

절대 위상중심변화 적용이 국내 GPS 망 자료처리에 미치는 영향분석

백정호^{1,2†}, 임형철², 조중현², 조성기², 조정호²

¹과학기술연합대학원대학교

²한국천문연구원

AN ANALYSIS OF THE EFFECT ON THE DATA PROCESSING OF KOREA GPS NETWORK BY THE ABSOLUTE PHASE CENTER VARIATIONS OF GPS ANTENNA

Jeongho Baek^{1,2†}, Hyung-Chul Lim², Jung Hyun Jo²,

Sungki Cho², and Jung-Ho Cho²

¹Korea University of Science and Technology, Daejeon 305-333, Korea

²Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon 305-348, Korea

E-mail: llamb@kasi.re.kr

(Received September 29, 2006; Accepted October 30, 2006)

요 약

GPS 안테나 절대 PCV를 이용한 결과가 가지고 있는 지구 축척문제가 GPS 위성 안테나의 PCV 추정을 통해 해결되면서, IGS는 기존에 사용해오던 상대 PCV에서 절대 PCV로의 전환을 준비하고 있다. 이에 따라 전세계 모든 GPS 고정밀 자료처리는 절대 PCV를 사용하여 수행될 예정이다. 그러므로 향후 국내 GPS 관측망 자료처리의 일관성과 안정성 확보를 위해 기존의 상대 PCV를 이용한 자료처리 결과와 절대 PCV를 적용한 결과를 비교 분석할 필요가 있다. 이 논문에서는 절대 PCV의 사용이 GPS 정밀측위에 미치는 영향을 GPS 망 자료처리를 통해 분석하였다. 기선의 길이와 안테나 레이돔의 영향을 알아보기 위해 1000km 이상의 기선을 갖도록 IGS 기준국인 중국의 베이징, 우한과 우리나라의 대전, 수원을 사용하여 GPS 망을 구성하고 자료처리를 수행하였다. 기선의 길이가 1000km 이상인 경우 평균 1.33cm의 수직방향 차이를 보였고, 여기에 레이돔을 고려했을 경우 평균 2.97cm의 차이를 보였다. 절대 PCV 적용이 국내 GPS 망 자료처리에 미치는 영향을 시험하기 위해 한국천문연구원의 상시관측소 9개 중 데이터 품질이 좋은 7개의 관측소에 대해 상대 PCV와 절대 PCV를 각각 적용한 결과를 서로 비교 분석하였다. 수직방향의 차이는 평균 0.12cm로써 국내 지역망에서는 그 효과가 크지 않음을 확인하였다.

ABSTRACT

The International GNSS Service (IGS) has prepared for a transition from the relative phase center variation (PCV) to the absolute PCV, because the terrestrial scale problem of the absolute PCV was resolved by estimating the PCV of the GPS satellites. Thus, the GPS data will be processed by using the absolute PCV which will be an IGS standard model in the near future. It is necessary to compare and analyze the results between the relative PCV and the absolute PCV for the establishment of the reliable processing strategy. This research analyzes the effect caused by the absolute

[†]corresponding author

PCV via the GPS network data processing. First, the four IGS stations, Daejeon, Suwon, Beijing and Wuhan, are selected to make longer baselines than 1000 km, and processed by using the relative PCV and the absolute PCV to examine the effect of the antenna raydome. Beijing and Wuhan stations of which the length of baselines are longer than 1000 km show the average difference of 1.33 cm in the vertical component, and 2.97 cm when the antenna raydome is considered. Second, the 7 permanent GPS stations among the total 9 stations, operated by Korea Astronomy and Space Science Institute, are processed by applying the relative PCV and the absolute PCV, and their results are compared and analyzed. An insignificant effect of the absolute PCV is shown in Korea regional network with the average difference of 0.12 cm in the vertical component.

Keywords: GPS, relative PCV, absolute PCV, antenna raydome

1. 서 론

GPS 안테나의 전자기적 특성은 항상 균일하지 않으므로 이로 인해 GPS 신호가 사용자의 안테나에 도달할 때 위상중심은 물리적인 중심과 일치하지 않는다. 이는 GPS 신호가 안테나에 도달할 때 경사각과 방위각에 따라 변화하기 때문이다(Menge et al. 1998). 이러한 특성을 고려하지 않는다면 한 기선에서 서로 다른 안테나 모델을 사용할 경우 수직방향으로 10cm까지 바이어스가 발생할 수 있으며, 같은 안테나 모델을 사용하더라도 기선의 길이에 따라 0.015ppm(parts per million) 만큼의 차이가 발생할 수 있다(Rothacher et al. 1995). 이를 보정하기 위해 다양한 방법들이 제안되었고, 1996년 IGS(International GNSS Service) 분석센터 워크샵에서 보정방법으로 GPS 안테나 상대 위상중심변화(phase center variation, PCV)를 공식 모델로 사용하는 것을 합의하였다(<http://igsb.jpl.nasa.gov>).

