한국측량학회지, 제27권 제2호, 2009. 4 : pp. 149~157

방송력과 정밀력의 사용에 의한 GPS 측량의 정확도 분석

Accuracy Analysis of baseline determination using Broadcast ephemeris and Precise ephemeris in GPS surveying

김철영[1] · 이석배[2] · 도상경[3]
Kim, Cheol Young · Lee, Suk Bae · Do, Sang Gyeong

Abstract

The orbit ephemeris of Global Positioning System(GPS) is one element to determine the surveying accuracy and there are broadcasting ephemeris and precise ephemeris, IGS rapid orbit and IGS ultra rapid orbit in the orbit ephemeris of GPS. In this study, test area was selected in Uljin, Kyungsanbukdo and GPS surveying was accomplished at 37 points in the test area. Then baseline solution was done on 74 baseline using broadcasting ephemeris and precise ephemeris and analysis by TGO and the results were compared. Comparison results were showed that there were nearly no difference between the two results but in case of relative precision of the baseline, it was slightly better the baseline results of precise ephemeris which showed 0.706ppm than the baseline results of broadcasting ephemeris which showed 0.708ppm.

Keywords : Broadcast ephemeris, Precise ephemeris, Satellite orbit, relative precision

초 록

GPS측량에 있어서 GPS위성의 궤도정보는 측량정확도에 영향을 미치는 요소중의 하나이며, GPS측량을 위해 제공되는 위성궤도정보에는 방송력과 정밀력, IGS신속력과 IGS초신속력이 있다. 본 연구에서는 경상북도 울진지역에 연구대상지역을 선정하고 GPS관측을 실시하였으며, 74개의 기선에 대하여 TGO를 이용하여 방송력과 정밀력을 사용하여 기선해석을 실시하고 그 결과를 비교하였다. 비교결과 방송력과 정밀력에 의한 차이는 거의 없는 것으로 나타났으며, 기선길이의 상대정밀도에 있어서 방송력의 경우 0.708ppm, 정밀력의 경우 0.706ppm으로 나타나 정밀력을 사용한 결과가 약간 우수한 것으로 나타났다.

핵심어 : 방송력, 정밀력, 위성궤도, 상대정밀도

1. 서 론

GPS 측량의 정확도는 위성궤도정보의 정확도, 전리층과 대류권의 영향, 안테나의 위상특성, 수신기 내부오차와 방해파, 그리고 기선계산 소프트웨어의 영향을 받는다. 현재 GPS의 위성궤도정보 항법메세지에 들어가 실시간으로 전송되는 방송력과 실시간이 아닌 추후에 제공되는 정밀력이 있다. 방송력은 원래 예보의 성격으로 5～10m 정도의 위치정확도를 가지며 이 수준을 유지하기 위해서 GPS 위성의 회전주기보다 빠른 2시간마다 궤도정보를 갱신해야 한다. 정밀력은 과거의 기록이므로 정확도가 1m 정도로 높으나, 이 정확도를 확보하기 위해서는 정밀한 데이터 해석이 필요하고 이러한 이유로 2주 정도 후에 발표된다. 정밀력은 여러 가지 기관에서 작성하고 있지만, 현재 가장 많이 보급되어 있는 것은 IGS(International GNSS Service)에서 작성한 IGS력(曆)이다. IGS력은 약 2주 정도 후에 사용할 수 있으며, 이러한 시간상의 제약을 완화시키기 위해 하루가 지나면 서비

1) 정회원 · 국립진주산업대학교 토목공학과 석사과정(E-mail:fired2@daum.net)
2) 교신저자 · 정회원 · 국립진주산업대학교 토목공학과 부교수(E-mail:sblee@jinju.ac.kr)
3) 국립진주산업대학교 토목공학과 석사과정(E-mail:84love110@hanmail.net)

스되는 IGS 신속력(rapid orbit)과 12시간마다 서비스되는 IGS 초신속력(ultra rapid orbit)이 있다. (International GNSS Service, 2008)

