Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography 2003 / Busan / Korea

GPS-GLONASS 결합에 의한 기선 정확도 분석

The Analysis of Baseline Accuracy with the Combined GPS-GLONASS

박운용[1], Park, Woon-yong · 차성렬[2], Cha, Sung-Yeoul · 곽두호[3], Kwak, Doo-ho · 백기석[4], Back, Ki-Suk

[1] 동아대학교 공과대학 토목해양공학부 교수
[2] 양산대학 건설교통정보과 조교수
[3] 동아대학교 토목공학과 박사
[4] 동아대학교 토목공학과 박사과정

I. 서론

GPS(Global Positioning System)는 항법이나 토목공사, 기준점 측량, 구조물 변형등 측지 및 측량분야에서 활용성이 우수하다고 입증되었지만 고층 빌딩이 산재한 도심지나 GPS 위성 신호의 수신이 곤란한 장소에서는 GLONASS (GLObal NAvigatin Satellite System)위성과의 통합으로 위성의 가시성을 높여 보다 나은 정확도를 획득할 수 있다. 그리고 미국에서 다시 SA(Selective Availability)와 같은 규제를 하였을 때 대체방안을 세우기 위해 GPS/GLONASS 결합시 기선 정확도 분석도 필요할 것이다.

따라서, 본 연구에서는 GPS/GLONASS 결합에 의한 장소별 즉 개활지, 주거지 및 아파트촌에서 절대 측위 정밀도를 분석하여 항법 및 측지 분야에서 그 효율성을 제시하고 GPS와 GLONASS에 대한 시스템의 특성을 비교하고 기준좌표계, 시간 및 주파수 체계의 특성을 고찰하였다. 또한 위성 가시성과 위성 수신 고도각에 영향을 미칠 수 있는 지역을 선정하여 정확도를 분석하여 GPS/GLONASS 결합의 실제 적용 가능성을 검토하고자 한다.

II. GPS와 GLONASS 시스템 비교

1. GPS

NAVSTAR GPS(NAVigation System with Time and Ranging Global Positing System)는 미국방성에 의하여 개발된 범지구위성체계로서 로스엔젤레스 미 공군기지에 위치한 합동계획본부(JPO : Joint Program Office)에 의하여 계획 및 통제되고 있다. GPS 위성의 개발 목적은 미국의 모든 군사적 목표에 대하여 언제, 어디에서나 정확한 위치와 속도 그리고 시간 등을 하나의 통일된 기준체계에 의하여 중단 없이 연속적으로 결정하고자 하는 전천 후 위성체계를 구축하는데 그 일차적 목적이 있었으며 민간분야로서의 활용은 이차적 목적이었다. GPS에 의한 위치결정은 도플러 위성에서와 마찬가지로 궤도가 정확히 알려진 위성으로부터 송신되는 신호에 위치결정의 근거를 두고 있다.

2. GLONASS

GLONASS 시스템은 범 지구적 인공위성항법시스템(Global NAvigation Sputnik System)으로 러시아의 국방부 주관 하에 통합응용기계연구소(NPO PM), 항공기계공학연구소(RNIIKP), 러시아시간 · 전파항법연구소(RIRV), 합작기업 'Polet' 등이 공동으로 개발하였다. 최초의 GLONASS (224지점, 인공위성번호 1413) 프로그램에 따른 인공위성 발사가 1982년 10월 12일에 이루어졌으며, 최근까지 76회에 달하는 인공위성 발사가 실행되어 현재 정상 운영 중이다. GLONASS 시스템은 GPS 시스템과 마찬가지로 24개의 인공위성을 주축으로 구성되었으나 세부적인 요소들에 있어서는 차이를 갖는다. GPS 시스템의 경우는 고도 약 20,000km 상공의 6개 회전궤도 상에 각 60도 마다 4기의 인공위성이 배치되어 있으며, 궤도의 경사(i)는 55도 이며, 회전주기는 12시간이다. 이러한 위성의 배치는 지구상 임의의 지점에서 사용자들에게 5~8개의 인공위성을 이용할 수 있게 해준다.

표 1에서는 GLONASS와 GPS 시스템을 각 변수에 따른 차이점들을 비교하여 나타내었다.

