한 2.56V 의 레퍼런스 전압 등의 특징을 가지고 있다. ADC 를 통해서 샘플링 된 값에 대한 계산은 아래 <식 1>에 의해 실제 입력된 전압 값으로 나온다.

$$\frac{(10\text{비트값} \times \text{레퍼런스전압값})}{1024}$$

<식 1>

본 센서모듈에서 사용된 온도센서의 경우에는 운용 전압이 2.7V ~ 10V 이면 언제나 같은 값을 출력을 한다. 그러나 실제로 출력되는 값은 ADC 레퍼런스가 출력되므로 VCC 를 사용하게 되면 정확한 값을 얻을 수가 없다. 실제 구현에서는 배터리의 전압이 레퍼런스의 값이 되기 때문에 시간이 지나면서 출력이 점점 변하는 배터리는 위의 <식 1>을 적용하여 계산된 센서 값의 정확한 결과 값을 얻을 수 없게 된다. 따라서 이러한 경우에는 레퍼런스 값을 ATmega 에서 제공되는 2.56V 의 내부 레퍼런스 전압으로 사용하게 되면 언제나 레퍼런스 값이 일정하게 2.56V 로 유지 되기 때문에 온도센서의 운용 전압이 변하여도 레퍼런스 값은 변하지 않으므로 언제나 정확한 값을 계산해 낼 수 있다.

4.2 습도 센서 처리

습도센서는 출력 값이 ADC 값이 아니고 주파수 값으로 출력 되기 때문에 일반적으로 Counter 입력을 통하여 1 초 동안 주파수 값을 세어서 주파수를 확인할 수 있다. 그러나 이러한 방법을 사용하면 1 초 동안에

많은 양의 전류가 소모되므로 이 방법을 사용하지 않고 ATmega 에서 제공되는 ICU(Input Capture Unit)기능을 사용하여 값을 읽는다. ATmega 에서 제공되는 ICU(Input Capture Unit)기능은 외부 이벤트가 ICP(Input Capture Pin)로 입력이 되면 발생하는 시간이 자동적으로 ICU 레지스터에 복사가 된다. 외부 이벤트는 Rising Edge 나 Falling Edge 로 설정하여 검출 할 수 있다. 그래서 실제로 연속된 두 개의 이벤트의 시간 차를 가지고 주파수 값을 계산하게 된다.

4.3 저전력 특성 구현

센서와 RF 모듈은 전원 스위치를 통하여 전원을 공급받게 되며 센서의 경우에는 샘플링 할 때만 전원을 공급하여 센서들을 동작시키고 나머지 시간에는 전원을 공급하지 않는다. RF 모듈도 마찬가지로 데이터 전송시에만 전원을 공급하고 나머지 시간에는 전원을 공급하지 않는다. CPU 는 ATmega 에서 지원되는 저전력 Sleep 모드를 사용하여 전원을 절약한다. ATmega16 에서 제공되는 Sleep 모드는 아래 <표 5>와 같다.

Sleep Mode	Active Clock domains					Oscillators			Wake-up Sources				
	clk _{cpu}	clk _{flash}	clk _{io}	clk _{adc}	clk _{as2}	Main Clock Source Enabled	Timer Osc. Enabled	INT2 / INT0	TW Address Match	Timer 2	SPI / EEPROM Ready	ADC	Other I/O
Idle			X	X	X	X	X ⁽²⁾	X	X	X	X	X	X
ADC Noise Reduction				X	X	X	X ⁽²⁾	X ⁽³⁾	X	X	X	X	
Power Down								X ⁽³⁾	X				
Power Save				X ⁽²⁾			X ⁽²⁾	X ⁽³⁾	X	X ⁽²⁾			
Standby ⁽¹⁾						X		X ⁽³⁾	X				
Extended Standby ⁽¹⁾				X ⁽²⁾		X	X ⁽²⁾	X ⁽³⁾	X	X ⁽²⁾			

Notes: 1. External Crystal or resonator selected as clock source.
2. If AS2 bit in ASSR is set.
3. Only INT2 or level interrupt INT1 and INT0.

<표 5> ATmega16 에서의 Sleep 모드[3]

본 연구 모듈에서는 Power Save 모드를 사용하여 Power 를 절약한다. Power Save 모드에서는 실제로 32.768KHz 클럭만 동작되면 Timer0 인터럽트나 외부 인터럽트를 통하여 Sleep 모드에서 깨어 나게 된다.

5. 결론

본 연구에서는 저전력 특성을 가진 보드를 구현 했을 경우 AAA 배터리 2 개로 3 달 이상 사용 할 수 있음을 실험을 통하여 보였으며, 온도, 조도, 습도 센서의 경우 센서 자체의 오차 범위 정도의 오차만을 갖는 것을 보였다. 저전력의 경우 RF 모듈을 Zigbee 특성으로 변경하고 AA 형 배터리를 사용하면 1 년 이상의 지속성을 보일 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 한상숙 “홈 네트워킹을 위한 미들웨어 및 음성 게이트웨이에 관한 연구”,2004,한남대학교
- [2] <http://blog.naver.com/hjo0075.do?Redirect=Log&logNo=140006586019>
- [3] <http://www.atmel.com>
- [4] <http://www.humirel.com>
- [5] GOIM RF Module 스펙, GOIM 사