

## 지하시설물 DB의 유지관리를 위한 LBS 시스템 개발 Developed Location Based Service System for Management of Underground Facilities' DB

이현직<sup>1)</sup> · 황창섭<sup>2)</sup> · 박기석<sup>3)</sup> · 유지호<sup>4)</sup>

Lee, Hyun Jik · Hwang, Chang Sup · Park, Ki-Suk · Ruy, Ji Ho

1) 상지대학교 건설시스템공학과 부교수(E-mail:hjikle@mail.sangji.ac.kr)

2) 상지대학교 건설시스템공학과 겸임교수(E-mail:picassoh@nate.com)

3) 공간정보기술(주) 차장 (E-mail:kspark@git.co.kr)

4) 상지대학교 토목공학과 석사과정(E-mail:sjce56@hotmail.com)

### Abstract

Since 1995, One of the NGIS(National Geographic Information System) projects, the underground utilities project, has been finished in 2003. The 19 cities in Korea for this project will use underground utilities management system using underground utilities database focusing on water and sewage system. However, special expert, technical and experience problem in computer environment has not been had in working department for water and sewage management and maintenance for each local government. The management and maintenance of underground utilities database by manual method is getting lowered a data quality of underground utilities database because of the data omitting, error in writing and securing of the lasted database.

Therefore, in this study, Application test for field workers using a mobile tool and environment analysis of wireless communication in Korea and application test of GPS receiver for mobile tools had been processed and made a mobile working environment.

The efficient management and maintenance method for underground utilities database has been developed an off-line method for modification and update of database about general work which has a high working frequency because of the limitation of wireless communication environment. Also, the emergency working has been applied for on-line method.

## 1. 서론

국가지리정보체계(NGIS : National Geographic Information System)사업의 일환으로 1995년이래 수행 중인 지하시설물전산화사업의 확대시범도시에 포함된 19개 지자체는 2003년 과업종료에 따라 상하수도 중심의 지하시설물 DB를 활용한 지하시설물 유지관리시스템의 실질적인 운용에 대비하고 있다.

그러나, 각 지자체의 지하시설물 유지관리업무를 담당하는 부서에는 현장 업무의 대부분이 수작업으로 이루어지고 있으며, 전산화 환경에서 지하시설물 DB의 유지관리를 담당할 수 있는 전문인력 및 관련 기술과 경험부재로 인해 지하시설물 DB의 유지관리도 수작업으로 작성된 업무성과를 이용하여 직접 입력하고 있는 실정이다. 이와같은, 수작업 방식에 의한 유지관리업무로 전산화 환경의 지하시설물 유지관리시스템 운영할 경우 수정/갱신된 자료의 누락과 오기 및 이기오류의 원인을 제공하고, 지하시설물 DB의 최근성 확보 등의 문제로 인한 DB의 품질저하를 야기시켜 지하시설물 유지관리시스템의 운영에 많은 어려움이 예상되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 지하시설물 유지관리업무를 전산화 환경에 적합한 업무 환경으로 개선하고, 지하시설물 전산화 사업을 통해 구축된 지하시설물 DB의 효율적인 유지관리와 성공적인 지하시설물 유지관리시스템의 운영을 지원하기 위하여 LBS를 활용한 유지관리시스템을 구축하고, 전산화 환경에 적합한 업무 방법론을 개발하고자 한다.

## 2. 연구내용

그림 1은 지하시설물 DB 유지관리 방법론의 개념을 나타낸 것이다. 지하시설물 DB로부터 업무에 필요한 자료를 전송 받아 현장에서 MMS(모바일 장비, 모바일 맵핑프로그램, 모바일 장비용 GPS, 무선통신장치)을 이용하여 업무를 수행한 후 지하시설물 DB 및 유지관리시스템에 자료를 수정/갱신하는 방법으로 무선통신을 활용하여 업무를 수행하는 ON-LINE 방식과 무선통신을 활용하지 않고 유지관리 업무를 수행하는 OFF-LINE 방식으로 나눌 수 있다.

OFF-LINE 방식은 국내 무선통신망의 제약에 의해 지하시설물 유지관리업무 수행에 따른 지하시설물 DB의 완전한 실시간 수정/갱신은 불가능함에 따라 자료를 본부의 지하시설물 DB로부터 유선으로 모바일 장비로 받아 현장에서 MMS를 이용하여 속성 및 속성+도형자료를 수정/갱신하여 본부로 돌아와 유선으로 지하시설물 DB를 갱신하는 방법으로 통신환경이 구축되어 있지 않아 실시간으로 자료 처리가 불가능하므로 작업계획에 따라 정기적으로 이루어지는 업무에 적합한 방식이다.