상대 PCV 모델은 초기 IGS 관측소들에 많이 사용되었던 AOAD/M.T 안테나를 기준으로 정하고 이에 대해 측정하고자 하는 안테나와 매우 짧은 기선을 구성하여 GPS 안테나의 위상중심변화를 결정하는 방법으로 현재까지 IGS의 공식 PCV 모델로 사용되고 있다. 그러나 상대 PCV는 장기선(long baseline)의 경우 같은 안테나 모델을 사용하더라도 GPS 위성이 다른 경사각으로 관측되는 현상에서 기인한 오차가 존재하고(Mader 1999) 경사각이 10° 미만일 경우 지표면의 잡음에 의해 측정이 불가능하다(Schmid et al. 2005). 또한 상대 PCV를 사용하였을 때 GPS를 이용한 지구기준프레임(Terrestrial Reference Frame)의 해는 ITRF(International Terrestrial Reference Frame)와 비교하여 약 3ppb(parts per billion) 가량 더 작게 나타나고, 2000년 한해 동안 약 1ppb의 변화를 보여주었다(<http://igsb.jpl.nasa.gov>).

이와 같은 문제점을 해결하기 위해 절대 PCV 모델 연구가 진행되었다. 절대 PCV는 전자기파 무반향실(anechoic chamber)에서의 측정과 야외에서 로봇을 이용한 측정을 통해 결정된다(Rotacher 2001). 전자기파 무반향실에서의 측정방법은 전자기파가 차단된 특수한 방에 GPS 안테나를 설치하고 실험 목적을 위해 인공적인 GPS 신호를 발사하여 안테나의 물리적 기준점(antenna reference

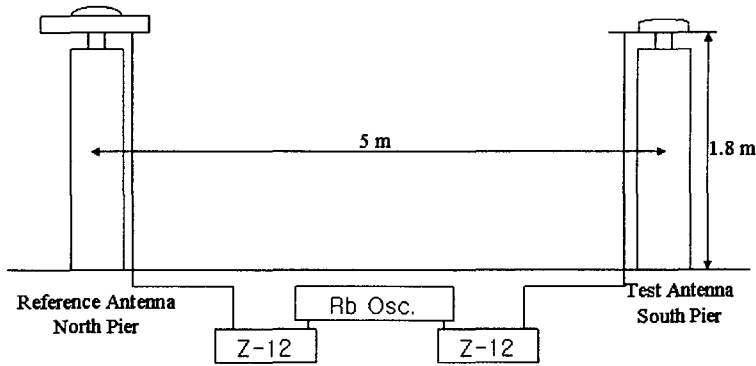


그림 1. NGS에서 상대 PCV를 결정하기 위한 방법(Mader 1999).

point, ARP)에 대한 위상중심의 변화를 측정하는 방법이다. 야외 절대 측정법은 기준 안테나를 고정시키고 고정밀의 로봇을 사용하여 다른 안테나를 회전시키거나 기울이면서 측정하는 방법으로써 Wuebbena et al.(1996)이 고안하여 발표한 방법이다.

절대 PCV 결정방법은 상대 PCV의 단점인 장기선 문제, 10° 고도경사각 제한 문제 등을 해결할 수 있다. 그러나 현재까지 IGS가 공식적인 모델로 사용하지 않은 이유는 다른 우주측지 기술인 VLBI(Very Long Baseline Interferometry)와 SLR(Satellite Laser Ranging)시스템을 각각 이용하여 결정한 지구프레임과 절대 PCV를 이용한 GPS 해로부터 얻은 프레임간 축척 차이가 약 15ppb 가량 발생하여 수직성분이 약 10cm 차이가 났기 때문이다. 하지만 최근에 이러한 차이가 GPS 위성 안테나의 PCV 추정을 통해 해결되어(Schmid & Rothacher 2003) 절대 PCV로의 전환이 추진되고 있다. 2005년에는 IGS 분석센터들이 지난 11년간의 GPS 자료를 재처리하고 위성 PCV를 추정함으로써 절대 PCV 적용이 가능하게 되었으며, 2006년까지 절대 PCV와 이를 근거로 한 ITRF2005 기준 프레임이 새롭게 등장할 전망이다.

이 논문에서는 이와 같은 변화를 배경으로 절대 PCV로의 전환이 실제 국내 자료처리 결과에 얼마나 영향을 미치는가를 분석하였다. 먼저 절대 PCV를 사용할 경우 기선길이 1000km 이상 장기선에서의 영향과 레이돔(raydome) 영향을 살펴보기 위해 IGS 관측소 대전, 수원과 중국의 베이징, 우한을 선택하여 상대 PCV와 절대 PCV를 각각 적용한 결과를 비교하였다. 그리고 국내 GPS 관측망에 대한 영향을 관찰하기 위해 한국천문연구원 이 운영중인 9개 GPS 상시관측소 중 품질이 좋은 7개 관측소의 2006년 1월 한 달간의 자료를 처리하고 그 결과를 비교 분석하였다.

