

# Bernese와 TGO에 의한 국내 GPS 상시관측소 자료처리 결과 분석

## The Analysis of the GPS Data Processing of the NGII CORS by Bernese and TGO

김지운<sup>1)</sup> · 권재현<sup>2)</sup> · 이지선<sup>3)</sup>

Kim, Ji Woon · Kwon, Jay Hyoun · Lee, Ji Sun

### Abstract

This study verified the limitations of commercial GPS data processing software and the applicability on precise positioning through comparing the processing results between Bernese and TGO under various conditions. To achieve the goal, we selected three nationwide station data and two smaller local data to constitute networks. By using Bernese and TGO, those networks are processed through the baseline analysis and the network adjustment. The comparative analysis was carried out, in terms of software, baseline length and network scale, observation duration, and number of fixed points. In the comparison between softwares, the scientific software was excellent in accuracy. It was confirmed that, as GPS-related technology is developed, the performance of the receiver was enhanced. And, in parallel with this, even the functionalities of the commercial software were tremendously enhanced. The difference, however, in result between the scientific and commercial software are still exist even if it is not big. Therefore, this study confirms that the scientific software should be used when the most precise position is necessary to be computed, especially if baseline vectors are big.

Keywords : Bernese, TGO, Baseline Analysis, Network Adjustment

### 초 록

본 연구에서는 다양한 조건 하에서의 Bernese와 TGO와의 처리결과 비교를 통하여 상용 소프트웨어의 한계와 정밀측위에 대한 응용성을 검증하였다. 이를 위하여 전국규모의 세 가지의 관측데이터와 그 보다 작은 두 가지의 지역 데이터를 선정하여 망을 구성하고 Bernese와 TGO를 사용하여 기선해석 및 망조정을 통해 성과를 산출하여 소프트웨어별, 기선거리 및 망규모별, 관측시간별, 고정점 수별로 비교분석을 실시하였다. 소프트웨어 간 비교에서는 학술연구용 소프트웨어의 정확도가 우수하였다. 비록 GPS 관련 기술이 발달하면서 수신기의 정확도가 향상되었고 이에 병행하여 상용 소프트웨어도 발전을 거듭해왔으나 학술연구용 소프트웨어와의 평균성과차이를 볼 때 크지는 않지만 엄연한 차이가 존재했다. 따라서 가장 정밀한 위치정보가 요구될 때는, 특히 기선벡터가 큰 경우에는 필히 학술연구용 소프트웨어를 사용하여야 할 것이다.

핵심어 : Bernese, TGO, 기선해석, 망조정

## 1. 서 론

우리나라 삼각점성과의 불균등성을 제거하고, 보다 정

확한 기준점성과를 확립하기 위하여 국토지리정보원에서  
는 1975년부터 기존의 1, 2등 삼각점을 대상으로 정밀 1  
차 기준점측량 사업을, 1986년부터 기존의 3, 4등 삼각점

1) 정회원 · 한진정보통신(주) 과장(E-mail:jwkim1@hist.co.kr)

2) 교신저자 · 정회원 · 서울시립대학교 공간정보공학과 부교수(E-mail:jkwon@uos.ac.kr)

3) 정회원 · 서울시립대학교 공간정보공학과 석사과정(E-mail:leejs@uos.ac.kr)

을 대상으로 정밀 2차 기준점측량 사업을 실시하였다. 또한 1997년부터는 GPS측량의 실용화에 따라 정밀 2차 기준점사업을 GPS측량방식으로 실시하였다(국토지리정보원, 2001, 2006). 이후로 현재까지 기준점측량에서 GPS측량방식으로 사업을 수행하면서 사용되는 GPS 데이터 처리 소프트웨어는 1등 기준점측량을 제외하고는 학술연구용 소프트웨어가 아닌 상업용 소프트웨어를 이용 사업을 수행하고 있다. 국가기준점의 성과를 결정하는 기준점측량에서 상용 소프트웨어가 사용되고 있는 시점에서 상용 소프트웨어에 대한 보다 면밀한 검증이 필요하다.

학술연구용 소프트웨어와 상용 소프트웨어의 비교분석 연구는 최근에 활발히 수행되어 왔다. 강길선 (2000)은 국내 4개소의 상시관측점과 일본의 쓰꾸마 관측점을 연결하여 데이터 처리 후 비교를 시도하였는데 기선해석에 있어 학술연구용 소프트웨어로서는 NASA의 JPL(Jet Propulsion Laboratory)에서 개발한 GIPSY-OASIS II(이하 GIPSY), MIT와 Scripps 해양연구소(SIO)가 공동 개발한 GAMIT/GLOBK(이하 GAMIT)를 상업용 소프트웨어로는 Ashtech사의 Ashtech Office(이하 AOS)를 사용하여 기선해석 후 결과를 비교하였다. 그 결과로 학술연구용 소프트웨어는 기선해석정밀도가 기선길이에 크게 좌우되지 않으며 cm미만의 정밀도를 얻었는데 반해 상용 소프트웨어는 정밀도가 현저하게 떨어져서 GPS 상시관측소의 성과산정 등과 같이 정밀함을 요하는 GPS 데이터의 해석에는 적합하지 않다고 판단했다. 또한 박관동 등 (2003)은, IGS(International GNSS Service)에서 제공하는 위성궤도력과 방송궤도력을 이용하여 한국천문연구원 상시관측소 9곳의 데이터를 GIPSY와 상용소프트웨어인 Trimble사에서 제공하는 GPSurvey로 데이터 처리하여 그 결과를 비교하였는데, GIPSY의 경우 3차원 RMS 오차가 1.1~1.5cm 였고, GPSurvey의 경우 3차원 RMS 오차가 3.8~4.2cm로 다소 높게 나타나며, 기선거리에 비례하여 오차가 증대됨을 보였다. 이기도 (2004)는 수원 VLBI점과 국내일원의 공항에서 측정된 데이터를 Multi Epoch 알고리즘을 이용하는 학술연구용 소프트웨어인 Bern대학에서 개발한 Bernese GPS Software(이하 Bernese)와 상용 소프트웨어인 GPSurvey, 또 Epoch-By-Epoch 알고리즘을 사용하는 RTD 소프트웨어의 기선해석 결과비교를 통해 Bernese가 가장 신뢰성이 높으며, RTD 소프트웨어는 신뢰성이 다소 떨어지는 것으로 나타났고, GPSurvey의 경우 100km미만의 기선에서는 신뢰성이 높으나 그