ON-LINE 방식은 무선통신환경이 구축되어 있어 실시간 자료 처리가 가능하고 모바일 장비용 GPS와 LBS 개념을 활용한 작업자 위치추적기술을 구현함으로써 작업자의 위치를 파악하여 업무 발생 시 현장에 근접 작업자를 투입하여 업무를 처리할 수 있으므로 업무처리의 신속성이 요구되는 누수업무와 같은 긴급업무에 적용하는 것이 적합한 방식이다.

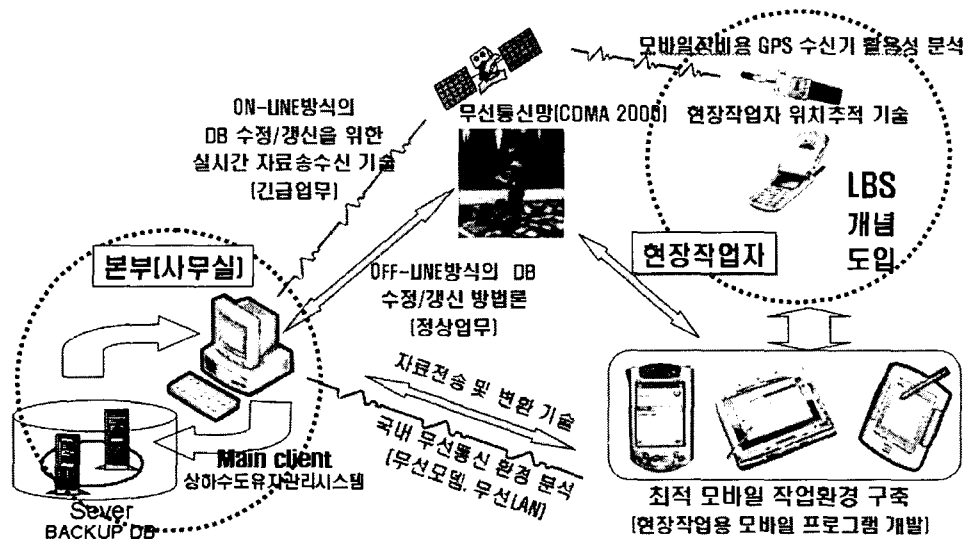


그림 1. 지하시설물 DB의 유지관리 방법론 개념도

그림 1과 같은 지하시설물 DB 유지관리 방법론을 적용하기 위해서 우선 현장 업무용 MMS를 구축하고, 지하시설물 DB와 MMS의 원활한 자료전송을 위한 자료교환프로그램 및 현장 작업자의 실시간 위치파악을 위한 LBS개념의 위치추적프로그램을 개발하여 실제 업무와 동일한 조건으로 적용성 실험을 수행하여 결과를 분석하였다.

그러나, LBS 개념이 도입된 완벽한 ON-LINE 방식의 지하시설물 DB 유지관리 시스템을 구성하기 위해서는 현장작업자의 위치추적 기술, LBS 응용프로그램 개발기술, 현장 작업시 이용 가능한 최적의 모바일 장비는 물론, 작업 데이터를 실시간으로 송수신하기 위한 무선통신망이 구비되어야 한다. 그러나, 국내 무선통신 환경과 모바일 장비의 기능적인 한계로 인해 현재에는 LBS 개념이 도입된 완벽한 ON-LINE 방식의 지하시설물 유지관리시스템을 구성하기는 현실적으로 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 위치관제시스템과 업무에 필요한 기능들을 개발하여 향후 국내 무선통신망의 환경과 모바일 장비가 개선될 경우를 대비해 ON-LINE 방식의 지하시설물 DB 유지관리 시스템 구성 기반을 제시하였다.



