

휴대용 DGPS를 이용한 묘지관리시스템 구축

Construction of Cemetery Management System using Mobile DGPS

조형식* · 손흥규** · 임수봉*** · 김성삼**** · 김상민*****

Cho, Hyung Sig · Sohn, Hong Gyoo · Lim, Soo Bong · Kim, Seong Sam · Kim, Sang Min

要 旨

우리나라 전면적의 1% 이상을 점유하는 묘지는 지속적인 증가를 나타내고 있으나 정부예산 및 행정력 부족으로 현황파악을 위한 현지답사는 제대로 이루어지지 못하는 실정이다. 이에 본 연구에서는 저가의 휴대용 DGPS와 모바일GIS 소프트웨어를 사용하여 시간과 비용을 크게 절감할 수 있는 GIS 기반의 묘지관리시스템을 구축하고 종래의 RTK GPS 방법과 그 정확도를 비교·평가하여 그 효용성을 검증하였다. 본 연구에서는 일반인에 의한 자료의 직관적 해석이 가능하여 담당공무원의 묘지관리업무뿐만 아니라 각종 국토개발계획, 부동산거래 등 여러 분야에서 다양하게 활용할 수 있도록 묘지위치를 고해상도 위성영상에서 지적도와 중첩되어 표현하는 묘지관리시스템을 구축하여 저비용으로 데이터의 최신성을 유지시킬 수 있는 효과적 방안을 제시하였다.

핵심용어 : 묘지관리, DGPS, 모바일GIS, Cemetery management system

Abstract

The cemetery areas which are occupied more than 1.0 percent of whole land of Korea have widened gradually but the reconnaissance is not being conducted for the cemetery investigation due to deficiencies for budget and manpower of the government. The aim of this study is to find a method to establish the lower cost GIS-based cemetery management system by using hand-held DGPS receiver and Mobile GIS software system for easy cemetery management. The results were evaluated and compared to the RTK GPS method. Since the Cemetery Management System shows every tomb's position on the high resolution satellite imagery with a cadastral data, the map helps to find the interesting places easily. Therefore the system data can be used for various purposes such as planning for land development, dealing with real estate as well as cemetery management.

Keywords : cemetery management, DGPS, Mobile GIS, Cemetery management system

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

우리나라는 오랜 유교문화의 전통아래 장묘관행이 매 장위주로 이루어져 오고 있어 묘지의 증가로 인해 국토의 잠식, 국토개발의 장애, 자연경관의 훼손 등 많은 문제점이 제기되고 있다(정용승과 이흥식, 1993).

묘지증가의 최소화를 위해 정부에서는 2000년 장사 등에 관한 법률을 전면 개정하여 묘지의 일제조사를 통한 묘적부 작성, 묘지설치 신고 및 허가절차 강화, 점유면적

제한, 설치기간 제한, 무연고 분묘 납골화 및 불법분묘 정비 등 보다 근본적 문제해결을 위한 정책을 수립하였다. 그러나 현 지자체의 상황은 예산과 인력부족, 전문지식 결여 및 인식의 부재 등으로 인해, 묘적부 작성은 물론 묘지의 현황파악을 위한 현지 답사조차 제대로 실시하지 못하고 있는 실정이다.

한편, 최근 활용도가 높아지고 있는 휴대용 DGPS(Differential Global Positioning System)는 저비용으로 손쉽게 대상물의 위치를 관측할 수 있는 장점이 있으며, 모바일 GIS 소프트웨어는 휴대용 DGPS에 탑재된 상태에서 실

2008년 11월 17일 접수, 2008년 12월 12일 채택

* 교신저자·연세대학교 사회환경시스템공학부 박사과정 (f15kdaum@yonsei.ac.kr)

** 정희원·연세대학교 사회환경시스템공학부 부교수 (shon1@yonsei.ac.kr)

*** 정희원·(주)동원측량콘설탄트 대표이사 (dwscltd@yonsei.ac.kr)

**** 정희원·연세대학교 사회환경시스템공학부 박사후과정 (samskim@yonsei.ac.kr)

***** 연세대학교 사회환경시스템공학부 석사과정 (netgo82@yonsei.ac.kr)

시간으로 위치정보와 속성정보를 입력할 수 있으므로 해서 DB (Data Base) 구축비용을 크게 절감할 수 있다.

본 연구는 GIS기반의 모지관리시스템 구축에 휴대용 DGPS와 모바일 GIS 소프트웨어를 도입하여 측량공정을 단순화 함으로써 DB구축 비용을 크게 절감하고, 직관적 해석이 용이한 위성영상 기반의 모지현황도를 제공함으로써 활용성 높은 모지관리 시스템을 구축할 수 있는 방법을 제시하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구동향

1970년대 후반부터 본격적으로 연구가 시작된 모지관리제도는 국토에 산재된 모지의 실태조사로부터 출발되며, 주로 항공사진 및 위성영상을 분석하거나 TS(Total Station) 및 GPS 등 측량장비에 의한 실측을 통해 모지의 위치정보를 획득하는 방법으로 실시되어 왔다.

김갑덕(1982)은 1/15,000축척의 항공사진 29,623매를 이용하여 통계적 추출법으로 각종 모지정보를 분석하였다. 일반측량에 의한 모지조사는 대한지적공사 충북지사가 공원모지 607기, 공설모지 83기 및 사설모지 21기를 대상으로 삼각 및 도근측량, 세부현황측량을 통한 모지현황도 작성 시범사업을 실시하였다. 위성영상을 이용한 모지추출에 대해서는 장은미(2004)가 고해상도 위성영상인 IKONOS영상을 이용하여, 각 지표사상별로 반사되는 분광특성을 통계적으로 처리하여 모지를 추출하였다.