이상의 기선에서는 기선거리가 길어질수록 기선거리와 좌표에 차이가 나는 것으로 판단했다. 국내에서 활용도가 높은 망조정 소프트웨어에 관한 비교는 이영진 등(2005)에 의하여 수행되었는데, 소삼각점 규모와 단거리 망에서는 동등한 수준의 결과를 보이는 것으로 나타났다. 이영진 등(2008)은 또한 우리나라의 2등 측지기준점 GPS 관측데이터의 기선벡터를 Bernese, LGO, TGO 등을 사용하여 산출하고 비교하여, 중기선의 처리에 있어서는 소프트웨어간의 차이가 없음을 통계적으로 검증하였다.

이상 살펴본 바와 같이, 학술용과 상용 GPS 자료처리 소프트웨어의 분석에서 학술연구용 소프트웨어가 전반적으로 기선해석에 있어 우수하며 상용 망조정 소프트웨어 간에는 성능의 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 소프트웨어의 비교에 있어 주목할 점은 각 소프트웨어에의 자료 처리 기법에 차이가 있다는 것이다. 즉, Bernese와 TGO 는 분명 자료처리에 있어 위치결정에 중요한 영향을 미치는 전리층, 모호정수의 추정 및 결정, 망조정의 방법 등에서 차이가 있고, 따라서 그 목적 역시 일반측량과 과학적 해석으로 차별화된다. 이러한 차이는 당연한 성과의 차이로 연결되며, 어떠한 환경에서 어떠한 차이가 있는지 좀 더 많은 경우의 실험을 통해 비교해 보고자 한다.

따라서 본 연구에서는 학술연구용 소프트웨어와 상용 소프트웨어의 비교분석을 보다 다양한 조건 하에서 면밀히 검토하여 상용 소프트웨어의 한계와 정밀측위에 대한 활용성을 검증하는 것을 목표로 한다. 특히, 기선거리 뿐만 아니라 망규모별, 관측시간별, 고정점 수별로 다각적인 실험을 통하여 기선해석은 물론 망조정을 통한 결과의 비교분석을 실시하였다. 그동안 다수의 기존의 연구들이 수행된 점을 감안하여, 결과의 해석을 제반연구 및 실무, 작업규정의 검토 등의 측면에서 해석하였다.

## 2. 관측데이터의 선정

본 연구에서는 전국규모의 망의 형성을 위하여 국토지리정보원의 상시관측소 데이터를 사용하였다. 상시관측소는 모두 Trimble NetRs 수신기를 사용하며, 관측 간격은 30초이다. (구)행정자치부의 상시관측망과 통합 이전의 국토지리정보원 14개소의 상시관측소 데이터 중에서 태백을 제외한 13개소의 데이터를 활용하여 망을 구성하였고(그림 1), 또 다시 제주 상시관측소를 제외한 12개소의 데이터를 활용하여 망을 별도로 구성하였다(그림 2).

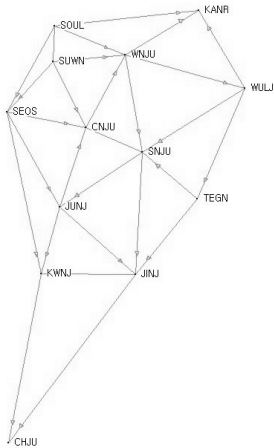


그림 1. 전국규모의 관측망 1

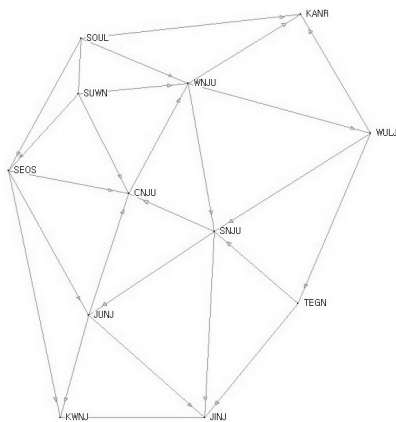


그림 2. 전국규모의 관측망 2

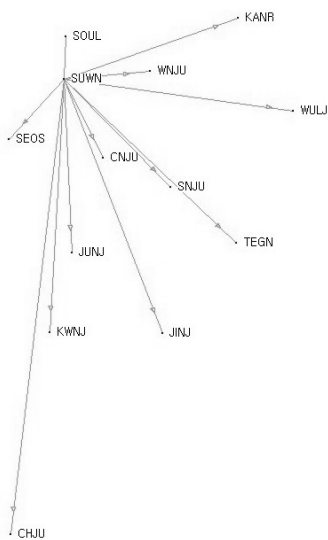


그림 3. 전국규모의 관측데이터 3

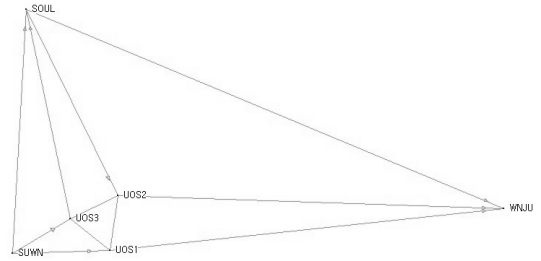


그림 4. 중규모의 관측망 1

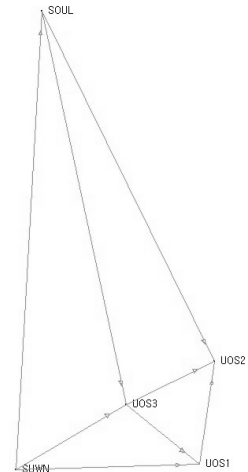


그림 5. 중규모의 관측망 2

또한 그림 3과 같이 수원을 고정점으로 하고 각 상시관측소를 직접 연결한 기선 망을 구성하였다. 중규모의 망으로는 상시관측소 3개소(수원, 서울, 원주)와 3개의 관측점이 이루는 삼각망 내부에 실제 8시간 이상 동시 관측한 3개소의 관측 데이터를 사용하여 망을 구성하였고, 고정점으로 사용한 상시관측소에서 기선거리가 약 10km, 30km, 60km 정도가 되도록 관측점을 배치하였다(그림 4). 또한 다시 이 망으로부터 원주 상시관측소를 제외하여 조금 더 작은 관측망을 별도로 구성하였다(그림 5).

