

가정용 수도미터 무선통신모듈 개발

신강욱, 홍성택
한국수자원공사 수자원연구원

Wireless communication module for tap water meter

Gang-Wook Shin, Sung-Taek Hong
KOWACO KIWE

Abstract - 가정용 수도미터의 검침방법은 대부분 검침원에 의한 개별방문을 통하여 이루어지고 있어, 검침에 따른 민원발생과 검침데이터의 정확성 문제 등으로 인하여 효율적 수도검침이 이루어지지 못하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 국내·외 수도미터 특성분석과 수도미터 원격검침시스템 적용 현황 및 장단점을 비교하여, 오차 특성이 개선된 디지털 수도미터와 최적의 전송 알고리즘을 갖는 통신모듈을 개발하여 유비쿼터스 기반의 수도미터 AMR 시스템을 구현하고자 한다.

1. 서 론

수도분야에 있어서의 원격자동검침시스템(AMR : Automatic Meter Reading) 운영은 미래의 유용한 물공급 정책 수립과 수처리 비용, 그리고 증가일로인 물 수급에 있어서 보다 효율적인 역할을 수행하게 된다. 이러한 AMR은 상수도 관리시스템에 보다 향상된 신뢰를 부여하게 되어 국민의 신뢰도 변화에 아주 중요한 역할을 수행하게 된다.

우리나라 수도물을 사용하는 일반 가구 수는 약 1,600만 개소로 대부분 기계식 수도미터를 설치하여 사용하고 있기 때문에 인력에 의한 개별적 방문 검침을 통하여 가구별 수도물 사용량을 산정하고 있다. 그러나, 기계식 수도미터로 인하여 최소유량에서 발생하는 오차 요인과 개별 방문 검침에 의한 소비자 사생활 침해, 미 검침처리, 검침원의 기록오류 및 소비자 부재에 따른 재방문 등 많은 문제점을 야기해 왔다.

지방상수도의 효율적 운영을 위해 우리공사에서 추진하고 있는 지방상수도 관리계획에 의하여 지방상수도 사업장이 많아짐에 따라 소규모 수용가의 수도물 검침을 위한 수도미터가 기하급수적으로 증가하고 있고, 유수율 제고를 위하여 수도물 사용량의 시간별 데이터 취득이 필요하여, 이를 이용하여 수도물 생산량을 조정하기 위하여 AMR 시스템의 도입이 요구된다.

2. 가정용 수도미터

2.1 기계식 수도미터

기계식 수도미터는 물리적인 역학구조로 계량하고, 지시부 역시 기어방식의 기계적인 구조로 계량 수치가 표시되도록 구성된다. 일반 가정에서 사용되고 있는 직경 50 mm 이하의 수도미터는 추측식과 실측식으로 분류할 수 있다. 추측식은 유수 또는 익근차의 회전 속도에 따라 실제 유량을 간접적으로 측정하는 방식이며, 실측식은 물을 일정 체적씩 담아서 측정하는 방식으로 주로 시험용으로 사용되는 방식이다. 익근차식중 단갑식은 익차에 분사하는 유입공(Nozzle Hole)을 1개 갖고 있으며, 상·하 자석(Magnet)으로 피니언의 기어를 이용하여 지침을 작동 지시하는 방식이다. 복갑식은 하부의갑 내에 내갑이 있고 하부 내갑의 여러 유입공으로부터 익차 날개에 대하여 접선 방향으로 물줄기가 분사되어 익차를 회전시켜 주는 방식이다. 따라서, 복갑식의 경우 내갑내에 여러 개의 노즐을 갖고 있으며 감도와 정도가 양호하고 안정되어 있다.

2.2 반전자식 수도미터

반전자식 수도미터는 센서부와 지시부가 기계식 방식이나 계량 수치를 전기적 신호(펄스/전류/전압)로 변환하여 출력함으로써 원격 검침이 가능하도록 구성되나, 내부적으로는 마이크로프로세서를 가지고 있지 않은 수도미터를 말한다. 이러한 반전자식 방식은 기존의 기계식 미터 방식에 영구자석 등을 설치하여 기계적 움직임에 따라 전기적 신호를 생성하는 방식이다.