DGPS기법은 C/A (Coarse/Acquisition)코드를 수신하여 1m 이내의 정확도로 측위오차를 줄이는 측량법으로서 Hunter 등(1989) 과 Nard 등(1989)은 DGPS에 의한 실시간 위치관측을 수행하였다.

최근에는 보다 넓은 지역에 대해 기존의 방법보다 효율적인 광역 DGPS체계가 활용되고 있다. 넓은 지역에 대한 DGPS 방법으로는 지역보정위성항법체계(LADGPS : Local Area DGPS)와 광역보정위성항법체계 (WA DGPS : Wide Area DGPS) 등이 있다.

Abousalem (1996)은 WADGPS를 해결하기 위한 관측 접근방식, 위치접근방식, 공간접근방식의 세 가지 알고리즘을 제시하였고 각각에 대한 장단점을 비교하였다. 또한 Bertiger 등(1998)은 자료처리, 차분보정, 메시지 형태에 대한 소프트웨어를 개발하였다.

현재 WADGPS를 활용하는 국가로는 미국의 WAAS (Wide Area Augmented System), 유럽의 EGNOS(European Geostationary Navigation Overlay Service) 및 일본의 MSAS(MTSAT Satellite-based Augmentation System) 등이 있다(Rizos 등, 2003).

RTK측량법은 Remondi(1985)가 1대의 GPS수신기를 기지점에 고정하고 다른 한 대의 수신기를 연속적으로

이동하면서 반송파신호를 해석하여 cm급 정확도의 위치를 결정하는 키네마틱(Kinematic) 측위법을 고안한 이후, Seeber와 Wubbena(1989)이 OTF(On the Fly)기법의 기초가 되는 “On the Way”에서 불확실 정수를 해결하는 이동측량기법을 발표하면서 실시간의 RTK측량이 가능해졌다.

최근 기선거리가 증가함에 따라 오차가 증가하는 RTK측량방식에 문제점을 보완하기 위해 네트워크 RTK측량이 새로운 방법으로 나타나게 되었다. 현재까지 개발된 네트워크 RTK 방식은 MultiRef, FKP(Flachen Korrektur Parameter), VRS(Virtual Reference Station)등이 있다(국토지리정보원, 2003; 최윤수 등, 2004). 네트워크 RTK 방식에 대한 다양한 연구를 통해 효율성이 입증됨에 따라 독일, 캐나다, 일본, 미국, 호주, 싱가포르, 영국, 스웨덴 등 세계 각국에서 국가전체 또는 지역적으로 서비스를 제공하고 있다(이용창과 강준목, 2003). 국내에서는 현재 약 80여개소의 GPS 상시관측소가 설치 운영되고 있으며, 이중 국토지리정보원의 14개 상시관측소에서 2007년부터 VRS 서비스를 제공하고 있다 (김혜인등, 2008). 2008년 관할부처에 통합으로 과거 행정자치부 30개소를 포함한 44개 상시관측소의 고도화 사업의 일환으로 통합망을 구축할 계획이며, 1차적으로 중부지방을 구성하고, 2차적으로 전국망을 서비스 할 예정이다.

1.3 연구 범위 및 방법

본 연구에서는 가격이 저렴하고 수목밀도나 지형기복에 영향을 적게 받으며 전문적인 지식이 없이도 누구나 손쉽게 1m 급의 측위가 가능한 휴대용 DGPS 수신기를 모지측량 장비로 선정하였다. 휴대용 DGPS 수신기는 NDGPS(National DGPS)의 일환으로 국토해양부에서 설치한 전국의 17개 DGPS 기준국에서 방송하는 비콘(beacon) 위치보정신호와 2006년 7월부터 가동되고 있는 일본의 MTSAT 위성기준국에서 방송하는 SBAS(Satellite Based Augmentation System) 위치보정신호를 수신할 수 있으므로 기준국을 설치하지 않고도 50cm~1m 정확도의 모지좌표 관측이 가능하다. 또한 PDA(Personal Data Assistant)가 통합된 방식으로서 수치지도, 항공사진 및 위성영상 등의 기반에서 실시간으로 모지현황도를 작성할 수 있어 본 연구에 가장 적합할 것으로 판단하였다.

본 연구에서 수신된 DGPS 위치보정신호는 비콘신호의 경우 인천 팔미도 기준국으로부터, SBAS 신호의 경우 일본 MTSAT 위성으로부터 수신하였으며, 측위 무결도와 측위 정확도를 분석하기 위해 2가지 조건으로 GPS 자료를 수집하였다.

첫째로, 수목이 우거진 시기(10월 초)에 휴대용 DGPS

와 정확도가 높은 RTK-GPS 로 자료를 수집하여 측위 무결도와 정확도를 비교 분석하였다.

둘째로, 1차 실험과 동일한 방법으로 낙엽진 겨울철에 2차 자료를 수집하여, 가을철과 겨울철의 수목 밀도에 따른 GPS 측위 무결도와 정확도를 비교 분석하였다. 지형 여건상 DGPS 및 RTK 측위가 불가능한 일부 모지에 대해서는 휴대용 레이저거리계와 TS 를 사용하여 위치를 관측하였다.

