

## 실시간 지형정보 획득을 위한 GPS Lap-top Computer System 구축

Development of GPS Lap-top Computer System to acquire geographic information in real-time

강 준 목 \*                      최 종 현 \*\*                      송 승 호 \*\*  
Kang, Joon-Mook      Choi, Jong-Hyun      Song, Seung-Ho

### 要 旨

지형정보시스템의 수요 급증과 함께 다변화되는 공간정보들의 신속하고 정확한 입력 및 갱신 시스템이 요구되고 있으며, 주제도 제작에 따른 데이터베이스 구축을 위해 보다 효율적인 현장측량시스템이 요구되고 있다. 이를 위해 본 연구에서는 저렴한 GPS 수신기를 이용한 GPS Lap-top Computer System을 구축하고자 GPS 수신기와 휴대용 컴퓨터간의 인터페이스 구성, 일반 GPS 및 실시간 DGPS 자료처리 모듈, 실시간 3차원 좌표변환 및 수치지도 입력, 수정 모듈을 개발하였으며, GPS 위치정보와 속성정보를 관리할 수 있도록 수치지도의 표준안에 따른 지형지물코드와 속성값 입력 모듈을 개발하였다. 이를 토대로 GPS Lap-top Computer System을 이용한 지형공간정보의 획득, 입력 및 수정방안의 효용성을 제시하였다.

### ABSTRACT

With the high demand for Geographic Information System and the diversification of Spatial Information, it has been required a rapid and accurate input system, updating system and an efficient field survey system to organize database for thematic mapping.

Following the purpose, several indispensable modules have to be invented to build a GPS Lap-top Computer System using low cost GPS receivers. These modules include such as an interface module between GPS receivers and lap-top computers, a data processing module for standalone GPS or Real-time Differential GPS, a module to input or amend digital map and to transfer three-dimensional coordinates in real-time, and finally a module to enter attribute value and feature code based on standard specification of digital maps for controlling position and attribute data.

In this paper, it is presented the efficiency of method to acquire and to input or to amend spatial information using a GPS Lap-top Computer System.

\* 충남대학교 토목공학과 교수

\*\* 충남대학교 토목공학과 대학원 박사과정

## 1. 서론

지리정보시스템(Geographic Information System, GIS)에 대한 국가적인 수요의 급증과 함께 보다 신속하고 정확한 지형공간정보의 획득과 갱신이 요구되고 있다. 또한 지리정보시스템의 장기적인 사업추진 과정에서 초기 데이터베이스의 구축과 더불어 각종 주제도 제작을 위한 데이터베이스는 물론 변화하는 공간정보를 보다 신속·정확하게 획득, 갱신할 수 있는 현장측량 및 조사시스템이 요구된다. 그러나 현장측량과 조사를 통한 지형공간정보의 획득과 갱신은 효율성과 경제적인 측면에서 경쟁력이 떨어지는 단점을 지니고 있다. 따라서 현장에서 보다 신속·정확하게 지형공간정보를 획득, 입력 및 수정할 수 있으며, 비전문가들도 현장측량 결과를 다양하게 활용할 수 있는 현장측량시스템의 개발이 이루어져야 한다. 이와 같은 현장측량시스템의 개발을 위해 최근에는 보다 경제적인 GPS(Global Positioning System)를 활용하고자 하는 연구들이 지속적으로 이루어지고 있으나, GPS에 의한 지형공간정보 획득, 입력 및 수치지도의 수정 시스템 개발에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 저가의 GPS 수신기를 활용하여 지형정보를 획득하고 이를 입력함은 물론 수치지도의 수정이 가능한 GPS Pen-Computer System을 개발하고자 하는 것으로 윈도우즈 운영체제상에서 사용자 측면의 GUI(Graphic User Interface)를 강화하여 전문가는 물론 비전문가들의 사용이 용이하도록 시스템을 구성하고자 한다.

## 2. 시스템 구성

GPS를 활용한 지형 정보 획득 시스템은 GPS 수신기와 휴대용 컴퓨터간의 인터페이스 구성을 통해 관측자료를 수신하고, 수신된 관측자료의 처리 모듈을 통해 3차원 성과 획득과 이를 각종 응용 모듈에 적용하도록 구성하였다. 그림 2.1은 본 연구를 위한 시스템 부분의 하드웨어 구성도를 나타낸 것이다. 또한 그림 2.2는 본 연구에서 구축한 GPS Lap-top Computer

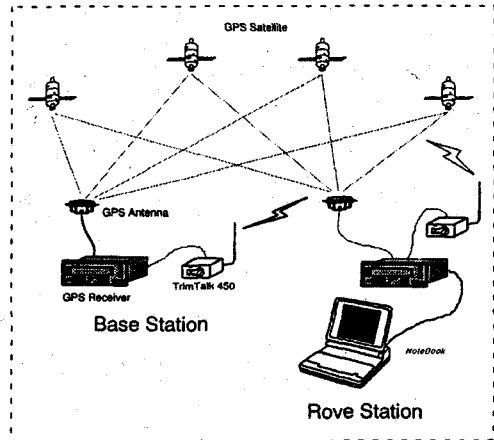


그림 2.1 GPS Lap-top Computer System(H/W)

