

토틸스테이션을 이용한 PDA기반의 매핑시스템 개발 The Development of PDA_based Mapping System Using Totalstation

배상호* · 이영걸**

Bae, Sang Ho · Lee, Young Geol

要 旨

본 연구는 PDA기반의 측량용 매핑시스템을 개발하여 수치지형도를 기반으로 한 측량성과의 수정 및 갱신의 편리성을 증대시키고자 한 것이다. 이를 위해 토틸스테이션과 연계한 PDA의 무선통신모듈을 개발하고 이의 효율성을 증대시키기 위한 콘텐츠를 개발하였다. 측량성과 제출용 텍스트 파일의 변환 모듈과 PC에서의 도면 편집을 위해 dxf형식의 데이터 변환 모듈을 구현하였다. 그리고 도면 레이어 제어를 통한 수치지형도의 중첩 및 갱신 모듈을 구현하였다. 구축 시스템은 현장에서 측량성과의 실시간 도면화 및 좌표 측정을 가능하게 하여 공간위치정보 측정분야에 유용하게 활용될 것이다.

핵심용어 : 토틸스테이션, GPS, 무선, 실시간 매핑 시스템

Abstract

This study is to improve the modification of survey data and efficiency of update using digital map based on PDA_based surveying mapping system. This object is achieved by developing wireless communication module of PDA which is adaptable to Totalstation, and contents for its usage. It is achieved by drawing up transformation module of dxf file to editing the text file and the drawing. And it is achieved by drawing up modification module to layer control. This system will be efficiently used to surveying parts of spatial location information for real time mapping and point positioning in field work.

Keywords : Totalstation, GPS, Wireless, Real-time mapping system

1. 서 론

위치측정시스템은 측량측지분야는 물론 지질탐사, 주행지원 도로시스템(AHS-Automated highway system)과 같은 응용분야 및 지각변동조사 등에 이르기까지 일상생활에서 없어서는 안 될 중요한 역할을 하고 있다. 최근에는 차량항법시스템이나 휴대폰을 이용한 위치기반서비스 및 텔레메틱스 산업이 빠르게 발전하고 있으며, 이는 정밀한 공간위치정보의 구축 없이는 불가능한 일인 것이다.

이에, 본 연구에서는 공간위치정보를 구축하는 방법의 일안으로서 손쉽게 운용할 수 있는 PDA기반의 측량용 통합 매핑시스템을 개발하여 작업자로 하여 수치지형도를 기반으로 한 측량성과의 수정 및 갱신의 편리성을 도모하고자 한다. 노트북이나 tablet PC와 같이 현장에서의 사용이 다소 불편한 매핑시스템을 대치 할 수 있고

작업자의 국한된 활동범주를 넓힐 수 있는 활용이 간편한 PDA기반의 시스템을 개발하고자 한 것이다. PDA 장비는 겨울철과 같은 영하의 온도에서는 그 운용이 어려울 수 있어 이를 보완하기 위해서는 무엇보다도 측량 장비와 자유로운 위치에서의 운용이 가능해야 할 것이기 때문이다.

이와 같이 토틸스테이션과 연동하여 실시간 수치지형도의 작성 및 수정을 가능하게 할 수 있는 PDA기반의 무선 매핑시스템을 개발하여 off-line 도면화 작성시에 발생할 수 있는 측량성과의 혼동과 오류를 소거하고 손쉽게 활용할 수 있는 운영 콘텐츠를 개발하고자 한다. 주요 개발내용으로 통신모듈, 데이터 편집모듈 및 변환모듈, 심벌제작 등이며, 이의 시스템화를 통해 외업의 수행성을 향상시키고 공간위치정보 구축을 위한 작업자의 환경 개선을 도모하며 내업량의 감소에 따른 작업 능력의 향상을 도모하고자 한다.