휴대용 DGPS 에 의해 관측한 위치자료를 탑재된 모바일 GIS 소프트웨어와 연계하여 실시간으로 수치지도 기반의 모지현황도를 작성하고, 이를 기존 수치지도, 항공사진 및 위성영상에 중첩하여 각각의 경우에 대해 모지관리시스템에 적용될 기반영상자료로서의 적합성을 비교분석하였다. 또한 모지현황도에 지적도를 중첩하여 표현함으로써, 자료의 활용성을 극대화하고 화면에 나타나는 모지현황도상에서 모지의 속성정보를 쉽게 검색할 수 있도록 DB 검색기능을 추가하여 GIS 기반의 모지관리시스템을 개발하였다. 그리고 휴대용 DGPS 에 의한 모지위치측량 비용을 산정하고 이를 종래 방법과 비교하여 공정개선효과 및 비용절감효과를 파악하였다.

2. 모지위치 취득방법

모지는 주로 광범위한 산림지역에 분포되어 있으므로 효율적인 모지위치측량을 위해서는 관측 정확도의 확보와 더불어 산림에서의 이동성이 높은 측량법 확보가 선행되어야 한다. 현재 사용되고 있는 일반 DGPS 나 RTK-GPS 측량은 정확도는 우수하지만 기준국 설치를 위한 별도의 기준점 측량이 필요하고, 산림에서의 휴대성과 이동성이 떨어져 효율적이지 못하다. 따라서 본 연구에서 제시하는 개선방안은 기준국을 설치할 필요가 없이 이동국 1대만으로 DGPS 측량이 가능하며, 크기가 작고 가벼워 이동성이 뛰어난 휴대용 DGPS 장비를 이용하여 신속하고 정확한 측량을 실시함으로써 경제적인 GIS 기반의 모지관리시스템을 구축하기 위함이다. 이에 대한 흐름도는 그림 1과 같다.

본 연구에서 제시한 휴대용 DGPS 의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 수 cm 단위의 정확도는 보유하지 못하지만, 자신의 위치를 정확히 아는 기준점에 기준국 GPS 를 설치하지 않아도 되므로 일반 GPS 나 DGPS 시스템과 같이 측량을 하기 위해 기준국의 위치를 별도로 측량할 필요가 없다. 또한 고가의 장비를 사용하지 않고도 소요정확도를 만족시키는 DGPS 측량체계를 저렴한 비용으로 구축할 수 있다.

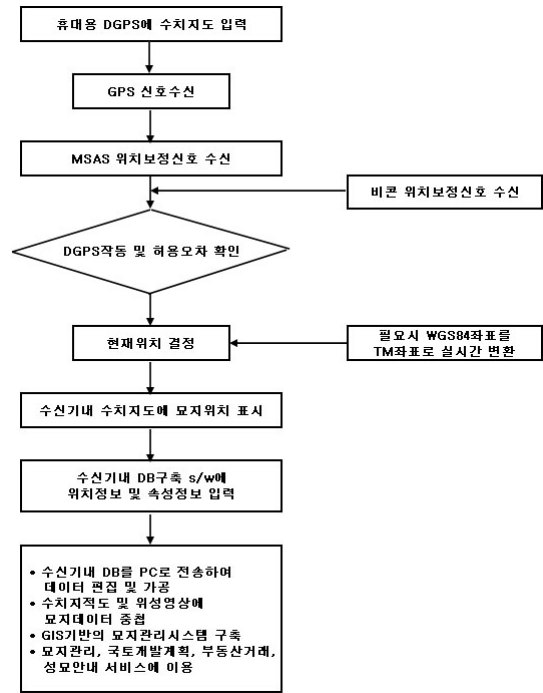


그림 1. 휴대용DGPS 에 의한 모지GIS 구축 흐름도

둘째, 휴대성과 이동성이 뛰어나 산림에서의 측량에 매우 효율적이다. 일반 RTK나 DGPS 시스템은 수신기, GPS 안테나, 무선모뎀수신기 및 안테나, 배터리 및 컨트롤러 등을 모두 휴대해야 하므로 부피가 큰 반면, 휴대용 DGPS 는 소형 경량의 수신기 하나에 모든 기능이 내장되어 있으므로 이동성이 뛰어나다.

셋째, 무료로 위치보정신호를 수신하므로 비용이 전혀 들지 않는다. 비콘 위치보정신호는 국토해양부에서 무료로 공급하며, SBAS 보정신호 역시 일본 국토교통성에서 무료 공급하므로 장비 구입비나 수리비 및 소모품 구입 이외의 어떠한 비용도 소요되지 않는다.

넷째, 휴대용 DGPS 에는 모바일 GIS 소프트웨어와 수치지도가 탑재되므로 DGPS 관측좌표를 이용하여 현장에서 실시간으로 모지현황도를 작성하고 속성정보를 입력할 수 있다.

이와 같이 현장에서 측량과 동시에 DB 를 구축함으로써 GIS 기반의 모지관리시스템 구축비용을 크게 절감할 수 있다.

이러한 장점으로 인해 여러 GPS 측량방법을 고찰한 결과, 본 연구에서는 비콘신호와 SBAS 신호를 모두 수신할 수 있는 휴대용DGPS 에 의한 LADGPS 및 WADGPS 의 구현이 가장 실질적인 방법임을 확인하고 이에 대한 연

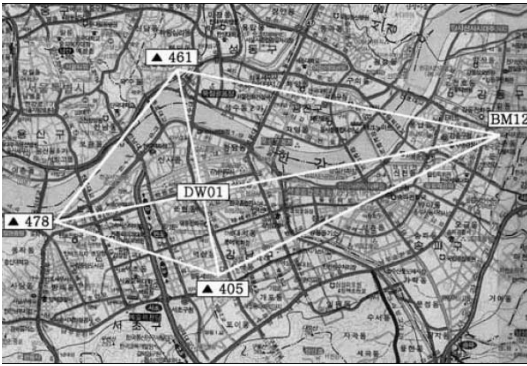


그림 2. RTK 측량을 위한 기준점 관측망도

구를 수행하게 되었다.

