

## DGPS 방식에 의한 위성의 정밀궤도 결정을 위한 GPS 원시 자료 전처리

문보연<sup>1†</sup>, 이정숙<sup>2</sup>, 이병선<sup>2</sup>, 김재훈<sup>2</sup>, 박은서<sup>1</sup>, 윤재철<sup>1</sup>, 노경민<sup>1</sup>, 최규홍<sup>1</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 천문우주학과

<sup>2</sup>한국전자통신연구원 통신위성개발센터

### PREPROCESSING OF THE GPS RAW DATA FOR THE PRECISION ORBIT DETERMINATION BY DGPS TECHNIQUE

Bo-Yeon Moon<sup>1†</sup>, Jeong-Sook Lee<sup>2</sup>, Byoung-Sun Lee<sup>2</sup>, Jae-Hoon Kim<sup>2</sup>,  
Eun-Seo Park<sup>1</sup>, Jae-Cheol Yoon<sup>1</sup>, Kyoung-Min Roh<sup>1</sup>, and Kyu-Hong Choi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Astronomy and Space Science, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

<sup>2</sup>Communications Satellite Development Center, ETRI, Daejeon 305-350, Korea

E-mail: bymoon@galaxy.yonsei.ac.kr

(Received April 25, 2002; Accepted May 24, 2002)

#### 요 약

위성에 탑재된 GPS 수신기의 관측 자료를 활용하여 저궤도위성의 정밀궤도 결정을 위해서 반드시 필요한 관측 자료 전처리에 관련된 연구를 수행하였다. 전처리 과정에서는 반송파 위상 자료와 코드 자료에 있는 사이클 슬립, 시계 오차, 불량 관측값, 이온층 지연 효과 등을 제거하거나 보정하여 일정한 간격으로 재정렬된 이중차분 자료를 생성한다. DGPS 방식을 이용하여 저궤도 위성의 정밀궤도결정을 수행하면 그 정밀도가 수 미터에서 수 센티미터 수준에 달하기 때문에 전처리 과정에서도 그 정밀도에 영향을 미치지 않을 정도로 관측 자료의 편집이 정밀하게 수행되어야 한다. 그러나 GPS 수신기가 자료를 수집하는 시간간격에 따라 관측 자료를 분해할 수 있는 한계가 달라지기 때문에 자료의 수신시간간격은 전처리의 성능과 직결된다. 또한 수신기의 성능과 수신기를 탑재한 위성의 고도에 따라서 자료의 질이 달라지기도 하므로, 이 논문에서는 DGPS 방식에 의한 위성의 정밀궤도결정을 수행하기 위한 전처리 과정에서 수신시간간격, 수신기의 성능과 위성의 고도에 따른 전처리의 성능을 분석하여 시간간격과 수신기의 종류에 따라 사용할 수 있는 전처리 방법을 제안하였다.

#### ABSTRACT

This article investigates the problem of data preprocessing for the precision orbit determination (POD) of low earth orbit satellite using GPS raw data. Several data preprocessing algorithms have been developed to edit the GPS data automatically such that outlier deletion, cycle slip identification and correction, and time tag error correction. The GPS data are precisely edited for the accuracy of POD. Some methods of data preprocessing are restricted to the rate of the collections of the pseudorange and carrier phase measurements. This study considers the preprocessing efficiency varied with the rate, the quality of receiver and the altitude of the satellite's orbit.

---

<sup>†</sup>corresponding author

We also propose the proper methods in accordance with the rate for single frequency and dual frequency receivers.

*Keywords:* preprocessing, precision orbit determination, GPS, cycle slip, bad point, DGPS technique

## 1. 서 론

GPS 관측 자료를 사용하여 저궤도 위성의 정밀궤도 결정을 수행하려면 전처리 과정을 반드시 거쳐야 한다. GPS 수신기로부터 받은 관측 자료를 전처리한다는 것은 (1) 자료의 불량자료점(bad point)을 제거하고, (2) 반송파 위상(carrier phase) 자료의 사이클 슬립(cycle slip)을 검출하여 가능하다면 보정하고, (3) 수신기 시계의 오차(time tag error)를 계산하고 불연속이나 튀는 값들을 편집하며, (4) 자료들을 이중차분 하는 과정을 말한다(Colombo 1998).