2005년 11월 21일 접수, 2005년 12월 3일 채택

* 주저자, 대림대학 건설환경정보과 조교수 (shbae@daelim.ac.kr)

** 준회원, 대림대학 컴퓨터정보계열 조교수 (yglee@daelim.ac.kr)

2. 시스템 설계 및 기능

측량 장비를 지원하는 매핑 시스템을 구축하기 위한 많은 연구(차득기, 2002)가 현재 진행되어 오고 있으나, 측량 성과와 관련된 부가적인 정보를 통합한 자료 구조는 아직까지 정확하게 일치되지 않고 있는 실정이다. 이에, 본 연구에서는 측량 장비와 연동하는 매핑 시스템을 개발하기 위해 매핑 시스템에서 요구되는 공간 데이터와 측량 성과에서 요구되는 부가적인 데이터를 통합한 자료 구조로 측량 객체를 정의한다. 제안 하는 측량 객체의 특징은 측량성과의 산출 결과와 일반 매핑 시스템간에 손실없이 호환할 수 있는 통합 구조이며, 다른 기종과의 데이터 정보 유지와 빠른 참조를 지원할 수 있는 양방향 연결을 구현한 것이다(리노다임개발연구실, 2002).

이와 같이, PDA 기반의 매핑시스템 개발을 위한 첫 번째 단계는 제어모듈 개발로써 기존의 유선통신에 따른 사용상의 번거로움을 배제하기 위해 토털스테이션과 모바일 장비인 PDA와의 무선통신모듈을 개발하여 측량장비를 제어하여 현장에서의 운용상의 편리성을 확보하기 위한 사용자 콘텐츠를 개발하는 것이다. 두 번째 단계는 운용모듈 개발이다. Totalstation을 기반으로 한 공간위치정보 연계기술을 토대로 하여 현장에서 실시간으로 수치도면을 작성하고 스크린 제어 및 레이어 제어를 통해 실시간 수치지형도와의 중첩 및 갱신이 가능하도록 매핑 기법을 개발하는 것이다. 표 1은 본 연구에서 수행해야할 주요 세부 내용을 나타낸 것이다.

2.1 측량 객체의 구조

측량 객체는 기존의 매핑 시스템에서 사용되는 기하

데이터와 달리 측량 정보를 나타내는 복합 데이터이다. 측량 객체의 구조는 점과 다각선으로 표현되는 공간 데이터 부분과 거리와 방위각 등 부가적인 측설 정보로 표현되는 속성 데이터, 그리고 전체 작업정보, 기준점, 보정값 등으로 표현되는 메타 데이터 부분으로 구성된다(조영섭, 2002). 공간 데이터, 속성 데이터, 메타 데이터 간의 연계 구조는 양방향 연결 구조로 되어 있으며 특별히 연결부분을 Spatial Relation Part로 분리하여 관리한다(Jose Morcira, 2000; O.Guenther, 1990).

이는 공간 데이터 처리부분과 속성 데이터 처리부분을 명백히 분리하여 시스템 구조의 복잡성을 줄일 수 있고, 계층화된 구조를 제공한다. 측량 객체의 관리는 Spatial Relation Part(Guting, 1994)를 통하여 이루어지도록 하여, 공간과 속성 그리고 메타 데이터간의 무결성을 유지하도록 관리한다(Abel, 1997) 그림 1은 측량 객체의 구조를 나타낸 것이다.

2.2 측량 객체의 자료구조

본 연구에서 제안하는 측량 객체의 자료구조는 다중 테이블 연관성을 처리하기 위하여 공간 데이터 자료구조는 가변길이 RID를 가질 수 있게 확장한 것이다.

속성 데이터의 자료구조는 필드1, 필드2, ..., 필드n, OID로 구성하였고, 공간데이터 자료구조는 OBJ_TYPE(공간 데이터가 point, polyline, polygon 등의 타입을 저장 하는 필드), OBJ(가변길이의 공간 데이터 위치정보를 저장하는 필드), VRID(가변갯수의 RID를 저장하는 필드)로 구성하였다. 그리고, Spatial Relation Part의 자료구조는 STID(공간 데이터 테이블 ID를 저장하는 필드), ATID(속성 데이터 테이블 ID를 저장하는 필드), ATBL_

