

상수도 원격자동검침시스템에 관한 연구

서창갑^a 박영재^b 정광우^c

^a 부산광역시 남구 용당동 535 608-711
 동명대학교 경영대학 경영정보학과 부교수
 Tel: +82-051-610-8443, Fax: +82-051-610-8439, E-mail: gabida@tu.ac.kr

^b 부산광역시 남구 용당동 535 608-711
 동명대학교 경영대학 경영정보학과 전임강사
 Tel: +82-051-610-8429, Fax: +82-051-610-8439, E-mail: yjpark@tu.ac.kr

^c 부산광역시 금정구 부곡3동 64-33번지 성림빌딩
 탐시스템 대표이사
 Tel: +82-051-582-6206, Fax: +82-051-517-5920, E-mail: kwjung@top-system.co.kr

초록

현재 우리나라의 상수도 시스템의 경우 대부분 각 가정집에 설치된 계량기의 측정값을 검침원이 육안으로 확인, 수기 기입 방법으로 수도 검침이 이루어지고 있다. 이러한 방법은 사생활 침해 및 범죄로 이어질 가능성이 있다. 본 논문에서는 상수도의 검침데이터를 무선주파수 및 코드분할다중접속방식을 사용하여 송수신 가능한 네트워크 망을 구축, 수신된 데이터 값을 활용하여 각 상수도 수용가의 사용량을 자동으로 검침하여 청구 내역서까지 작성해 주는 상수도 자동검침시스템을 소개한다. 상수도 자동검침시스템은 검침을 디지털화하고 이를 무선송신 가능한 검침기와 검침기의 검침데이터 값을 송수신 할 수 있는 중계기 및 집중기, 그리고 CDMA 망을 통한 검침데이터를 수신할 수 있는 애플리케이션 서버 등을 구축하여 지역 내 원격 검침 네트워크 망을 구축하는 것을 포함하고 있다. 본 연구의 시스템은 화재, 가스, 전기 등의 검침데이터를 통합으로 수집하여 데이터를 관리하는 통합 시스템으로의 확대가 용이하며 이러한 상수도 자동검침시스템은 누수 및 독거노인 등의 생활보호대상자의 안전을 확인하는 기초 정보로도 활용할 수 있다.

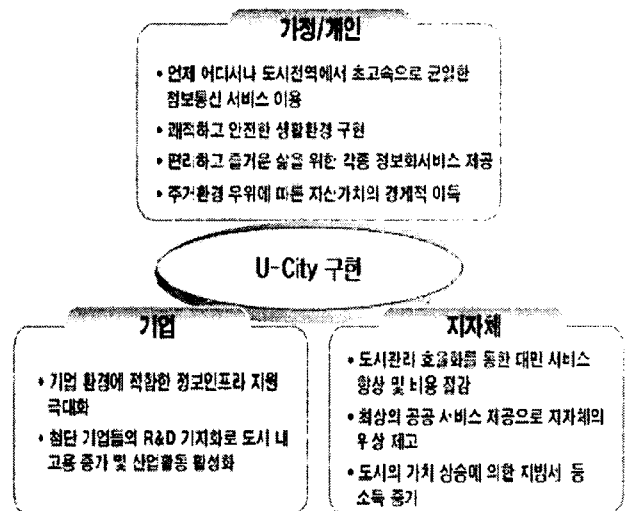
Keywords: 자동검침시스템, 원격검침시스템, u-City

1. 서론

제 4의 혁명이라 불리는 유비쿼터스 패러다임의 등장으로 유비쿼터스 사회 구현에 대한 인식이 증대되고 있다. 최근 도시들은 사회경제적 측면에서 보면 노년층 증대와 수도권 집중의 인구변화, 도시

환경문제 개선, 생활환경의 편의증대 요구, 특성화 기반의 도시 수요 증가 및 기존 도시의 재생화 등 도시발전 상충에 따른 경쟁력 강화 등 도시 문제 해결에 중점을 두고 있다. 이러한 해결점으로 유비쿼터스 기술도입에 관심이 집중되고 있으며 이는 유비쿼터스 도시라는 새로운 차세대 도시건설의 동인이 되고 있다[1].

u-City는 첨단 정보통신 인프라와 유비쿼터스 컴퓨팅 기술 및 유비쿼터스 정보 서비스가 도구가 아닌 환경으로서 물리적 도시공간과 전자적 도시공간이 융합된 차세대 정보화 도시이다. 즉 u-City는 첨단 통신 인프라와 유비쿼터스 정보 서비스를 도시에 융합하여 도시생활의 편의 증대와 삶의 질 향상, 체계적 도시관리에 의한 안정장교와 시민복지 향상, 신산업 창출 등 도시의 제반 기능을 혁신시킬 수 있는 차세대 정보화 도시를 의미한다.