전처리 과정을 수행하기 위해서 수신되는 자료의 시간간격은 작을수록 좋다. 특히 단일 주파수 수신기를 사용하는 경우에는 전처리 과정에서 사용할 수 있는 방법이 한정되어 이중 주파수 수신기보다 더 적은 시간간격의 자료가 필요하다(Gold et al. 1993). 그러나 자료의 시간간격은 곧 자료의 양과 직결되고 자료의 양은 위성 시스템 설계에 영향을 미치게 되므로 최적화된 수신시간간격을 정해야 한다.

이 논문에서는 저궤도 위성에 탑재된 GPS 수신기의 수신 상태에 따른 자료의 질의 변화 경향을 분석하여 시간간격과 수신기의 종류에 따라 사용할 수 있는 전처리 방법을 제안하였다. 이를 위해 고도를 변화시켜가며 생성한 시물레이션 자료와 TOPEX/POSEIDON 위성과 CHAMP 위성의 실제 관측 자료를 사용하여 전처리를 수행하고 수신 시간간격에 따라 관측 자료의 분해 한계가 변화하는 모습을 분석하였다. 이로부터 DGPS(Differential GPS) 방식에 의한 위성의 정밀궤도결정을 위한 전처리 과정에서 수신기의 상태(위성의 고도와 수신기의 성능)와 관측 자료의 시간간격에 따른 전처리 성능을 분석하고 각 경우에 따라 사용가능한 전처리 방법을 제안하였다.

## 2. 관측 자료의 전처리 과정

### 2.1 불량자료점

불량자료점이란 자료의 잡음이 다른 부분보다 상대적으로 커서 자료의 흐름에서 벗어나 있는 관측값을 말하는 것이다. 이러한 불량자료점은 반송파 위상 자료와 코드 의사거리(code pseudorange) 자료 모두에 존재할 수 있는데, 두 가지 거리 자료 모두 2차 곡선의 흐름을 따라 자료가 변하므로 2차 다항식 곡선에서 벗어난 점을 불량자료점으로 간주한다. 불량자료점은 그 크기가 다양하기 때문에 한 점이라도 궤도결정에 포함된다면 궤도결정의 정밀도에 영향을 미칠 수 있으므로 반드시 불량자료점을 제거해 주어야 한다.

### 2.2 사이클 슬립

사이클 슬립을 결정하는 것은 반송파 위상 자료의 점프 위치와 크기를 결정하는 것으로 적절한 테스트 양(testing quantity)을 시간흐름에 따라 비교하여 찾아낼 수 있다. 테스트 양은 반송파 위상 자료와 의사거리 자료로 생성한다. 한 개의 수신기를 사용하는 경우에 테스트 양은 반송파 위상 자료, 반송파 위상 자료의 조합, 반송파 위상 자료와 의사거리 자료의 조합, 또는 반송파 위상 자료와

적분된 도플러 주파수와와의 조합이 된다. 그리고 두 개 이상의 수신기로부터 수신된 자료를 사용하는 경우에는 단일차분, 이중차분, 그리고 삼중차분 값들도 테스트 양이 될 수 있다(Gao & Li 1999).

이 논문에서는 한 개의 수신기의 자료로 사이클 슬립을 검출하기 위해 가능한 세 가지 경우를 고려하였다. 우선 L1과 L2 주파수의 원시 반송파 위상 자료가 각각 테스트 양이 될 수 있다. 자료의 시간간격이 작은 경우에는 시간에 의존하는 항들이 크게 변하지 않기 때문에 L1과 L2 주파수의 반송파 위상 자료를 그대로 사용할 수 있다.

둘째, L1과 L2 주파수의 반송파 위상 자료의 조합(Dual Combination)인 이온층 효과 제거 조합(ionospheric residual)이 있다(Hofmann-Wellenhof et al. 1992).

$$\phi_{L1}(t) - \frac{f_{L1}}{f_{L2}}\phi_{L2}(t) = N_{L1} - \frac{f_{L1}}{f_{L2}}N_{L2} - \frac{A(t)}{\lambda_{L1}f_{L1}^2} \left(1 - \frac{f_{L1}^2}{f_{L2}^2}\right) \quad (1)$$

