

비동기 근거리 다대다 무선원격 계측-제어 시스템 개발

현웅근, 최현석
 호남대학교 전자공학과

An asynchronous near-field multiple wireless remote measurement and control system

Hyun, woong keun and Choi, hyun suck
 Dept. of electronics, honam Univ. . KOREA

Abstract - A wireless communication module for multiple nearfield measurement and control module was developed. The function of the developed system are dual communication, concurrent multiple communication, PLC control, and A/D, D/A converting. The multiple communication approach is based on master-slave with sub-polling scanning concept.

1. 서 론

설치된지 10년~20년 이상된 노후 시설이 있는 곳이나 환경 감시가 필요한 곳에는 집중적으로 시설물 안전 진단 및 계측이 필요하다. 이러한 곳을 계측등을 하기 위해서는 약 1km 내의 집중적인 감시 계측 시스템이 필요하므로 다수의 계측 시스템이 필요하고, 각 계측 시스템간의 통신이 중요하게 된다. 더욱이 노후 구조물의 안전진단의 경우 설비의 진단은 방사능을 사용하여 설비 및 기기 부분의 크랙(crack)등을 판단하므로 계측기기의 반경 10m이내에는 측정요원이 접근할 수 없어 원격으로 계측할 수밖에 없다. 이러한 옥외 설비 진단 계측 장치는 고가여서 대단위 공장에서 한꺼번에 설치할 수가 없고, 진단을 위한 계측역시 연중 상설 설치되는 기기가 아니라, 필요시 일정기간을 측정하는데 사용되는 반고정용 장비이다. 따라서 계측기기의 통신은 유선이 아니라 무선 시스템을 사용하여, 필요시 설비를 제어하는 장치도 필요하게 된다.

본 연구에서는 장애물이 없는 경우 300m정도 통신이 되는 미약전파를 이용한 비동기 근거리 무선 통신 모듈을 활용하여 직경 1km 범의 내를 다수의 원격 계측 시스템으로 집중 계측할 수 있는 무선 원격 계측-제어 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 아날로그-디지털 컨버팅(A/D/C), digital I/O 기능을 가지며 폴링-마스터-슬레이브(Master-Slave) 제어 개념을 사용하여 다수의 계측 시스템 끼리의 통신이 가능하도록 protocol을 개발 하였다. 본 연구에서 개발한 시스템은 447Mhz대의 미약 전파 주파수를 사용하며 64개의 채널을 PLL을 통하여 제어한다.

2. 근거리 무선 통신 모듈의 구성

개발된 근거리 무선 원격 다중 계측 및 PLC 통신 제어 장치는 그림 1에 나타난 바와 같이 크게 주제어부(MPU1)와 RF 제어부(MPU2), RF 및 유선 통신 이터페이스부, ID 스위치 그리고 메모리부 등으로 구성 되어 있다.

그림 1에서 MPU1은 주제어부로서 PC 나 PLC와 통신하며 PLC 명령어 압축 또는 복원등을 하고, MPU2는 RF 통신 모듈을 제어하고 무선통신 부분을 담당한다.

이 논문은 과학기술부, 한국과학재단 지정 지역 협력 연구센터인 여수대학교 설비 자동화 및 정보시스템 연구개발 센터의 연구비 지원에 의해 연구되었음.

