

GPS를 이용한 서울대학교 전파천문대의 WGS84 좌표 결정 The Determination of WGS84 coordinates for Seoul National University Radio Astronomy Observatory

조정호¹, 박필호¹, 박종욱¹, 홍승수², 구분철²

¹한국천문연구원, ²서울대학교 천문학과

JOENG-HO JOH¹, PIL-HO PARK¹, JONG-UK PARK¹, SEUNG-SOO HONG², BON-CHUL KOO²

¹Korea Astronomy Observatory

²Department of Astronomy, Seoul National University

Received Jun. 3, 2000; Accepted Jun. 23, 2000

ABSTRACT

We determined the precise three dimensional WGS84 Coordinates and the sea level height of Seoul Radio Astronomy Observatory (SRAO). In this study, we performed the simultaneous GPS observations at SRAO and Seoul GPS Reference Station(SGRS) of Korea Astronomy Observatory(KAO) for 3.5 hours from 17KST on October 27, 1999. We employed two different antennas, i.e., choking antenna at SGRS of KAO and L1/L2 compact with groundplane antenna at SRAO. But we employed same type of receivers, i.e., Trimble 4000SSI at both observing places. The observed data were processed by GPSURVEY 2.30 software of Trimble with L1/L2 ION Free technique and broadcasting ephemeris of GPS Satellites because of very short baseline between SGRS of KAO and SRAO. We determined WGS84 latitude, longitude, height and the sea level height of SRAO with $37^{\circ} 27' 15." 6846N \pm 0." 0004$, $126^{\circ} 57' 19." 0727E \pm 0." 0002$, $204.89m \pm 0.02m$, $181.38m \pm 0.17m$, respectively.

Keywords: SRAO – GPS Observation – GPSURVEY Software – WGS84 Coordinates

1. 서론

1997년 천문학 연구를 위한 첨단관측 시설 구비의 일환으로 교육부, 과학기술부, 서울대학교의 지원을 받아 “서울대학교 전파천문대(SRAO) 건설사업”이 서울대학교 천문학과와 주관으로 시작되었다. 5년간 26억여원의 사업비가 소요될 이 사업은 1997년 12월 전파천문대 부지를 확정하였고, 1999년 11월에 전파망원경을 설치하여 현재 시험가동 단계이다. 첨단 70-270GHz 수신용 전파망원경 시스템을 개발하고, 이를 이용하여 국내 전파천문학의 획기적 발전을 위한 발판 구축을 목표로 시작된 이 사업이 성공적으로 완료될 경우 국제적으로 경쟁력있는 연구업적의 양산과 산학연 공동연구의 활성화가 기대된다. 그런데 어떤 종류의 망원경이든 지향정밀도와 추적정밀도를 높이기 위해서는 망원경의 위치가 정확하게 결정되어야 한다. 따라서 SRAO 운용에 필수적인 정밀좌표 결정은 단일 전파망원경에 의한 관측뿐만 아니라 향후 구축될 VLBI 관측에 의한 관측을 고려할 때 매우 중요하다.

우주시대인 오늘날, 지상의 좌표를 정밀하게 결정하기

위하여 인공위성을 이용한다. 미 국방성이 군사목적으로 개발하여 민간에 상업용으로 개방한 GPS(Global Positioning System)는 인공위성을 이용하여 지상의 좌표를 수 mm에서 수 cm의 정밀도로 결정할 수 있는 전천후 위치결정 시스템이다. GPS를 이용하면 불과 몇 시간만에 3차원 좌표를 정밀하게 결정할 수 있으므로 일반적인 측량방법에 비해 월등한 장점을 갖고 있다. 그리고, GPS는 국제시보국에서 1984년에 채택된 지구의 극축 및 경도원점과 일치하는 WGS84(World Geodetic System 1984)라는 세계 공통 좌표계를 채택하고 있어, GPS로 결정된 좌표는 국부적인 타원체에 입각한 좌표나 천문좌표보다 천문관측에 있어 더 정확하고 더 실용적이라고 할 수 있다. 이 연구의 목적은 SRAO의 3차원 정밀좌표를 위성측량방법인 GPS 측량을 통해 결정 하는 것이다.

