

## GPS 상대측위에 의한 기선 정확도 분석

### Analysis of Baseline Accuracy by GPS Relative Positioning

강 준 목*	임 영 빈**	송 승 호***	박 정 현****
Kang, Joon Mook	Nim, Young Bin	Song, Seung Ho	Park, Joung Hyoun

### 要 旨

국토의 효율적 개발과 이용을 위해 정확한 지형정보가 절실히 요구되고있는 요즘, 국내에서는 GPS의 응용에 많은관심 이모아지고 있으며 그 실용화를 위한 여러 가지 기초적인 연구가 수행되고 있다.

본 연구에서는 기선거리 1.5km~210km범위의 측점을 선정하여 연속관측을 수행하고 상대측위에 의한 GPS 기선벡터의 기선거리별 정확도를 다양하게 고찰하였다. 연구결과, 1주파 수신기를 이용하여 10km이내의 단기선에서 2시간 관측으로 약 0.3ppm의 정확도를 얻을 수 있었고 1시간 관측으로도 1ppm이하의 정확도를 얻을 수 있었다. 100~200km의 장기선의 경우에는 2주파수신기를 이용하여 3시간 관측으로 약 0.3ppm의 정확도를 얻을 수 있었다. 이와같은 연구결과를 토대로 최적 관측시간 및 기선처리 해법에 의한 관측 및 자료처리를 수행한다면, 지형정보를 보다 효율적으로 획득하는데 기여할 수 있을 것이다.

### ABSTRACT

As the exact geographical information has been nowadays required for effective developing and using of national land, in the country, there has been interested in using of GPS, and its practical use is expected. Various kinds of fundamental research for practical use of GPS is being accomplished.

In this study, a test was carried out over 9 stations with baseline of the range of 1.5 to 210km, and the accuracy of baseline length by GPS relative positioning was variously considered.

As result of this study, using a GPS receiving L1 frequency only, baseline accuracy for 2 hour observation was of the order of 0.3ppm for the 10km, and for 1 hour was below 1ppm. Using a GPS receiving dual frequency(L1/L2), baseline accuracy was of the order of 0.3ppm for the 100km to 200km as 3 hour observation using double difference methods by carrier phase.

With basic on the result of this study, when observation and baseline processing are proceeded by the selected optimum observation time and using of baseline processing method, we can expect that geographical information will be acquired effectively.

\* 충남대학교 토목공학과 교수

\*\*\* 충남대학교 토목공학과 박사과정

\*\* 대전산업대학교 토목공학과 교수

\*\*\*\* 충남대학교 토목공학과 석사과정

## 1. 서론

인공위성을 이용한 정밀 3차원 위치측정 시스템인 GPS는 측지망 구성, 구조물의 변형측정, 지각변동 검사 그리고, 각종 건설공사 등에서 WGS84 체계에서의 3차원 기선벡터 획득에 이용되고 있으며, GPS에 의한 최종 3차원 성과를 지역 좌표계로 변환하여 각종 목적에 활용하고 있다.1,2,3,4)

이와같이 GPS를 이용함에 있어서, 무엇보다도 측량의 정확도 한계를 검증하는 것은 각종 목적에 GPS를 올바르게 사용할 수 있는 기틀이 될 것이다.5,6,7) 그러나, 아직 국내에서는 GPS 기선의 정확도에 대한 연구가 미진한 상태에 있으며, 측지·측량 분야를 비롯한 각종 분야에서 효율적으로 GPS를 이용하기 위해서는 GPS 기선의 정확도에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다.

따라서, 본 연구는 상대측위에 의한 기선벡터의 기선거리별 정확도분석을 다양하게 수행함으로써 상대측위성과 좌표계와 무관하게 이용할 수 있는 변위량 산정분야에 유용한 기초 자료를 제공하며, GPS 측량성과에 대한 정확도 평가의 기준 마련에 기여하고, GPS 측량계획에서 최적 관측시간을 결정할 수 있는 토대를 마련하는데 그 목적이 있다.

