

GPS 장기선 해석에 관한 기초 연구

A Study on the Long Baseline Processing for GPS Surveying

최윤수¹⁾ · 고준환²⁾ · 이기도³⁾

Choi, Yun Soo · Koh, June Hwan · Lee, Ki Do

Abstract

This study analyzed and compared the results of baseline processing by Bernese GPS software packages and by GPSurvey software respectively. Then it investigated considerations when very long baselines are processed. There are rarely differences which is accompanied by baseline length when it is processed by Bernese GPS software but there are somewhat differences in proportion to the baseline length when it is processed by GPSurvey software.

요 지

본 논문에서는 동일한 GPS 측량 데이터를 Bernese GPS 소프트웨어로 기선 해석한 결과와 범용 상용 소프트웨어로 기선 해석한 결과를 비교 분석하였으며 장기선 데이터 처리시 고려해야 할 사항들을 검토하였다. Bernese GPS 소프트웨어로 장기선 데이터 처리시 기선 거리에 따른 편차가 거의 없는데 비해 범용 상용 소프트웨어로 장기선 데이터 처리시에는 기선 거리에 비례하여 편차가 발생하였다.

핵심용어(Keywords) : GPS, 기선(Baseline), Bernese, GPSurvey, 편차(Difference)

1. 서 론

GPS 측량은 인공위성에서 송신된 신호를 지표면 상의 수신기가 수신하고 인공위성으로부터의 거리를 측정하여 사용자의 위치를 결정한다. GPS의 이용 초기에는 정밀도의 한계로 인해 그 이용 범위가 항법에 국한되어 있었다. 그러나 현재 GPS 측위 기법의 점진적인 발전으로 인해 고 정확도를 요구하는 정밀 측량 분야에도 GPS가 이용되고 있다.

국내에 GPS가 보급되어 정밀 측량 분야에 이용된 지도 이제 10년 이상이 흘렀으며 측지 측량 분야에서 삼각점 등의 정비를 위하여 GPS를 이용한 정밀 측량을 실시하고 있다.

GPS 측량 데이터를 처리하기 위한 방법과 이를 처리하기 위한 소프트웨어의 종류는 다양하다. 본 연구에서는 국가간, 대륙간의 장기선 GPS 데이터를 처리할 수 있는 BERNESE GPS 소프트웨어를 이용하여 처리한 결과와 범용 상용소프트웨어인 GPSurvey로 처리한 결과를, 비교

분석하여 장기선 데이터 처리시 고려해야 할 사항들을 파악하는데 그 목적이 있다.

2. GPS 오차

우주 공간의 GPS 위성으로부터 송신되는 신호는 지표면에 도달할 때 까지 여러 가지 요인에 의해 오차가 발생된다. 여기에는 GPS 위성의 궤도 오차, 지구 회전 영향에 의한 오차, 전리층 굴절 및 대류권 굴절에 의한 오차 등이 있다. 따라서 이러한 오차의 원인들을 어떻게 제거하느냐에 따라 GPS 위성을 이용하여 측위를 할 때 측위의 정도가 다르게 나타난다.

2.1 위성의 궤도 오차

GPS 위성으로부터 수신된 데이터에는 위성의 그 시점에서의 방송 궤도 정보를 포함하고 있다. 그리고 위성의

1) 정회원 · 서울시립대학교 지적정보학과 교수(E-mail:choiys@uos.ac.kr)
2) 정회원 · 서울시립대학교 지적정보학과 교수(E-mail:jhkoh@uos.ac.kr)
3) 정회원 · 서울시립대학교 도시과학대학원 석사과정, (주)지오시스템(E-mail:kdlee@geosys.co.kr)

표 1. 궤도 오차에 따른 기선 거리별 오차

궤도 오차 (m)	기선 길이 (km)	기선 오차 (ppm)	기선 오차 (mm)
25	1	1	1
25	10	1	10
25	100	1	100
25	1000	1	1000
2.5	10	.1	1
2.5	100	.1	10
2.5	1000	.1	100
.25	100	.01	1
.25	1000	.01	10
.05	100	.002	-
.05	1000	.002	.5

