

LBS 개념을 도입한 도로시설물유지관리시스템 개발 Development of Road Management System Introducing Concept of Location Based Service

이현직* · 구대성** · 유지호***

Lee, Hyun Jik · Koo, Dae Sung · Ru, Ji Ho

要 旨

지자체에서는 효율적인 업무수행과 복잡한 도시시설물의 효과적인 관리를 위하여 GIS DB를 구축하고, 이를 이용한 지하시설물관리시스템, 도로시설물관리시스템 등의 응용시스템을 개발·활용하고 있다. 그러나 시설물관리시스템은 업무에 요구되는 기능은 제공하고 있으나, GIS DB의 유지관리를 위한 기능을 제공하지 않고 있다. 도시시설물 GIS DB는 GIS 전문기술자에 의하여 실측과 현장조사를 통하여 기본적인 도형 및 속성정보를 수집하고 구조화편집 등의 복잡한 과정을 거쳐 구축이 되어짐으로 GIS의 경험이 부족한 시설물관리시스템을 운영하는 실무 사용자가 직접 GIS DB를 유지관리를 수행할 경우 GIS DB의 최신성과 신뢰성이 저하될 우려가 있다. 따라서 시설물관리시스템을 운영하는 실무 사용자가 손쉽게 GIS DB를 유지관리할 수 있는 기능이 제공되어야 한다. 본 연구에서는 원주시의 도로시설물을 대상으로 LBS개념을 도입한 DB 구축방안과 GIS DB의 유지관리 방법론을 적용하여 도로시설물 DB를 구축하고 시설물관리시스템을 운영하는 실무 사용자가 GIS DB를 유지관리할 수 있도록 응용시스템을 개발하였다.

핵심용어 : LBS, 도로시설물 유지관리시스템, DB 구축

Abstract

Local government has constructed GIS DB for efficient business achievement and effective management of complex city facilities and has been developing and utilizing application systems, such as Underground Facility Management System, Road Management System and so on. However, Facility Management System is providing functions for business, but not for GIS DB's maintenance. City facilities GIS DB managed by GIS technical expert collects basic figure and attribute information through survey and field investigation and is constructed via complex process, such as structurize editing etc. So it has been concerned that the update and confidence of GIS DB can be lower if a business man who does not have enough experiences about Facility Management System operates it by himself. Therefore, functions that enable business users to operate Facility Management System easily should be provided.

Keywords : Location Based System, Road Management System, Data Base Construction

1. 서 론

오늘날 급속한 정보화 시대의 도래로 인해 편리성을 찾기 위한 각종 서비스에 대한 요구가 점차 늘어나고 있으며, 각종 정보 사용자들은 제품과 서비스의 질적 향상은 물론이고 다양한 매체와 방법을 통해 시간과 장소에 제한 없는 정보 제공을 원하게 되었다.

이러한 사용자의 다양한 요구에 부응하고자, 많은 지자체에서는 효율적인 업무수행과 복잡한 도시시설물의 효과적인 관리를 위하여 GIS DB를 구축하고, 이를 이용

한 지하시설물관리시스템, 도로시설물관리시스템 등의 응용시스템을 개발·활용하고 있다.

그러나 시설물관리시스템은 업무에 요구되는 기능은 제공하고 있으나, GIS DB의 유지관리를 위한 기능을 제공하지 않고 있다. 도시시설물 GIS DB는 GIS 전문기술자에 의하여 실측과 현장조사를 통하여 기본적인 도형 및 속성정보를 수집하고 구조화편집 등의 복잡한 과정을 거쳐 구축되어짐으로 GIS의 경험이 부족한 시설물관리시스템을 운영하는 실무 사용자가 직접 GIS DB를 유지관리를 수행할 경우 GIS DB의 최신성과 신뢰성이 저

2005년 3월 30일 접수, 2005년 5월 23일 채택

* 주저자, 상지대학교 건설시스템공학과 부교수 (hjiklees@sangji.ac.kr)

** 정회원, 공간정보기술(주) 대리 (ax19@nate.com)

** 정회원, 상지대학교 건설시스템공학과 석사과정 (sjce96@hanmail.net)

하될 우려가 있다. 따라서 시설물관리시스템을 운영하는 실무 사용자가 손쉽게 GIS DB를 유지관리할 수 있는 기능이 제공되어야 한다.

따라서, 본 연구에서는 원주시의 도로시설물을 대상으로 “모바일 GIS를 활용한 도로시설물 DB구축의 효율성 향상”(2003)⁽⁶⁾ 와 “위치기반서비스를 활용한 지자체 지하시설물 DB의 효율적 유지관리 방법론 연구”(2004)⁽⁷⁾ 에서 제시된 LBS개념을 도입한 DB 구축방안과 GIS DB의 유지관리 방법론을 적용하여 도로시설물 DB를 구축하고 시설물관리시스템을 운영하는 실무 사용자가 GIS DB를 유지관리 할 수 있도록 응용시스템을 개발하였다. 또한 응용시스템의 활용기능 및 활용 후 발생한 문제점 등을 제시하고자 한다.

