

GPS 기선해석을 위한 알고리즘 비교연구

A comparative study on algorithms for GPS baseline processing

이기도* · 최윤수** · 이임평***

Kido Lee, Yunsoo Choi, Impyeong Lee

* (주)지오시스템(kdlee@geosys.co.kr)

** 서울시립대학교 지적정보학과(choiys@uos.ac.kr)

*** 서울시립대학교 지적정보학과(jplee@uos.ac.kr)

요약

GPS 기선해석에서 가장 중요한 과정은 정수 바이어스를 결정하는 것이다. 기존에 Multi Epoch를 사용한 방법이 일반적이었으나 Single Epoch를 이용한 방법이 개발되었다. 본 연구는 Multi Epoch 및 Single Epoch 알고리즘이 구현된 소프트웨어를 활용하여 여러 가지 데이터 처리 실험을 수행하고 그 결과를 분석하였다. 이를 통해 실시간 정밀 측량에 대한 이용 가능성을 검증하였다.

1. 서론

GPS 데이터를 처리하기 위한 방법과 이를 처리하기 위한 소프트웨어의 종류는 다양하며 GPS 데이터 처리를 위한 새로운 알고리즘이 계속 연구 및 개발되어 오고 있다. 정밀한 좌표를 계산하기 위해서는 정수 바이어스(Integer Ambiguity)가 결정되어야 하는데 실시간 측위 방법에서는 이것을 결정하기 위해 다소 시간이 소요되거나 지체되는 문제가 있다. 이렇게 시간적인 제약으로 인해 GPS를 이용한 실시간 정밀 측위 방법은 도회지 같이 위성 신호 수신에 자주 차단되는 지역에서는 보편적으로 이용되지 못하는 한계점을 가진다.

GPS 기선해석에서는 정수 바이어스를 결정하는 것이 중요하다. 정수 바이어스는 위성에서 수신되는 반송파 위상의 파수가 확정되지 않아서 발생하는 것으로 정수 바이어스의 결정방법에는 Multi Epoch로 처리하는 방법과 Epoch By Epoch로 처리하는 방법이 있다. 지금까지 Multi Epoch를 이용하는 방법이 일반적이었으나 Epoch By Epoch를 이용하는 방법이 개발되어서 이를 후처리 측량

방법뿐만 아니라 실시간 측량 방법으로도 활용되고 있다.

본 연구에서는 국가 및 대륙간의 초장기선 GPS 데이터를 처리할 수 있는 학술용 Bernese GPS 소프트웨어와 일반 상용 소프트웨어인 GPSurvey로 장기선 데이터를 처리한 결과를 가지고 비교 분석하였으며, 기존에 사용하던 방법과 달리 Epoch By Epoch (EBE) 알고리즘을 채용한 RTD 소프트웨어를 이용하여 GPS 측량 데이터를 Epoch 별로 처리할 때 기선거리별 처리 결과를 실험 및 분석하여 측량에 어느 정도 활용할 수 있는가를 알아보려고 한다.

2. 알고리즘의 이론적 소개

2.1 정수 바이어스 결정

반송파 위상 정보를 이용하여 정밀한 기선 해석을 할 때 가장 중요한 것이 정수 바이어스를 결정하는 것이다. L1, L2 반송파의 파장 길이는 알고 있으나 GPS 위성으로부터 L1, L2 반송파 위상 정보를 지상의 GPS 안테나에서 수신시 반송파 위상의 파수와 수신시의

일부 파장 길이를 알 수가 없다. 정수 바이어스 결정은 이러한 파장의 길이를 계산하기 위한 과정으로 두 지점의 위상차로부터 결정할 수 있다.

일반적으로 정수 바이어스를 결정하는 방법으로 동시간대에 측정된 데이터에서 다수의 Epoch를 이용하여 결정하는 방법을 많이 사용하며 이 연구에서는 구분을 하기 위해 이러한 방법을 Multi Epoch 알고리즘이라 하였다. 그리고 근래 새롭게 이용되고 있는 Single Epoch만으로 정수 바이어스를 결정하는 방법을 Epoch By Epoch 알고리즘이라 하였다.