## 2. 관측 및 자료처리

기선거리에 따른 정확도 분석을 위하여 15~13km의 단기선과 68~210km의 중·장기선으로 나누어 각각 관측을 수행하였다. 단기선의 경우는 1.5km, 4km, 5km, 7km, 9km, 13km의 기선거리별로 측점을 선점하고 충남대내 CNU1측점을 고정점으로 하여 Trimble 4000SE(1주파수수신기)로 각 측점에서 3일간(72시간) 연속관측을 실시하였다. 중·장기선의 경우는 68km, 100km, 140km, 210km 기선거리별로 측점을 선점하였으며 육군지도창내의 KAMC측점을 고정점으로 2주파

수신기로 3일간 연속관측을 실시하였으며, 관측시 대부분 5개 이상의 위성으로부터 위성 신호를 수신하였고, PDOP은 2~4의 양호한 값을 나타내고 있었다.

자료처리는 Trimble의 기선해석 소프트웨어인 GPSurvey 2.0을 이용하여8) L1 및 L1/L2로 각각 처리 하였으며 관측시간에 따른 정확도 분석 및 최적관측시간을 알아보기 위하여 3일간 연속관측한 자료를 4시간, 3시간, 2시간, 1시간, 30분으로 각각 나누어 처리하였다.

## 3. 결과의 비교분석

3일간 연속관측한 자료의 기선해석 결과를 기준으로 각각의 관측시간에 따른 기선의 표준편차를 비교 하므로써 정확도 분석 및 최적 관측시간을 구하였으며, 기선처리방법별 정확도 분석 및 L1, L1/L2로 각각 기선처리한 결과를 비교·분석 하였다.

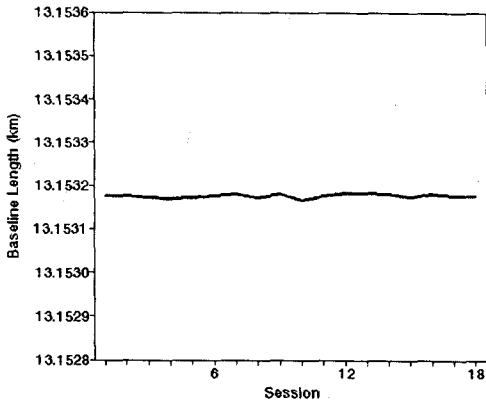
### 3.1 관측시간에 따른 기선거리별 정확도 분석

#### 3.1.1 단기선의 정확도 분석

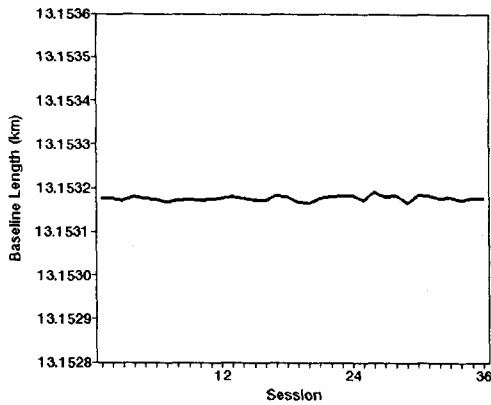
1주파수수신기를 이용하여 관측한 1.5km, 4km, 5km, 7km, 9km, 13km의 기선에 대하여 4시간, 2시간, 1시간, 30분으로 각각 나누어 기선해석하였으며 각 기선별 시간에 따른 변화 양상은 거의 유사하였다. 이 중 13km 기선에 대한 시간에 따른 기선길이 변화를 나타내면 그림 3.1과 같다.