2. 도로시설물DB 구축

모바일 GIS를 도입한, 도로시설물 DB를 구축 방법은 그림 1과 같다. 기존의 방법에 있어서 도로 현황측량, 도로시설물 조사, 도로시설물 측량 및 속성입력과정을 모바일 GIS를 활용하여 현장에서 직접 입력하였다⁽⁶⁾.

구축에 앞서 대상 지역의 수치지도 및 기준점 좌표값을 미리 PDA 및 타블렛 PC에 입력하여, 시설물의 대략적인 위치를 현장에서 확인 하는데 사용하였다.

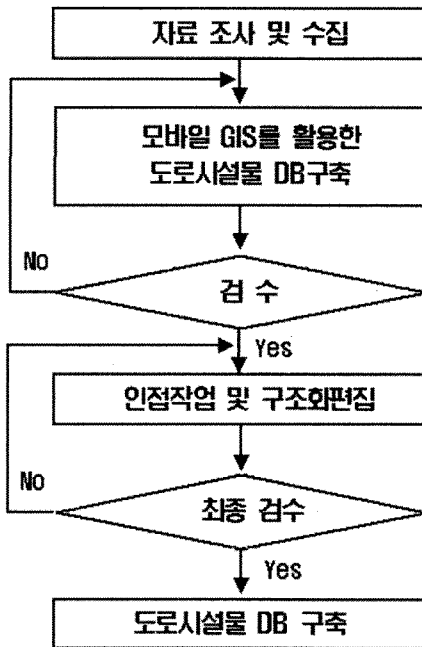


그림 1. 모바일 GIS를 활용한 도로시설물 DB 구축 과정

그림 2와 같이 측량자료의 누락 및 오기를 확인하고 조사항목을 입력하는 방법으로 작업을 진행 하였다.

그림 3은 모바일 GIS를 활용해서 구축한 도면데이터베이스로서 점으로 표시된 기호는 모두 심벌로 변환하였고, 면 및 선으로 표현된 기호에 대해서는 현장에서 직접 면 및 선을 제도하여 구축하였다.

또한, 모바일 GIS를 활용해서 구축한 도형정보와 그림 4와 같이 각각의 시설물에 대한 속성정보를 가지고 있으며, 그 형태는 *.txt 파일로 저장하였다⁽⁶⁾.

