

# 지하매설물 관리를 위한 증강현실용 상수관망 DB의 개발

강병모\*, 전병찬\*\*, 홍인식\*\*\*

## 요약

TDR 기술을 이용한 상수도관망 관리에 대한 몇몇 연구에서와 같이 지난 수년간 지하 매설물 관리에 관한 관심이 높아져 왔다. 현재 IT 기술 전 분야의 발전에 미치는 파급 효과가 큰 기술은 증강현실(AR)이다. 또한 스마트기기의 발달과 더불어 AR기술을 이용한 지하 매설물 관리 시스템도 개발되어 적용되고 있다. 이러한 지하 매설물 관리 시스템의 구현을 위하여 적용된 AR기술은 스마트기기의 GPS, 카메라, 센서를 사용하여 효과적으로 관망 Segment DB를 구축 할 수 있다. 이를 이용하여 지하 매설물들의 데이터를 관리하고 AR상에서 센서 네트워크 통신과 GPS 수신모듈을 통하여 전체 시스템의 실용적이고 효율적인 모니터링 시스템을 제공한다. 본 논문에서는 SQLite를 이용하여 AR기반의 모니터링 시스템을 위한 매설물 DB를 제안하고, 시뮬레이션을 통하여 시스템을 테스트하였다.

## The Development of Augmented Reality Facility Database for Water Works Pipe Networks Management

Byung-Mo Kang\*, Byoung-Chan Jeon\*\* and In-Sik Hong\*\*\*

## ABSTRACT

The concern with management of underground facility has been growing for the last several years. As several research have been made on management for waterworks pipe using TDR technology. In contemporary, development of IT technology in all areas of a large ripple effect technology is the Augmented Reality(AR). Also, various facility management systems using AR technology are studied and developed with the advancement of the smart device. AR is essential technology for the implementation of facility management system, which has GPS, camera and sensor of smart device. And it manages data of underground facility with pipe-networks segment DB effectively and provides practical effectiveness of entire monitoring system through GPS receiving module and sensor network communication on AR. In conclusion, this paper proposed facility database for AR-based management system using SQLite. Proposed database is tested through the system simulation.

Key Words : Augmented Reality, GPS, SQLite, Underground Facility, Water Works Pipe Networks, Segment DB

---

\* 순천향대학교 스마트아카데미 (✉bmkang@sch.ac.kr)

\*\* 청운대학교 방송영상학과

\*\*\* 순천향대학교 컴퓨터공학과

· 제1저자(First Author) : 강병모 · 교신저자(Correspondent Author) : 홍인식

· 접수일(2013년 1월 11일), 수정일(1차 : 2013년 2월 21일), 게재확정일(2013년 3월 26일)

## I. 서 론

우리나라는 UN에서 지정한 물 부족 국가로 수자원의 확보를 위해 많은 노력을 하고 있으나 누수 및 파손으로 인해 많은 양의 수자원 손실을 가져오고 있다. 노후화로 인한 부식, 시공기술 차이, 급수상태, 매설환경 그리고 사고 등의 원인으로 발생하는 누수 및 파손을 모니터링 하는 기술 중에는 TDR (Time Domain Reflectometer)을 사용하는 누수탐지기법이 있다.

스마트폰의 성장으로 PC가 수행하던 기능들을 대체하고 각종 센서와 카메라를 이용한 모니터링 분야에 적용이 가능해지면서 스마트 기기용 지하 매설물 관리 어플리케이션의 연구가 활발하게 진행되고 있는 상태이다[1]. 또한 증강현실(AR : Augmented Reality) 기술의 적용으로 모바일 AR 앱들이 많이 출시되고는 있지만 AR 기술을 이용한 모니터링은 아직 걸음마 단계에 있거나 미비한 상태이다. 게다가 스마트폰이 가진 특성상의 제약으로 DB의 제한적인 이용이 불가피한 상태이다[2].