3. 관측값 취득 및 분석

3.1 RTK 측량의 기준국

본 연구에서 제시한 휴대용 DGPS 측량의 정확도 및 정밀도를 검증하기 위해, 가장 정확도가 높은 RTK 측량 장비를 이용하여 동시 측량을 실시하고 각각의 관측값을 비교하였다.

RTK 측량의 경우에는 정지측량에 의해 기준국의 정확한 좌표를 결정하고, 기준국에서 생성된 위치보정신호를 이동국에 전송함으로써 측정위치의 정확도를 높일 수 있다.

1) 기준점 측량

본 연구에서 사용한 RTK 기준점은 서울시 강남구 타 임빌딩 옥상에 콘크리트 구조물로 황동표지를 매설하여 설치하였다. 기준점명은 DW01로 명명하고, 서울지역 국가기준점인 405역촌, 461파10호 및 478마분 등 3개의 삼각점과 BM12 수준점을 연결하는 GPS 정지측량을 실시하였다. 관측망도는 그림 2와 같으며, 매 5초 간격으로 2시간 동안 4대의 GPS에서 동시에 데이터를 수신하였다. 수신한 GPS 데이터를 Leica 사의 후처리 프로그램인 SKI-pro 로 전송하여 데이터편집, 사이클슬립제거 및 기선해석을 실시한 후, 3점의 삼각점과 1점의 수준점을 고정점으로 하는 망조정을 통하여 신설기준점의 좌표를 결정하였다.

기준국은 RTK-GPS 1대와 위치보정신호를 이동국에 전송할 수 있는 휴대폰 무선모뎀으로 구성된다. RTK-GPS 장비는 Magellan 사의 Z-Max 를 사용하였으며, 무선모뎀은 통신능력이 떨어지는 UHF 무선모뎀 대신 40km 이상의 장거리 통신능력을 가진 휴대폰 무선모뎀을 사용하였다.

기준국의 설치 정확도를 검증하기 위하여, 기준국으로부터 약 40km 떨어진 인천대교 공사현장에서 실제 사용하고 있는 현장기준점을 실측하고, 시공회사가 보유하고 있는 성과와 그 값을 비교하였다.

RTK측량은 기준국으로부터 거리가 멀어질수록 이동국에서의 관측값 오차가 증가하므로, 측량전에는 반드시 이동국에서 현장캘리브레이션(site calibration 또는 localization)을 실시하여야 높은 정확도의 관측값을 얻을 수 있다. 본 연구에서는 현장캘리브레이션을 실시했을 경우와 실시하지 않았을 경우의 관측값을 병행하여 비교하였다.

현장캘리브레이션은 측량하고자 하는 지역에 존재하는 3개 이상의 기지점을 RTK로 관측하여 각각의 차이량을 구하고, 이를 최소제곱법의 원리로 계산함으로써 해당지역내에서의 모든 RTK관측값에 대한 지역보정량을 구하는 과정이다. 일반적으로 측량지역내에 있는 최소 3점의 기지점을 순차적으로 이동하면서 최소 3분 이상씩 관측한 RTK측정값을 소정의 소프트웨어에 입력하여 ΔX , ΔY , ΔZ 의 3가지 좌표차이량과, RX , RY , RZ 의 3가지 회전요소량 및 축척계수 등 7개요소(7 parameters)로 구성된 현장 캘리브레이션 계수를 산출한다.

본 논문에서 설정한 기준국을 기준으로 인천대교 현장에서 사용하고 있는 시공기준점 4점을 RTK관측한 결과, 현장캘리브레이션을 실시하지 않았을 경우는 X축으로 16cm, Y축으로 41cm, Z축으로 13cm의 비교적 큰 오차가 발생하였으나, 현장캘리브레이션을 실시했을 경우는 X, Y, Z축으로 2cm 이내의 오차만이 발생하여 매우 높은 정확도의 RTK성과가 취득됨을 알 수 있었다.

3.2 이동국 GPS 장비

비콘 및 SBAS DGPS 를 이용한 모지위치측량의 정확도를 파악하기 위해 1개 측량팀은 본 연구에서 제시한 휴대용 DGPS 수신기를 휴대하고, 이 값을 비교하기 위해 다른 측량팀은 정확한 RTK 측량장비를 휴대하였다. 휴대용DGPS 측량이 RTK 측량시와 어느 정도의 차이값을 갖는가를 비교하기 위하여, 관측 대상지를 함께 이동하면서 모지 위치에 대한 각각의 관측값을 취득하였다. 또한 대다수의 모지는 상공시계가 양호한 편이나 일부 모지는 울창한 수목으로 둘러 쌓여 있으므로 상공시계의 차폐로 인해 DGPS 및 RTK 측량이 불가능하다. 이런 경우는 TS(Total Station)나 레이저거리계(laser range finder) 등과 같은 광학식 측량장비를 이용하여 모지의 위치를 관측하였다.

본 연구에서 사용된 휴대용DGPS 수신기 및 비콘안테나는 그림 3과 같다.