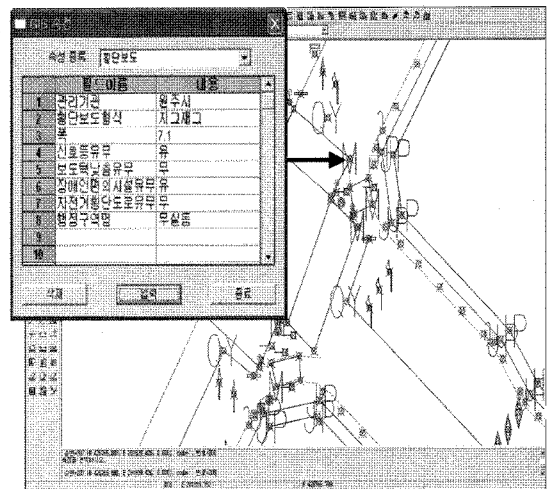


그림 2. 타블렛 PC에서의 속성 입력 화면

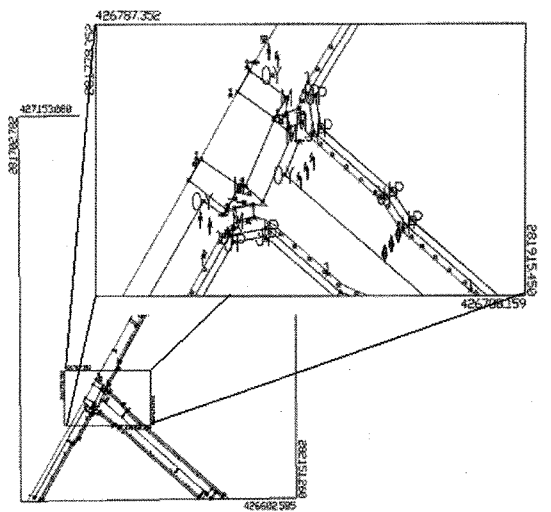


그림 3. 모바일 GIS를 활용한 도로시설물의 도면데이터베이스 구축

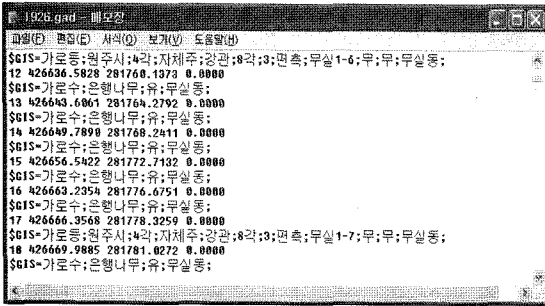


그림 4. 모바일 GIS를 활용한 도시시설물의 속성데이터 베이스 구축

3. 시스템 구축

3.1 범용 도시시설물 유지관리 시스템

도시시설물 유지관리 시스템의 경우 건교부에서 지정한 표준설계서가 있으며, 이 설계서는 지자체에서 수행하고 있는 도시시설물의 유지관리업무과정을 정의하고 정의된 업무분석을 기준으로 설계되었다. 그러나 각 지자체마다 표준 업무 분석서와는 다른 업무분장이 있으며, 원주시 역시 도시시설물 관리 및 도로의 전반적인 업무가 표준 설계서와는 다른 부분이 있었으며, 기존의 범용시스템에 포함되어 있지 않은 업무들 중에 전산화가 필요한 업무들이 있었으므로 인하여 추가적인 업무분석을 수행하였다⁽²⁾.

분석된 업무분석을 기준으로 하여 시스템을 재구성하였다.

3.2 DB구축

시스템 구축을 위해 필요한 DB 구축내용은 표1과 같다. 지형도의 경우 1/1,000 수치지도를 기반으로 구축되었다. 해당 1/1,000 수치지도는 2004년 상하수도 유지관리시스템 전산화 사업에서 발주되었던 항공사진 촬영 및 수치지도 제작 용역에 따른 1/1,000 수치지도 산출물을 이용하였다.

지형도 및 도시시설물도는 Bentley사의 Microstation을 이용하여 수치지도화 하였으며, Intergraph사의 MGE 및 Oracle사의 Oracle 9i를 이용하여 구조화 작업을 수행하였다. 최종 구축되어진 도시시설물 유지관리 시스템이 Intergraph사의 Geomedia임으로 MGE에서 구축된 GIS 데이터는 Geomedia에 맞는 데이터로 변환하여 최종적으로 Oracle 9i에 입력되었다.

표 1. DB 구축 내용

분류	데이터 명	
도면	지형도	1/1,000 수치지도 데이터 - 건물 - 건물기호 - 담장 - 철도 - 하천등 21개 지형지물
	도시시설물	현장측량 데이터 - 도로면(차도면, 보도면) - 자정거도로 - 교량 - 터널 - 육교 - 신호등 - 가로등 - 가로수 등 66개 시설물
	도시계획구역도	- 도시계획용도지역 - 도시계획용도지구 - 도시계획용도구역 - 도시계획시설
대장	- 공사대장 - 도로굴착대장 - 도로점용대장 - 도로포장대장 - 용지보상대장 - 가로수관리대장 - 가로등관리대장 - 보안등관리대장 - 신호등관리대장 등 18개 대장	

3.3 H/W 및 S/W

그림 5는 H/W구성도로서, DBMS S/W와 공간 DB가 탑재되어있는 데이터 서버, GIS 응용프로그램이 탑재된 Client, 그리고 관리용 및 도면입력용 S/W등이 있다.

원주시의 경우 다른 시스템과는 다르게 GIS의 데이터를 Client로 전송할 경우 별도의 변환 없이 서버의 Oracle에 저장되어진 데이터를 Client에 전송하고 해당 Client에서 데이터를 보여주는 방식을 취하였다. 또한 기본도는 도시시설물을 관리하는데 기본이 되는 데이터임으로 수정이 되지 않도록 하였으며, 각각의 Client에 파일단위로 저장되므로 S/C 환경 상에서의 네트워크의 영향이 최소화 되도록 하였다.

도시시설물 관리 담당자에게는 현장 작업 및 현장의 시설물 관리를 보다 원활히 하기 위하여 모바일 시스템을 구축하였다.

현장 작업자 또는 시설물 관리자의 경우 해당 작업구역의 데이터를 On/Off-Line 방식으로 모바일에 데이터를 수신할 수 있으며, 작업이 완료된 데이터의 경우 역시 On/Off-Line 방식을 통하여 서버에 저장되도록 하였다.

위치관제시스템의 경우 도시시설물의 문제를 보다 빠르게 해결하기 위하여 구축되었으며, 문제가 발생한 도시시설물(신호등, 가로등 등..)에 가장 가까이 있는 현장 작업자에게 연락하여 문제를 해결함으로 보다 빠른 대민 서비스를 수행할 수 있도록 하였다.