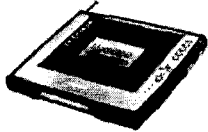
## 2.1 지하시설물 DB 유지관리를 위한 현장 업무용 MMS 구축

본 연구에서 현장 업무용으로 제안한 MMS는 모바일 장비, 모바일 장비용 GPS, 무선통신장치로 구성된다. 현장 업무에 적합한 MMS를 구축하기 위해 상용화된 모바일 장비의 활용성 평가 실험을 수행하여 모바일 장비를 선정하였으며, 국내 무선통신환경을 분석하여 현장 업무에 적합한 무선통신을 선정하였다. 그리고 모바일 장비용 GPS 장비의 위치오차를 분석하여 작업자의 위치를 추적하기 위한 모바일 장비용 GPS 장비를 선정하였다.

### 2.1.1 현장 업무용 모바일 장비 선정

현재 상용화된 모바일 장비 중 PDA, 태블릿 PC, WebPad를 대상으로 모바일 장비 활용성 평가 실험을 수행하여 도형정보의 수정/갱신을 위하여 모바일 장비와 모바일 맵핑 프로그램, 측량장비와의 호환성, 모바일 장비의 현장 업무 편의성 등을 분석하여 현장 업무용으로 적합한 모바일 장비를 선정하였다. 속도정보 수정/갱신용 모바일 장비는 저용량의 Text 데이터를 처리함으로 장비의 무게, 휴대성이 좋은 PDA를 선정하였고, 속도+도형정보 수정/갱신용 모바일 장비는 Text 데이터뿐만 아니라 현장에서 측량을 수행하여 그래픽 자료를 처리하여야 함으로 Sunlight 기능이 있고, 고용량의 자료처리를 할 수 있는 태블릿 PC로 선정하였다. 표 1은 실험에 사용된 모바일 장비 재원을 나타낸 것이다.

표 1. 모바일 장비 재원 비교

항목	PDA	태블릿 PC	WebPad
장비그림			
제조사	COMPAQ (iPAQ-H5550)	Fujitsu (ST5011D)	ADVANTECH (MPC-100)
OS	Windows CE 3.0~4.2	WindowsXP Tablet Edition	Windows CE 3.0
CPU	Intel Strong ARM 206MHz	Mobile Intel Pentium 1GHz	Intel Strong ARM 206MHz
메모리	128M	256M + (60G)	128M + (256M)
해상도	240×320	1024×768	800×600
Display	4 inch	10.4 inch	10.4 inch
Sunlight	유	유(Outdoor용)	유
무게	124 g	1.55 kg	1.35 kg
배터리용량	4 ~ 5 시간	2 ~ 5 시간	4 ~ 5 시간

### 2.1.2 국내 무선통신환경 분석

긴급업무에 적용하려는 ON-LINE 방식의 방법론에서 실시간 자료 전송을 위해선 모바일 장비에 무선통신망이 필요하다. 국내에서 무선통신망으로 상용 서비스가 되고있는 것은 CDMA방식의 무선모뎀과 무선LAN 두 종류가 있다.

표 2는 무선통신환경을 비교한 것으로 무선LAN의 경우 전송속도가 빠르고 전송용량에 대한 요금 제한이 없는 장점이 있어 고용량의 데이터 전송에 적합하지만, 통신범위가 한정되어있어 광범위한 지역에서 사용하기에 부적합하다. 무선모뎀의 경우 전송속도가 무선LAN에 비해 느리고 전송용량에 따라 요금을 부과하는 단점이 있어 고용량의 데이터를 전송에 부적합하지만, 통신지역의 제한이 없어 광범위한 지역에서 사용하기에 적합하다. 지하시설물 DB는 광범위한 지역을 대상으로 구축되어 있으며, 유지관리업무 중 긴급업무의 발생빈도가 적고 처리하는 데이터 용량이 작음으로 지하시설물 DB 유지관리를 위한 무선통신환경은 무선모뎀(CDMA)통신망을 이용하였다.

표 2. 무선통신환경 비교

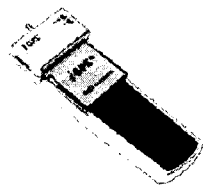


항목	무선모뎀 통신망	무선LAN 통신망
데이터 전송 속도	2.4Mbps	11Mbps
서비스 범위	이동통신 가능 지역	100~200m (AP 설치지역내)
요금	1MB당 약 13,000원	정액제 (50,000~60,000원)
사용장비	무선모뎀 단말기	무선LAN 단말기
서비스 업체	KTF, SK텔레콤, LG텔레콤	KT, Hanaro통신

### 2.1.3 모바일 장비용 GPS 수신기 활용성 분석

ON-LINE 방식의 방법론에서 긴급업무 발생 시 현장 작업자의 현재 위치를 파악하여 최단 거리에 있는 작업자로 하여금 신속한 업무처리를 수행하기 위해서는 모바일 장비용 GPS 수신기 및 위치추적기술이 필요하다.

