

RF와 CDMA를 활용한 상수도 원격검침시스템 개발

노태정^{1*}, 김화일², 이욱진²

Development of Ubiquitous Telemetry Water Reading System Using RF and CDMA

Tae-Jung Lho^{1*}, Hwa-Il Kim² and Wook-Jin Lee²

요약 최근 원격검침에 대한 많은 방식의 연구 및 개발이 진행되고 있지만, 검침 값의 신뢰성, 전원공급 등 여러 가지 문제점이 나타나고 있다. 이러한 문제점들을 포토커플러를 이용한 디지털 펄스 계량기와 RF 모듈을 이용하였다. 본 연구에서 구현한 포토커플러와 RF, CDMA 통신을 활용한 원격검침 시스템은 기존의 시스템의 전 과정을 무인 자동화 할 수 있고, 구역별 사용량 데이터 관리로 누수 상태의 실시간 확인이 가능하다. 그리고 사용자가 직접 확인이 가능하여 민원발생을 최소화할 수 있을 것이다. 더 나아가 지속적으로 증가하는 고령 인구들에 대한 실버산업의 일환으로 독거노인들의 안전관리시스템으로도 도입할 수 있을 것이다.

Abstract In recent, there has been progressed in various ways of research and development about a ubiquitous telemetry reading, but several problems are arising the reliability of reading value, power supply and so on. These issues were solved by using the RF module and digital pulse meter with photocoupler. Realized by this study, a telemetry reading system, utilizing RF and CDMA telecommunication, and check in real time the state of water leakage by managing the distinct usage data. In addition, the users can check it in person, and it can minimize the public enmities. Further, as a part of the silver industry for constantly growing senior population, it might be introduced as safety supervision system.

Key Words : Ubiquitous Telemetry Water Reading System, Digital Pulse Meter, Photocoupler, Magnetic Reed Switch, RF, CDMA

1. 서론

현재 세계적으로 유비쿼터스(ubiquitous) 시대가 도래하면서 각 가정의 전력량계, 상수도 검침기, 도시가스 미터기, 열량계 등 모든 검침이 디지털화 및 네트워크화 되고 있다. 디지털화가 활발히 진행되고 있는 선진국과 달리 우리나라 현실은 아직 그렇지 못하다. 우리나라의 경우 약 1,700만개의 계량기가 설치되어 있으나 이중 극소수만이 원격검침 계량기를 사용하고 있는 추세이다.

원격검침 시스템이란 전기, 가스, 수도 등의 사용량을 검침원이 직접 방문하여 계량기를 직접 확인했던 일을 컴퓨터 및 통신 기술을 이용해 중앙 통합관리 서버에서

자동으로 개별 수요자의 사용량을 검침하는 시스템이다. 70년대 초 미국의 한 기업에서 전화선을 이용하여 원격 검침이 개발되었으나 육안검침 비용보다 높은 비용으로 인하여 실제 가정에서는 활용되지 못했다. 현재 네트워크 및 IT의 기술이 발전함으로써 육안 검침의 단점을 보완할 수 있는 시스템으로 자리 잡고 있다.[1],[2]

현재 우리나라 대부분의 가정에서 수도 및 가스 등의 검침 방법으로는 검침원이 직접 가정에 방문하여 육안 검침을 하고 있다. 직접 방문하여 육안 검침을 하고 있다. 직접 방문하다보니 많은 검침 인력이 필요하고 거주자가 부재중인 경우에는 재방문 검침이나 전화로 검침함으로써 검침오류가 발생 할 뿐만 아니라 비용과 인력의 많은

본 논문은 산학협력중심대학육성사업(HUNIC)과 산학공동기술개발사업의 지원에 의하여 수행한 연구 결과임.