표 2. 궤도 유형 및 정밀도

궤도 유형	정밀도(m)	출처
Broadcast Orbit	3.0	방송 메시지, 실시간
IGS Predicted Orbit	0.25	IGS, 실시간
CODE Predicted Orbit	0.25	CODE, 실시간
CODE Rapid Orbit	0.10	CODE, 12시간 후
IGS Rapid Orbit	0.07	IGS, 24시간 후
IGS Final Orbit	0.05	IGS, 11일 후

궤도 정보에 따라 GPS 위성으로부터의 기하학적 거리와 실제 측정된 거리에는 오차가 발생된다. 따라서 기선 해석 시 기선 거리에 따른 오차가 발생하는데 다음과 같은 식으로 오차를 산정할 수 있다(Bauersima, 1983).

$$\Delta x \approx \frac{l}{d} \cdot \Delta X \approx \frac{l}{25000} \cdot \Delta X \quad (1)$$

여기서,

Δx = 기선 오차, (mm)

$d \approx 25000$ km

l = 기선 거리, (km)

ΔX = 궤도 오차, (m)

궤도 오차의 영향에 따른 기선 거리별 오차는 표 1과 같다(U. Hugentobler, S. Schaer, P. Fridez., 2001).

기선 해석시 이용할 수 있는 GPS 위성의 궤도 정보에 대한 출처와 정밀도는 표 2와 같다(U. Hugentobler, S. Schaer, P. Fridez, 2001).

2.2 지구 회전

지구 회전축은 극 운동(polar motion) 영향으로 지표면

을 따라 이동한다. 지구의 각 속도(angular velocity)는 조석 변형, 대기, 그리고 고체인 지구와 상호 작용하는 대양 작용(ocean interaction)에 따라 변화가 다양하다. 이 속도 변수는 Length of Day(LOD)로 표현되며 극 운동 및 LOD는 일반적으로 VLBI, SLR, 그리고 IGS에 의해 측정 및 계산된다. 이 세 가지 기법 모두 거의 동일한 수준의 정확도로 극 운동에 대하여 약 $20\mu s/day$ 나타낸다.

태양 및 달에 의해 영향을 받아 지구에 비틀림(torque)이 있게 되어 지구의 회전축이 관성 공간(inertial space)으로 이동하는데 이 영향을 세차운동 및 장동이라 한다.

지구 고정 좌표계에서 관성 좌표계로 변환하기 위해서는 극 운동, LOD, 세차운동, 장동이 요구되며 위성 측지 기술은 위성 궤도의 상관성에 기인하여 관성 공간에서의 지축의 위치를 결정할 수 없다. 그러나 한달 미만의 짧은 기간에서의 장동은 위성 측지 기술에 의해 결정될 수 있다.

이렇게 지구의 회전에 의해 발생하는 극 운동, LOD, 세차운동, 장동 등에 의한 변수 값은 IGS 망에 의해 결정되는 Earth Rotation Parameter(ERP)를 이용할 수 있다. 그리고 이 값을 이용하여 위성의 표준 궤도가 결정이 되는 것이다(U. Hugentobler, S. Schaer, P. Fridez, 2001).

2.3 전리층 굴절

전리층은 지구 대기권의 상층부로서 대략 지상 70 - 1000km에 위치해 있으며 GPS 위성에서 송신된 신호는 주로 전리층의 자유 전자 입자들에 의해 영향을 받아 지연되어 전파된다. 이 때 전리층의 상태는 단위 체적당 전자 수에서의 밀도인 n_e 로 표현되며 신호의 전파에 영향을 주는 전리층의 영향은 다음과 같은 식으로 표현될 수 있다.