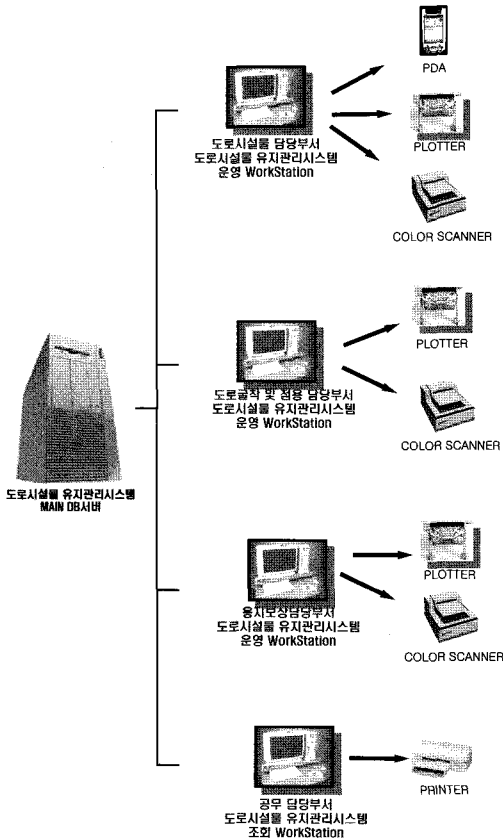


그림 5. H/W 구성도

3.4 응용시스템 구성도

도로시설물 유지관리 시스템은 그림 6과 같이 사용자 관리기능, 기본기능, 편집기능, 도로현황 관리기능, 도로공사 관리기능, 도로시설물 관리기능, 도로부속물 관리기능, 기전시설물 관리기능, 교통시설물 관리기능, 도로굴착 및 점용시설물 관리 기능, 도로통계 기능, 도로민원 기능, 모바일시스템 지원기능, 위치관제시스템으로 구성되어 있다.

3.5 사용자관리프로그램

사용자관리프로그램은 도로시설물을 사용하는 사람들의 세부권한을 조정하기 위하여 구축된 시스템이다. 본 시스템을 통하여 그림 7에서와 같이 각각의 사용자들에게 업무정의를 함으로서 사용자들의 관리를 보다 손쉽게 할 수 있도록 하였다. 또한 그림 8에서와 같이 사용자에게 도로시설물의 개별 사용권한 및 메뉴권한을 부여함으로써 보다 효율적인 사용자관리가 가능 할 수 있도록 구현하였다.

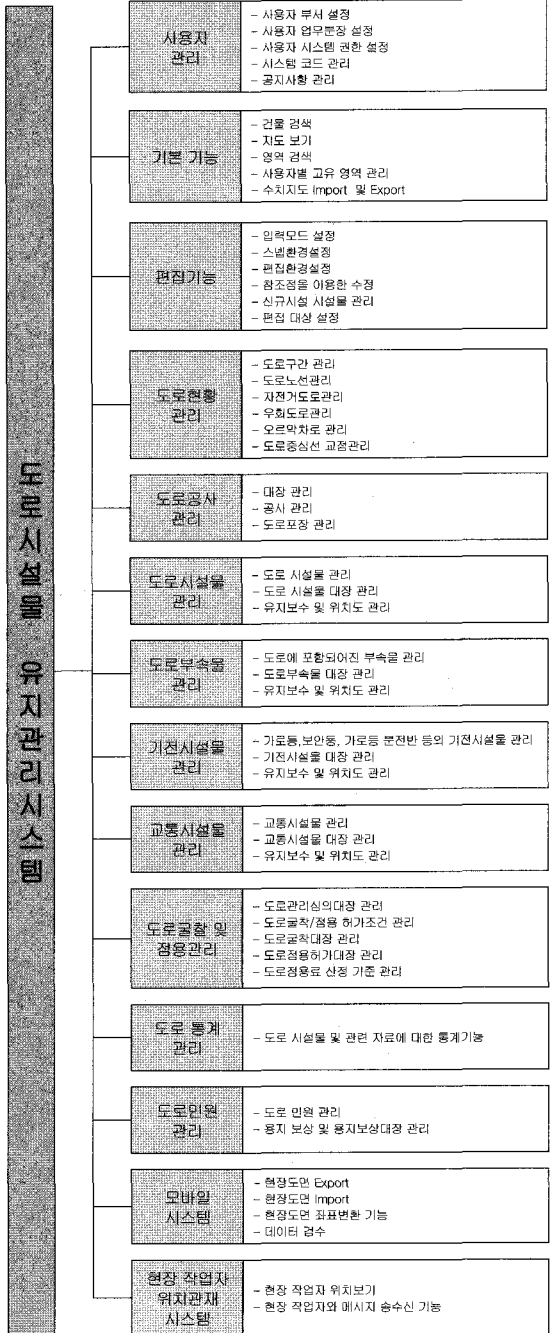


그림 6. 응용시스템 구성도

3.6 도로현황관리 및 데이터 검수

도로시설물에서 가장 기본이 되는 데이터는 도로중심선이다. 도로중심선을 기본 데이터로 하여 모든 시설물에 연결하도록 구성되어진다. 또한 도로구간에 해당하는

