

지적측량을 위한 GPS 자료처리 S/W 개발

Development of a GPS Data Processing S/W for Cadastral Survey

우인제¹⁾ · 이종기²⁾ · 김병국³⁾

Woo, In Je · Lee, Jong Gi · Kim, Byung Guk

¹⁾ 인하대학교 대학원 지리정보공학과 석사과정(E-mail:niceje@yahoo.com)

²⁾ 인하대학교 대학원 지리정보공학과 박사과정(E-mail:g2021543@inhavison.inha.ac.kr)

³⁾ 인하대학교 공과대학 환경토목공학부 교수(E-mail:byungkim@inha.ac.kr)

Abstract

Research that establish new cadastral survey model that use GPS to introduce GPS observation technique in cadastral survey and research that develop connection technologies are gone abuzz. The purpose of this research is to keep in step in such trend and grasp present condition and performance of surveying connection to common use GPS data processing software, and analyze data processing algorithm, and develop suitable GPS data processing software in our real condition regarding GPS data processing and result of control point calculation. This research studies analysis common use software and error occurrence by data processing method that college and company have. Also, It analyzes algorithm that is applied to existing GPS data processing software. After that we study algorithm that is most suitable with cadastral survey and then develop cadastral survey calculation software for new cadastral control points

1. 서 론

GPS의 효율적 활용을 위하여 세계좌표계의 도입이 진행되고 있는 등 측량분야에 큰 변화가 예상된다. 현재 여러 연구기관에서는 지적 분야에 각종 실험측량을 통하여 GPS 측량기법의 활용범위 및 적용 방법을 파악하고, 이를 바탕으로 GPS 측량작업규정(안)을 작성하여 지적측량에도 GPS를 활용할 수 있는 기초가 마련되고 있다. 이제는 GPS 상시관측소를 기본 축으로 하는 GPS 지적기준망의 구축과 이를 이용한 지적측량의 실현을 위한 기술적·제도적 기틀을 확립해야 할 시점에 있다. 따라서 GPS를 이용해 우리 실정에 적합한 지적측량계산 소프트웨어의 개발이 필요하게 되었다.

본 연구에서는 Trimble, Leica, Sokkia, Ashtech, Topcon 등 대표적 GPS 측량 메이커의 상용처리 소프트웨어에 대한 기능을 비교·분석하였다. 기능 분석은 실제 관측을 통하여 기선 해석, 좌표 변환, 망 조정 등의 수치실험을 수행하고 GPS 관측자료 처리의 정확도 향상을 위한 방법을 제시한다.

또한 상용 GPS 자료처리 소프트웨어 기능과 알고리즘 분석을 통하여 새로운 지적기준점 성과 산출을 위한 지적측량 성과 계산 소프트웨어를 개발하는 것을 목적으로 한다.

2. 상용 GPS 자료처리 소프트웨어 기능 분석

국내·외의 전문 업체, 기관(대학)이 보유하고 있는 상용 소프트웨어 현황 분석 및 자료 처리 방법에 따른 오차 발생을 연구하여 기선 해석, 망 조정, 좌표 변환 등의 관련된 전문 소프트웨어 기능을 비교 분석하였다.

표 1. 소프트웨어별 기능 비교·분석

(상태 : ● 상, ◎ 중, ○ 하)

구분		GUI 지원	RINEX 포맷입력	Static & Kinematic	기선해석 및 망 조정	좌표 변환	Report	Export
Trimble	GPSurvey Ver 2.35	○	●	●	●	●	○	◎
	Trimble Geomatics Office Ver 1.50	●	●	●	●	◎	●	●
Leica	SKI-Pro Ver 2.5	●	●	●	●	◎	◎	●
Sokkia	Spectrum Survey Ver 3.23	●	●	●	●	◎	◎	●
Ashtech	Ashtech Solution Ver 2.0	●	●	●	●	◎	◎	◎
Topcon	Pinnacle Ver 1.0	●	●	●	◎	◎	●	●

3. 자료처리 소프트웨어 개발

기존 GPS 측량 소프트웨어에 적용된 기능 및 알고리즘을 분석하여 지적성과계산에 필요한 최적 알고리즘을 도출하였다. 본 연구의 자료 처리 소프트웨어의 구조는 자료 입력, 자료 처리(기선 해석, 망 조정), 좌표 변환, 자료 변환, PBLIS 연계 등 모두 5개의 모듈로 이루어져 있다.

