

---

# 가정식 난방 배수관 내의 자동 온도 송신 장치에 대한 연구

박철민\* · 조형국\*\* · 이훈재\*

The Study on Automatic Temperature Transmission System for the Heating pipe at Home

Chul-Min Park\* · Heung-Kuk Jo\*\* · HoonJae-Lee\*

## 요 약

가정·가사생활을 자동으로 관리 하는 Home Automation System은 점차 발전 하고 있으며, 에너지의 절약과 재사용에 관한 부분 또한 점차 관심이 높아지고 있다. 일반 아파트에서 난방은 필수이다. 난방의 방법은 크게 두가지로 나눈다. 하나는 전기를 이용하는 것이고 다른 하나는 온수를 이용하는 것이다. 전기를 이용하면 전기요금의 상승으로 효율적이지 못하다. 그러나 온수를 이용하면 비용 면에서 많은 절감이 된다. 온수를 이용할 때, 온수의 온도가 모든 파이프에서 동일하지 못하다. 그러므로 실내의 온도를 설정치와 일치하지 못할때가 있다. 이러한 문제의 해결은 온수 파이프내에 온도 센서를 부착하여, 이 온도를 실시간으로 전송하고, 수신 측에서 온수의 온도를 조절하면 된다. 본 논문에서는 보일러 내부의 순환 pump가 난방수 순환에 따른 동력을 방바닥 시멘트 몰탈 내부의 소형교류발전기에 의해서 전기에너지를 얻어 동작하는 저전력 기반의 난방배수관 자동온도 배수장치를 제안한다. 시스템의 전원은 프로펠러 수차 방식을 사용하여 분사수 충돌 방식을 사용하였으며, MCU 모듈은 atmel 사의 ATmega8, 통신모듈을 위하여 Chipcon사의 CC1020을 사용하였다.

## ABSTRACT

The more growing on home automation system at automatic control, the more efficiency required for energy consumption and for recycling energy in near future. Heating is essential in general apartment. Heating method is two types in apartment. One uses electricity, and other one uses warm water. If use electricity, is not efficient by rise of electric charges. But, It can reduce much in expense aspect, if use warm water. When use warm water, temperature of warm water is not equal from all pipe parts. Therefore, indoor tempera can be unequal with set point. Solution of these problems is as following. Temperature sensor in warm water attach pipe. The measured temperature transmits by real time. Temperature of warm water controls in receiver side. In this paper, we propose an automatic temperature transmission system for the heating pipe at home, that is a low-power based, and supply the energy source from a small AC motor resided in bottom cement mortal. The proposed system is used in power mechanism from a collision process of water-jet using propeller water-difference and also designed a CPU module by Atmega8 at ATMEL co., Inc. and a communication module by CC1020 at Chipcon co., Inc.

## 키워드

자동온도송신장치, 난방 배수, ATmega128, CC1020

## Key word

Automatic temperature transmission system, Heating pipe, ATmega128, CC1020

---

\* 동서대학교 컴퓨터정보공학부  
\*\* 동서대학교 컴퓨터정보공학부 (교신저자)

접수일자 : 2009. 05. 06  
심사완료일자 : 2009. 05. 23

## I. 서 론

유비쿼터스 환경 구축으로 인하여 각 가정에서는 물론 대부분의 건물은 자동으로 제어되고 있다. 가정집의 경우 각방의 온도 제어가 되는 시스템의 도입으로 각방 비례 제어 시스템이 구현 되어 가고 있는 추세이다. 하지만 이러한 시스템은 사실상 공기의 온도를 측정하거나 보일러 내부의 수온 센서를 사용하여 정밀하지 못하거나 혹은 정확한 지점의 온도를 측정할 수 없다. 설비 배관의 일부는 공사를 진행하고 나면 변경이 어렵고 그 배관의 내부는 더욱이 파악할 수 없다. 본 논문에서는 각방의 배관에 자체 소전류 발전이 가능한 디지털 커플링을 설계하고 보일러 내부에서 무선으로 전송 받는 배관의 온도에 따라서 각방의 온도를 제어하는 시스템을 소개한다.

