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

정적 GPS 측위에서 멀티패스 영향 분석

Effects analysis of multipath in the Static GPS

박운용[1] · 장상규[2] · 이현우[3] · 김진수[4]

Park, Woon Yong · Jang, Sang Kyu · Lee Hyun Woo · Kim, Jin Soo

1) 동아대학교 공과대학 토목공학과 교수
2) 상주대학교 토목공학과 교수
3) 동아대학교 토목공학과 박사
4) 동아대학교 토목공학과 박사

Abstract

정밀한 위치결정에 사용되는 GPS는 초기 군사목적을 벗어나 자동차, 선박, 비행기 등의 항법은 물론 측량분야, 지각 및 구조물의 변위 감시, 우주, 통신, 국방 분야 등 매우 광범위한 분야에서 활용되고 있으며, 그 이용도가 급속히 증가하는 추세이다. 그러나 GPS 관측값은 부정오차와 정오차 등 많은 오차를 포함하고 있기 때문에 이를 소거하거나 최소화하여야 한다. GPS 오차는 크게 위성궤도나 위성시간 오차등 위성에 관련된 오차, 수신기 잡음이나 다중경로 등 수신기 관련 오차, 그리고 대류권이나 전리층에 의한 전파 오차로 구분할 수 있다. 이들 오차들은 대부분 차분방법과 수학적 알고리즘에 의해 소거되거나 최소화 되지만, 다중경로와 수신기 잡음은 소거하거나 축소할 수 없다. 다중경로는 관측당시의 수신기 주변환경에 따라 바뀌기 때문에 수학적으로 소거할 수 없으며, 수신기 잡음은 수신기 내부의 노이즈로 인하여 발생하기 때문에 소거하기가 상당히 어렵다.

본 연구에서는 다중경로에 의한 GPS 기선변화를 알아보기 위해서 여러 조건하에서 정적 GPS 측량을 실시하였다. 먼저 정확한 좌표를 알고 있는 한 점에 GPS를 설치하고 다른 두 대의 GPS을 임의 점에 설치하였고, 이들 두 GPS 중에 하나의 수신기에 다중경로 환경을 설정하였다. 정적 GPS 관측시 기선에 어떠한 변화가 오는 파악하기 위해서 기선처리와 망조정을 통해 기선길이와 좌표값을 산출하였다. 이러한 다중경로 실험은 구조물 모니터링 등 mm 정확도를 요구하는 GPS 측량에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

1. GPS 다중경로의 원인

다중경로 영향들은 그림 1과 같이 관측점을 둘러싼 환경에 좌우된다. 왜냐하면 GPS 위성배열 기하의 변화에 따라 주파수의 위상과 진폭이 변화기 때문에, 다중경로는 수학적인 방법을 이용하여 쉽게 공식화할 수 없다. 다중경로는 반사된 신호들의 간섭으로 인하여 위상관측치에 왜곡을 야기한다. 일반적으로, 다중경로의 영향은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 첫 번째 다중경로 원인은 GPS 안테나들이 매우 가까이 있을 때 발생하는 것으로, 다중경로를 일으키는 반사된 신호들이 실제로 안테나들과 동일한 경로로 획득하므로 두 안테나 사이의 다중경로 영향은 대부분의 차분기법으로 충분히 제거할 수 있다. 반면에, 다른 다중경로 원인은 안테나가 멀리 떨어졌을 때 발생하는 것으로 위성과 안테나 사이의 기하학적 관계가 작기 때문에, 안테나 주위의 반사체에 의해서 다중경로가 발생하는 경우로 이들 영향들은 차분 기법을 이용하여 제거될 수 없다.