¹동명대학교 메카트로닉스공학과(부교수)

²동명대학교 메카트로닉스공학과(석사과정)

*교신저자: 노태정(tjlho@tu.ac.kr)

접수일 08년 10월 08일

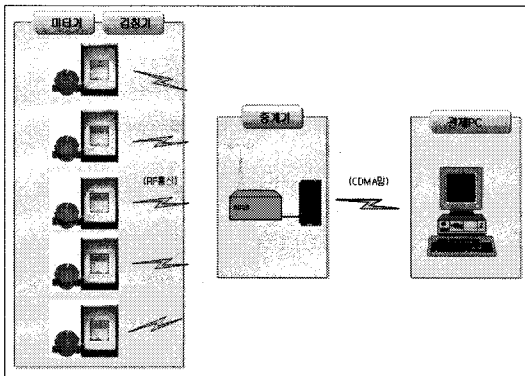
수정일 08년 11월 28일

게재확정일 09년 01월 16일

투입으로 인해 정확성과 효율성은 낮은 실정이다.

본 논문에서는 상기의 수동적인 검침 방법들의 문제점의 해결책으로서 상수도 원격검침 시스템을 개발하였다. 상수도 원격검침 시스템이 활용되기 위해서는 수도 계량기의 측정 데이터를 전기적인 디지털 신호로 출력하는 과정에는 정확성 결여로 인한 신뢰성 확보가 어려운 문제가 발견되어 왔다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 RF 통신과 CDMA를 이용한 원격검침 시스템을 구현하였다.

2. 시스템 구성

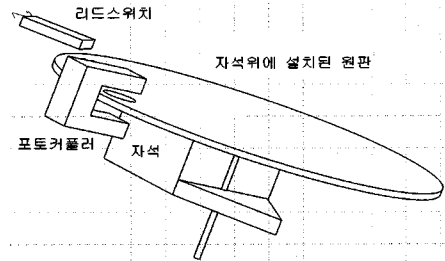


[그림 1] 상수도 원격검침 시스템의 구성

상수도 원격검침 시스템의 전반적인 구성은 디지털 펄스 수도계량기(digital pulse water meter), 검침기(RF-tag), 중계기(repeater), 통합관리서버 등으로 이루어진다.[3] 디지털 펄스 수도계량기는 본체에 내장된 자석을 이용하여 리드스위치(reed switch)를 작동시켜서 유량의 흐름을 전기적인 펄스로 발생시켜 검침기로 전송하는 역할을 한다. 검침기는 계량기로부터 펄스 신호를 받아 검침기의 LCD 화면에 표시하고 RF 통신을 이용하여 중계기로 검침된 정보를 중계기로 전송한다. 중계기는 각 수용가정에서 검침기로부터 수신된 데이터를 보관 후 지정된 시각에 CDMA망을 이용하여 관계 센터로 전송을 하며 최종적으로는 통합관리 서버가 인터넷을 통해 모든 정보를 수신하고 관리 및 분석을 하게 된다. 통합관리 서버는 수용가정에서는 수집된 검침 값을 데이터 조회할 뿐만 아니라 사용량 추이 그래프를 출력하며, 모든 검침 자료를 관리하여 각 가정에서 실시간으로 데이터를 확인할 수 있는 시스템을 구축하게 된다.

3. 상수도 원격 검침 시스템

3.1 디지털 펄스 수도 계량기

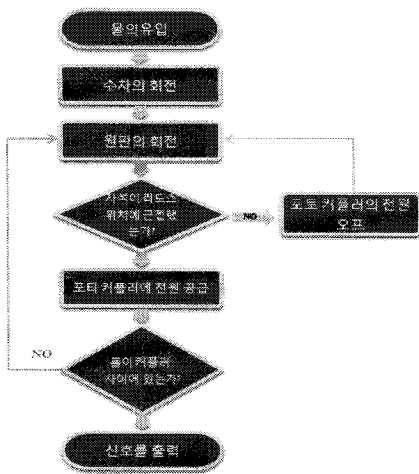


[그림 2] 디지털 펄스 수도계량기의 구성도

검침원의 육안검침 방법과 달리 원격검침에서는 측정된 데이터를 RF 및 CDMA를 이용하여 송수신해야 한다. 하지만 지금의 아날로그 계량기로는 사용하기가 어렵고, 디지털 신호출력이 가능한 계량기를 이용하여 검침해야 한다.[4]