이에 본 논문에서는 스마트폰 환경에서 AR 기술을 이용하여 지하 매설물들을 모니터링 하는 AR용 상수관망 모니터링 시스템을 제안한다.

## II. 관련 연구

### 2.1 증강현실(AR : Augmented Reality)

증강현실(AR) 기술은 눈으로 보는 현실세계에 가상의 물체를 겹쳐서 보여주는 기술이다 [3]. 이러한 AR 기술은 GPS 등을 이용하여 수집한 위치 정보들을 바탕으로 가상의 정보를 제공하는 형태인 위치기반 AR(Location-based AR), 카메라를 통해 인식 가능한 특정 마커를 통해 가상 정보를 덧입히는 형태인 마커

인식 AR(Marker-based AR) 그리고, 마커가 아닌 특정 이미지를 인식하는 무마커식 AR(Markerless AR)으로 분류된다. AR을 이용한 모니터링 시스템과 유사한 연구로는 Augmented reality for infrastructure라는 미국 밴들리 시스템의 PC기반 시설물 관리 시스템이 있다.



그림 1. 증강현실 시설물 관리 시스템  
Fig. 1. Augmented reality for Infrastructure Management System

### 2.2 SQLite

SQLite는 스마트기기에 기본적으로 제공되는 DB로 하나의 파일 단위로 여러 개의 테이블들을 묶어서 관리한다. SQLite는 서버 없이도 단독으로 실행 및 구성할 수 있으며, 파일형 DB 기반으로 자기 자신의 기기 내에서만 사용이 가능하나, 외부에서 접속을 못하는 단점이 있다. 그러나 기기 내에서만 동작하는 DB이기 때문에 기본적으로는 MySQL처럼 DB 관리 시스템이지만, 서버가 아니라 응용 프로그램에 넣어 사용할 수 있다. 그러므로 SQLite는 로컬 DBMS로써, 구축된 파일을 다른 곳에 복사해서 사용해도 문제없이 사용이 가능하다.

### 2.3 누수감지관

RTD-1000(Remote TDR Device-1000) 시스템의 누수탐지용으로 제작된 누수감지관은 관의 외부

보호를 위한 PE 코팅 층에 감지도선이 삽입되어 있는 특징이 있다. 감지도선의 재질은 관중에 따라서 결정되나, 일반적으로 구리선을 사용한다. 감지도선은 누수나 파손 또는 다른 시공으로 인한 타관 통과 또는 오접에 의해서 끊어지거나 누수에 노출이 되도록 나선형으로 삽입하여 제작한다[4]. 또한 누수감지관 매설시 감지도선의 네트워크화를 위해서 관을 연결할 때 감지도선도 연속적으로 다른 감지도선과 연결하여 시공한다.

## 2.4 위치 정보 관리 및 모니터링

모니터링용 DB는 기본적으로 관 매설시 측정된 감지도선의 누적 길이 정보와 지상 점검구에서 부터 연결된 감지도선의 연장길이 정보로 구성된 누수감지관 정보, 관 탐지경로 정보, 관 연결부 정보, 시공 정보, 유해도 정보, 사고 상태 정보, RTD-1000 정보 등의 데이터들로 구성된다. 이때 저장되는 DB는 각각 매설된 관의 위치정보로 측정된 GPS 좌표 또는 위도, 경도 좌표를 함께 저장한다[5].

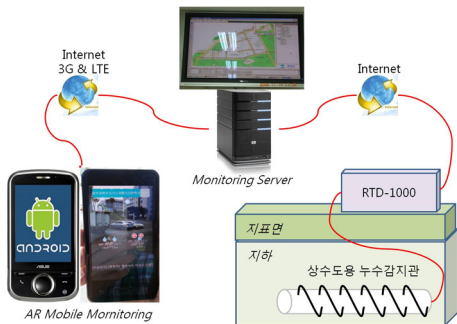


그림 2. 모니터링 시스템의 구성도  
Fig. 2. Structure of Monitoring System

저장된 DB 정보는 <그림 2>와 같이 모니터링 서버에서는 GIS시스템과 연동된 전자지도로 구축되어 사용되고, 스마트 폰에서는 지도와 AR을 이용한

모니터링에 사용된다.