### 3. 자료처리 S/W의 선정과 자료처리

GPS 데이터처리에 있어 학술연구용 소프트웨어는 Bernese (Bernese GPS Software, Version 5.0)를 사용하였고, 상업용 데이터처리 소프트웨어로는 국내에서 가장 광범위하게 사용되는 TGO(Trimble Geomatics Office, Version 1.63)를 사용하였다. 모든 기선해석에서 위성궤도오차를 줄이기 위하여 IGS(International GNSS Service)에서 제

공하는 최종정밀력(Final Orbit)을 사용하였다.

위에서 설명한 자료, 도구, 조건들을 가지고 소프트웨어, 기선거리 및 망규모별, 관측시간별, 고정점 수별로 기선해석 후 망조정을 통해 경위도 좌표와 타원체고 및 3차원 직교좌표를 산출하고, 고시좌표를 포함하여 여러 가지 해석결과를 이용, 다각도로 비교한 후 결과를 분석, 평가하였다.

### 3.1 전국규모의 관측망

그림 1의 관측데이터를 Bernese와 TGO를 사용하여 기선해석과 망조정을 통하여 ITRF2000 3차원 직교좌표와 GRS80타원체에 의한 경위도를 산출하였다. 처리에 이용된 데이터는 2007년 3월 4일 09시부터 3월 5일 09시까지의 24시간의 관측데이터이다.

본 연구에서의 모든 기선해석은 전리층 효과를 최소화하기 위하여 L3(ionospheric free) 선형결합 관측값을 형성하여 최종좌표를 추정하였으며, 대류권 지연을 최소화하기 위하여 Hopfield모델을 적용하여 건조부분지연을 최소화한 후 좌표의 추정단계에서 L3 선형결합의 잔차로부터 2시간 간격으로 대류권 습윤 지연의 크기를 추정하였다 (Hofmann-Wellenhof, 2001). Bernese를 사용한 자료처리시의 전략(Processing strategy) 옵션은 모든 가능한 조합으로부터 최대공유 관측치를 가진 기선(baseline) 집합이 선택되는 OBX-MAX방식을 사용하였다 (Dach et al., 2005.). 단, 그림 3에서 기선 형성에 따른 효과를 보기 위한 망에서는 기준국을 지정하여 남은 모든 관측소가 연결되는 형태의 STAR방식을 사용하였다.

먼저 그림 1의 자료처리에서 24시간 관측데이터는 물론 2시간, 4시간, 6시간, 8시간으로 데이터를 시간별로 절단하여 각각 처리하였으며, 각 시간별 데이터처리마다 1점 고정, 2점 고정, 3점 고정으로 고정점 수를 달리 하여 성과를 산출하였다. 1점 고정은 수원 관측소, 2점 고정은 수원, 제주관측소, 3점 고정은 수원, 제주, 울진관측소를 국토지리정보원 고시성파로 고정하여 처리하였다. 모든 데이터처리에 있어 Bernese와 TGO의 데이터처리를 병행하였으며, GRS80타원체에 의한 경위도 좌표와 ITRF2000 3차원 직교좌표를 산출함으로써 그림 1의 데이터를 처리하여 얻은 성과들은 모두 60가지 경우의 성과가 산출되었다. TGO의 경우 망조정 좌표에 3차원 직교좌표가 표시되지 않아서 국토지리정보원이 제공하는 소프트웨어인 수치지도 좌표변환 Version 2.0을 사용하여 경위도 좌표

를 3차원 직교좌표로 변환하였다(국토지리정보원, 2003).

두 번째로 그림 2에서 보는 것처럼 기선 조합중 상대적으로 장기선들로 연결된 제주 관측소를 제외하고 망을 구성한 뒤, Bernese와 TGO를 가지고 앞서 그림 1의 경우와 같은 방법으로 데이터처리를 하여 성과를 얻었다. 다만 고정점 수별의 처리에 있어서 수원을 고정점으로 하는 1점 고정성과만을 산출하였는데, TGO의 기선해석시 초기 결과 값이 좋지 않으면 위성양각을 높이는 등 편집을 시도하였고, 망조정시 이상치(outlier)를 보인 기선들은 망조정에서 제외하고 성과를 산출하였다. 총 20가지 경우의 성과가 두 번째의 망으로부터 획득되었다.

세 번째로는 두 소프트웨어의 기선해석능력을 비교하기 위해 그림 3에서 보이는 것처럼 망을 구성하지 않고 수원을 고정점으로 하고 전국의 각 상시관측소를 직접 연결하여 두 소프트웨어를 사용하여 기선해석후 성과를 얻었다. 여기에서는 24시간의 데이터만 가지고 데이터처리를 했다.

### 3.2 중규모의 관측망

국토지리정보원의 수원, 서울, 원주 상시관측소를 삼각망으로 구성하고 그 삼각망의 내부지역인 경기도 용인과 광주지역에서 8시간 이상 동시 관측한 데이터를 연결하여 중규모의 관측망을 구성하였다. 그림 4처럼 고정점으로 사용한 3곳의 상시관측소에서 약 10, 30, 60km정도의 거리가 되도록 관측점(UOS1, UOS2, UOS3)을 배치하여 관측을 실시하고 망을 구성하였다.

그림 4에서 보는 관측데이터는 2006년 3월 17일 09시부터 8시간 이상 동시관측을 실시한 데이터이다. 이 데이터들을 가지고 전국규모의 관측망을 처리한 방법과 같이 2시간, 4시간, 6시간, 8시간으로 데이터를 시간별로 절단하여 각각 처리하였으며, 각 시간별 데이터처리마다 1점 고정, 2점 고정, 3점 고정으로 고정점 수를 달리 하여 성과를 산출하였다. 1점 고정은 수원 관측소, 2점 고정은 수원, 서울관측소, 3점 고정은 수원, 서울, 원주관측소를 국토지리정보원 고시성파로 고정하여 처리하였다. 모든 데이터처리에 있어 Bernese와 TGO의 데이터처리를 병행하였으며, GRS80타원체에 의한 경위도 좌표와 ITRF2000 3차원 직교좌표를 산출하여 그림 4의 데이터를 처리하여 얻은 성과들은 모두 48가지 경우의 성과가 산출되었다.