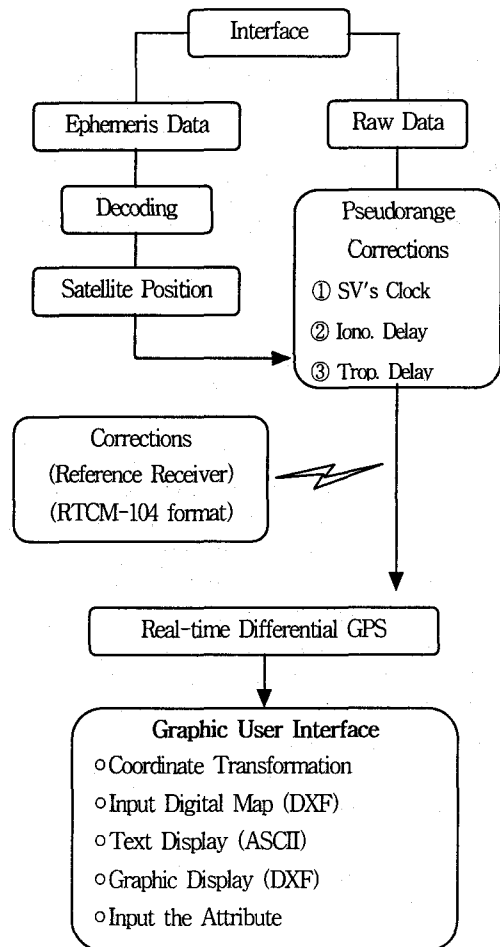


그림 2.2 GPS Lap-top Computer System(S/W)

System S/W의 전체적인 구성을 나타낸 것으로 일반 GPS 처리와 RTCM SC-104 format의 실시간 보정자료를 이용한 DGPS 자료처리가 가능하도록 기본 모듈을 설정하였으며<sup>5)</sup>, 이로부터 3차원 위치정보를 응용하기 위한 각종 모듈들을 추가하였다.

2.1 메뉴 설계

본 연구의 GPS Lap-top Computer System S/W는 GPS 수신기와 인터페이스 구성, GPS 자료처리 모듈 및 각종 응용 모듈들로 구성되며, 이에 대한 메뉴 구성은 메뉴바와 도구바로 사용해 다음과 같이 구성하였다.

프로젝트	설 정	옵 션	
새 프로젝트	GPS 수신기	Text 결과	기준계
			좌표계
프로젝트 열기	통신포트	수치지도 결과	기준계
			좌표계
프로젝트 저장			
인 쇄			
종 료			

자료획득		유틸리티	도움말
실 행	Continuous	기선거리	GPS...
	Point		
속성자료		방 위 각	
중 단		누가거리	

그림 2.3 GPS Lap-top Computer System 메뉴

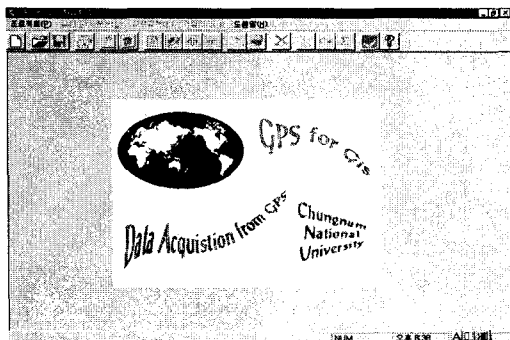


그림 2.4 S/W의 초기화면

2.2 인터페이스 구성

본 연구를 위해 사용된 수신기는 Trimble사의 Lassen-SK 8채널 수신기와 Rockwell사의 Zodiac 12채널 수신기를 사용했으며<sup>1)</sup>, RS232 단독형 시리얼 통신에 의한 인터페이스를 구성하였다. 수신기의 종류에 따른 프로토콜을 위해 Lassen-SK8 수신기의 경우 패킷 형태로 구성된 TSIP(Trimble Standard Interface Protocol)를 사용했으며<sup>1)</sup>, Zodiac 수신기의 경우에는 Zodiac binary message format을 사용하였다<sup>2)</sup>. 또한 각 수신기들은 항법등에 활용할 수 있는 NMEA(National Marine Electronics Association) 프로토콜을 지원하므로 NMEA message을 이용한 인터페이스를 구성하여 GPS에 의한 지형정보획득은 물론 각종 항법에도 응용할 수 있도록 인터페이스 모듈을 구현하였다<sup>4)</sup>.

본 연구에 적용된 수신기들은 dual-port를 지원함으로 보정자료수신을 위한 radio link와 GPS 수신기간의 직접적인 인터페이스가 가능하다. 따라서 보정자료수신을 위한 인터페이스 역시 RTCM-104 format을 위해 각 수신기들이 채택하고 있는 기본적인 프로토콜을 이용하였다<sup>4,5)</sup>.