모니터링 시스템은 펄스파 측정 장비인 TDR을 내장한 RTD-1000과 누수감지관으로 구성되는데, 내장된 TDR은 네트워크화 되어 매설된 누수감지관의 감지도선에 수 나노에서 수십 마이크로미터 파장 범위의 펄스파를 송출한다. 만약 관망에 이상이 있으면 송출된 펄스파는 이상위치에서 반사되어 되돌아 오는데, 이러한 반사 파형의 변화 정보들을 이용하여 매설시 구축한 DB에 저장된 정보와 비교 분석하여 감지관의 이상상태 및 이상이 발생한 관과 발생위치를 실시간으로 모니터링 할 수 있다[6].

## III. 시공지역 매설 DB의 설계

### 3.1 시스템 구성 및 시공지역과 구간 테이블

시공지역은 구간 단위로 나눌 수 있는데 각각의 구간은 하나의 RTD-1000의 탐색 채널에 계속적으로 연결된 누수감지관들을 포함한다. <그림 3>은 시공시 구축되는 시공지역과 네트워크화된 누수감지관망의 구간 테이블을 보여준다.

시공 지역 테이블							
시공ID	GPS 좌표	시공 지역	시공자 (연락처)	작업자 (연락처)	시공 시작일	시공 종료일	자료 등록일

구간 테이블					
구간 ID	시공 ID	경로 정보	구간명	구간 정보	등록 일자

그림 3. 시공지역 테이블과 구간 테이블  
Fig. 3. Construction Area Table and Section Table

<그림 3>에서와 같이 시공 ID를 Primary Key로 하는 시공지역 테이블은 시공지역의 정확한 위치 정보를 제공하기 위한 시공지역 GPS 좌표, GIS와

연동을 위한 시공지역, 시공자, 작업자, GPS 좌표 측정이나 GIS 연동 등의 시공 자료를 입력하는 자료 등록자 정보를 기록한다. 이렇게 등록자 정보를 구분하여 기록하는 것은 현장수집 자료의 신뢰도를 높이고, 실제 작업자와의 상호 연계로 누수감지관 유지보수의 효율성을 높일 수 있다.

구간 테이블은 시공 ID를 Foreign Key로 하여 시공지역 테이블과 관계하고, 구간 ID를 Primary Key로 하여 누수감지관의 정보를 가지는 테이블과 관계하여 구간별 누수감지관을 구분해주는 인덱스 역할을 하도록 DB를 구축한다.

누수감지관의 정보를 기록할 수 있도록 설계해 놓은 테이블과 다른 테이블들과의 상호관계를 <그림 4>에서 보여준다.

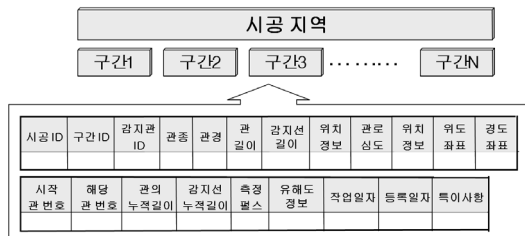


그림 4. 누수감지관 정보 테이블  
Fig. 4. Leakage Detecting Pipe Information Table

### 3.2 관망 DB 테이블 구축

기존 모니터링 시스템과 연동되는 관망 DB 테이블들의 관계 스키마를 그림 5에서 보여주고 있다. 이 테이블들 중에서 관 종류, 관경, 관 길이는 해당 매설된 관의 정보로 추후에 시공에 사용된 관의 수량 산출 및 통계를 구하는데 사용이 가능하며, 타 시공에도 적용 할 수 있으므로 비용 절감 효과가 발생 할 수 있다.

