

위치 편차에 의한 DGPS 후처리 시스템의 구현 Implementation of DGPS Postprocessing System by Offset Distance

최 현 기* 이 용 국*** 석 봉 출**** 김 학 일**
CHOI, Hyun-Ki LEE, Yong-Kuk Suk, Bong-Chool KIM, Hak-Il

要 旨

단일 GPS위치 측정시 일반 사용자는 측정 오차들과 미국방성의 의도적인 오차들로 인해 항법이나 측지등의 응용 분야에서 만족할만한 정확도를 얻을 수 없다. DGPS(Differential GPS)는 이러한 제약들을 해결할 수 있는 방법으로, 이는 이미 정확한 좌표를 알고 있는 기준국과 좌표를 알고자 원하는 지점간의 공통 오차를 제거하여 좌표를 구하는 방법으로 높은 정확도를 얻을 수 있다. 본 논문에서는 기지의 기준국 좌표와 GPS위성에서 수신한 자료들 사이에서 구한 기준국 좌표사이의 편차를 이용한 DGPS방법을 정적 실험 및 선박을 이용한 동적 실험등을 통하여 후처리 방법으로 구현하였다.

ABSTRACT

Unauthorized users cant acquire an enough accuracy in applications of the navigation or geodesy by the single GPS positioning technique because of the measurement errors and US DoDs intentional errors. The solution of these restrictions is the DGPS technique that is to eliminate the common errors between the reference station and the desired point and can achieve a high accuracy. DGPS postprocessing system is implemented by using the offset distances between the known position of a reference station and the position obtained from GPS satellite data. The preliminary experiments include static tests and a dynamic test of cruising a ship.

1. 서 론

항법이나 측지 응용 분야에서 기존에 사용되었던 방법들에 비해 GPS는 전천후로 높은 정확도의 3차원 좌표를 얻을 수 있는 장점등을 갖고 있어서 최근 이용빈도가 많아지고 있다. 그러나 이러한 응용 분야에서 일반 사용자의 이용을 제약하는 많은 오차들이 존재한다. 수신기와 안테나의 특성이나 지역적인 특성에 따른 오차, 신호전달 과정시의 지연들에 의한 오차, 미국방성이 비인가 사용자의 정확도를 저하시키기 위

해 의도적으로 부과하는 SA(Selective Availability) 등에 의한 오차들은 대략 100여 미터 정도의 크기를 갖는다¹⁾. 정밀한 좌표를 원하는 응용 분야에서 단일 GPS로는 큰 오차로 인하여 충분한 정확도를 얻을 수 없으므로, 이러한 오차들을 효과적으로 제거할 수 있는 DGPS의 사용은 필연적이라고 할 수 있겠다.

본 연구에서는 위치 편차에 의한 DGPS 후처리 시스템을 인하대학교 내에 기준국을 설정하는 정적 실험과 인천 연안에서의 선박을 통한 동적 실험을 통하여 구현하였다.

* 인하대학교 자동화공학과 석사과정

** 인하대학교 자동화공학과 부교수

*** 한국해양연구소 해양지질연구부 선임연구원

**** 한국해양연구소 해양지질연구부 책임연구원

2. DGPS 기본 원리

DGPS는 기본적으로 정밀하게 측정된 좌표를 이미 알고 있는 기준국과, 하나 이상의 이동국 또는 알고자 원하는 지점들로 구성된다. 보통의 DGPS 방법들은 기준국에서 공통 오차를 측정하여 각 이동국에 실시간으로 전달하거나 후처리하기 위해 저장한다. 실시간인 경우 이동국은 기준국으로부터 공통 오차를 받아서 관측 위성들로부터 수신하여 얻은 좌표를 보정한 후, 이동국의 정확한 좌표를 얻는다. 실시간인 경우, 또한 기준국과 이동국의 자료 연결을 위한 이용 목적에 적절한 무선 통신 시스템이 필요하다. 후처리의 경우, 이동국에서 자료들을 저장하여 두었다가 후에 기준국에서 얻은 보정치와 이동국에서 얻은 자료들 사이의 시간을 맞추어 처리한다. 보통 실시간 DGPS는 항법용으로 사용되고, 후처리 방법은 특정한 목적의 탐사나 보다 정밀한 좌표를 얻고자 할 때 사용한다.

이외에 대형 택배 회사나 운송 회사에서 이동국의 위치가 이동국보다 기준국에서 필요할 경우, 이동국의 위치를 기준국으로 보내는 역(Inverted) DGPS 방법도 사용된다.

DGPS의 정확도는 코드 의사 거리(Pseudorange)를 사용하였을 때 수 미터 이하이고, 반송자 위상(Carrier phase) 신호를 사용하였을 때 센티미터 이하이다²⁾.