2. GPS 관측 및 자료처리

SRAO의 정밀좌표 결정에 사용된 한국천문연구원(KAO)의 서울 GPS 기준점(SGRS)은 그림 1과

같이 기상청내 노장에 위치해 있으며, 1999년 설치가 완료되어 현재까지 지각변위 감시 및 차량항법을 위한 기준점으로 운용되고 있다. 1999년 3월 한국천문연구원 국제 GPS 기준점(약칭 “DAEJ”)의 이전에 따라 DAEJ의 새로운 정밀좌표가 결정되었고(조정호 외, 1999), 그 후로 SGRS의 정밀좌표도 DAEJ로부터 상대적으로 결정되었다(박필호 외, 1999). DAEJ와 SGRS의 정밀좌표는 약 보름간의 GPS 데이터를 고정밀 자료처리 S/W를 이용하여 처리한 결과로 각 성분별 정밀도는 수 mm 이하이다.

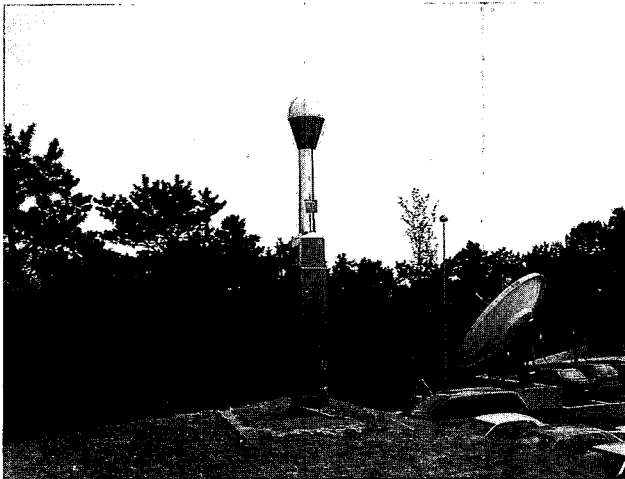


그림 1.— 기상청에 설치된 한국천문연구원 서울 GPS 기준점 (SGRS)

전파망원경 지지대가 이미 고정된 상태인 점을 감안하여 그림 2에서 보듯이 주변 콘크리트 바닥의 한 지점을 SRAO의 GPS 기준점(GSRAO)으로 결정하였다. GSRAO는 전파망원경의 중심축이 지면과 만나는 지점으로부터 정남 방향으로 4m 떨어진 지점이다. 따라서 SRAO의 좌표는 GPS로 결정된 GSRAO의 위도에 이 거리만큼을 보정하여 얻을 수 있다. 이 때 두 지점간 거리가 매우 짧으므로 방위각 및 거리의 실측오차와 각거리 환산시 곡률에 의한 오차는 무시할 수 있다. GSRAO는 전파망원경 지지대와 철조망에 의한 다중경로 오차와 남동방향의 관악산에 의한 차폐와 같은 관측여건상 단점과 기준점으로부터 기선거리가 매우 짧다는 장점을 동시에 갖고 있다.

일반적으로 GPS를 통해 결정된 좌표의 오차는 기준점과의 기선 거리에 비례하고, 자료처리 세션시간에 반비례한다. 기선 거리에 따른 오차를 줄이기 위해 GPS 위성의 정밀궤도력을 사용하고 자료처리 세션시간을 늘이기도 하지만, 박필호 외(1996)의 실험에 의하면 관측시간이 충분한 경우 기선거리 65km 이내에서는 정밀궤도력과 GPS 위성으로부터 수신되는 방송 궤도력을 이용한 자료처리 결과의 차이가 무시할 만한 것으로 나타났다. 또한 관측조건이 양호한 경우 10km 이내의 단기선에서 30분 이내의 세션시간

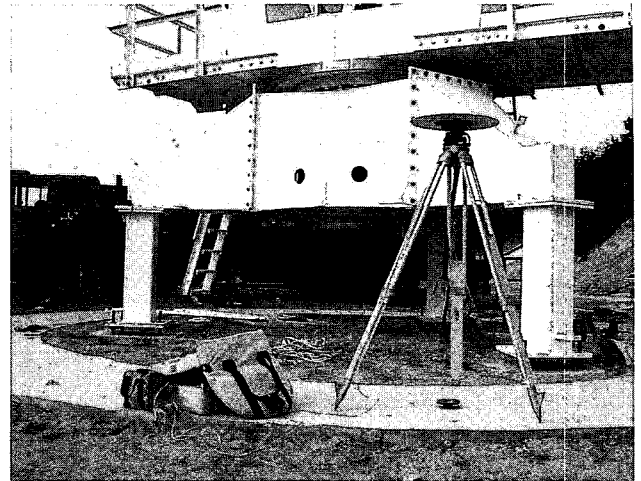


그림 2.— GSRAO에서의 GPS 관측

만으로 충분히 정밀한 결과를 얻을 수 있다. 따라서 본 연구에서 사용한 기준점 SGRS로부터 측정점 GSRAO까지의 기선 거리가 약 5.5km이므로 자료처리 세션시간을 30분으로 결정하였다.