$$E = \int_R^S n_e(s) ds \quad (2)$$

여기서, E 는 총 전자 상수(Total Electron Content)를 나타내며 이 값은 위성 S 와 수신기 R 사이의 신호 경로 s 를 따라 정렬된 $1m^2$ 의 횡단면을 지닌 회전 기둥에 포함된 자유전자의 총 수를 나타낸다. 그리고 전리층은 극초단파 신호를 분산시키는 매개체로 구성되며 이것은 GPS 신호에 대한 굴절률이 주파수에 종속된다는 것을 의미한다. 반송파 위상 측정에 대한 전리층 굴절 계수는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$n_f = 1 - \frac{an_e}{f^2} \quad (3)$$

여기서, a 는 상수, n_e 는 신호 전파 경로를 따르는 전자양

그리고 f 는 반송파를 나타낸다. 식 (2)를 고려하여 전체 전파 경로 s 를 따라 식 (3)의 적분은 위상 측정에 대한 전리층 굴절의 총 영향을 산출해 낸다.

$$\Delta \rho_I = \int_S (n_I - 1) ds = -\frac{aE}{f^2} \quad (4)$$

여기서, a 는 $4.03 \cdot 10^{17} \text{ms}^{-2} \text{TECU}^{-1}$ 이다. 식 (3), (4)는 굴절 $n_I - 1$ 을 표현하며 굴절 영향은 주파수의 제곱에 반비례한다. 2개의 주파수를 이용한다면 전리층 지연은 *ionosphere-free*라 불리는 L_3 선형 결합에 의해 제거될 수 있다(U. Hugentobler, S. Schaer, P. Fridez, 2001).

2.4 대류권 굴절

극 초단파 대역에서의 대류권 굴절은 주파수에 관계없으며 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\Delta \rho_{k, trop}^j = \Delta \rho_{i, hyd} \cdot m_{hyd, k}^j(z) + \Delta \rho_{k, wet} \cdot m_{wet, k}^j(z) \quad (5)$$

여기서,

$$\begin{aligned} \Delta \rho_{k, trop}^j &= \text{대류권 굴절량} \\ \Delta \rho_{i, hyd} &= \text{건조 지연량} \\ \Delta \rho_{k, wet} &= \text{습윤 지연량} \\ m_{hyd, k}^j &= \text{건조 맵핑 함수에 관계된 값} \\ m_{wet, k}^j &= \text{습윤 맵핑 함수에 관계된 값} \\ z &= \text{위성의 천정 각} \\ j &= \text{위성} \\ k &= \text{수신기} \end{aligned}$$

건조 지연은 건조 공기압과 부분적인 수증기압에 의해 발생되며 어느 순간의 높은 Zenith Path Delay(ZPD)의 변동은 물 분자와 함께 신호의 공명 작용에 기인한 습윤 지연에 의해 주로 발생된다(U. Hugentobler, S. Schaer, P. Fridez, 2001).

3. Bernese GPS 소프트웨어

Bernese GPS 소프트웨어는 GPS 위성의 정밀 궤도력을 이용할 경우 2,000km까지 Ambiguity Resolution(정수값 결정)이 가능하여 세계 측지망 등과 같은 장기선의 GPS 스테이션

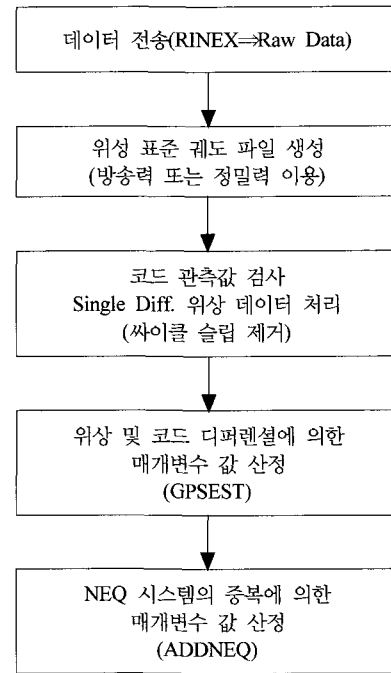


그림 1. Bernese 데이터 처리 개요

간의 데이터를 처리하는데 이용되기도 한다. 그리고 전리층 및 대류권의 모델링이 가능하여 이들을 추정할 수 있으며 지구 회전 매개변수에 대한 궤도의 결정과 추정이 가능하다.