2. GPS 안테나 위상중심변화 모델

2.1 상대 위상중심변화 모델

상대 PCV는 현재까지 IGS 공식적으로 사용되고 있는 GPS 안테나 위상중심변화 모델로써 미국의 NGS(national geodetic survey)에서 결과를 제공한다. 상대 PCV를 측정하는 장비의 구성은 그림 1과 같다.

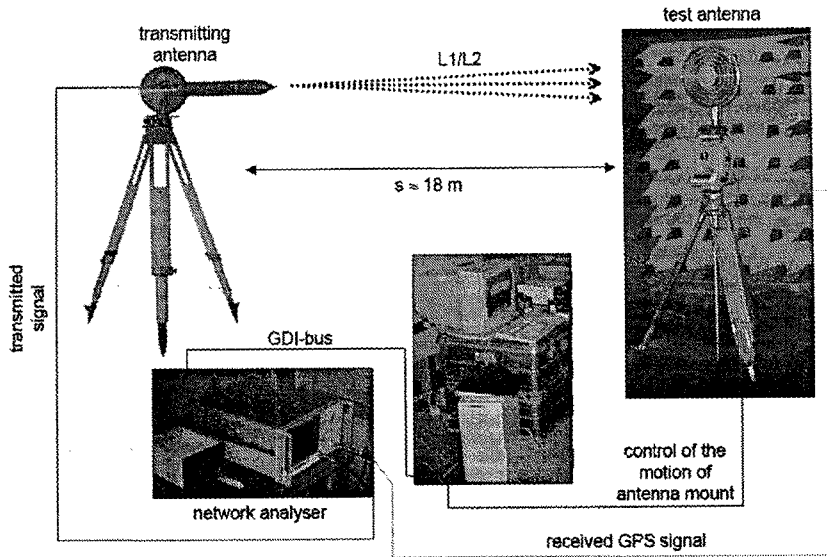


그림 2. 전자기와 무반향실에서 절대 PCV를 결정하는 방법(Gorres, Campbell & Siemes 2006).

평평한 잔디밭 위에 직경 15.24cm, 높이 1.8m 인 콘크리트 받침대를 북쪽과 남쪽 방향으로 각각 하나씩 세우고 이 받침대 위에 기준 안테나와 측정할 안테나를 설치한다. 두 받침대 간 간격은 5m이고 측정할 안테나의 높이는 3.4mm 더 높게 위치한다. 두 안테나는 Ashtech Z12 수신기와 연결되어 있으며 제한 고도각(mask angle)은 10°로 설정되어 있다. 그리고 두 수신기를 정확하게 동기화하기 위해 외부 주파수원으로 루비듐 오실레이터를 사용한다. 기준 안테나로는 JPL이 설계한 Dorne/Margolin 초크링 안테나를 사용하며 명칭은 JPL D/M+crT이다. 모든 안테나의 PCV는 이 기준 안테나에 대해 상대적으로 결정된다.

상대적으로 PCV를 결정하는 방법은 측정 방법이 간편하고 결과가 일관적이어서 현재까지 IGS의 PCV 모델로 사용되고 있다. 그러나 이 방법은 매우 짧은 기선에서 PCV를 측정한 반면, 실제 장 기선의 경우 지구곡면으로 인해 기선 양끝에서 같은 위성을 바라보는 각도의 차이가 점점 증가하므로 기선의 길이에 영향을 받지 않는 절대 PCV를 필요로 하게 된다(Mader 1999, Schmid et al. 2005). 그리고 다중경로 오차와 같은 지표면의 잡음 때문에 고도각이 10°로 제한되어 있어 10° 이하의 위성 신호가 들어 올 때 PCV 값을 결정할 수 없는 단점이 있다.

2.2 절대 위상중심변화 모델

절대 PCV의 목적은 앞서 기술한 상대 PCV의 단점을 보완하는 것으로써 전자기와 무반향실 측정법과 야외 절대측정법으로 구분된다.

전자기와 무반향실 측정법은 그림 2와 같이 무반향실에서 인공적인 GPS 신호를 발사하면서 수신 안테나를 회전시키거나 기울여서 GPS 신호의 위상을 측정함으로써 절대 PCV를 결정한다. 이때, 안테나의 회전점은 매우 정밀하게 물리적 중심으로부터 상대적으로 결정되어야 한다(Rothacher 2001).