## II. 시스템 제안 및 구성

### 2.1 자체발전 Automation System 구성

#### 2.1.1 소전류 자체발전 System

보일러 내부의 순환펌프의 운동에너지는 보일러 가동 시간에만 움직이거나 보일러 내부의 수온 센서에 의해 동파방지를 위해서 불규칙적으로 펌프는 동작된다. 이는 정적으로 얻을 수 있는 에너지가 아니므로 교류 발전기의 구성으로 발전부를 구성한다. 소전류 자체 교류 발전 시스템에서 발전부는 원동기로 코일의 축을 중심으로 시계 방향으로  $v[m/s]$ 의 속도로 회전 시키면 길이  $l$ 의 코일변에는 플레밍의 오른손 법칙에 의해  $e=vBl\sin\theta$  [v]의 기전력이 발생 된다.

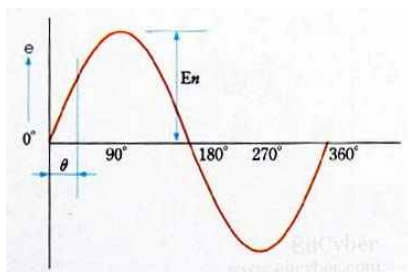


그림 1. 교류발전 기전력  
Fig. 1 Electromotive force of AC Generator

코일에 전류가 흐르면 자속밀도  $B$ 와 코일 사이에 플레밍의 왼손 법칙에 따른 기전력이 작용하여 회전 방향 반대의 힘이 발생 된다. 따라서 슬립링에 의해 회전시 극성이 교번되는 교류 기전력이 유기 된다.

#### 2.1.2 시스템 Flow

그림 2의 (a)에서 마이크로컨트롤러는 대기 전력없이 동작전력이 발생하기를 대기한다. 마이크로컨트롤러는 동작전압 발생 시 최적의 구동으로 배관의 온도를 ADC를 통하여 2진으로 계수화 하여 온도 데이터를 CC1020을 통해 Base Station으로 무선으로 전달한다. (b)의 Base station은 node로부터의 Data를 토대로 자동제어하게 되고 node의 Data, ID를 Ethernet을 통하여 Server로 전송하게 된다.

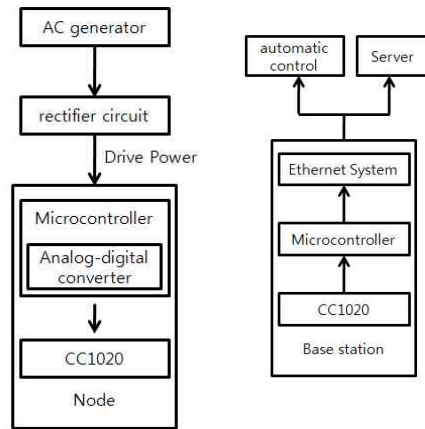


그림 2. 자체발전 홈 자동화 시스템에 대한 블록도.  
(a) 자체발전 Sensor node, (b) 보일러의 베이스 스테이션 노드

Fig 2. Block of Self Generator for Home automation System. (a) Sensor Node for Self Generator, (b) Base station node of Boiler

여러 개의 node는 ID를 가지고 Base station으로 전송하며 node 끼리는 통신을 하지 않는 1:多 전송 방식을 사용 하였다.

### 2.2 Sensor node 의 H/W 구성

#### 2.2.1 전원부

전원부는 교류를 직류를 정류 하는 브릿지 정류부와 3.3V 공급을 위한 정전압 레귤레이터로 구분이 된다.

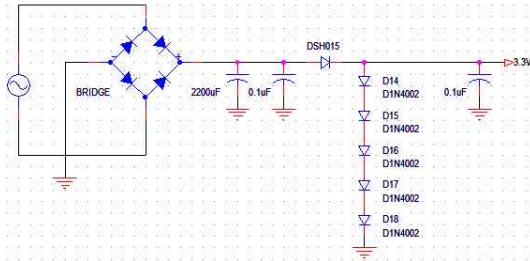


그림 3. 전원부 회로  
Fig. 3 power supply circuit

그림 3의 브릿지를 통과한 전원은 직류로 변환되고 2200µF에 충전하게 된다. 이때 0.1µF은 리플을 방지 하기 위하여 쇼트키 다이오드의 양단에 사용하고 다이오 드5개를 직렬로 사용하여 CMOS동작 전압을 공급 할 수 있게 설계하였다.