표 1. 연구내용

단계	세 부 내 용
1단계	<ul style="list-style-type: none"> • 측량장비와 PDA의 무선 통신 구현 <ul style="list-style-type: none"> - 측량시스템 송수신 기술 - 운용 편리성 확보를 위한 콘텐츠 개발 • PDA를 이용한 측량장비의 수행기능 제어 <ul style="list-style-type: none"> - 수치 지형도 압축, 저장 기술 - 토털스테이션과의 통신 인터페이스 제어 기술
2단계	<ul style="list-style-type: none"> • 토털스테이션에 의한 현장에서의 실시간 도면화 <ul style="list-style-type: none"> - 모바일 매핑 기술 - 토털스테이션 기반의 공간위치정보 연계기술 • 레이어 제어를 통한 실시간 수치지형도와의 중첩 및 갱신 <ul style="list-style-type: none"> - PDA 화면 제어 기술 및 편집 기술 - 심벌 구축

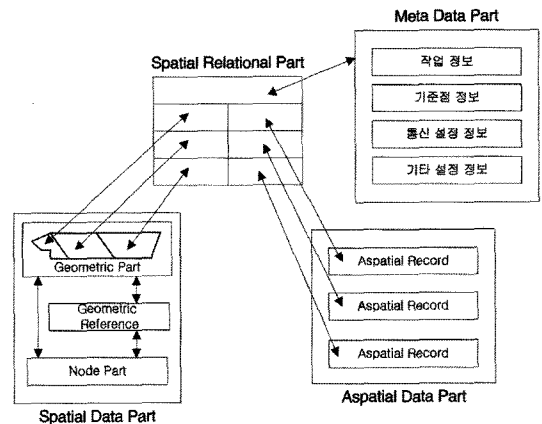


그림 1. 측량 객체의 구조

NAME(속성 데이터 테이블의 이름을 저장하는 필드)로 구성하여 자료구조의 가변성을 증대시켰다.

3. 매핑 시스템 개발 및 효용성 분석

3.1 시스템 구조

개발 시스템은 크게 PDA를 이용하는 야장용 단말 시스템과 내업용 데스크탑 시스템으로 구성된다. 단말 시스템은 측량 장비와 연동하여 측량 정보를 수치 지도에 사상하는 기능을 갖는 주 시스템이다. 데스크탑 시스템은 CAD와 도면 관리 시스템을 이용하여 내업을 할 수 있도록 지원하기 위한 저작 시스템(authoring system)으로 작업 데이터를 표준 공통 호환 형식으로 수입 또는 수출하는 기능과 보고서 형태의 산출물을 자동 생성하는 기능을 갖고 있다(고재관, 2002; 조재만, 2002). 개발 시스템의 주요 구성과 통신 방법은 다음의 그림 2와 같다.

단말 시스템은 토탈스테이션이나 GPS같은 측량 장비를 연동하는 휴대용 단말기인 PDA를 통해 실시간으로 좌표값을 획득하는 매핑 시스템으로 일반 사용자들이 측량 작업과 매핑 작업을 동시에 효율적으로 처리할 수 있

도록 지원하는 시스템이다. 본 연구에서는 공간 데이터와 측량 속성 데이터의 연관성 부여 및 복잡한 연계를 적은 비용으로 해결할 수 있는 매핑 시스템의 구조를 그림 3과 같이 제안한다. 제안 시스템은 사용자 인터페이스 시스템(user interface system), 요구 처리기(request broker), 객체 관리자(object manager), 지도 관리자(map manager), 테이블 관리자(table manager), 장치 관리자(device manager), 저장 관리자(storage manager)로 구성한다. 사용자가 사용자 인터페이스 시스템은 운영체제의 윈도우 객체를 이용하여 지도 브라우징(browsing) 또는 측량 관련 명령을 확장된 질의어를 통해 요청 처리기로 전달한다. 요청 처리기는 그 요구사항을 분석하여 객체 관리자에 보내면 객체 관리자는 요구에 포함된 데이터의 특성에 따라 공간 데이터는 지도 관리자에게 명령을 전달하고, 속성 데이터는 테이블 관리자에 명령을 전달하여 처리하게 된다. 장치 관리자는 토탈스테이션이나 GPS같은 측량장비를 통해 공간 데이터를 획득할 수 있도록 처리하는 부분으로 장치의 설정 및 통신 프로토콜을 처리하는데 사용된다. 마지막으로 저장 관리자는 메모리 버퍼의 객체 정보들과 저장장치간의 입출력 인터페