인터페이스 구성을 위한 GUI는 그림 2.5와 같이 GPS 수신기의 선택, 통신포트 선택 및 통신제어를 위한 설정 윈도우로 구성하였다.

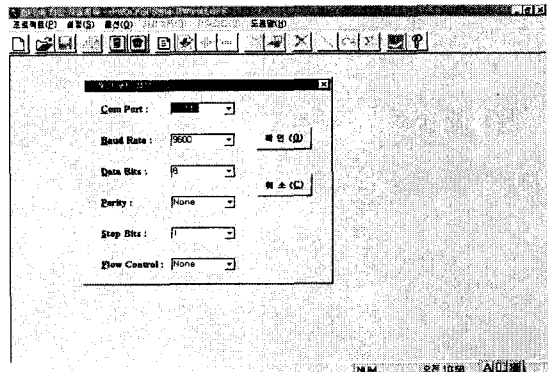


그림 2.5 Serial(RS232) 통신 설정 윈도우

2.3 자료처리 모듈

대부분의 GPS 수신기들은 관측자료를 수신하여 내부적으로 3차원 좌표를 산출하게 되지만, 적용 알고리즘이 수신기 제조회사마다 약간씩 상이하며, 완전히 공개되지 않기 때문에 본 연구에서는 관측자료만을 이용한 일반 GPS와 DGPS 알고리즘을 정리하여 기본적인 자료처리 모듈을 구성하였다. 본 연구에서 구축된 자료처리 모듈은 항법메시지를 이용한 위성궤도좌표 산출, 의사거리 보정, 반송파에 의한 의사거리 smoothing, 일반 GPS 및 DGPS 좌표계산 모듈로 구성되었다. 항법메시지의 decoding을 통해 위성좌표를 계산하기 위한 궤도변수의 계산과정은 다음과 같다.<sup>3,4)</sup>

표 2.1 위성의 궤도 변수

$M_0$	mean anomaly at reference time
$d_n$	mean motion difference from computed value
$e_c$	eccentricity
$\sqrt{A}$	square root of semi-major axis
$W_0$	longitude of ascending node of orbit plane at weekly epoch
$i_0$	inclination angle at reference time
$w$	argument of perigee
$\dot{W}$	rate of right ascension
$\dot{i}$	rate of inclination angle
$C_{uc}$	amplitude of the cosine harmonic correction term to the argument of latitude
$C_{us}$	amplitude of the sine harmonic correction term to the argument of latitude
$C_{rc}$	amplitude of the cosine harmonic correction term to the orbit radius
$C_{rs}$	amplitude of the sine harmonic correction term to the orbit radius
$C_{ic}$	amplitude of the cosine harmonic correction term to the angle of inclination
$C_{is}$	amplitude of the sine harmonic correction term to the angle of inclination
$T_{oe}$	ephemeris reference time
$T_{tr}$	the time of transmission
IODE	Issue of data (ephemeris)

표 2.2 GPS 위성의 위치계산 과정

$n_0 = \sqrt{\frac{m_u}{A^3}}$	; computed mean motion
$T = T_{tr} - T_{oe}$	; time from ephemeris reference epoch
$n = n_0 + d_n$	; corrected mean motion
$M = M_0 + n$	; mean anomaly
$s_v = \frac{\sqrt{1-e_c^2} \sin E}{1-e_c \cos E}$	; sine of true anomaly
$c_v = \frac{\cos E - e_c}{1-e_c \cos E}$	; cosine of true anomaly
$v = \arctan\left(\frac{s_v}{c_v}\right)$	; true anomaly
$\phi = v + w$	; argument of latitude
$d_u = C_{us} \sin(2\phi) + C_{uc} \cos(2\phi)$	; argument of latitude correction
$d_r = C_{rs} \sin(2\phi) + C_{rc} \cos(2\phi)$	; radius correction
$d_i = C_{is} \sin(2\phi) + C_{ic} \cos(2\phi)$	; correction to inclination
$u = \phi + d_u$	; corrected argument of latitude
$r = A(1 - e_c \cos E) + d_r$	; corrected radius
$i = i_0 + d_i + (i \times T)$	; corrected inclination
$X = r \cos u$	; position x in orbital plane
$Y = r \sin u$	; position y in orbital plane
$W_c = W_0 + (\dot{W} - \dot{W}_e)T - \dot{W}_e T_{oe}$	; corrected longitude of ascending node
$X = X \cos W_c - Y \cos i \sin W_c$	; ECEF X
$Y = X \sin W_c + Y \cos i \cos W_c$	; ECEF Y
$Z = Y \sin i$	; ECEF Z