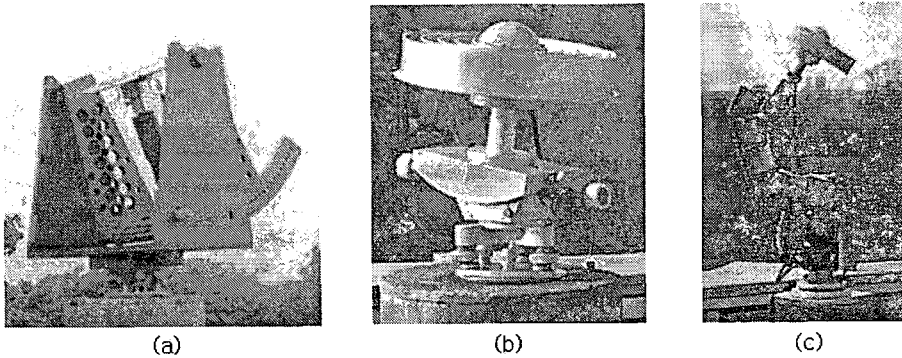


그림 3. 야외 절대측정을 위한 로봇의 모습. (a)와 (b)는 과거에 사용한 로봇이며, (c)는 현재 사용하는 로봇 (<http://www.ife.uni-hannover.de>).

야외 절대측정법은 야외 상대측정법으로부터 고안되었다. 이 방법은 관측소의 잡음을 제거하기 위해 GPS 위성의 배치가 평균 항성일마다 반복되는 궤도 특성을 이용한다. 궤도주기마다 다중경로 효과와 PCV가 반복되므로 2 항성일 동안 측정하여 측정결과를 서로 빼서 다중경로 효과를 제거한다. 그러나 완벽하게 동일한 관측을 수행했을 경우, PCV도 함께 제거되기 때문에 2 항성일 중 하루는 안테나를 고정시키고, 다른 하루는 고정밀 로봇을 통해 회전과 기울임(rotate and tilt)을 반복하여 원하는 절대 PCV만 측정한다. 이 방법은 기준 안테나를 사용하지 않으므로 기선의 길이에 무관한 절대 값을 얻을 수 있고, 지상의 잡음을 제거하여 0° 경사각까지 측정할 수 있다는 장점을 갖고 있다.

그림 3은 야외 절대측정법을 위해 하노버 대학교 Geo++에서 절대 PCV를 측정하기 위해 수행해온 프로젝트에 사용된 안테나 로봇이다. 그림 3c는 PCV의 절대 측정을 위해 현재 사용되고 있는 로봇이다.

2.3 GPS 위성 안테나 PCV 추정

절대 PCV는 그동안 제기되어왔던 장기선과 낮은 고도각에서의 상대 PCV의 단점을 충분히 보완할 수 있다. 그러나 절대 PCV를 적용하였을 때 GPS만을 이용한 해가 다른 우주측지 기술인 VLBI와 SLR으로부터 각각 얻은 해와 비교하여 약 15ppb 가량 매우 큰 축척의 차이를 보이기 때문에 IGS에서 공식모델로 적용되지 않았다. 이러한 차이의 원인이 수신 안테나에 기인한 것으로 생각하고 측정 로봇의 성능향상과 방위각에 따른 PCV 변화 추정 등에 집중적으로 연구하였으나 큰 성과는 없었다(Schmid & Rothacher 2003). 그러나 최근 들어, 그 원인이 GPS 위성 송신안테나의 PCV에 있다는 것이 밝혀지면서 절대 PCV를 이용한 결과의 축척 문제가 해결되었다.

GPS 위성의 송신안테나는 두개의 동심원 위에 12개의 헬리컬 안테나(helical antenna)로 구성되어 있다(그림 4). 하지만 GPS 위성 PCV를 고려하기 전까지는 각 위성마다 하나의 읍셋만을 가정하였으며 그 읍셋마저도 L1 주파수의 위상중심인지 L2 주파수의 위상중심을 가리키는지도 불분명했다.

Schmid & Rothacher(2003)은 GPS 위성의 지구중심 지향방향에 대한 수신 안테나의 고도각에

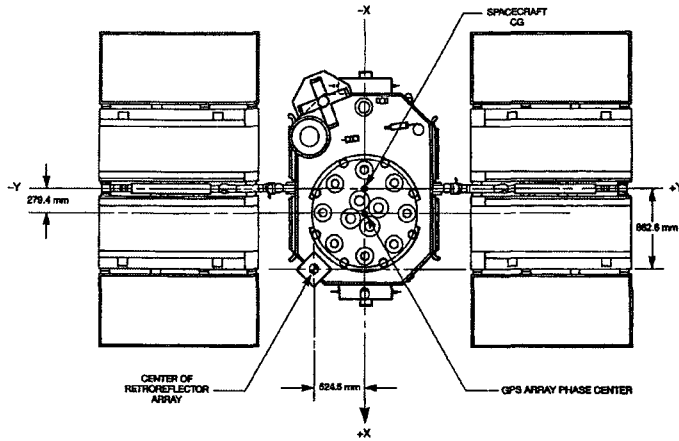


그림 4. Block II GPS 위성의 안테나 구성(Degnan & Pavlis 1994).

