

GPS 측량자료 현장확인을 위한 S/W 개발

Development of Software to Verify GPS surveying result in Field

조 영 포, 김 병 국**
YoungPo Cho, ByungGuk Kim**

*인하대학교 지리정보공학과(Tel:032-865-5110; Fax:032-863-1506;
E-mail:cho_y_p@hanmail.net)

**인하대학교 지리정보공학과(Tel:032-860-7603; Fax:032-863-1506;
E-mail:byungkim@inha.ac.kr)

要 旨

현장에서 GPS 측량을 하였을 때 그 측량성과를 처리할 수 있는 장소로 이동을 한 후 측량결과를 확인해야 하며, 만약 측량이 잘못 되었다는 결과가 나오면 재 측량을 해야하는 상황이 발생한다. 이와 같은 경우가 생기면, 계획했던 시간과 경비의 소요가 더 많아지게 되므로 작업의 손실이 생기는 것은 당연하다. 본 연구에서는 이러한 작업의 손실을 최소화하기 위한 방법으로 GPS 측량을 한 현장에서 바로 측량성과의 가용성 여부를 결정해 줄 수 있는 소프트웨어 개발을 연구하였다.

1. 서론

2000년 5월 1일 백악관에서 미국의 GPS 오차 중 민간 부문에 의도적으로 포함시켰던 SA(Selective Availability)를 제거하기로 결정함에 따라 군에서 사용하는 것과 같은 보다 정밀한 위치 정보를 수신할 수 있게 되었다. 따라서 현재의 GPS 측량기술은 기존의 측량기법에 비해 신속하고 경제적으로 정확한 관측자료를 획득할 수 있는 장점을 가지게 되는 반면, GPS 관측자료의 성과를 현장에서 직접 확인할 수 없고 후처리 해야하는 문제점을 가지게 되었다. 그러므로 현장 관측자가 대상지역에 대한 측량성과를 후처리 이전에 확인할 수 있는 소프트웨어의 개발을 통해 이런 문제점을 극복하고자 하였다.

본 연구는 GPS 측량성과를 현장에서 확인하고 그 가용성을 점검할 수 있는 소프트웨어를 개발하는 것이 그 목적이다. 개발된 소프트웨어는 현장 작업자가 GPS 측량성과를 현장에서 직접 확인할 수 있고, 기존의 DGPS와 기선처리기법처럼 후처리를 하지 않고도 측량성과에 대한 가용성 검사를 할 수 있다. 이로서 측량작업의 경제성과 신속성을 획득할 수 있다.

2. 소프트웨어 개발

2.1 GPS 수신기 위치계산 모듈

현장에서 측량한 GPS 측량데이터를 자료 처리 공통포맷인 RINEX (Receiver

INdependent EXchange format) 포맷을 이용하여 측량점의 위치좌표를 계산하는 모듈로서, 계산된 관측점의 위치좌표는 WGS84 Datum에 ECEF(Earth Centered Earth Fixed ; 지심직각) 좌표계를 가진다. RINEX data 중 Navigation data에 저장되어 있는 방송력(Broadcast Ephemeris) 정보를 이용하여 위성의 위치를 계산하고, Observation data에 있는 정보들을 적용하여 최소제곱법으로 관측점의 위치를 계산한다.

2.1.1 GPS 수신기 위치계산 알고리즘

GPS 수신기의 위치계산 알고리즘은 최소제곱법(Least Square Method)에 의한 위치계산 알고리즘을 이용하였다. 최소제곱법을 통하여 위치계산을 할 때 오차벡터를 v , 측정값 벡터를 y , 측정값 행렬을 H 라고 하면 관측방정식은 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned} y &= Hx + v \\ v &= y - Hx \end{aligned} \quad (1)$$