### 2.2.2 CC1020의 구조

CC1020 칩은 Chipcon사의 SmartRF-02 기술에 근거한 0.35µm의 CMOS의 타입의 칩으로 저전력, 저전압 wireless UHF transceiver 단일 칩이다. 주로 400, 868MHz 와 915 MHz 주파수 대역을 가진 ISM 및 SRD의 목적으로 사용하지만, 402MHz~470MHz와 804MHz~940 MHz 범위의 주파수 대역에서 일본의 ARIB STD T-67 기준 및 유럽의 EN 300 220 기준에 따른 근접 시스템에 적합하며, 12.5KHz 혹은 25kHz의 채널 간격을 프로그래밍 을 통해 구현할 수 있다.

CC1020 칩의 package 형식은 QFN32의 형태이며, 아 래의 그림 4의 (a)과 같은 구조이다.

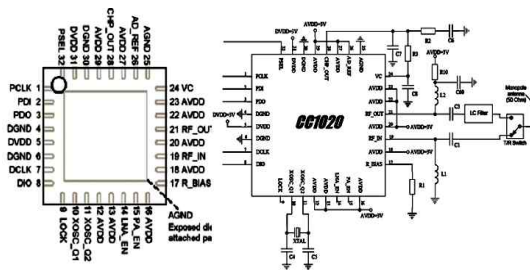


그림 4. CC1020 핀과 응용회로  
(a)핀 배열 (b)응용회로

Fig. 4 Pin and application Circuit of CC1020  
(a) package type (b)Application circuit

그림 3의 (b)의 회로에서 나타난 중요한 특성중 하나 는 PLL 회로를 이용하여 주파수원을 고정 및 가변시켜 위상을 동기 시켜주고, LC 필터를 이용 하여 원하는 특 정대역의 주파수를 통과시켜준다.

Filter는 Chipcon사에서 Pi-Type LC filter, T-Type LC filter 2가지를 제공하고 있는데 433MHz에서는 T-Type 을 868/915MHz에서는 Pi-Type를 추천하고 있다. 따라서 아래의 그림 5 와 같이 필터를 설계하여 soldering 하는 방식에 따라 433MHz 혹은 868/915MHz 대역에서 사용 하는 LC filter로 변환 가능하다.

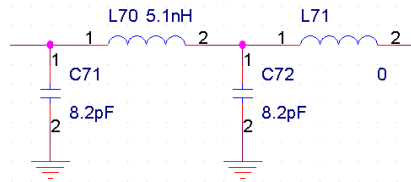


그림 5. 433MHz Pi-Type LC Filter 회로  
Fig. 5 433MHz Pi-Type LC Filter circuit

그림 5에서는 L71의 인덕터를 0Ω저항을 연결함으로 써 433MHz대역에서의 Pi-Type 필터를 설계할 수 있 으며 식 (1)의 차단 주파수에 따라 각 인덕터와 커패시터 의 수치를 결정할 수 있다.

$$\omega_c \approx \omega_{RF} \cdot \left( \frac{1}{1-0.1333} \right) \quad L = \frac{35.6}{\omega_c} \quad C = \frac{0.067}{\omega_c} \quad (1)$$

그림 6은 C71 커패시터를 개방시켜 868/915MHz에서 의 T-Type 필터를 설계할 수 있다. 식 (2)로 각 인덕터와 커패시터의 임피던스 값을 구할 수 있으며, 이를 통해 원하는 소자의 값을 결정할 수 있다.

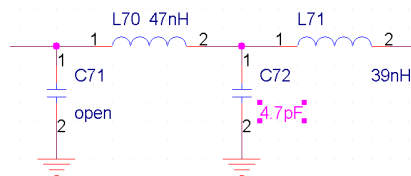


그림 6. 868MHz T-Type LC Filter 회로  
Fig. 6 868MHz T-Type LC Filter circuit

$$Z_{L1n} = \frac{Z_{L1} \cdot Z_{C1}}{Z_{C2} + Z_{C1} + Z_{L1}} \quad Z_{C1n} = \frac{Z_{C2} \cdot Z_{C1}}{Z_{C2} + Z_{C1} + Z_{L1}} \quad Z_{L1n} = \frac{Z_{C2} \cdot Z_{L1}}{Z_{C2} + Z_{C1} + Z_{L1}} \quad (2)$$

위의 두 형태의 필터 설계를 통해 송신 시 원하는 주파수 대역만을 통과 시킬 수 있다.