현재 시판중인 모바일 장비용 GPS 수신기는 CF Type과 Bluetooth Type, PDA 내장 Type을 대상으로 활용성 평가 실험을 수행하여 현장 업무에 적합한 모바일 장비용 GPS를 선정하였다. 활용성 실험은 상지대학교 내의 GPS 기준점 중 5점을 선점하여 GPS 수신기별 위치오차 및 폐합오차를 관측하였다. 표 3은 시판중인 모바일 장비용 GPS 수신기의 재원을 비교한 것이다.

표 3. 모바일 장비용 GPS 수신기 재원

	CF Type	Bluetooth Type	PDA 내장 Type
장비그림			
적용기종	PocketPC 에서 활용 (아이팩,조나다,카시오)	Bluetooth가 내장된 iPAQ 전기종	Pocket PC
위치정확도	10~25m	10~25m	10~25m
수신주기	2Hz	1Hz	2~3Hz
좌표계	WGS-84	WGS-84	WGS-84

실험결과 GPS 수신기의 위치오차는 평균  $\pm 17m$  정도로 나타났다. Bluetooth Type의 경우 위치오차가 가장 적게 발생하였으나, 모바일 장비와 무선으로 위치수신정보를 교환하기 때문에 수신기와 모바일 장비간의 거리가 멀거나 수신기를 주머니 등에 넣어 장애물이 생겼을 경우 모바일 장비로의 데이터 송신이 이루어지지 않아 휴대가 불편하였다. 또한 Bluetooth 기능이 지원하는 모바일 장비만 사용이 가능하다는 단점이 있다.

PDA 내장 Type의 경우 휴대가 간편한 반면, 수신율이 다른 수신기에 비해 떨어져 위치오차가 크게 발생하였다.

CF Type 수신기는 위치오차가 Bluetooth Type과 PDA 내장 Type의 중간 정도로 나타났으며, 모바일 장비용 확장팩을 이용하여 모바일 장비와 같이 휴대할 수 있어 현장 업무 모바일 장비용 GPS 수신기로 선정하였다.

## 2.2 지하시설물 DB 유지관리를 위한 응용프로그램 개발

### 2.2.1 자료교환프로그램

모바일 장비와 지하시설물 DB간의 상이한 자료구조를 가지고 있어 자료의 전송을 원활하게 하기 위해서는 반드시 자료교환프로그램이 필요하다. 작업자가 업무를 수행해야할 대상지역의 속성 및 도형정보를 ODBC형식의 지하시설물 DB로 추출하여 모바일 장비에서 처리가 가능한 Shape, Dxf, Dwg형식의 자료로 변환시켜 전송을 하고 현장에서 수정/갱신된 자료를 지하시설물 DB에 반영할 수 있도록 프로그램을 개발하였다. 그림 1은 개발된 자료교환프로그램이다.

### 2.2.2 현장 업무용 모바일 프로그램

현장 업무용 모바일 프로그램은 현장에서 도형 및 속성정보를 생성, 수정하는 것을 목적으로 한다. 도형정보를 수정/갱신하기 위해서 측량을 통해 도형정보를 구축할 수 있는 기능과 기존 도형정보를 편집하는 CAD기능을 매뉴얼전환 방식을 적용하여 구현하였으며, 속성정보를 수정/갱신할 수 있도록 지하시설물 DB에서 업무수행을 통해 수정/갱신되는 속성항목을 조사하고, 이를 적용하여 속성정보를 수정/갱신할 수 있는 기능을 구현하였다. 그림 2는 현장 업무용 모바일 프로그램이다.

### 2.2.3 ON-LINE 방식의 방법론을 위한 추가기능

#### ① 특정 IP 접속 기능

현장 작업자의 위치를 실시간으로 파악하기 위해선 모바일 장비에서 모바일 장비용 GPS 수신기를 통하여 작업자의 현재 위치정보를 받아, 무선통신을 이용하여 모바일 장비용 GPS로 수신된 작업자의 위치정보를 실시간으로 본부(사무실)로 보내주어야 한다. 이런 기능을 수행하기 위해서 현장 업무용 무선통신인 CDMA 방식의 무선모뎀을 이용하여 특정 IP로 접속하여 위치정보를 송신할 수 있도록 하였다.