4시간 과 2시간씩 기선해석한 경우는 모두 반송파의 모호정수가 정수로 고정되는 정수해(Fixed solution)가 산출되어 기선의 길이 변화가 거의 없으나, 1시간 및 30분씩 기선해석한 경우는 모호정수가 실수로 고정되는 실수해(Float solution)가 포함되고 있으며, 실수해의 경우는 정수해에 비해 10cm 이상의 큰 기선길이 변화를 나타내고 있다. 따라서, 단기선의 경우 실수해에 의한 기선처리 결과는 큰 편차가 나타나기 때문에 사용이 불가능하며 정수해에 의해 산출

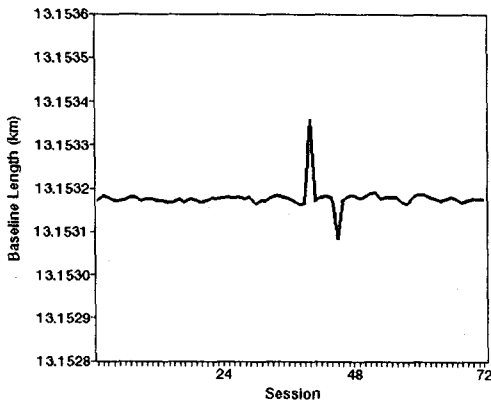
된 결과를 사용해야 한다.



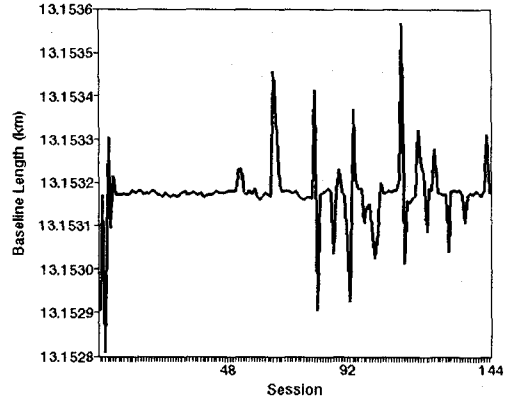
(a) 4시간



(b) 2시간



(c) 1시간



(d) 30분

그림 3.1 기선처리 시간에 따른 기선 길이 변화 (13km)

관측시간에 따른 기선길이별 표준편차를 도시하면 그림 3.2와 같으며 4시간 및 2시간 관측의 경우에는 고정해가 생성되어 1cm이하의 작은 편차를 보이나, 1시간 관측의 경우는 9km와 13km에서, 30분 관측의 경우는 1.5km, 4km, 5km, 7km, 9km, 13km에서 각각 실수해가 1회이상 생성되어 기선길이 증가함에 따라 표준편차가 약 1~8cm로 크게 증가함을 나타내고 있다.

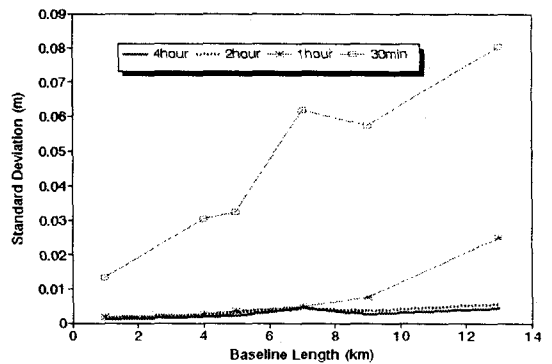
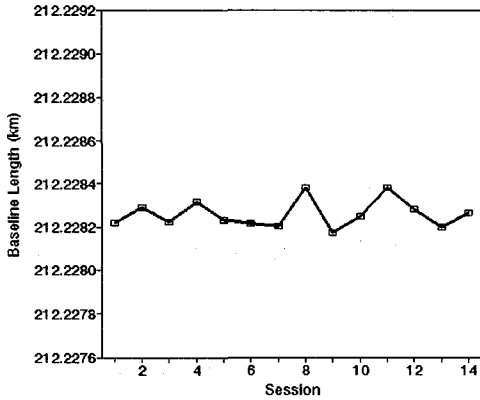