그림 4의 관측망에서 상대적 장기선으로 연결되어 있는 원주 관측점을 제외하고 그림 5와 같이 망을 구성하였

표 1. 중규모의 관측망 1의 Bernese 산출성과

Bernese 성과			
6시간 데이터 (수원, 서울 고정) 성과			
측점명	GRS80 타원체		
	위도(o-'-")	경도(o-'-")	타원체고(m)
UOS1	37-16-45.54932	127-13-52.27583	91.725
UOS2	37-21-32.59260	127-14-44.96475	84.511
UOS3	37-19-32.76643	127-09-37.09520	155.254
측점명	ITRF2000		
	X(m)	Y(m)	Z(m)
UOS1	-3074382.527	4045774.593	3842159.988
UOS2	-3072165.364	4040713.824	3849193.216
UOS3	-3067518.325	4047125.444	3846299.163

표 2. 중규모의 관측망 1의 TGO 산출성과

TGO 성과			
6시간 데이터 (수원, 서울 고정) 성과			
측점명	GRS80 타원체		
	위도(o-'-")	경도(o-'-")	타원체고(m)
UOS1	37-16-45.54945	127-13-52.27579	91.720
UOS2	37-21-32.59286	127-14-44.96459	84.508
UOS3	37-19-32.76673	127-09-37.09508	155.242
측점명	ITRF2000		
	X(m)	Y(m)	Z(m)
UOS1	-3074382.522	4045774.589	3842159.988
UOS2	-3072165.356	4040713.820	3849193.221
UOS3	-3067518.313	4047125.434	3846299.163

다. 이전의 망 (그림 4)의 데이터처리와 동일한 방법으로 처리하되 고정점 수에 있어서 1점(수원) 고정성과만 산출하였다. 그리고 그림 2의 데이터(전국규모의 관측망 2)에 대한 데이터 처리 시와 같이 TGO의 데이터 처리 시 기선 해석의 초기 결과 값이 불량한 기선은 데이터편집을 시도하였고, 망조정시 이상치(outlier)를 보인 기선들은 망조정에서 제외하고 양호한 관측치의 조합만으로 망조정후 성과를 산출하여 총 16가지의 성과를 얻게 되었다.

이러한 여러 실험과정을 거쳐 소프트웨어별, 기선거리 및 망규모별, 관측시간별, 고정점 수별로 기선해석과 망조정을 통하여 비교분석에 이용될 모두 144가지의 다양한 성과를 얻을 수 있었다. 성과가 너무 많은 관계로 지면관계상 그 중 일부(표 1, 표 2, 표 3, 표 4)만 보이고 4장에서 각 비교항목별로 해당 성과들의 3차원위치의 편

차를 도표로 나타내어 분석하였다.

## 4. 결과분석

### 4.1 고시좌표와의 비교

그림 1의 데이터, 즉, 전국규모의 관측망 1의 데이터를 처리한 결과로 얻은 관측시간별 그리고 고정점별로 산출된 결과와 고시좌표와의 3차원 위치의 편차( $\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}$ )를 소프트웨어별로 평균을 내어 두 소프트웨어의 평균값을 비교하였다(그림 6). 이러한 분석은 단지 성과산출의 다양한 결과가 전반적으로 어떻게 나타나는지 알아보기 위한 것으로 고정점의 수, 기선 길이 등 각각의 분석은 다음 장부터 보다 상세하게 나타내었다.

Bernese의 경우는 기선거리에 상관없이 고시좌표와

표 3. 전국규모의 관측망 1의 Bemese 산출 성과

Bemese 성과			
24시간 데이터 (수원 고정) 성과			
관측소	GRS80 타원체		
	위도(o-'-")	경도(o-'-")	타원체고 (m)
청주	36-37-36.82036	127-27-40.41648	93.481
진주	35-10-23.11352	128-02-58.82728	122.014
전주	35-50-36.42713	127-08-06.44910	77.141
강릉	37-46-15.33910	128-52-05.61958	57.040
광주	35-10-42.15118	126-54-36.85211	71.623
서산	36-46-35.07280	126-29-39.12898	52.258
상주	36-22-44.99207	128-08-40.11707	111.593
서울	37-37-46.89742	127-04-47.00641	59.091
대구	35-54-22.70333	128-48-07.08197	106.374
원주	37-20-13.94523	127-56-49.51779	180.197
관측소	ITRF2000		
	X(m)	Y(m)	Z(m)
청주	-3117076.202	4067949.785	3784300.482
진주	-3217002.767	4110225.650	3653650.429
전주	-3124886.932	4126580.524	3714170.142
강릉	-3167833.711	3930397.141	3885411.910
광주	-3134404.508	4173081.828	3654100.967
서산	-3042060.372	4111978.747	3797578.720
상주	-3175473.082	4043362.935	3762213.596
서울	-3049402.732	4035000.341	3873010.159
대구	-3241051.553	4030771.745	3719838.480
원주	-3122341.155	4004030.654	3847323.743

14mm에서 24mm 정도로 편차 폭이 작게 분포되고 있다. 반면에 TGO의 경우는 측점 간 편차가 상대적으로 크게 나타났다. 고시좌표와는 14mm에서 43mm 정도의 차이를 보였고, 일부 측점은 Bemese의 성과와도 29mm까지 편차를 보였다. 고정점(수원)과 가장 거리가 가까운 서울 관측소만 Bemese보다 근소하게(4mm) 고시좌표와의 편차가 작게 나타났다. 여기서, Bemese와 유사한 또 다른 학술용 소프트웨어인 GIPSY와의 비교연구에 있어 대부분이 1~2cm의 차이를 나타낸 것을 감안하면 (Capra 등, 2002; Negusini 등, 2005), 본 연구에서 보인 결과가 학술연구용과 상용소프트웨어의 성과차이라 하는데 무리가 없다고 판단된다.