여기서,

$$y_{n \times 4} = \begin{bmatrix} \tilde{\rho}_1 - \rho_1^* - \tau^* - \tau_1 \\ \tilde{\rho}_2 - \rho_2^* - \tau^* - \tau_2 \\ \vdots \\ \tilde{\rho}_n - \rho_n^* - \tau^* - \tau_n \end{bmatrix}$$

$$H_{n \times 4} = \begin{bmatrix} -\frac{(x_1-x^*)}{\rho_1^*} & -\frac{(y_1-y^*)}{\rho_1^*} & -\frac{(z_1-z^*)}{\rho_1^*} & 1 \\ -\frac{(x_2-x^*)}{\rho_2^*} & -\frac{(y_2-y^*)}{\rho_2^*} & -\frac{(z_2-z^*)}{\rho_2^*} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -\frac{(x_n-x^*)}{\rho_n^*} & -\frac{(y_n-y^*)}{\rho_n^*} & -\frac{(z_n-z^*)}{\rho_n^*} & 1 \end{bmatrix}$$

$$\hat{x} = [\Delta x \ \Delta y \ \Delta z \ \Delta \tau]^T$$

이고,

$\rho_i^* = \sqrt{(x_i-x^*)^2 + (y_i-y^*)^2 + (z_i-z^*)^2}$, Δx , Δy , Δz , $\Delta \tau$ 순서대로 x오차, y오차, z오차에 대한 증분 및 시각오차에 대한 증분이다.

J를 최소화하는 값으로 \hat{x} 을 정하면,

$$\min J = \frac{1}{2} v^T v \quad (2)$$

$$\hat{x} = (H^T H)^{-1} H^T y \quad (3)$$

식(3)으로부터 구한 \hat{x} matrix의 요소 값을 조건을 만족할 때까지 반복 계산하여 GPS 수신기의 위치좌표 값을 구하는 것이 최소제곱법에 의한 위치계산 방법이다.

2.1.2 GPS 수신기 위치계산 전체 흐름도

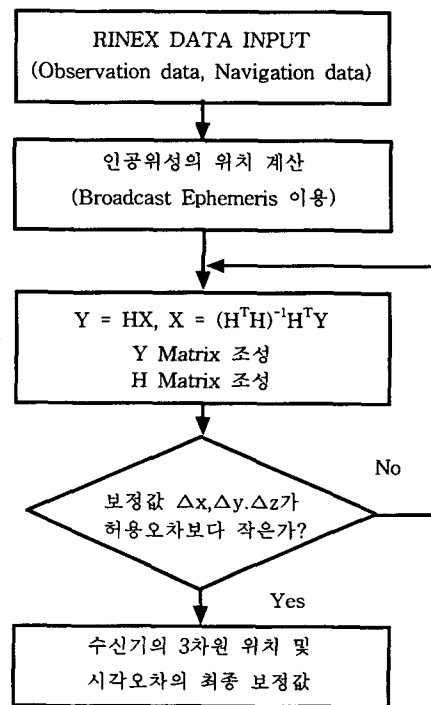


그림 1. GPS 수신기 위치계산 전체 흐름도

2.1.3 GPS 수신기 위치계산 폼

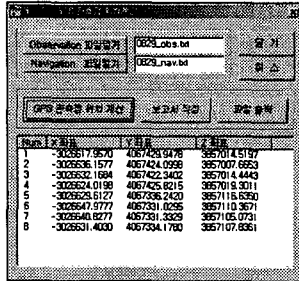


그림 2. GPS 수신기 위치계산 폼

2.2 좌표 변환 모듈

관측된 WGS84 타원체와 지심직각 좌표계를 현행의 좌표체계에 맞는 Bessel(TOY-B1) 타원체와 평면직각 좌표계로 변환 해 주는 모듈로서, 각 사용자의 목적에 맞게 다양한 타원체와 좌표계로 변환 할 수도 있다.

2.2.1 타원체 변환 알고리즘

타원체 변환법은 7-좌표변환계수법, Molodensky 변환법, 회귀다항식(MRE) 변환법 등이 있는데, 본 프로그램에서는 7-좌표변환계수 변환법을 적용하여 타원체 변환을 하였다.