표 1. GLONASS와 GPS 시스템 비교

Parameter	GLONASS	GPS
위성수 (완전 가동시)	21 + 3 spares	21 + 3 spares
궤도면 수	3	6
궤도 고도	19,100 km	20,183km
궤도 경사각	64.8°	55°
궤도 주기 (항성시간)	11 hours 15 min.	12 hours
궤도 반경	25,510km	26,560km
반송파(MHz)	L1 : (1602 + 0.5625n) L2 : (1246 + 0.4375n) n = 1, 2, … 24	L1 : 1575.42 L2 : 1227.60
코드	FDMA C/A code on L1 P code on L1 and L2	CDMA C/A code on L1 Y code on L1 and L2
코드 주파수 (MHz)	C/A 코드 0.511 P 코드 5.11	C/A 코드 1.023 Y code
좌 표 계	PZ-90	WGS 84
시간 기준	UTC (USNO)	UTC (SU)

III. 실험 및 분석

1. 실험지역 선정

GPS와 GLONASS 위치결정시스템을 이용하여 위치별 정적 위치결정을 위해 실험장소로 개활지로는 최근에 택지조성을 한 신호공단(a) 지역과 주거지역은 일반 주택지역(b)과 아파트지역(c)을 3군데를 장소로 선정하여 정확도를 분석하여 GPS 단독측위와 GPS/GLONASS 결합의 검사점에 대한 기선의 잔차 및 위성의 고도각에 따른 기선의 잔차를 검토하였다.

2. 실험 및 분석

2.1 기선처리

우선 단기선의 정확도 분석을 위해 Total Station을 이용하여 각각의 지역에 (a)지역에는 50×14.0m, (b)지역에는 50×16.0m, (c)지역에도 50×16.5m 정사각형을 미리 검사점으로 설치한 후 각 지점에 LEGACY-E 수신기와 LEGANT 안테나를 검사점에 설치하여 epoch 15초로 하여 20분간 2session으로 관측되었다. 관측된 세 지역의 자료처리는 GeoGenius S/W를 이용하여 분석하였고, 처리된 관측 기선을 그림 1, 2, 3에 도시하였다.

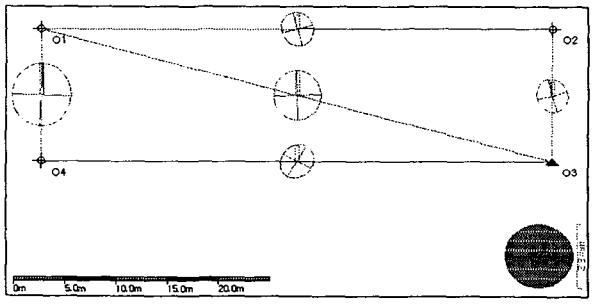

그림 1. 개활지의 기선처리 망

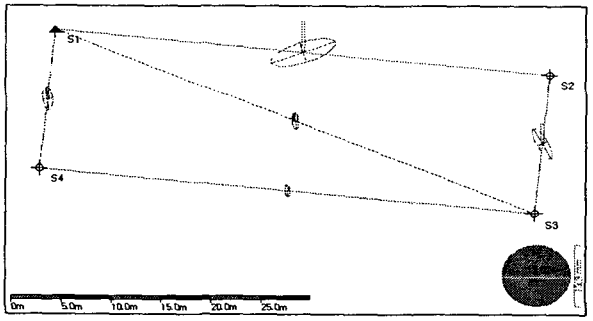

그림 2. 주거지의 기선처리 망

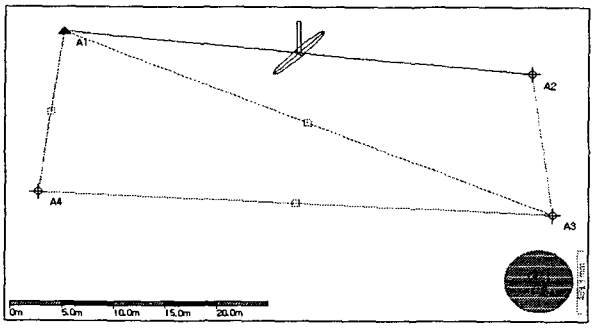

그림 3. 아파트촌의 기선처리 망

위와 같이 기선처리된 결합망을 볼 때 오차타원은 (a)지역에서는 9.0mm, (b)지역은 19.0mm, (c)지역은 127.0mm였다. 각 대상지별로 기선벡터를 구하여 검사점과의 잔차를 구하여 표 2, 3, 4에 나타내었다.