GPS 측량의 정확도를 높이기 위한 연구는 꾸준히 진행되어 오고 있으며, 위성궤도정보의 정확도를 높여서 기선해석과 망조정좌표의 정확도를 높이기 위한 시도로 이어지고 있다. 그러나 위성궤도정보는 GPS 주관제소에서 제공되는 위성력에 따라서 달라지므로, 예보수준의 방송력과 사후의 정밀력을 이용하여 그 결과를 비교하는 수 밖에 없다. 요즘들어 레이저 기술을 이용하여 GPS 위성의 궤도를 추적하는 SLR(Satellite Laser Ranging) 관측소가 늘어나고 우주측지기술이 발달하며, 세계적인 우주측지 네트워크가 강화되는 등의 영향으로 정밀력이 보다 정밀해지고 있으며, 아울러 예보를 위한 방송력 또한 정밀해진다고 말할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 방송력과 정밀력의 적용에 의한 GPS측량의 정확도 차이를 알아보고자, 경상북도 지역에 연구대상지역을 설정하고 37개의 기준점에 대하여 GPS관측을 실시하였으며 74개의 기선을 해석하여 그 결과를 비교분석하고자 하였다. 이런 관점에서 유환희 등(1997)은 한국과 일본 사이에 장기선을 설정하여 결과를 비교분석하였으며, 박필호 등(1996)은 정밀궤도력에 의한 기선결정의 정밀도 향상에 관한 연구를 발표하였다. 그러나 이들 연구가 모두 기선의 수가 10개 미만이었으며 시기도 10년 전에 이루어졌다. 따라서 본 연구에서는 우주측지기술의 발전에 따른 방송력과 정밀력의 적용에 의한 GPS측량 정확도의 차이를 알아보고자 기선의 수를 대폭 확대하여 분석하고자 하였다.

2. GPS측량의 정확도

일반적으로 GPS 측량의 정확도는 다음과 같이 표현된다.(최윤수 외, 2003)

$$\text{정확도} = (0.5\sim1\text{cm})+(0.5\sim2\text{ppm})\times\text{기선거리} \quad (1)$$

이 수치는 수신기의 규격이나 측량방식, 즉 스태틱(Static)측위인지 키네마틱(Kinematic)측위인지에 따라 약간 다를 수 있다. 이 식이 나타내는 정확도는 기선거리의 측량 정확도에 해당되며, 벡터 3차원 성분의 정확도는 일반적으로 이보다 2~3배 정도 떨어진다 할 수 있다.

2.1 위성궤도정보의 정확도와 영향

식 (1)에서 상수항은 주로 수신기 자체의 오차에 의해 발생하는 고유오차로, 기선거리에 연결된 오차는 주로 위성의 궤도정보 정확도에 관계된다. 따라서 식 (1)을 다음과 같이 풀어쓸 수 있다.

$$(0.5\sim2\text{ppm})\times\text{기선거리} = \text{위성의 위치오차} \times\text{기선거리}\div\text{위성까지의 거리} \quad (2)$$

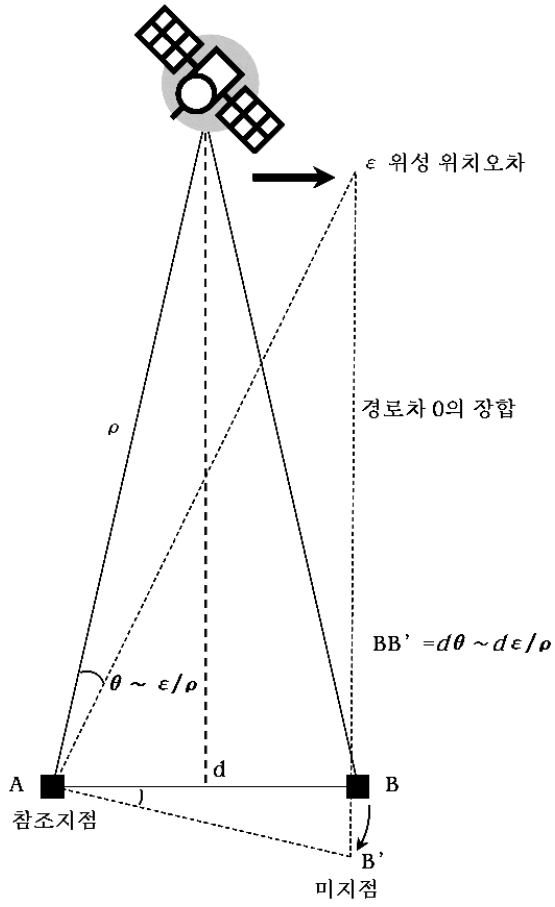

그림 1. 위성위치오차의 영향

그림 1은 위성위치오차의 영향을 설명한 그림으로 식 (2)의 의미를 보여주고 있다. 위성위치에 그림과 같이 ε의 위치오차가 있다고 가정하면, 위성은 기선 중앙의 수직으로 위에 있고 경로차가 0이라고 할 때, 미지점의 위치는 위성의 위치오차로 인하여 B'에 있는 것처럼 보인

다. 이 위치 차이는 다음 식 (3)과 같다.

$$BB' = d\varepsilon/\rho \tag{3}$$

위성의 위치오차는 방송력을 사용할 경우 10m 이내, 정밀력을 사용할 경우 1m 이내로 들어오게 되는 것으로 알려져 있다.(최윤수, 2003)

기선해석에서는 위성위치를 기지값으로 사용하므로 기선해석 표준편차에는 위성 위치오차의 영향이 포함되지 않게 된다. 그러나 위성위치를 서로 다르게 해석할 경우 기선해석 결과가 달라지게 된다. 따라서 방송력과 정밀력을 사용하여 기선해석을 하게 되면 그 결과는 달라지게 된다.