#### ② 좌표변환기능

현재 지하시설물 DB 및 수치지도의 좌표체계는 Bessel타원체의 TM 좌표계를 사용하고 있는 반면에 모바일 장비용 GPS 수신기의 경우 위치정보를 WGS84 좌표로 수신하기 때문에 현장 작업용 모바일 프로그램에서 WGS84 좌표를 Bessel타원체의 TM 좌표계로 변환하여 위치관제시스템으로 전송할 수 있도록 하였다.

#### ③ 자료 전송 방식

ON-LINE 방식의 방법론은 무선 통신을 통하여 자료를 전송 받기 때문에 자료전송을 위한 방법이 필요하다. 현재 상용화된 모바일 장비인 PDA와 WebPAD의 경우 웹브라우저를 통한 자료 전송방식이 불가능하며, 자료전송 프로그램인 PAD용 FTP Client를 사용하여야 한다. 타블릿 PC의 경우 인터넷에 접속하여 자료를 전송할 수 있고 FTP Client도 사용이 가능하다, 따라서 자료 전송 방식은 자료 전송이 안정적인 FTP로 결정하였다.

#### ④ 메시지 전송 기능

긴급업무 발생 시 특정 작업자에게 업무 지시를 ON-LINE으로 내리기 위해서 자료교환프로그램과 현장 업무용 모바일 프로그램에서 메시지를 송수신할 수 있는 기능이 필요하게 된다. 따라서 자료교환프로그램과 현장 업무용 모바일 프로그램에 메시지 전송 기능을 구현하였다.

### 2.2.4 위치관제프로그램

위치관제프로그램은 다수의 현장 작업자가 모바일 장비에서 GPS 수신기를 통하여 얻은 위치정보를 무선통신을 이용하여 본부로 전송하여 본부에서는 현장 작업자들의 실시간 위치를 파악하고, 긴급 업무의 발생 시 현장에 근접 작업자에게 지시를 내려 업무 발생지에 투입하기 위한 목적을 가지고 있다. 위치관제프로그램은 자료교환프로그램에 추가 모듈로 개발하였다. 그림 3은 자료교환프로그램에서 작업자의 위치를 관제하는 모습이다.

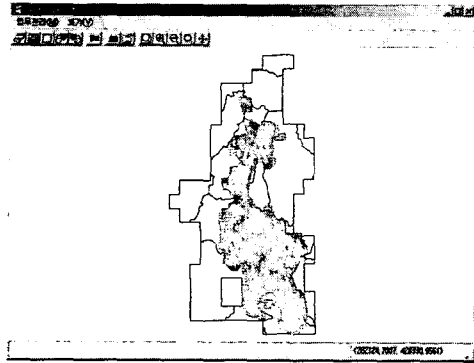
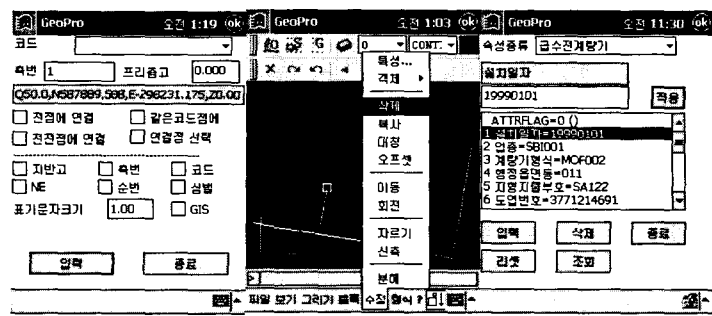