그림 3.2 관측시간에 따른 기선길이별 표준편차 (1~13km)

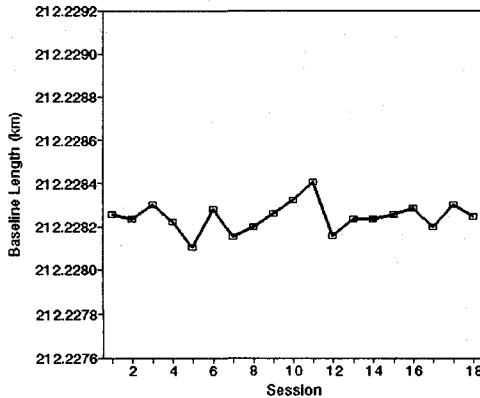
따라서 1주파수신기로 13km이하의 단기선을 관측

할 경우에는 2시간 이상 관측하여야 약 0.3ppm의 양호한 결과를 얻을 수 있으며, 7km이하의 거리에서는 1시간 관측으로 1ppm 이하의 정확도를 얻을 수 있다.

3.1.2 중·장기선의 정확도 분석

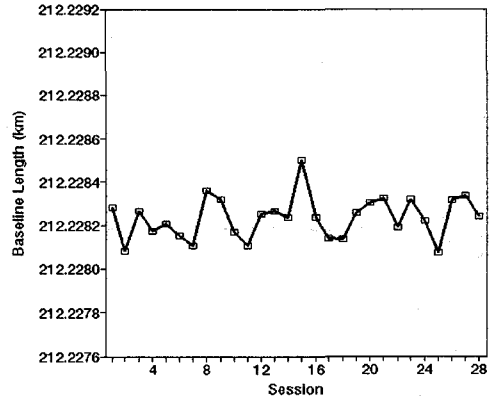


(a) 4시간

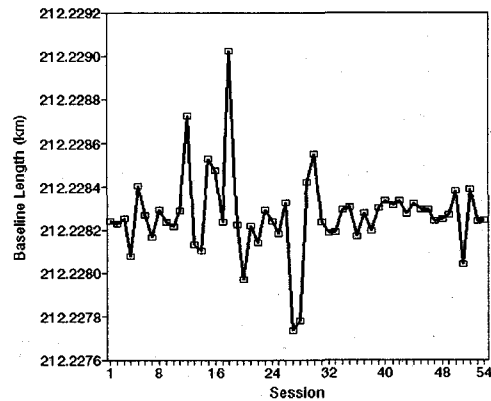


(b) 3시간

2주과 수신기를 이용하여 관측한 68km, 100km, 140km, 210km의 중·장거리 기선에 대하여 4시간, 3시간, 2시간, 1시간으로 각각 관측시간을 나누어 기선 해석하였으며 이중 210km기선에 대한 기선의 길이 변화를 도시하면 그림 3.3과 같다.



(c) 2시간



(d) 1시간

그림 3.3 기선처리 시간에 따른 기선 길이 변화(210km)

4시간 및 3시간씩 기선해석한 경우는  $\pm 15\text{cm}$ 이하의 기선길이 변화를 보이고 있으며, 2시간씩 기선해석한 경우에도  $\pm 20\text{cm}$ 이하의 기선길이 변화를 보이고 있으나, 1시간씩 기선해석한 경우는  $\pm 40\text{cm}$  이상의 큰 길이 변화를 보이는 session이 나타나고 있다. 또한, 관측시간에 따른 기선길이별 표준편차를 도시하면 그림 3.4와 같으며, 68km를 제외하면 4시간 및 3시간씩 기선처리한 경우는 1cm이하의 편차를 보이고 있는데 비해 2시간 및 1시간씩 기선처리한 경우는