3.1 자료 입력

상용소프트웨어의 대부분이 제작사 고유 포맷과 공통 포맷인 RINEX 포맷을 함께 입력받을 수 있게 설계하였으나, 제작사 고유 포맷은 해당 제작사에서 공개하지 않은 이상 그 포맷을 분석할 수 없기 때문에 RINEX 포맷을 입력 포맷으로 하였다.

3.2 자료 처리

3.2.1 기선 해석

기선 해석의 방법에는 의사거리를 이용한 자료처리와 반송파 위상을 이용한 자료처리가 있으며 본 연구에서는 반송파 위상을 이용한 자료처리를 수행하였다.

여기서 위성과 안테나 사이의 파장 수를 헤아리지 못하는데 이를 미지정수(Integer ambiguity)라고 하고, 이것의 정확한 결정이 자료처리의 정확도를 좌우한다. 차분법(Differencing) 기술을 이용하여 미지정수를 결정할 수 있고, 다양한 오차를 제거할 수 있다.

기존의 기선 해석 프로그램은 $\pm 3\sigma$ 범위에서 미지정수 후보들을 검색 하였으나 본 연구에서는 4-Measurement Filter를 이용하여 최적의 미지정수 후보들을 도출한 뒤에 Wide-lane Filter, Iono Filter 등을 사용하여 검색공간을 획기적으로 줄였다.



그림 1. 기선해석 흐름도

3.2.2 망 조정

망 조정을 위하여 최소제곱법을 적용한다. GPS망은 3차원이므로 기선, 측점 하나당 관측방정식이 3개가 구성된다. 따라서 다음과 같은 A, X, L, V, W 매트릭스를 구성할 수 있다.

$$\begin{matrix} X \\ 3n \times 1 \end{matrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \\ X_B \\ Y_B \\ Z_B \\ \vdots \\ \vdots \\ X_n \\ Y_n \\ Z_n \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} L \\ 3m \times 1 \end{matrix} = \begin{bmatrix} \Delta X_{AB} \\ \Delta Y_{AB} \\ \Delta Z_{AB} \\ \Delta X_{BC} \\ \Delta Y_{BC} \\ \Delta Z_{BC} \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta X_{nm} \\ \Delta Y_{nm} \\ \Delta Z_{nm} \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} V \\ 3m \times 1 \end{matrix} = \begin{bmatrix} V_{\Delta X_{AB}} \\ V_{\Delta Y_{AB}} \\ V_{\Delta Z_{AB}} \\ V_{\Delta X_{BC}} \\ V_{\Delta Y_{BC}} \\ V_{\Delta Z_{BC}} \\ \vdots \\ \vdots \\ V_{\Delta X_{nm}} \\ V_{\Delta Y_{nm}} \\ V_{\Delta Z_{nm}} \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} A \\ 3m \times 3n \end{matrix} = \begin{bmatrix} a_{1,1} & \cdots & \cdots & \cdots & a_{1,3n} \\ \vdots & & & & \vdots \\ \vdots & & & & \vdots \\ \vdots & & & & \vdots \\ a_{3m,1} & \cdots & \cdots & \cdots & a_{3m,3n} \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} W \\ 3m \times 3m \end{matrix} = \begin{bmatrix} w_1 & & & & 0 \\ & w_2 & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & w_{3m-1} & \\ 0 & & & & w_{3m} \end{bmatrix}$$

위와 같이 구성된 매트릭스를 이용하여

$$AX = L + V \tag{1}$$

의 관측방정식을 구성한다.

또한 관측방정식을 이용하여 정규방정식을 구성한 다음 해를 구할 수 있다.

$$\therefore A^T W A X = A^T W L \tag{2}$$

$$\therefore X = (A^T W A)^{-1} (A^T W L) \tag{3}$$

해를 구한 후에는 통계적 검증을 실시한다. 불량 값이 존재한다면 이 값을 제거 후 반복계산을 실시한다.

3.3 좌표 변환

본 연구에서 사용될 좌표계는 3가지로 분류될 수 있다. 우선 GPS 측량을 통해 얻어질 3차원 지심직각좌표계(ECEF Coordinate System), 그리고 경위도와 표고로 표현될 수 있는 경위도좌표계(Geodetic or

Geographical Coordinate System), 마지막으로 TM 투영법을 이용한 평면직각좌표계이다.

3.4 자료 변환

관측한 자료를 좌표변환을 통해 현행의 좌표체계로 변환한 자료는 텍스트 형태로 되어 있다. 이 자료를 다른 3D 프로그램들과의 data 호환을 위해 표준 DXF (Release 12) Format으로 자료 변환이 필요하다. 또한 본 연구의 목적에 맞추어 지적도 파일 포맷으로의 변환도 가능하게 하였다.