그림 1. 자료교환프로그램



(a) 측량성과 (b) CAD 기능 (c) 속성편집기능

그림 2. 현장 업무용 모바일 프로그램

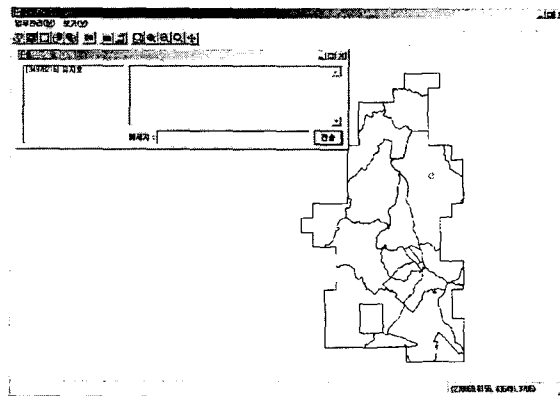


그림 3. 위치관계프로그램

## 2.3 지하시설물 DB 유지관리 시스템 적용 실험

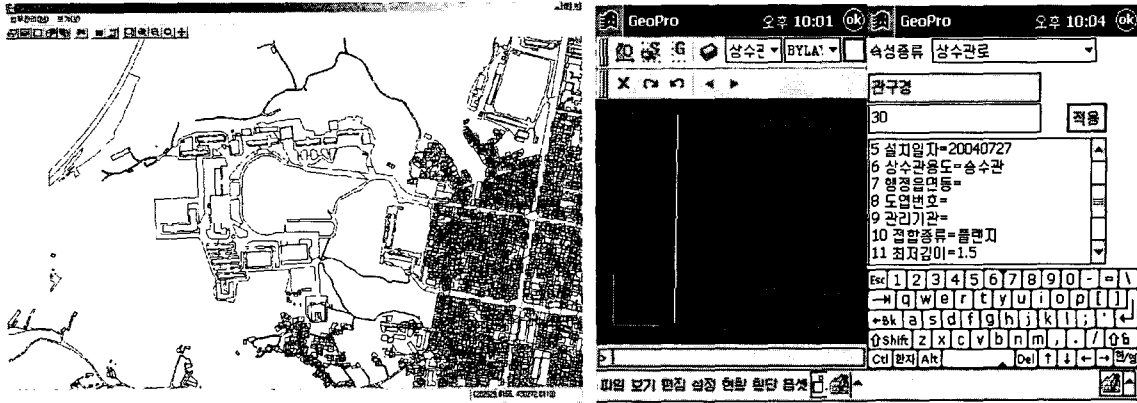
### 2.3.1 OFF-LINE 방식

OFF-LINE 방식은 상수관에 대한 도형정보와 속성정보가 없는 상지대학교 교내의 일부지역을 선정하여, 실제 측량을 통해 상수관에 대한 도형정보를 구축하고 속성정보를 입력하여, 수정된 자료를 DB에 적용한 후 급수관에 대한 자료가 정확하게 입력되었는지를 확인하였다.

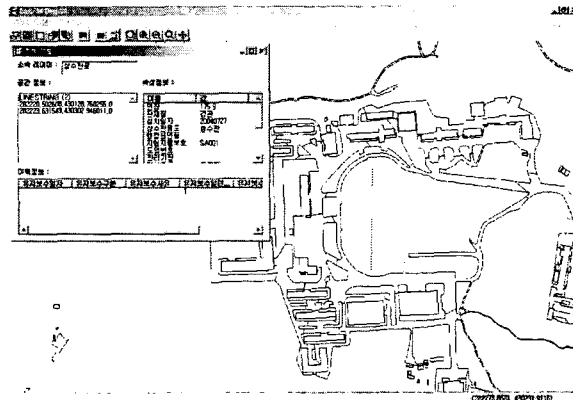
그림 4(a)는 상지대학교 주변의 지형과 상수관, 계량기 등의 도형정보를 나타낸 것으로 상지대학교 교내에는 상수관에 대한 정보가 구축되어 있지 않는 것을 확인할 수 있다. 우선 측량에 필요한 상지대학교 주변의 지형도를 획득하기 위하여 자료교환프로그램을 이용하여 상지대학교 주변의 지형을 추출하였다.

자료교환프로그램으로부터 추출된 상지대학교 지형도를 바탕으로 가상의 상수관로 축점을 측량하여 모바일 프로그램에서 상수관에 대한 도형정보를 그림 4(b)와 같이 구축하였으며, 그림 4(c)는 상수관에 대한 속성정보를 입력하는 모습이다.

그림 4(d)는 현장에서 모바일 프로그램을 통해서 구축된 상수관의 도형 및 속성정보를 자료교환프로그램을 이용하여 지하시설물 DB로 갱신한 후 상수관의 정보를 확인한 것으로, 신설 상수관에 대한 도형정보와 속성정보가 지하시설물 DB에 갱신되어 있는 것을 볼 수 있다.