표 2.3 위성시계오차 보정

$T_{amb}$	ambient air temperature (15 Cel)
$P_{amb}$	ambient air pressure (101.325 kPa)
$P_{vap}$	ambient vapour pressure (0.85 kPa)
zenith delay of the dry component	
$K_d = 1.55208E-4 \times P_{amb} \frac{(40136.0 + 148.72T_{amb})}{T_{amb} + 273.16}$	
zenith delay of the wet component	
$K_w = \frac{-0.282P_{vap}}{(T_{amb} + 273.16)} + \frac{8307.2P_{vap}}{(T_{amb} + 273.16)^2}$	
$dR_{trop} = \frac{K_d}{\sin(\sqrt{E}l^2 + 1.904 \times 10^{-3})} + \frac{K_w}{\sin(\sqrt{E}l^2 + 0.6854 \times 10^{-3})}$	

표 2.4 전리층 지연오차 보정

$EI$ ; SV's elevation, $Az$ ; SV's azimuth
Latu ; approximate user latitude Lonu ; approximate user longitude
$\phi = \frac{0.00137}{(EI+0.11)} - 0.022$ ; Earth-centered angle
$Lati = Latu + \phi \cos(Az)$ ; subionospheric latitude if $Lati > 0.416$ then $Lati = 0.416$ if $Lati < -0.416$ then $Lati = -0.416$
$Loni = Lonu + \phi \frac{\sin(Az)}{\cos(Lati)}$ ; subionospheric longitude
$Latm = Lati + 0.064 \cos(Loni - 1.617)$ ; geom. lat. of the iono. inters. point
$T = 4.32 E + 4 Loni + Ttr$ ; local time at sunionospheric point if $T > 86400$ then subtract 86400 from T if $T < 0$ then add 86400 to T
$F = 1.0 + 16.0 (0.53 - EI)^3$ ; slant factor
$x = 2\pi \frac{T - 50400}{b_0 + b_1 Latm + b_2 Latm^2 + b_3 Latm^3}$
if $ x  > 1.57$ then $dT_{iono} = F \times 5.0E - 9$ orderwise $dT_{iono} = F (5.0E - 9 + (a_0 + a_1 Latm + a_2 Latm^2 + a_3 Latm^3) \times (1.0 - \frac{x^2}{2} + \frac{x^4}{24}))$

의사거리 보정은 위성시계보정항 및 전리층과 대류권 보정항을 포함시켰으며, 각각에 대한 보정이론은 다음과 같다.<sup>3,4)</sup>

표 2.5 Tropospheric delay correction

$T_{gd}$	group delay
$T_{oc}$	SV clock reference time
$af_2$	second order polynomial coefficient
$af_1$	first order polynomial coefficient
$af_0$	zero order polynomial coefficient
$dT_{clk} = af_0 + af_1(T_{tr} - T_{oc}) + af_2(T_{tr} - T_{oc})^2 + F e_c \sqrt{A} \sin E - T_{gd}$	

반송파에 의한 의사거리 smoothing 기법은 code smoothing이라고 하며, 통합된 반송파 위상에 과장을 곱한 반송파 거리를 이용한다. 기본 원리는 두 epoch 간에 의사거리 변화량은 반송파 거리의 변화량과 같다는 조건을 이용하는 것으로 반송파 거리의 변화량을 이용하여 의사거리를 smoothing시킨다. 하나의 위성으로부터 N개의 epoch 동안에 의사거리와 반송파 위상을 관측하였다면 다음과 같은 일련의 관측값들이 형성된다.

$$\begin{aligned} \text{epoch 1 ; } & P_1, C_1 \\ \text{epoch 2 ; } & P_2, C_2 \\ & \dots\dots\dots \\ \text{epoch N ; } & P_N, C_N \end{aligned} \quad (2.1)$$

N개의 epoch에 대한 일련의 관측값들로부터  $P_N$ 에 대한 N개의 방정식이 형성되며,

$$\begin{aligned} P_N - P_1 &= C_N - C_1 & P_N &= P_1 + C_N - C_1 \\ P_N - P_2 &= C_N - C_2 & P_N &= P_2 + C_N - C_2 \\ & \dots\dots\dots & & \\ P_N - P_{N-1} &= C_N - C_{N-1} & P_N &= P_{N-1} + C_N - C_{N-1} \\ P_N - P_N &= C_N - C_N & P_N &= P_N + C_N - C_N \end{aligned} \quad (2.2)$$

이를 평균함으로써  $P_N$ 에 대하여 더욱 정확한 의사거리( $\overline{P_N}$ )를 산출한다.

$$\overline{P_N} = \frac{(P_1 + P_2 + \dots + P_{N-1} + P_N)}{N} + C_N - \frac{(C_1 + C_2 + \dots + C_{N-1} + C_N)}{N} \quad (2.3)$$

식(2.3)은 연속적인 epoch를 위해 식(2.4)와 같이 이전 epoch의 smoothed pseudorange( $\overline{P_{N-1}}$ )를 이용하는 반복적인 형태로 구성할 수 있다.

$$\overline{P_N} = \frac{P_N}{N} + (\overline{P_{N-1}} + C_N - C_{N-1}) \frac{(N-1)}{N} \quad (2.4)$$