각각의 지점에서 주변의 지면 또는 지형지물에 반사된 불량신호를 수신하는 경우를 줄이기 위해 수신 가능한 위성의 지평면 고도각을 15도 이상으로 설정하였다. 또한 위성으로부터 수신되는 L1과 L2 주파수 신호를 15초 간격으로 3.5시간 동안 수신하도록 하였다. 자료 처리 세션시간을 30분으로 결정하였으므로 표 1과 같이 총 3.5시간 관측을 7번의 관측세션으로 나누어 자료처리 하였다. 7개의 세션별 자료처리 결과로부터 평균과 표준편차를 구하여 자료처리 결과의 신뢰도를 확보하였다.

GPS 관측데이터는 TRIMBLE사의 자료처리 S/W인 GPSURVEY Version 2.30과 GPS 방송 궤도력을 이용하여 L1/L2 Ion Free 기법으로 처리되었다.

표 1.— GPS 관측

세션	관측일시(KST)
SRAO1	1999.10.27 17:00-17:30
SRAO2	1999.10.27 17:30-18:00
SRAO3	1999.10.27 18:00-18:30
SRAO4	1999.10.27 18:30-19:00
SRAO5	1999.10.27 19:00-19:30
SRAO6	1999.10.27 19:30-20:00
SRAO7	1999.10.27 20:00-20:30

표 2.— 기준점으로 사용된 SGRS의 정밀좌표와 정밀도

	ϕ ($^{\circ}$ ' ")N	λ ($^{\circ}$ ' ")E	H_{WGS84} (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
좌표값	37 29 36.70357	126 55 4.79031	61.701	-3043536.382	4050959.107	3861031.826
정밀도	± 0.00000	± 0.00001	± 0.0003	± 0.0002	± 0.0002	± 0.0002

표 3.— SGRS와 GSRAO 기선간 측정된 거리와 벡터성분

세션	거리(m)	dX(m)	dY(m)	dZ(m)
SRAO1	5462.98	-4296.61	224.21	-3366.45
SRAO2	5462.99	-4296.61	224.21	-3366.47
SRAO3	5462.97	-4296.58	224.18	-3366.48
SRAO4	5462.99	-4296.62	224.23	-3366.46
SRAO5	5462.99	-4296.59	224.20	-3366.49
SRAO6	5462.99	-4296.60	224.21	-3366.49
SRAO7	5463.01	-4296.61	224.21	-3366.50
평균	5462.99	-4296.60	224.21	-3366.48
σ	.01	.01	.01	.02

표 4.— GSRAO의 WGS84좌표 및 표준편차

세션	ϕ ($^{\circ}$ ' ")N	λ ($^{\circ}$ ' ")E	H (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
	37 $^{\circ}$ 27'	126 $^{\circ}$ 57'	204+	-3047832+	4051183+	3857665+
SRAO1	15.5557	19.0729	0.91	-0.99	0.32	0.37
SRAO2	15.5554	19.0729	0.90	-0.99	0.32	0.36
SRAO3	15.5558	19.0724	0.86	-0.96	0.29	0.34
SRAO4	15.5551	19.0725	0.92	-1.00	0.34	0.37
SRAO5	15.5552	19.0726	0.86	-0.97	0.30	0.34
SRAO6	15.5550	19.0725	0.88	-0.98	0.31	0.34
SRAO7	15.5545	19.0730	0.87	-0.99	0.31	0.32
평균	15.5552	19.0727	0.89	-0.98	0.31	0.35
σ	0.0004	0.0002	0.02	0.01	0.02	0.02