[그림 1] u-City 개념

조기 국내 u-City 추진은 지자체와 민간을 중심으로 추진되었으나 국가 경영비전과 맞물리면서 국가적인 추진사업으로 조명되고 있다. 이에 따라 유비쿼터스 기술을 활용한 성공적인 u-City 추진에 대한 관심이 집중되고 있다. u-City는 도시기능의 혁신 및 도시문제 해결을 위하여 최근 신도시를 중심으로 u-City사업이 추진되고 있다. 이는 지역특성화에 따른 지역발전 도모, 새로운 부가가치 창출 등 도시경쟁력 강화 측면에서 신도시 중심의 개발에 기인한다. 반면 기존 도시의 u-City추진은 신도시에 비하여 추진이 활발하지 않다. 기존 도시의 경우 도시 재생의 측면에서 접근하는 것이 효과적이지만 벤치마킹 사례나 가이드가 없는 실정이다[1].

성공적인 u-City 건설을 위한 기반에는 여러 가지가 있지만 본 연구에서는 u-City 서비스로서의 공공부분 서비스의 하나로 기존 도시의 재생과 생활환경의 편익 증대 등의 측면에서 기존 도시를 대상으로 한 상수도 자동검침시스템을 제안한다. 현재 우리나라의 상수도 시스템의 경우 각각의 가정집에 설치된 계량기의 측정값을 검침원에 의한 검침값을 육안으로 확인 및 수기로 기입하는 방식을 주로 사용하고 있다. 이러한 방법은 사생활의 침해 및 범죄로 이어질 가능성이 있으며 누수를 사전에 예방할 수 있는 정보를 얻을 수 없다[2].

또한 기존에 개발되어 있는 원격검침시스템의 경우 전기 및 가스등의 옥외 노출형 계량기에 결합되어 유무선 네트워크 망을 통해 검침데이터를 수집하고 있다. 그러나 상수도의 경우 계량기가 땅속에 설치되어 있어서 시설공사비의 증가로 인해 유선 네트워크 망의 구성이 어렵고, 계량기 보관함이 급속 재질인 경우 무선 네트워크 망을 구현하기에도 전파의 특성상 기술적으로 어려운 문제점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 상수도의 검침데이터를 RF 및 CDMA 무선통신을 사용하여 상수도의 검침 데이터 값을 송수신 가능한 네트워크 망을 구축하고, 수신된 데이터 값을 활용하여 개별 수용가에 따른 검침 데이터를 자동으로 확인하고 이러한 정보들로부터 가정 내 수도까지의 옥내누수를 사전에 확인할 수 있는 시스템을 개발하였다. 본 연구의 시스템은 계량기의 아날로그 검침 데이터 값을 디지털로 변환 및 무선송신 가능한 검침기, 검침기의 검침데이터 값을 송수신 할 수 있는 중계기, CDMA 망을 통한 검침데이터를 수신할 수 있는 DB 및 각각의 클라이언트가 확인 가능한 애플리케이션 서버 등으로 구성되어 있다.

본 논문은 2장에서 현재까지의 원격검침시스템 현황과 문제점을 살펴보고 이러한 문제점을 해결하면서 기존 도시의 상수도를 자동 검침할 수 있는 시스템에 대한 구성을 3장에서 소개한다. 4장에서는 본 연구에서 개발한 시스템을 테스트

베드로 구축한 진해시의 경우를 소개하고 5장에서는 결론 및 향후 과제에 대해서 논하였다.

