

정밀절대측위를 이용한 상시관측소 위치정확도 분석 Positional Accuracy Analysis of Permanent GPS Sites Using Precise Point Positioning

강준목¹⁾ · 이용욱²⁾ · 김민규³⁾ · 박준규⁴⁾

Kang, Joon Mook · Lee, Yong Wook · Kim, Min Gyu · Park, Joon Kyu

Abstract

Researches about 3-D Positioning system using GPS were carried out many-sided by national organs, laboratories, the worlds of science. And most of researches were development of relative positioning algorithm and its applications. Relative positioning has a merit, which can eliminate error in received signals. But its error increase due to distance of baseline. GPS absolute positioning is a method that decides the position independently by the signals from the GPS satellites which are received by a receiver at a certain position. And it is necessary to correct various kinds of error(clock error, effect of ionosphere and troposphere, multi-path etc.). In this study, results of PPP(Precise Point Positioning) used Bernese GPS software was compared with notified coordinates by the NGII(National Geographic Information Institute) in order to analyze the positional accuracy of permanent GPS sites. And the results were compared with results of AUSPOS - Online GPS Processing Service for comparison with relative positioning.

Keywords : Precise Point Positioning, Bernese GPS Software, AUSPOS, Permanent GPS Sites

초 록

상대측위는 좌표가 정확히 알려진 측점을 기준으로 다른 측점의 좌표를 상대적으로 결정하는 방법으로 측지분야 및 정밀측위 분야에 활용되고 있다. DGPS(Differential GPS) 기법은 일정한 거리 내에서 위성과 수신기의 공통오차를 소거할 수 있다는 장점이 있지만 기선의 길이가 증가할수록 오차가 증가하는 단점을 가지고 있다. GPS 절대측위는 상대측위와는 달리, 원하는 측점의 수신기에서 수신한 GPS 위성들의 신호를 이용하여 독립적으로 측점의 위치를 결정하는 방식이다. 이때 관측된 GPS 신호에는 위성시계 오차, 전리층 및 대류권 통과에 따른 오차, 다중경로 오차 등 위치 결정에 영향을 주는 여러 오차 요인들이 포함되어 있어 이를 보정해 주어야 한다. 본 연구에서는 Bernese GPS Software 5.0을 이용한 정밀절대측위 방법과 AUSPOS - Online GPS Processing Service를 이용한 상대측위 방법으로 국토지리정보원의 GPS 상시관측소 관측자료를 처리하고 이를 국토지리정보원의 고시성과와 비교·분석하여 정밀절대측위를 이용한 정밀위치결정의 정확도를 분석하고 그 효용성을 제시하고자 한다.

핵심어 : 정밀절대측위, Bernese GPS Software, AUSPOS, GPS 상시관측소

1. 서 론

GPS는 군사적 목적을 위해 개발된 항법 시스템이지만 개발 초기부터 GPS를 측지학적으로 응용하고자 하는 연

구가 활발하게 진행되어 왔다. GPS를 이용한 3차원 위치 결정 체계의 응용 연구들은 국가기관과 연구소 및 학계를 통해 다각적으로 수행되었으며, 대부분 상대측위에 따른 알고리즘 개발과 응용 연구가 주류를 이루고 있다. 상대

1) 정회원 · 충남대학교 공과대학 토목환경공학부 교수(E-mail:jmkang@cnu.ac.kr)
2) 정회원 · 대한측량협회 책임연구원(E-mail:ywlee@kasm.or.kr)
3) 연결저자 · 충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:surveyk@cnu.ac.kr)
4) 정회원 · 충남대학교 건설방재연구소 연구원(E-mail:survey@cnu.ac.kr)

측위는 차분법에 의해 GPS 위성으로부터 측정의 수신기까지 신호가 도달하는 동안에 야기되는 전리층 오차, 대류권 오차, 위성 시계 오차 등을 기준점과 임의의 측정에서 수신한 신호에 공통적으로 포함되어 있으며, 그 양이 동일하다고 가정하여 소거할 수 있는 장점이 있지만 기선의 거리가 길어질수록 오차가 증가하는 한계가 있다. 반면 절대측위는 오차들에 의한 거리오차를 오차 모델식에 의해 직접 계산하여 측정의 위치를 결정하는 것으로 산출한 거리오차들의 정확도에 따라 위치 결정의 정확도가 좌우된다.

절대측위 관련 연구로는 GPS/GLONASS 조합에 의한 절대측위 정밀도 분석(강준목 등, 2001), GPS 절대측위 정확도 분석(강준목 등, 2001) 등이 있으며, 정밀절대측위(PPP)기법에 의한 GPS 기준점 좌표의 산정(이용창, 1999), GPS 상시관측소의 절대좌표 경향 분석(이은수 등, 2007) 등이 이루어져 왔다. 또한 Gipsy-Oasis II를 이용한 지적 위성기준점의 절대 좌표 산정(송동섭 등, 2006) 등도 수행되었다.