2.2 방송력과 정밀력

GPS를 이용할 때, GPS 위성궤도정보는 가장 중요한 기본 데이터이다. 일반적으로 궤도 정보는 위성으로부터 전송되는 항법메시지에 포함된 궤도정보, 즉 방송력을 이용한다. 방송력은 하와이(Hawaii) 등 5개의 지상관제국에서 작성한 추적데이터를 사용하여 미국 콜로다로 스프링스(Colorado Springs)에 있는 주관제국에서 계산하여 각 위성에 탑재한 것이다. 이 궤도정보의 정확도는 약 10cm 정도로서 단독측위는 물론이고 DGPS, 간섭측위까지 넓게 이용되고 있다.

식 (2)로부터 위성의 위치오차 10m는 10km 정도의 거리에서는 1cm 내외의 오차를 나타낸다. 이보다 더 가까운 거리에서는 위성의 위치오차보다 수신기의 고유오차가 더 크게 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 그러나 10km 이상의 기선에서는 방송력의 정확도로는 조금씩 부족하게 되며, 100km급 기선에서는 정밀력을 사용하는 것이 바람직하다. 정밀력의 정확도는 0.1m에 달한다. 정밀력은 여러 가지 기관에서 작성하고 있지만, 현재 가장 많이 보급되어 있는 것은 IGS(International GNSS Service)에서 작성한 IGS력(曆)이다.

방송력과 정밀력은 정확도뿐만이 아니라 실시간 적용여부에도 차이가 있다. 방송력은 원래 예보의 성격으로 예보에서 5～10m 정확도라는 것은 상당한 정확도라고도 말할 수 있으며, 또한 이 수준을 유지하기 위해서는 GPS 위성의 회전주기보다 빠른 2시간마다 궤도정보를 갱신해야 한다. 정밀력은 과거의 기록이므로 정확도가 높으나, 높은 정확도를 확보하기 위해서는 정밀한 데이터 해석이 필요하고 이러한 이유로 2주 정도 후에 발표된다. 방송력과 정밀력의 또 하나의 차이는 주어지는 자료의 내용이다. 즉 방송력에서는 위성의 케플러운동상수가 들어 있으므로 이용자는 이로부터 케플러운동의 방정식을 풀어 어느 시각에 대한 위성위치를 산출하여야 한다. 이에 비해 정밀력에서는 시각을 파라미터로 한 위성위치가 3차원 좌표로 주어진다. 15분 간격으로 주어지므로 임의시각에 대한 위성위치는 보간하여 구할 수 있다(Hofmann, 1992). IGS력은 약 2주 정도 후 사용할 수 있는데, IGS력과 거의 동등한 정확도를 가진 IGS 신속력(rapid orbit)은 약 하루가 지나면 사용할 수 있다. 최근에는 예보를 포함한 IGS 초신속력(ultra rapid orbit)이 12시간마다 공개되고 있다.

3. GPS관측

연구를 위하여 경상북도 영주 일원에 37점의 국가수준점을 대상으로 연구대상지역을 설정하고 GPS 관측을 실시하였다. GPS관측은 2008년 12월 18일에 실시되었으며 점당 최소 관측시간은 1시간이며 수신기의 설정은 기본설정에 수신간격 5초, 임계앙각 15도로 설정하였다. 관측에 사용한 수신기는 Trimble사의 R7 2주파 수신기 2대, Trimble사의 5700 2주파 수신기 3대, Topcon사의 GB500 2주파 수신기 6대 등, 총 11대를 사용하였다.

기선해석은 Trimble사의 TGO(Trimble Geomatics Office)를 이용하였으며 제조사가 다른 수신기의 데이터는 RINEX로 변환하여 사용하였다.

기선해석과 망조정을 위하여 김천, 군위, 대구 3곳의 상시관측소 자료를 사용하였으며, 기선해석시 기선의 연결은 가장 가깝게 위치한 상시관측소 2곳과 직접 연결하여 기선해석을 실시하였다. 다음 그림 2는 전체적인 관측망도를 나타고 있다.