그림 7은 그림 2의 관측망에 해당하는 데이터를 처리하여 두 소프트웨어의 성과 간 3차원 위치의 편차를 비교

한 것이다. 기선거리가 최소 39km에서 최대 181km인 기선들로 이루어져 있어, 1, 2등 기준점망의 기선거리해당된다. 앞에서 기술한 대로 이 경우 고정점 수는 1점 고정(수원) 성과만 산출하고 관측시간별로 2시간, 4시간, 6시간, 8시간, 24시간 데이터의 성과를 산출하였다. TGO의 데이터 처리 시에 좀 더 양호한 성과를 얻기 위해 기선해석 시에 일부 기선의 처리 시 위성양각을 높이는 등 편집을 시도하였고, 망조정시에는 이상치(outlier)를 기선을 망조정에서 제외하고 성과를 산출하였다. 관측시간별로 소프트웨어별 성과 간 3차원 위치의 편차를 구하고 이를 평균한 것이다. 그림 7에서 보는 바와 같다. 그림에서 나타난 바와 같이, 평균성과의 두 소프트웨어 간 편차가 최소 10mm에서 최대 24mm로 나타났다. 측점 간 편차가 줄어들고 비교적 전체적으로 편차 폭이 작게 나타났다.

표 4. 전국규모의 관측망 1의 TGO 산출성과

TGO 성과			
24시간 데이터 (수원 고정) 성과			
관측소	GRS80 타원체		
	위도(°-'-")	경도(°-'-")	타원체고(m)
청주	36-37-36.82036	127-27-40.41670	93.477
진주	35-10-23.11344	128-02-58.82749	121.991
전주	35-50-36.42714	127-08-06.44910	77.124
강릉	37-46-15.33931	128-52-05.62021	57.032
광주	35-10-42.15157	126-54-36.85161	71.630
서산	36-46-35.07285	126-29-39.12896	52.249
상주	36-22-44.99211	128-08-40.11726	111.574
서울	37-37-46.89749	127-04-47.00669	59.093
대구	35-54-22.70332	128-48-07.08219	106.350
원주	37-20-13.94533	127-56-49.51799	180.195
관측소	ITRF2000		
	X(m)	Y(m)	Z(m)
청주	-3117076.204	4067949.779	3784300.479
진주	-3217002.760	4110225.633	3653650.414
전주	-3124886.924	4126580.512	3714170.132
강릉	-3167833.716	3930397.124	3885411.910
광주	-3134404.497	4173081.834	3654100.981
서산	-3042060.367	4111978.741	3797578.716
상주	-3175473.075	4043362.919	3762213.586
서울	-3049402.737	4035000.337	3873010.162
대구	-3241051.546	4030771.727	3719838.466
원주	-3122341.156	4004030.647	3847323.744

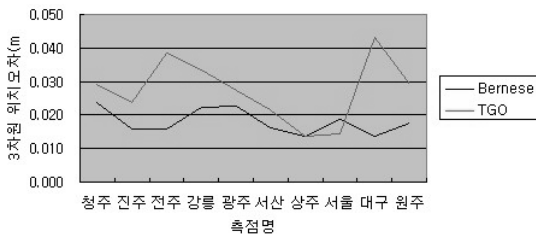


그림 6. S/W별 성과와 고시좌표와의 편차

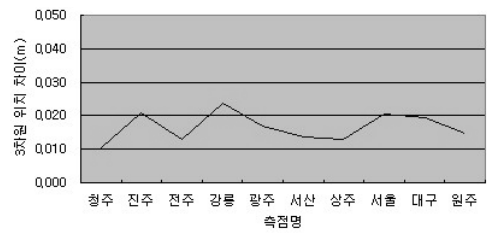


그림 7. 전국규모의 관측망 2에서의 S/W별 성과 간 평균편차

이는 상용 소프트웨어가 학술용 소프트웨어보다 정확도는 떨어지지만 데이터 편집과정을 통해 전국규모의 망에서도 실용적으로 양호한 성과를 산출할 수 있는 가능성을 보여준다.

#### 4.2 기선거리별 비교

그림 3에서 보이는 것처럼 망을 구성하지 않고 수원을 고정점으로 하고 전국의 각 관측소를 직접 연결하여 두 소프트웨어를 사용하여 기선해석후 성과를 얻었다. 24시간의 데이터만 가지고 데이터처리를 했으며, 그림 8, 9에

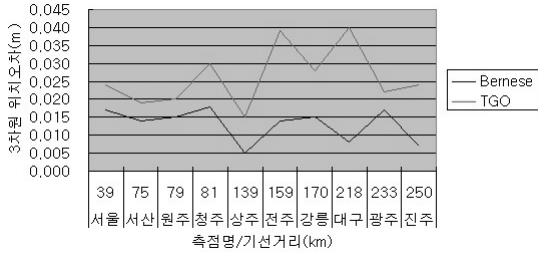


그림 8. 기선거리증가에 따른 S/W별 성과와 고시좌표와의 편차

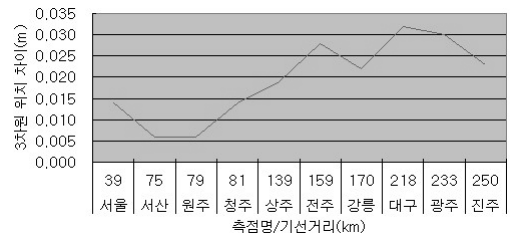


그림 9. 기선거리증가에 따른 S/W별 성과 간 편차

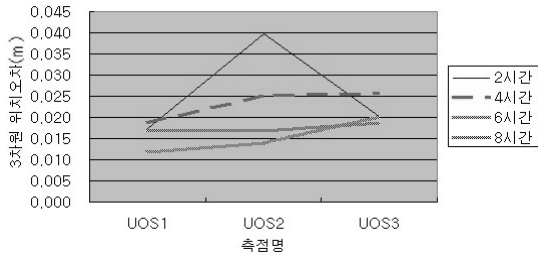


그림 10. 중규모의 관측망 1의 관측시간별 S/W별 성과 간 평균편차

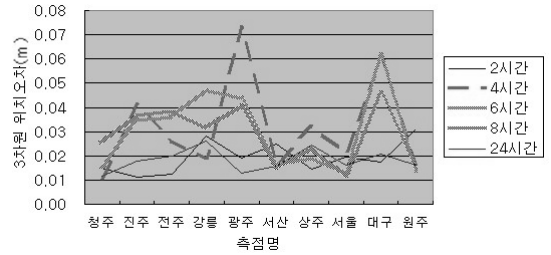


그림 11. 전국규모의 관측망 1의 관측시간별 S/W별 성과 간 평균편차

그 결과를 나타내었다.