본 연구에서는 GPS 상시관측소 위치정확도 분석을 위해, 국토지리정보원에서 제공하는 GPS 상시관측소 관측파일을 Bernese GPS Software 5.0을 이용해 정밀절대측위(PPP, Precise Point Positioning)방법으로 처리하고, 그 결과를 국토지리정보원의 고시성과와 비교하여 정확도를 분석하고자 하였다. 이를 통해 PPP 처리결과와 정확도를 평가하고 AUSPOS - Online GPS Processing Service를 이용한 상대측위 방법으로 관측자료를 처리하여 PPP 처리결과와 비교·분석하여 PPP의 활용 가능성을 제시하고자 하였다.

2. 자료취득 및 처리

2.1 자료취득

본 연구에서는 PPP에 의한 GPS 상시관측소의 위치정확도 분석을 위해 2003년과 2006년의 국토지리정보원 GPS 상시관측소 관측파일을 사용하였으며, Onsala Space Observatory의 Ocean Tide Table, JPL(Jet Propulsion Laboratory)의 Satellite Clock Coefficients, 정밀궤도력과 지구회전과 극운동에 관한 파일, 베른대학 천문연구소에서 제공하는 전리층 모델과 Bernese 자료 등을 다운로드 하였다. 위치정확도 분석을 수행할 GPS 상시관측소의 선정은 국토지리정보원 GPS 상시관측소 중 IGS(International

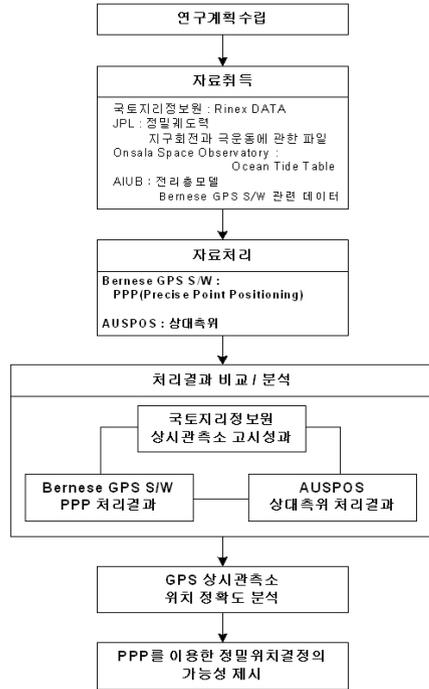


그림 1. 연구흐름도

표 1. 2003년의 상시관측소 관측자료

수원	날짜(월/일)											
	-	-	4/1	-	6/1	-	8/1	9/1	10/1	-	-	-
서울	1/1	-	4/1	5/1	6/1	7/1	8/1	9/1	10/1	11/1	12/1	-
원주	1/1	2/1	4/1	5/1	6/1	7/1	-	9/1	10/1	11/1	12/1	-
상주	1/1	-	4/1	5/1	6/1	-	8/1	9/1	10/1	11/1	12/1	-
청주	-	2/1	4/1	5/1	6/1	7/1	8/1	9/1	10/1	11/1	12/1	-

표 2. 2006년의 상시관측소 관측자료

수원	날짜(월/일)										
	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1	6/1	7/1	8/1	9/1	10/1	11/1
서울	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1	6/1	7/1	8/1	9/1	10/1	11/1
원주	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1	6/1	7/1	8/1	9/1	10/1	11/1
상주	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1	6/1	7/1	8/1	9/1	10/1	11/1
청주	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1	6/1	7/1	8/1	9/1	10/1	11/1

GPS Service)에 등록이 되어있는 수원을 기준으로 자료 처리결과와 활용성을 고려하여 수도권 근교 서울, 원주, 상주, 청주로 선정하였다. 그림 1은 본 연구의 연구흐름도이며, 표 1, 표 2는 연구에 사용된 국토지리정보원의 상시관측소 관측파일을 나타낸다.

Ocean Tide Table은 Onsala Space Observatory의 자료

```

$$
$$ SUHM
$$ complete SCHW
$$ Computed by ULFC, H.-G. Scherneck, Onsala Space Observatory 2007-Oct-
$$ SUHM,      RAD1 TANC lon/Lat: 127.0542 37.2755
.00611 .00274 .00152 .00093 .00516 .00441 .00156 .00092 .00019 .00019 .00050
.00155 .00050 .00046 .00006 .00190 .00142 .00063 .00029 .00003 .00013 .00032
.00007 .00045 .00019 .00018 .00149 .00121 .00047 .00022 .00003 .00006 .00004
67.9 87.8 77.1 182.7 -186.1 -123.1 -183.2 -128.2 37.5 66.9 140.1
168.6 168.5 -169.5 -170.0 -154.0 177.7 -153.2 171.6 -73.6 33.1 67.1
-52.1 -33.4 -38.4 -33.7 113.8 92.8 120.2 81.6 -137.2 -122.3 2.2
$$