표 2. 개활지에서 기선벡터 잔차

Line	Check Point (m)	GG L1/L2	GG L1	GPS L1/L2	GPS L1
		Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)
O3-O1	51.923	51.916	51.910	51.917	51.916
		+0.007	+0.013	+0.006	+0.007
O1-O2	50.000	49.998	49.993	49.997	49.995
		+0.002	+0.007	+0.003	+0.005
O3-O2	14.000	14.001	14.005	14.001	14.002
		-0.001	+0.005	-0.001	-0.002
O1-O4	14.000	13.996	13.990	13.996	13.994
		+0.004	+0.010	+0.004	+0.006
O3-O4	50.000	50.003	50.011	50.002	50.004
		-0.003	-0.011	-0.002	-0.004

표 3. 주거지에서 기선벡터 잔차

Line	Check Point (m)	GG L1/L2	GG L1	GPS L1/L2	GPS L1
		Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)
S1-S3	52.498	52.492	52.490	52.492	52.490
		+0.006	+0.008	+0.006	+0.008
S3-S4	50.000	50.007	49.776	50.010	49.521
		-0.007	+0.224	-0.010	+0.479
S1-S4	16.000	15.971	15.896	15.978	15.849
		+0.029	+0.104	+0.022	-0.151
S3-S2	16.000	15.946	16.005	16.032	15.970
		+0.054	-0.005	+0.032	+0.006
S1-S2	50.000	49.956	49.891	49.908	49.678
		+0.044	+0.109	-0.092	+0.322

표 4. 아파트촌에서 기선벡터 잔차

Line	Check Point(m)	GG L1/L2	GG L1	GPS L1/L2	GPS L1
		Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)
A1-A3	52.652	51.416	50.814	51.416	50.814
		+1.236	+1.838	+1.236	+1.838
A1-A4	16.500	17.510	16.438	17.510	16.438
		-1.010	+0.162	-1.010	+0.162
A4-A3	50.000	49.995	48.655	49.995	48.655
		+0.005	+1.445	+0.005	+1.445
A1-A2	50.000	45.794	45.794	45.794	45.794
		+4.206	+4.206	+4.206	+4.206
A2-A3	16.500	-	-	-	-
		-	-	-	-

표2에서는 (a)지역에서의 기선벡터를 나타내었다. 여기서 알 수 있듯이 모든 기선이 아주 우수한 결과를 나타났으며, 표3에서는 (b)지역에서의 기선벡터를 나타내었다. 여기서는 GG(GPS/GLONASS)결합시 GPS 단독 관측시보다 잔차량이 적은 것을 알 수 있으며 이주파와 일주파의 차이는 확연히 차이가 나타났다. 표4에서는 (c)지역에서의 기선벡터를 나타내었다. 이 곳에서는 고층건물에 의한 위성이 가시성, 다중경로와 신호차단의 문제로 어느 기법이든지 간에 잔차가 크게 나타났으며

A2-A3은 측점 A2에서의 자료취득이 불량한 관계로 처리가 되지 않았다.

아래 그림 4, 5, 6은 각 대상지별로 잔차를 도시하였다. (a)지역에서는 GG결합시 최고 0.007m이고 GPS 단독 측위시 최고 0.006m (b)지역에서는 GG결합시 최고 0.054m 이고 GPS 단독 측위시 최고 0.092m이였다. 그리고 (c)지역에서는 전체 망조정이 되지 않은 관계로 잔차를 비교하기가 어렵다.