여기에서,  $\phi_{L1}(t)$ 과  $\phi_{L2}(t)$ 는 관측된 L1과 L2 주파수의 반송파 위상 자료이고,  $\lambda_{L1}$ 과  $\lambda_{L2}$ ,  $f_{L1}$ 와  $f_{L2}$ ,  $N_{L1}$ 과  $N_{L2}$ 는 각각 L1과 L2의 파장과 주파수, 모호정수(integer ambiguity)이다.  $A(t)$ 는 시간에 따른 이온층 효과를 나타낸다. 지상국의 GPS 원시 자료의 경우와 같이 30초 정도의 큰 시간간격의 자료를 사용해야 하는 경우에는 L1과 L2 자료를 그냥 사용할 수 없기 때문에 식 (1)과 같은 조합을 사용한다. 이 조합은 이온층 굴절 효과(ionospheric refraction)를 제외하고는 시간에 따라 변화하는 항을 갖고 있지 않고 원시 반송파 위상 자료에 비해 이온층의 영향이 감소되었다.

세 번째로 이중 주파수 자료를 사용할 수 없는 경우에 식 (2)와 같이 L1 주파수의 반송파 위상 자료와 코드 의사거리 자료와의 조합을 사용할 수 있다.

$$\lambda\phi_i^j(t) - R_i^j(t) = \lambda N_i^j - 2\Delta^{iono}(t) \quad (2)$$

여기에서  $\phi_i^j(t)$ 와  $R_i^j(t)$ 는 각각 측정된 반송파 위상과 코드 의사거리로써  $i$ 는 GPS 위성,  $j$ 는 수신기를 나타낸다.  $\Delta^{iono}$ 는 시간에 따른 이온층 굴절 효과(ionospheric refraction)이다.

이 조합은 이온층 굴절 효과를 제외하고는 시간에 따라 변하는 항이 없으므로 테스트 양으로 사용할 수 있다. 이온층의 영향은 모델링을 할 수도 있으나 시간간격이 작은 경우에는 그 변화하는 정도가 작기 때문에 무시할 수 있다.

테스트 양을 결정한 후에는 전, 후 시간의 값들과 비교하여 사이클 슬립을 결정할 수 있는데, 사이클 슬립 결정 방법에는 세 가지가 있다. 첫째, 시간차분(time difference) 방법은 테스트 양으로 조합을 사용하는 경우 이전과 이후 시간의 값들과 차를 구해서 그 차이가 일정한 값 이상 벗어나면 사이클 슬립으로 간주하는 것이다. 둘째, 테스트 양의 변화량에 적당한 곡선을 맞추는 방법(curve fitting method)은 자료의 시간간격이 작은 경우 L1과 L2 주파수의 반송파 위상 자료를 각각 테스트 양으로 삼아 사이클 슬립을 검출할 때 유용하게 쓰이고 정밀하게 곡선 맞추기가 이루어지는 경우에는 사이클 슬립의 크기도 결정할 수 있다. 마지막으로 사이클 슬립 검출에 칼만 필터를 사용할 수 있고 이 경우 위성의 운동에 대한 정보가 있는 경우에 사용할 수 있다.

### 2.3 시계 오차

수신기에서 4개 이상의 GPS 위성으로부터의 코드 의사거리 자료를 얻을 수 있다면 정밀케도결정 결과에 비해 상대적으로 정확도가 좋지 않은 수신기의 위치와 수신기의 시계 오차를 도출할 수 있

다. 수신기의 시계 오차는 이중차분법을 통해 제거되지 않는 오차항과 밀접한 관련이 있으므로 반드시 도출하여 관측자료에 보정해야 한다.

우선 4개 이상의 GPS 위성으로부터 얻은 코드 의사거리 자료로 수신기 시계 오차를 도출한 후, 불연속인 부분과 흐름에서 벗어나 있는 부분을 찾아서 보정한다. 그리고 반송파 위상 자료와 코드의 의사거리 자료를 내삽하여 수신기 시계 오차만큼 보정한다. 이 과정은 자료 전처리 과정에서 할 수도 있고 자료 처리과정에서 할 수도 있으나 자료의 시간간격이 작아서 정밀하게 보정할 수 있다면 전처리 과정에서 수행하는 것이 더 합리적이다. 자료 처리 과정에서는 1차 다항식으로 시계 오차를 보정하는 것에 비해서 전처리 과정에서는 2차 다항식으로 보정해 줄 수 있기 때문에 궤도결정의 정확도를 높여줄 수 있다.