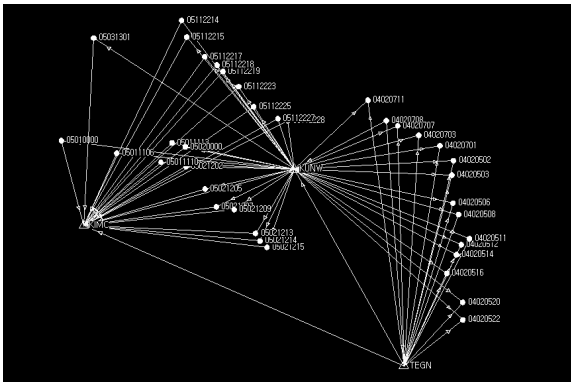

그림 2. GPS 관측망도

표 1. 정밀력에 의한 기선해석결과

ID	시점	종점	기선 길이(m)	해 유형	비율	기준분산	RMS(m)
B4	TEGN	4020502	39011.485	Iono free fixed	11.4	1.03	0.013
B5	TEGN	4020508	29738.759	Iono free fixed	11.2	2.398	0.019
B6	TEGN	4020511	26412.565	Iono free fixed	7	2.28	0.019
B7	TEGN	4020516	18809.413	Iono free fixed	10.1	2.078	0.017
B8	TEGN	4020520	15991.976	Iono free fixed	37.7	0.898	0.011
B9	TEGN	4020701	41237.807	Iono free fixed	8.1	3.591	0.019
B10	TEGN	4020707	44377.046	Iono free fixed	18.4	1.515	0.015
B11	TEGN	4020708	45453.323	Iono free fixed	6.6	2.738	0.017
B35	KIMC	5010000	16199.999	Iono free fixed	16.9	1.033	0.017
B36	KIMC	5011106	14650.997	Iono free fixed	7.8	1.69	0.019
B37	KIMC	5011110	18463.421	Iono free fixed	17.1	1.403	0.015
B38	KIMC	5011113	22335.76	Iono free fixed	13.2	1.876	0.017
B39	KIMC	5020000	23735.637	Iono free fixed	11.9	1.677	0.018
B40	KIMC	5021202	21807.688	Iono free fixed	5.1	1.429	0.017
B41	KIMC	5021205	23433.793	Iono free fixed	8.9	1.825	0.017
B42	KIMC	5021207	24794.657	Iono free fixed	10.4	1.696	0.015
B43	KIMC	5021209	27993.656	Iono free fixed	16.1	1.3	0.016
B44	KIMC	5021213	31839.091	Iono free fixed	11.2	2.231	0.019
B45	KIMC	5021214	32757.938	Iono free fixed	10.1	1.584	0.019
B46	KIMC	5021215	34170.731	Iono free fixed	10.7	1.838	0.019
B47	KIMC	5112214	42002.049	Iono free fixed	18.3	1.194	0.015
B48	KIMC	5112218	38547.126	Iono free fixed	16.5	0.766	0.014
B49	KIMC	5112225	38343.676	Iono free fixed	17.6	1.472	0.019
B50	KUNW	4020502	29602.448	Iono free fixed	20.2	1.267	0.016
B51	KUNW	4020508	31636.648	Iono free fixed	19.7	1.786	0.019
B52	KUNW	4020511	34996.602	Iono free fixed	7.8	1.915	0.019
B53	KUNW	4020516	34269.781	Iono free fixed	6.5	2.167	0.02
B54	KUNW	4020520	39821.914	Iono free fixed	13.1	1.897	0.019
B55	KUNW	4020701	27387.785	Iono free fixed	9.9	2.188	0.018
B56	KUNW	4020707	20821.061	Iono free fixed	9.5	1.591	0.018
B57	KUNW	4020708	19322.1	Iono free fixed	33	2.537	0.019
B58	KUNW	5010000	43418.521	Iono free fixed	9.2	1.622	0.019
B59	KUNW	5011106	32965.635	Iono free fixed	9.7	1.75	0.019
B60	KUNW	5011110	24651.625	Iono free fixed	10.6	2.131	0.019
B61	KUNW	5011113	23116.969	Iono free fixed	10.2	2.479	0.02
B62	KUNW	5020000	20560.029	Iono free fixed	22.2	1.606	0.016
B63	KUNW	5021202	20017.409	Iono free fixed	4.3	1.877	0.018
B64	KUNW	5021205	16883.096	Iono free fixed	7.1	2.147	0.019
B65	KUNW	5021207	15973.299	Iono free fixed	9.9	2.301	0.019
B66	KUNW	5021209	13378.107	Iono free fixed	6.3	1.563	0.018
B67	KUNW	5021213	13869.89	Iono free fixed	17.9	2.822	0.019
B68	KUNW	5021214	14714.036	Iono free fixed	8.8	1.653	0.018
B69	KUNW	5021215	15309.576	Iono free fixed	11.3	2.117	0.019
B70	KUNW	5112214	34498.452	Iono free fixed	16.4	1.915	0.018
B71	KUNW	5112218	23950.319	Iono free fixed	17.4	1.369	0.018
B72	KUNW	5112225	13739.963	Iono free fixed	9.7	2.016	0.018