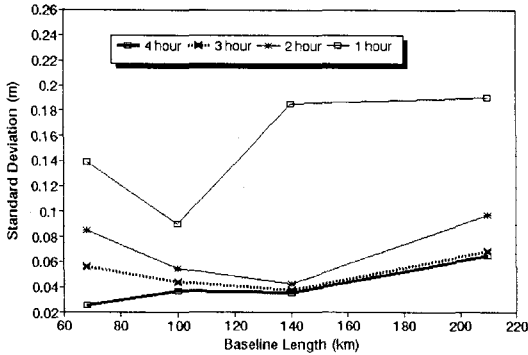
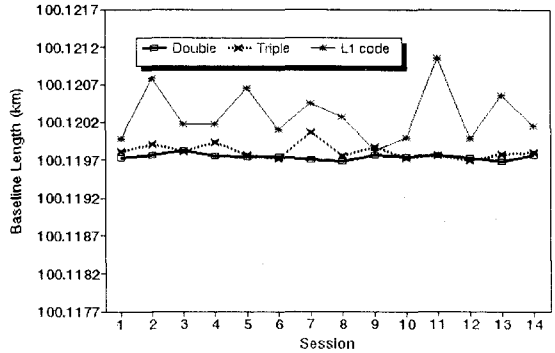


그림 34 중·장기선의 기선길이별 표준편차

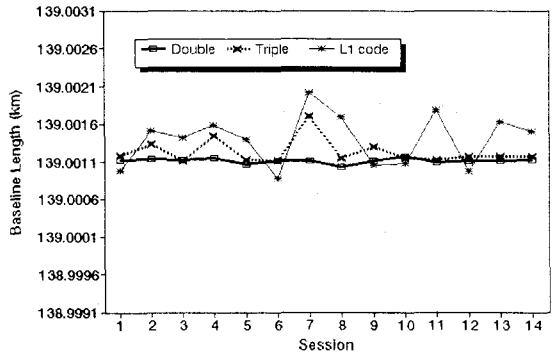
상대적으로 많은 편차를 보이고 있으므로 100km이상의 장기선 관측시에는 적어도 3시간 이상 관측하는 것이 바람직하며, 이 경우 약 0.3ppm의 정확도를 얻을 수 있었고 2시간 관측으로도 약 0.5ppm의 정확도를 얻을 수 있었다.

3.2 기선처리기법에 따른 정확도 분석

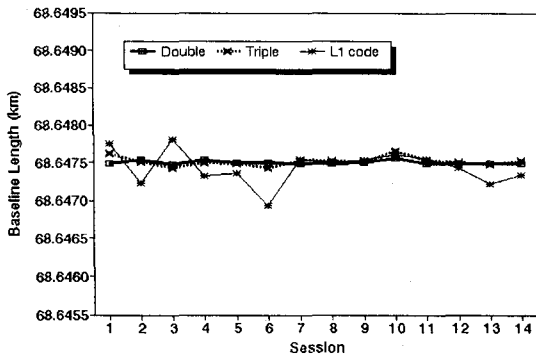
2주파 수신기를 이용하여 관측한 68km, 100km, 140km, 210km의 기선에 대해 이중차(Ionofree Fixed, Float double difference), 삼중차(Ionofree triple difference), L1 code에 의한 이중차(L1 code double difference) 방법을 적용하여 4시간씩 기선해석하여 구한 경사거리를 session별로 도시하면 그림 35와 같다.