3. 위치 편차에 의한 DGPS

위치 편차에 의한 방법은 코드 의사 거리에 의한 방법이나 반송자 위상에 의한 방법보다 정확도는 떨어지지만, 몇 가지의 전제 조건만 충족시켜 준다면 구현이 간단하다는 이점이 있다. 높은 정확도를 필요로 하는 응용 분야에는 사용될 수 없겠지만, 미터 수준의 정확도를 원하는 응용 분야에 적용 될 수 있다.

3.1 전제 조건

코드 의사 거리나 반송자 위상은 기준국과 이동국의 관측 위성 조합에 관계없이 각 관측 위성별로 자료들을 저장 또는 전송하고 관측 위성 번호와 시간을 일치시켜 처리한다. 양 관측점간의 위성 조합을 일치시킬 필요가 없다는 것과 정확도가 높다는 장점이 있지만, 처리 과정이 복잡하다는 단점을 지니고 있다.

이에 반해 위치 편차에 의한 방법은 양 관측점간의 관측 위성 조합이 같아야 한다는 제약이 있다. 또한 관측 위성의 수는 네 개 이상이어야 한다. 이러한 위치 편차에 의한 전제 조건을 만족시키기 위하여 양 관측점에서 관리자의 적절한 운영 기술이 필요하다. 이는 양 관측점에서 최적의 위성 조합, 즉 DOP(Dilution of Precision)가 가장 작은 위성 조합을 유지하도록 관측 시간동안 지속적인 관리자의 세심한 주의를 요구한다.

3.2 기본 원리

관측 위성 조합을 일치시키는 방법은 두 가지로, 일대일의 시스템인 경우 기준국에서는 관측 가능한 위성들로부터 가능한 모든 위성 조합들을 만들고 각 이동국에서는 최적의 위성 조합을 만들어 이로부터 얻은 자료를 기준국의 동일한 위성 조합에서 얻은 자료와 함께 처리하고, 일대일의 시스템인 경우 양 관측점에서 관측 가능한 위성들 중에서 최적의 위성 조합을 일치시켜서 자료를 수신한다.

처리 과정을 살펴 보면, 기준국에서는 선택한 조합의 관측 위성들로부터 수신한 자료들로 기준국의 측정 좌표 X' , Y' , Z' 를 얻는다. 이렇게 얻은 측정 좌표와 미리 정밀하게 측정된 기준국의 절대 좌표 X , Y , Z 사이의 위치 편차 ΔX , ΔY , ΔZ 를 얻는다. 위치 편차 ΔX , ΔY , ΔZ 는 보통 100Km내의 반경 내에서 공통 오차항으로 유효하다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\Delta X = X - X'$$

$$\Delta Y = Y - Y'$$

$$\Delta Z = Z - Z'$$

이동국에서는 기준국과 동일하게 선택한 위성 조합의 관측 위성들로부터 측정 좌표 x', y', z' 를 얻는다. 이렇게 얻은 측정 좌표 x, y, z 에 기준국에서 얻은 위치 편차항 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ 를 적용하여 보정 위치 x, y, z 를 얻는다. 이를 수식으로 정리하면 다음과 같다³⁾.

$$x = x' + \Delta X$$

$$y = y' + \Delta Y$$

$$z = z' + \Delta Z$$

4. 실험 및 결과

본 연구에서는 세 과정으로 실험을 진행하였다. 먼저 사용한 수신기의 정확도 산출을 위한 정적 실험을 하였고, 이어 인하대학교 본관 옥상에 기준국을 설치하기 위한 정적 실험을 하였다. 마지막으로 인천 연안에서 선박을 이용한 동적 실험을 하였다.

4.1 하드 웨어

본 연구에서 사용한 수신기는 저가의 6채널 C/A 코드 Motorola Basic Oncore 수신기이다. 또한 Motorola사가 제시한 DGPS정확도는 1-5m이다⁴⁾.

양 관측점에서 자료의 저장을 위해 노트북을 사용하였고, 양 관측점에서 최적의 동일한 위성 조합을 갖도록 무선 전화기를 이용한 통신 연결을 하였다.

4.2 수신기 정확도 실험

두 수신기를 1m, 3m, 5m 간격으로 놓고 자료를 수신하였다. 즉, 기선(Baseline)이 짧으므로 공통 오

차들이 모두 제거 가능하다고 가정하면, 두 수신기에서 수신한 자료들로부터 얻은 두 수신기사이의 유클리디안 간격(Euclidean distance)과 참 값과의 간격 편차가 수신기의 기계적인 신뢰도로 여겨 질 수 있다.