### 3. GPS 관측 자료의 분해 한계

#### 3.1 개요

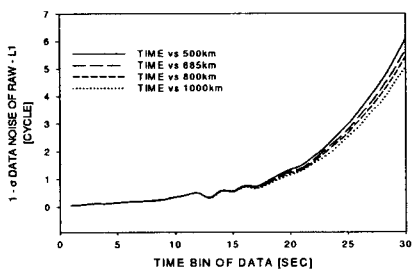
전처리 과정에서는 관측값에 다항식 곡선 맞추기를 적용하여 처리하는 부분이 많은데, 곡선 맞추기를 적용하여 관측값을 예상하거나 보충할 때 관측 자료의 잡음 수준에 따라 도출되는 값의 신뢰도가 달라지게 될 것이다. 이 장에서는 수신 환경(수신 시간간격, 수신기의 고도)에 따라서 분해 한계(관측 자료가 분해되는 정도)에 대해 분석한다. 고도와 잡음 수준을 다르게 하여 생성한 시뮬레이션 자료와 실제 위성인 TOPEX/POSEIDON 위성, CHAMP 위성으로부터 수신된 실제 자료를 사용하여 2장에서 언급된 테스트 양들을 분석해보았다.

#### 3.2 시뮬레이션 자료

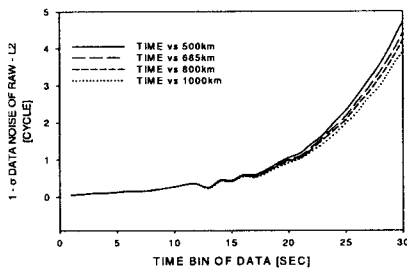
시뮬레이션 자료는 YGPODS(Yonsei university GPS based Precision Orbit Determination System)로 생성하였다. 이 시스템은 동역학 관련 변수 추정 이론에 기반을 두고 있으며, 위성의 정밀 섭동 모델과 GPS 관측 모델 그리고 가중치 최소자승법의 일괄처리 필터로 구성되어 있다. YGPODS에서 GPS 관측 모델은 대류층 지연, 이온층 지연, 상대성 효과, 수신기 안테나의 반송파 위상 중심 변화, 그리고 지구지각 조석 효과, 해양 조석 효과, 지구 판 운동에 의한 지상국의 위치 변화 등으로 구성되어 있다(윤재철 등 2001). 이 시스템을 사용하여 다목적 실용위성과 같은 궤도 요소를 갖고 고도만을 500km, 685km, 800km, 1000km로 변화시켜 시뮬레이션 자료를 생성하였고 자료의 잡음 수준( $1\sigma$ , gaussian noise)을 반송파 위상 자료의 경우 5mm, P와 C/A 코드 의사거리 자료의 경우에는 각각 50cm와 5m로 하였다.

이와 같이 생성한 자료에서 GPS의 27번 위성의 한 경로를 수신한 2001년 02월 12일 0시 0분 44초에서 6분 45초까지 1초 간격으로 수신된 362개의 관측값을 표본으로 삼았다. 이 관측값들은 위성의 GPS 수신기를 기준으로 보았을 때 GPS의 27번 위성이 떴다가 질 때까지 불량자료점과 사이클 슬립이 없었으며 GPS 위성과 수신기를 탑재한 위성과의 상대적인 운동 상태가 안정적이었다.

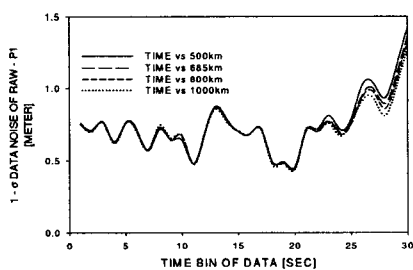
그림 1은 수신 시간간격을 1초에서부터 30초까지 변화시킬 때 시간간격과 고도에 따라 각각의 테스트 양의 분해 한계를 나타낸 것이다. 여기서 시간간격을 30초까지로 한정된 것은 IGS 기준국의 관측 자료의 시간간격이 30초이므로 이중차분을 하기 위한 최소 시간 간격은 곧 30초가 된다. 30초 간격의 자료를 얻을 수 있으므로 그 이상의 시간간격으로 정밀 궤도 결정을 하는 것은 의미가 없기 때