```

그림 2. Ocean Tide Table

```

CLOCK IGSACC @ GFZ Potsdam PGM / RUN BY / DATE
GPS week: 1356 Day: 0 MJD: 53736 COMMENT
THE COMBINED CLOCKS ARE A WEIGHTED AVERAGE OF: COMMENT
cod ewe esa gfc jpl mit COMMENT
THE FOLLOWING REFERENCE CLOCKS WERE USED BY ACS: COMMENT
BRUS ALGO NRC1 USNS AMC2 COMMENT
THE COMBINED CLOCKS ARE ALIGNED TO GPS TIME COMMENT
All clocks have been re-aligned to the IGS time scale: IGS1 COMMENT
HEING THE SATELLITE BROADCAST EPOCHS COMMENT
THE GPS SATELLITE ANTENNA PHASE CENTER OFFSETS ARE COMMENT
CLK ANT 2-OFFSET (M): II/IIA 1.023; IIR 0.000 COMMENT
14 LEAP SECONDS
2 AR A5 # / TYPES OF DATA
IGS IGSACC @ GFZ Potsdam ANALYSIS CENTER
124 10000 : IGS REALIZATION OF THE ITRF2000 # OF SOLN STA / TFX
ALRN 40129M03 -2341332976 -3539049517 4745791307SOLN STA NAME / NUM
ALGO 40104M02 918129352 -4346071282 4561977848SOLN STA NAME / NUM
ALRT 40162M01 388042676 -740382392 6302001901SOLN STA NAME / NUM

```

그림 3. Satellite Clock Coefficients

```

#nP2006 1 1 0 0 0.00000000 96 ORBIT Igb00 HLM IGS
## 1356 0.00000000 900.00000000 53736 0.00000000000000
+ 29 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 13 14 15 16 17 18
+ 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 0 0 0 0 0
+ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
+ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
+ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 3 3 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 3 3
++ 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 0 0 0
++ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
%c cc cc ccc ccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc
%c cc cc ccc ccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc cccc
%f 0.00000000 0.000000000 0.00000000000 0.000000000000000000
%f 0.00000000 0.000000000 0.0000000000 0.000000000000000000
%i 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
%i 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
/* FINAL ORBIT COMBINATION FROM WEIGHTED AVERAGE OF:
/* cod ewe esa gfc jpl mit ngs sio
/* REFERENCED TO IGS TIME (IGST) AND TO WEIGHTED MEAN POLE:
/* CLK ANT 2-OFFSET (M): II/IIA 1.023; IIR 0.000
* 2006 1 1 0 0 0.00000000
P 1 -15156.118389 18164.021963 -11829.887588 28.085474
P 2 20133.795284 -12517.384408 11531.263793 -23.264373
P 3 -11366.447142 22473.599105 7708.691364 62.023929
P 4 26109.950844 -5714.160584 1216.379808 103.694692

```

그림 4. 정밀궤도력

```

VERSION 2
EOP SOLUTION
RPO X Y UT1-UTC LOP Xsig Ysig UTrig LOPsig Nr NE Nr Xtr Ytr
10**-6" .1us .1us/d 10**-6" .1us .1us/d 10**-6"/d
53736.50 52155 389470 3386864 2465 42 45 44 120 0 0 0 -933 -342
53737.50 51289 381385 3383301 8074 33 35 37 101 0 0 0 -805 -244
53738.50 50494 382922 337370 7161 32 35 40 101 0 0 0 -777 -295
53739.50 49756 382562 3369466 8757 31 33 52 99 0 0 0 -667 -412
53740.50 49390 382223 3360356 9447 32 34 66 100 0 0 0 -66 -254
53741.50 49459 382030 3351097 8043 32 34 62 102 0 0 0 150 -181
53742.50 49519 381946 3343000 7223 38 41 74 113 0 0 0 -40 -4

```

그림 5. 지구극운동과 회전에 관한 파일

를 이용하였다. 입력 양식에 맞추어 관측점의 좌표를 입력하면 Ocean Tide Table을 Bernese GPS Software의 포맷인 BLQ형식으로 이메일을 통해 제공한다. 이메일로 받은 text를 따로 저장하여 확장자를 BLQ로 만들어 사용하였다. 그림 2는 Onsala Space Observatory에서 제공하는 Ocean Tide Table의 일부분을 나타낸다.

JPL(Jet Propulsion Laboratory)에서는 Satellite Clock Coefficients와 정밀궤도력, 지구극운동과 회전에 관한 파일을 다운로드 할 수 있다. Satellite Clock Coefficients와 정밀궤도력은 각각 “IGSwwwwd.CLK”, “IGSwwwwd.SP3”

표 3. Bernese GPS Software 자료처리에 필요한 파일들

파일 이름	설명
IGS_00_R.CRD	IGS station reference coordinates
IGS_00_R.VEL	IGS station reference velocities
IGS_00.FIX	관측점들 중 고정할 점을 나타내는 파일로 상대측위 시에는 관측점들 중 최소 1곳이 이 파일에 등록되어 있어야 한다
BULLET_A.ERP	IERS에서 제공하는 Earth orientation data
CODEEymm.DCB	위성과 수신기 간의 Code Biases, yy는 년도, mm은 월을 나타낸다. P1P2yymm.DCB 파일과 PIC1yymm.DCB파일을 다운받아 합쳐서 만든다.
CONST	Bernese 프로그램 내에서 사용되는 physical, astronomical constant
DATUM	Geodetic Datum Information
GPSUTC	GPS와 UTC의 Leap Seconds
PHAS_IGS.REL	Phase center offset
RECEIVER	수신기에 대한 필수적인 코드관측 type이 들어있다.
SATELLIT	일반적인 GNSS 위성 의 정보가 들어있다.
SAT2006.CRX	문제가 있는 위성에 대한 정보가 들어있다. 위성을 배제할 때 사용한다.