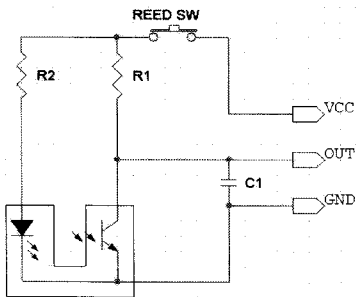
시중에 나온 일반적 펄스 발생식의 계량기는 검침 단말기의 가격이 저렴하며 검침 데이터의 크기가 작아 통신이 용이하다는 장점이 있지만, 계량기케이지의 끝부분에 부착된 자석에 의하여 리드스위치가 닫히거나 열릴 때 기계적인 접촉에 의하여 채터링(chattering)이 발생하게 되고[5], 자장을 가지는 물체가 인접할 경우 검침 오류의 가능성이 큰 단점이 있다. 따라서 포토커플러(photocoupler)만 이용하여 디지털 펄스 수도계량기를 제작할 경우에는 검침의 오류는 없지만 항상 센서의 공급 전원이 ON 상태이므로 전류소모량이 많다. 대부분의 수도계량기의 전원은 배터리를 사용하고 설치장소가 배터리를 교환하기 어려운 장소에 있기에 전원공급의 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 그림 4에서와 같이 리드스위치와 포토커플러를 동시에 설치하여 두개 모두 작동할 경우 펄스를 발생하도록 하여 신뢰성을 확보와 저 전력에서 작동할 수 있도록 개발하였다.

본 논문에서 개발한 디지털 펄스 수도계량기의 작동원리는 게이지에 부착된 자석이 리드스위치를 지나게 되면 자석에 반응하는 리드스위치는 ON 상태를 유지하게 되고 포토커플러에 전원이 인가되게 된다. 이때 게이지에 부착되어있는 원판이 회전하면서 홀이 포토커플러 검출부를 통과하여 카운팅하고 자석이 리드 스위치에서 멀어지면서 OFF 상태가 되면 포토커플러에 공급되는 전원이 꺼지면서 1 cycle이 진행된다.



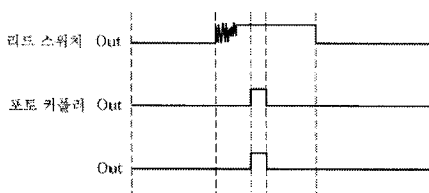
[그림 3] 펄스 수도 계량기의 작동

결론적으로 리드스위치가 자석과 접했을 경우 포토커플러의 전원이 인가되고 포토커플러가 작동되는 순간에 원판에 뚫려있는 홀이 회전하면서 센서의 검침 영역으로 들어오게 되면 신호를 출력하게 되는 방식이다.

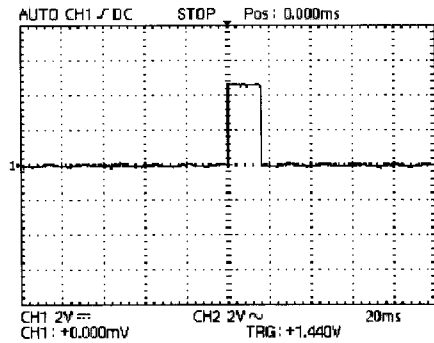


[그림 4] 디지털 펄스 수도 계량기 회로도

그림 5에서 보는바와 같이 리드 스위치가 동작할 때 채터링이 발생하면 리드 스위치의 출력 값에 파형이 생겨도 포토커플러와 홀의 위치가 일치하지 않아 전체 출력 값(OUT)이 출력되지 않으므로 최종적인 펄스 출력에는 아무런 영향을 주지 않게 된다.