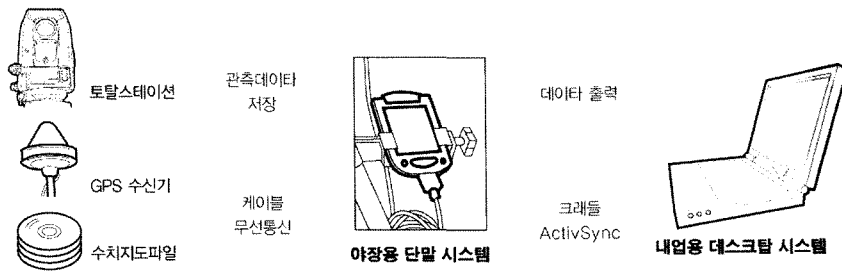


그림 2. 측량 장비를 이용한 매핑 시스템의 구조

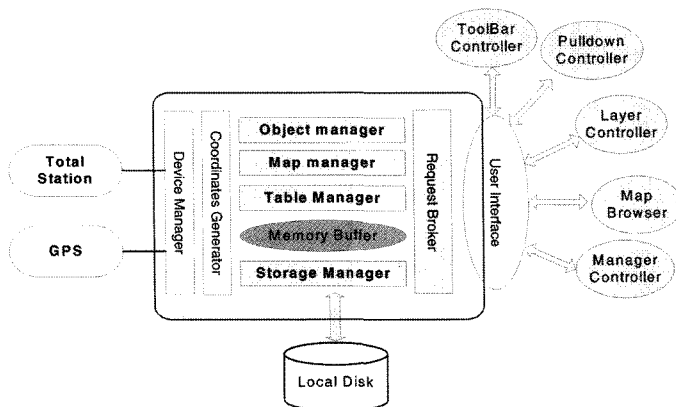


그림 3. PDA 기반의 단말 시스템 구조

이스를 담당하는 부분으로 손실없이 메모리 공간을 최적화할 수 있도록 무손실 압축기법을 사용하여 저장장치와 입출력할 수 있도록 구현하였다.

내업무 데스크탑 시스템은 단말용 저작 시스템이 갖는 구조적인 단점을 보완하기 위해 구현된 자체 저장 구조를 일반 도면 관리 시스템과 호환하여 사용할 수 있도록 양방향으로 변환하는 수출입 기능을 갖고 있다. 뿐만 아니라 측량 결과를 성과 보고서로 자동 생성하기 위한 보고서 작성 기능을 지원한다.

3.2 시스템 특징

개발 시스템의 특징은 일반 사용자가 PDA와 측량 장비를 손쉽게 작동하여, 측량 성과나 측량 성과가 반영된 수치 지도를 손쉽게 구축할 수 있고 이를 CAD와 같은 일반 도면관리 시스템에서 쉽게 활용할 수 있도록 개발된다. 또한 토목 분야의 정보화와 관련하여 응용 프로그램이나 작업 결과 데이터를 다양한 외부 응용 작업에 쉽게 연계하여 구축할 수 있도록 컴포넌트 구조를 갖는다. 개발 시스템이 추구하는 결과물은 다음과 같은 특징은 다음과 같다. 첫 번째, 불특정 다수의 일반인을 대상으로 측량 장비를 통해 작업을 원활히 수행하기 위한 손쉬운 사용자 인터페이스를 제공한다. 두 번째, PDA가 갖는 구조적인 제약을 극복하기 위해 자료 구조와 프로세스 비용을 최소화하여 시스템을 구축하였다. 세 번째, 현장에서 사용할 수 있는 모바일 응용 프로그램을 손쉽게 프로그래밍 할 수 있도록 스크립트 형태의 프로그램 개발성을 제공하도록 하였다. 측량장비와 단말기간의 이동성을 제공하여 실시간인 편집 및 수정 작업을 실시간적으로 수행할 수 있도록 개발하였다.