### 2-3. Microcontroller Interface

CC1020 칩을 이용하여 원하는 통신시스템을 구현하기 위한 레지스터 설정을 위한 MCU Interface가 필요하다. 설정을 위해서는 PSEL, PCLK, PDI, PDO 핀이 필요하고, DATA interface를 위해서는 bi-directional DIO핀과 DCLK핀의 연결이 필요하다.

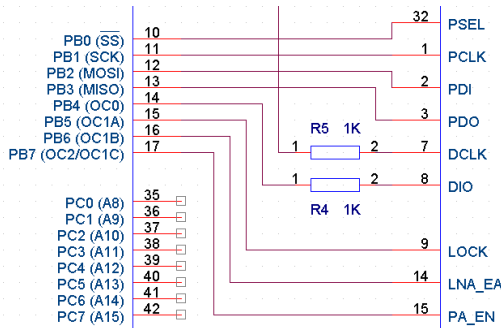


그림 7. H/W 부분의 회로  
Fig. 7 Circuit of H/W part

위의 구성부는 크게 두 부분으로 나눌 수 있으며 첫 번째로 CC1020 칩의 내부 레지스터를 설정하여 CC1020 칩이 지원하는 한도 내 통신시스템을 구현하기 위해 사용되며, 두 번째로 이러한 설정이 완료된 이후 실제 보내고자 하는 데이터를 전송하고 수신하는 데 사용한다. 위의 그림7은 이러한 Interface 회로를 표현한 것이다.

## 2.4 S/W 구성

### 2.4.1 CC1020 register Setting

CC1020 칩을 이용하여 무선 데이터 통신을 구현하기 위해서는 하드웨어 구현과 더불어 내부의 8bit로 이루어진 레지스터 값의 설정이 필요하며, 각각의 레지스터 설정으로 원하는 무선통신시스템을 구현할 수 있다. 내부 레지스터는 00번지~4B번지까지 있으며 내부 레지스터는 각 bit마다 그 레지스터가 의미하는 어떤 설정값이 있으며 그 설정값에 의해 원하는 주파수대역, 수신감도, 송

신 출력, channel 간격, 송신/수신/power-down 모드선택, 부호화 방식 및 변조 방식 등을 변화 시킬 수 있다. CC1020 칩의 송신 모드 및 수신모드 변환은 MAIN 레지스터의 MSB를 통해 손쉽게 할 수 있으며 04번지부터 0A번지에서 A 혹은 B의 2가지의 주파수 대역을 설정한 후 A 혹은 B의 2가지의 서로 다른 두 주파수의 대역끼리의 변환 역시 MAIN 레지스터의 6번 bit설정을 통해 이루어진다. 또한 실제 무선 통신이 이루어지지 않을 시 전력 소모량을 줄이기 위한 power down 모드설정도 MAIN 레지스터에서 이루어진다.

### 2.4.2 MCU Programing

MCU는 ATmega8L을 사용하였으며 내장 ADC를 사용하여 AD변환을 한다. 아래의 ATmega8L의 레지스터 설정에 따라서 ADC 포트 설정이 결정된다.

```
ADMUX = 0XE0;
ADCSR = 0XE0;
```

ADMUX는 단일 전압을 입력 받으며 ADC0번을 사용 좌측으로 조정되게 설정한다.

```
uint16_t get_adc(uint8_t channel)
{
    uint16_t result = 0;
    uint8_t i = 0;
    ADMUX = 0x40 | channel;
    ADSCRA |= (1 << ADSC);
    ADSCRA |= (1 << ADIF);
    while (!((ADSCRA >> ADIF) & 1));
    result = ADC;
    ADSCRA &= ~(1 << ADSC);
    return result;
}
```

위와 같은 방식으로 온도의 센싱에 측정의 오차를 줄이기 위한 반복이나 딜레이를 제외하고 한번 측정이 값은 결과값에 저장된다.

```
initial_cc1020();
Tx_cc1020();
DataTx();
```

결과값을 결정하게 되면 MCU는 CC1020을 통하여 직렬로 1Byte data를 전송한다.