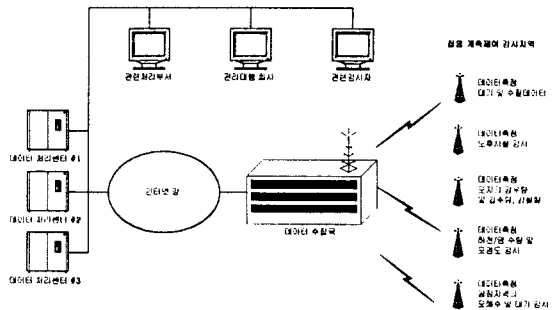


그림 1. 다중 집중 계측시스템 활용 예

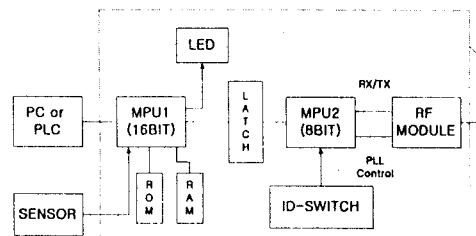


그림 1. 개발된 근거리 다중 무선 원격 계측모듈의 H/W 블록 다이어그램

RF 모듈은 사용주파수 대역이 425.26Mhz에서 447.98Mhz 대의 최대 32채널 까지 PLL제어를 통하여 채널 변경이 가능하며 미약 전파를 사용한다. MPU2는 RF 모듈의 PLL을 제어하여 주파수를 변경하며, RF 모듈에 RS232 형식의 TX와 RX신호를 송/수신한다. 그리고 파워 온시에 ID-스위치 값을 읽어 자신의 ID를 결정한다. ID-스위치의 역할은 8bit dip 스위치 형태로써 자신이 마스터 통신제어 장치인가 슬레이브 통신제어장치인가 또는 몇 번째 그룹의 슬레이브 장치인가를 결정하는 ID 스위치이다. MPU1은 PC나 PLC와 시리얼 통신을 하며 내장된 AD 컨버터를 사용하여 주변의 센서신호를 읽을 수가 있고 MPU1의 PLC의 시리얼 데이터를 전송받아 RF 모듈 제어부인 MPU2으로 전송 한다. MPU1과 MPU2 내부의 제어 프로그램은 그림 2에 나타난 바와같은 제어층 구조를 갖고 있다. 제어층은 3개의 층으로 이루어 지는 바, H/W 제어층과 무선 매체 제어층 그리고 통신 프로토콜 제어층등 3부분이다. H/W 제어층에서는 MPU2에서 담당하며 PLL 제어를 통한 RF 모듈 주파수 제어, Rx/TX 데이터의 RF 송/수신 그리고 ID-스위치를 압력 받아 고유의 ID를 결정한다. 무선 매체 제어층과 통신 프로토콜 제어층의 알고리즘은 MPU1에서 수행된다. 무선 매체 제어층에서는 통신 데이터 오류를 검출하기 위

한 BCC코드 발생 및 분석과 S/W적인 맨체스타코드 변환, 그리고 데이터 프레임에 프리앰블 코드를 발생 시키며, 다중 PLC 원격 통신을 위한 프로토콜이 내장되어 있다. 통신 프로토콜 제어층에서는 PLC 명령어 해석을 하며, 계측을 위한 A/D 컨버터제어 및 PLC 나 PC와의 통신 제어를 위한 커널이 내장되어 있다.

통신 제어 프로토콜 층 (PLC 명령어 해석, 통신제어커널)
무선 매체 제어층 (BCC 코드, 프리앰블, 멀티통신 프로토콜)
H/W 제어층 (PLL 제어, RF 송수신)

그림 2. 통신 제어층 구조

PLC용 무선 통신 모듈은 10mW 이하의 미약 전파를 사용하며 400Mhz대의 주파수를 사용하고 있으며 장애물이 없는 경우 실외에서 약 700m내 거리에서 통신이 가능하고 통신 속도는 4800bps 정도로 낮은 편이다. 그리고 주파수는 64 채널을 갖고 있으며 PLL제어로 주파수를 제어한다.

3. 저속 호핑 시간을 갖는 비동기 RF 모듈을 이용한 다대다 통신 프로토콜 개념

다수개의 PLC가 서로 통신을 할때는 각각의 고유 주파수로 서로 통신을 해야하며 이 경우 통신하고자하는 PLC가 바뀔 때마다 매번 서로 주파수를 바꿔주어야 한다.