의 형식으로 되어있으며 정밀궤도력은 확장자를 “PRE”로 변경하여 사용하였다. 지구극운동과 회전에 관한 파일은 “IGSwwwwd.ERP”의 형식으로 되어 있으며 확장자를 “IEP”로 변경하여 사용하였다. 그림 3~5는 각각 Clock Coefficients와 정밀궤도력, 지구극운동과 회전에 관한 파일의 일부를 나타낸다.

전리층 모델과 Bernese GPS Software 관련 자료는 스위스 베른대학의 천문연구소에서 제공되는 자료를 이용하였다. 스위스 베른 대학의 천문연구소는 Bernese GPS Software를 개발한 곳이며, Bernese에 관한 Manual과 Tutorial, example DATA, 오류에 관한 업데이트, 그리고 자료처리에 필요한 여러 가지 자료 등을 제공한다. 그림 6은 전리층모형을 나타내고 있으며 표 3은 베른대학의 천문연구소에서 제공하는 Bernese GPS Software의 자료처리에 필요한 파일들과 각 파일에 대한 설명을 나타낸 것이다.

2.2 Bernese GPS Software를 이용한 자료처리

Bernese GPS Software는 두 수신기 사이의 직선거리에 대해 1억분의 20(1ppb : 1 part per billion)의 정밀도로 위치를 측정할 수 있는 능력을 가지고 있다. 본 연구에서는

표 4. Bernese GPS Software 5.0의 각 Part별 기능

Part	기능
Transfer Part	RINEX 파일을 Bernese 포맷으로 변환, RINEX 재가공
Conversion Part	Processing을 위한 필요 정보를 추출
Orbit Part	orbit 생성, 업데이트, orbit 비교 등
Processing Part	데이터 전처리, 처리, parameter 산출 등
Simulation Part	GPS, GLONASS의 통계적 정보에 의한 시뮬레이션 생성
Service Part	유용한 기능들의 모음(edit, browse, 파일변환 등)

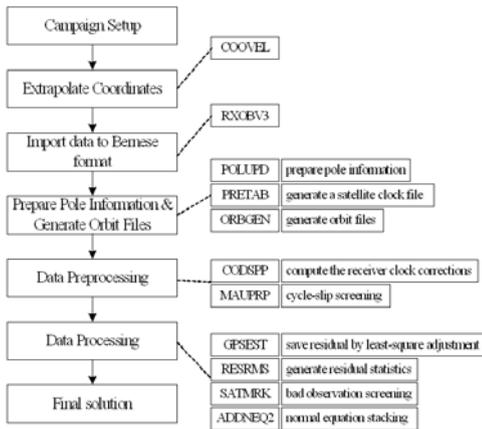


그림 6. 정밀케도력

자료처리를 위하여 Bernese GPS Software의 BPE(Bernese Processing Engine)를 사용하였다. BPE는 자동화된 자료 처리 프로그램으로 PCF(Process Control File)에 의해 처리과정이 정해지게 되며, 사용자가 BPE 시작 시 옵션을 조정하거나 별도의 edit 기능을 통해 각각의 script를 추가하거나 생략할 수 있다.

GPS 자료처리는 하루 단위로 수신기에 저장된 GPS 데이터를 수집하고, 자료처리에 필요한 정밀케도력 등의 외부자료를 수집하는 자료수집 단계와 수집된 관측 데이터를 다시 수신기의 기종에 상관없이 사용가능한 RINEX 형식으로 변환하는 전처리단계 및 최종결과를 구하는 자료처리단계로 나눌 수 있다. Bernese GPS Software는 크게 6가지 파트로 나눌 수 있으며 표 4는 각 Part별 기능을 나타낸다.

그림 6은 BPE를 이용한 PPP처리 흐름과 사용되는 주요 scripts이다.

그림 7은 PPP 처리결과로 얻은 좌표 값들 중 일부분으

PPP_061520		06-OCT-07 19:11			
LOCAL CELESTIC DATUM: ICS00		EPOCH: 2006-06-01 12:00:00			
NUM	STATION NAME	X (M)	Y (M)	Z (M)	FLAG
1	CHJU CHJU	-3117076.3490	4067949.7578	3784300.4579	A
2	SHJU SHJU	-3175473.2107	4043362.9822	3762213.5585	A
3	SOUL SOUL	-3104942.8749	4025400.3200	3873810.1257	A
4	SUMI 23903H001	-3052023.6910	4055449.0162	3841819.1807	A
5	UNJU UNJU	-3122341.2940	4004030.6304	3847323.7189	A

그림 7. PPP 처리결과

그림 8. AUSPOS 자료 입력 화면

3 Computed Coordinates, ITRF2000				
All computed coordinates are based on the IGS realization of the ITRF2000 reference frame, provided by the IGS cumulative solution. All the given ITRF2000 coordinates refer to a mean epoch of the site observation data. All coordinates refer to the GRSoid Mark.				
3.1 Cartesian, ITRF2000				
	X(m)	Y(m)	Z(m)	ITRF2000 @
shao	-2031733.538	4675665.947	3275369.400	2006/01/01
daej	-3120042.006	4084614.877	3764026.890	2006/01/01
mad	-3607665.056	4147868.092	3223717.247	2006/01/01
chju	-3117076.294	4067949.749	3784300.457	2006/01/01
shju	-3175473.166	4043362.885	3762213.561	2006/01/01
soul	-3049402.834	4035000.305	3873010.131	2006/01/01
sumi	-3062023.634	4055448.994	3841819.169	2006/01/01

그림 9. AUSPOS 처리결과 파일의 일부

로 2006년 6월 1일의 관측자료 처리결과 이다.