(a) 업무 수행 전 대상지역의 상수관 및 지형정보 (b) 도형정보 구축 (c) 속성정보 입력



(d) 업무 수행 후 대상지역의 상수관 및 지형정보

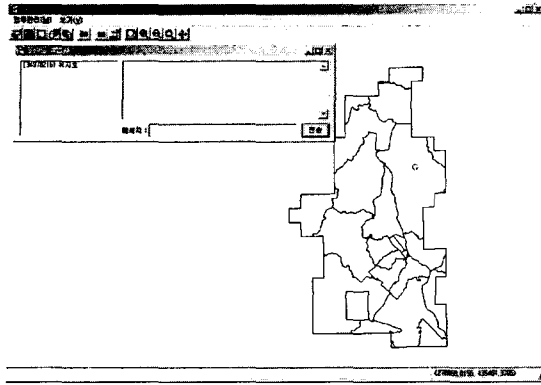
그림 4. 상수관신설공사업무 수행 과정

### 2.3.2 ON-LINE 방식

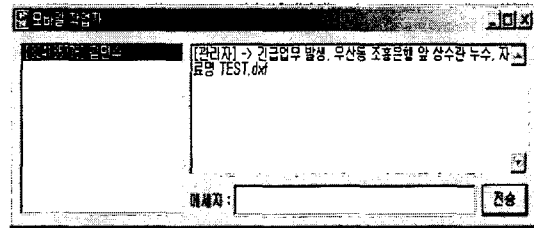
ON-LINE 방식은 긴급업무가 발생했을 때와 동일하게 실험을 수행하였다. 우선 자료교환프로그램에서는 작업자의 위치를 관제하여, 작업자에게 업무지시를 메시지로 송신한다. 작업자는 수신된 업무지시에 대한 메시지를 확인하고, FTP를 이용하여, 업무에 필요한 자료를 다운받아 작업을 수행하고, 수행된 결과를 실시간으로 전송하여 수정된 객체 정보를 확인하였다.

그림 5(a)는 자료교환프로그램으로 작업자의 위치관제를 수행하고 있는 모습이다. 자료교환프로그램에서 긴급업무가 발생하면 근접 작업자에게 업무지시 메시지를 송신한다. 그림 5(b)는 업무지시 메시지의 내용이다.

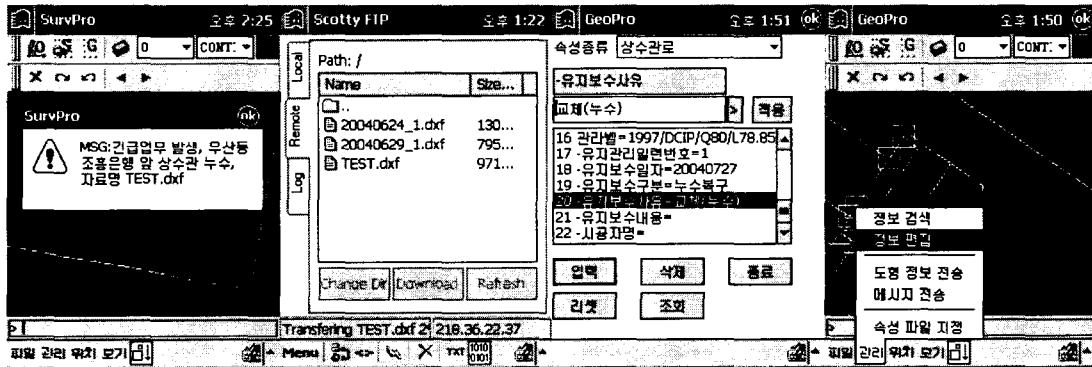
그림 5(c)와 같이 업무지시를 받은 작업자는 그림 5(d)와 같이 FTP를 이용하여 업무에 필요한 자료를 다운받아 업무를 수행하였다. 업무수행과정은 OFF-LINE방식과 동일하다. 업무가 완료되면 그림 5(e)와 같이 수정된 객체를 선택하여 그림 5(f)와 같이 자료교환프로그램에 무선으로 전송하였다. 현장 업무용 모바일 프로그램으로부터 전송된 객체에 대한 속성정보가 실시간으로 수정/갱신된 것을 그림 5(g)와 같이 확인할 수 있다.