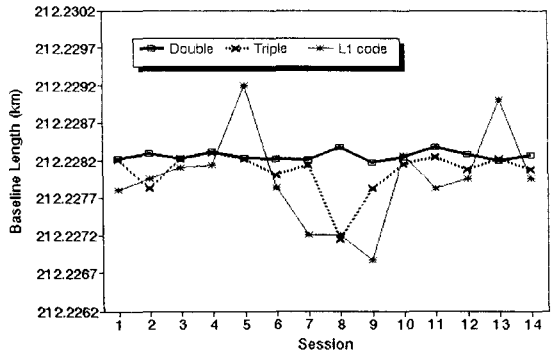
(b) 100km



(c) 140km



(a) 68km



(d) 210km

그림 35 기선처리기법에 따른 기선길이 변화(68~210km)

기선길이 변화는 반송파에 의한 이중차의 경우 변화폭이 가장 완만하며, L1 code에 의한 이중차를 이용한 경우 변화폭이 최고 1m에 달하고, 삼중차의 경우는 반송파에 의한 이중차보다 변화폭이 크고 L1 code에 의한 이중차보다 작게 나타났다.

3일간 연속 관측하여 얻은 평균 기선길이에 대한 기선처리기법별 정확도를 분석하기 위하여 그림 3.5에 나타난 기선길이의 표준편차를 도시하면 그림 3.6과 같다.

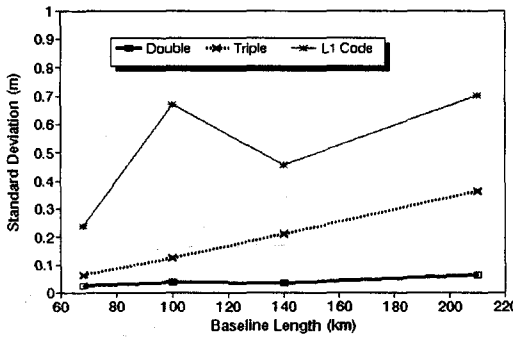
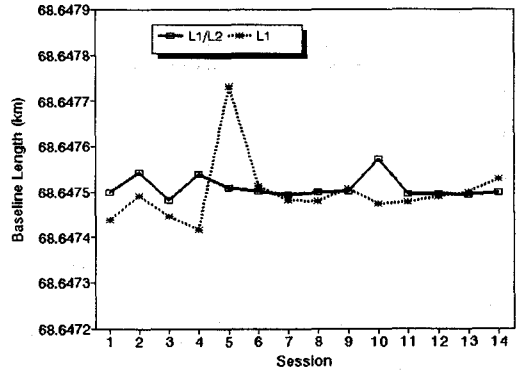


그림 3.6 기선처리 기법별 표준편차 (68~210km)

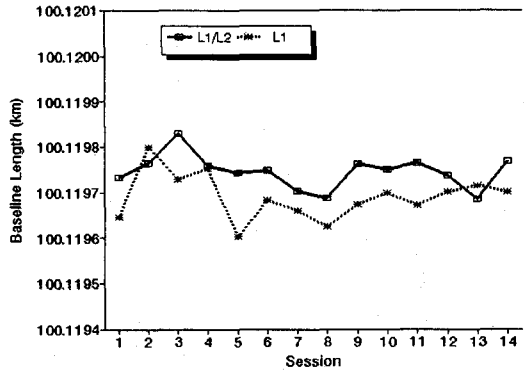
이중차의 경우 평균 0.3ppm의 정확도를 보이는데 비해 삼중차의 경우 약 1.3ppm의 정확도를 보이며, L1 코드 이중차를 이용한 경우 4.1ppm의 정확도를 보이고 있다. 따라서, 68~210km의 기선에서 반송파를 이용한 이중차를 사용하는 것이 삼중차나 L1 code에 의한 이중차기법에 비해 정확한 기선 결과를 산출함을 알 수 있었다.