2.3 AUSPOS를 이용한 자료처리

AUSPOS - Online GPS Processing Service는 Geoscience Australia에서 제공하는 온라인 GPS 관측자료 처리 서비스이다. 측위방법은 상대측위이며 GPS 관측파일을 AUSPOS 서버로 전송하면 처리결과를 사용자에게 이메일로 통보해 준다. 그림 8은 AUSPOS 자료 입력 화면을 나타내며, 그림 9는 AUSPOS 처리결과 파일의 일부이다.

3. 정확도 분석

본 연구에서는 2003년과 2006년의 수원, 서울, 원주, 상주, 청주의 상시관측소 GPS 관측자료를 Bernese GPS Software의 BPE를 통해 처리하였으며, PPP 처리결과로 얻은 상시관측소 좌표의 정확도 분석을 위해 PPP 처리결과를 국토지리정보원의 GPS 상시관측소 고시성과와 비교하였다. 표 5는 PPP 처리결과와 고시성과와의 편차 중 일부를 나타낸다.

표 6은 2003년과 2006년의 PPP처리결과와의 편차와 표

표 5. GPS 관측자료 PPP 처리결과와 고시성과와의 편차(일부)

관측소 날짜	SUWN(수원)			SOUL(서울)			WNJU(원주)			SNJU(상주)			CNJU(청주)		
	dx(m)	dy(m)	dz(m)												
2003. 1. 1	-	-	-	0.0319	0.0702	0.0533	0.0559	0.1064	0.0750	0.0523	0.0948	0.0719	-	-	-
2. 1	-	-	-	-	-	-	0.0380	0.0047	0.0265	-	-	-	0.0340	0.0054	0.0255
4. 1	0.0384	0.0009	0.0275	0.0477	0.0363	0.0408	0.0291	0.0361	0.0259	0.0766	0.0001	0.0025	0.0277	0.0278	0.0386
5. 1	-	-	-	0.0665	0.0239	0.0066	0.0504	0.0482	0.0229	0.1013	0.3142	0.2587	0.1535	0.0149	0.1229
6. 1	0.0218	0.0207	0.0055	0.0106	0.0448	0.0129	0.0093	0.0674	0.0328	0.0092	0.0163	0.0125	0.0291	0.0566	0.0389
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2006. 1. 1	0.0824	0.0356	0.0593	0.0780	0.0481	0.0688	0.0802	0.0474	0.0600	0.0680	0.0482	0.0677	0.0782	0.0508	0.0747
2. 1	0.1185	0.0515	0.0737	0.1061	0.0498	0.0778	0.1139	0.0512	0.0756	0.1170	0.0381	0.0677	0.1216	0.0520	0.0800
3. 1	0.1337	0.0577	0.0554	0.1176	0.0585	0.0583	0.1158	0.0689	0.0648	0.1221	0.0544	0.0540	0.1242	0.0671	0.0698
4. 1	0.0553	0.0762	0.0734	0.0679	0.0514	0.0557	0.0751	0.0589	0.0615	0.0588	0.0707	0.0703	0.0654	0.0718	0.0780
5. 1	0.0661	0.0360	0.0510	0.0626	0.0370	0.0548	0.0651	0.0387	0.0533	0.0628	0.0461	0.0589	0.0714	0.0394	0.0616
6. 1	0.1470	0.0288	0.0293	0.1279	0.0310	0.0413	0.1330	0.0346	0.0370	0.1317	0.0278	0.0355	0.1440	0.0392	0.0441
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

표 6. PPP 처리결과와 편차와 표준편차

구 분	2003년 관측자료			2006년 관측자료		
	dx(m)	dy(m)	dz(m)	dx(m)	dy(m)	dz(m)
편차	0.0521	0.0385	0.0376	0.1036	0.0557	0.0633
RMSE	0.0355	0.0487	0.0412	0.0256	0.0133	0.0115

표 7. PPP처리결과와 고시성과와의 편차와 표준편차

구 분	dx(m)	dy(m)	dz(m)
편차	0.0807	0.0480	0.0519
RMSE	0.0397	0.0348	0.0313

표 8. 지상기준점의 정확도(공공측량의 작업규정 세부기준)

측척	정확도	정확도	
		평면위치(표준편차)	표고(표준편차)
1:500 ~ 1:600		0.1m 이내	0.05m 이내
1:1,000 ~ 1:1,200		0.1m 이내	0.10m 이내