7-좌표변환계수법에서 사용한 좌표변환계수모델은 Bursa-Wolf 모델로서 아래와 같다.

- ① 원점의 일치성을 위한 평행이동시 필요한 원점이동 3성분 ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$)
- ② 좌표축의 방향일치를 위해 각축을 순서대로 회전시킨 회전이동 (W_x, W_y, W_z)
- ③ 두 좌표계간의 축척변환 (ΔS)

7-좌표변환계수를 이용하여 현행좌표계

(Bessel)와 WGS84 좌표계의 변환을 행렬식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} + (1 + \Delta S) \times \begin{pmatrix} 1 & W_z & -W_y \\ -W_z & 1 & W_x \\ W_y & -W_x & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} X_W \\ Y_W \\ Z_W \end{pmatrix}$$

2.2.2 좌표계 변환 알고리즘

본 프로그램에 사용된 좌표계 변환법은 지심직각좌표계에서 경위도좌표계로의 변환과 경위도좌표계에서 평면직각좌표계로 변환하는 알고리즘이 사용되었고, 그 역변환도 가능하다.

2.2.3 좌표변환 전체 흐름도

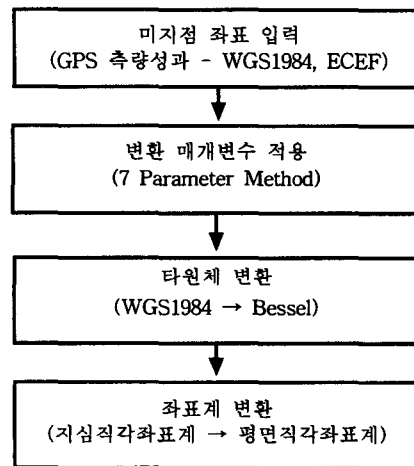


그림 3. 좌표변환 전체 흐름도

2.2.4 좌표변환 폼

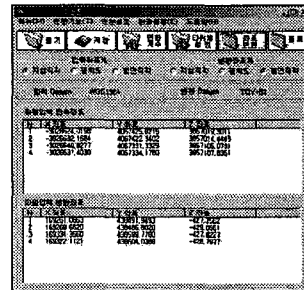


그림 4. 좌표변환 폼

2.3 자료변환 모듈

관측한 자료를 다양한 그래픽 프로그램에서 사용할 수 있게 표준 DXF(R12) 파일로 변환을 해주고, 또한 지적도DXF 파일로도 변환이 가능한 모듈로서, 자료의 호환성을 위해 필요하다.

2.3.1 DXF 파일 구조

DXF 파일은 다음과 같은 4개의 섹션(Section)과 1개의 END OF FILE marker 로 구성되어 있다.

- Header Section
- Tables Section
- Blocks Section
- Entities Section
- End Of File (EOF)

2.3.2 자료변환 흐름도

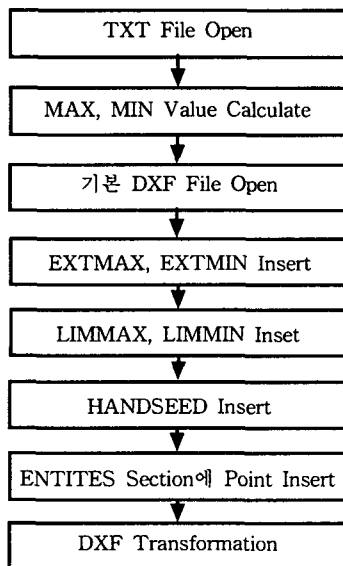


그림 5. 자료변환 전체 흐름도

2.3.3 자료변환 폼

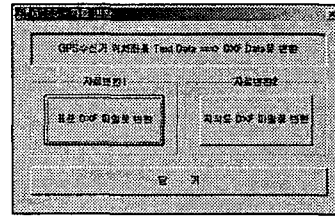


그림 6. 자료변환 폼

2.4 DXF 뷰어 모듈

관측자료(텍스트형태)나 수치지형도 파일을 화면에 표현 해주는 모듈로서 GPS 측량성과의 정확도를 시각적으로 보여 줄 뿐만 아니라, 측량성과의 가용성을 검사 할 수 있게 하였다.