표 1. 자료처리 전략 및 사용된 주요 모델.

전략 및 사용 모델	내용
기준 시스템	J2000
기준 프레임	IGS00b
차분	이중차분
관측값	L1 & L2, 코드와 위상관측값
모호정수 결정	QIF (Quasi Ionosphere Free) 방법
대류층 지연 추정	건조 및 습윤 Niell 모델
지구중력포텐셜	JGM3
해양조석	OT_CSRC
준일일 극축모델	IERS2000
장동	IAU2000
안테나 PCV	상대 PCV (I01.ATX) 절대 PCV (I05.ATX)
행성 궤도력	JPL DE200

대한 위성 PCV를 적용하였다. 현재 IGS의 위성 PCV는 10년 이상의 IGS 관측소 자료를 처리하여 GFZ(Geoforschungszentrum)와 TUM(technical university of Munich)에서 구한 값의 평균을 사용한다.

3. 자료처리 전략

이 논문에 사용된 GPS 자료의 기간은 2006년 1월 1일부터 31일까지이며, 두 가지 데이터를 이용하여 자료처리를 수행하였다. 첫 번째는 우리나라의 대전, 수원, 중국의 베이징, 우한 관측소, 두 번째는 대전, 보현산, 소백산, 속초, 목포, 제주, 여수 관측소이다. 자료처리 프로그램은 스위스 베른대학에서 개발한 Bernese GPS S/W 5.0(Hugentobler et al. 2006)을 사용하였다.

자료처리시 IGS에서 제공하는 최종 궤도력과 최종 지구자전파라미터를 사용하였다. 기타 처

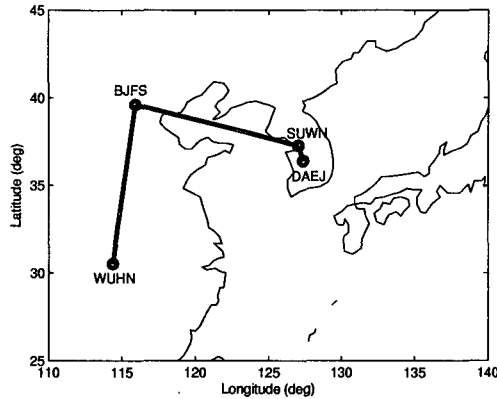


그림 5. GPS 망의 관측소와 기선. DAEJ(대전), SUWN(수원), BJFS(베이징), WUHN(우한).

표 2. 관측소의 안테나-수신기-레이돔 사양. 'N/A'는 조합에 없음을 뜻함.

관측소	안테나	수신기	레이돔
대전	TRM29659.00	Trimble NetRs	N/A
수원	TRM29659.00	Trimble NetRs	N/A
베이징	ASH700936B_M	Ashtech Z-XII3	SNOW
우한	ASH700936E	Ashtech Z-XII3	SNOW

리전략과 사용된 모델은 표 1에 나타내었다. 표 1에서 IGS00b 기준프레임은 일반적으로 알려진 ITRF2000과 동일하다. IGS 프레임은 ITRF2000을 GPS 관측으로 실현한 것으로서 현재 IGS에서 산출하는 GPS 위성의 궤도력, 지구자전파라미터, 시계 보정값들은 모두 IGS 프레임을 따른다. IGS는 ITRF97부터 ITRF와 독립적으로 IGS 망을 기준으로 하는 IGS 프레임을 만들어 사용하고 있으며, 2004년 1월 11일부터 현재까지 IGS00b 프레임을 사용한다. 이 프레임은 ITRF2000과 거의 동일하나 IGS 산출물을 사용할 때 보다 안정적이다(Hugentobler et al. 2006). 따라서 이 연구에서는 자료처리시 최종 데이텀(datum)을 결정할 때 IGS 기준국인 대전의 좌표를 IGS00b 프레임에 고정시켜 처리결과와 기준프레임을 정의하였다.

4. 상대 PCV와 절대 PCV의 적용결과 비교

상대 PCV는 매우 짧은 기선을 이용하여 결정되므로 이 결과는 수 천 km의 장기선이나 수신 안테나가 기울어졌을 경우 안테나 위상중심을 정확하게 적용할 수 없다(Schmid, Mader & Herring 2004). 또한, 상대 PCV는 안테나 레이돔의 영향을 고려하지 않는 반면, 절대 PCV는 실제 많은 상시관측소가 사용하고 있는 레이돔의 영향을 계산하여 각 안테나와 레이돔이 조합된 PCV를 제공한다. 그러므로 수 천 km 대의 장기선을 처리할 경우 상대 PCV를 적용한 안테나 위상중심변화는 자료처리 결과에 상당한 오차를 가져올 것이다. 이러한 문제점을 확인하기 위하여 국내 상시관측망의 자료처리에