현재 8개의 IGS(International GPS Service) 해석센터 중 하나인 CODE(Center for Orbit Determination in Europe)에서 Bernese GPS 소프트웨어를 이용하여 GPS 위성의 정밀 궤도력을 산정하고 있다.

Bernese GPS 소프트웨어에서 데이터 처리에 대한 흐름은 그림 1과 같다.

3.1 측정값의 선형 결합

기본적인 위상 또는 코드 측정값을 zero difference 또는 double difference를 이용하여 선형 결합을 하게 되는데 장기선을 처리하는 데에는 보통 L_3 선형 결합을 이용한다.

Double Difference 수식은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$L_{1kl}^{\ddot{i}} = \rho_{kl}^{\ddot{i}} - I_{kl}^{\ddot{i}} + \Delta \rho_{kl}^{\ddot{i}} + \lambda_1 n_{1kl}^{\ddot{i}} \quad (6)$$

$$L_{2kl}^{\ddot{i}} = \rho_{kl}^{\ddot{i}} - \frac{f^{2_1}}{f^{2_2}} I_{kl}^{\ddot{i}} + \Delta \rho_{kl}^{\ddot{i}} + \lambda_2 n_{2kl}^{\ddot{i}} \quad (7)$$

여기서, f 는 반송파의 주파수, I 는 L_1 반송파에 미치는 전리층의 영향이며 n 은 위상신호의 모호 정수 값을 나타낸다.

그리고 전리층 지연이 제거되기 때문에 “Ionosphere-free” 라 불리는 L_3 선형 조합은 다음과 같이 표현된다.

$$L_3 = \frac{1}{f_1^2 - f_2^2} (f_1^2 L_1 - f_2^2 L_2) \quad (8)$$

Double Difference 위상 측정값을 고려하여 식 (6), (7)에서의 대류권 굴절을 무시하면 L_3 선형 조합은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$L_{3kl}^{\ddot{}} = \rho_{kl}^{\ddot{}} + B_{3kl}^{\ddot{}} \quad (9)$$

여기서, $B_{3kl}^{\ddot{}}$ 는 ionosphere-free 바이어스이며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$B_{3kl}^{\ddot{}} = \frac{1}{f_1^2 - f_2^2} (f_1^2 \lambda_1 n_{1kl}^{\ddot{}} - f_2^2 \lambda_2 n_{2kl}^{\ddot{}}) \quad (10)$$

wide-lane ambiguity라 부르는 다음 식 (11)로부터 ionosphere-free 바이어스 $B_{3kl}^{\ddot{}}$ 는 식 (12)와 같이 표현될 수 있다(U. Hugentobler, S. Schaer, P. Fridez, 2001).

$$n_{5kl}^{\ddot{}} = n_{1kl}^{\ddot{}} - n_{2kl}^{\ddot{}} \quad (11)$$

$$B_{3kl}^{\ddot{}} = c \frac{f_2}{f_1^2 - f_2^2} n_{5kl}^{\ddot{}} + \frac{c}{f_1 + f_2} n_{1kl}^{\ddot{}} \quad (12)$$

3.2 정수치바이어스 값 결정 법

Bernese GPS 소프트웨어에서 정수치바이어스 값을 결정하는 방법으로는 ROUND, SIGMA, SEARCH, QIF 등이 있는데 이 중 100Km 이상의 기선에서도 정수치바이어스 값을 결정할 수 있는 QIF(Quasi-Ionosphere-Free) 기법은 다음과 같다. 식 (6), (7)에서 대류권 바이어스 항은 무시하고 모든 첨자를 배제한 상태의 식으로 표현된 상태에서의 L_3 선형 조합을 표현하면,

$$L_3 = \rho + B_3 = \rho + \frac{c}{f_1^2 - f_2^2} (f_1 n_1 - f_2 n_2) \quad (13)$$