이와 같은 반전자식 수도미터에 리드스위치를 적용하여 사용되

고 있으며, 기계식 수도미터의 개조 없이 원격검침이 가능하도록 이미지 촬영이 가능한 촬영소자를 이용하여 지시부 다이얼의 이미지를 촬영하여 전송하는 방식도 있다.

2.3 전자식 수도미터

전자식 수도미터의 경우 유량측정을 위한 센서부와 지시부가 전자식으로 구성되어 계량신호 검출 및 계량 수치를 표시하는 부분이 디지털 방식이며, 내부에 마이크로프로세서를 이용한 데이터 처리와 저장기능을 갖는 수도미터를 말한다. 전자식 수도미터의 측정 센서방식은 리드스위치를 비롯하여 홀센서, 자기센서, 엔코더 등 으로서 국내·외에서 다양하게 개발되어 사용되고 있다.

엔코더방식은 입력 측에 주어진 물리적 변위량(기계적인 이동량, 회전량)을 전기적 디지털 신호로 변환하는 광 센서를 이용한 방식이다.



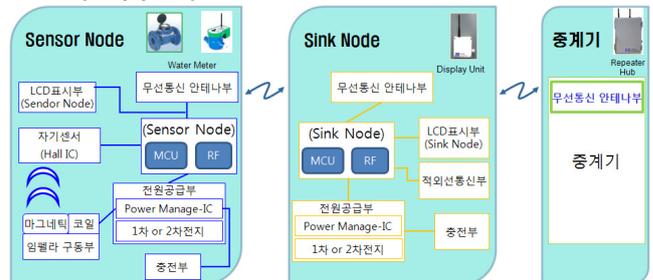
〈그림 1〉 전자식 수도미터

Fluidic Oscillator 방식 수도미터는 유입구로 진입한 물이 좁은 오리피스에 의해 유체 흐름에 비례하는 소량의 피드백 루프 경로에 의해 충돌하면서 발생하는 진동주기는 전자식 수도미터를 통과하는 유량과 비례하게 된다.

Cyble 방식의 경우 미소 전류가 유입되는 세 쌍의 코일과 수도미터의 다이얼 위에서 움직이는 작은 금속판으로 구성된다. 측정 원리는 다이얼이 돌게 되면 금속판이 주기적으로 코일 주위에 형성된 자장을 지나게 되어 교류전류를 생성하게 된다.

3. 무선통신모듈 개발

3.1 하드웨어 설계



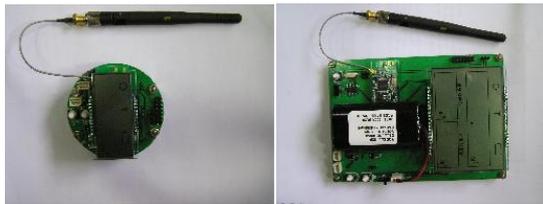
〈그림 2〉 무선통신모듈 블록도

디지털 수도미터의 무선통신모듈에 대한 블록도는 그림 2와 같으며, 주요 개념은 다음과 같다. 먼저, 센서노드는 수도미터 상부의 지시부를 나타내는 것으로 각 가정내에 위치하고 싱크노드는 옥외 검침을 포함한 원격검침을 위한 외부지시부로서 각 가정 외부에 설치하는 것을 목적으로 한다. 센서노드의 주요 동작원리는 수도미터 내부 임페라의 회전에 따라 사용유량 체크방식을

임펠라 상부에 위치한 자석의 회전을 자기센서인 Hall IC를 이용하여 자기 변화를 감지하도록 구성하고, 감지된 자기 변화는 MCU쪽으로 신호를 전송하도록 구성되어 있다. MCU에서는 이 신호들을 정방향 및 역방향에 대한 분석과 동시에 회전수를 카운트하여 메모리부에 연산 저장한다. 저장된 데이터는 일정시간마다 싱크노드 쪽으로 무선통신 안테나부를 통하여 수도물 사용량과 수도미터 동작상태, 그리고 배터리 상태 정보를 전송하게 된다.