표 2. 방송력에 의한 기선해석결과

ID	시점	종점	기선 길이(m)	해 유형	비율	기준분산	RMS(m)
B4	TEGN	4020502	39011.484	Iono free fixed	10.5	1.129	0.014
B5	TEGN	40205082	9738.759	Iono free fixed	11.3	2.376	0.019
B6	TEGN	40205112	6412.566	Iono free fixed	7.1	2.307	0.019
B7	TEGN	4020516	18809.413	Iono free fixed	10.3	2.056	0.017
B8	TEGN	4020520	15991.975	Iono free fixed	36.3	0.906	0.011
B9	TEGN	4020701	41237.803	Iono free fixed	8.1	3.604	0.019
B10	TEGN	4020707	44377.044	Iono free fixed	16	1.566	0.015
B11	TEGN	4020708	45453.326	Iono free fixed	6.8	2.72	0.017
B35	KIMC	5010000	16199.998	Iono free fixed	15.6	1.035	0.017
B36	KIMC	50111061	4650.997	Iono free fixed	8.8	1.677	0.019
B37	KIMC	5011110	18463.42	Iono free fixed	16.8	1.419	0.015
B38	KIMC	5011113	22335.759	Iono free fixed	13.1	1.87	0.017
B39	KIMC	5020000	23735.638	Iono free fixed	11.9	1.675	0.018
B40	KIMC	50212022	1807.688	Iono free fixed	5.1	1.426	0.017
B41	KIMC	50212052	3433.793	Iono free fixed	8.9	1.821	0.017
B42	KIMC	50212072	4794.657	Iono free fixed	10.3	1.715	0.015
B43	KIMC	50212092	7993.656	Iono free fixed	16.1	1.279	0.016
B44	KIMC	50212133	1839.089	Iono free fixed	11.9	2.166	0.019
B45	KIMC	50212143	2757.937	Iono free fixed	11.6	1.608	0.02
B46	KIMC	50212153	4170.729	Iono free fixed	10.5	1.839	0.019
B47	KIMC	51122144	2002.048	Iono free fixed	18.3	1.217	0.015
B48	KIMC	51122183	8547.126	Iono free fixed	14.9	0.793	0.014
B49	KIMC	51122253	8343.676	Iono free fixed	17.3	1.514	0.019
B50	KUNW	4020502	29602.448	Iono free fixed	20.2	1.27	0.016
B51	KUNW	4020508	31636.648	Iono free fixed	19.7	1.786	0.019
B52	KUNW	4020511	34996.602	Iono free fixed	7.6	1.927	0.019
B53	KUNW	4020516	34269.781	Iono free fixed	6.5	2.201	0.02
B54	KUNW	4020520	39821.914	Iono free fixed	13.1	1.94	0.019
B55	KUNW	4020701	27387.786	Iono free fixed	11.1	2.183	0.018
B56	KUNW	4020707	20821.061	Iono free fixed	9.4	1.589	0.018
B57	KUNW	4020708	19322.1	Iono free fixed	33	2.524	0.019
B58	KUNW	5010000	43418.522	Iono free fixed	10.1	1.66	0.019
B59	KUNW	5011106	32965.634	Iono free fixed	9.8	1.715	0.019
B60	KUNW	5011110	24651.624	Iono free fixed	11.2	2.064	0.019
B61	KUNW	5011113	23116.969	Iono free fixed	10.5	2.462	0.02
B62	KUNW	5020000	20560.03	Iono free fixed	22.4	1.602	0.016
B63	KUNW	5021202	20017.409	Iono free fixed	4.1	1.884	0.018
B64	KUNW	5021205	16883.095	Iono free fixed	7	2.161	0.019
B65	KUNW	5021207	15973.298	Iono free fixed	9.9	2.3	0.019
B66	KUNW	5021209	13378.107	Iono free fixed	6.3	1.562	0.018
B67	KUNW	5021213	13869.889	Iono free fixed	18	2.797	0.019
B68	KUNW	5021214	14714.035	Iono free fixed	8.8	1.66	0.018
B69	KUNW	5021215	15309.575	Iono free fixed	14	2.115	0.019
B70	KUNW	5112214	34498.453	Iono free fixed	16.4	1.974	0.018
B71	KUNW	5112218	23950.319	Iono free fixed	17.4	1.434	0.018
B72	KUNW	5112225	13739.962	Iono free fixed	9.1	2.063	0.019

4. 기선해석결과의 분석

4.1 기선해석결과의 평가요소

1) 비율(ratio)