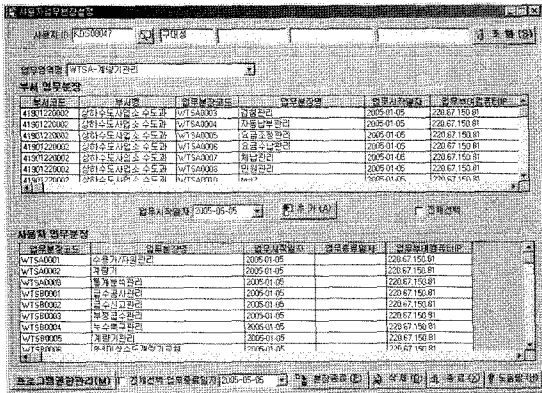


그림 7. 사용자 업무 설정

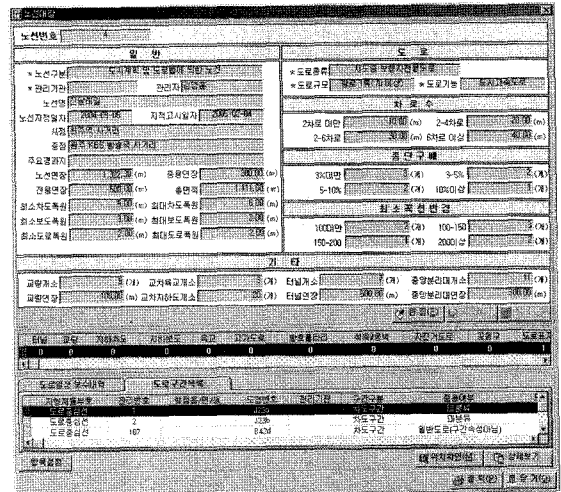


그림 9. 도로노선대장

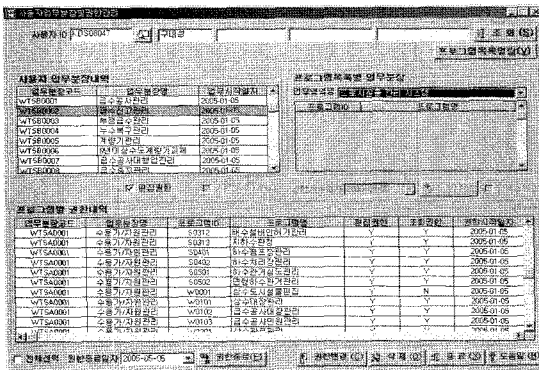


그림 8. 사용자 권한 설정

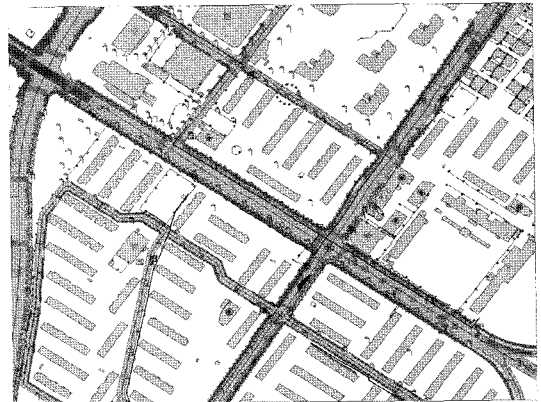


그림 10. 도로중심선 연속성 검사화면

도로중심선이 연결되어 도로노선을 생성하게 되며, 생성된 도로노선은 해당 노선에 포함되어진 시설물들을 관리할 수 있도록 한다. 그림 9는 도로 노선 및 관련 시설물을 관리할 수 있는 도로노선대장창이다.

도로구간 데이터의 경우 위상관계 검색과 같은 기능 구현을 위하여 연속성을 가져야만 하며, Overshoot, UnderShoot등과 같은 오류가 발생하지 않아야 한다. 본 시스템에서는 이러한 오류를 검색하는 정확도 검수 그리고 이격거리 측정, 개체중복검사, 라인 인접성, 면형과 선형의 일치성을 판단할 수 있는 검수 기능이 있다. 그림 10은 도로중심선의 연속성을 검사하는 화면으로 위상관계를 분석하여 오류가 있는 도로중심선을 검색하는 화면이다. 속성데이터의 경우 시설물들의 신규 및 변경정보, 통계처리 및 공간데이터별 속성정보검색이 가능하다.

3.7 시설물 관리 및 조회 시스템

시설물 관리 및 조회시스템은 각각의 시설물의 관리 주제도 조회 및 편집과 분석기능을 제공하고 있다. 본 시스템의 경우 서버의 Oracle 데이터가 인덱싱화 되어 있

음으로 인하여 이를 조회 및 편집할 수 있다. 또한 서버와 클라이언트가 직접 연결됨으로 항상 최신성을 유지할 수 있도록 하였다.

3.7.1 시설물 편집 기능

본 시스템에서는 사용자권한 관리 프로그램을 통하여 사용자가 편집할 수 있는 시설물을 정의 할 수 있으며, 시스템 내에서도 시스템에 접속한 사용자의 요구에 따라서 편집 하려는 시설물 및 사용자권한 관리 프로그램을 통하여 사용자가 편집할 수 있는 시설물을 정의할 수 있다. 그림 11은 시설물 편집 메뉴창이다.