그림 3. 휴대용DGPS 수신기 및 비콘 안테나

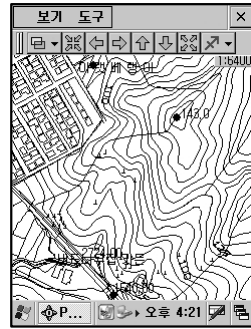


그림 5. 대상지역수치지도 입력화면

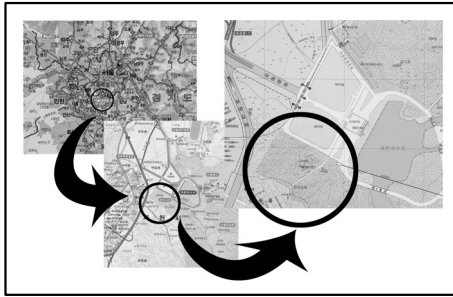


그림 4. 대상지 위치도

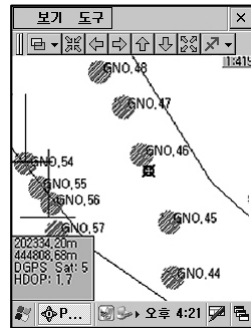


그림 6. DGPS관측 및 모지위치표시 화면

3.3 모지의 관측값 취득

3.3.1 대상지역 선정

본 연구에서 선택한 대상지역은 그림 4와 같이 접근성이 용이하고 모지 밀도가 적당하며 산지 경사와 입목 분포가 우리나라의 표준지형에 근사한 지역으로 경기도 과천시 문원동 산 15번지 일대를 선정하였다. DGPS 및 RTK측량은 수신되는 위성의 개수에 따라 측위 가능 여부가 결정되므로, 산지에서의 GPS측량은 동일 지점이라도 수목밀도가 상이한 여름철과 겨울철의 데이터 취득률이 각기 다를 것으로 보고 2가지 경우로 구분하여 관측하였다.

본 연구에서는 여름철과 같이 나뭇잎이 무성한 10월에 1차 측량을 실시하고, 낙엽이 모두 진 이듬해 1월에 2차 측량을 실시하여 각 관측값을 비교하였다.

3.3.2. 대상지역의 관측값 취득

본 연구에서는 RTK 및 DGPS의 이용성 및 위치정확도를 평가하기 위해, 동일 실험 지역에서 서로 다른 식생조건을 갖는 시기에 두 가지의 장비(RTK와 DGPS)를 이용하여 실험을 수행하였다. RTK측량은 1차실험시 현장캘리브레이션을 적용하지 않았으나, 2차실험시는 이를 적용하여 현장캘리브레이션의 적용 여부에 따른 DGPS측량과의 오차상관관계도 파악하였다. 현장캘리브레이션은 논현동기준국에서 송신하는 위치보정데이터를 이동

국에서 연속 수신하는 RTK관측 상태에서, 대상지역을 모두 포함하는 3개의 삼각점을 순차적으로 이동하면서 각각 5분간씩 RTK측위를 실시하고, 취득한 RTK좌표값과 삼각점 좌표값의 차이로부터 정밀 보정량을 산출하였다. 캘리브레이션 보정량은 RTK수신기 컨트롤러에 내장된 현장 소프트웨어인 Fast survey에 의해 산출하였으며, 이후 관측된 모든 RTK관측값에 자동으로 적용하였다.

DGPS 관측은 MSAS 보정신호를 주로 사용하였으며, 수신 상태가 좋지 않을 경우에는 비콘 보정신호를 수신하였다. 모지의 측정위치는 타인 묘소에 대한 예의를 고려하여 봉분의 중앙점을 선정하지 않고 봉분과 지면의 경계선 중 남쪽을 향하는 방향선과의 교점을 선정하였다. 관측은 RTK장비로 먼저 모지좌표를 관측한 후, 뒤 이어 휴대용 DGPS장비로 관측하였다. RTK관측 자료는 측정번호와 측정좌표의 형식으로 RTK장비에 부착된 데이터 저장장치(controller)에 입력하였다. DGPS관측 자료는 휴대용DGPS에 설치된 모바일 GIS소프트웨어에 위치정보와 속성정보의 형식으로 입력하고, 수치지도 화면상에 그 위치를 표시함으로써 실시간으로 모지GIS DB를 구축하였다. 휴대용DGPS를 이용한 실시간 모지GIS DB구축 화면 영상은 그림 5, 그림 6과 같다.

표 1. RTK 및 DGPS 데이터 취득률

구 분		측량가능 분묘수	데이터 취득률	총 분묘수
1차 측량	RTK 측량	81기	63%	128기
	DGPS 측량	127기	99%	
2차 측량	RTK 측량	87기	68%	
	DGPS 측량	128기	100%	

표 2. 현장캘리브레이션을 적용하지 않은 수평위치 오차 (1차실험관측)

구분	비교 관측	평균제곱근오차 (m)		수평 위치오차(m)
1차 측량	RTK에 대한 DGPS	σX	0.747	1.087
		σY	0.790	

표 3. 현장캘리브레이션을 적용한 수평위치 오차 (2차실험관측)

구분	비교관측	평균제곱근오차 (m)		수평 위치오차(m)
2차 측량	RTK에 대한 DGPS	σX	0.757	1.132
		σY	0.843	

* 수평위치오차 = $\sqrt{\sigma X^2 + \sigma Y^2}$

3.3.3 관측값의 정확도와 오차분석

본 연구에서는 상기의 실험관측을 수행하여 RTK측량과 DGPS측량을 통해 취득한 관측값의 오차를 분석하였다. 오차분석은 기준국 설치시 가장 신뢰도가 높은 정지측량 성과와 비교 검증을 실시한 바 있는 RTK 성과를 최확값으로 가정하고 DGPS 관측값과 비교하여 실시하였다.

1)데이터 취득률 분석

경기도 과천시 문원동 산 15번지 일대의 대상지역내 분묘는 총 128기이며, 2회에 걸친 RTK 및 DGPS측량시의 데이터 취득률을 분석하였다(표 1).