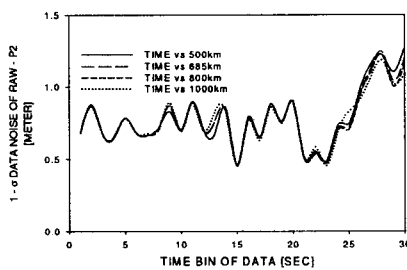
a. Raw L1 Carrier Phase



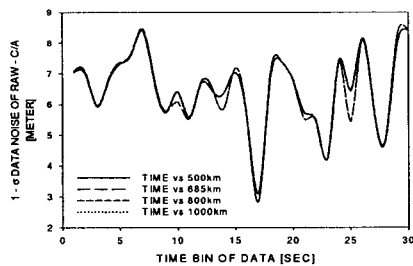
b. Raw L2 Carrier Phase



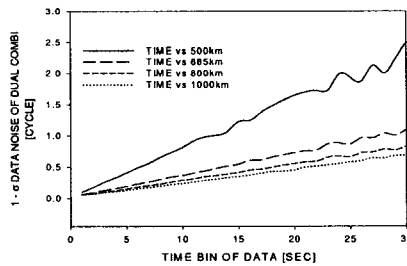
c. Raw P1 Code



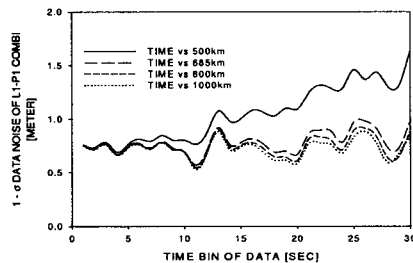
d. Raw P2 Code



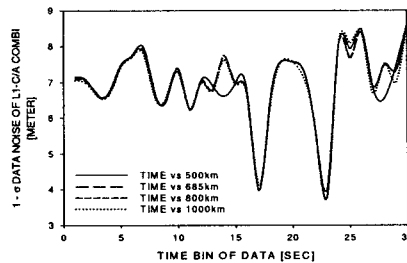
e. Raw C/A Code



f. Dual Combination



g. L1, P1 Combination



h. L1, C/A Combination

그림 1. 시뮬레이션 자료의 테스트 양에서 수신 시간간격에 따른 분해 한계.

문에 시간간격을 30초로 한정하였다.

그림 1의 a와 b에서 원시 반송파 위상 자료(L1, L2)들의 분석 결과를 살펴보면 이 경우 수신하는 자료의 시간간격이 10초 이상을 넘지 않는다면 1 cycle(20cm) 정도의 사이클 슬립과 불량자료점을 검출할 수 있고 자료를 보정, 편집하는 과정에서는 0.5 cycle 이내의 정밀도로 수행할 수 있다. 그리고 시간간격에 따라 분해 한계는 증가하였고 고도 변화에 따라서는 그 차이가 상대적으로 작았다. 고도가 낮은 위성일수록 운동이 크기 때문에 분해 한계가 증가하긴 하지만 시간간격이 작고 저궤도 내에서는 고도차이가 크지 않기 때문으로 생각된다.

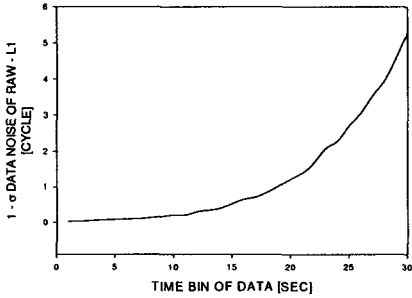
그림 1의 c, d, e에서 원시 코드 의사거리 자료(P1, P2, C/A)의 경우, 자료의 시간간격과 고도 변화에 무관하였다. 코드 자료의 잡음에 가장 큰 영향을 미치는 이온층 효과가 P 코드의 경우 50cm, C/A 코드의 경우 5m의 범위로 설정하였기 때문에 위성의 고도변화와 30초 이내의 짧은 자료 시간간격 변화가 이온층의 영향을 넘지 못하기 때문이라고 생각된다.