누적길이, 감지선 누적길이, 파형정보 등은 시공 시 측정하여 구축되는 데이터로 이 중에서 감지선

누적길이는 누수탐지 모니터링시 누수상태와 위치 측정에 중요하게 사용되는 데이터이다. 또한 관로 심도, 위치정보, 위도 및 경도 좌표는 매설된 위치를 알 수 있는 중요한 정보이다. 이 위치정보는 기록자가 매설 공사시 직접 기록하여 DB에 저장한다.

관로 심도는 측정된 관의 매설깊이로 위치정보, GPS 좌표와 함께 사용되며 이상이 발생한 관망을 빠른 시간에 정확하게 찾을 수 있다. 시작 관 번호는 RTD-1000의 인입선과 처음으로 연결되는 점검구의 첫 번째 관에 기록한 번호가 된다. 각각의 연결된 관들에게 순차적으로 관 번호가 매겨진다.

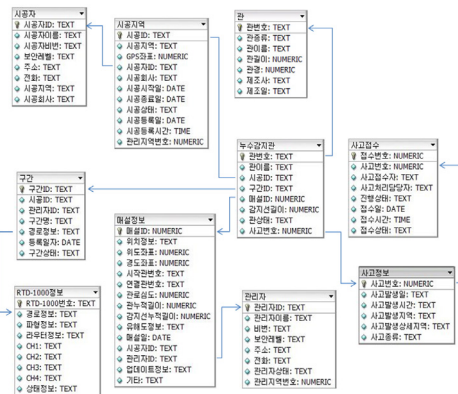


그림 5. 관망 DB 테이블의 관계 스키마  
Fig. 5. Relation Schema of Pipe-Network DB Table

### 3.3 AR 모니터링용 Segment DB의 구축

스마트폰이 가지는 성능, 저장 공간 및 통신 환경 등의 이유로 DB 사용에 제약이 따르기 때문에 본 논문에서는 기존의 통합관망 DB를 그대로 사용할 수가 없다. 대신 스마트폰 환경에서 AR 모니터링에 최적화한 데이터들로 DB를 구축해야 한다. 구축한 DB를 스마트기기 환경에서 사용하도록 DBMS를 선택해야 하는데, 본 논문에서는 가벼우면서 스마트기기에서 사용이 가능한 SQLite를 사용하여 관망 DB를 구축한

다.

스마트 기기용 AR 모니터링 DB는 기존 모니터링 DB에서 필요한 데이터를 추출 및 생성하여 Segment화한 데이터들로 구성한다. 예를 들면 통합 관망DB에서 필요한 데이터의 요청에 따라서 <그림 6>과 같이 (상태별)이나 (지역 & 상태별)로 추출하여 필요한 Segment DB를 생성할 수 있다.



그림 6. Segment DB 생성 방법  
Fig. 6. Method of Segment DB Generation

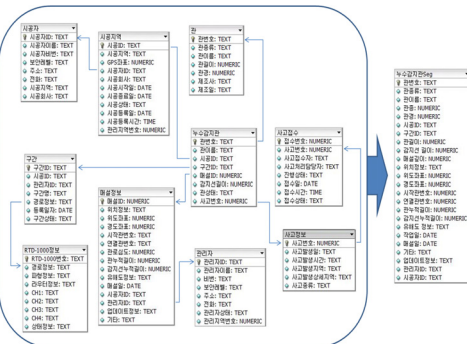


그림 7 통합관망 DB에서 AR 모니터링 DB 추출  
Fig. 7. Extraction AR Monitoring DB from Integrated Pipe-Network DB

평소에는 필요한 DB만 다운로드해서 사용하다가 사용빈도는 낮지만 특정 DB가 필요할 때에는 서버와 통신하여 Segment DB를 새로이 생성하여 사용이 가능하다. 즉, 필요한 조건에 따라서 조합하여 DB 생성이 가능하므로 스마트기기와 같이 제한된

자원을 사용하는 기기에서 사용에 유리하다.