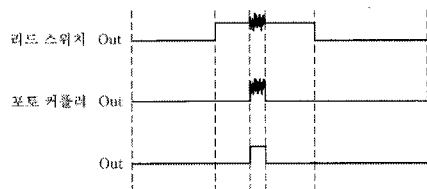
(a) Reed SW, Photocoupler, OUT 신호



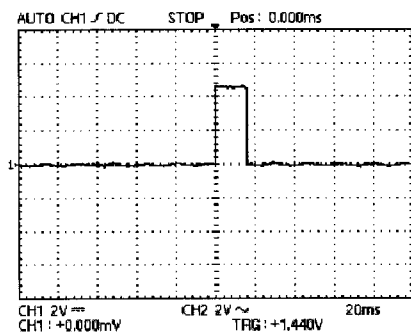
(b) 최종 출력신호(OUT) 파형

[그림 5] Reed SW ON시 Chattering에 의한 출력 신호

또한, 그림 6에서와 같이 리드 스위치의 채터링 현상이나 자성체의 영향으로 리드 스위치의 출력 값에 파형이 생기면 포토커플러에 입력되는 전력이 파형이 생겨 포토커플러의 출력도 파형이 생기나 계량기의 콘텐서가 필터 역할을 하여 최종 출력 값은 하이 값으로 계속 유지되어 더 이상의 신호 펄스가 출력되지 않기 때문에 채터링 현상이 발생하여도 정확한 데이터를 출력한다.



(a) Reed SW, Photocoupler, OUT Output



(b) 출력신호(OUT) 파형

[그림 6] Reed SW 동작 중에 자성체 영향에 의한 출력 신호

그림 7은 개발하여 시험 중인 디지털 펄스 계량기의 외관을 나타낸 것이다.

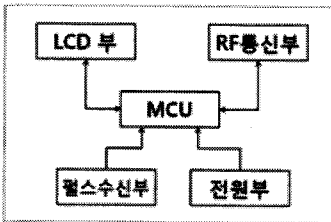


[그림 7] 시험중인 디지털펄스 수도계량기

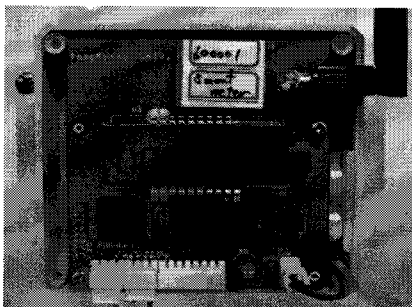
3.2 검침기(RF-Tag)

그림 8과 같이 검침기는 가까운 거리의 계량기로부터 유선을 통해 받은 펄스 신호를 적산하여 LCD에 표시하고 중계기로부터 전송되는 동기 신호를 인식하여 해당 전송시간에 중계기로 전송하고 그 이외의 시간에는 idle 모드상태에서 계량기로부터 펄스 신호를 수신한다.

대부분의 상수도 계량기가 지하에 매설된 상태에서 검침을 하기 때문에 전원공급의 문제점이 발생한다. 이 문제점을 보완하기 위하여 RF-tag 내부에 1.5V 배터리 두 개를 직렬로 연결하여 전원공급하고, RF 통신시에 사용되는 전력소모량을 줄이기 위해 통신시간을 제한하며, 저전력 MCU인 Atmega169V와 RF 모듈은 ATRC-424KL RF transceiver을 사용하여 소비전력을 줄이도록 했다. 그림 9는 개발한 검침기의 외관을 나타내었다.



[그림 8] 검침기 구성



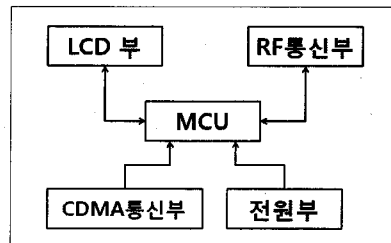
[그림 9] 개발한 검침기 외관

각 계량기당 1대씩 검침기를 구성하고 424Mhz의 영역대의 RF 통신을 이용하여 통신반경에 들어오는 위치에 검침기의 데이터를 수집할 수 있는 중계기를 설치한다. 각 수용가의 검침 값을 RS232 통신을 이용하여 CDMA 모뎀을 통하여 관제 서버로 전송한다. 이러한 유무선통신망을 통하여 전송된 수도사용량은 관제서버를 통하여 인터넷으로 직접 확인할 수 있다.