그림 8은 고정점(수원)에서부터의 기선거리증가에 따른 소프트웨어별 성과와 고시좌표와의 3차원 위치의 편차를 보여주고 있고, 그림 9는 기선거리증가에 따른 소프트웨어별 성과 간의 3차원 위치의 편차를 보여준다. 그림 8에서 보는 바와 같이 Bernese의 경우 기선거리가 증가함에 상관없이 고시좌표와의 차이가 5mm에서 18mm까지 편차 폭이 작게 나타났다. TGO의 경우 최소 15mm에서 최대 40mm까지의 차이를 보였는데, 그 차이가 정확히 기선거리증가에 비례한다고는 할 수 없지만 기선거리 150km가 넘는 측점은 모두 고시좌표와의 편차가 20mm를 초과하며 22~40mm의 분포를 보였고, 그 이하 기선거리의 측점들은 고시좌표와의 편차가 15~30mm의 분포를 보였다. 또한 각 측점들의 성과는 Bernese의 성과보다 고시좌표와의 편차가 크게 나타났다.

그림 9는 기선거리증가에 따른 두 소프트웨어간 성과의 편차를 잘 보여준다. 완전히 비례하지는 않지만 대체로 기선거리가 증가함에 따라 두 소프트웨어의 성과 간 3차원 위치의 편차가 커짐을 알 수 있다. 그 편차의 분포는 최소 6mm에서 최대 32mm로 나타났다.

### 4.3 관측시간별 비교

여기서는 중규모의 관측망 1의 성과와 전국규모의 관

측망 1의 성과를 대상으로 관측시간별로 고정점별로 데이터처리를 통해 산출된 소프트웨어별 성과 간 3차원 위치의 편차를 구하고 관측시간별로 1점 고정점의 S/W별 성과 간 3차원 위치의 편차, 2점 고정점의 편차, 3점 고정점의 편차를 평균하여 관측시간별 각 측정점의 S/W별 성과간 평균편차를 구하였다(그림 10, 11). 중규모의 관측망 1의 경우 각 측정점에서의 관측시간별 S/W별 성과 간 평균편차 값의 편차는 7mm에서 26mm로 나타났다. UOS2 측정점의 2시간관측의 성과를 제외하곤 대체로 편차 폭이 작은 분포를 나타내었다.

전국규모의 관측망 1의 경우에는 각 측정점에서의 관측시간별 S/W별 성과 간 평균편차 값의 편차가 최소 9mm에서 최대 60mm로 나타났다. 또, 이것은 중규모의 관측망 1의 경우에 비해 상대적으로 편차가 크게 나타났다. 그리고 2시간, 24시간 관측의 성과가 4, 6, 8시간 관측의 성과보다 좋은 결과를 보였다. 2시간 관측의 성과가 그 보다 많은 시간 관측한 산출성과보다 양호한 것은 관측시간을 절단하여 처리할 때 위성의 수는 차이가 없었지만 사이클 슬립이 없고 PDOP 수치가 낮은 등 위성신호의 품질이 양호한 부분이 선택되어진 것으로 추측되나 향후 보다 면밀한 분석이 필요하다고 판단된다.

그림 12와 13은 중규모의 관측망 2의 성과들과 전국규모의 관측망 2의 성과들에 대한 비교를 나타낸다. 그림



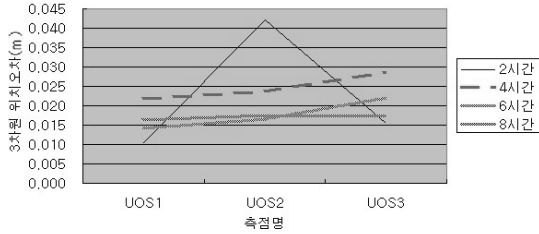


그림 12. 중규모의 관측망 2의 관측시간별 S/W별 성과 간 평균편차

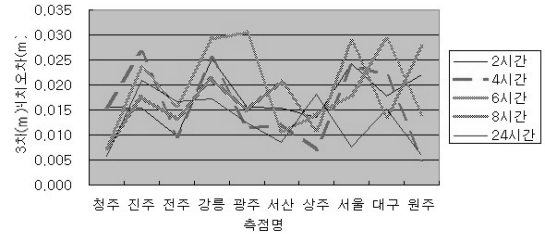


그림 13. 전국규모의 관측망 2의 관측시간별 S/W별 성과 간 평균편차

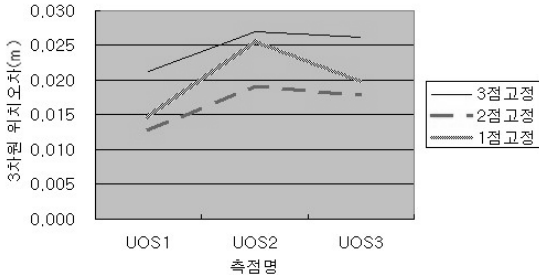


그림 14. 중규모망 1의 고정점 수별 S/W별 성과 간 평균편차

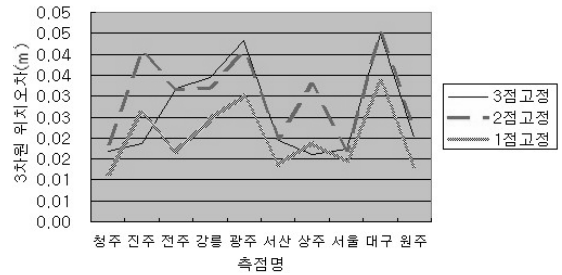


그림 15. 전국규모망 1의 고정점 수별 S/W별 성과 간 평균편차

12에서 각 측정들에서의 관측시간별 S/W별 성과 간 평균편차 값의 편차가 최소 11mm에서 최대 25mm로 나타남을 알 수 있다. 그림 10에서 보이는 결과와 크게 다르지 않았으며 UOS2 측정의 2시간관측의 성과를 제외하곤 대체로 편차 폭이 작은 분포를 나타내었다.