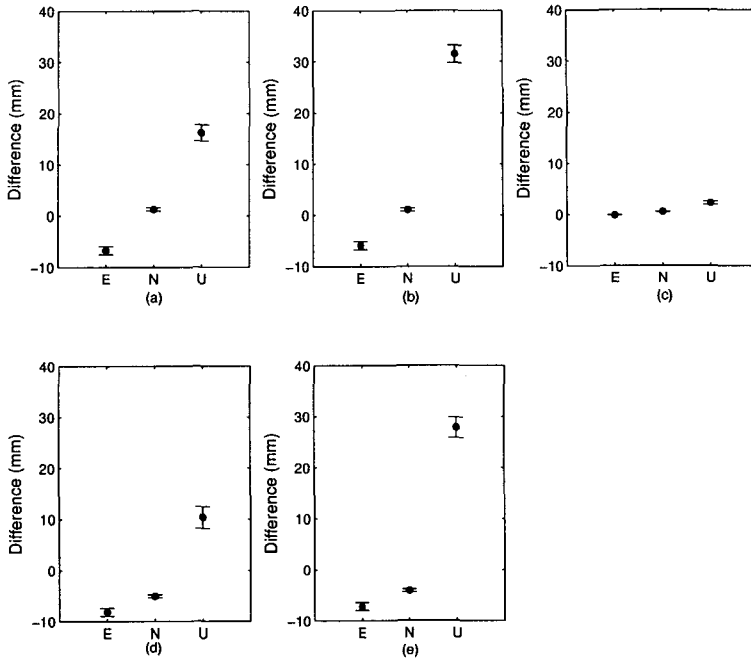


그림 6. 각 관측소별로 상대 PCV와 절대 PCV를 적용한 결과의 차이. X축의 E,N,U는 각각 동쪽, 북쪽, 수직방향을 의미하고 Y축의 차이는 mm 단위임. 각 점의 오차막대는 31일 간의 결과의 표준편차를 의미함. (a), (d)는 베이징과 우한의 레이돔을 고려하지 않은 결과, (b), (e)는 베이징과 우한의 레이돔을 고려한 결과, (c)는 수원의 레이돔을 고려하지 않은 결과를 나타냄.

앞서 우리나라 주변에 위치하고 기선의 길이 천 km가 넘는 곳을 선정하여 실험하였다. 사용된 관측소는 우리나라의 IGS 기준국인 대전과 수원 그리고 중국 베이징과 우한이다(그림 5). 그림 5에서 굵은 실선부분은 자료처리에 선정된 기선으로, 각 기선간 거리는 베이징-우한 약 1,016km, 베이징-수원 약 1,007km, 수원-대전 약 101km이다. 장기선 외에 대전-수원 간 비교적 짧은 기선을 설정한 이유는 기선의 길이에 따른 결과의 차이를 동시에 관찰하기 위해서이다. 그리고 베이징과 우한은 각각 절대 PCV에서 제공하는 안테나-레이돔 조합에 맞는 레이돔을 갖고 있으므로 이를 이용하여 레이돔을 고려했을 경우와 고려하지 않는 경우의 차이를 비교할 수 있다. 표 2는 이 GPS망에 포함된 관측소의 사양을 나타낸다.

그림 5의 기선에 대해 2006년 1월 한 달간의 GPS 자료를 처리한 결과는 표 3과 그림 6과 같다. 결과에서 대전이 제외된 이유는 데이텀을 정의할 때 대전의 현재 좌표를 고정시켰기 때문이다. 결과에서 보는 바와 같이 수직방향의 차이가 큰 것을 알 수 있는데, 이는 수직방향성분이 PCV에 민감하기 때문이다. 베이징, 우한과 같이 기선의 길이가 길 경우 수직방향의 3cm 정도까지 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 반면 상대적으로 짧은 기선을 갖는 수원의 경우 2.17mm로 훨씬 작은 것을 알 수 있

표 3. 대전, 수원, 베이징, 우한의 자료처리 결과. E는 동쪽, N은 북쪽, U는 수직방향을 의미함.

관측소	ΔE (mm)		ΔN (mm)		ΔU (mm)	
	레이돔 ×	레이돔 ○	레이돔 ×	레이돔 ○	레이돔 ×	레이돔 ○
베이징	-6.76	-5.91	1.26	1.00	16.22	31.44
우한	-8.17	-7.20	-5.06	-4.11	10.35	27.87
수원	-0.15	.	0.48	.	2.17	.

표 4. 관측소의 안테나-수신기-레이돔 사양. 'N/A'는 조합에 없음을 뜻함.