검침기는 계량기로부터 출력되어 나오는 펄스 값을 유선입력을 통하여 지정된 포트를 통하여 MCU로 전달되고 PWM 방식을 통하여 펄스 값을 읽어 들여 값을 카운트하게 된다. 카운트된 계량기의 사용량 값은 MCU의 내부메모리에 저장된다. 내부메모리에 저장된 값은 실제 수용가에서 확인 할 수 있도록 LCD에 디스플레이를 하게 되고, 상위 수집체계인 중계기로의 전송을 위하여 미터기의 ID, 사용량, 정보를 패킷화하여 데이터를 전송하는 RF 통신부로 전송된다. 여기서 RF 통신 모듈은 1회 설치시에 장시간동안 시스템을 유지해야하는 미터기의 특성상 불필요한 전류소모를 줄이기 위하여 idle 상태를 유지하다가 일정시간마다 1회씩 중계기로 데이터를 전송하고 다시 idle 상태를 유지하여 전류소모를 소화한다.

3.3 중계기(Repeater)

그림 10에서와 같이 중계기는 MCU, LCD부, 전원부, RF 통신부와 CDMA 통신부로 크게 구성되어 있다. 중계기는 20개의 채널을 가진 RF 모듈을 탑재하여 일정수의 가정의 검침기로 동기신호를 송신하고 수도 사용량에 대한 데이터 값을 전송받아 저장하는 역할과 수신 받은 데이터를 통합관리서버로 CDMA를 통해 송신하는 역할을 한다. 또한 검침기의 전송 오류, 배터리 경고등의 위급상황을 확인하여 통합관리 서버로 전송한다.



[그림 10] 중계기 구성

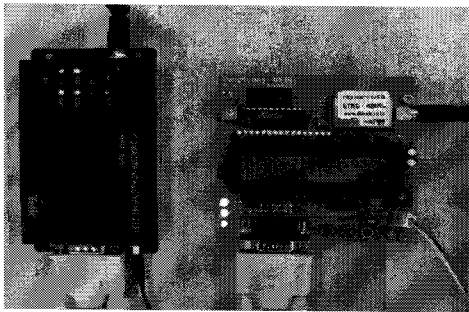
중계기는 검침기에 비해 많은 용량의 데이터를 수신하고 저장한다. 중계기의 경우 다수의 검침기로부터 데이터 값을 수신해야 하기 때문에 중계기의 RF모듈은 항상 전원이 ON상태로 유지해야 한다. 통신범위 내의 검침기로

부터 데이터를 수신 받은 중계기의 RF모듈은 MCU의 내부 메모리에 데이터를 저장하고 MCU 내부의 디스플레이 제어부에서 각 검침기의 ID와 사용량을 디코딩하여 이를 LCD모듈에 표시하게 된다. 또한 검침기로부터 데이터를 수신할 때 하나의 채널 내에서 다수의 ID를 이용하여 데이터를 송수신하기 때문에 통신 충돌이 발생할 경우 ID의 우선순위를 고려하여 순차 재전송하여 데이터의 누락을 방지하는 기능을 중계기의 MCU 내의 RF 제어부를 구성하여 사용한다. 이러한 방식으로 저장된 다수의 검침데이터는 CDMA로 관제 시스템 데이터를 전송하게 되며, 사용된 CDMA 모듈은 BSM-856이며, 그 주요 사양은 표 1과 같다.