그림 1의 f, g, h에서 조합을 살펴보면 L1과 L2 조합(Dual Combination)은 시간간격이 증가함에 따라 분해 한계가 완만하게 증가하였고 고도 500km를 제외하고는 30초 내에서 1 cycle 이내로 사이클 슬립을 검출할 수 있다. 원시 자료 L1과 L2가 자료 수집 시간간격에 많이 의존하고 위성의 고도 변화에서는 큰 차이를 보이지 않는 것에 비해 L1과 L2 조합은 위성의 고도가 낮아질수록 분해 한계가 뚜렷이 커져 고도의 영향을 많이 받았다. L1과 P1 조합은 L1과 L2 조합과는 달리 시간간격에 따라 분해 한계가 증가하는 모습을 볼 수 없었으며 L1과 C/A 조합도 마찬가지였다. 이는 원시 코드 자료처럼 코드의 잡음 수준으로 조합의 잡음 수준이 결정되어 각 코드의 이온층 효과에 따라 분해 한계가 결정되기 때문이다. 그리고 P 코드의 경우 이온층 효과가 비교적 작기 때문에 고도에 따라 변하지만 C/A 코드의 경우 이온층 효과가 크게 작용하기 때문에 고도에 따라 분해 한계가 변화하는 모습을 찾을 수 없었다.

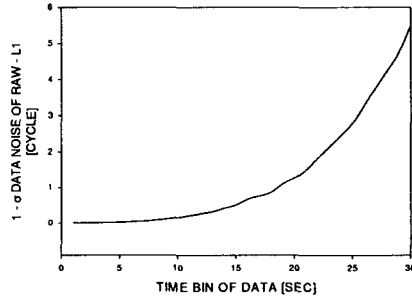
### 3.3 TOPEX/POSEIDON 위성 자료

TOPEX/POSEIDON 위성은 고도가 1336km이고, 동시에 6개의 GPS 위성으로부터 오는 신호를 수신할 수 있는 GPS 수신기를 탑재하였으며, L1과 L2 주파수의 반송파 위상 자료를 1초 간격으로, P1과 P2 코드 의사거리 자료를 10초 간격으로 수신하고 있다(Tapley et al. 1994). 여기에서는 JPL의 GPS Data Processing Facility에서 제공된 1993년 11월 17일의 실제 자료를 사용하였다. 그 중에서도 GPS의 1번 위성으로부터 수신한 1993년 11월 17일 0시 1분 2초에서 7분 4초 사이의 자료와 25번 위성의 1993년 11월 17일 1분 2초에서 12분 40초 사이의 자료가 사이클 슬립과 불량자료점이 없었기 때문에 사용되었다.

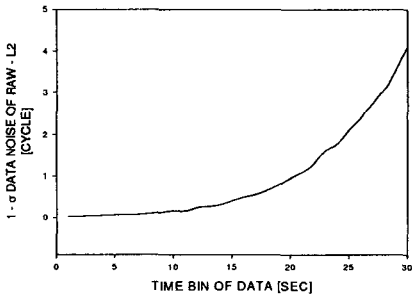
시뮬레이션에서 사용한 고도보다 TOPEX/POSEIDON 위성의 고도가 높기 때문에 GPS 자료의 질이 비교적 좋았으나 이 위성은 P 코드 자료를 10초 간격으로 수신하기 때문에 원시 L1과 L2 그리고 L1과 L2 조합만을 분석할 수 있었고, 그림 2에 그 결과를 나타내었다. 그림 2의 a~d에서 원시 L1과 L2는 시뮬레이션 자료들과 비슷한 수준의 잡음을 갖는 것을 알 수 있다. 1, 2초 정도의 수신 시간간격이라면 0.5 cycle(10cm) 정도의 사이클 슬립과 불량자료점 검출을 수행할 수 있고 10초 정도에서는 1 cycle 내로 검출을 수행할 수 있을 것이며, 자료 편집의 경우 0.5 cycle 정도의 신뢰도로 수행할 수 있다. 그림 2의 e와 f에서 L1과 L2 조합은 0.1 cycle 정도의 분해 한계를 가지고 있었으며 1000km 고도의 시뮬레이션 자료와 비슷하거나 더 좋은 상태의 정도의 잡음을 갖고 있었다. 이 위성



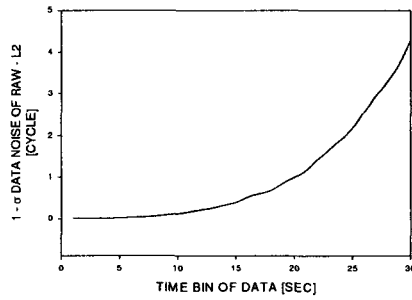
a. Raw L1 carrier Phase(PRN 1)