싱크노드는 일정시간마다 센서노드로부터 수집된 수도물 사용량 데이터와 수도미터 동작상태 및 배터리 상태등을 외부LCD부에 표시를 해주고 중계기 쪽으로 각 센서 노드별 수도물 사용량과 수도미터 동작상태 및 배터리 상태 정보와 싱크 노드별 동작상태 및 배터리 상태를 보낸다.

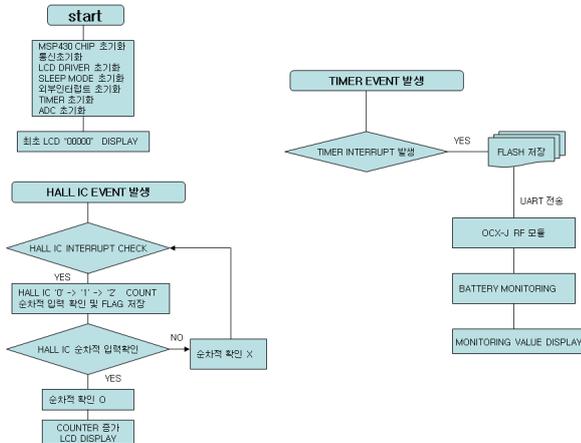
센서노드 및 싱크노드의 전원 공급부로는 기본적으로는 1차전지인 리튬전지를 사용하도록 구성하고, 2차전지인 리튬-이온전지를 사용할 경우에 Power Management Chip을 사용하여 외부충전이 가능 하도록 설계 하였다.



〈그림 3〉 하드웨어 개발품

3.2 알고리즘 설계

디지털 수도미터와 외부지시장치의 데이터 처리 및 전송알고리즘은 아래 순서도와 같다. 센서노드의 최초 동작은 센서노드의 MCU에서의 초기화를 시작으로 LCD의 데이터 표시가 이루어지면 Hall IC로부터 데이터를 입력받거나 타이머로부터의 이벤트를 통하여 데이터 전송이 가능하도록 처리한다. 회전수 감지는 Hall IC에 부여된 ID를 기준으로 순차적으로 회전함을 확인한 후 카운트 처리가 이루어진다.



〈그림 4〉 데이터 처리 흐름도

센서노드의 무선통신 알고리즘은 JN5139 칩의 경우 항상 deep sleep으로 대기상태이며, MCU 내부 타이머의 지정된 시간에 따라 JN5139를 wake up 시켜서 카운터된 데이터를 전송하고 다시 deep sleep mode로 복귀한다. 이는 수도미터의 배터리 전력을 가장 효율적으로 운영하기 위한 목적이다.

외부지시장치인 싱크노드의 무선통신알고리즘은 내부 MCU 타이머에 의한 RF 수신대기 모드로 전환하여 센서노드로부터 데이터를 수신하며, 입력데이터가 없는 경우 3초간 대기하여 데이터를 수신이 가능하도록 대기한다. 싱크노드의 경우 MCU는 외부적외선통신, RF통신의 신호처리 대기 상태인 Sleep상태로 동작하면서 LCD부에 현재 데이터를 나타내어주고 있고 타이머칩을 이용한 시간동기화 하여 주기적으로 동작상태로 싱크노드로부터 데이터를 받아서 연산처리 및 저장을 하고 중계기 쪽으로 현재 데이터를 보내주도록 하는 기능을 한다.

3.3 특성시험

3.3.1 최대 전송 거리시험

개발제품의 무선통신 최대 전송거리를 측정하기 위하여 장애물이 없는 장소를 운동장으로 선택하여 시험하였다.

최대 전송거리 시험에 사용된 송신부로는 Chip안테나와 다이폴안테나 두 가지 형태의 센서노드를 사용하였고, 센서노드의 안테나가 Chip안테나 일 경우 수신부로는 PCB 패턴 안테나 형태의 스니퍼를 사용하고, 센서노드가 다이폴안테나 일 경우 수신부의 안테나를 다이폴 안테나가 설치되어 있는 싱크노드를 사용하여 측정하였다.