[표 1] CDMA(BSM-856) 주요사양

| Item | Main Specification | Others |
|-------------------|------------------------------------|--------|
| Frequency Band | Receive Range : 869~894MHz | |
| | Transmitting Range : 824~849MHz | |
| Interface | Standard RS-232 Interface | D-SUB9 |
| AT command set | Standard & Extended AT Command Set | |
| Air-Interface | IS-95A/B, CDMA 20001xRTT | |
| Size | 116 X 59 X 20 mm | |
| Weight | 148g | |
| Antenna connector | SMA type | |

그리고 여기서 개발한 CDMA 모듈이 장착된 중계기의 외관은 그림 11과 같다.



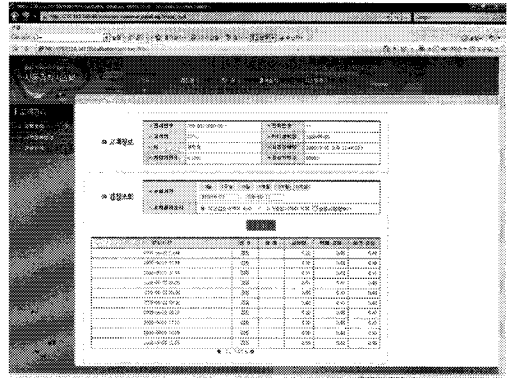
[그림 11] 개발한 중계기 외관

3.4 통합 관제시스템

통합관리 서버의 관제 PC는 중계기와 CDMA통신을 통하여 중계기의 보관된 데이터를 수신하고, 각각의 계량

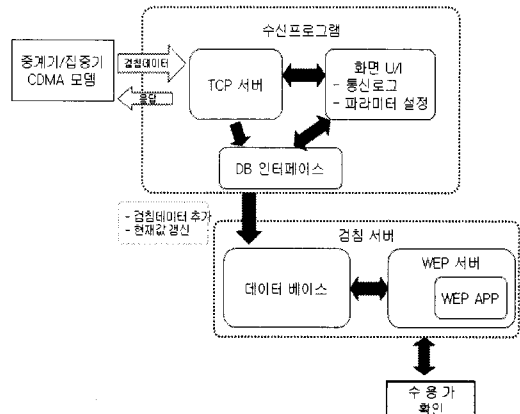
기 검침 값을 수집하여 계량기 및 검침기의 정보를 관리하는 역할을 한다.

상수도 원격 검침 시스템을 개발하는데 있어서 다양한 부분에 걸쳐 지속적인 기술개선과 보안을 통하여 시스템의 안정성과 신뢰성을 확보하는 것도 중요하지만 실제 수용가의 사용자가 자신의 수도 사용량을 보다 쉽게 확인할 수 있는 그림 12과 같은 관제 소프트웨어를 개발하여 시스템에 적용하였다.



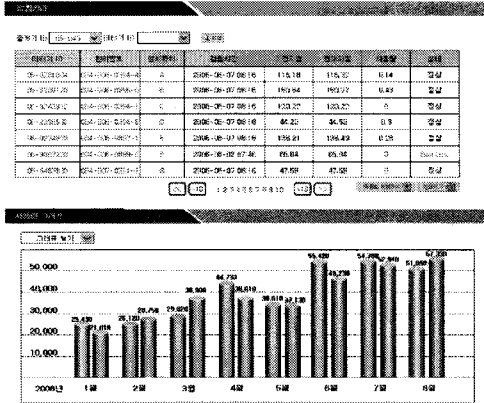
[그림 12] Web 기반 통합관제 Software

그림 13에서와 같이 CDMA 모듈을 거쳐 지정된 IP의 서버로 전송된 검침 데이터는 사용자 인터페이스에서 통신 로그값과 파라미터를 설정하고 데이터를 데이터베이스 인터페이스를 거쳐 데이터베이스로 보내지는데 이때 실측된 데이터를 추가하고 기존의 데이터 값을 갱신한다. 이러한 방식으로 처리된 데이터는 웹서버로 전송되고 제한된 부분에서 수용가의 사용자가 각각 부여된 ID를 입력하면 자신의 사용량을 확인할 수 있다.