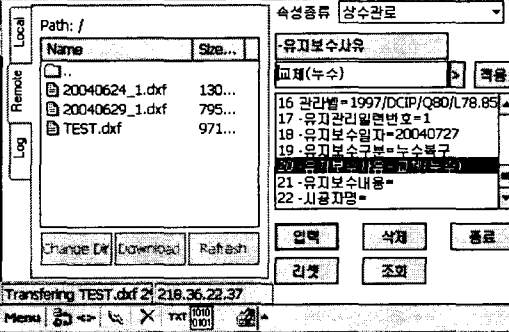
(a) 작업자 위치관계



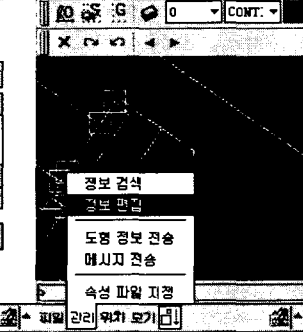
(b) 업무지시 메시지 전송



(c) 메시지 수신

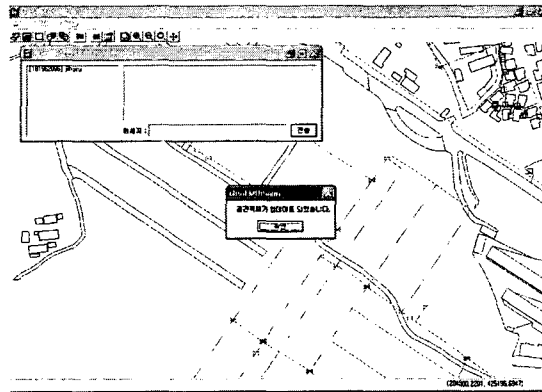


(d) 자료 다운



(e) 속성정보 수정

(f) 수정 객체 전송



(g) 실시간 수정/갱신

그림 5. 긴급업무 수행 과정

### 3. 결론

본 연구에서는 지하시설물 DB의 유지관리를 위한 LBS 시스템을 구축하여 수작업 방식의 현장 업무 환경을 전산화 환경으로 개선하고, 전산화 환경에 적합한 업무별 유지관리 방법론을 개발, 적용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 기존 지하시설물 유지관리업무를 전산화 환경에 적합한 업무환경으로 개선함으로써 유지관리 업무환경의 고도화를 기대할 수 있었다.



둘째, 수작업방식의 작업 수행 시 발생될 수 있는 자료이기 및 오기, 자료의 누락오류를 저하시키고 DB의 최근성을 확보하여 지하시설물 DB의 신뢰성 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

셋째, 정기적으로 이루어지는 업무에 적용되는 OFF-LINE 방식의 유지관리 방법론을 정립하였으며, 자료교환프로그램 및 현장 업무용 모바일 프로그램을 개발하여 업무에 적용한 결과, 현장 업무에 활용 가능성을 확인할 수 있었다.

넷째, 위치관제프로그램 및 ON-LINE 방식을 지원하기 위한 추가 기능을 구현하여 누수관리업무에 대하여 ON-LINE 방식을 적용하여 활용 타당성을 확인하였다.

## 참고문헌

1. 김재영, 신동빈. 1996. “지하매설물 관리체계개발계획”, 국토연구원.
2. 건설교통부, 2002. “지하시설물(상·하수도)관리범용프로그램 기본설계 및 시험환경구축 용역”.
3. 한국건설교통기술평가원, 2004. “MobileGIS 기술을 이용한 지자체 지리정보 활용방안 연구보고서”.
4. 건설교통부, 국토연구원, 2001. “지하시설물관리 범용프로그램 개발지침 연구”.
5. 건설교통부, 1998. “지하시설물도작성작업규칙”.
6. 서울시정개발연구원, 2002. “모바일 GIS 적용에 관한 연구”.
7. 이현직, 정응환, 김현태, 2003. “모바일매핑시스템을 활용한 현황측량 작업공정 개선”, 상지대학교 방재연구소논문집, 제3권 제1호.
8. 이재기, 이현직, 최석근, 이재동, 1995. “UTIC 시스템을 이용한 지하시설물 자료 기반구축에 관한 연구”, 한국측지학회, 제13권 제2호.
9. 이현직, 2001. “작업공정 개선을 통한 지하시설물도의 품질 향상”, 측량과 지형정보.
10. 이현직, 김현태. 2003. “모바일 GIS를 활용한 도로시설물 DB구축의 효율성향상”, 한국지형공간정보학회, 제11권4호.
11. 유복모, “지형공간정보체계”, 동명사,