표 1에 나타난 바와 같이 최소 5개의 위성 신호를 수신해야 하는 RTK측량의 데이터취득률은 전체 묘지수의 63%~68%에 불과하여, 지형기복이나 수목에 의해 상공시계가 차폐되는 산지에서의 측량에는 한계가 있음을 알 수 있었다. 본 실험에서는 관측지점이 묘지에 국한되어 있어 상공시계가 비교적 양호한 편이었으나, 상공시계가 매우 불량한 일반 산림 내에서 지형측량 등을 실시할 경우에는 RTK데이터 취득률이 현저히 저하될 것으로 여겨

진다. 반면 DGPS측량은 위성신호가 4개만 수신되어도 관측이 가능하고 사이클슬립의 영향을 비교적 적게 받으므로 거의 모든 묘지에서 성공적으로 데이터를 취득할 수 있었다.

취득시점에 따른 1, 2차 RTK측량 간의 데이터 취득률 차이는 불과 5%에 지나지 않아 RTK 데이터의 취득 시기 별 수목으로 인한 영향은 미미한 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서 수행한 묘지의 RTK 데이터 취득은 산림지역내 개활지가 대부분인 묘지의 공간 특성상 계절에 따른 수목 밀집도의 영향보다는 측량 당시 이 지역상공의 가시위성수와 위성의 배치상태 및 지형의 기복 등에 의해 결정되었음을 알 수 있었다.

2) 오차 분석

RTK와 DGPS수신기간의 관측값 편차를 이용하여 X, Y방향별 평균제곱근 오차를 계산하고 수평위치 오차를 계산하였다. 이 때 현장캘리브레이션을 적용한 RTK관측값이 DGPS관측값과의 오차 비교시 어느 정도의 영향을 미치는지 파악하기 위하여, 표 2에는 현장캘리브레이션을 적용하지 않은 1차실험 관측시의 RTK 관측값과 DGPS 관측값을 비교하였고, 표 3에는 2차실험 관측시 현장캘리브레이션이 적용된 RTK관측값과 DGPS관측값과 비교하여 수평위치 오차값을 나타내었다.

RTK에 대한 DGPS관측값의 표준편차는 RTK현장캘리브레이션값을 적용하지 않았을때 X축으로 약 75cm, Y축으로 약 79cm로 나타나며, 현장캘리브레이션을 적용했을 때 X축으로 약 76cm, Y축으로 약 84cm로 나타났다. 또한 수평위치오차는 RTK 현장캘리브레이션을 적용하지 않았을 때와 적용하였을 때 DGPS 관측값과의 차이가 불과 4.5cm로 나타나 근소한 차이만을 보였다. 현장캘리브레이션을 통한 RTK관측값의 보정량은 X축으로 약 48cm, Y축으로 약 36cm 내외였으므로 약 1m의 허용오차를 보이는 DGPS 관측값과의 오차비교시에는 정밀한 RTK 현장캘리브레이션이 별다른 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

또한, DGPS를 이용하여 묘지위치를 관측하는 경우에는 계절에 관계없이 비교적 균일한 정밀도의 측량성과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

4. 묘지 GIS DB 구축

4.1 GIS 기반의 묘지관리시스템 개발

본 연구에서는 Visual Basic 언어 Microsoft의 Access 프로그램을 사용하여 묘지의 위치측량에서부터 묘지관리시스템 구축에 이르는 전 과정을 일원화하였다.

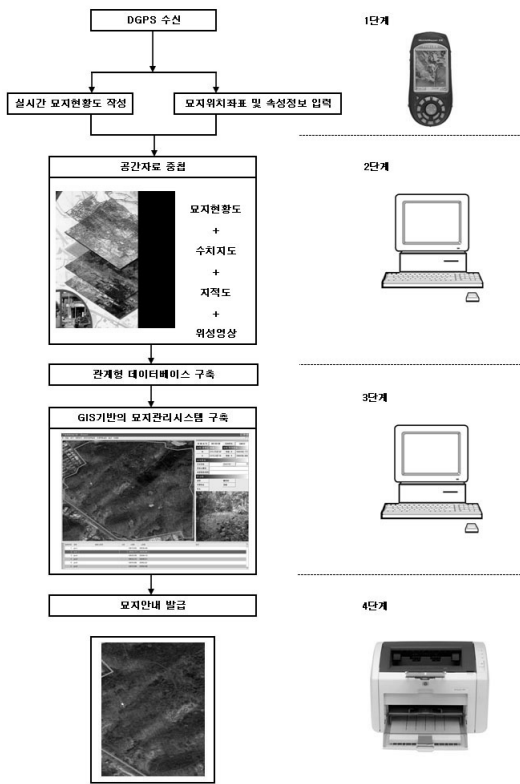


그림 7. GIS 기반의 모지관리시스템 구축 개념도

작성하였다. 또한 측량시 취득한 모지의 위치좌표와 속성정보는 휴대용DGPS의 저장장치에 DXF(Drawing Exchange Format) 또는 CSV(Comma-Separated Values)파일형태로 입력할 수 있다. 모지현황도 가공단계에서는 휴대용DGPS에서 작성된 모지현황도를 컴퓨터로 전송하고, 이를 CAD상에서 지적도와 위성영상에 중첩하여 위성영상기반의 모지현황도를 작성하였다. 본 연구에서는 지적도를 수치지도와 중첩시키기 위해 과천시에서 지적도면을 발급받아 스캔후 이를 CAD상에서 고무판변환(Rubber sheeting)방법을 적용하여 도면화하였으며, 임야지역 뿐만 아니라 중첩 대상지역을 인근 주택가까지 확대하여 도로 및 담장을 기준으로 실시하였다. 항공사진은 국토지리정보원에서 제공하는 1/20,000 영상을 사용하였으며, 위성영상은 구글영상을 활용하여 지적도와 동일방법으로 중첩을 실시하였다. 최종 데이터베이스 구축단계에서는 수치지도 기반의 모지현황도, 위성영상기반의 모지현황도, 모지의 위치 및 속성정보, 사진정보 등을 모두 취합하고, MDB상에서 각각의 데이터를 분류, 저장하여 통합된 관계형 데이터베이스를 구축하였다. 따라서 사용자는 시스템 상에서 한 번의 클릭으로 모든 자료에 접근이 가능하다. 또한 사용자는 항공사진이나 다른 위성영상 등의 다양한 공간자료를 배경이미지로 바꾸어 사용할 수 있다. 또한 배경이미지에 저장된 데이터베이스에서 모지좌표가 표시되므로 이미지상에서의 데이터 저장, 수정, 삭제가 용이한 장점이 있다. 본 연구에서 개발한 GIS기반의 모지관리시스템 구축에 대한 전체 개념도와 영상출력은 그림 7과 8과 같다.