[그림 13] 통합관리 서버 계통도

그림 14에서 보는바와 같이 각각의 계량기의 값을 1시간 간격으로 송신되는 CDMA 모듈의 송신 시간에 따라 시간별 사용량을 표시하므로 각 가정의 PC를 이용하여 확인할 수 있고 Excel 파일로 사용량을 저장 및 사용량 추이 그래프를 확인할 수 있다.



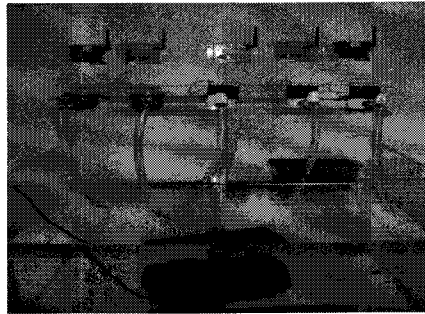
[그림 14] Result Value and Graph of Usage

또한 고객이 개인사정으로 개인의 정보가 변경 되었을 때는 고객 정보 변경 창에서 개인의 정보를 수정할 뿐만 아니라 신규 등록 등 인터넷상으로 이용자의 번거러움을 덜 수 있다. 장비 설치일자, 미터기 ID, 검침기 번호등의 조회와 단선여부 및 배터리량의 조회가 가능하여 장애요인을 확인할 수 있다.

4. 시험 결과

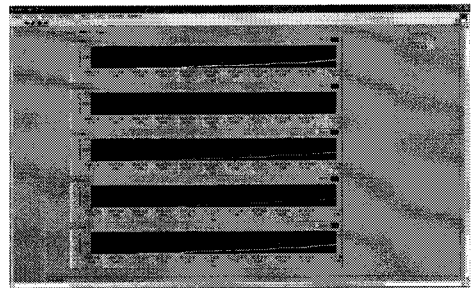
개발한 디지털 펄스 계량기와 검침기의 성능시험을 위하여 그림 15와 같이 수조, 디지털 펄스계량기, 검침기 및 PC 등으로 구성하여 테스트 베드 시스템은 제작하였다. 직접 개발한 계량기와 시중에 시판되는 디지털 계량기의 검침량 비교를 위해 상용 계측프로그램인 LabVIEW를 이용하여 검침량의 신뢰성 여부를 판단하였다.

설치된 디지털 계량기에 실제로 수도물을 흘려 센서부를 통하여 계측하고 측정된 데이터를 RF통신을 이용하여 중계기로 전송한 후에 계측 프로그램인 LabVIEW를 이용하여 수신된 데이터를 PC에서 모니터링 하는 시스템을 구축하여 각 계량기에서의 수도 사용량을 모니터링 한다.



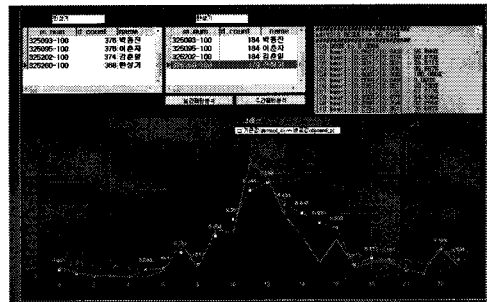
[그림 15] 상수도 원격검침 테스트 베드 시스템

그림 16에서 보는바와 같이 LabVIEW는 Serial 통신을 통하여 데이터를 수집하여 1분마다 사용량을 디스플레이 하고 이를 확인할 수 있도록 하였으며 1일 사용량을 적산하여 그 값을 막대그래프의 형태로 보여준다. 또한 데이터테이블을 엑셀파일로 저장 가능하도록 하였다. 결과적으로 개발한 디지털 펄스 계량기 및 검침기는 그 작동상태가 만족함을 확인하였다.