개발 시스템의 구현 환경은 저작 및 호환이 가능한 단말 시스템으로 구축하기 위해 Windows의 임베디드(embedded) 운영체제인 Windows CE와 임베디드 개발 도구인 Microsoft Embedded Visual C++을 사용하였다. 표 2는 시스템 구축을 위해 개발환경에 사용된 개발도구와

표 2. 측량 장비를 이용한 매핑 시스템의 환경

종 류	내 용
운영체제(데스크탑)	Microsoft Windows XP
운영체제(PDA)	Microsoft Windows CE
개발도구(데스크탑)	Microsoft Visual Studio
개발도구(PDA)	Microsoft Embedded Visual C++
사용자인터페이스(PDA)	Pocket PC 2003
통신방식	RS 232C
토탈스테이션	SOKKIA SET 510

통신방식, 그리고 측량장비 등을 나타낸 것이다.

3.3 시스템 기능

개발 시스템의 기능은 CAD 데이터와 수출입할 수 있는 데이터 수출입 기능, 측량 작업 단위 정보 유지를 위한 작업파일(workspace) 관리 기능, 수치지도와 측량 결과를 요구에 따라 화면에 도시할 수 있는 작업파일 화면 출력 기능, 수치 지도와 측량 결과를 레이어의 형태로 관리할 수 있는 레이어 관리 기능, 측량장비를 설정하고 구동할 수 있도록 지원하는 장치 관리 기능, 측량의 부가적인 정보로 코드 정보를 추가하거나 변경할 수 있는 코드 관리 기능, 측량 장비로부터 적당한 형식의 좌표값을 변환하여 획득할 수 있는 측설 입력 기능, 화면상에서 객체의 기하 정보를 변경할 수 있는 객체 편집 기능, 표준화된 심볼 테이블을 수입하고 수치 지도에 입력할 수 있는 심볼 관리 기능이 있다. 개발 시스템의 주요 세부 기능은 다음과 같다.

1. 데이터 수출입 기능
 - DXF2MSF : AutoCAD와의 교환형식으로 자료데이터를 import한다.
 - DESK2PDA : 데스크탑상의 수치지도를 PDA에 적재한다.
 - PDA2DESK : PDA상의 수치지도를 데스크탑에 적재한다.
 - MSF2DXF : AutoCAD와의 교환형식으로 자료데이터를 export한다.
 - MSF2TXT : 텍스트 교환형식으로 자료데이터를 export한다.
 - TXT2MSF : 텍스트 교환형식으로 자료데이터를 import한다.
2. 작업파일 관리 기능
 - NEW : 새 작업파일을 생성한다.
 - OPEN : MSF 파일을 메모리에 적재한다.
 - SAVE : 메모리의 내용을 MSF 파일로 저장한다.
 - SAVE AS : 메모리의 내용을 새이름의 MSF 파일로 저장한다.
 - PROPERTY EDIT : 작업파일의 등록정보를 편집한다.
3. 작업파일 화면 출력 기능
 - NEW LAYER : 새 레이어를 생성한다.
 - VISIBILITY SET : 선택한 레이어에 대한 가시성을 설정한다.
 - WORKABLE SET : 선택한 레이어를 측량 데이터 입력

을 위한 객체 레이어로 설정한다.

- DELETE LAYER : 선택한 레이어를 삭제한다.
- LAYER PROPERTY : 레이어의 등록정보를 편집한다.
- LAYER ORDER CHANGE : 레이어의 출력 순서를 변경한다.

4. 작업파일 화면 출력 기능

- DRAW FIT ALL : 작업파일의 영역을 현재 윈도우에 맞추어 출력한다.
- ZOOM-IN : 현재 축척보다 확대하여 출력한다.
- ZOOM-OUT : 현재 축척보다 축소하여 출력한다.
- MOVE : 현재 윈도우의 도면을 이동하여 출력한다.

5. 장비 관리 기능

- TS CHECK : 토탈스테이션의 정상 작동 여부를 검사한다.
- TS PROPERTY : 기준점 편집, 기계점 편집, 장비속성을 편집한다.

6. 코드 관리 기능

- CODE ADD : 새 코드를 추가한다.
- CODE DELETE : 기존 코드를 삭제한다.