의사거리를 이용한 수신기의 좌표계산 모듈은 선형

화를 통한 반복조정법을 이용하였으며, 기본식은 다음과 같다. 구성하였다.<sup>6,8)</sup>

$$P_{rs} + C_r + E_s = \sqrt{(X_r - X_s)^2 + (Y_r - Y_s)^2 + (Z_r - Z_s)^2} \quad (s = 1, \dots, n) \quad (2.5)$$

$P_r$  ; pseudorange,  $C_r$  ; receiver clock error  
 $E_s$  ; lump sum of all remaining model error  
 $X_r, Y_r, Z_r$  ; the receiver coordinates  
 $X_s, Y_s, Z_s$  ; the satellite coordinates

반복조정을 위한 선형화는 식(2.6)과 같이 구성되며, n개의 위성에 대한 최소제곱조정을 통해 수신기의 최종 좌표가 산출되도록 구성하였다.<sup>4)</sup>

$$P_{rs} + C_r + E_s = R_{rs} + dX \frac{(X_r - X_s)}{R_{rs}} + dY \frac{(Y_r - Y_s)}{R_{rs}} + dZ \frac{(Z_r - Z_s)}{R_{rs}} \quad (2.6)$$

$R_{rs}$  ; 수신기의 근사좌표로부터 계산된 위성과 수신기간의 거리  
 $dX, dY, dZ$  ; 수신기 좌표에 대한 보정량

DGPS 기법도 일반 GPS의 모든 모듈이 적용되며, 고정점에서 생성된 RTCM -104 형식의 의사거리 보정량과 의사거리 변화율이 추가적으로 적용되도록 구성하였다. 이러한 보정량들은 GPS Time에 대해 위성 별로 이루어져 있으므로 동일시각, 동일 위성의 의사거리에 적용되도록 구성하였다.<sup>4,5)</sup>

## 2.4 좌표변환 모듈

GPS로부터 획득된 결과는 WGS84 기준계를 기초로 한 성과이며, 우리나라의 실용성과는 동경기준계(Tokyo datum) 성과이므로 GPS 결과를 활용하기 위해서는 3차원 기준계 변환을 통해 동경기준계 성과로 변환하여야 한다. 이를 위해 본 연구에서 구축한 GPS Lap-top Computer System은 사용자 선택에 따라 7-매개변수를 이용한 3차원 기준계 변환이 수행되도록

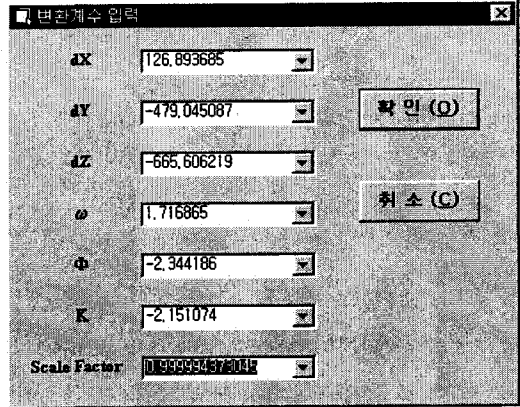


그림 2.6 7-매개변수 입력

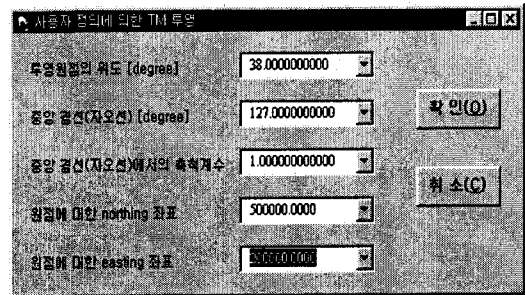


그림 2.7 TM투영을 위한 투영옵션 설정

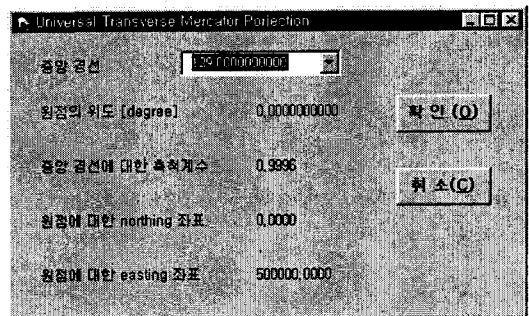


그림 2.8 UTM투영을 위한 투영옵션 설정

또한 전국의 34개 1, 2등 삼각점에서 GPS 관측을 통해 산출된 변환계수가 기본설정값으로 제공되며, GUI를 위해 그림 2.6과 같이 사용자 선택에 따라 변환계수를 입력할 수 있는 입력박스를 제공한다. 현행