3.7.2 시설물 검색 관리

도시시설물은 각각의 속성을 이용하여 검색할 수 있으며, 검색된 내용을 확인할 수 있다.

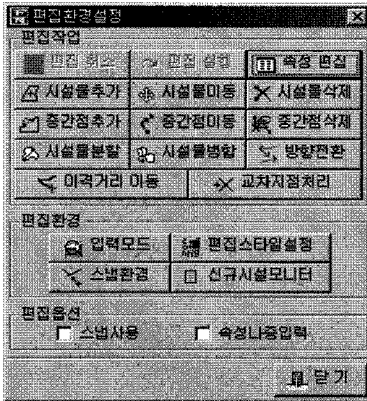


그림 11. 시설물 편집 메뉴화면

검색 방법은 검색마법사를 통하여 모든 시설물의 검색 방법을 통일화 하였으며, 각각의 조건별, 항목별로 검색 할 수 있다. 이러한 기능을 통하여, 도로시설물을 보다 쉽게 관리 할 수 있도록 한다.

그림 12는 가로등의 검색화면이다.

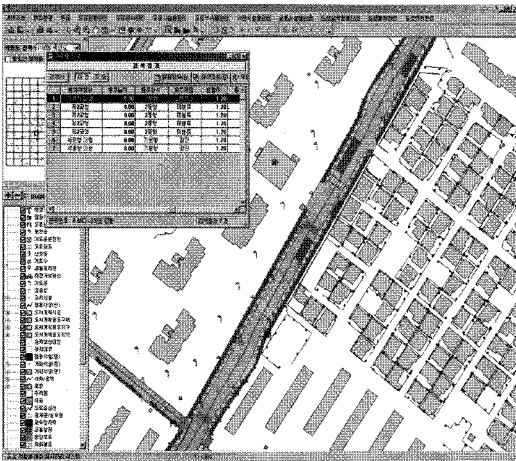


그림 12. 가로등 검색화면

3.7 용지보상 및 대장관리

도로업무에서 중요한 업무 중 하나는 용지보상 업무이며, 도시계획이나 도로공사를 통하여 가장 민원이 발생할 수 있는 부분이기도 하다.

용지보상의 기능은 사용자가 용지 보상될 지역을 선택하면 지적도를 이용하여 용지보상지역을 선정하게 되고, 면적 산출 및 용지보상금액을 산출 할 수 있도록 하였다. 그러나 지적데이터의 부정확으로 인한 용지보상면적이

나 보상금액의 경우 시스템상에 표현되어지고 계산되어진 값이 부정확 할 수 있는 점을 고려하여 용지담당자가 반드시 확인할 수 있도록 하였다.

그림 13은 용지보상관리 화면이다.

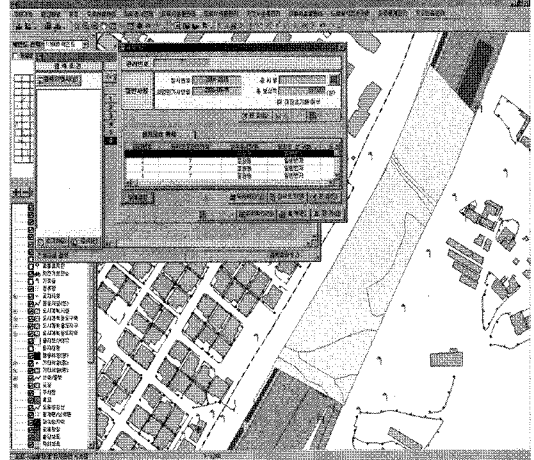


그림 13. 용지보상관리 및 용지보상대장

3.8 현장작업용 LBS 시스템

도로시설물 관리를 위한 현장작업용 LBS 시스템은 현장작업자에게 현장에서 도면 및 대장을 직접 관리할 수 있도록 하기 위해서 개발되었다.

본 시스템에서는 데이터의 전송방식에 따라 Off-Line 방식과 On-Line 방식을 지원할 수 있도록 구성하였다. 도로시설물 DB 유지관리 시스템 구성은 그림 14와 같다.

서버는 도로시설물 DB를 의미한다. 현장에 시설물을 담당하는 담당자는 도로시설물 유지관리시스템을 통하여 해당 위치를 확인하고 확인되어진 데이터는 추출하여 모바일 장비로 자료를 전송하게 된다. 전송된 데이터는 현장에서 속성 정보 및 도형정보를 수정/갱신하도록 하며, 수정/갱신된 자료는 사무실로 들어온 모바일 장비로부터 받아 도로시설물 DB에 Upload를 하게 된다.