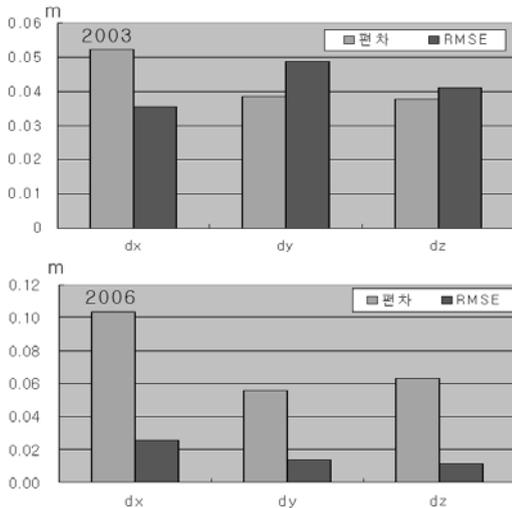


그림 10. 2003년과 2006년의 PPP 처리결과

준편차를 나타내며, 그림 10은 각각 2003년과 2006년의 GPS 관측자료 PPP 처리결과에 대한 편차와 표준편차의 그래프이다.

GPS 관측자료 PPP 처리결과 편차(dx, dy)의 크기는 성분별로 각각 2003년이 3.76cm, 5.21cm, 2006년이 5.57cm, 10.36cm, 표준편차는 2003년이 3.55cm, 4.87cm, 2006년이 1.33cm, 2.56cm의 분포를 나타내어, 2003년의 PPP 처리결과 보다 2006년의 처리결과가 더욱 균일함을 알 수 있었다.

전체 관측자료에 대한 PPP 처리결과 고시성과와의 편차는 각 성분(dx, dy, dz)별로 평균 8.07cm, 4.80cm, 5.19cm, 표준편차는 각각 3.97cm, 3.48cm, 3.13cm의 결과를 얻었다. 이는 국토해양부에서 고시한 공공측량의 작업규정 세부기준에서 측척 1:500~1:600의 지도제작을 위한 지상기준점의 허용정확도 이내의 값을 나타낸다. 표 7은 GPS 관측자료에 대한 PPP 처리결과 편차와 표준편차를 나타내며, 그림 11은 그 그래프이다.

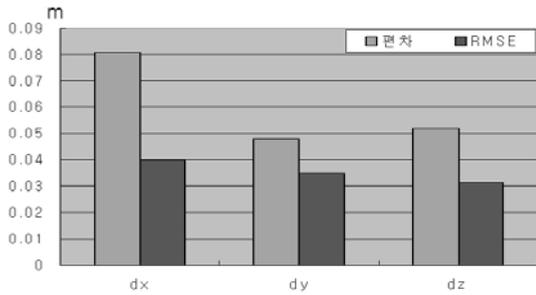


그림 11. PPP처리결과와 고시성과와의 비교

4. 효용성 분석

본 연구에서는 2006년의 수원, 서울, 원주, 상주, 청주의 상시관측소 GPS 관측자료를 Bernese GPS Software 5.0을 통한 정밀절대측위 방법과 AUSPOS - Online GPS Processing Service를 이용한 상대측위 방법으로 처리하

고, 처리결과로 얻은 상시관측소 좌표를 국토지리정보원의 고시성과와 비교하였다.

표 9는 관측자료 처리결과와 고시성과와의 편차를 나타내고 있다. 표 10과 11은 각각 정밀절대측위 처리결과와 상대측위 결과의 고시좌표와의 편차와 표준편차 비교한 것이며, 그림 12와 13은 그 그래프이다.

PPP 처리결과 각 성분별(dx, dy, dz) 편차는 9.95cm ~ 10.79cm, 5.20cm ~ 5.93cm, 6.09cm ~ 6.96cm의 값을 보였으며, AUSOS 경우는 10.11cm ~ 10.69cm, 4.38cm ~ 5.11cm, 3.11cm ~ 4.26cm로 나타났다. 여기서 PPP 및 상대측위 결과 모두 12cm 이내의 양호한 성과를 보이고 있으나, 실제 상대측위 결과가 다소 정밀한 성과를 나타내고 있다. 이는 상대측위 성과가 양호하지만 효용성의 차원에서 정밀위치결정에 있어서의 정밀절대측위의 활용 가능성을 제시하는 것이라 판단된다.