이 연구에서 데이터 처리 시 이용한 소프트웨어 중 스위스의 베른 대학에서 개발한 학술용 소프트웨어인 Bernese GPS와 미국 Trimble사의 GPSurvey 소프트웨어는 Multi Epoch를 이용하여 정수 바이어스를 결정하며 미국 Geodetics사의 RTD 소프트웨어는 Multi Epoch가 아닌 Epoch By Epoch를 이용하여 정수 바이어스를 결정한다.

2.2. Multi Epoch 알고리즘

일반적으로 GPS 측위에서 Static, Kinematic, RTK 모두 Multi Epoch를 이용하여 정수 바이어스를 결정한다. 이 중 Kinematic 측위는 측정 시간이 Static 측위에 비해 월등하게 짧으나(30~45초) 기선의 거리가 길어짐에 따라 정수 바이어스 결정에 신뢰성이 떨어지며 정수 바이어스를 결정하기 위한 초기화 과정이 필요하고 싸이클 슬립이 발생하면 초기화를 다시 해야 하는 문제가 있다.

Multi Epoch를 처리하여 정수 바이어스를 결정하는 방식은 정수 바이어스를 결정하기 위한 초기화 도중에 위성으로부터 신호수신이 차단되면 다시 초기화해야하는 과정이 필요하여 실제 측량을 하는데 시간이 지체된다. 이동하면서 측량하는 경우에는 작업의 효율성이 떨어질 수 있다.

2.3. Epoch By Epoch 알고리즘

이 방법은 수십 킬로미터 떨어진 기지 점으로부터 미지 점의 위치를 독립적인 Epoch

By Epoch 추정 값에 의해 결정한다. 기존의 Multi Epoch 처리 방법과 달리 Epoch별로 처리하여 정수 바이어스를 결정하기 위한 초기화 과정이 없으며 단지 1 Epoch의 Phase 및 Pseudorange 데이터를 이용하여 정수 바이어스를 결정한다(Bock, 2000). 이에 따라 장애물에 의한 위성 신호 차단 시에도 재 초기화 과정이 필요 없다. 따라서 순간적으로 위성 수신이 차단되는 경우에도 다시 초기화할 필요가 없기 때문에 장애물이 있는 지역에서 이동 측량 시 기존의 Kinematic 측위 방법보다 수월한 측량을 할 수 있다고 본다.

실시간 처리 시에도 이와 같은 알고리즘을 이용하여 처리할 수 있으나 기선 거리가 멀어지면 신뢰성이 떨어질 수 있다. 본 연구에서는 이 방법을 이용하여 후처리 방식만 처리하는 것으로 실험하였다.

3. 실험 및 분석

3.1 실험 방법

첫 번째 실험에서는 국내 공항 중 김포, 예천, 강릉, 광주, 김해, 제주 공항에서 측정한 데이터를 Bernese GPS 소프트웨어와 GPSurvey 소프트웨어를 이용하여 처리하였으며 기준이 되는 점으로는 수원 국립지리원 내에 있는 VLBI 점을 이용하였다. 동일한 데이터를 Geodetics사의 Epoch By Epoch 처리 소프트웨어인 RTD 소프트웨어를 이용해서 처리했으며 이를 Bernese GPS 소프트웨어로 처리한 결과와 비교해 보았다.

두 번째 실험에서는 기선 거리가 26 km 정도인 국토지리정보원의 청주, 한국천문연구원 대전 GPS 상시관측소 데이터를 활용하였으며 Trimble사의 GPS 측량 처리 프로그램인 GPSurvey를 이용하여 기존의 Kinematic 방법으로 처리하고 RTD를 이용하여 24시간 데이터와 1분, 2분, 3분, 4분, 5분의 데이터 처리결과를 비교해보았다.

세 번째 실험에서는 기선길이가 9.8 km, 1.9 km인 데이터를 RTD와 GPSurvey를 이용하여 처리한 결과를 비교해 보았다.

3.2 Bernese와 GPSurvey 기선해석

그림 1에서 나타나는 바와 같이 Bernese GPS 소프트웨어로 처리했을 때에는 기선 길이가 증가하더라도 RMS 값이 거의 동일한 값으로 아주 작게 나온 반면에 GPSurvey 소프트웨어로 처리했을 때에는 기선 길이가 증가함에 따라 RMS 값의 변동이 커지는 것을 알 수 있다.