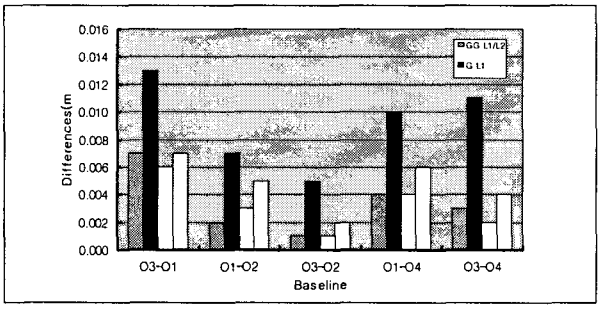

그림 4. 개활지에서 기선벡터 잔차

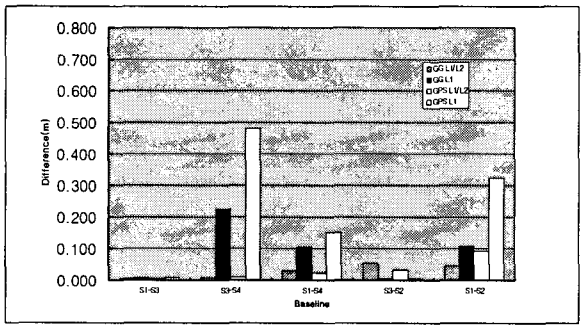

그림 5. 주거지에서 기선벡터 잔차

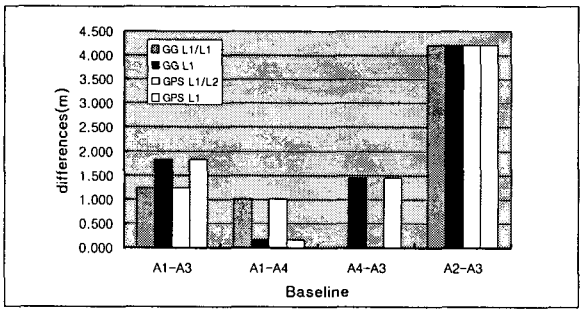

그림 6. 아파트촌에서 기선벡터 잔차

2.2 고도각에 따른 기선처리

위성항법시스템에 안테나가 위성신호를 취득할 때 수평에서 어느 정도의 각도에서 가장 취득률이 높은지를 알기 위해 검사점간의 거리를 이용하여 측점간의 길이로 잔차를 비교분석하여 표 5, 6, 7, 8, 9, 10에 나타내었다.

표 5. 개활지에서의 GG 고도각에 따른 잔차

Line	Check Point (m)	10°	20°	30°	40°
		Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)
O3-O1	51.923	51.916	51.914	51.912	51.912
		+0.007	+0.009	+0.011	+0.011
O1-O2	50.000	49.998	49.995	49.995	49.993
		+0.002	+0.005	+0.005	0.005
O3-O2	14.000	14.001	14.010	14.012	14.014
		-0.001	-0.010	-0.012	-0.014
O1-O4	14.000	13.996	13.991	13.991	13.989
		+0.004	+0.009	0.009	0.011
O3-O4	50.000	50.003	49.995	49.995	49.990
		-0.003	+0.005	+0.005	0.010

표 6. 개활지에서의 GPS 고도각에 따른 잔차

Line	Check Point (m)	10°	20°	30°	40°
		Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)
O3-O1	51.923	51.917	51.916	51.912	51.911
		+0.006	+0.007	+0.011	+0.012
O1-O2	50.000	49.997	49.995	49.995	49.993
		+0.003	+0.003	+0.005	+0.005
O3-O2	14.000	14.001	14.010	14.012	14.012
		-0.001	-0.010	-0.010	-0.012
O1-O4	14.000	13.996	13.991	13.991	13.988
		+0.004	+0.009	+0.009	+0.012
O3-O4	50.000	50.002	49.997	49.995	49.988
		-0.002	+0.003	+0.005	+0.012

표 7. 주거지에서의 GG 고도각에 따른 잔차

Line	Check Point (m)	10°	20°	30°	40°
		Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)
S1-S3	52.498	52.492	52.492	52.485	52.480
		+0.006	+0.006	+0.015	0.02
S3-S4	50.000	50.007	50.007	50.010	50.018
		-0.007	-0.007	-0.010	-0.018
S1-S4	16.000	15.971	15.971	15.900	15.850
		+0.029	+0.029	+0.100	+0.150
S3-S2	16.000	15.946	16.047	16.105	16.128
		+0.054	-0.047	-0.105	+0.128
S1-S2	50.000	49.956	49.918	49.883	49.833
		+0.044	+0.082	+0.117	0.167

(a) 지역에서는 고도각의 영향이 미세하게 나타났다. 즉 40° 인 경우에는 최고0.014mm 정도 잔차가 발생하였으며 (b)지역에서는 GG의 경우 고도각을 크게 할 경우에도 최고 0.167m의 잔차를 보였지만 GPS 단독측위에서는 고도각을 크게 할 경우에 엄청난 잔차를 보여주고 있다. 그리고 (c)지역에서는 잔차의 값이 너무 크고 처리가 완전하게 이루어지지 않은 관계로 크게 의미가 부각되지는 않는다