본 연구에서 사용된 RF 모듈은 주파수 호핑 시간이 60msec이며 수신상태에서 임의의 송신 주파수로 변경되는 시간은 송/수신 2번 하게 되므로 120msec이다. 이와 같이 일반 주파수 호핑 시간이 낮은 비동기 무선통신 모듈을 사용한 근거리 무선통신 시스템의 경우 소요시간 면에서 볼 때 무선 RF 통신 모듈의 통신 제어에 있어서 데이터 통신 시간 보다는 PLL을 통한 주파수 변경에 소요되는 시간이 더 많이 소요된다. 따라서 본 연구에서는 다수개의 PLC간의 통신을 위한 방법으로 통신을 위한 주파수 변경은 가급적 적게하면서 주 제어부가 명령을 내리는 마스터-슬레이브 개념 및 종 제어기끼리 통신이 원활하게 될 수 있도록 통신을 하는 방법을 연구하였다. 전체적인 통신 프로토콜 설명은 그림 3에 나타난 바와 같다.

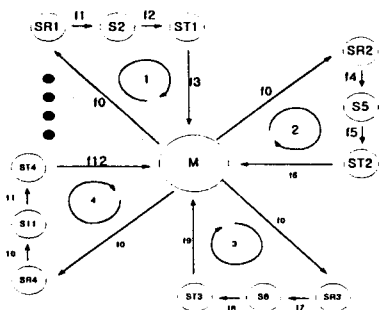


그림 3. 다대다 통신 개념도

그림에서 보는 바와 같이 개념은 주제어부인 마스터부로 설정된 통신제어장치 M과 64개 이하의 슬레이브로 설정되는 PLC나 제어장치가 다(多) 대 다(多) 통신을 하는 것이며, 마스터 통신제어장치 M를 중심으로 슬레이브 장치 3개(SR1, S2, ST1)가 각각 하나씩의 그룹을 형성하여 통신하는 방법이다. 슬레이브 장치 그룹에는 각각 스테이브 수신담당 장치SR과 슬레이브 송신 담당 장치 ST 그리고 슬레이브 장치 Sx 와 마스터 장치 M등 4개의 장치가 하나의 작은 루프를 형성하며 다른 그룹도 그림 4에서 보는 바와 같은 그룹을 형성하여 하나의 전체 네트워크가 구성된다.

그림 3에서 보는 바와 같이 마스터 통신 장치 M에는 PC나 제어가 연결되며 모든 슬레이브 통신장치에 명령을 내리거나 임의의 슬레이브 통신 장치에서 데이터를 수신 혹은 다른 슬레이브 통신 장치에 명령어나 데이터를 전송해주는 역할을 한다. 우선 마스터 통신 장치는 초기에 기본 주파수는 f0 로 설정되며 제2도에서 보는 바와 같이 모든 슬레이브 통신 그룹의 SR역시 통신 주파수는 기본 주파수 f0 로 설정 되어 마스터 통신 장치의 명령을 받는다. 마스터 통신 장치 M은 명령어를 내릴 때 그룹 ID 와 그룹의 슬레이브 통신장치의 ID 그리고 명령어를 슬레이브 그룹의 각 수신 슬레이브 통신제어장치 SR등에 송신한다. 만일 특정 슬레이브 통신 장치와 통신을 하고자한다면 마스터 통신장치 M은 해당 슬레이브 그룹의 송신 슬레이브 통신 제어장치 ST의 송신 주파수로 주파수를 호핑한다. 그리고 해당 송신 슬레이브 통신 장치의 데이터 수신을 대기한다. 데이터가 정상적으로 수신되면 수신데이터에서 ID와 그룹을 확인한후 명령어를 수행한다. 만일 특정 슬레이브 통신 장치와 통신하는 것이 아니라 모든 슬레이브 그룹에 데이터를 송신하는 경우라면 마스터 통신 장치는 모든 슬레이브 그룹의 데이터를 수신하는 모드로 전환되며, 따라서 각 슬레이브 통신 장치 그룹의 송신 슬레이브 통신 장치 SR의 주파수로 순차적으로 변경시켜 모든 슬레이브 그룹의 데이터 수신을 기다린다.