2.4.1 DXF Viewer 흐름도

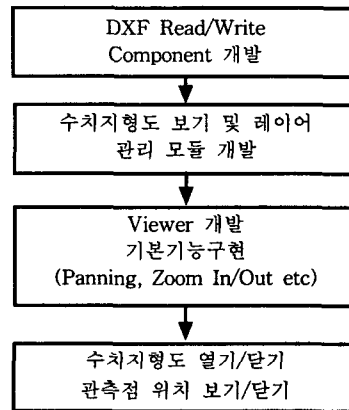


그림 7. DXF Viewer 흐름도

2.4.2 DXF Viewer 폼(프로그램 메인 폼)

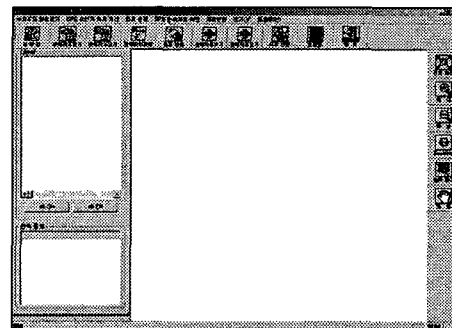


그림 8. DXF Viewer 폼

3. 실험 및 실험 결과

필드 테스트의 장소는 인하대학교 본관 앞 분수대이고 사용장비는 Trimble 4700set, 4800set, 노트북, 그리고 TSC1을 사용하였다. 측량방법은 신속정지측량(fast static)으로 한 점마다 20분씩 모두 4점을 관측하였다. 측량한 결과는 1/1,000 수치지형도와 비교하였다.

3.1 필드테스트

신속정지측량(fast static)방법으로 한 점당 20분씩 모두 4점을 관측하였고, 현장에서 GPS 수신기와 노트북을 연결하여 관측 자료의 down 및 RINEX 포맷 변환을 통해 자료를 처리할 수 있는 환경을 만든 후 자료 처리, 그 결과를 계산하였다. 이때에 계산된 결과는 DGPS 처리를 하지 않은 GPS 단독측위 측량결과이다.

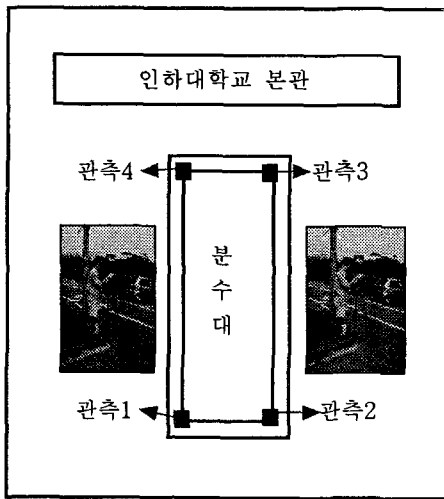


그림 9. 필드 테스트 장소

3.2 필드 테스트 결과

표 1은 단독측위 방법으로 구한 GPS 측

량성과를 처리하여 1/1,000 수치지형도와 비교한 결과값이고, 표 2는 GPS 측량성과를 DGPS처리하여 비교한 결과값이다. 이 실험을 통해 단독측위 방법으로 관측한 자료의 오차가 7m 이내이면 그 값을 DGPS 처리하면 수십 cm ~ 수 cm까지 오차가 줄어든다는 것을 알 수 있다.