L_1, L_2 주파수를 이용하여 초기의 최소 자승법에 의한 조정은 실제 값의 정수 b_1, b_2 를 알려주며 이 때의 ionosphere-free 바이어스는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\widetilde{B}_3 = \frac{c}{f_1^2 - f_2^2} (f_1 b_1 - f_2 b_2) \quad (14)$$

그리고 이 바이어스는 식 (15)와 같이 narrow-lane 사이

클로 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} \widetilde{b}_3 &= \frac{\widetilde{B}_3}{\lambda_3} = \widetilde{B}_3 \cdot \frac{f_1 + f_2}{c} \\ &= \frac{f_1}{f_1 - f_2} b_1 - \frac{f_2}{f_1 - f_2} b_2 \\ &= B_1 b_1 + B_2 b_2 \end{aligned} \quad (15)$$

일반적으로 10km 이상의 기선을 처리할 때 L_1, L_2 를 분리하여 처리하면 전리층 굴절의 영향으로 초기의 b_1, b_2 실제 값을 알아낼 수 없다. 따라서 이 때에는 전리층 굴절에 의한 바이어스를 제거하기 위해 결정된 모델을 이용하거나 위성과 에포크 간의 특정 전리층 추정값을 이용해야 한다(U. Hugentobler, S. Schaer, P. Fridez, 2001).

4. 관측 및 기선해석

본 연구에서 이용한 데이터는 국내 공항 중 김포, 예천, 강릉, 광주, 김해, 제주 공항에서 측정한 데이터를 Bernese GPS 소프트웨어와 GPSurvey 소프트웨어를 이용하여 처리하였으며 기준이 되는 점은 수원 국립지리원 내에 있는 VLBI 점을 이용하였다. GPSurvey는 일반 현업에서 널리 사용되고 있으며 기본적으로 200km까지 고정해(Fixed Solution)를 도출해 낼 수 있도록 설정되어 있다.

측정시 이용된 GPS 수신기는 TOPCON 사의 GPDX1이며 안테나는 그라운드 플레인인 포함된 Compact L1/L2를 이용하였다. 그리고 실제 측정 시간은 모두 24시간이었으나 Bernese GPS 소프트웨어에서 처리할 때 발생하는 문제들-과다한 사이클 슬립의 영향으로 인한 사후 기준분산값(A POSTERIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT)의 과대 또는 미해결-로 인해 데이터 처리가 불가능하여 부득이 시간을 분할하여 처리하였으며 GPSurvey에서도 이와 동일한 시간의 데이터를 처리하였다. 측정 및 데이터 처리에 이용된 측정 시간은 표 3과 같다.

국립지리원 내에 있는 VLBI 점의 좌표는 ITRF2000(현재 ITRF2000은 Primary Solution으로서 Epoch 1997.0을 기준으로 하고 있다)의 좌표를 이용하였으며 이 때 변동 벡터는 고려하지 않았다. VLBI 점의 ITRF2000 좌표는 표 4와 같다.

모든 데이터는 30초 간격의 데이터로 IGS 정밀 궤도력(최종해)을 이용하여 처리하였으며 위성 수신은 절사각도는 15도이다. 그리고 Bernese GPS 소프트웨어로 데이터를 처리

표 3. 측정 및 측정 시간

공항명	측점명	추정거리	측정 시간
김포	SE03	36811m	10시간
예천	YC01	137241m	20시간
	YC03	135026m	
강릉	KU01	176973m	21시간
	KU02	175769m	
광주	KG01	237848m	23시간
	KG02	238900m	
김해	PA01	286005m	20시간
	PA02	286925m	
	PA03	288605m	
제주	CE01	421116m	21시간
	CE02	420348m	
	CE03	422526m	