표 4.1 수신기 간격 정확도 실험

간격	평균	표준편차	자료분량
1m	1.1061m	0.3589m	1705개
3m	2.8801m	0.2550m	1395개
5m	5.1515m	0.4931m	2474개

표 4.1에서 자료들은 1초 간격으로 수신한 것이고, 표준편차항을 2s로 표현하면 0.4 - 1m의 기계적인 신뢰도를 얻을 수 있다.

4.3 기준국 설정 실험

기준국을 인하대학교 본관 옥상에 설치하기 위하여 이미 정확한 좌표를 알고 있는 절대 기준점과 기준국 예정점사이의 DGPS에 의한 기준국 설정 실험을 하였다. 본 연구에서 사용한 절대 기준점은 국립 지리원이 제공한 삼각점중 인천광역시 남구 수봉공원 삼각점을 사용하였다.

실험에 앞서서 두 개의 가정을 설정하였다. 첫째, 절대 기준점의 좌표는 오차가 없다는 것과, 둘째, 좌표계사이의 변환 과정에서 발생하는 오차는 없다는 가정을 설정하였다. 우리나라는 Bessel 타원체를 기준으로 하는 KGS 좌표계를 사용하지만, GPS는 WGS-84 좌표계를 기준으로 한다. 실제, KGS좌표계에서 WGS-84좌표계로, WGS-84에서 UTM좌표계로의 변화 과정에서 작은 오차가 발생한다.

절대 기준점과 기준국 예정점에서 HDOP가 1.7 - 2.0인 동일한 위성 조합을 갖도록 하고, 1시간씩 1초 간격으로 자료들을 수신하였다.

표 4.2 절대 기준점의 수신 자료분석 (단위 : m)

구분		수봉공원	
		X	Y
실제값		293512.373	4148677.758
Single 결과	평균	293514.537	4148615.404
	표준편차	21.2992	20.4439

표 4.2의 좌표는 UTM좌표로 나타낸 것이다. 절대 기준점의 실제 좌표와 관측 위성 조합으로부터 수신한 자료들 사이의 위치 편차 즉, 오차 보정치를 얻어 시간별로 저장한다.

표 4.3 기준국 예정점의 수신 자료분석 (단위 : m)

구분		기준국 예정점	
		X	Y
Single 결과	평균	292511.242	4147312.116
	표준편차	21.3751	20.1497
DGPS 결과	평균	292509.086	4147374.471
	표준편차	0.8281	0.715

기준국 예정점에서 절대 기준점과 동일한 위성 조합으로부터 수신한 자료들에 절대 기준점에서 얻은 위치 편차를 적용하여 보정 좌표를 얻는다. 표 4.3에서 보정 처리후의 X좌표 표준편차는 0.8m, Y좌표 표준편차는 0.7m정도임을 볼 수 있다. 그림 4.1에서 기준국 예정점의 보정 좌표들의 표준편차가 1m이내로 수렴함을 볼 수 있다. 이는 양 관측점에서 공통 오차를 제거한다는 기본 전제 조건을 만족한 결과이다.

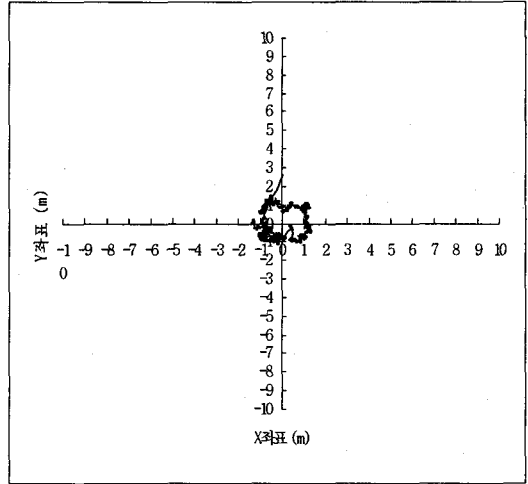


그림 4.1 기준국 예정점에서 DGPS 보정 처리후의 X, Y좌표 변화

DGPS 보정 처리후에 얻은 기준국 예정점의 평균 좌표는 WGS-84좌표계로 위도37도 26분 59.89357초, 경도 126도 39분 15.44657초이다.

4.4 선박 응용 실험

앞의 실험에서 설정한 기준국과 인천 연안에서의 선박을 이용한 동적 실험을 하였다. 이동국은 인천 연안을 순환하는 코스모스호를 이용하였고, 두 번의 실험에서 1시간 10분씩 1초 간격으로 기준국과 이동국에서 HDOP가 1.8 - 2.2인 동일한 위성 조합으로부터 자료를 수신하였다.