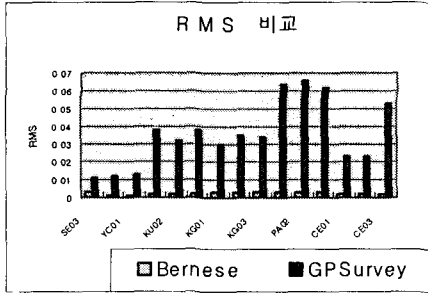


그림 1. RMS 비교

3.3 Kinematic 처리

국토지리정보원의 청주 GPS 상시관측소 (CNJU)를 기준으로 하고 한국천문연구원의 대전 GPS 상시관측소(DAEJ)를 Kinematic 측량 데이터로 처리하였다. 그리고 이를 24시간 Static 측량 데이터와 비교하였다.

24시간 Static 측량 데이터는 Bernese GPS 와 GPSurvey로 처리하였으며 처리한 DAEJ 좌표는 표 1과 같다. 여기서 B는 Bernese GPS처리한 좌표를 G는 GPSurvey로 처리한 결과를 나타낸다. 표 1에서 볼 수 있듯이 24시간 Static 측량 데이터 처리 결과는 학술 및 연구용으로 사용하는 소프트웨어인 Bernese GPS software와 일반 상용 프로그램인 GPSurvey로 처리한 결과가 큰 차이가 없다는 것을 알 수 있다.

표 1. DAEJ 24시간 측량 ITRF2000 좌표 (CNJU 기준)

	X [m]	Y [m]	Z [m]
B	-3120041.902	4084614.911	3764026.906
G	-3120041.900	4084614.907	3764026.906

GPSurvey를 이용하여 Kinematic 방법으로 처리하였을 때 솔루션 결과에서 정수 바

이어스 값이 제대로 결정되었다는 표시로 Fixed 솔루션이 나타나는데 좌표 값을 비교해 보았을 때에는 24시간 측량 데이터를 Static으로 처리한 결과와 상당한 차이가 발생하는 것을 알 수 있었다. 따라서 Kinematic 데이터를 처리할 때 해당 소프트웨어에서 Fixed 솔루션이 나타났다고 하더라도 이를 신뢰할 만한 솔루션인지 판단할 명확한 방법이 없다는 것을 확인할 수 있었다. 표 2는 GPSurvey를 이용하여 Kinematic 데이터를 처리할시 Fixed 솔루션에 의해 나타난 결과이다. 표 3은 표 2의 결과와 24시간 Static 측량 결과(B)와의 3차원 좌표 차이를 나타낸다. 표 3에서 보는 바와 같이 GPSurvey로 26 km 정도 기선의 Kinematic 데이터 처리시 Bernese GPS 소프트웨어로 24시간 Static 측량결과와 많은 차이가 발생할 수 있다는 것을 알 수 있다.

표 2. DAEJ Kinematic 측량 결과 좌표(GPSurvey)

시각	X [m]	Y [m]	Z [m]
00:02	-3120041.939	4084615.114	3764026.762
00:08	-3120041.919	4084615.084	3764026.751
00:14	-3120041.932	4084615.094	3764026.748
00:19	-3120041.897	4084615.037	3764026.744
00:25	-3120041.868	4084615.005	3764026.736
00:30	-3120041.857	4084614.989	3764026.732

표 3. DAEJ Kinematic 측량 결과 3차원 좌표차이(GPSurvey)

시각	dX(m)	dY(m)	dZ(m)
00:02	0.0373	-0.2026	0.1438
00:08	0.0173	-0.1726	0.1548
00:14	0.0303	-0.1826	0.1578
00:19	-0.0047	-0.1256	0.1618
00:25	-0.0337	-0.0936	0.1698
00:30	-0.0447	-0.0776	0.1738

3.4 Epoch-By-Epoch 처리

Epoch By Epoch 처리 소프트웨어인 RTD를 이용하여 24시간 측량 데이터의 모든 Epoch와 각 시간대별로 2, 4, 6, 8, 10 Epoch의 데이터를 처리하여 비교해 보았다. 먼저 24시간 측량 데이터의 결과는 표 4와 같다.

24시간 측량 데이터를 Epoch By Epoch 처리했을 때 기존 Multi Epoch로 처리하는 Static 측량 데이터와 별 차이가 없는 것을 알 수 있다. 또한, 각 시간대별 그리고 Epoch 별 처리 결과를 검토하였더니 24시간 측량 결과와 큰 차이가 없었으나 일부 시간대에서는 큰 차이가 나타나는 것을 알 수 있다.