데이터 전송은 주기적으로 송신부에서 수신부로 전송하고, 수신부에서는 데이터가 정상적으로 수신 되었을 경우 LCD에 표시해 주어야 성공적으로 전송된 것으로 판정하였다. 수신부의 위치를 송신부로부터 직선거리로 5 m 씩 이동하면서 최대 전송거리를 측정하였으며, 시험결과 칩안테나의 경우 125 m까지, 다이폴 안테나의 경우 최대 250 m 까지 성공적으로 전송되었음을 확인하였다.

3.3.2 현장 적용 시험

현장 적용시험을 위하여 실제 수도미터가 설치된 환경에서 무선통신시험을 실시하도록 A대학교 근처 주택밀집지역내에 위치한 빌라에 설치되어진 수도미터를 이용하여 시험하였다. 시험 장소에서의 수도미터 위치는 지상에서 약 30cm 정도 지하 매설된 공간으로 주위 환경은 콘크리트벽 장애물, 건물 장애물 및 가변적인 장애물인 승용차등이 있어 송신부와 수신부 사이의 환경을 다양하게 변경하면서 적용시험을 할 수 있었다.

송신부인 센서노드의 안테나를 Chip안테나와 수직다이폴안테나, 수평안테나 형태 3가지로 설치하고, 수신부로는 PCB안테나 형태의 스니퍼와 다이폴안테나 형태의 싱크노드를 사용하였다. 각 안테나 형태에 따라 장애물이 없는 조건과 다양한 장애물 조건 즉 장애물1(자동차), 장애물2(콘크리트벽), 장애물3(콘크리트벽,건물) 상태에서 전송시험을 실시하였다.

전송시험 환경 조건은 송신부에서 일정한 크기로 증가되어지는 데이터를 주기적으로 수신부에 송신하고, 수신부에서는 주기적으로 수신된 데이터를 LCD에 표시 된 것으로 성공여부를 판정하였다.

3.3.3 결과 분석

적용시험 조건별 시험 결과를 종합하면 출력레벨이 + 3 dBm 인 JENNIC5139를 통신모듈의 RF칩으로는 사용하여 장애물이 없는 운동장에서 시험한 결과 통신모듈의 안테나가 Chip안테나 형태 일 때에는 최대 전송거리가 약 125 m 이고 다이폴안테나의 형태일 때에는 250 m 이상으로 나타났다.

실제 수도미터의 설치환경인 주택밀집지역의 빌라에 위치한 수도미터 내부에 설치되어진 3가지 유형 안테나의 경우에는 Chip안테나는 장애물이 없는 경우에는 약 10 m, 장애물(콘크리트벽)이 존재할 경우 5 m정도의 전송거리를 확인하였다. 다이폴안테나를 수직형태로 장애물이 없는 경우 52 m 이상, 장애물(자동차)이 있는 경우는 약 33 m, 장애물(콘크리트벽)이 많은 경우 약 15 m의 통신거리를 확보할 수 있음을 알 수 있었다. 수도미터 보호뚜껑에 밑부분에 수평으로 설치된 다이폴안테나의 무선통신거리의 장애물이 없는 경우 52 m 이상, 장애물(자동차)이 있는 경우 4 2 m, 장애물이 많은 경우(콘크리트벽,건물) 약 23 m 전송 가능함을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 수도미터의 데이터 정확성을 향상시키기 위하여 임펠라 회전수 감지용 센서를 기존의 제품에서 가장 많이 사용되고 있는 리드스위치의 단점을 해소할 수 있도록 홀 IC소자를 선정·제작하여 수도미터에 새로운 센서 감지방법을 제시하였다. 또한, 유비쿼터스기반의 디지털 수도미터 원격검침을 위하여 Zigbee 칩중 가장 전송거리가 넓은 JN5139를 선정하여 디지털 수도미터와 외부지시장치간 효율적 무선통신이 가능하도록 하였으며, 제한된 무선통신 거리를 극복할 수 있도록 중계기의 커버리지를 자율적으로 넓게 할 수 있는 지그비 통신시스템이 되도록 구성하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국수자원공사, “수도계량기 원격자동검침시스템 연구”, 2007
- [2] Francisco Arregui,, “Integrated Water Meter Management”, IWA Publishing, 2006
- [3] ZigBee Alliance, <http://www.zigbee.org>