그림 8. 위성영상기반으로 구축된 모지관리시스템 영상출력

그 내용은 크게 나누어 실시간 모지 현황도 작성, 모지 현황도 가공 및 데이터베이스구축의 세단계로 구분된다. 실시간 모지현황도 작성을 위해 먼저 국토지리정보원에서 제공하는 1/5,000 수치지도를 이용하여 휴대용DGPS와 모바일GIS 소프트웨어를 이용하여, 모지의 위치를 측량함과 동시에 현장에서 수치지도 기반의 모지현황도를

4.2 휴대용 DGPS 적용에 따른 효과분석

4.2.1 공정개선효과

본 연구에서는 종래방법과 비교하여 최신측량 기법인 휴대용DGPS에 의한 모지측량시 얻을 수 있는 공정개선 효과를 분석하였다.

종래 방법으로 모지의 현황구축측량을 실시할 경우, 먼저 현지 답사를 통해 모지의 위치를 파악하고 그 주변에 적당한 밀도로 현장기준점의 위치를 정하여 측량표를 설치한다. 다음은 대상지역 주변에 설치되어 있는 삼각점 좌표를 기준으로 현장기준점의 좌표를 결정하고, TS측량기를 이용하여 각 모지의 좌표를 관측한다. 이러한 방법으로 외업이 종료되면, 내업에서는 TS측량기에 저장된 관측좌표를 CAD 소프트웨어로 전송하여 수치지도에 모지좌표를 전개시킴으로서 모지현황도를 작성한다. 최근에는 관측좌표를 TS측량기에 저장하지 않고 TS에 PDA를 연결하여 실시간으로 현황도를 작성하는 온라인(on-line)평판측량방법이 적용되기도 한다.

표 4. 측량단계별 작업수정

측량 공종	작업수량				비고
	종래의 방법		휴대용DGPS에 의한 방법		
	수량	단위	수량	단위	수량
골조기준점측량	4	점	—	—	2급 기준점측량 (산지)
세부기준점 측량	100	점	—	—	4급 기준점측량 (산악지)
모지위치측량	0.1	km ²	0.1	km ²	지형 현황측량 (산지, 1/2,500축척)
모지 현황도 측량	1.0	km ²	1	km ²	주제도 작성 (지번약도, 1/5,000축척)

표 5. 모지현황측량 비용비교(단위:천원)

측량 공종	종래의 방법			휴대용DGPS에 의한 방법		
	수량	단가	소요 비용	수량	단가	소요 비용
골조기준점측량	4점	1,800	7,200	—	—	—
세부기준점측량	100점	240	24,000	—	—	—
모지위치측량	0.1km ²	100,000	10,000	0.1km ²	80,000	8,000
모지현황도작성	1.0km ²	50	50	1.0km ²	50	50
계			41,250			8,500

특히 종래 방법으로 기준점측량시 지형기복이 심하고 수목이 울창한 산림에서는 상공시계가 양호한 지점에 대하여만 GPS관측을 실시하고 나머지 지점에 대해서는 불가피하게 TS에 의한 다각측량을 실시하여야 하므로 측량 비용이 크게 증가한다.

반면 휴대용DGPS에 의한 방법으로 모지현황 측량을 실시할 경우는, 답사와 동시에 모지좌표를 취득하고 실시간으로 모지현황도를 작성할 수 있으므로 공정을 크게 개선할 수 있다. 또한 RTK나 TS관측시에는 최소2인 이상의 인원이 필요하지만, 휴대용DGPS관측시에는 1인만으로도 측량이 가능하여 시간과 비용을 크게 줄일 수 있다.

4.2.2 비용절감효과

본 연구에서 관측한 산지의 면적은 약 1km²이다. 이 면적을 기준으로 모지현황도 작성을 위한 측량단계별 작업 수량은 표 4와 같다.

골조기준점은 삼각점과 직접 연결되는 현장기준점이며, 세부기준점은 현장기준점의 좌표를 기준으로 모지좌표를 관측하기 위한 보조기준점으로서 10,000m²당 1점씩 설치하는 것으로 설계하였다. 모지위치측량은 전체 면적을 측량하는 것이 아니므로 10%정도 측량하는 것으로 추정하였다.

1km² 면적의 산지에 대한 모지현황측량 비용은 표 5

와 같다. 지형조건이나 수목 및 모지분포 등을 고려하지 않은 단순한 비교이나, 종래의 T.S(Total Station)등을 이용한 일반측량에 총비용은 1km²당 약 4,100만원정도에 경비가 소요되었으나, 휴대용DGPS에 의한 총비용은 약 850만원으로 나타나 공정개선에 의하여 약 80%의 절감 효과가 나타났다.