비율(ratio)은 정수 바이어스 결정비를 말하는 것으로 다중해를 선택할 때 참값을 판별하는 신뢰도를 나타내는 숫자이다. 예전의 기선해석 소프트웨어에서는 이 값이 5 정도 이상이면 만족해야 했었는데, 최근의 기선해석 소프트웨어는 대부분 정수 바이어스 결정능력이 상당히 개선되었기 때문에 이 값이 100으로 되는 경우도 흔히 볼 수 있다. 장거리 측량에서는 처음부터 바이어스 결정이 어렵고, 2주파수 관측에서 2주파수 데이터의 선형결합인 LC를 사용할 경우 바이어스가 정수가 아니므로, 결정비가 낮아질 수 있다. 이 비가 작다는 것은 결정된 바이어스가 정확하지 않을 수 도 있다는 것을 의미한다.(최윤수, 2003)

2) 기준분산(reference variance)

기준분산이란 수신된 GPS 데이터가 기선해석에 얼마나 적합한 지를 나타내는 수로 무차원의 숫자이다. 기선해석 소프트웨어에서는 기선처리 과정에서 처리전에 기대오류를 계산하며, 처리하는 동안 실제오류를 계산하게 된다. 따라서 실제오류와 기대오류를 비교하게 되는데 만약 두 값이 같다면 기준분산값은 1.00이 되고 기선해석시 기대오류의 양을 정확히 예측했다는 의미가 된다.(GEOSYSTEM INC, 2002)

3) 평균제곱근(RMS)

기선해석을 할 때에는 수신된 GPS데이터의 평균값이 사용된다. 그러나 수신된 GPS데이터는 평균값을 기준으로 (+)방향과 (-)방향으로 수mm에서 크게는 수cm의 편차를 보이게 된다. 평균제곱근이란 GPS데이터의 평균값을 사용하여 결정된 기선과 일정 편차를 가지는 수신데이터를 사용하여 결정된 기선들 사이의 교차의 평균제곱근을 말하는 것으로 그 값이 작을수록 기선해석결과가 좋다는 의미이며, GPS 데이터의 품질이 좋다는 것을 의미하기도 한다.

4.2 기선해석결과

현장에서 관측된 37개의 기준점에 대하여 각각의 기준점을 두 개의 상시관측소와 연결하여 기선해석을 하였기 때문에 74개의 기선이 생성되었다. 기선의 길이는 최소 9.028km부터 최대 49.553km이었고, 기선해는 전부 전리층의 영향에서 자유로운 Iono free방식의 고정해(fixed)로 구하였다. 정밀력에 의한 해석결과는 표 1과 같고, 방송력에 의한 해석결과는 표 2와 같다. 표 1과 표 2는 전체해석결과의 일부로써 46개의 기선만 표기하였다

4.3 기선해석결과의 분석

본 연구에서 해석된 74개의 기선에 대하여 정밀력에 의한 결과와 방송력에 의한 결과를 정리하면 표 3과 같다. 아울러 각 기선별로 정밀력과 방송력에 의한 결과의 차이를 구하여 이를 다시 통계분석한 결과도 함께 정리하였다.

표 3에서 보는 바와 같이 정밀력과 방송력에 의한 결과의 차이는 매우 미소한 것으로 나타났다. 정밀력에 의한 결과를 살펴보면 비율(ratio)은 최소 4.3～최대 37.7, 평균값이 13.531을 보였고, 기준분산의 경우 0.679에서부터 3.904까지의 분포를 보였으며 평균값은 1.836이었다. RMS의 경우에도 0.010m에서 0.020m까지의 분포를 보였고 평균값은 0.017m, 표준편차는 0.002m를 보였다. 방송력에 의한 결과를 살펴보면 비율(ratio)은 최소 4.1～최대 36.3, 평균값이 13.364로 정밀력보다 약간 작은 결과를 보였고, 기준분산의 경우 0.685에서부터 3.856까지의 분포를 보였으며 평균값은 1.850로 정밀력보다 약간 큰 값을 나타냈다. RMS의 경우에는 정밀력 결과와 동일

표 3. 정밀력과 방송력에 의한 기선해석결과의 비교

구 분	정밀력 결과			방송력 결과		
	비율	기준분산	RMS(m)	비율	기준분산	RMS(m)
Min	4.300	0.679	0.010	4.100	0.685	0.010
Max	37.700	3.904	0.020	36.300	3.856	0.020
Mean	13.531	1.836	0.017	13.364	1.850	0.017
Std.	6.608	0.600	0.002	6.439	0.598	0.002

표 4. 정밀력과 방송력에 의한 기선해석결과 지표의 차

구 분	기선길이(m)	비율	기준분산	RMS(m)
Min	-0.003	-2.700	-0.469	-0.001
Max	0.005	4.200	0.080	0.001
Mean	0.000	0.166	-0.014	0.000
Std.	0.001	0.872	0.062	0.000

하게 나타났다. 또한 표 4에서 보는 바와 같이 정밀력과 방송력에 의하여 해석된 기선길이는 최소 -0.003m에서 최대 0.005m의 차이를 보였으며 기선길이차의 평균값은 0, 표준편차는 0.001m를 보여주었다. 따라서 정밀력 결과가 비율값에서는 약간 크게 나타났고, 기준분산값은 약간 작게 나타났으며, RMS값은 거의 비슷하게 나타났고, 기선길이차의 평균은 0으로 나타나 전체적으로는 비슷한 결과를 보이면서 정밀력 결과가 미소하게 좋은 것으로 나타났다. 이는 전체 기선의 길이가 50km미만이었기 때문이었던 것으로 분석되었다.