2. 원격검침시스템 현황

원격검침시스템 혹은 자동검침시스템(AMR: Automatic Meter Reading)이란 아파트, 오피스텔, 주상복합빌딩, 상가 등에 설치되는 각종 에너지(전기, 수도, 가스, 열량, 온수)의 사용량을 자동 검침하며 세대별 방문을 통해 검침하던 방식에서 원격지(관리사무실)에서 신속하고 정확한 검침 업무 수행과 공용부 요금을 자동 분배하여 관리하게 되므로 각종 민원과 관리 인원을 최소화 할 수 있으며 검침과 함께 납입 고지서를 발행 기능을 갖춘 통합관리시스템이라 할 수 있다. 이러한 원격 검침 시스템은 검침 데이터를 통해 고지서 및 영수증 발행이 자동으로 이루어지며 업무 효율과 관리 효율을 높이고, 기존의 수동 검침과 공용부 요금 재분배 과정에서 발생했던 오류를 없애 입주자나 관리자간의 신뢰성을 확보할 수 있으며, 원격지(관리사무실)에서 검침된 DATA를 통해 고지서 발행이 자동으로 이루어짐으로써 최소의 관리 인원으로 적극적인 관리가 가능하며 기검침원을 가장한 범죄를 예방하여 범죄로부터 입주민을 보호할 수 있는 등의 장점이 있어 활발한 연구가 진행되고 있다. 원격검침시스템의 구성요소는 일반적으로 전기·가스·수도 등의 사용량을 측정하는 기기인 계량기(전기계량기, 가스계량기, 수도계량기 등)와 계량기의 사용량 수치 데이터를 검침센터로 송신하는 기기인 검침기(무선 검침기, 유선 검침기), 가정 및 상가의 검침기와 검침 센터에 위치한 검침시스템 간 통신회선을 제공하는 통신망(유선·무선 통신망), 그리고 검침 정보를 수집, 관리하고 검침 정보를 사용자나 다른 업무 시스템에 제공하며 검침기와 검침망을 관리하는 시스템 및 전자고지 및 전자지불이 이루어지는 청구시스템으로 구성된다[3].

이러한 원격검침시스템의 경우 대부분 전기나 가스와 같이 계량기가 옥외에 노출되어 있는 경우가 대부분이며 이러한 원격검침시스템들은 옥외 노출형 계량기에 결합되어 유무선 네트워크 망을 통해 검침 데이터를 수집하고 있다. 현재 (주)탐시스템, (주)위지트, 금호미텍(주), (주)카오스, (주)미텍, (주)누리텔레콤, (주)제노텔 등에 의해 도시가스 및 전기등 지상에 설치된 시설물들에 대한 원격검침시스템이 활발히 적용 중에 있다[4].

상수도 원격검침시스템의 경우는 시설물의 위치와 관련한 애로사항(지하에 계량기가 설치되어 있음)으로 시스템 개발 진행 속도가 가스, 전기 등의 검침시스템에 비해 개발 및 적용이 늦게 진행되고 있다. 이와 같이 상수도의 경우 계량기가 땅속에 설치되어 있어서 시설공사비의 증가로 인한 유무선 네트워크 망의 구성이 어렵고, 계량기 보관함의

재질이 철재인 경우 전파의 특성상 무선 네트워크 망을 구현하기엔 기술적 문제가 존재한다. 상수도 원격검침시스템을 설치 시 수검침과 비교하면 다음과 같은 장점이 있다.

<표 1> 수검침과 원격검침 방식 비교

항목	수검침 방식	원격검침 방식
검침 방식	검침원이 직접 옥안검침 수용가를 방문하여	단말기에서 데이터를 수집하여 거쳐 상수도 사용량 전송 데이터를 집중기를 관제센터로 전송
요금 정산 방식	수기로 데이터를 과금신청 작업한 근거리	원격검침된 데이터를 서버에서 처리하여 파일로 전달, 과금정산
정확성	검침원 옥안검침 및 수용가에서 수기로 적는 방식으로 신뢰성 저하	검침 주기에 따라 실시간으로 데이터를 획득하여 검침량을 전송
비용	검침원 인건비 및 이동(차량)수단 유지비 과다	시스템 설치 후 일정주기마다 점검만 포함
기기 오동작에 대한 처리	오동작, 이상여부를 검침주기가 전에는 자체 불가능 파손등 계량기 되기 판별	시스템 오류시(배터리, 통신불량) 자동으로 오류데이터를 전송하며 계량기 불량시(검침량 0 또는 -) 검침데이터 처리프로그램에서 자동으로 점검요망 리스트를 생성

한편 신규로 지어지는 아파트 및 복합상가의 일부에서는 수용 단지 내에 유선 네트워크 망을 구성하여 수도 사용량을 검침하여 검침값 및 사용량을 측정하는 시스템을 갖추고 있다. 상수도 원격검침시스템의 사용주파수는 Zigbee(2.4 GHz), 400MHz, 200MHz 등 각각의 개발 업체간에 별도의 사용주파수를 사용하고 있으며, 검침방법 또한 PDA 통신 방식, 무선 데이터 통신 방식, 활상 방식 등이 사용되고 있다.