### 2.4.3 Base Station Programming

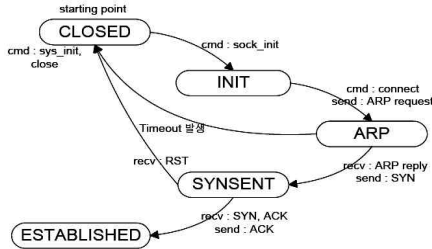


그림 8. TCP Client 구성도  
Fig 8. structure of TCP Client

그림 8은 TCP Client에 대한 그림이다. TCP Client에서는 CLOSED 상태에서 Socket\_init 명령레지스터에 의해 INIT(초기화)상태가 되고, 이 때 자신의 MAC, IP, Gateway, Subnet mask를 설정하게 되고, 목적지 IP를 가진 서버로 접속하기 위해 ARP를 요청하게 되고, 요청에 대한 응답이 있으면 SYN을 보낸 후 SYNSENT 상태가 되고, 그렇지 않으면 CLOSED상태로 다시 들어가게 된다. SYNSENT 상태에서 SYN에 대한 응답(SYN, ACK)을 받게 되면 ACK를 보낸 후 ESTABLISHED(연결 설정)상태가 되어 서버에 접속 된다.

### 2.4.4 Host Morning System

Base station node에서 Data의 기록과 분석을 위하여 별도의 Server를 사용한다. 이는 .net을 이용하여 프로그래밍 하였으며 Data를 Ethernet으로 수신하게 되면 Data와 각각의 위치 정보를 가지고 문제 발생 시 문제를 진단하여 경고 DB에 저장 하게 된다. 아래의 소스는 서버의 TCP Socket를 Open 하는 C# 소스 이다.

```
try
{ listener = new TcpListener(port);
  listener.Start();
  isAlive = true;

  while (isAlive)
  { Socket client = listener.AcceptSocket();
    if (client.Connected)
    { is_Connect = true;
      stream = new NetworkStream(client);
      reader = new StreamReader(stream);
      Read = new Thread(new
      ThreadStart(Receive));
```

```
Read.Start();
}
}
}
```

소스에서는 보류중인 연결 요청을 받아들여서 클라이언트가 연결 시 Thread를 사용하여 데이터를 전송 받는다. 전송받은 데이터는 차후 DB 연동 등을 사용하여 응용 된다.

### III. 실험 및 성능

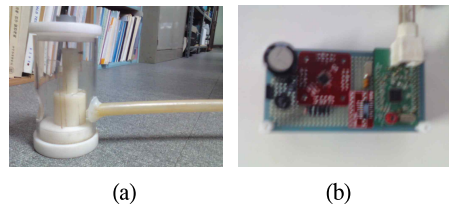


그림 9. 시스템 인터페이스 (a) 프로펠러방식의 파이프 발전기 (b) ATmega8L을 사용한 송신장치  
Fig. 9 System Interface (a) Pipe Generator with propeller type (b) Transmitter using Atmega128L

그림 9의 (a) 와 같은 프로펠러 방식의 발전 시스템에서 (b) 에게 교류 전원이 공급이 된다. 그림 (b)는 브릿지 정류를 거쳐서 2200uF의 커패시터에 저장을 하고 MCU 및 CC1020을 구동하였다.

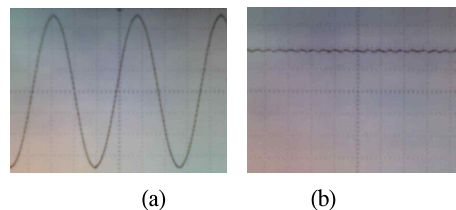


그림 10. 전원부의 파형 (a) 자체발전 교류 파형 (b) 정류회로를 거친 직류 파형  
Fig. 10 Waveform on power supply (a) A/C waveform of self generator (b) D/C power after rectifying circuit

그림 10에서 나타난 것처럼 교류의 전류를 직류로 바꾸고, 3.4V~3.8V의 직류전원이 System의 전원으로 공급 된다. 단지 소형발전기의 발전시 주파수가 낮아지면 따라서 불안정한 전압이 공급 되는 것을 실험에 의해서 확

인 할 수 있다. 발전기의 교류발전 주파수가 10Hz 이상이고 동작전력이 발생 시 정상적으로 동작을 하였으며 System 발전의 교류주파수는 1.7KHz 이상의 주파수를 보였으므로 센싱 1회와 data 1Byte 전송이 가능하였다.