정밀력과 방송력에 의한 기선해석결과를 분명하게 살펴보고자 표 3과 표 4의 결과를 바탕으로 그래프로 도시하였다. 기선길이에 따라 기선길이의 차를 도수분포도로 표시하면 그림 3과 같고 이를 다시 기선거리별로 그래프로 나타내면 그림 4와 같다.

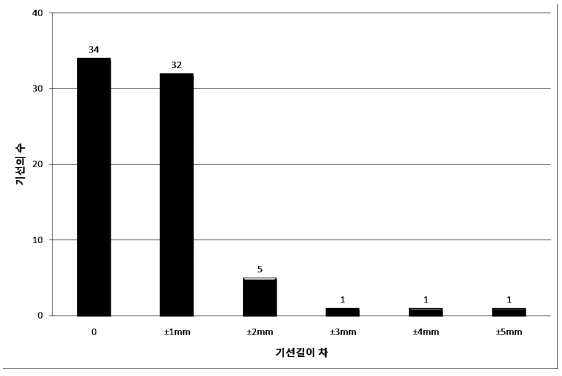

그림 3. 기선길이차에 따른 기선의 수

그림 3에서 살펴보듯이 기선길이의 차는 0부터 ±5mm까지 나타났으며 차이가 없는 것으로 나타난 기선의 수가 34개, ±1mm차이의 기선의 수가 32개, 그리고 ±2mm차이가 5개, ±3mm, ±4mm, ±5mm의 차이를 나타내는 기선의 수는 각각 1개씩이었다. 그림 4에서 보듯이 기선거리에 따른 기선길이의 차는 별다른 규칙성

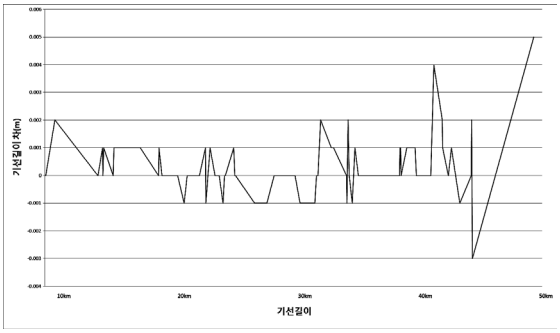

그림 4. 기선거리별 기선길이의 차

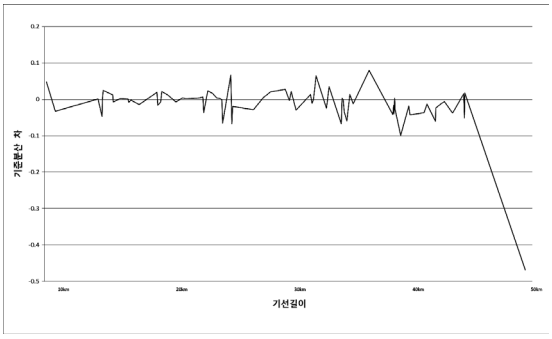

그림 5. 기선거리별 기준분산의 차

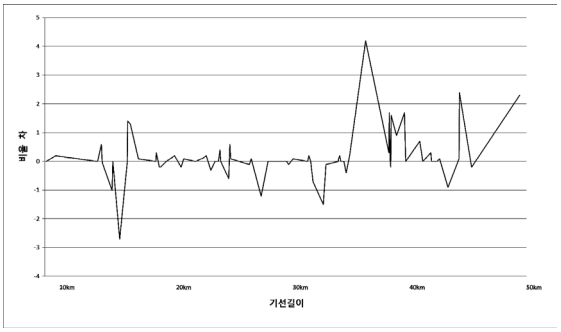

그림 6. 기선거리별 비율(ratio)의 차

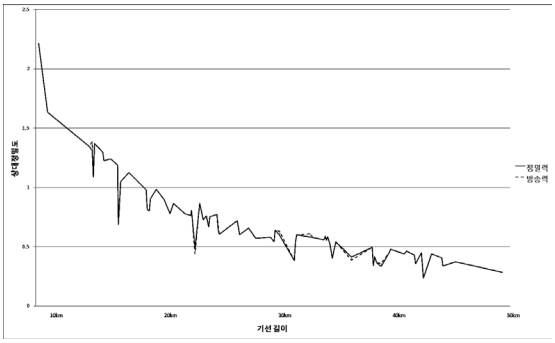

그림 7. 기선거리별 상대정밀도

을 나타내지 않았다. 비율과 기준분산의 차는 그림 5와 그림 6에 나타냈으며 그림 7은 기선길이에 따른 상대정밀도를 나타냈다.