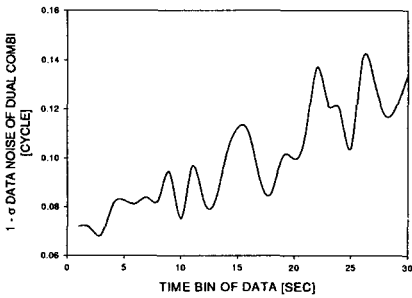
b. Raw L1 carrier Phase(PRN 25)



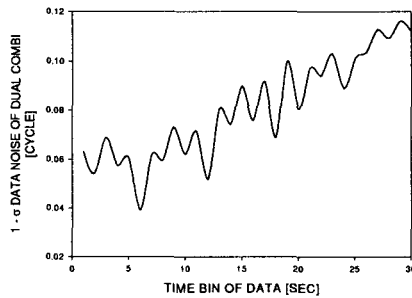
c. Raw L2 carrier Phase(PRN 1)



d. Raw L2 carrier Phase(PRN 25)



e. Dual Combination(PRN 1)



f. Dual Combination(PRN 25)

그림 2. TOPEX/POSEIDON 자료의 테스트 양에서 수신 시간간격에 따른 분해 한계.

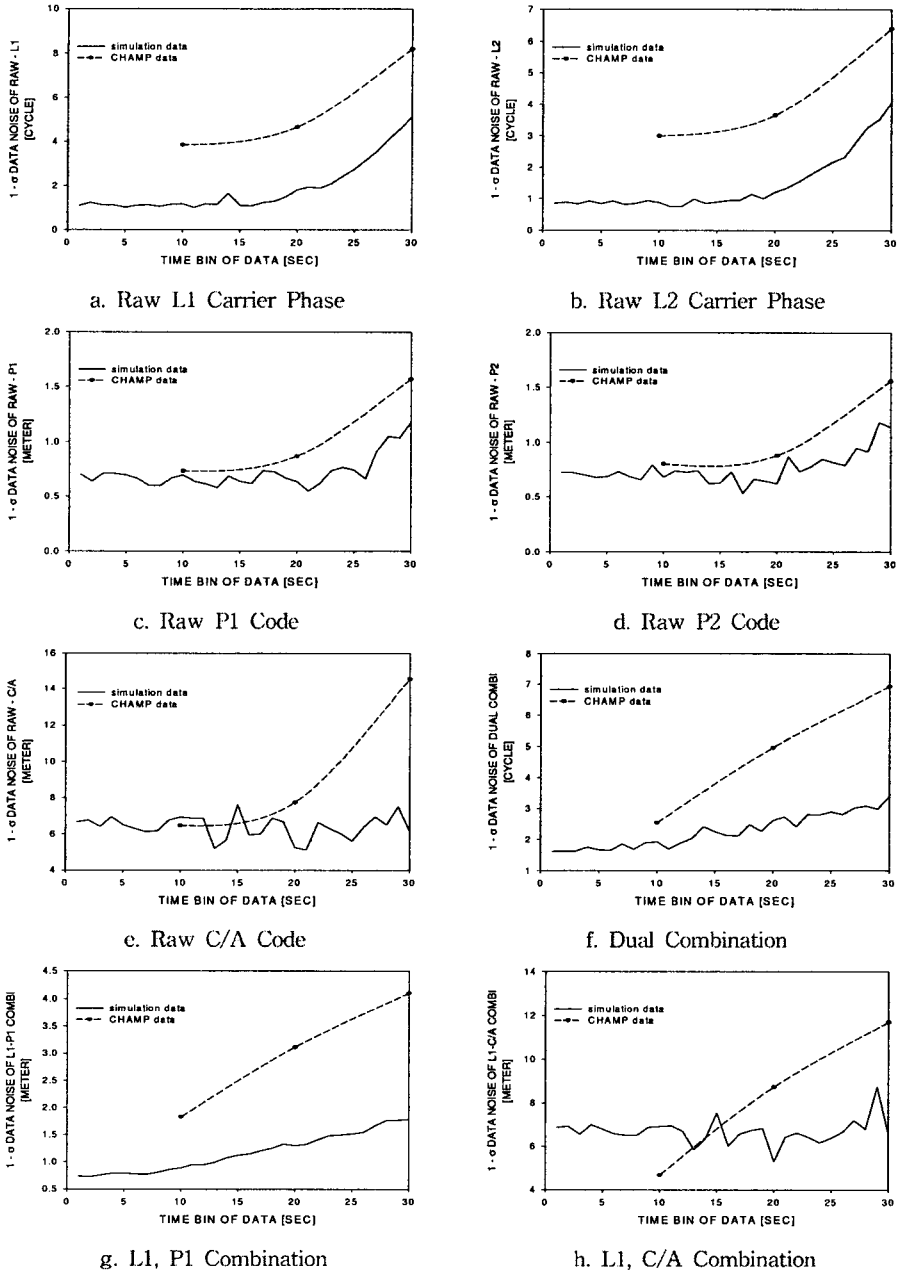


그림 3. CHAMP 자료의 테스트 양에서 수신 시간간격에 따른 분해 한계.



의 GPS 수신기의 성능은 이 결과로 보아 이론적인 잡음 상태와 비슷한 것을 알 수 있었다.

### 3.4 CHAMP 위성 자료

CHAMP 위성은 2000년 7월 15일 발사된 460km 고도를 갖고 탑재된 GPS 수신기는 동시에 12개의 GPS 위성으로부터 오는 신호를 수신할 수 있으며, L1과 L2 주파수의 반송파 위상 자료와 P1, P2 그리고 C/A 코드 의사거리 자료를 10초 간격으로 수신할 수 있다. 여기서는 GFZ(GeoForschungsZentrum Potsdam)에서 제공된 2000년 8월 7일의 실제 자료를 사용하였다(GFZ 2000). 그 중에서도 GPS의 28번 위성으로부터 수신한 2000년 8월 7일 3시 26분 40초에서 29분 30초까지 10초 간격으로 수신된 자료가 사이클 슬립과 불량자료점이 없었다. CHAMP 위성의 GPS 수신기로부터는 10초 간격의 자료만을 얻을 수 있었기 때문에 10초, 20초, 30초의 시간간격만을 분석할 수 있었다.