표 4.4 기준국의 수신 자료분석 (단위: m)

구분	평균	표준편차
X좌표 위치편차	9.700376	11.03866
Y좌표 위치편차	73.84039	21.3709
거리 편차	78.97216	19.9956

표 4.4에서 Y좌표 위치 편차가 상대적으로 크게 나타나는데, 이는 X(Easting), Y(Northing) 방향의 평균값과 표준편차가 Y방향에 대하여 상대적으로 편향 경향을 보인다. 즉, 수봉 공원의 삼각점에서 인하대

학교 기준점까지 기준점을 옮겨오는 과정중 관측 기간이 짧았고, 남북 방향의 위성 분포에 기인된 것으로 판단된다⁵⁾.

그림 4.3에서는 실제 코스모스호가 움직인 것처럼 매끄러운 항적을 볼 수 있다.

5. 결론 및 향후 과제

위치 편차에 의한 DGPS 후처리 시스템을 정적 실험 및 동적 실험을 통하여 구현하여 보았다. 정적 실험을 통하여 2-4m 이내의 편차를 갖는 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 정확도는 코드 의사 거리나 반송파 위상 신호를 이용하면 더욱 개선될 수 있을 것이고, 이들의 처리를 위한 효율적인 알고리즘 개발이 필요하다.

본 연구는 후처리 과정으로 구현하였지만, 실제 항법 응용 분야에 적용하기 위해서 실시간 처리 과정으로 구현할 필요가 있다. 이에 필요한 알고리즘과 적절한 무선 통신 시스템도 고려해야 할 것이다.

또한 기준국으로 이용된 수봉공원의 삼각점에 대해서 국내의 위성 측지 원점(GPS 원점)으로부터 장기간 관측에 의한 위치 보정후의 비교 검토가 선행되어야 할 것으로 여겨진다.

참 고 문 헌

1. Esmond Mok Understanding The Error Sources in GPS Positioning GIS ASIA PACIFIC, Vol. 1, No.4, August, pp. 28 - 32, 1995.
2. Alfred Leick GPS Satellite Surveying - 2nd Edition Wiley-Interscience, USA, 1995.
3. 최현기, 이용국, 김학일 해양탐사를 위한 DGPS 자료의 후처리 시스템 개발 제2차 GPS WORKSHOP PROCEEDINGS, pp. 281- 286, 1995.
4. Motorola Oncore Users Guide USA, 1994.
5. 한길수 NNSS 방법에 의한 위치와 해도의 관계 수리기술연보, pp17 - 19, 1988

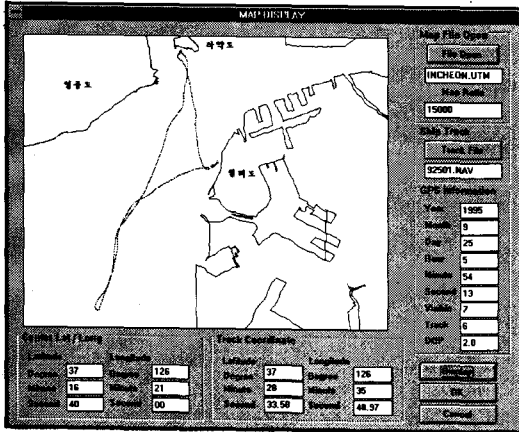


그림 4.2 DGPS 보정처리전의 코스모스호 항적

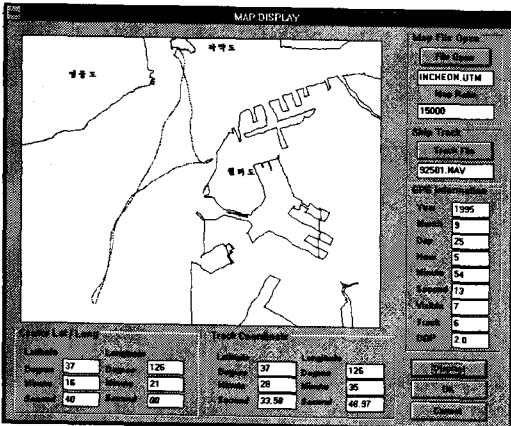


그림 4.3 DGPS 보정처리후의 코스모스호 항적

그림 4.2와 그림 4.3은 DGPS 보정 처리전과 처리후의 코스모스호 항적을 윈도우즈상에서 구현한 것이다. 여기서 사용한 지도는 1:25000 지형도이고 해안 선만을 백터라이징한 것이다.

보정 처리하지 않은 그림 4.2에서는 작약도와 월미도 선착장 부근에서 코스모스호의 항적이 매끄럽지 못한 것을 볼 수 있다. 이와 비교하여 보정 처리후의