통합 관망DB에서 AR 모니터링 DB는 모니터링을 위한 최소의 테이블들로 구성한다. <그림 7>은 통합 관망DB에서 추출한 AR 모니터링 DB 테이블을 보여주고 있다.

### 3.4 AR 모니터링의 프로토콜과 주요 모듈

AR 모니터링 프로그램의 통신 프로토콜은 <그림 8>과 같이 구성되어 있다. 1번부터 6번까지의 과정은 처음 시작할 때의 동작을 보여주고 7번부터 10번까지는 관의 상세정보를 선택할 시에 동작하는 과정들을 보여준다.

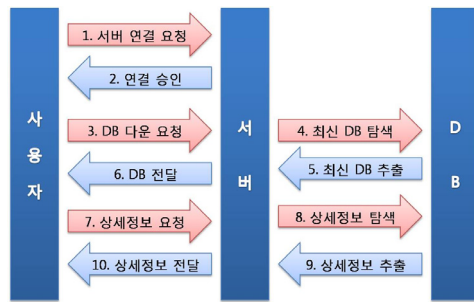


그림 8. AR 모니터링 프로그램 프로토콜  
Fig. 8. AR Monitoring Communication Protocol

이러한 프로토콜을 수행하도록 AR 모니터링 프로그램은 3개의 주요 모듈로 구성되어 있다. 첫 번째는 DB 모듈로 시공시 매설되는 관망의 정보와 AR정보를 연동하여 DB를 구축한다. 구축되는 DB에는 관종, 관경, 관 번호, 감지도선 정보, 위도, 경도, 시공지역, 매설 위치 등등 기본적으로 관망에 필요한 데이터 필드들로 구성된다.

두 번째는 모니터링 서버 모듈로 모니터링 서버는 매설관의 정보들을 담은 DB와 각각의 관 하나 하나의 정보를 담은 DB들을 사용하여 시공지역의 관망을 검사하며, 이상 발생 지점의 위치를 찾는

다. 만약 이상이 발생하면, 현장관리자의 스마트폰으로 이상위치의 AR정보를 전송한다.

마지막으로 세 번째는 AR 디스플레이 모듈로 관망 DB에서는 관의 매설 좌표, 종류, 정보 등을 가져오고 사용자 스마트폰에서는 GPS좌표, 방향 정보를 가져온다. 이때 가져온 관의 좌표는 사용자 자신의 GPS좌표와 관의 GPS좌표와의 상대거리를 계산한다. 그리고 방향 센서 값을 받아와서 현재 방향과 비교하여 출력한다[7].

#### IV. 구현 및 시뮬레이션

##### 4.1 매설물 시공 데이터 입력

매설물 시공 데이터의 작성방법은 현장에서 작업자가 수기로 수집 데이터를 기록하는 방법을 많이 사용하고 있다. 그러나 이러한 경우 짧은 시간에 많은 정보를 기록하기에는 무리가 있기 때문에 체계적인 정보 수집 및 사후 유지관리를 위한 정보의 활용도 어렵다.

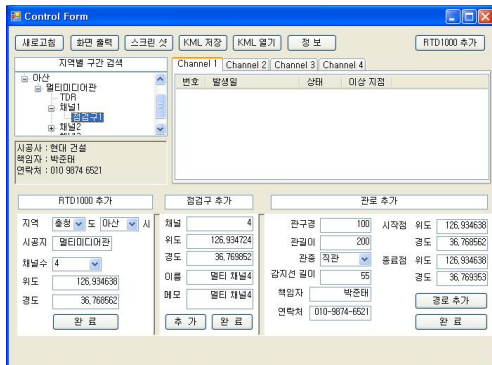


그림 9. 매설물 시공 데이터 입력 프로그램  
Fig. 9. Facility Construction Data Input Program

그러므로 현장에서 시공시 현장수집데이터로 설

계한 DB를 활용하기 위해서 <그림 9>와 같이 매설관망의 정보를 입력하는 프로그램을 이용하여 현장수집 데이터를 입력하여 DB를 구축하였다.