7. 측량 입력 기능

- CODE SELECT : 측량용 코드를 선택한다.
- MODE SELECT : 측설 좌표를 점이나 다각선 중의 한 모드로 선택한다.
- GET POINT : 토탈스테이션으로부터 X,Y,Z 값을 획득한다.
- UNDO POINT : 가장 최근에 획득한 좌표를 삭제한다.
- END OF OBJECT : Polyline 모드의 노드를 종료한다.

8. 객체 입력 기능

- MODE SELECT : 입력 모드를 설정한다.
- DRAW POINT : 화면상에서 점을 입력한다.
- DRAW LINE : 화면상에서 선을 입력한다.
- DRAW POLYGON : 화면상에서 폴리곤을 입력한다.
- DRAW POLYLINE : 화면상에서 폴리라인을 입력한다.
- DRAW STRING : 화면상에서 스트링을 입력한다.
- DRAW SYMBOL : 화면상에서 심볼을 입력한다.
- OBJECT DELETE : 화면상에서 선택된 객체를 삭제한다.

9. 심볼 관리 기능

- SYMBOL IMPORT : 외부 심볼 파일을 가져온다.

LOAD TABLE : 심볼 테이블을 불러온다.

EDIT SYMBOL : 심볼을 편집한다.

OPEN SYMBOL : 심볼 테이블에서 특정 심볼을 가져온다.

ADD SYMBOL : 현재 심볼을 심볼 테이블에 추가한다.

DELETE SYMBOL : 현재 심볼을 심볼 테이블에서 삭제한다.

TRANS TABLE : 심볼 테이블을 PDA Upload/Download한다.

3.4 시스템 운용 분석

개발 시스템의 운용은 충청남도 논산군 부적면 감곡리를 대상지역으로 축척 1:1,000 수치지도를 기반으로 측량을 실시하였다. 시스템의 운용 과정은 먼저 대상지역의 축척 1:1,000 수치지도를 데스크탑용 저작 시스템을 이용하여 단말 시스템에서 사용할 수 있는 형식으로 변환하였다. 변환된 형식은 데스크탑에서 PDA로 전송되어 단말 시스템의 저장 장치에 적재되었다. 단말 시스템은 현장에서 해당 지역의 수치 지도를 적재 하였고, 적재된 수치 지도위에 측량을 통해 획득한 좌표를 자동으로 추가하였다. 현장에서 작업이 종료되면 해당 수치지도를 내역을 통해 조작하기 위해 데스크탑 시스템을 통해 다시 CAD 호환형식으로 수출하였다. 또한 측량 작업 결과를 텍스트 형식의 데이터로 출력하여 다른 내역에 사용하였다. 그림 4는 측량 장비를 이용한 매핑 시스템을 통한 작업의 흐름도를 나타낸 것이며 그림 5는 토탈스테이션과 연계한 개발 시스템을 보여준다.

그림 6은 토탈스테이션과 연계한 PDA 매핑 시스템을 이용하여 작업한 성과의 각 과정을 나타낸 화면들이다. 화면 (1)은 단말 시스템을 실행하였을 때의 초기화면을



그림 4. 측량 장비를 이용한 매핑 시스템의 작업 흐름도

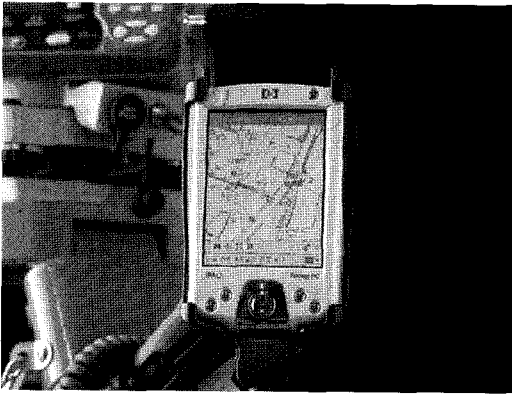


그림 5. 토털스테이션과 연계한 개발 시스템

보여주고 있다. 화면 (2)는 측량 코드를 설정할 수 있는 화면을 보여주고 있다. 화면 (3)은 수치 지도를 프로그램에 적재하는 화면을 보여주고 있다. 화면 (4)는 기계점과 후시점을 설정하여 방위각을 토털스테이션에 전송하여

주는 화면을 보여주고 있으며, 여기서 기계점과 후시점을 화면에서 추출 할 수도 있게 구현하였다. 화면 (5)는 현재 위치에서 토털스테이션 측량을 요청하고 회신받은 결과를 보여주는 화면이고 화면 (6)은 측량 결과들이 반영된 수치지도를 화면으로 출력한 결과이다. 화면(7)은 좌표성과와 각, 거리 등의 원시 데이터를 제공하는 화면이며 화면(8)은 수치지형도를 불러오기 한 화면결과이다.