그림 7에 나타낸 상대정밀도는 기선거리에 따른 RMS를 기선거리로 나누어 준 값을 ppm단위로 나타낸 것으로 기선거리가 증가함에 따라 기선길이에 따른 상대정밀도가 감소하는 것으로 나타났으며, 방송력과 정밀력 결과가 거의 겹쳐질만큼 비슷하게 나타났다. 이는 기선해석결과에서 기선거리에 큰 영향없이 RMS값의 분포가 거의 비슷하게 나타났기 때문이다. 그러나 정확한 기선길이의 상대정밀도를 구하기 위해서는 동일한 기선에 대하여 GPS반복관측을 실시하고 기선의 표준편차를 구한 후 기선길이로 나누어주어야 정확한 결과가 된다.

그러나 본 연구에서는 대부분의 기선길이가 50km 이내이므로 추후 기선길이 100km 이상의 장기선을 포함한 다양한 관측치에 대한 반복관측을 실시하여 추가적인 분석이 필요하다 하겠다.

5. 결 론

본 연구에서는 GPS측량에 있어서 항법메세지에 포함되어 실시간으로 제공되는 방송력과 사후에 제공되는 정밀력에 의한 GPS측량의 정확도를 알아보고자, 경상북도 지역에 연구대상지역을 선정하고 GPS관측을 실시한 후 74개의 기선에 대하여 기선해석을 실시하고 그 결과를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

전체 기선거리의 상대정밀도는 0.5～2.0ppm 사이에 있어 GPS측량의 정확도를 만족시키는 것으로 확인되었으며, 방송력과 정밀력에 의한 차이는 아주 미소한 것으로 나타났다. 기선거리는 최소 9.028km부터 최대 49.553km이었고 74개 기선 중 기선거리의 차이가 없는 것으로 나타난 기선의 수는 34개, ±1mm차이의 기선의 수는 32개, ±2mm차이가 5개, 그리고 ±3mm, ±4mm, ±5mm의 차이를 나타내는 기선의 수는 각각 1개씩이었다. 따라서 GPS측량 결과의 정확도에 직접적인 영향을 주는 기선해석결과에 있어 큰 차이를 나타내지 않음을 알 수 있었다. 또한 기선해석결과를 평가하는 비율값과 기준분산, RMS의 결과를 비교해보면 배율값은 정밀력 결과가 13.531, 방송력 결과가 13.364로 나타나 정밀력 결과의 평균이 0.166만큼 크게 나타났고, 기준분산값은 정밀력 결과가 1.836, 방송력 결과가 1.850으로 나타나 정밀력 결과가 0.014만큼 작게 나타났다. 또한 RMS값에서는 정밀력 결과와 방송력 결과가 똑같이 0.017m로 나타나 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 전체적으로는 비슷한 결과를 보이면서 정밀력 결과가 미소하게 좋은 것으로 나타났다. 이는 전체 기선의 길이가 대부분 50km미만이었기 때문이었던 것으로 분석되며 보다 향후 기선의 길이를 50～100km의 기선과 100km이상의 기선을 추가하여 반복관측에 의하여 분석한다면 정밀력과 방송력에 의한 GPS측량의 정확도 차이를 보다 정확하게 규명할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 첨단도시기술개발사업 – 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(과제번호 07국토정보C02)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

국토해양부 국토지리정보원, GPS기준점서비스, http://gps.ngii.go.kr/open_content/main_page.asp.

박필호, 박종욱, 조정호 (1996), GPS 위성의 정밀궤도력에 의한 기선결정의 정밀도 향상에 관한 연구, **한국측지학회지**, 한국측지학회, 제 14권, 제 2호, pp. 199-207.

유환희, 표명영, Yoichiro Fujii (1997), GPS 위성의 방송력과 정밀력을 이용한 장기선측정 정밀도 분석, **한국지형공간정보학회논문집**, 한국지형공간정보학회, 제 5권, 제 2호, pp. 153-168.

GEOSYSTEMS INC., 2002, Trimble Geomatics Office 기선처리 설명서, pp. 102-106.

최윤수, 허민, 서용철 (2003), **신 · GPS 측량의 기초**, 대

한측량협회, pp. 277-279, pp. 323-325.

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., and Collins, J. (1992), *GPS Theory and Practice*.

International GNSS Service, 2008, USA, http://igscb.jpl.nasa.gov/components/prods_cb.html

(접수일 2008. 3. 11, 심사일 2009. 4. 14, 심사완료일 2009. 4. 20)