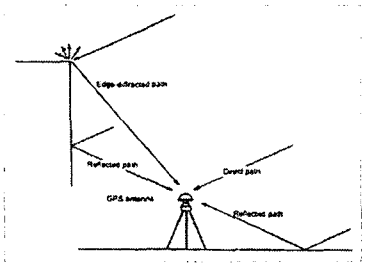

그림 1. GPS 다중경로

또한 다중경로 영향은 수신기 탑재기(platform)가 고정식인지 이동식인지에 따라 분류될 수 있다. 예를 들어, 이동식 적용에서, 다중경로는 주위 건물들, 이동체, 지반, 그리고 이동체 자체로부터 신호반사로

일어날 수 있다. 수신기의 작동시, 위성, 반사체, 안테나의 기하학 관계의 빠른 변화에 의한 신호 회절들은 불규칙적인 다중경로 영향을 일으킬 것이다. 반면에 수신기 탑재기가 정지상태라면, 다중경로 오차는 안테나 부근의 반사표면에 따른 주기를 가진 매우 낮은 주파수로 나타난다.

2. 관측 및 분석

다중경로 오차가 실체 측량에서 GPS 기선에 얼마만큼의 오차를 유발하는지 파악하기 위해서 안테나 아래에 여러 조건을 만들어 실험하였다. 다중경로 오차는 GPS 관측시 동일 항성일에 대해 80% 정도의 동일한 오차를 유발한다는 자료를 이용하여 매일 동일한 시간에 관측되었고, 안테나 아래에는 아무 것도 없이 관측한 다음 금속판(Zinc sheet)과 수면(Water)을 각각 설치하여 다중경로를 실험하였다. 실제 관측은 RTK GPS로 실험하려 하였으나 이동국이 이동하지 않는한 정적 GPS와 거의 동일하고, 다중경로에 대한 영향은 위성으로부터 주위환경에 대해 반사되는 위성 주파수에 대한 오차이므로 정적 GPS 방법에 의해 20Hz로 설정하여 자료가 수집되었다. 금속판의 크기는 가로(3m)×세로(3m)로 하였고, 수면에 대한 관측은 금속판에 비닐을 씌워 실험하였다.