표 8. 주거지에서의 GPS 고도각에 따른 잔차

Line	Check Point (m)	10°	20°	30°	40°
		Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)
S1-S3	52.498	52.492	52.492	52.485	52.485
		+0.006	+0.006	+0.013	+0.013
S3-S4	50.000	50.010	50.010	38.257	38.257
		-0.010	-0.010	+21.743	+21.743
S1-S4	16.000	15.978	15.978	20.283	20.283
		+0.022	+0.022	-4.283	-4.283
S3-S2	16.000	16.032	16.032	20.982	20.982
		+0.032	+0.032	-4.982	-4.982
S1-S2	50.000	49.908	49.908	38.696	38.696
		-0.092	-0.092	+11.304	+11.304

표 9. 아파트촌에서의 GG 고도각에 따른 잔차

Line	Check Point (m)	10°	20°	30°	40°
		Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)
A1-A3	52.652	51.416	50.751	50.677	-
		+1.236	+1.901	+1.975	-
A1-A4	16.500	17.510	-	-	-
		-1.010	-	-	-
A4-A3	50.000	49.995	49.078	48.965	-
		+0.005	+0.922	+1.035	-
A1-A2	50.000	45.794	45.737	45.562	-
		+4.206	+4.263	+4.438	-
A2-A3	16.500	-	-	-	-
		-	-	-	-

표 10. 개활지에서의 GG 고도각에 따른 잔차

Line	Check Point (m)	10°	20°	30°	40°
		Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)	Δd(m)
A1-A3	52.652	51.416	50.751	50.677	-
		+1.236	+1.901	+1.975	-
A1-A4	16.500	17.510	-	-	-
		-1.010	-	-	-
A4-A3	50.000	49.995	49.078	48.965	-
		+0.005	+0.922	+1.035	-
A1-A2	50.000	45.794	45.658	45.480	-
		+4.206	+4.342	+4.520	-
A2-A3	16.500	-	-	-	-
		-	-	-	-

IV. 결론

본 연구는 GPS 단독 위치결정시 가시위성의 부족으로 인해 자료취득률과 인접건물에 의한 신호차단 및 다중경로오차로 인해 최적의 위치결정을 하는데 문제점을 초점을 맞추어 실험 대상지별로 검사점을 설치하여 GPS와 GLONASS 결합위치결정시의 관측자료와 비교분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 각 실험 대상지별로 기선벡터와 잔차를 분석해 본 결과 (a)에서는 GPS단독이나 GPS와 GLONASS 결합의 관측치나 별차이가 나지 않았지만 (b)에서는 GPS와 GLONASS 결합 단독측위가 기선분석에서 GPS 단독측위보다 우수한 결과를 취득하였다. 그리고 (c)에서는 측점A2에서의 자료취득이 불량한 관계로 비교분석하기 어려웠다.

둘째, 고도각을 조정하여 자료처리를 하였을 때 거의 30° 이상일 경우에는 자료처리가 거의 불가능하였다. 여기서 고층건물인 (c)에서 기선해석이 불가능한 이유를 알 수 있었으며 이상적인 고도각은 10° ~20° 일 경우가 가장 좋았다.

최근 여러 분야에서 위성측위 시스템을 널리 사용하고는 있지만 특히 도심지에 사용 시 가시위성, 신호차단 및 다중경로 오차로 인해 정확도가 떨어지는 장소에서는 GPS와 GLONASS를 결합한 위성측위 시스템을 사용하여 보다 나은 성과를 유도할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1) 박운용, 임영빈, 이재원, "정밀측지측량을 위한 GPS 신속관측기법들의 활용에 관한 연구", 토목학회 논문집, 제 15권 4호, 1995, pp. 961~973.
2) 유복모, 조기성, 이현직, 곽동욱, "수평위치 결정을 위한 망조정 해석에 관한 연구", 토목학회 논문집, 제 15권 4호, 1995, pp. 961~973.
3) 강준묵, 박필호, 한인우, 김천휘, "GPS 측지기준점 설정에 관한 연구", 한국 측지학회 제 9권 1호, 1991, pp. 37~45.
4) Hall T., B. Burke, M. Pratt, and O. Misra., "Comparison of GPS and GPS+GLONASS Positioning Performance", Proceedings of ION GPS-97, 1997, pp. 1543~1550.
5) Beser, J., P. Rosenboom., B. Wiley., and A. Leick". Assessing GLONASS Observation", University of Maine, Proceedings of ION GPS-97, September 15-18, 1998, pp. 1605~1612.