## 실시간 지형정보 획득을 위한 GPS Lap-top Computer System 개발

수치지도의 성과는 동경기준계상의 지리좌표(경·위도)를 TM 투영에 의한 평면좌표로 변환하여 사용한다. 따라서 수치지도상에 GPS 결과를 표현하고 사용자가 확인할 수 있도록 사용자 정의에 의한 TM 투영과 UTM 투영변환 모듈을 GPS Lap-top Computer System에 적용하였다. 투영변환도 GUI를 위해 투영 옵션들을 설정할 수 있도록 그림 2.7, 그림 2.8과 같이 기본 입력 박스가 제공되도록 구성하였다.<sup>6,8)</sup>

따라서 사용자가 동경기준계의 TM투영성과를 선택하였을 경우, GPS 결과를 7-매개변수를 이용한 3차원 기준계 변환에 의해 동경기준계의 지리성으로 변환하며, 이를 TM 투영옵션에 의하여 평면좌표로 변환하도록 구성하였다. 즉, 사용자 선택에 따라 기준계 변환과 투영변환이 연속적으로 수행될 수 있도록 변환 모듈을 구성하였다.<sup>8)</sup>

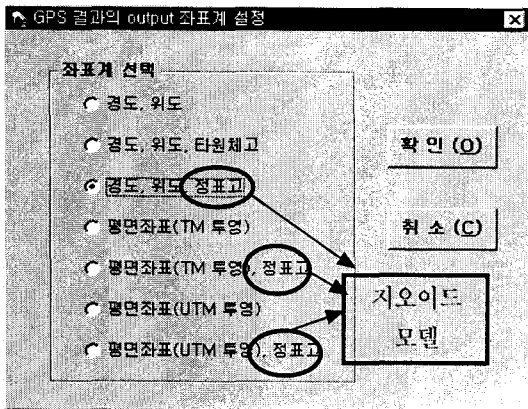


그림 2.9 지오이드 모델의 적용

또한 GPS로부터 표고성과를 획득하기 위해 지오이드 모델을 설정하고, 이를 적용할 수 있는 모듈을 개발하였다. 지오이드 모델의 적용 여부는 그림 2.9과 같이 사용자의 선택에 따라 이루어지도록 구성하였으며, 좌표변환과 연계를 통해 지오이드 모델이 적용되도록 구성하였다.<sup>7,8,9)</sup>

### 2.5 GPS 결과의 표현

GPS로부터 획득된 결과는 기존 수치지도상에 표현되도록 구성하였으며, 이를 위해 그림 2.10과 같이

DXF의 수치지도 입·출력 모듈을 구현하였다. 또한 그림 2.11과 같이 입력된 수치지도는 Layer별로 On/Off기능과 Change 기능이 가능하도록 구성하였으며, Layer를 구분하여 GPS 결과 및 각종 지형공간정보를 입력할 수 있도록 구성하였다.

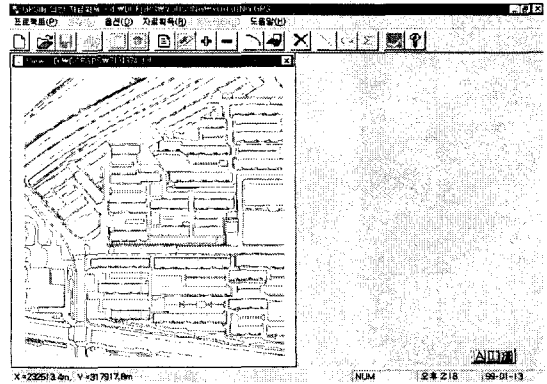


그림 2.10 DXF 수치지도 입력

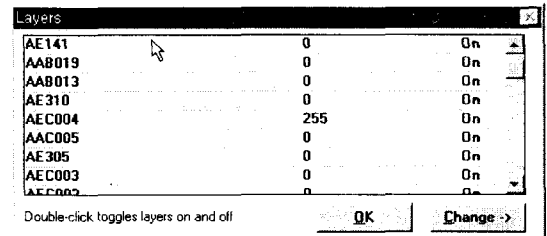


그림 2.11 DXF Layer의 On/Off 및 Change

GPS로부터 획득된 결과는 연속방식과 Point 방식을 통해 Layer, Line Type 및 Color를 구분하여 수치지도상 표현되며, 이를 DXF로 저장할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 이러한 그래픽적인 표현과 동시에 사용자가 원하는 좌표계로 좌표판넬상에 표시되며, ASCII 파일로 자동 저장되도록 구성하였다.

### 2.6 지형지물 코드 입력

GPS로부터 획득된 위치정보와 결부된 지형지물코드 및 속성정보를 입력하기 위해 속성정보 입력 모듈을 설정하였다. 속성정보 입력 모듈은 GPS로부터 위치결과가 표현된 상태에서 이루어지며, 국가지리정보

체계 (NGIS) 표준안에 따른 지형지물코드를 선택할 수 있도록 구성하였다.

또한 지형지물코드에 따른 속성정보의 입력은 그림 2.15와 같이 사용자 정의에 따라 입력 사항을 설정할 수 있도록 구성하였다. 입력된 지형지물코드와 속성정보는 GPS로부터 획득된 위치정보와 함께 MS Access 데이터베이스 형식(MDB)으로 저장된다.