DXF 파일의 특징은 파일 구조가 아스키(ASCII)문자로 구성되어 일반적인 텍스트 편집기로도 내용 확인과 수정이 가능하다는 점이지만 파일의 용량이 상당히 커지는 다점도 가지고 있다.

표준 DXF 파일은 4개의 섹션(section)과 1개의 END OF FILE marker로 구성되어있다. 지적도 DXF 파일 포맷은 기존의 DXF 파일 포맷에 새로운 블록을 추가시킨 형태의 파일이다.

3.5 PBLIS 연계

GPS 측량을 이용한 지적기준점 성과계산 소프트웨어를 필지중심 토지정보시스템(PBLIS)에 연계할 수 있는 모듈은 지적측량 프로그램 중 관측방정식해법 모듈뿐이다. 따라서 GPS 자료처리 결과를 관측방정식해법 모듈의 파일형식으로 바꿔주어야만 한다. 하지만 이 모듈의 형식은 GPS 데이터와는 달리 2차원의 형식을 나타내고 있어 PBLIS 연계 모듈을 구현하기 위해서는 PBLIS의 수정이 필요하다고 본다.

4. 통합 소프트웨어 구성

통합소프트웨어는 CGPSApp, CGPS- Builder의 2개의 모듈로 구성되어 있고 각 모듈의 기본적인 기능은 다음과 같다.

CGPSApp는 GPS 자료처리를 위하여 개발되었으며, CGPSBuilder는 처리된 결과를 저장하고 관리하기 위한 프로그램이다.

- CGPSApp : 자료처리(기선해석, 망 조정, 좌표변환, 자료변환 등) 모듈
- CGPSBuilder : 효율적인 GPS 자료처리를 위한 GPS 자료의 DB화 모듈

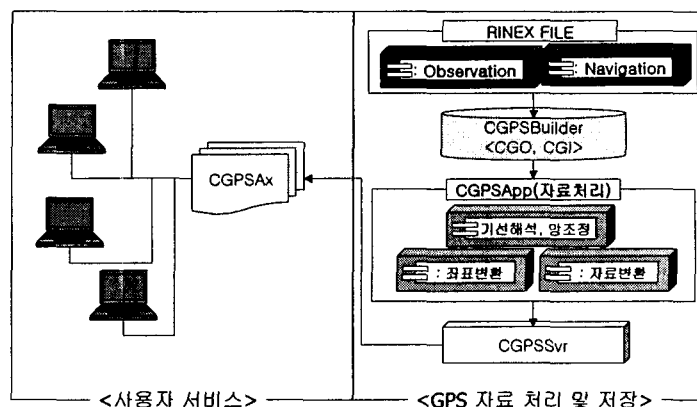


그림 2. 컴포넌트 기반의 CGPS 구성도

4.1 CGPSApp

CGPSApp는 기선 처리, 망 조정, 좌표 변환, 자료 변환 등 GPS 자료처리 기능을 수행한다. 각각의 기능은 컴포넌트 모듈로 개발되어 모듈의 인터페이스(Interface)만을 노출한다. 사용자는 인터페이스를 이

용하여 데이터를 입력한 후 결과를 얻을 수 있고, 각 모듈을 원하는 프로그램에 붙일 수 있다.

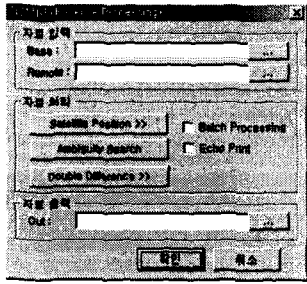


그림 3. 기선 처리



그림 4. 망 조정

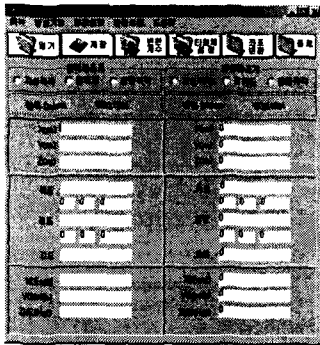


그림 5. 좌표 변환

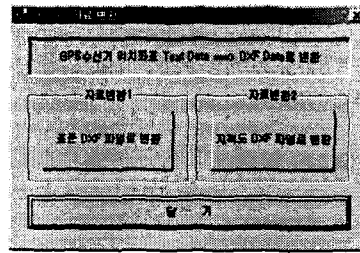


그림 6. 자료 변환

4.2 성능 평가

기선 해석, 망 조정 결과를 확인하기 위하여 GPSurvey 2.35를 사용하였다. 기선처리 결과의 정확도를 비교하고자 상시관측소 데이터를 사용하였다. 상시관측소 데이터 중에서 비교적 중기선인 수원에서 서울까지의 GPS 데이터를 이용하였다. 수원에서 서울까지의 기선길이는 39.373km 이고, 1시간미만의 관측 데이터를 사용하였다. 표2에서 보는 바와 같이 기선처리 결과는 GPSurvey와 ECEF좌표계로 약 4cm이하의 결과가 도출되었다.