4. 프로토콜 및 효율 분석

통신 프로토콜은 하나 모듈 당 선 프로그램 3byte, 센소 데이터 16byte, ID 1byte, I/O 2 byte, stop, start 2 byte, 후 프리앰블 2 byte등 총 31 byte이며, 한 모듈을 거칠때마다 센서 데이터 16byte I/O 2 byte, ID 1 byte등 19 byte이다. 따라서 그림 3과 같이 한 루프가 마스터 모듈 까지 4개의 모듈로 이루어져 있고 4개의 루프로 이루어진 네트워크인 경우 모두 13개의 모듈로 이루어 네트워크가 되며, 모듈당 장애물이 없는 경우 약 400미터에서 통신이 되는 경우 최대 직경이 1.6km의 영역을 집중 감시할 수 있는 시스템이 된다. 한 루프의 데이터 전송 속도는 다음과 같다.

$$T = T_{frame} + T_{hopping} \quad (1)$$

여기서 T_{frame} 은 데이터의 전송 시간이고 $T_{hopping}$ 은 주파수 변경에 소요되는 시간이다. 데이터 전송 시간은 한 모듈의 경우 31 byte이고 4800 bps의 RS232 통신 포맷을 사용하므로 10 bit 통신기준으로 보면 64.57 msec 이다. 주파수 변경 시간은 본 실험에서 사용한 RF모듈은 36msec 이며, 루프내에 4개의 모듈이 있으므로 총 144msec가 소요된다. 그리고 한 모듈을 거칠 때마다 데이터가 19 byte가 추가 되므로 $64.57 + 39.58 \times n + 36 \times n$ 이며 여기서 n은 루프내 모듈의 개수가 된다. 따라서 한 루프의 통신 속도는 총 362.89 msec가 되며 전체 네트워크에 총 4개의 루프가 있으므로 1.451sec 가 된다. 이러한 시스템의 스케닝 타임은 약 1.45 sec로 직경 1.5Km 정도의 온도, 습도, 유해가스등의 환경 계측 시스템이나 구조물의 균열 상태 감시 같은 안전 진단 장치의 상시 진단 계측-제

어 시스템에 적합하다.

5. 실험결과

본 연구에서는 RF controller의 H/W 및 제어 S/W 그리고 PC측의 GUI에 입각한 MMI를 개발하였다. 그림 7은 PLC나 PC의 통신 프레임의 변환된 신호를 입력받아서 8bit MPU인 89C52에서의 RF모듈 제어 신호와 패킷화된 신호를 송출하기 위한 Tx 신호 및 수신된 RF모듈의 신호를 Logic Analyzer로 출력한 것이다. 그림 7의 ch1 - ch3은 crystal이 10.6MHz인 경우 PLL기준 주파수를 12.5KHz로 setting해주는 제어 신호의 열이고, ch0 - ch6은 송신을 하기위한 PLL setting 제어 신호이다. ch7은 위 그림 6의 (3)번 Tx 데이터 신호이다. ch8과 ch9는 수신측의 PLL 수신 제어 신호와 수신 데이터이다. 송신이 끝난 후에는 자동으로 수신상태로 변환됨을 보여주고 있다.