[그림 16] LabVIEW 이용한 시험 결과 화면

지속적으로 증가하는 고령 인구들에 대한 실버산업의 일환으로 상수도 원격검침을 이용한 독거노인들의 안전 관리 시스템[6]의 적용여부를 판단하기 위하여 그림 17에서와 같이 수용가의 기존 1일 상수도 사용 패턴과 상수도 사용량을 실시간으로 비교 분석하였다.



[그림 17] 수용가의 1일 상수도 사용량 추이

5. 결론

본 논문에서 개발한 상수도 원격 시스템은 현재 시스템의 많은 문제점을 보완 할 수 있었고, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1. 기존의 검침시스템의 전 과정을 무인 자동화 할 수 있고, 누적된 구역별 실시간 사용량 데이터 관리로 누수 상태의 여부를 판단이 가능하다.[6] 그리고 사용자가 인터넷을 이용하여 직접 확인이 가능하여 민원발생을 최소화 할 수 있을 것이다.
2. 상용화시 데이터의 신뢰도가 높고 효율성이 뛰어난 시스템을 구축할 수 있으며 비단 생활용수의 검침 영역 뿐만 아니라 이외의 더 많은 종류의 원격 검침에 적용할 수 있는 활용성이 높은 기술이라 할 수 있다.
3. 증가하는 고령 인구들에 대한 실버산업의 일환으로 독거노인들의 안전 관리 시스템으로도 도입 할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 현덕화, 임용훈, “자동원격검침기술 개발동향”, 한국전자학회전파기술 제15권제4호, pp.47-56, 2004
- [2] 김주일, 연상호, “Wireless Technology를 활용한 상수도검침 개선에 관한 연구”, 한국콘텐츠학회 2003춘계종합학술대회논문집 제1권제1호, pp.266-267, 2003.
- [3] 김화일, 이욱진, 노태정, “RF활용한 상수도 원격검침시스템 개발”, 한국정밀공학회 2008춘계학술대회논문지, pp.477-478, 2008.
- [4] 정원창, “RF트랜시버 모듈을 이용한 자동 원격 검침시스템 설계”, 한국컴퓨터정보학회논문지 제9권제4호, pp.179-184, 2004
- [5] Odgerl Ayurzana, 김희석, “리드스위치 센서를 이용한 원격검침용 상수도 계량기에서 채터링 오차 감소 방안 연구”, 대한전자공학회논문지 제44권 SC편 제4호, pp.42-47, 2007
- [6] K.S. Kim and T. J. Lho, “A study on Development of Ubiquitous Telemetry Reading System of Using Water”, Proc. of MITA2008, 2008.8.(Thailand)

노 태 정(Tae-Jung Lho)

[정회원]



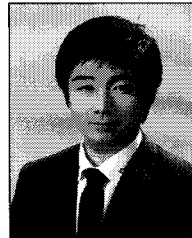
- 1984년 2월 : 부산대 기계설계학과(공학학사)
- 1986년 2월 : KAIST 생산공학과(공학석사)
- 1992년 8월 : KAIST 정밀기계공학과(공학박사)
- 1986년 2월 ~ 1999년 2월 : 삼성중공업 기전연구소(수석연구원)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 메카트로닉스공학과 부교수

<관심분야>

Mechatronics, Robotics, FAB 자동화, LCD물류반송 자동화, 항만하역설비 자동화 등

김 화 일(Hwa-il Kim)

[정회원]



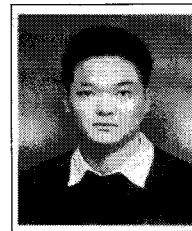
- 2008년 2월 : 동명대학교 메카트로닉스공학과 (공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 메카트로닉스공학과 석사과정

<관심분야>

Mechatronics, 디지털 제어, 구조해석

이 욱 진(Wook-Jin Lee)

[준회원]



- 2008년 2월 : 동명대학교 메카트로닉스공학과 (공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 메카트로닉스공학과 석사과정

<관심분야>

디지털 제어, 구조해석, Robotics 등