<그림 10>은 AR 모니터링 환경에서 디스플레이 되는 마커를 선택시 입력 프로그램을 통해 입력해 놓은 마커의 상세 정보를 보여주고 있다.

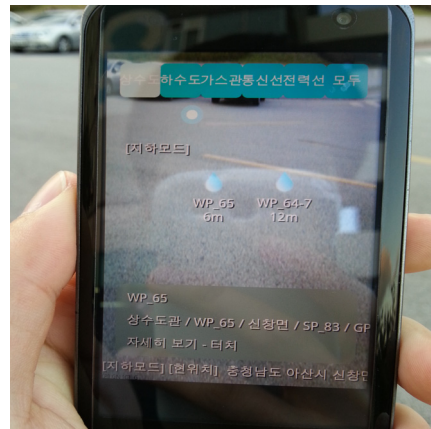


그림 10. 마커의 상세정보(증강현실 모드)  
Fig. 10. Marker's Detail Information(AR Mode)

##### 4.2 AR을 이용한 모니터링

모니터링 센터에서 관리자가 지하에 매설된 관망들을 모니터링 하는 중에 이상이 발생하면 모니터링 센터의 GIS 지도 화면에 이상발생 지점이 표시 되는데 <그림 11>은 지도 모드에서 이상 발생 지점의 상태가 “누수” 상태임 보여주고 있다.

이때 누수의 복구를 수행하기 위해서 이상 발생 지점의 정보를 받아서 실제 현장에 나가보면 이상 발생 지점의 위치를 정확하게 찾을 수 없을 때가 종종 발생한다. 이런 문제점들은 현장에서 시공시 수집되는 시공데이터들의 저장 작업 중에 모니터링 센터와 통신이 가능하지 않은 상태일 경우나 저장 데이터의 누락이나 오입력시 또는 GIS 지도와 실제 지역 사이의 오류가 있을 경우 현장 정보에 오

류가 발생 할 수 있다.



그림 11. 누수 상태의 마커(구글 맵 모드)  
Fig. 11. Leakage State of Marker(Google Map Mode)

제공하는 상세정보의 내용을 보여주고 있다.



그림 13. 마커 상세정보 보기(구글 맵 모드)  
Fig. 13. Marker's Detail Information(Google Map Mode)

이런 오류의 발생시 AR을 이용한 모니터링 시스템을 적용하면 실제 매설위치에 이상위치를 겹쳐보여 줌으로 현장감을 증대 시킬 수 있다. 그러므로 정확하게 이상이 발생한 위치를 검색 할 수 있다. <그림 12>는 AR 모니터링에서 상수도관의 “누수” 상태를 마커 아이콘의 형태로 보여주고 있다[8].

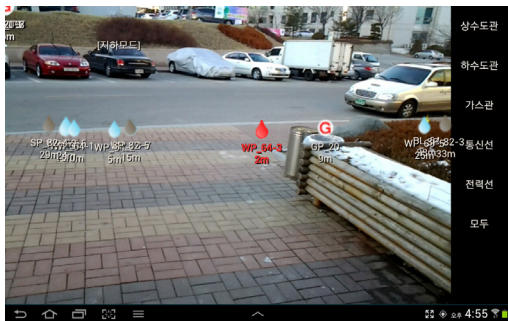


그림 12. 누수상태의 마커(증강현실 모드)  
Fig. 12. Leakage State of Marker(AR Mode)

AR 모니터링시 <그림 10>과 <그림 12>에서와 같이 디스플레이 되는 마커들 중에서 이상이 발생하였거나 정보를 검색하고 싶은 마커를 선택하면 도움말의 형태로 해당 마커의 상세 정보를 보기를 제공한다. <그림 13>은 지도상에서 마커를 선택시

## V. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 AR 기술을 이용한 지하 매설물 모니터링 시스템에 대해 알아보고, 지하매설물중 상수도 분야에서 실제 운용되고 있는 누수탐지 모니터링 시스템을 타깃으로 삼고 누수감지관의 효과적인 유지보수 및 정보 활용을 위한 스마트폰기반의 AR 모니터링용 관망 DB를 설계하고 시물레이션 하였다.