관측소	안테나	수신기	레이돔
대전	TRM29659.00	Trimble NetRs	N/A
보현산	TRM29659.00	Trimble NetRs	N/A
소백산	TRM29659.00	Trimble NetRs	N/A
속초	TRM29659.00	Trimble 4000SSI	N/A
목포	TRM29659.00	Trimble 4000SSI	N/A
제주	TRM29659.00	Trimble 4000SSI	N/A
여수	TRM29659.00	Trimble 4000SSI	N/A

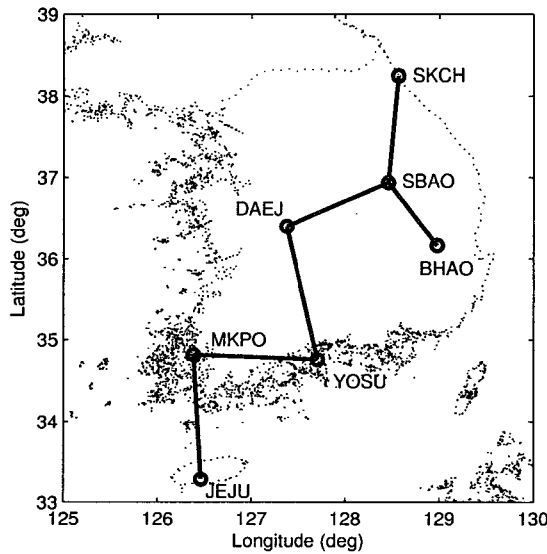


그림 7. 사용된 관측소와 기선. DAEJ(대전), BHAO(보현산), SBAO(소백산), SKCH(속초), MKPO(목포), YOSU(여수), JEJU(제주).

다. 그리고 절대 PCV에 포함된 안테나-레이돔 조합을 고려할 경우는 그렇지 않은 경우보다 수직방향으로 1.5cm 정도 더 크게 나타나는 것을 알 수 있다.

그림 6과 표 3에서 기선의 길이가 증가함에 따라 상대 PCV의 결과와 절대 PCV의 차이가 커짐

표 5. 국내 7개 GPS 관측소의 자료처리 결과.

관측소	ΔE (mm)	ΔN (mm)	ΔU (mm)
보현산	0.57	-0.09	-0.62
소백산	0.38	0.25	0.21
속초	0.40	0.82	1.73
목포	-0.37	-0.68	-0.83
제주	-0.36	-1.36	-2.17
여수	0.12	-0.71	-1.59

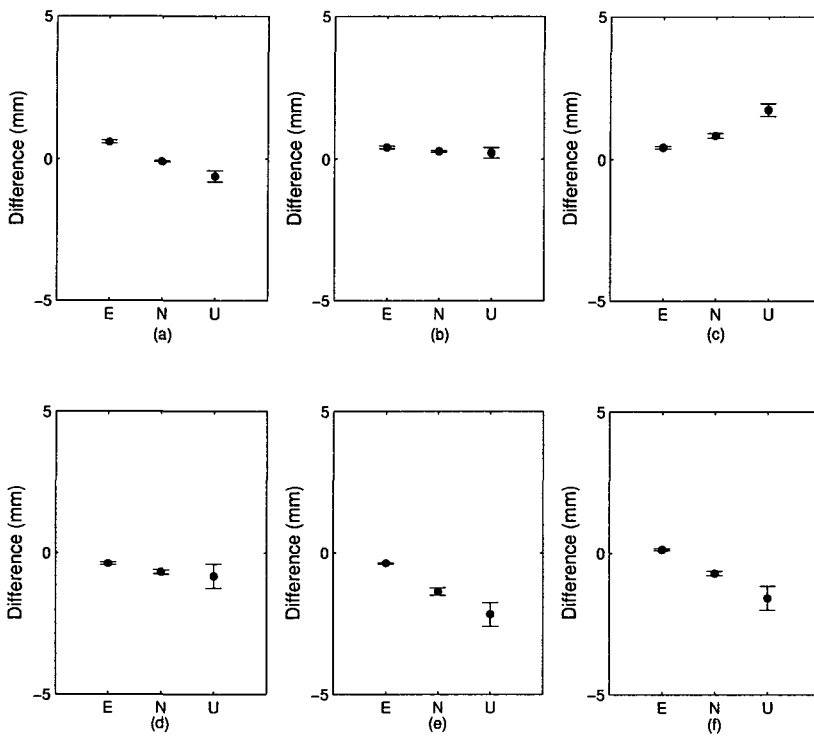


그림 8. 한국천문연구원 관측망에 대해 각 관측소 별로 상대 PCV와 절대 PCV를 적용한 결과의 차이그림. 사용 단위와 축 설명은 그림 6과 동일함. (a) 보현산, (b) 소백산, (c) 속초, (d) 목포, (e) 제주, (f) 여수.