표 4. DAEJ 24시간 처리 결과 좌표 및 좌표값의 차이(RTD)

	X [m]	Y [m]	Z [m]
좌표	-3120041.902	4084614.911	3764026.912
차이	0.0004	0.0005	-0.0058

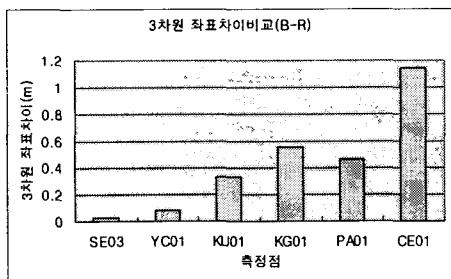
4. 결과 분석 및 토의

4.1 Bernese 및 GPSurvey 결과 분석

Bernese GPS 소프트웨어로 처리했을 때에는 기선장에 관계없이 기선장의 RMS 값이 거의 차이가 없는 것에 비해 GPSurvey로 처리했을 때에는 기선장에 비례하여 RMS 값이 커지는 것을 알 수 있었다. Bernese GPS로 처리했을 때의 기선장보다 GPSurvey로 처리했을 때의 기선장 변동폭이 커진다는 것을 알 수 있었다.

4.2 Bernese 및 RTD 결과 분석

그림 2는 Bernese GPS 소프트웨어와 RTD 소프트웨어로 처리했을 때의 3차원 좌표차이의 비교표이다. 기선장에 비례하여 두 소프트웨어로 처리했을 때의 3차원 좌표 차이의 변동 폭이 커지는 것을 알 수 있다.



4.3 GPSurvey 및 RTD 결과 분석

기선 길이가 9.8 km인 데이터를 RTD와

GPSurvey 소프트웨어로 처리한 결과를 비교해보면 그림 3과 같다. 3차원 좌표 차이가 1시간의 데이터 보다 2시간, 3시간 측정했을 때가 다소 작게 나타나는 것을 알 수 있다. 반면에 기선장 차이는 오히려 1시간의 데이터가 2시간, 3시간 측정했을 때보다 다소 작게 나타나는 것을 알 수 있다. 동일한 기선에서 3 Epoch의 데이터를 RTD 소프트웨어로 처리한 결과와 GPSurvey로 처리한 결과와의 비교는 그림 4와 같다. 3차원 좌표 차이는 5시 37분대의 데이터만 4 cm 이상의 차이가 나타났을 뿐 나머지 데이터는 2 cm 미만으로 나타났다.

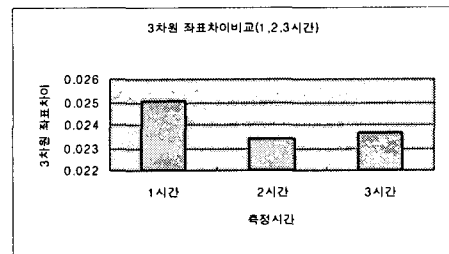


그림 3. RTD와 GPSurvey 처리 결과 비교 (1, 2, 3 시간측정, 기선길이 9.8 km)

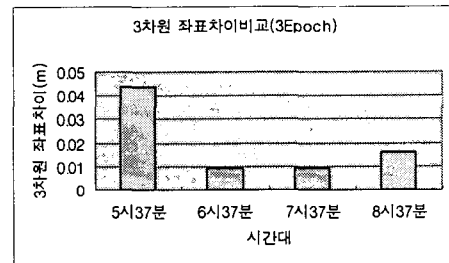


그림 4. RTD와 GPSurvey 처리 결과 비교 (3 epoch 데이터, 기선길이 9.8 km)

기선 길이가 1.9 km인 데이터를 GPSurvey와 RTD 소프트웨어로 처리한 결과를 비교해보면 그림 5와 같다. 1시간의 데이터 보다 2시간, 3시간 측정했을 때가 3차원 좌표 차이가 다소 작게 나타나는 것을 알 수 있다. 동일한 3 Epoch의 데이터를 RTD 소프트웨어로 처리한 것과 GPSurvey로 처리한 결과를 비교해보면 그림 6과 같다. 3차원 좌표 차이는 5시 27분 대의 데이터만 1 cm 미만의 차이가 나타났을 뿐 나머지 데이터는 3 cm, 5 cm 이상으로 나타났다는 것을 알 수 있다.