표 9. 관측자료 처리결과와 고시성과와의 편차

방법	관측소 날짜	SUWN(수원)			SOUL(서울)			WNJU(원주)			SNJU(상주)			CNJU(청주)		
		dx(m)	dy(m)	dz(m)												
정밀 절대측위 (Bernese)	1. 1	0.0824	0.0356	0.0593	0.0780	0.0481	0.0688	0.0802	0.0474	0.0600	0.0680	0.0482	0.0677	0.0782	0.0508	0.0747
	2. 1	0.1185	0.0515	0.0737	0.1061	0.0498	0.0778	0.1139	0.0512	0.0756	0.1170	0.0381	0.0677	0.1216	0.0520	0.0800
	3. 1	0.1337	0.0577	0.0554	0.1176	0.0585	0.0583	0.1158	0.0689	0.0648	0.1221	0.0544	0.0540	0.1242	0.0671	0.0698
	4. 1	0.0553	0.0762	0.0734	0.0679	0.0514	0.0557	0.0751	0.0589	0.0615	0.0588	0.0707	0.0703	0.0654	0.0718	0.0780
	5. 1	0.0661	0.0360	0.0510	0.0626	0.0370	0.0548	0.0651	0.0387	0.0533	0.0628	0.0461	0.0589	0.0714	0.0394	0.0616
	6. 1	0.1470	0.0288	0.0293	0.1279	0.0310	0.0413	0.1330	0.0346	0.0370	0.1317	0.0278	0.0355	0.1440	0.0392	0.0441
	7. 1	0.1213	0.0600	0.0607	0.1252	0.0591	0.0608	0.1258	0.0535	0.0575	0.1273	0.0507	0.0557	0.1341	0.0539	0.0627
	8. 1	0.1251	0.0688	0.0559	0.1075	0.0662	0.0609	0.1171	0.0659	0.0603	0.1228	0.0546	0.0595	0.1238	0.0677	0.0651
	9. 1	0.0873	0.0650	0.0639	0.0863	0.0545	0.0588	0.0846	0.0693	0.0702	0.0852	0.0604	0.0598	0.0928	0.0658	0.0709
	10. 1	0.1026	0.0657	0.0750	0.0937	0.0607	0.0792	0.1012	0.0643	0.0745	0.0939	0.0586	0.0743	0.1054	0.0623	0.0775
	11. 1	0.1253	0.0731	0.0721	0.1214	0.0731	0.0704	0.1251	0.0753	0.0727	0.1280	0.0628	0.0666	0.1262	0.0827	0.0814
상대측위 (AUSPOS)	1. 1	0.0900	0.0510	0.0410	0.0870	0.0460	0.0360	0.0840	0.0520	0.0400	0.0870	0.0450	0.0330	0.0910	0.0480	0.0450
	2. 1	0.1010	0.0450	0.0300	0.0950	0.0460	0.0310	0.0960	0.0440	0.0280	0.0970	0.0350	0.0240	0.0990	0.0470	0.0390
	3. 1	0.0980	0.0560	0.0370	0.0940	0.0530	0.0370	0.0950	0.0550	0.0380	-	-	-	0.1010	0.0500	0.0430
	4. 1	0.1110	0.0410	0.0230	0.1030	0.0400	0.0280	0.1050	0.0430	0.0260	0.1030	0.0390	0.0270	0.1100	0.0470	0.0360
	5. 1	0.1020	0.0460	0.0270	0.1000	0.0420	0.0240	0.0980	0.0460	0.0270	0.0990	0.0430	0.0220	0.1020	0.0430	0.0340
	6. 1	0.1050	0.0560	0.0400	0.1030	0.0500	0.0320	0.1010	0.0550	0.0370	0.1040	0.0500	0.0350	0.1030	0.0540	0.0450
	7. 1	0.0980	0.0580	0.0390	0.0900	0.0540	0.0390	0.0950	0.0650	0.0430	0.1000	0.0450	0.0340	0.1000	0.0590	0.0490
	8. 1	0.1100	0.0550	0.0410	0.1030	0.0510	0.0400	0.1040	0.0560	0.0440	0.1010	0.0470	0.0360	0.1020	0.0560	0.0530
	9. 1	0.1170	0.0420	0.0300	0.1100	0.0400	0.0290	0.1170	0.0490	0.0380	0.1100	0.0430	0.0340	0.1190	0.0470	0.0400
	10. 1	0.1230	0.0430	0.0280	0.1140	0.0430	0.0310	0.1150	0.0450	0.0290	0.1190	0.0420	0.0240	0.1190	0.0490	0.0370
	11. 1	0.1210	0.0440	0.0360	0.1130	0.0500	0.0400	0.1140	0.0520	0.0420	0.1120	0.0490	0.0420	0.1230	0.0530	0.0480

표 10. PPP 처리결과와 AUSPOS 처리결과와의 편차 비교

	SUWN(수원)			SOUL(서울)					
	dx(m)	dy(m)	dz(m)	dx(m)	dy(m)	dz(m)			
Bernese	0.1059	0.0562	0.0609	0.0995	0.0536	0.0624			
AUSPOS	0.1063	0.0503	0.0426	0.1032	0.0438	0.0311			
	WNJU(원주)			SNJU(상주)			CNJU(청주)		
	dx(m)	dy(m)	dz(m)	dx(m)	dy(m)	dz(m)	dx(m)	dy(m)	dz(m)
Bernese	0.1034	0.0571	0.0625	0.1118	0.0572	0.0670	0.1079	0.0593	0.0696
AUSPOS	0.1011	0.0468	0.0334	0.1069	0.0488	0.0338	0.1022	0.0511	0.0356