표 5.— GPS로 결정된 GSRAO의 정밀좌표와 정밀도

	ϕ ($^{\circ}$ ' ")N	λ ($^{\circ}$ ' ")E	H_{WGS84} (m)	H_{geoid} (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
좌표값	37 27 15.5552	126 57 19.0727	204.89	181.38	-3047832.98	4051183.31	3857665.35
정밀도	± 0.0004	± 0.0002	± 0.02	± 0.17	± 0.01	± 0.02	± 0.02

표 6.— SRAO의 정밀좌표와 정밀도

	ϕ ($^{\circ}$ ' ")N	λ ($^{\circ}$ ' ")E	H_{WGS84} (m)	H_{geoid} (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
좌표값	37 27 15.6846	126 57 19.0727	204.89	181.38	-3047832.98	4051183.31	3857665.35
정밀도	± 0.0004	± 0.0002	± 0.02	± 0.17	± 0.01	± 0.02	± 0.02

3. 처리결과 및 검토

GPS 관측자료를 처리하여 기준점 SGRS로부터 측정점 GSRAO까지의 거리와 상대벡터를 표 3과 같이 결정하였다. 표 3의 상대좌표(dX, dY, dZ)를 표 2의 기준점 WGS84 정밀좌표에 더해주면 관측세선별로 결정된 측정점의 WGS84 좌표를 표 4와 같이 구할 수 있다. 표 5는 GSRAO의 정밀좌표를 나타낸 것으로, 표 4의 표준편차에 기준점 SGRS의 정밀도를 더한 오차를 갖는다. 표 6은 SRAO의 좌표를 나타내는데, 표 5의 GSRAO 위도에 0." 1294 (=4m)를 더하여 구할 수 있다. 또한 표 5의 HWGS84와 Hgeoid는 각각 GPS 측정 좌표계의 기준인 WGS84 타원체면과 국부 좌표계의 기준인 평균해수면 즉, 지오이드면에서부터 법선방향으로 잰 높이를 나타낸다. 특히 Hgeoid는 PNU95(Pusan National University 1995) 중력장 모델(최광선, 1997)을 이용하여 환산한 값으로, 그 정밀도는 PNU95 모델의 정밀도에 피변환 변수 HWGS84의 표준편차를 더한 값이다.

이 연구를 통하여 GSRAO의 WGS84좌표가 표 4와 같이 X, Y, Z성분별로 각각 1cm, 2cm, 2cm의 정밀도로 결정되었다. 표 3에서 보듯이 두 지점 사이의 거리성분은 약 1cm의 표준편차를 갖는데, 이는 표준편차/측정거리로 표시하면 $1.8 \times 10^{-6} = 1.8\text{ppm}$ 이다.

4. 결론

GPS를 이용하여 SGRS와 GSRAO간 벡터를 약 1.8ppm의 정밀도로 결정할 수 있었고, GSRAO의 위도를 보정하여 SRAO의 좌표를 결정할 수 있었다. 이와 같이 결정된 SRAO의 3차원 WGS84 정밀좌표와 해발고도는 각각 $37^{\circ} 27' 15."$ $6846\text{N} \pm 0."$ 0004 , $126^{\circ} 57' 19."$ $0727\text{E} \pm 0."$ 0002 , $204.89\text{m} \pm 0.02\text{m}$, $181.38\text{m} \pm 0.17\text{m}$ 이다.

본 연구를 통해 결정된 SRAO의 정밀좌표는 SRAO가 향후 첨단 70-270GHz 수신용 전파망원경 시스템을 개발하고, 전파망원경 시스템을 운영하는데 초석이 될 것으로 여긴다.

본 연구의 일부는 과학기술부 특정연구개발사업(70-270GHz 수신용 전파망원경 시스템 개발)의 지원을 받았음을 밝힙니다.

참고문헌

- 박필호, 박종욱, 조정호, 1996, 한국측지학회지, 14권, 2호, pp. 199-207
- 박필호, 박종욱, 조정호, 1999, Global Positioning System Control Points(WGS84), 미 극동 공병단 보고서, DACA81-99-C-0074, Appendix-A
- 조정호, 박필호, 박종욱, 1999, 한국천문연구원 GPS 기준점의 ITRF97 좌표 결정, 한국천문연구원 기술보고서, 99-001-0029, pp 24-25
- Choi, K., Kim, J. and Yang, C. 1997, Korea Journal of Geophysical Research Vol. 25, no. 1, pp. 1-13