<표 2> 활상, PDA 및 원격검침 방식 비교

	활상방식	PDA방식	원격검침방식
검침 방식	수도계량기의 계량값을 카메라를 활용하여 촬영된 영상데이터를 DB로 송신	검침원이 PDA를 사용하여 설치된 수용가에서 검침데이터를 수신한 후, DB로 검침 데이터 송신	전파를 이용하여 설정된 시간에 검침값을 집중기로 송신하며 집중기는 CDMA 모듈을 이용하여 DB로 검침 데이터 송신

단점	계량기 보호통에 습기증가로 인하여 계량기 표면에 습기가 찰 경우 불가 데이터 수집 그림파일을 전송하는 방식으로 데이터량이 많음 통신 장애시 데이터 수집 불가	검침원이 설치된 수용가 주변을 이동하며 데이터를 수집 (기존의 검침원을 이용한 수검침 시스템의 발전형)	통신 장애시 데이터 수집 불가
복지 및 시설 관리 연동			검침데이터와 연계하여 복지서비스 개발중

현재 통신방식, 통신주기, 사용주파수 등과 관련하여 규정된 표준화는 없으나 2006년 11월 서울특별시 상수도사업소는 전능동에 상수도 원격검침시스템 시범설치 및 테스트를 하고 있으며, 참여 업체로는 (주)탐시스템, (주)카오스, (주)위지트, (주)Mitec의 업체가 참여하고 있다. 이 시범사업의 경우는 다음의 표와 같이 데이터 패킷과 관련하여 시범설치중인 제품의 통신 데이터 포맷의 표준안을 결정하였으나 제도적인 규약은 없다.

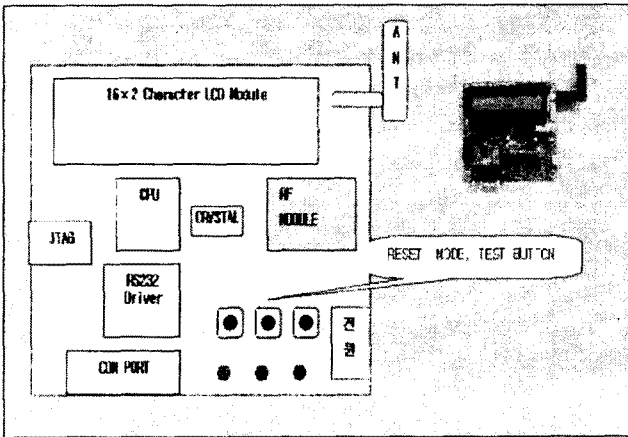
<표 3> 서울시 상수도 시범사업 데이터 포맷

구분	예시	Digit	Bytes
System ID	원격검침 사업자 번호	1	1
	업체 고유 번호	1	1
중계기 번호	CDMA 모델번호	10	4
AMR데이터	상위 4bits 총 패킷수	4	1
뉘음연속번호	하위 4bits 일련번호	4	1
검침기 개수	5(최대 255AMR)	1	1
관리 번호		8	4
기물번호		8	4

이외에 한전의 경우 전력선통신방법을 이용한 통합 검침시스템을 제안한 바 있다. 이는 신도시 또는 신축건물의 경우 설계시 수도계량기에 AC전원 시설공사를 하도록 하면 가능하지만 기존 도시의 경우는 수도계량기에 전원선 인입문제를 해결해야 하며 전력선통신방법의 집중기는 변압기 전단에 설치되므로 전력사용량에 따라 변압기 규모와 변압기가 수용한 수용가의 수가 정하여져 있어 PLC 집중기 수요 파악이 간단치 않으며, 장소에 따라 전력선통신방법의 집중기에서 원격검침센터까지

펄스입력은 인터럽트방식(빠른 펄스신호에 대응) 및 지연&폴링방식(느린 펄스신호에 대응, 진동에 따른 이상신호 제거)의 두 가지로 처리가 가능하다. 중계기의 SYNC 신호를 받아 시간동기 후 데이터를 전송 프로토콜을 사용하여 전송한다.