Off-Line 방식의 경우 국내 무선통신망의 제약에 의해 도로시설물 유지관리업무 수행에 따른 도로시설물 DB의 완전한 실시간 수정/갱신은 불가능함에 따라, 업무대상지역의 자료를 본부의 도로시설물 DB로부터 유선으로 모바일 장비로 받아 현장에서 MMS를 이용하여 속성 및 속성+도형자료를 수정/갱신하여 본부로 돌아와 유선으로 도로시설물 DB를 Upload하는 방법이다⁽⁷⁾.

On-Line 방식의 도로시설물 DB의 수정/갱신 방법은 Off-Line 방식과는 다르게 데이터의 변환과정을 거치지

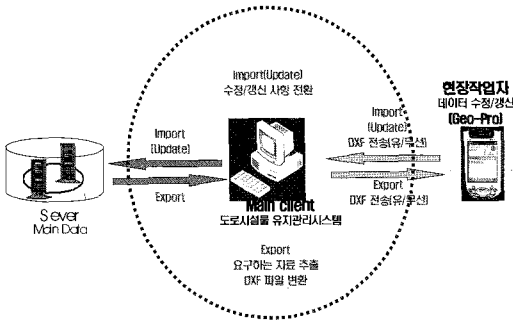


그림 14. 도시시설물 DB 유지관리 시스템 구성

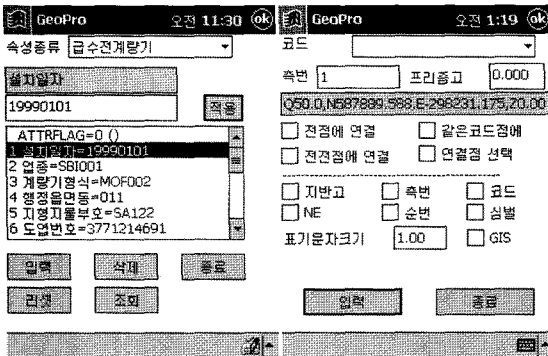
않고 서버에 바로 접속하여 해당 데이터를 현장에서 실시간으로 수정/갱신하는 방식이다. 또한 모바일 장비용 GPS와 LBS개념을 활용한 작업자 위치추적기술을 구현함으로써 작업자의 위치를 파악하여 업무발생 시 현장에 근접 작업자를 투입하여 업무를 처리할 수 있다.

그러나, On-Line 방식의 경우 작업 데이터를 실시간으로 송수신하기 위한 무선통신망이 구비되어야 한다. 그러나, 국내 무선통신 환경과 모바일 장비의 기능적인 한계로 인해 현재에는 LBS 개념이 도입된 On-Line 방식의 기능구현만을 완료한 상태이며, 아직까지는 현실적으로 해당기능을 이용하여 현장작업을 수행하지는 않는다.

3.8.1 현장 업무용 모바일 프로그램

현장 업무용 모바일 프로그램은 도형정보를 수정/갱신하기 위해서 측량을 통한 도형정보 구축 기능과 기존 도형정보를 편집하는 CAD기능, 속성정보를 수정/갱신할 수 있는 속성정보수정기능으로 구성되어 있다⁽⁷⁾.

그림 15는 현장 업무용 모바일 프로그램이다.



(a) 속성정보 편집 (b) 측량기능

그림 15. 현장 업무용 모바일 프로그램

3.9 현장작업자 위치관제시스템

위치관제시스템은 다수의 현장 작업자가 모바일 장비에서 GPS 수신기를 통하여 얻은 위치정보를 무선통신을 이용하여 본부로 전송하고 본부에서는 현장 작업자들의 실시간 위치를 파악함으로써, 긴급 업무의 발생 시 현장에 근접 작업자에게 지시를 내려 업무 발생지에 투입하기 위한 목적을 가지고 있다⁽⁷⁾.

그림 16은 작업자의 위치를 관제하는 모습이다.

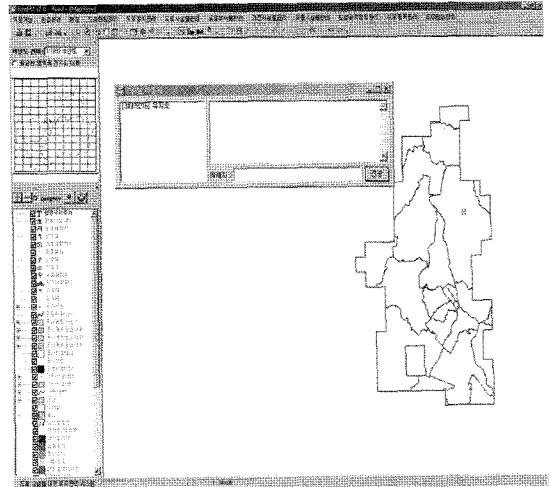


그림 16. 위치관제기능

3.9.1 위치관제를 위한 세부기능

위치관제를 위하여 다음과 같은 세부기능을 구현하였다.