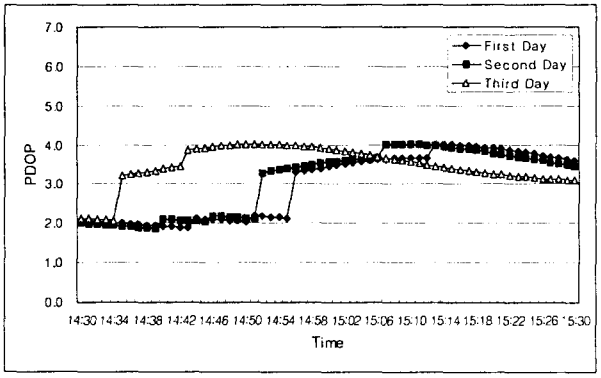

그림 2. GPS 관측시 날짜별 PDOP값

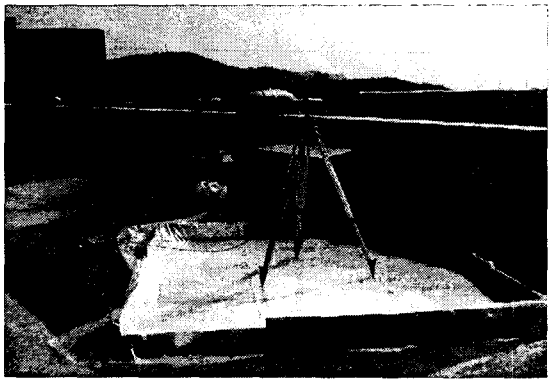

그림 3. GPS 관측

그림 2는 다중경로 실험시의 PDOP값의 변화량을 보여주는 것으로써, 관측 동안에 동일한 위성조건을 갖기 위해서 동일 위성항성일 즉, GPS 항성일은 12hr이므로 3일 동안 동일한 시간에 관측이 이루어 졌으며, 관측 시간은 1시간으로 하였다. 일반적으로 PDOP값이 4이하이면 'Good'으로 평가되는데 실험시의 PDOP값이 1.8~4.0사이에 있기 때문에 'Good'으로 평가된다. 또한 관측시 수신 위성의 수가 최소 6개 위성에서 최대 10개의 위성으로, 관측에 아무런 장애 없이 측량되었다. 첫날의 관측은 아무런 설치없이 각 측점에 기계를 고정하여 관측되었고, 둘째날은 금속판을 기계아래에 설치하여 측량되었으며, 마지막날은 금속판에 물을 부어 그림 3과 같이 관측하였다. 이렇게 획득된 관측값중에서 첫날의 관측값을 처리하여 그림 4와 같은 망 조정 그림을 도시하였다. 그림 4에서 나타낸 각 측점은 간략히 a, b, c로 나타내었으며, c측점은 우리나라에 설치된 상시관측점으로부터 획득된 좌표를 이용하였고, 이를 고정점으로 하여 a, b 측점의 좌표와 기선길이를 산출하였다.

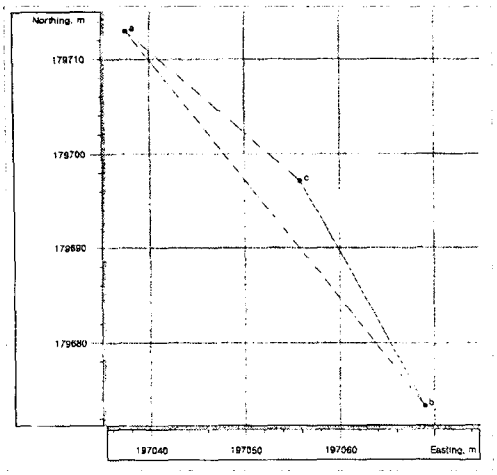

그림 4. GPS 관측망

표 1. GPS 관측 벡터와 기선

Condition	From-To	ΔX	ΔY	ΔZ	Length
Nothing	a-b	-38.7689	-2.0653	-32.3774	50.5528
	a-c	-21.7074	-2.2740	-10.9836	24.4340
	b-c	17.0641	-0.2016	21.3929	27.3658
Zinc sheet	a-b	-38.8312	-2.0928	-32.3919	50.6110
	a-c	-21.7467	-2.3257	-11.0171	24.4888
	b-c	17.0843	-0.2317	21.3758	27.3651
Water	a-b	-38.7807	-2.0782	-32.3587	50.5504
	a-c	-21.7024	-2.3047	-10.9894	24.4351
	b-c	17.0764	-0.2253	21.3702	27.3658

관측된 모든 자료는 동일한 처리 조건하에서 각각의 주파수별로 처리하여 분석하였으며, 표 1은 L1&L2 주파수로 처리하여 산출한 각각의 측점에 대한 벡터와 기선길이를 나타내었다. 이때 GPS 기선벡터에 대한 잔차는 그림 5(첫번째날)와 그림 6(두번째날)에 나타내었다. 다중경로 영향을 정확하게 분석하기 위해서 관측시 측점 a의 금속판위에 수면을 설치하였으며, 다른 두 측점은 아무런 설치없이 관측되었기 때문에 기선 a-b, a-c의 기선벡터는 변화를 나타낼 것이고, 기선 b-c는 기선벡터의 변화가 거의 없을 것으로 판단된다. 이들 기선벡터에 대한 잔차에서 그림 5는 관측 첫날의 잔차로서 +1.0mm ~ -1.3mm를 나타내고 있으며, 그림 6은 두 번째 날의 잔차로서 0.4mm~ 0.6mm로서 첫째날 보다 더 좋은 잔차를 나타내고 있다.