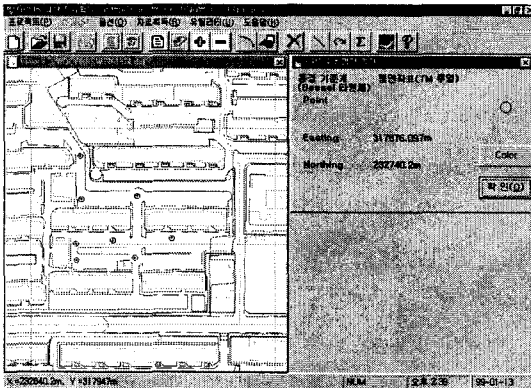


그림 2.12 GPS 결과 (그래픽 & 좌표판넬)

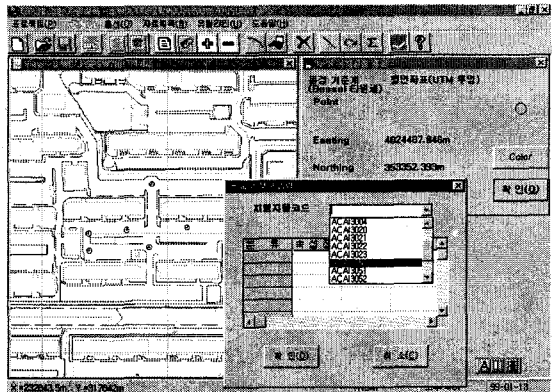


그림 2.15 지형지물코드 및 속성정보 입력

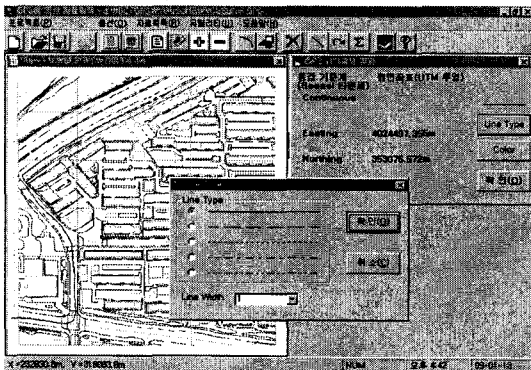


그림 2.13 GPS 결과에 대한 LineType 설정

### 3. 적용 실험

본 연구에서 구축한 GPS Lap-top Computer System를 이용한 지형정보 획득 실험을 위해 일반 GPS와 실시간 DGPS 측량을 실시했으며, 실시간 DGPS를 위한 보정자료는 실험지역에 설치된 고정점을 통해 전송되었다.

그림 3.1과 그림 3.2은 각각 임의의 시간에 대한 일반 GPS와 실시간 DGPS의 편차를 보인것이다.

일반 GPS의 경우, SA에 의한 오차 영향을 받게 되며, 본 실험을 실시한 시간대에는 Static 측량 결과와 수평성분에서  $\pm 30.854m$ , 수직성분에서  $\pm 29.093m$ 의 편차를 보였으며, 이러한 오차의 주된 요인은 SA에 의한 오차인 것으로 판단된다.

또한 실시간 DGPS의 경우엔 수평성분에서  $\pm 0.166m$ 와 수직성분  $\pm 0.301m$ 의 표준편차로 3차원 성분에 대해  $\pm 0.37m$ 의 표준편차를 보여 코드에 의한 의사거리를 보정함으로써 상당한 정확도 향상을 기할 수 있었다.

이상의 정확도 실험을 토대로 대전시 월평동 일대

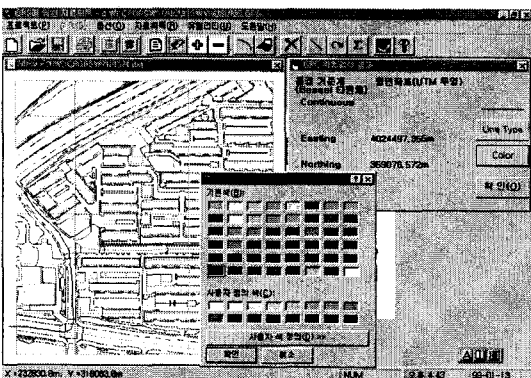


그림 2.14 GPS 결과 표현을 위한 Color 설정



의 1:1,000 수치지도를 대상으로 실시간 DGPS 기법을 적용하였다. 1:1,000 수치지도에 대한 실시간 DGPS의 경우, 차량 주행에 있어서 정확한 차선구분이 가능했으며, 아파트 단지내 시설물들에 대한 정확하고 신속한 정보를 획득할 수 있었다. 그림 3.3은 차량주행과 아파트 단지내에서 획득한 GPS 결과를 나타낸 것이다.