그림 13에서 나타난 바와 같이 전국규모의 관측망 2의 경우에는 각 측정들에서의 관측시간별 S/W별 성과 간 평균편차 값의 편차가 7mm에서 22mm로 나타났다. 그림 11에서 보이는 전국규모의 관측망 1의 결과와는 확연히 다르게 중규모의 관측망 1, 2에 준하는 편차 폭이 작은 분포를 나타냈다. 같은 측정에서의 2시간, 4시간, 6시간, 8시간, 24시간 등 관측시간별로 S/W별 성과 간 평균편차 값의 편차도 최대 22mm로 크지 않았고, 같은 관측시간에서 측정 간 편차도 크지 않았다. 이러한 모든 결과들은 상용 소프트웨어도 데이터편집을 통해 좋은 성과를 얻을 수 있는 가능성을 확인하게 한다.

또한, 그림 13에서 보이는 결과는 그림 11에서 보는 전국규모의 관측망 1의 결과처럼 2시간 관측의 성과가 양호하게 나타나는 현상은 없어졌으나 4, 6, 8시간 관측의 성과와 별 차이가 없었다. 이것은 경우에 따라서 2시간 관측만으로도 자료의 품질과 자료처리 기술에 따라서 4, 6, 8시간의 관측과 다른없는 양호한 성과를 얻을 수 있음을 나타낸다. 다만 24시간 관측의 성과는 2, 4, 6, 8시간

관측의 성과보다 다소 양호하게 나타났다.

#### 4.4 고정점 수에 따른 비교

여기서는 전국규모의 관측망 1과 중규모의 관측망 1의 데이터를 대상으로 각 관측시간별로 고정점 수를 1점 고정, 2점 고정, 3점 고정으로 달리 하여 Bernese,와 TGO를 사용하여 데이터처리한 각각의 산출성과들을 가지고 각 경우마다 S/W별 성과 간 3차원 위치의 편차를 구하고 이 편차들 중 고정점 수별로 모든 관측시간별 편차를 평균하여 이를 비교하였다(그림 14, 15).

그림 14의 결과에서 나타난 바와 같이 중규모의 관측망 1의 경우 각 측정들에서의 고정점 수별 S/W별 성과 간 평균편차 값의 편차가 모두 8mm로 편차 폭이 작은 분포를 보였고, 3점 고정의 경우 S/W별 성과간 평균편차가 가장 크게 나타났다. 다음 그림 15에서 보이는 전국규모의 관측망 1의 결과도 각 측정들에서의 고정점 수별 S/W별 성과 간 평균편차 값의 편차가 최소 2mm에서 최대 22mm로 비교적 편차 폭이 작은 분포를 보였고 1점 고정의 경우에 S/W별 성과간 평균편차가 가장 작게 나타났다.

두 가지 망의 경우를 종합해 보면 고정점의 수가 늘어나면서 S/W별 성과간 평균편차가 큰 것으로 봐서 고정점 상호간의 일관성이 결여되었다고 판단할 수 있다. 즉 고정점의 정밀도가 성과에 큰 영향을 미치며, 따라서 고정

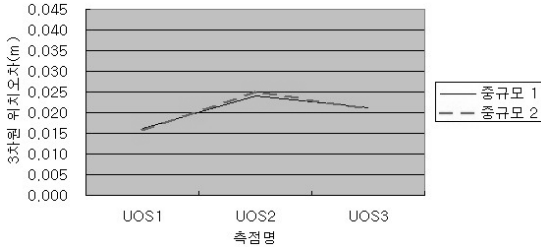


그림 16. 중규모망 1, 2의 S/W별 성과 간 평균편차

점을 사용할 때는 고정점의 정밀도를 고려하여 망조정을 수행하여야 한다. 이를 위하여 국가기준점과 같은 성과의 고시에는 망조정 후의 추정 정밀도를 함께 나타내야 할 것이다.

#### 4.5 망규모에 따른 비교

전국규모의 관측망 1, 2와 중규모의 관측망 1, 2의 성과들을 이용하여 모든 경우에서 소프트웨어별 성과 간 3차원 위치의 편차를 구하고 관측망별로 구해진 모든 편차를 평균하여 이를 비교하였다(그림 16, 17).

중규모의 관측망 1의 경우 두 소프트웨어간 평균편차가 16mm에서 24mm로 편차 폭이 작은 분포를 보였다. 그러나 전국규모의 관측망 1의 경우 소프트웨어간 평균편차가 16mm에서 41mm로 상대적으로 편차가 크게 분포했다. 중규모의 관측망 2와 전국규모의 관측망 2의 두 소프트웨어간 평균편차를 살펴보면 조금 다른 결과를 보였다. 중규모 관측망 2의 경우엔 중규모 관측망 1의 경우와 거의 같은 결과를 나타냈으나, 전국규모의 관측망 2의 경우엔 두 소프트웨어간 평균편차가 확연히 낮아졌다. 최소 10mm에서 최대 24mm로 중규모 관측망 1, 2의 결과들과 같은 수준의 분포를 보였다.

학술연구용 소프트웨어와 비교해 볼 때, 상용 소프트웨어의 데이터처리 능력은 데이터편집기술을 활용하면 우리나라 크기 정도 내에서는 망규모에 따른 차이는 크지 않음을 알 수 있다. 하지만 그렇다 하더라도 학술연구용 소프트웨어와의 평균편차를 볼 때 크지는 않지만 10mm에서 24mm 정도로 분명한 차이가 존재했다.