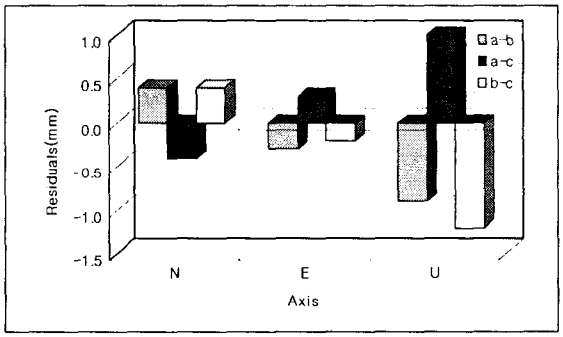

그림 5. GPS 기선벡터의 편준편차(첫번째날)

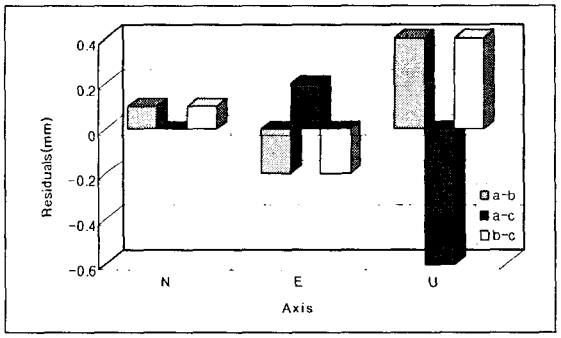

그림 6. GPS 기선벡터의 편준편차(두번째날)