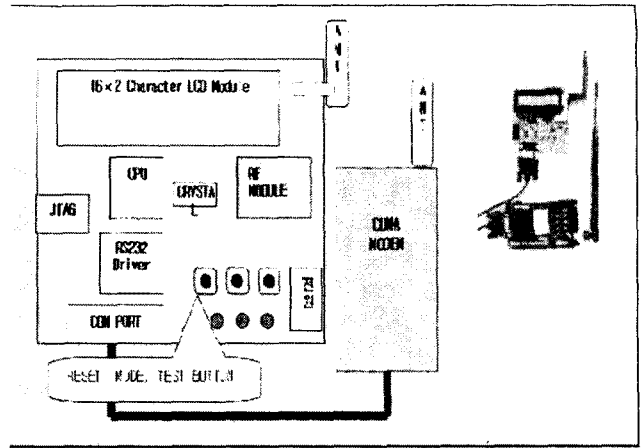
2) 중계기



[그림 4] 중계기

중계기는 주파수와 장비의 ID를 우선 설정한 후, 하위 검침기들에게 SYNC 신호를 전송하고 검침기로부터의 응답(검침값)을 내부 EEPROM에 저장한다. 검침기로부터 받은 검침값을 집중기로 전송한다. 중계기와 검침기간의 통신을 R_FRAME으로, 중계기와 집중기간의 통신을 G_FRAME으로 정의하였다. 집중기로부터의 SYNC 신호에는 신호간격(검침간격) 및 시스템 시각이 있는데 이를 수신하여 검침기로 전송한다. 집중기의 파라미터에 의해 하위 모든 중계기 및 검침기의 검침주기가 변경 될 수 있다. ATmega128L CPU를 탑재하였고, 5V DC 전원 공급이 필요한데 낮에 태양열을 이용 전원공급을 할 수 있도록 하였고 기상조건 등으로 인하여 태양열을 이용할 수 없을 경우는 배터리로 전원을 공급할 수 있도록 이중으로 설계하였다. JTAG Interface 프로그램 되어 있으며 RS232 COM PORT로 디버깅 정보 출력 및 파라미터를 설정할 수 있다. RF 모듈은 424MHz GFSK Module(CC1020)이며 LCD로 동작 상태가 표시된다. 최대 100개의 검침기를 관리한다.

3) 집중기



[그림 5] 집중기

집중기는 주파수, 장비 ID, 서버 주소, 검침 주기, 전송 스케줄 등을 먼저 설정하여야 하며, 하위 중계기로 SYNC 신호를 전송하고 각 중계기로부터 검침기의 검침값을 수신하여 임시 저장한다. 미리 설정된 전송 스케줄에 따라 CDMA 모뎀을 통해 서버로 데이터 전송하며 최대 5개의 중계기 및 500개의 검침기를 관리할 수 있다. ATmega128L CPU를 탑재하였고, 5V DC 전원 공급이 필요한데 낮에 태양열을 이용 전원공급을 할 수 있도록 하였고 기상조건 등으로 인하여 태양열을 이용할 수 없을 경우는 배터리로 전원을 공급할 수 있도록 이중으로 설계하였다. JTAG Interface 프로그램 되어 있으며 RS232 COM PORT로 디버깅정보 출력 및 파라미터 설정을 할 수 있다. RF 모듈은 424MHz GFSK Module(CC1020)이며 LCD로 동작 상태가 표시된다. BSM850와 BSM856 CDMA 외장모뎀이 내장되어 있다.

4) 원격 상수도 검침 서버 구성

상수도 검침값을 저장하여 필요한 정보를 가공 처리하고 정산 업무 및 모니터링을 할 수 있는 검침 서버는 다음과 같이 구성되어 있다.

(1) 통신서버

집중기가 TCP SOCKET으로 접속하면 하위 프로세서를 기동시켜 1:1로 수신작업을 하도록 멀티프로세서로 동작하며 동시에 다수의 집중기가 접속이 가능하다. 동시 접속 개수는 서버 시스템에 따라 다르지만 대개 512~2,048까지 가능하다. 데이터 수신에 정상적일 때 DB에 저장되며 실패 시 집중기에 에러임을 전송한다. UNIX 기반으로 개발되었으며 TCP/IP 데이터 수신용 데몬 프로세서가 있다.