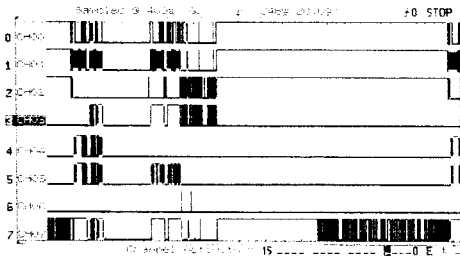


그림 7. 센서 3개가 연결된 원격 통신 모듈의 송신 신호

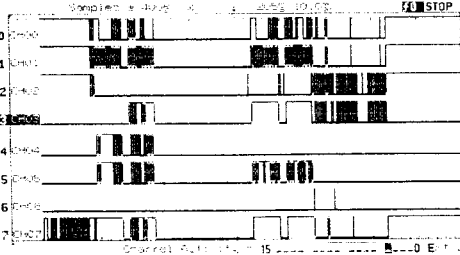


그림 8. PC 와 연결된 원격 통신 모듈의 수신 신호

개발된 근거리 무선 원격 통신 계측-제어 모듈은 그림 9에 나타내었다. 그림 10은 PC특에서의 GUI interface이며, 센서가 부착된 계측-제어 단말부에는 초음파 거리 센서, 온도 센서 및 비접촉 점접센서가 부착되었으며 최대 8개 까지의 아날로그 센서가 부착가능하며 계측 기기인 경우 RS232통신으로 신호를 송신할수 있다. 그림 11은 PC와 연결된 센서 수신부의 데이터 로깅 모습이며 센서의 신호가 실시간 표시됨을 보이고 있다.

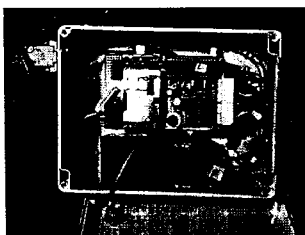


그림 9. 개발된 근거리 무선 원격 통신 계측-제어 모듈

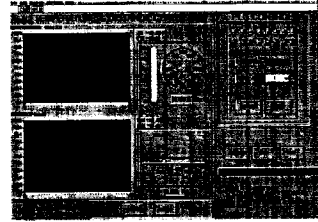


그림 10. PC측의 GUI interface

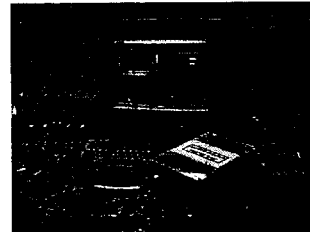


그림 11. 수신부의 센서데이터 실시간 모니터링 모습

6. 결론

본 연구에서는 미약전파를 이용하는 비동기 RF 모듈을 이용하여 광역 집중 계측-제어 장치용 다대다 통신 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 PLC 제어와 Host PC와의 통신을 위한 CC Protocol 층과 에러 감지 및 허브 폴링 방식의 다 대다 통신 프로토콜 제어를 수행하는 Wireless MAC층 그리고 주파수 멀티 플렉싱을 위한 PLL 제어 및 통신 부분 직접 제어를 위한 Kernel 로 구성된 Physical Media 층으로 구성된다.

[참 고 문 헌]

- [1] S. Arimoto, "Linear controllable systems," *Nature*, vol. 135, pp. 18-27, July, 1990.
- [2] R. C. Baker and B. Charlie, "Nonlinear unstable systems," *International Journal of Control*, vol. 23, no. 4, pp. 123-145, May, 1989.
- [1] LG산전(주), LG-GLOPA PLC manual, 1997.
- [2] Intel(Ltd), Intel Embedded Microprocessor &Peripheral component, 1998.
- [3] J. E. Hipp, "Modulation Classification Based on Statistical Moments", *Proc. IEEE MILCOM'86*, CA, Oct. 1986.
- [4] Dinid Sumner, Wireless communication experimenter's manual, Antenas, components and design, 1991.
- [5] F. F. Liedtke, "Commputer Simulation of an Automatic Classification Procedure for Digitally Modulated Communication Signals with Unknown Parameters", *Signal Processing*, vol. 6, no, Aug. 1984.
- [6] E. A. Lee, D. G. Messerschmitt, Digital Communication, *Kluwer Academic Publishers*, 1998.
- [7] B. Sklar, Digital Communication Fundamentals and Applications, *Prentice Hall*, 1988.