(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 위치정보 및 시설물의 정보를 실시간으로 본부(사무실)로 보내주도록 하였으며, 이런 기능을 수행하기 위해서 현장 업무용 무선통신인 CDMA 방식의 무선모뎀을 이용하여 특정 IP로 접속하여 위치정보를 송신할 수 있도록 하였다.

(2) 좌표변환 기능

현재 도시시설물 DB 및 수치지도의 좌표체계는 Bessel 타원체의 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 위치관제 시스템으로 전송할 수 있도록 하였다.

(3) 메시지 전송 기능

긴급업무 발생 시 특정 작업자에게 업무 지시를 ON-LINE으로 내리기 위해서 도로시설물 유지관리시스템과 현장 업무용 모바일 프로그램에서 메시지를 송수신할 수 있는 기능을 구성하였다.

3.10 현장작업자 위치관제의 문제점

모바일 장비용 GPS 수신기와 무선통신을 활용한 위치관제시스템은 현장 작업자의 위치를 관제할 수 있으며, 긴급 업무의 발생 시 현장에 근접한 작업자를 신속히 파악할 수 있을 것으로 판단된다. 업무지시를 위한 메시지 전송과 FTP를 이용한 자료다운 방법은 긴급업무를 신속하고 효과적으로 수행할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나, 현장 업무용 무선통신으로 선정한 CDMA 방식의 경우 데이터의 전송량과 무선통신 접속 시간에 따라 요금이 부과되기 때문에 장시간의 업무시간동안 지속적으로 무선통신을 이용하여 작업자의 위치를 관제한다는 것은 매우 부적합하며, 비효율적이다.

따라서 효율적으로 위치관제시스템을 활용하기 위해서는 긴급업무 발생 시 SMS(휴대폰 문자메시지)를 모든 작업자에게 전송하고 문자메시지를 수신 받은 이후부터 작업자의 위치를 관제하거나, 작업자가 위치를 이동할 경우 본부(사무실)로 자신의 위치를 송신하도록 하여 한정적으로 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 기존의 수작업 방식의 도로시설물 유지관리업무 환경을 위치기반서비스 개념을 도입한 모바일 전산화 환경으로 개선하기 위해 건설교통부의 범용도로시설물 유지관리시스템 설계서를 기반으로 도로시설물유지관리시스템을 개발하였으며, 보다 효율적인 DB 구축 및 시설물의 유지관리를 위해 위치기반서비스 개념이 도입된 모바일시스템을 적용함으로써, 위치기반서비스 개념이 도입된 도로시설물유지관리시스템을 개발하였다. 본 연구의 수행을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 기존 도로시설물 유지관리업무를 위치기반서비스의 개념이 도입된 모바일 업무환경으로 개선함으로써 유지관리 업무환경의 고도화를 기대할 수 있었다.

둘째, 기존 도로시설물 관리용 범용시스템의 한계인 수작업에 의한 현장 데이터의 수정/갱신방법을 모바일환경의 실시간 수정/갱신으로 전환함으로써 현장 작업의 개선에 기여할 수 있었다.

셋째, 현장에서 작성된 데이터를 통하여 작업 수행 시 발생될 수 있는 자료이기 및 오기, 자료의 누락오류를 저하시키고 DB의 최근성을 확보하여 도로시설물 DB의 유지관리에 보다 신뢰성 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

넷째, 정기적으로 이루어지는 업무에 적용되는 Off-Line 방식의 모바일 시스템의 기능을 적용함으로써 가로등, 보안등 및 가로수 관리 업무에 적용한 결과, 현장 업무에 활용 가능성을 확인할 수 있었다.

다섯째, 도로보상업무 중 용지보상부분을 추가함으로써 인하여 보다 원활한 용지보상업무를 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 이재기, 이현직, 최석근, 이재동, 1995, "UTIC 시스템을 이용한 지하 시설물 자료 기반구축에 관한 연구", 한국측지학회, 제13권 제2호
2. 건설교통부, 2002, "도로 및 지하시설물 통합 DB 구축 시범"
3. 건설교통부, 2002, "도로와 지하시설물 통합 관리 시범사업 연구"
4. 서울시정개발연구원, 2002, "모바일 GIS 적용에 관한 연구"
5. 이현직, 정응환, 김현태, 2003, "모바일매핑 시스템을 활용한 현황측량 작업공정 개선", 상지대학교 방재연구소논문집, 제3권 제1호
6. 이현직, 김현태, 2003, "모바일 GIS를 활용한 도로시설물 DB구축의 효율성향상", 한국지형공간정보학회, 제11권4호
7. 이현직, 박기석, 유지호, 2004, "상하수도 유지관리업무를 위한 모바일 시스템 구축", 한국지형공간정보학회, 제12권3호
8. 건설교통부, 2004, "LBS를 활용한 지자체 지하시설물 DB의 효율적 유지관리 방법론연구" 3
9. 한국건설교통기술평가원, 2004, "Mobile GIS 기술을 이용한 지자체 지리정보 활용방안 연구보고서"
10. 유복모, "지형공간정보체계", 동명사.