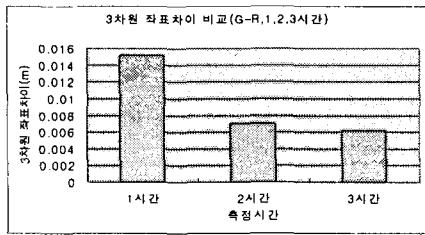


그림 5. RTD와 GPSurvey 처리 결과 비교 (1, 2, 3 시간측정, 기선길이 1.9 km)

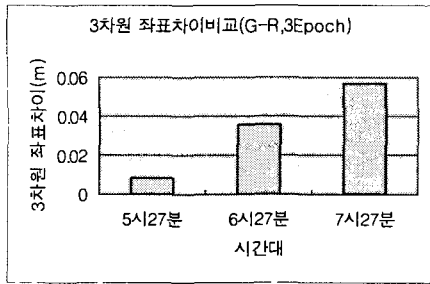


그림 6. RTD와 GPSurvey 처리 결과 비교 (3 epoch 데이터, 기선길이 1.9 km)

5. 결론

이번 연구과정에서 기존 Kinematic 측위 방법으로 26 km 기선 해석 시 잘못된 정수 바이어스 결정으로 인한 기선 해석의 오류가 발생할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 따라서 Kinematic 측량 시 기선 거리별 정확도를 판단하고 실제 측량에 적용하기 위해서는 좀 더 다양한 실험이 이루어져야 할 것이며 전국에 설치되어 있는 GPS 상시관측소 인프라를 활용하기 위해서도 이를 기준점으로 하여 Kinematic 측량 시 기선 거리 제한이 어느 정도 되는지도 다양하게 실험하여 Kinematic 측량의 작업 규정을 제정하여 GPS 측량의 활용도를 높여야 할 것이다. 그리고 다소 신뢰성이 문제가 되지만 기존 Kinematic 측위 방법과 비교 시 Epoch By Epoch 알고리즘을 이용한 측위 방법은 초기화가 필요 없으므로 짧은 시간의 측정 데이터로 GPS 측량의 가능성을 살펴보았다. 도심지와 같이 위성 신호 수신을 차단할 수 있는 구조물이 많은 곳에서는 실시간으로 이동하면서 GPS 측량을 해야 하는 경우 문제점이 발생할 수 있다. Multi Epoch 알고리즘을

이용하는 Kinematic 또는 RTK의 경우 정수 바이어스를 결정하기 위한 초기화 과정이 반드시 필요하기 때문에 장애물이 많은 곳에서는 활용도가 다소 떨어진다. 따라서 정수 바이어스 결정을 위한 초기화가 필요 없는 Epoch By Epoch 알고리즘은 도심지에서 GPS VAN과 같이 이동하면서 측량을 해야 하는 시스템에 더 적합하며 효율적일 것이다.

이와 같은 연구 결과에서 GPS 상시 관측소와 같은 정밀 기준점이나 장기선은 Bernese GPS와 같은 학술용 소프트웨어로 처리하고 GPSurvey와 같은 일반 상용 소프트웨어로 Kinematic 측위 시 기선 거리에 따른 측위 결과가 다르게 나타나기 때문에 기선 거리를 다양하게 한 더 많은 데이터를 처리하여 측량에 적합한 기선 거리를 산정해야 할 것이다. 그리고 Epoch By Epoch로 처리하는 RTD는 기존의 Kinematic 측위에 비해 사이클 슬립이 발생하더라도 초기화 과정이 필요 없으나 같은 Epoch의 데이터를 다른 시간대에서 처리 해 보았을 때 결과가 다소 차이가 발생하는 것으로 보아 신뢰성이 다소 떨어지기 때문에 정밀한 측량을 요구하는 시스템에는 적합하지 않다고 판단된다. 따라서 이를 적절하게 활용하기 위해서는 다양한 실험을 통하여 측량 등급별 적합한 측량 방법에 대한 연구가 더 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2003년도 서울시립대학교 학술 연구용 첨단장비 지원에 의하여 이루어진 것이며 이에 학교당국에 감사드립니다.

참고문헌

Bock, Y., R. Nikolaidis, P. J. de Jonge, and M. Bevis, 2000. Instantaneous geodetic positioning at medium distances with the Global Positioning System, *Journal of Geophysical Research*, 105, 28223-28254.