표 2. 기선 처리 결과

		GPSurvey 2.35			CGPSApp		
WGS 84	위도	37	37	46.9147	37	37	46.9143
	경도	127	04	47.0306	127	04	47.0313
	타원 체고	58.543			58.532		
ECEF	X	-3049402.746			-3049402.774		
	Y	4034999.379			4034999.357		
	Z	3873010.246			3873010.212		

또한 기선 거리에 따른 기선 처리 결과는 기선 길이가 30km 이내의 지역에서는 GPSurvey와의 차이가 2cm이하의 결과를 보였으나, 30km 이상의 기선 거리에서는 약 4cm의 오차가 증가함을 보였다. 이것은 중기선으로 갈수록 이온효과(Iono effect)가 커지기 때문이다. 망 조정도 GPSurvey와 비교한

결과 좌표값의 차이가 2cm이하로 나타났다.

좌표 변환 모듈의 경우는 국토지리정보원의 NGI-Pro ver1.6과 비교한 결과 경위도 좌표계에서 위도는 약 2cm, 경도는 0.3cm의 차이를 보였다.

4.3 CGPSBuilder

CGPSBuilder는 다량의 GPS 자료를 효율적으로 처리하기 위하여 파일 형식의 DB로 저장하는 모듈이다. CGO(Cadastral GPS Object)파일 형식으로 저장하는 이유는 GPS 자료(RINEX File)는 ASCII 형식이므로 이진(Binary) 파일로 저장하면 용량이 크게 감소된다.

또한, 대용량의 GPS 데이터를 효율적으로 검색 및 관리하기 위하여 CGI (Cadastral GPS Index) 인덱스를 사용한다. CGI는 인덱스(R* Tree 방식)를 이용하면 자료 입출력 속도 및 전체 처리속도를 향상시킬 수 있다.

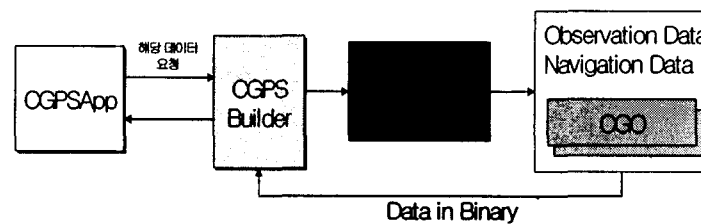


그림 7. CGPSBuilder 개요

5. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 국내외 측량 관련 상용 GPS 자료처리 소프트웨어의 기능을 분석하고, 자료처리 알고리즘을 도출하여 지적기준점 성과계산을 위한 GPS 자료처리 소프트웨어를 개발하였다.

개발된 소프트웨어는 기존의 도해적 지적측량방법을 탈피하여 보다 정확한 위치정보를 가진 GPS 측량을 이용한다는 장점이 있지만 자료처리 과정에서 발생하는 오차를 제거하기 위해서는 지속적인 관리가 필요하다.

향후 연구과제로는 개발한 성과계산 소프트웨어를 이용하여 인터넷상에서 GPS 데이터를 교환하고, 모바일(Mobile) 환경 하에서 지적성과를 확인할 수 있는 소프트웨어 개발에 관한 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

- 김동현, "실시간 GPS 정밀측량을 위한 이동 중 위치결정에 관한 연구", 1997.
- (주)지오시스템, "GPSurvey Software User's Guide", 1998.
- 지적기술연구원, "좌표변환, 평면거리계산 S/W 개발", 1998
- 행정자치부, "GPS 지적측량기법 개발에 관한 연구", 2002.
- 강인준, 최종봉, 박재하, 최현, "위성측량을 이용한 지적기준점 정확도 분석", 한국측량학회지, 제 20권 제1호, 2002.
- Jay Kwon, "GPS/INS Integration for Mobile Mapping System", 2001.
- 좌표변환 알고리즘 <http://www.gis815.re.kr/GISDB>
- 국토지리정보원 <http://www.ngi.go.kr>
- 한국천문연구원 GPS연구그룹 <http://www.gps.re.kr>