### 3.3 L1 및 L1/L2 관측에 따른 정확도 분석

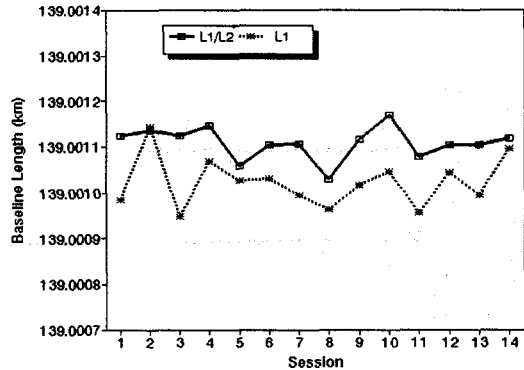
2주과 수신기(L1/L2)로 관측한 68~210km의 중·장기선에 대한 3일간 연속 관측자료를 4시간씩 나누어 L1 및 L1/L2로 각각 기선해석한 결과를 도시하면 그림 3.7과 같다.



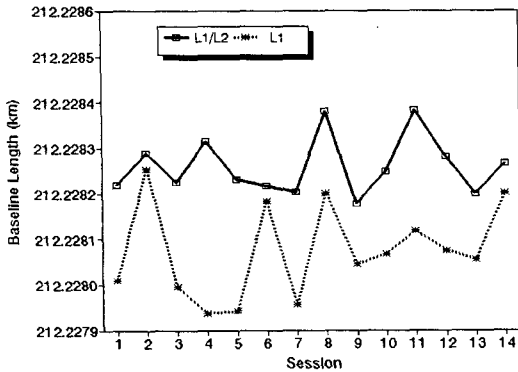
(a) 68km



(b) 100km



(c) 140km



(d) 210 km

그림 3.7 L1 및 L1/L2로 기선해석한 경우의 기선길이 변화

L1만으로 처리한 경우는 L1/L2로 기선해석한 경우보다 기선길이 변화가 크게 나타났으며 기선 길이가 증가함에 따라 평균 기선길이의 차가 더 크게 나타남을 알 수 있었다. L1 관측의 정확도를 분석하기 위해 L1 및 L1/L2로 각각 기선해석한 결과의 표준편차를 도시하면 그림 3.8과 같으며 L1/L2로 관측한 경우 0.3ppm의 정확도를 얻을 수 있는데 비해 L1만으로 관측한 경우에는 평균 1ppm의 정확도를 나타내고 있어 L1/L2로 관측한 경우에 비해 정확도가 낮다.

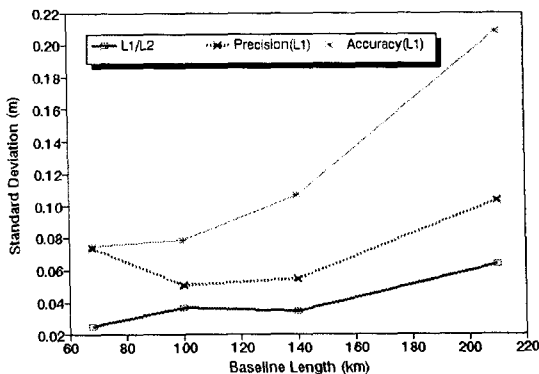


그림 3.8 L1 및 L1/L2로 각각 기선처리한 경우의 표준편차 (68~210km)

1주과 수신기의 유효범위를 분석하기 위하여 95, 96년 관측한 4~200km의 기선길이에 대한 관측자료를

9) L1 및 L1/L2로 각각 기선해석하여 기선길이의 차이 및 표준편차를 도시하면 그림 3.9, 3.10과 같다.