을 알 수 있었고, 레이돔 조합을 고려하면 그 차이가 더욱 커지는 것을 확인하였다. 이 실험에서 확인한 내용을 바탕으로 우리나라의 GPS 상시관측자료를 처리하여 그 결과를 비교하였다. 사용된 관측소의 이름과 설치사양은 표 4와 같으며, 위치와 기선은 그림 7과 같다. 그림 7은 Bernese 프로그램에서 기선을 결정할 때 각 기선의 길이가 가장 짧도록 기선을 설정하는 SHORTEST 전략을 사용하

여 얻은 기선이다. 그림 7에서 구성된 기선의 길이는, 대전-소백산 114km, 소백산-속초 147km, 소백산-보현산 97km, 대전-여수 185km, 여수-목포 121km, 목포-제주 170km이다. 사용된 모든 관측소는 안테나 보호를 위한 레이돔을 가지고 있다. 그러나 설치된 레이돔은 현재 정확한 모델명 파악이 어려우며 현재 절대 PCV에서 제공하는 안테나-레이돔 조합에 포함되어 있지 않다. 그리고 현재 IGS에서도 국내 IGS 기준국인 대전과 수원을 자료처리시 레이돔을 고려하지 않고 계산한다. 따라서 이 논문에서는 별도로 레이돔의 효과를 고려하지 않았다.

표 5와 그림 8은 앞서 소개한 한국천문연구원 GPS 관측망에 대해 처리한 결과를 분석한 내용으로, 앞의 결과와 마찬가지로 수직방향의 차이가 더 크게 나타나는 것을 볼 수 있다. 베이징과 우한의 결과와 비교했을 때 상대 PCV와 절대 PCV를 이용한 결과의 차이가 전체적으로 약 10분 1로 나타났다. 이는 상대적으로 기선의 길이가 짧기 때문에 오차가 더 적게 나타난다.

5. 결론

이 논문에서는 현재 IGS에서 추진 중인 상대 PCV에서 절대 PCV로의 전환에 대한 내용을 소개하고 각 PCV의 측정방법과 특징을 설명하였다. 또한 절대 PCV 사용이 국내 GPS 관측망 자료처리 결과에 미칠 수 있는 영향에 대해 사전 분석을 수행하였다. 실험결과 기선길이가 1000km 이상인 베이징과 우한의 경우, 레이돔을 고려하지 않았을 때는 수직방향으로 1.62cm, 1.04cm 차이를 보였고, 고려했을 때는 각각 3.14cm, 우한이 2.79cm로 고려하지 않은 경우보다 약 1.5cm 정도 더 큰 차이를 보였다. 기선길이가 약 101km인 수원의 경우 0.22cm의 차이를 보였다. 이는 절대 PCV로 전환했을 때 기선의 길이가 길거나 레이돔의 효과를 고려한다면 기존의 정밀좌표와 상당한 차이가 나타날 수 있음을 보여주는 것이다.

2006년 1월 한 달간의 한국천문연구원 7개 상시관측소 자료를 처리한 결과 -0.25cm에서 0.1cm까지 수직방향 차이를 보였다. 이 수치는 일반적으로 정밀측위를 수행할 때 수직방향 오차보다 더 작으므로 실제로는 거의 영향이 없다고 볼 수 있다. 그리고 국내 GPS 상시관측망은 한국천문연구원의 9개 관측소 외에도 실제 70여개 이상 존재하여 더욱 조밀하므로 절대 PCV로 전환하더라도 큰 변화는 없을 것으로 판단된다. 하지만 전 관측소가 레이돔을 장착하고 있어 실제 레이돔의 효과를 고려하면 베이징과 우한의 결과와 마찬가지로 일정량의 변화가 있을 것으로 예상된다.

감사의 글: 이 연구는 기상청 기상지진기술개발사업(CATER 2006-3104)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- Degnan, J. & Pavlis E. 1994, GPS World, 5, 62
 Gorres, B., Campbell, J., & Siemes M. 2006, GPS Solutions, 10, 136
 Hugentobler, U., Schaer, S., Fridez, P., & Meindl, M. 2006, Bernese GPS Software Version 5.0 DRAFT (Bern: Printing Office of the University of Bern), pp.198-199
 Mader, G. 1999, GPS solutions, 3, 50
 Menge, F., Seeber, G., Volksen, C., Wuebbena, G., & Schmitz, M. 1998, In ION GPS-98 (Colorado: Colorado Springs), p.31

Rothacher, M. 2001, *GPS Solutions*, 4, 55

Rothacher, M., Schaer, S., Mervart, L., & Beutler, G. 1995, In *IGS Workshop Proceedings*, eds. G. Gendt & G. Dick (Potsdam: GFZ), p.205

Schmid, R., Mader, G., & Herring, T. 2004, In *IGS Workshop Proceedings*, ed. M. Meindl (Bern: AIUB), p.209

Schmid, R. & Rothacher, M. 2003, *Journal of Geodesy*, 77, 440

Schmid, R., Rothacher, M., Thaller, D., & Steigenberger, P. 2005, *GPS Solutions*, 9, 283

Wuebbena, G., Menge, F., Schmitz, M., Seeber, G., & Voelksen, C. 1996, In *ION GPS-96* (Colorado: Colorado Springs), p.1205