표 4. 수원 VLBI ITRF2000 좌표

X	Y	Z
-3062024.021m	4055453.834m	3841809.998m

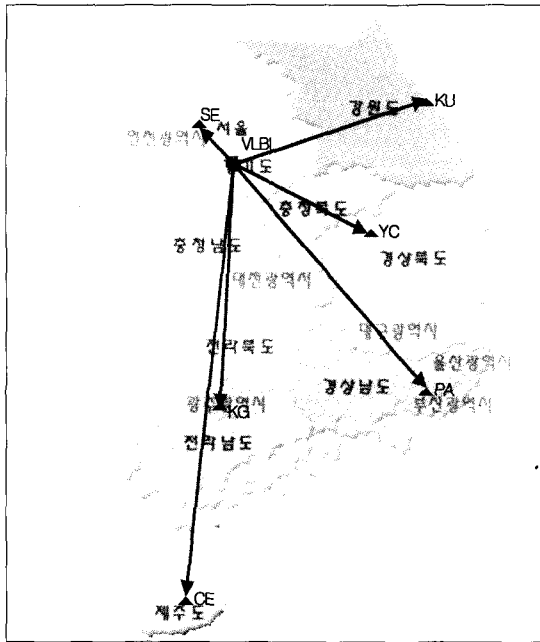


그림 2. 관측망도

할 때 정수치바이어스 결정 방법으로는 QIF Ambiguity Resolution을 이용하였으며 GPSurvey 소프트웨어에서는 선형조합에 의한 최소제곱법을 이용하였다.

Bernese GPS 소프트웨어에서 측정 별로 ITRF2000 좌표를 계산하였다. GPSurvey에서는 기선 해석시 고정하는 좌

표로 WGS84 경위도 좌표를 입력하게 되어 있어 VLBI 점의 ITRF2000 좌표를 WGS84 경위도좌표로 환산하여 사용하였다. 이 값은 GPSurvey 소프트웨어에서 ECEF(Earth Centered Earth Fixed) 좌표계로 변환되며 현재의 WGS84 좌표가 ITRF2000과 동일하다는 것을 의미한다.

표 6은 소프트웨어 별 기선 처리된 결과의 기선장과 표준 오차값을 나타낸다.

표 6과 그림 3에서 나타나는 바와 같이 Bernese GPS

표 5. VLBI의 WGS84 좌표

위도(N)	경도(E)	높이(m)
37°16' 31.534371 "	127°03' 15.162078 "	81.507

표 6. 기선장 및 표준 오차

측점명	Bernese		GPSurvey	
	기선장(m)	RMS(m)	기선장(m)	RMS(m)
SE03	36811.0912	0.0003	36811.092	0.011
YC01	137241.4347	0.0001	137241.443	0.013
YC03	135026.5925	0.0001	135026.600	0.012
KU01	176973.7846	0.0002	176973.812	0.038
KU02	175769.1404	0.0002	175769.162	0.032
KU03	173550.0987	0.0002	173550.126	0.038
KG01	237848.0214	0.0003	237848.059	0.030
KG02	238900.2099	0.0003	238900.252	0.035
KG03	240760.0113	0.0003	240760.054	0.034
PA01	286005.5432	0.0003	286005.581	0.064
PA02	286925.3074	0.0003	286925.347	0.066
PA03	288605.8897	0.0003	288605.922	0.062
CE01	421116.7674	0.0002	421116.784	0.023
CE02	420348.0571	0.0002	420348.074	0.023
CE03	422526.4841	0.0002	422526.507	0.053

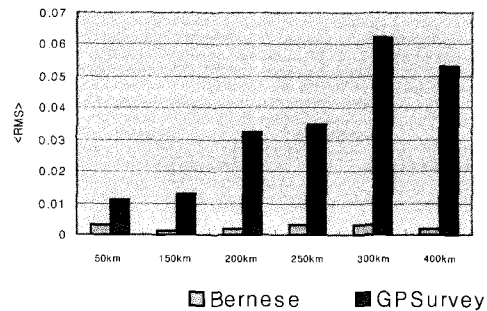


그림 3. 기선 거리별 표준 오차

소프트웨어로 처리했을 때 기선 길이에 상관없이 RMS 값이 거의 동일한 값으로 아주 작게 나온 반면에 GPSurvey 소프트웨어로 처리했을 때에는 기선장에 비례하여 RMS 값이 커진다는 것을 알 수 있다.