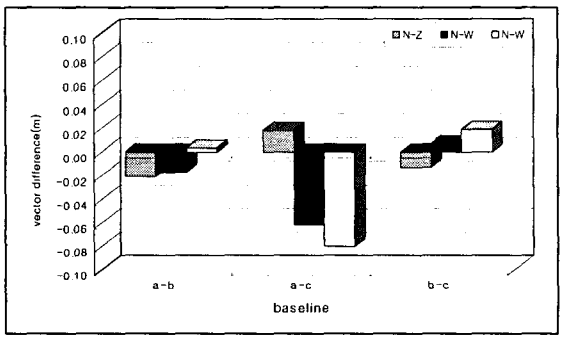

그림 7. N축 벡터의 차이값

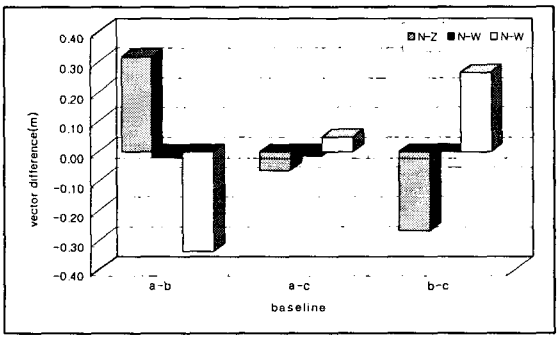

그림 8. E축 벡터의 차이값

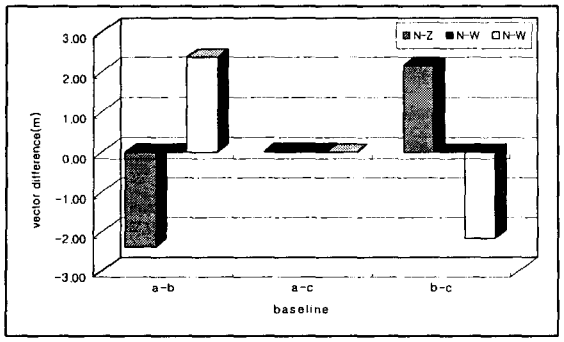

그림 9. U축 벡터의 차이값

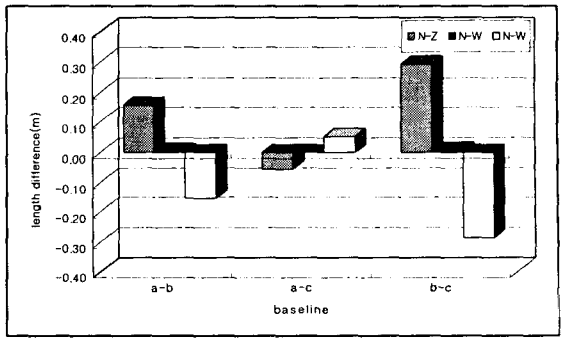

그림 10. GPS 기선의 차이값

그림 7 ~ 그림 9는 NEU 벡터에 대한 차이값을 분석한 것으로서 첫 번째날의 관측 벡터에서 두 번째, 세 번째 날의 관측 벡터를 감한 것이다. 그림 7의 N측은 전체적으로 10cm 미만의 차이를 나타내고 있으나 세 번째 관측값(수면)과의 차에서 큰 차이를 나타내고 있다. 그림 8과 그림 9의 E축, U축은 동일한 형태의 차이를 나타내고 있는데 세 번째 관측값과의 차이가 상당히 미소한 것으로 나타나고 있다. 그림 10은 다중경로 실험에서 획득된 기선차이를 분석한 것으로서, 아무 것도 없이 측량된 기선과 금속판을 놓고 측량된 기선과의 차이는 a-b, a-c, b-c기선에 대해 각각 0.157m, -0.055m, 0.295m이고, 수면에 대해 측량된 기선과의 차이는 a-b, a-c, b-c 기선에 대해 각각 0.003m, -0.001m, 0.007m로 나타났다. 이는 수면에 대한 다중경로 영향이 금속판에 대한 다중경로 영향보다 훨씬 낮다는 것을 의미한다. 이러한 다중경로 영향을 처리하기 위해서는 다중경로를 사전에 차단하는 수신기를 사용하던지 아니면 관측값에서 다중경로 영향만큼의 오차를 제거시켜 주어야 한다.

3. 결 론

다중경로 영향이 실제 GPS 기선에 어떠한 영향을 미치는지를 알기 위해서 금속판과 물을 안테나 아래에 설치하여 그 영향을 분석하고자 하였고, 이를 바탕으로 다시 모니터링 측량과 같은 정밀 측량에서 GPS로 관측할 때 어떻게 다중경로를 처리할 것인지 그리고 얼만 만큼 발생하지 실험하여 다음과 같은 결론을 얻었을 수 있었다.

GPS 주파수별로 처리하여 그 결과를 분석한 결과, 대체로 거의 같은 결과를 얻을 수 있었으나 Code only 처리에서는 기선을 처리할 수 없었고, 다른 L1 only, L2 only 등은 처리가 가능하였다. 물론 GPS 기선을 상당히 짧은 단기선이기 때문으로 판단된다. 두 번째로는 수면에 대한 다중경로 영향이 금속판에 대한 다중경로 영향보다 훨씬 낮다는 것으로 수면이 빛을 흡수하는 것과 같이 주파수를 흡수하기 때문에 안테나로 반사되는 주파수가 작아서 금속판보다 훨씬 좋은 결과를 산출하였다. 세 번째로는 각 기선의 벡터별로 분석한 결과는 N축과 E축에 비해서 U축의 영향이 상당히 크게 발생하였다. N축과 E축의 변화는 모두 cm 단위의 차이를 나타낸 반면에 U축 변화는 m 단위의 차이를 나타냄으로서, 축 방향별로 극명한 차이를 보였다.

GPS 다중경로 실험에서 어떠한 변화가 발생하였는지 파악되었지만 이를 어떻게 처리할 수 있을지 더 연구하여 높은 정확도의 GPS 기선값을 획득할 것인지가 앞으로의 연구 과제이다.

참고문헌

1. Gunter Seeber, "Satellite Geodesy", Walter de Gruyter & Co., 1993.
2. Alfred Leick, "GPS Satellite Surveying", John Wiley & Sons, Inc., 1990
3. Georgiadou, Yola, Alfred Kleusberg, "Multipath Effects in Static and Kinematic GPS Surveying", GPS: An Overview Symposium No. 102, pp. 82~89, 1989.
4. Tom Logsdon, "Understanding the NAVSTAR GPS, GIS, and IVHS", International Thomson Publishing Inc., 1992.