종래의 방법에 의한 비용은 측량표준폼셈에 근거하여 산출하였으며, 휴대용DGPS에 의한 비용은 본 연구의 실험관측에 소요된 시간과 경비 등을 취합하여 표5와 같이 산출하였다.

5. 결 론

저비용의 모지관리시스템 구축방안을 제시하기 위하여 휴대용DGPS 장비를 이용한 GIS 기반의 모지관리시스템을 실험적으로 구축한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모지위치측량에 이동성이 우수한 휴대용DGPS를 적용하여 단시간내에 넓은 지역의 모지위치를 측량할 수 있었으므로 종래 방법에 비하여 80% 이상의 측량 비용을 절감할 수 있었다.
2. 휴대용DGPS 와 모바일GIS 소프트웨어를 연계하여 실시간으로 모지현황도를 작성하므로써 종래의 현황측

량 방법에 비하여 현저한 공정개선 효과를 있음을 알 수 있었다.

3. 현장에서 작성된 모지현황도를 지적도 및 고해상도 위성영상 자료와 결합하여 누구나 알기 쉬운 위성영상 기반의 모지현황도로 가공 처리함으로써, 모지관리 업무 이외에 국토개발계획, 부동산거래 등 여러분야에서 활용성을 극대화시킬 수 있는 방안을 제시할 수 있었다.

4. 휴대용DGPS 관측값의 정확도를 계절별로도 분석하기 위하여 나뭇잎이 무성한 가을철과 낙엽진 겨울철의 RTK관측값과 비교 실험한 결과, DGPS 의 수평위치오차는 1.08~1.17m 로 계절에 관계없이 비교적 균등하게 나타남을 알 수 있었다.

5. 휴대용DGPS는 작동이 용이하여 측량지식이 없는 일반인도 단시간내에 숙지할 수 있으므로, 담당공무원에 의한 신설모지 정보의 적기 갱신을 가능하게 하여 별도의 비용없이도 데이터의 최신성을 항시 유지할 수 있는 방안을 제시하였다. 이는 현재 우리나라에 구축되어 있는 상당수 GIS 시스템에 있어 가장 시급히 해결해야 할 데이터의 노후성 문제를 매우 저렴한 비용으로 개선할 수 있는 하나의 방안이 될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 첨단도시기술개발사업 - 지능형 국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보 C04-측량기술활용 건설도면 작성 및 검증 기술개발)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 국토지리정보원, 2003, 가상기준점(VRS) 도입에 관한 연구.
2. 김갑덕, 1982, 모지실태에 관한 연구, 서울대학교 농학연구, 제 7권 제2호 별책, pp. 217~241.
3. 김혜인, 유기석, 박관동, 하지현, 2008, 국토지리정보원 VRS RTK 기준망 내부 측정 측량 정확도 평가, 한국측량학회지, 제 26권, 제2호, pp. 139-147.
4. 이용창, 강준목, 2003, GPS 기준망의 가상기준점에 의한 후처리 측위 분석, 2003 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, pp. 55-60.

5. 장용승,이홍식, 1993, 모지가 환경에 미치는 영향: 산소와 이산화탄소의 source 및 sink, 한국환경학회지, 제2권 제2호, pp. 115.
6. 장은미, 2004, 모지의 분광적 특성과 통계적 분류, 한국지리학회지, 제 39권 제2호, pp. 283-296.
7. 최윤수, 이용창, 권재현, 이재원, 2004, GPS 가상기준점 도입에 관한 연구, 한국측량학회지, 제22권, 제2호, pp. 105-116.
8. 보건복지부, 2004, 모지납골시설 설치지역 및 제한지역 안내 지도 사업추진, 보건복지부 노인지원과 공개정보.
9. 한국토지행정학회, 1999, 모지제도의 개선과 모지현황도 작성에 관한 연구, 불법모지방지·위성측량과 GIS 를 이용한 모지정보 시스템 도입에 관한 세미나, p. 6.
10. Abusaleem, M.A, 1996, Development and Analysis of Wide Area Differential GPS Algorithms, Ph.D. Dissertation of Department of Geomatics Engineering, No. 20083, The University of Calgary, Alberta, Canada.
11. Bertiger, W.I., Bar-Server, Y.E, Haines, B.J., Iijima, B.A., Lichten, A.M., Lindqwister, U.J., Mannucci, A.J., Mullerscheon, R.J., Munson, T.N., Moore, A.W., Romans, L.J., Wilson, B.S., Wu, S.C., Yunck, T.P., Piesinger G., and Whitehead M., 1998, a Real Time Wide Area Differential GPS System, Navigation, Journal of the Institute of Navigation Spring.
12. Hunter, T., Kosmalski, W., and Trueng, P., 1989, Vehicle Navigation Using Differential GPS, Proceedings of ION GPS, pp. 139-144.
13. Nard, G., Broustal, J., and Gounnon, R, 1989, Real Time Differential GPS and Postprocessed Accurate Trajectories Recovery~An Update of Methods and Results, Proceedings of ION GPS, pp. 333-342.
14. Remondi, B.W,(1985) Performing Centimeter Accuracy Relative Surveys in Seconds Using GPS Carrier Phase, Proceedings of First International Symposium on Precise Positioning with GPS, Rockville, Maryland, April, pp. 789-797.
15. Rizos, C. and Han, S. (2003), "Reference Station Network Based RTK Systems-Concept and Progress", School of Surveying and Spatial Information Systems, The University of New South Wales, Sydney, Australia
16. Seeber, G and Wubbena, G.(1989) Kinematic Positioning with Carrier Phase and "on the way" Ambiguity Solution, Proceeding of the Fifth International Symposium on Precise Positioning with Global Positioning System, Vol, II, pp. 600-609.