#### IV. 결 론

아파트에서 난방은 온수를 이용하여 한다. 이러한 방법은 전기를 이용한 방법 보다 비용 면으로 절감이 된다. 그러나 온수기의 통과한 물의 온도와 온수 파이프의 여러 부분의 온도는 다르게 된다. 이러한 것은 설정된 온도 값과 다를 수 있다. 그러므로 온수와 떨어진 곳의 온수 파이프의 한 곳의 온도를 지속적으로 측정하여, 이 온도를 제어측에 송신을 하게 된다. 또한 송신부의 전력은 온수 파이프의 물의 흐름을 이용한다. 물이 흐를 때 프로펠러를 이용하여 전력을 생성한 후 이 전력으로 측정된 온도를 송신하게 된다. 본 논문을 통하여 ATmega8L 과 cc1020 기반의 시스템이 저 전력의 센서노드 구동에 적합함을 확인 하였다. 이에 소형 발전부의 기계적인 부분의 보완과 전원부의 안정적인 공급문제, 측정하는 효율적인 방법을 보였다. 가정의 온수 배관의 온도를 자체 발전한 전력을 이용하여 측정된 온도 데이터를 보내는 것의 효율성을 보였다. 향후 소형 발전/충전 장치의 발전은 Micom System의 H/W 일부가 자연에너지를 전기에너지로 변환하는 형태로 발전할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] Chipcon Tech. Support, "User Manual Rev. 2.0, Chip AS, 2004, www.chipcon.com.
- [2] Chipcon Tech. Support, "User Manual Rev. 2.3, Chip AS, 2003
- [3] Chipcon, Tech. Support, "CC1020 Datasheet(rev. 1.5), Chipcon AS
- [4] Chipcon Tech. Support "Application Note AN025, Chipcon AS, 2004
- [5] 황해권, 배성준, "I love ATMEGA128", 복두출판사, 2005
- [6] TCP/IP Socket Programing version C, Michael J.

- Donahoo, Kenneth L. Calvert 2001
- [7] TCP/IP 소켓 프로그래밍, 윤성우, 2003
  - [8] AVR ATmega128 마스터, 윤덕용, 2004
  - [9] W3100A Data Sheet
  - [10] RTL8201 Data Sheet
  - [11] Atmega128 Data Sheet

#### 저자소개



**박 철 민 (Chul-Min Park)**

2002년 3월 ~ 현재 : 동서대학교  
컴퓨터정보공학부 재학중

※ 관심분야 : RFID 시스템, 무선통신, HW 설계



**조 형 국 (Heung-Kuk Jo)**

1973년 2월 : 동아대학교 전자공학과  
졸업(학사)

1979년 2월 : 동아대학교 전자공학과  
졸업(석사)

1990년 2월 : 베를린공과대학교 음향전자연구소 졸업  
(박사)

1990년 2월 ~ 1993년 2월 : 삼성전자 기술총괄 선임연구원  
1993년 3월 ~ 현재 : 동서대학교 컴퓨터정보공학부  
부교수

※ 관심분야 : RFID 시스템, 무선통신, HW 설계



**이 훈 재 (HoonJae Lee)**

1985년 2월 : 경북대학교 전자공학과  
졸업(학사)

1987년 2월 : 경북대학교 전자공학과  
졸업(석사)

1998년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(박사)  
1987년 2월 ~ 1998년 1월 : 국방과학연구소 선임연구원  
1998년 3월 ~ 2002년 2월 : 경운대학교 조교수  
2002년 3월 ~ 현재 : 동서대학교 컴퓨터정보공학부  
부교수

※ 관심분야 : 암호이론, 네트워크보안, 부채널공격