5. 결과 분석

Bernese GPS 소프트웨어로 처리한 기선장과 GPSurvey 소프트웨어로 처리한 기선장의 편차를 비교하면 표 7과 같다.

표 7과 그림 4에서와 나타나는 바와 같이 기선 길이에 비례하여 두 소프트웨어로 처리한 결과의 변동폭이 커진다는 것을 알 수 있다.

표 7. 기선장 편차

측점명	기선장 편차(B-G) m
SE03	-0.0008
YC01	-0.0083
YC03	-0.0075
KU01	-0.0274
KU02	-0.0216
KU03	-0.0273
KG01	-0.0376
KG02	-0.0421
KG03	-0.0427
PA01	-0.0378
PA02	-0.0396
PA03	-0.0323
CE01	-0.0166
CE02	-0.0169
CE03	-0.0229

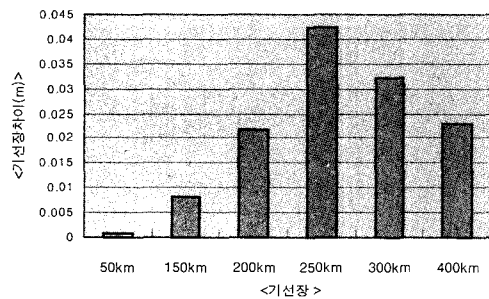


그림 4. 기선장의 편차 비교

표 8. 좌표 성분 별 편차

공항명	측점명	좌표 편차(m)	
		X	Y
김포	SE03	X	-0.0029
		Y	-0.0085
		Z	-0.0091
예천	YC01	X	0.0058
		Y	0.0050
		Z	0.0050
	YC03	X	0.0015
		Y	0.0082
		Z	0.0082
강릉	KU01	X	0.0132
		Y	0.0286
		Z	0.0075
	KU02	X	0.0090
		Y	0.0234
		Z	0.0030
	KU03	X	0.0126
		Y	0.0277
		Z	0.0065
광주	KG01	X	0.0442
		Y	-0.0595
		Z	-0.0066
	KG02	X	0.0346
		Y	-0.0282
		Z	0.0219
	KG03	X	0.0405
		Y	-0.0255
		Z	0.0232
김해	PA01	X	0.0658
		Y	-0.0358
		Z	-0.0188
	PA02	X	0.0671
		Y	-0.0390
		Z	-0.0195
	PA03	X	0.0530
		Y	-0.0310
		Z	-0.0130
제주	CE01	X	-0.0226
		Y	-0.0400
		Z	0.0013
	CE02	X	-0.0207
		Y	-0.0398
		Z	0.0013
	CE03	X	-0.0443
		Y	-0.0871
		Z	-0.0164

6. 결 론

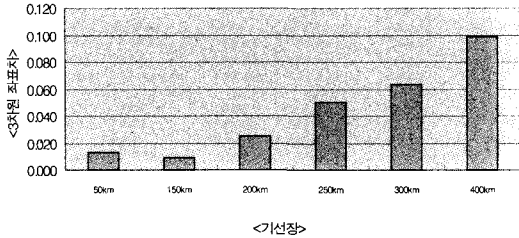


그림 5. 3차원좌표 편차 비교

Bernese GPS 소프트웨어로 처리한 좌표와 GPSurvey 소프트웨어로 처리한 좌표의 성분 별 편차는 표 8과 같다.