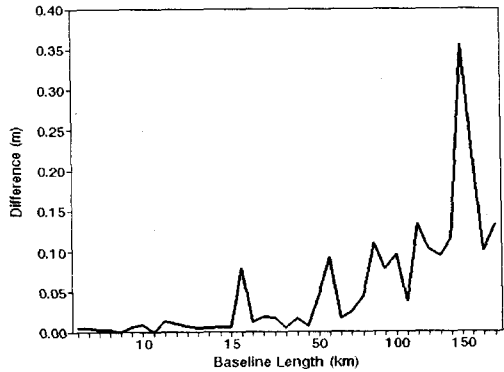


그림 3.9 L1 및 L1/L2로 각각 기선해석한 기선길이차

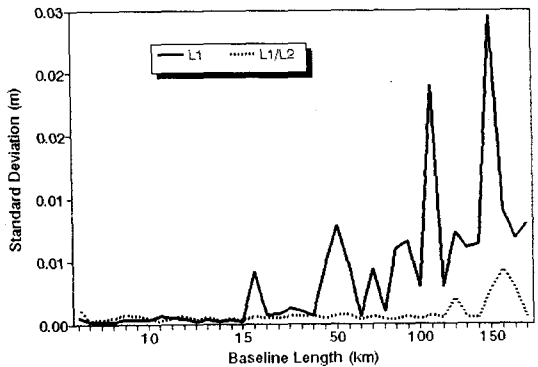


그림 3.10 L1 및 L1/L2로 각각 기선해석한 결과의 결과의 표준편차

그림 3.9의 경우 15km까지는 1cm이하의 차이를 보이고 있으나 15km를 넘어서면서 1cm이상의 편차를 보이고 있으며, 그림 3.10에서도 L1 관측의 경우 15km까지는 표준편차가 일정하나 15km를 넘어서면서 전리층의 영향으로 큰 편차를 보이고 있는데 비해 L1/L2로 관측한 경우는 기선거리 증가에도 일정한 경향을 나타내므로 L1만으로 관측시는 15km까지 사용이 유효하며 15km이상에서는 L1/L2로 관측하는 것이 타당함을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

관측시간 및 기선처리방법에 따른 기선의 정확도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 1주파수신기를 이용하여 10km이내의 기선거리를 관측할 경우에, 2시간이상 관측으로 약 0.3ppm의 정확도를 얻을 수 있었고, 1시간 관측으로도 1ppm이하의 정확도를 얻을 수 있었다.

2) 1주파수신기로 기선길이 15km이상을 관측할 경우에는 전리층의 영향으로 기선거리가 증가함에 따라 표준편차가 크게 변화하므로 15km이내로 사용하는 것이 바람직하며 15km이상에서는 2주파 수신기로 관측하는 것이 타당할 것이다.

3) 2주파수신기를 이용하여 100~200km의 중·장거리를 관측할 경우, 3시간 이상 관측함으로써 약 0.3ppm의 정확도를 얻을 수 있었고, 2시간 관측으로도 약 0.5ppm의 정확도를 얻을 수 있으며, 반송파에 의한 이중차기법을 사용하여야 양호한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, and J. Collins, " Global Positioning System : Theory and Practice. ", Third edition, 1994, pp. 1- 253.
2. David Wells, "Guide to GPS Positioning. ", Canada GPS Association, 1987.
3. Alfred Leick , "GPS satellite surveying", second edition, 1994, pp. 247- 402.
4. Federal Geodetic Control Committee, "Geometric Geodetic Accuracy Standards and Specifications for using GPS Relative Positioning Techniques", 1988
5. G. Lachapelle, E. Cannon, " Single and Dual Frequency GPS Results for Baselines of 10 to 500km", Proceedings of the Fourth International Geodetic Symposium on Satellite Positioning, 1986, vol II, pp.1119-1134
6. Rebecca A.Emerle, Mark P. Leach, Michael D. Hyzak, "GPS Surveying at the Sub-centimeter Level", KIS 94 Proceedings, 1994, pp. 419-429.
7. Shanlong Kuang, Ph.D. and Conventine Fidis, PLS, "Evaluation the Accuracy of GPS Networks Against FGCS Accuracy Standards.", 1995, ACSM/ASPRS, pp.37-53.
8. "GPSurvey Software User's Guide ",vol II, 1993.6, pp. 5-1~5-122.
9. 강준목, 김홍진, "보간방법에 의한 WGS84 지오이드 결정에 관한 연구", 한국측지학회지, 13권, 2호, 1995, 12, PP. 237~244,