표 1. 1/1,000 수치지형도와 실험 결과값 비교 (TM 좌표계, 단위 : meter)

관측점		1/1,000 수치지형도	필드테스트 결과값	오차	RMSE
1	X	169259.2858	169261.0653	-1.7795	-5.0708
	Y	438487.2010	438491.9493	-4.7483	
2	X	169267.4629	169269.6620	-2.1991	-4.6658
	Y	438482.6870	438486.8020	-4.115	
3	X	169328.1058	169331.3560	-3.2502	-6.9890
	Y	438593.5907	438599.7780	-6.1873	
4	X	169320.0501	169322.1121	-2.0620	-6.5948
	Y	438597.7748	438604.0389	-6.2641	

표 2. 1/1,000 수치지형도와 DGPS처리 결과값 비교 (TM 좌표계, 단위 : meter)

관측점		1/1,000 수치지형도	DGPS처리 결과값	오차	RMSE
1	X	169259.2858	169259.3680	-0.0622	-0.2438
	Y	438487.2010	438487.4367	-0.2357	
2	X	169267.4629	169267.5497	-0.0868	-0.2257
	Y	438482.6870	438482.8953	-0.2083	
3	X	169328.1058	169328.2113	-0.1055	-0.3427
	Y	438593.5907	438593.9160	-0.3261	
4	X	169320.0501	169320.1152	-0.0651	-0.3978
	Y	438597.7748	438598.1672	-0.3924	

3.2.2 실험결과 화면표시

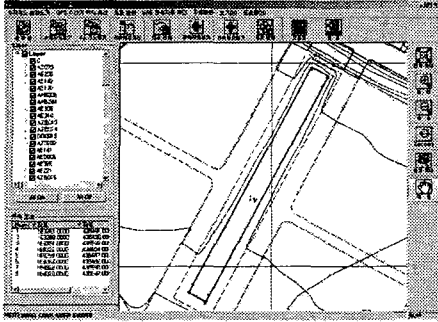


그림 10. GPS 측량성과 화면표시

4. 결론

본 연구에서 개발한 프로그램은 크게 4 가지 모듈로 분류할 수 있다. 첫 번째는 GPS 관측점의 위치좌표를 계산하는 “GPS 수신기 위치계산 모듈”, 두 번째는 GPS 관측점 위치좌표를 현행 좌표계로 변환하는 “좌표변환 모듈”, 세 번째는 자료의 호환을 위해 표준 DXF(R12) 파일 포맷으로 변환하는 “자료 변환 모듈”, 마지막으로 GPS 측량성과를 화면에 표시하는 “DXF 뷰어 모듈”로 분류한다.

본 연구에 사용된 수신기 위치계산방법은 최소제곱법을 이용한 단독측위 방법으로 C1 code와 L1, L2 주파수를 사용하였고, 현장에서 보여주는 측량의 정확도는 DGPS를 하지 않은 상태의 정확도이다. 따라서 현장에서 수meter 단위의 정확도만 보여도 DGPS처리를 하면 정확도가 수십 cm ~ 수 cm 단위로 낮아진다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과를 이용하여 현장에서 측량성과에 대한 가용성 검사를 할 수 있고, 또한 측량작업의 경제성과 신속성을 획득할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 정보통신부, “GPS 수신기 자료처리 소프트웨어 개발(I,II,III)에 관한 연구”, 1993, 1994, 1995.
2. 수치지형도작성작업규칙(건설교통부령 제17호), 1995
3. 대한지적기술연구원, “좌표변환, 평면거리계산 소프트웨어개발에 관한 연구”, 1998
4. James BAO-YEN, “Fundamentals of Global Positioning System Receivers A Software Approach”, 2000.
5. Mohinder S. Grewal, Lawrence R. Weill, Angus P. Andrews, “Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration”, 2001
6. The Global Positioning System and Inertial Navigation (1999, McGraw-Hill, Jay Farrell, Matthew Barth 공저)
7. Jay Farrell, Matthew Barth, “The Global Positioning System and Inertial Navigation”, 1999
8. Coordinate Systems and Map Projections 2nd edition (1992, PERGAMON PRESS, D.H.MALING 저)
9. GPS Theory and Practice (1992, springer Wien B.Hofmann-Wellenhof, H.Lichtenegger, and J.Collins)