표 8과 그림 5에서 나타나는 바와 같이 기선장에 비례하여 두 소프트웨어로 처리했을 때의 3차원 좌표(ECEF, X, Y, Z) 차이의 변동폭이 커진다는 것을 알 수 있다.

GPSurvey에서 엄밀 해석과 근사 해석의 차이는 모호 정수 값(Integer Ambiguity)이 결정되었는지 아닌지의 차이인데 GPSurvey로 장기선 처리시 모호 정수 값이 결정되지 않아 종종 Float 솔루션이 나타나는 경우가 있다. GPSurvey로 기선해석시 제주 지역의 CE01 및 CE02는 해의 결과가 Float 솔루션으로 나타난 결과이지만 이보다 짧은 기선인 강릉 지역의 KU01, KU02, KU03과 광주 지역의 KG01, KG02, KG03의 결과 보다 RMS와 기선장 편차 값이 작게 나타났다. GPSurvey에서 장기선 처리시 10시간, 15시간의 데이터도 처리해 봤지만 동일 측정점에서 10시간의 데이터가 Fixed 솔루션이 나타나는 반면에 15시간의 데이터가 Float 솔루션으로 나타나는 경우도 있었다. 이렇게 장기선 처리시에는 측정 시간이 길더라도 수신된 위성의 데이터에 따라 오히려 안 좋은 결과를 초래할 수도 있다.

Bernese GPS 소프트웨어는 해마다 ERP(Earth Rotation Parameter) 파일과 위성 시계오차 발생 등 비정상적인 작동시 이를 배제하는 파일을 갱신하여 사용하도록 되어 있는 반면에 일반 상용 소프트웨어는 이에 대한 고려가 되어 있지 않다. 따라서 GPS 데이터 처리시 비정상 위성을 그대로 처리하게 되므로 동일한 관측자료를 해석해도 기선해석 결과에 편차가 발생할 수 있다.

본 논문에서는 GPS 측량 데이터를 학술연구용 S/W 중 하나인 Bernese와 상용 소프트웨어GPSurvey로 기선해석한 결과를 비교·분석하고 이를 기초로 장기선 해석시 고려해야 할 사항들을 검토하였다.

기선해석 결과를 중심으로 보면 130km 정도의 기선에서는 Bernese로 처리한 결과와 GPSurvey로 처리한 결과가 큰 차이가 없으나 그 이상의 기선에서는 거리가 증가함에 따라 기선거리와 좌표에 차이가 발생하고 있다. 따라서 일반 공공측량에는 큰 문제가 없으나 GPS 상시관측소나 이에 준하는 GPS 기준점 등은 상용 소프트웨어로 처리하는 것 보다 Bernese GPS 소프트웨어와 같은 학술연구용 소프트웨어로 처리하여야 할 것으로 사료되며 GPS 측량시 소프트웨어로 처리할 때에는 장기선해석에 대한 보다 명확한 규정이 확립되어야 할 것이다.

감사의 글

본 논문의 수행에는 2001년도 서울시립대학교 첨단기자재사업으로 지원된 장비가 활용되었으며 학교당국에 감사드립니다.

참고문헌

- U. Hugentobler, S. Schaer, P. Fridez (2001), Bernese GPS Software Version 4.2, Astronomical Institute, University of Bern, Swiss.
- Bauersima, I. (1983), NAVSTAR/Global Positioning System (GPS), II., *Mitteilungen der Satelliten Beobachtungsstation Zimmerwald*, No.10, Astronomical Institute, University of Berne.
- Bradford W. Parkinson, James J. Spilker(1997), *Global Positioning System: Theory and Applications*.
- B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, and J. Collins, GPS. URL, ITRF 2000 Primary Solution. <http://lareg.ensg.ign.fr/ITRF/>
- 최윤수 외 (1998), 정밀(IGS)력을 이용한 장기선 해석 및 전국망 분석, 한국측량학회지, 제16권 1호.

(2003년 3월 20일 원고접수)