설계한 AR 모니터링용 관망 DB는 PC기반의 모니터링 시스템에서 사용하는 DB에 위치기반 기술들을 접목하여 사용자가 위치한 시공현장에 매설된 관망들의 정확한 위치정보를 바탕으로 이상 발생 정보를 사용자에게 제공한다. 또한 시공 데이터 입력/관리 프로그램은 실제 시공현장에서 수기로 기록하는 방식의 문제점을 보완하고, 매설물 데이터를 체계적으로 관리하여 정보의 활용을 용이하게 하고, 매설물의 효과적인 시공에 있어서 기준을 제시할 것으로 예상된다.

향후 클라우드 컴퓨팅과의 접목을 통하여 스마트폰 환경에서 발생할 수 있는 DB의 한계를 극복

하고, 3D 모델링 기술을 접목한 모니터링 시스템을 구현하여 연동할 예정이다.

### 참고문헌

- [1] Jun-Tae Park, In-Sik Hong, "A Study on Underground Facility Monitoring Application using Smart Phone based on Android", *Proceedings of the Korea Multimedia Society Conference*, Vol. 13, No. 2, pp.261-264, 2010.
- [2] Reto Meier, *Android Application Development*, 2009.
- [3] <http://www.augmentedplanet.com/tag/android/>
- [4] Byung-Mo Kang, In-Sik Hong, "A Study on a Remote Leakage Sensing System in Waterworks Network", *The KIPS Transactions : Part D*, Vol. 11-D, No. 6, pp.1311-1318, 2004.
- [5] Beum-Hee Lee, "Management of Water Distribution Systems Using Optimization Model", *Journal of the Korean Geophysical Society*, Vol. 7, No. 1, pp.51-60, 2004.
- [6] Byung-Mo Kang, In-Sik Hong, "A Study on a Leakage Sensing Pipe and Monitoring System Using TDR in GIS", *Korea Multimedia Society*, Vol. 7, No. 4, pp.567-578, 2004.
- [7] Won-Young Song, Mi-Gyeong Doo, Su-Wook Ha, Dong-Won Jeong, "Design of Android-based Sensor Registry System for Semantic Processing of Sensor Information", *Korea Information Science Society*, Vol. 37, No. 1, pp.58-61, 2010.
- [8] Jun-Tae Park, In-Sik Hong, "Implementation of RTD-2000 Based Waterworks Pipe Network Monitoring System using Internet Map Service", *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 14, No. 11, pp.1450-1457, 2011.

### 감사의 글

본 연구는 환경부 "차세대 에코이노베이션 기술 개발사업(GT-11-G-02-001-1)" 으로 지원 받은 과제입니다.

### 저자소개



강 병 모(Byung-Mo Kang)

2000년 순천향대학교 전산학과  
(공학석사)

2005년 순천향대학교 전산학과  
(공학박사)

2007~현재 순천향대학교 스마트아카데미 겸임교수  
※ 관심분야: GIS, RFID, 임베디드 시스템, 증강현실,  
유비쿼터스 컴퓨팅



전 병 찬(Byoung-Chan Jeon)

1994년 수원대학교 전자계산학과  
(공학석사)

2002년 순천향대학교 전산학과  
(공학박사)

2005년~현재 청운대학교 방송영상학과 조교수  
※ 관심분야: 컴퓨터구조, 홈 네트워크, 모바일



홍 인 식(In-Sik Hong)

1986년 한양대학교 대학원 전자공학과  
(공학석사)

1988년 한양대학교 대학원 전자학과  
(공학박사)

2011년~현재 순천향대학교 공과대학 컴퓨터공학과 교수  
※ 관심분야: 유비쿼터스 컴퓨팅, 임베디드 시스템,  
유무선네트워크