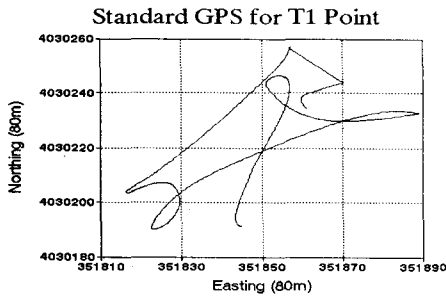


그림 3.1 Standalone(Standard) GPS

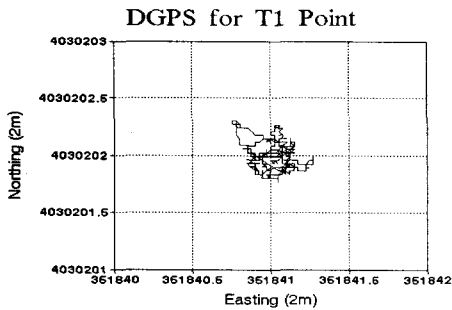


그림 3.2 실시간 DGPS

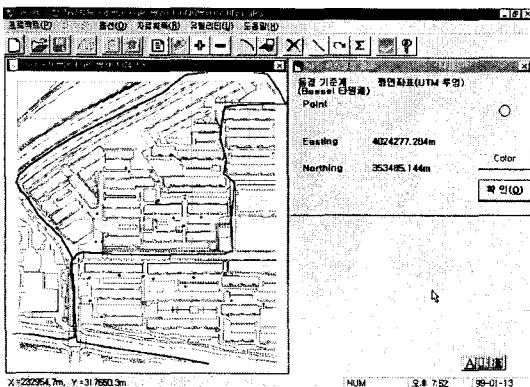


그림 3.3 실시간 DGPS 결과

#### 4. 결 론

본 연구에서는 저렴한 GPS 수신기를 이용하여 GPS Lap-top Computer System을 구축하였으며, 이를 이용한 지형공간정보의 획득, 입력 및 수정방안의 효율성을 제시하였다.

1. GPS Lap-top Computer System 구축을 위해 GPS 수신기와 휴대용 컴퓨터간의 인터페이스 모듈을 구성함으로써 GPS 응용 시스템 개발을 위한 기반을 구축하였다.
2. GPS 관측자료만을 이용한 일반 GPS, GPS 관측자료 및 보정자료를 이용하는 실시간 DGPS 모듈을 구현하고, 실시간 좌표변환 모듈을 구축함으로써 GIS 자료구축을 위한 GPS 수신기 활용 가능성을 제시하였다.
3. 수치지도(DXF)의 입력, 수정, 저장 모듈과 위치정보 및 속성정보의 입력 모듈을 개발함으로써 사용자 측면의 GUI가 강화된 GPS Lap-top Computer System을 개발하였다.
4. GPS Lap-top Computer System의 적용실험 결과, 실시간 DGPS와 Static GPS의 편차가 수평성분에서  $\pm 0.166m$ , 수직성분에서  $\pm 0.301m$ 로 GIS 구축을 위한 지형공간정보 획득에 적합함을 알 수 있었다.

향후, 본 연구에서 개발한 GPS Lap-top Computer System에 반송파 위상을 이용한 RTK(Real-Time Kinematic) 모듈을 추가한다면, 현황측량, 지적측량은 물론 각종 응용분야의 확대를 기할 수 있을 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 과학기술부에서 시행한 특정연구개발사업(과제번호: 97-NI-01-02-A-01)에 관한 연구비 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. Trimble, "Lassen-SK8™ Embedded GPS Module

- System Designer Reference Guide", Trimble Navigation.
2. Rockwell, "Zodiac GPS Receiver Family Designer's Guide", Order No. GPS-35, 1996, Rockwell.
  3. John Michael Nolan, "Development of a Navigation System Utilizing GPS in a realtime, differential mode", UNISURV S-40, 1990, Report from School of Surveying.
  4. Bertrand Merminod, "The Use of Kalman Filters in GPS Navigation", UNISURV S-35, 1989, Report from School of Surveying.
  5. RTCM Special Committee, "RTCM Recommended Standards for Differential Navstar GPS Service", RTCM Special Committee No. 104.
  6. Zhu Huatong, Lu Zhiping, "Problems and Accuracies concerning the Establishment of Transformation formulas between the Terrestrial Geodetic System and the Transit Satellite System", Proceedings of Fourth International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System, 1986, Vol. I, pp. 197-207.
  7. Little, Donn Aaron, M.S. "Testing a Global Positioning System Orthometric Height Determination Algorithm", California State University, Fresno, 1989.
  8. 강준목, 신봉호, 김홍진, 최종현, "좌표변환 정확도 향상을 위한 Bessel 지오이드고에 관한 연구", 한국 지형공간정보학회지, 제2권, 제2호, pp.143~151, 1994.
  9. 강준목, 윤희천, 정용식, 최종현, "GPS 관측자료의 실시간 보정에 따른 위치 결정", Proceedings of GPS Workshop, 587~593, 1996.