표 11. PPP 처리결과와 AUSPOS 처리결과와의 표준편차 비교

	SUWN(수원)			SOUL(서울)					
	dx(m)	dy(m)	dz(m)	dx(m)	dy(m)	dz(m)			
Bernese	0.0294	0.0162	0.0134	0.0233	0.0122	0.0110			
AUSPOS	0.0101	0.0047	0.0060	0.0089	0.0045	0.0065			
	WNJU(원주)			SNJU(상주)			CNJU(청주)		
	dx(m)	dy(m)	dz(m)	dx(m)	dy(m)	dz(m)	dx(m)	dy(m)	dz(m)
Bernese	0.0234	0.0132	0.0112	0.0286	0.0119	0.0106	0.0270	0.0136	0.0109
AUSPOS	0.0090	0.0051	0.0054	0.0105	0.0065	0.0064	0.0101	0.0066	0.0068

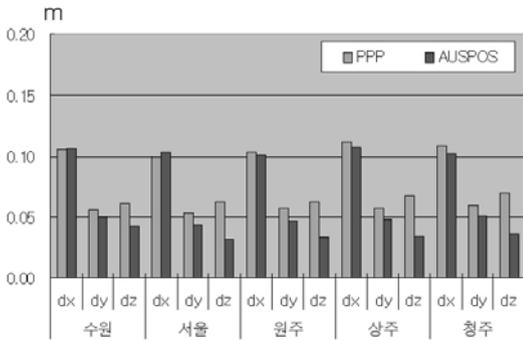


그림 12. PPP와 AUSPOS 처리결과 비교(편차)

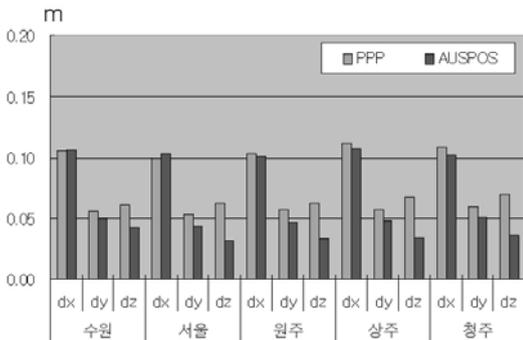


그림 13. PPP와 AUSPOS 처리결과 비교(표준편차)

5. 결 론

본 연구는 정밀절대측위를 이용하여 국내 GPS 상시관측소의 위치정확도를 분석하고 정밀위치결정에 있어서의 PPP의 효용성을 제시하고자 한 것으로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 2003년과 2006년의 GPS 상시관측소 관측자료에 대한 PPP 처리결과 고시성과와의 편차는 dx, dy, dz 성분에 대해 평균 8.07cm, 4.80cm, 5.19cm의 편차를 얻었으며, 표준편차는 3.97cm, 3.48cm, 3.13cm의 결과를 얻었다. 이는 건설교통부에서 고시한 공공측량의 작업규정 세부 기준의 측척 1:500~1:600 지도제작을 위한 지상기준점 허용정확도 이내의 값으로 PPP를 이용한 지상기준점 측량이 충분히 활용 가능성을 제시하는 것이다.

2. 상대측위 성과와 정밀절대측위 성과를 국토지리정보원에서 고시한 성과와 연계하여 위치정확도를 분석한 결과, PPP와 상대측위 모두 각 성분별로 평균 12cm 이내의 양호한 편차를 나타내고 있다. 이는 정밀위치결정에 있어서의 정밀절대측위의 활용 가능성을 제시하는 것이라 판단된다.

3. 향후 GPS 관측자료와 전리층모델, 정밀궤도력 등의

오차모델에 대한 추가적인 분석을 기반으로 하는 다양한 연구가 진행된다면, 정밀위치결정 분야에서 PPP의 활용이 가시화 될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2008년도 한국과학재단 특정기초연구(과제 번호 : R01-2006-000-11331-0) 지원으로 수행된 것으로 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

강준목, 김옥남, 박정현, 이은수 (2001), GPS 절대측위 정확도 분석, 한국측량학회지, 제19권 제1호, 한국측량학회, pp. 1-8.
강준목, 박정현, 이은수 (1998), IGS의 GPS 데이터를 이용한 초

장기선 정밀도분석, 대한토목학회논문집, 제18권, 제3-3호, 대한토목학회, pp. 293-300.

강준목, 이용욱, 박정현 (2001), GPS/GLONASS 조합에 의한 절대측위 정밀도 분석, 한국측량학회지, 제19권 제1호, 한국측량학회, pp. 9-18.

송동섭, 윤홍식 (2006), Gipsy-Oasis II를 이용한 지적위성기준점의 절대 좌표 산정, 대한토목학회논문집, 제26권 제2D호, 대한토목학회, pp. 317-324.

이용창 (1999), 정밀절대측위(PPP)기법에 의한 GPS 기준점 좌표의 산정, 한국측지학회지, 제17권 제2호, 한국측량학회, pp. 145-152.

이은수, 엄대용, 이용욱 (2007), GPS 상시관측소의 절대좌표 경향 분석, 한국지적학회지, 제23권 제1호, 한국지적학회, pp. 143-155.

<http://www.ngi.go.kr>

<http://www.oso.chalmers.se/~loading/>

<ftp://IGSCB.JPL.NASA.GOV/pub/product/>

<http://www.aiub.unibe.ch/download/>

(접수일 2008. 9. 30, 심사일 2008. 10. 16, 심사완료일 2008. 10. 22)