(2) 데이터베이스 서버

MySQL DB를 사용하였으며, 집중기로부터의 검침

데이터를 임시 보관하였다가 지역별 사용자 서버로 데이터를 전송 후에 임시 데이터는 삭제된다. 지역별 사용자의 서버 동작 유무에 관계없이 데이터를 수집할 수 있도록 하여 시스템 관리를 용이하게 하였다. 각 데이터의 지역별 ID에 따른 전송경로 테이블이 있으며 지역별 웹서버가 추가될 때마다 테이블에 경로를 추가해야 한다.

(3) 애플리케이션 서버

전송경로 테이블에 따라서 지역별 웹서버로 데이터를 PUSH 하며, PUSH가 성공하면 DB에 전송되었음을 기록하고, 실패했을 경우에는 계속해서 재전송을 시도하게 된다. 따라서 지역별 웹서버가 작동을 멈추었다가 다시 동작하게 되더라도 데이터의 유실이 없도록 설계되었다.

4. 테스트 베드 구축 및 결과

위에서 소개한 시스템은 2005년 3월부터 경상남도 진해시 구도심인 여좌동 및 이동 1,428 세대에 시험구축하였다. 진해시의 추진 배경으로는 검침원의 방문으로 인한 사행할 침해 및 검침원을 가장한 강절도 사건, 빈집 증가로 인한 검침불가사례 및 옥내누수의 증가 등이 주요 원인이다. 진해시의 경우 상수도 요금민원의 90%가 요금미 많이 부과된 것 같다는 항의전화이고 이것의 90% 정도가 옥내누수로 인한 것으로 파악하고 있다. 진해시의 상수도 누수발생현황은 다음과 같다.

<표 4> 진해시 누수현황

단위: 톤, 천원

년도	누수건수	누수량	손실액	누수율
2004	1,085	368,412	386,832	1.96%
2005	1,312	401,556	421,633	2.02%

전체수전 16,500천 톤당단가 1,050원 연간생산량 19,879천톤

이러한 이유로 진해시는 상수도검침자동화라는 목표를 설정하고 민원인들의 의견을 수렴하여 자동검침시스템 구축을 위하여 사업팀을 구성하고, 시민을 위한 편리한 검침제도와 예산절감, 행정능률향상이라는 내부혁신을 위한 근본적 업무개선을 추진하였다.

진해시는 초기설치비용, 높은 수신율, 통신비용, 잦은 장애발생 등의 문제를 해결할 수 있는 시스템을 개발 및 구축하기로 결정하고 검침 인력이 전혀 불필요한 완전 디지털 방식, 전파가 수신되지 않는 음영구역해소(중계기 설치), 고장 및 수신률 개선을 위해 단말기 지상 설치(옥외), 통신료 절감을 위한 정액제 무선망 사용(휴대폰망), 일반인도 사용하기 쉬운 인터넷을 이용한 검침관리, 전국 공동사용 및 가격경쟁력 확보를 위한 표준화 등도 고려하였다. 휴대폰 데이터 망의 정액제는 월

5천원으로 각 세대당 통신료는 10원 정도에 불과하다. 집중기 5개, 중계기 20개와 1,428세대에 검침기를 설치하였고 서버 1기를 구축하였다. 진해시에 구축된 곳과 셀 구성들은 다음의 그림과 같다.



[그림 5] 진해시 Cell 구성도

시스템을 구축한 결과 자동검침 구역에서는 요금이나 누수로 인한 민원전화가 거의 걸려오지 않았다. 시 전체에 시스템을 구축한 것이 아니어서 아직 검침 인건비의 절감효과는 보지 못하고 있지만 원격검침시스템이 확대적용된다면 334,000,000원의 인건비를 감축할 수 있을 것으로 예상되고 있다. 또한 계량기가 8년이 넘으면 김지율이 떨어져 교체해야 하나 교체시기에 교체를 하지 않아 불감율이 15%정도 발생하고 이로 인한 누수율도 증가하여 상수도 적자의 한 요인이 되고 있었다. 기존의 계량기를 전자계량기로 교체하여 2004년과 2005년 사용량을 비교해 보면, 2005년도 사용량이 18% 증가한 것으로 나타났다. 즉 불감율이 18% 향상된 것이다. 진해시의 경우 전체 계량기를 전자계량기로 교체한다면 약 2,169,000,000원의 세입이 증대할 것으로 예상된다. 진해시는 2005년 말 자동검침시스템이 진해시 혁신우수사례로 선정되었다. 다음의 [그림 6]은 검침 데이터값을 웹으로 접근하여 애플리케이션 서버에서 조회하는 화면이다.