개발 프로그램의 구성내용은 다음과 같다. 첫 번째, PDA상에서의 운용 작업수행을 위한 작업준비과정으로 수치지도변환, DXF화일 변환, TXT변환, 심본 파일 편집 및 생성 등을 구성하였다. 두 번째, 토털스테이션을 이용하여 대상물을 측정하기 위해 기계점 좌표설치, 방위각 설정, 기계고/프리즘고 설정 등을 구성하였다. 세 번째, 작업자가 측량한 성과물을 적절하게 판단 및 위치시키기 위해 축소/확대 및 이동, 축척변환 및 측량 목록설정 등을 구성하였다. 그리고 마지막으로 실시간 편집을 위해 선 및 점 설정, 문자열 입력 등을 구성하여 내업을 최소화하도록 구성하였다.



그림 6. 토털스테이션과 연계한 PDA 매핑 시스템의 실행 화면

이와 같이, 본 연구에서 개발한 PDA기반의 시스템을 이용하여 현장에서 작업을 보다 원활한 수행해 갈 수 있었으며 PC와의 인터페이스를 통한 내업의 작업내용을 손쉽게 변화하여 수행하므로써 작업시간의 단축뿐 아니라 작업자의 번거로운 수행과정을 배제할 수 있어 그 운용의 실효성을 기대할 수 있었다. 향후에는 동절기 작업시에 나타날 수 있는 문제점을 보완하고 보다 다양한 측정장비와의 호환체제를 구축하므로써 폭넓은 활용이 가능한 운용체제를 이루어야 할 것으로 사료된다.

6. 결 론

노트북이나 tablet PC와 같이 현장에서의 사용이 다소 불편한 매핑시스템을 대치 할 수 있는 PDA기반의 매핑시스템을 개발하였다.

토탈스테이션과 연계한 무선통신 체제를 구축하여 작업자의 활동반경을 넓히므로써 그 운용성을 증대시킬 수 있다.

수치지도의 압축, 저장속도를 향상시켜 현장에서의 PDA 운용 능력을 향상시킬 수 있었다.

측량성과 제출용 텍스트 파일의 변환 모듈과 PC에서의 도면 편집을 위해 dxf형식의 데이터 변화 모듈을 구현

하였으며, 도면 레이어 제어를 통한 수치지형도의 중첩 및 갱신 모듈을 구현하였다.

참고문헌

1. 고재관(2002), "실전 PDA 프로그래밍", 삼각형프레스, pp. 86-93.
2. 리노다임개발실(2002), "포켓PC네트워크게임프로그래밍", 한빛미디어, pp. 55-71.
3. 조영섭 외(2002), "SAN 환경을 위한 데이터 서버 시스템의 설계 및 구현", 자료저장학회지 제2권.
4. 조재만, 곽선정(2002), "임베디드 Windows CE 프로그래밍", PC BOOK, pp. 103-120.
5. 차득기(2002), "컴퓨터 측량 계산 프로그램집", 탐구문화사, pp. 328-336.
6. R.H.Guting(1994), "An Introduction to Spatial Database Systems", VLDB Journal, Vol. 3, No. 4, pp. 63-71.
7. Abel, D. J.(1997), "Spatial Internet Marketplaces : A Grand Challenge?", Proc. of the 5th International Symposium on Large Spatial Databases, pp. 101-105.
8. Jose Moreira et al.(2000), "Query operations for moving objects database systems", ACM Symposium on GIS, pp. 34-41.
9. O.Guenther, A.Buchmann(1990), "Research Issues in Spatial Databases", ACM SIGMOD RECORD, Vol. 19, No. 4, pp. 55-68.