### 5. 결 론

본 연구의 목적은 다양한 조건 하에서의 학술연구용 소프트웨어와 상용 소프트웨어와의 처리결과 비교를 통하여 상업용 소프트웨어의 한계와 정밀측위에 대한 응용성

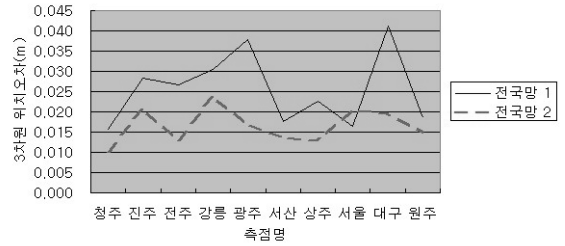


그림 17. 전국규모의 관측망 1, 2의 S/W별 성과 간 평균편차

을 검증하는 것이다. 이를 위하여 세 가지의 전국규모 데이터와 그 보다 작은 두 가지의 지역데이터를 선정하여 망을 구성하고 Bernese와 TGO를 사용하여 기선해석 및 망조정을 통해 모두 144가지의 성과를 산출하여 소프트웨어별, 기선거리 및 망규모별, 관측시간별, 고정점 수별로 비교분석을 실시하여 아래와 같은 결론을 도출하였다.

1. 소프트웨어 간 비교에서 Bernese의 정확도가 높은 것은 고시결과와의 비교로부터 도출된 것으로 기존의 연구들과 일치되는 결론이라 할 수 있다. 하지만, TGO의 경우 데이터 편집을 통한 기선해석과 망조정을 거친 후에야 Bernese의 성과와 3차원 위치에서 최소 10mm, 최대 24mm의 편차를 갖는 성과를 획득할 수 있었다는 점은 상용소프트웨어의 성과가 자료처리자의 경험에 크게 의존한다는 점이다.
2. 기선거리에 따른 비교를 통하여 Bernese의 처리결과는 우리나라 정도의 망규모 내에서는 기선증가에 따른 정확도가 일정함을 알 수 있었다.
3. 관측시간별 소프트웨어 간 평균성과 비교를 통하여 일반적으로 알려지고 있는 관측시간과 성과의 정확도가 비례하는 것이 아니라는 점이 나타났으며, 따라서 관측시간 보다는 관측 자료의 품질검증을 통하여 양질의 성과를 산출하는 면을 고려할 필요가 있음을 시사한다.
4. 고정점 수에 따른 소프트웨어 간 평균성과 비교를 통하여 정확도는 고정점 좌표의 정확도와 기하학적 조건에 좌우되는 것으로 판단되며 고정점 좌표의 품질이 중요하다 하는 것을 확인한 것으로 지속적인 기준점 성과의 유지 및 관리가 필요함을 나타낸다.
5. 망규모에 따라 두 소프트웨어의 평균성과를 비교한 결과에서, 상용 소프트웨어인 TGO에서도 적절한 데이터 편집에 의하여 우리나라 크기 정도 내에서는 성과편차를 2~3cm 이내로 산출할 수 있음을 알 수 있었다. 여기서

문제는 데이터편집은 작업자에 따라 달라지므로 이에 대한 교육이 필요하다 사료된다.

## 참고문헌

강길선 (2000), GPS 관측치의 정밀해석을 위한 데이터 처리기법에 관한 연구, 석사학위논문, 경기대학교 산업정보대학원, pp. 21-49.

국토지리정보원 (2001), GPS에 의한 기준점측량 작업규정, 국토지리정보원 내규 제2001-93호, 제2조 제2항. 국토지리정보원 (2003), 수치지도 좌표변환을 위한 적용지침서.

국토지리정보원 (2006), 국가기준점 망조정제에 관한 연구, 국토지리정보원 연구위탁 보고서 발간등록번호 11-1500714-00048-01, pp. 85-89.

국토해양부 국토지리정보원, GPS기준점서비스, [http://gps.ngii.go.kr/open\\_content/main\\_page.asp](http://gps.ngii.go.kr/open_content/main_page.asp).

박관동, 김혜인, 원지혜 (2007), 국토지리정보원 GPS 상시관측소 관측환경 분석, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 25권, 제 4호, pp. 337-345.

박관동, 조정호, 하지현, 임형철 (2003), 초신속궤도력을 이용한 신속한 고정밀 GPS 데이터 처리, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 21권, 제 4호, pp. 309-316.

양근우, 이영진 (2001), GPS상시관측망 데이터의 기초분석, 한국지적학회지, 한국지적학회, 제 17권, 제 1호, pp. 81-91.

윤홍식, 황진상 (2001), GPS 상시관측소의 절대좌표 산정에 관한 연구, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 19권, 제 4호, pp.

415-423.

이기도 (2004), 알고리즘 유형별 GPS 기선해석 비교연구, 공학석사 학위논문, 서울시립대학교 도시과학대학원, pp. 23-57.

이영진 (1998), 3차원 기선벡터망 조정기법에 의한 국가기본점의 성과산정(KTRF94), 한국측지학회지, 한국측지학회, 제 16권, 제 1호, pp.85-94.

이영진 (2005), GPS 망조정 S/W의 비교시험에 관한 연구, 한국지적학회지, 한국지적학회, 제 21권, 제 4호, pp. 105-112.

이영진, 양근우 (2002), GPS상시관측망 데이터의 조정계산, 한국지적학회지, 한국지적학회, 제 18권, 제 1호, pp. 55-65.

이영진, 이홍규, 권찬오, 차상현 (2008), 2등 측지기준점 GPS 관측데이터의 기선벡터 추정, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 26권, 제 2호, pp. 157-164.

Capra, A., Gandolfi, S., Mancini, F., Sarti, P., Vittuari, L. (2002), *VLNDEF Project for Crustal Deformation Control of Northern Victoria Land*, SCAR Report No. 21, Scientific Committee on Antarctic Research.

Dach, R, Fridez, P, Hugentobler, U, Meindl, M (2005), *Bernese GPS Software Version 5.0 DRAFT*, Astronomical Institute University of Bern.

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., and Collins, J. (2001), *GPS Theory and Practice*.

International GNSS Service, <http://igs.cb.jpl.nasa.gov/>

Negusini, M., Mancini, F., Gandolfi, S., Capra, A. (2005), Terra Nova Bay GPS permanent station (Antarctica): data quality and first attempt in evaluation of regional displacement, *J. of Geodynamics*, Vol. 39, No. 2, pp. 81-90.

---

(접수일 2008. 8. 13, 심사일 2008. 9. 11, 심사완료일 2008. 11. 14)