그림 3에 CHAMP 위성의 고도와 비슷한 500km의 시뮬레이션 자료의 결과와 CHAMP 위성 자료의 분석 결과를 나타내었다. 이 때 사용한 시뮬레이션 자료는 반송파 위상 자료의 잡음 수준을 15.5cm로 증가시켜서 생성하였고 GPS의 28번 위성으로부터 수신한 2001년 2월 12일 0시 30분 50초에서 52분 30초 사이의 시뮬레이션 자료를 사용하였다.

그림 3의 a와 b에서 원시 반송파 위상 자료(L1, L2)의 분해 한계를 보면 시뮬레이션 결과와 변화하는 경향은 비슷하나 그 분해 한계가 시뮬레이션 자료보다 약 2배가량 컸다. 원시 반송파 위상 자료로 전처리를 수행할 경우 10초의 시간간격 자료라면 약 10 cycle 이상의 사이클 슬립을 검출할 수 있었다. 그리고 그림 3의 c~h에서 보듯이 원시 코드 자료와 조합에 대한 분해 한계는 시뮬레이션과 그 크기가 비슷하였는데 이는 CHAMP 위성의 수신기의 성능에 관계없이 이온층 효과가 워낙 크기 때문이다.

## 4. 방안 제시 및 결론

제3장에서 기술하였듯이 관측 자료의 분해 한계는 원시 반송파 위상 자료의 경우 자료의 수신 시간간격이, 원시 코드 의사거리 자료의 경우 이온층이 가장 크게 영향을 주었다. L1과 L2의 조합은 다른 테스트 양보다 가장 변화 정도가 작았으며 시간간격과 고도 모두에 복합적으로 영향을 받았다. 그리고 L1과 P1, L1과 C/A 조합 역시 이온층의 영향에 따라 분해 한계가 결정되었다.

이중 주파수 자료를 사용할 수 있는 경우에는 L1과 L2와 P 코드를 모두 사용할 수 있으므로 앞에서 제시한 모든 테스트 양을 사용하여 사이클 슬립과 불량자료점을 해소할 수 있다. 그리고 수신 시간간격과 위성의 고도에 따라 적당한 테스트 양을 골라서 쓸 수 있다. 시간간격이 작은 자료를 얻을 수 있다면 사이클 슬립을 검출할 때 원시 L1과 L2를 테스트 양으로 설정하여 불필요한 사이클 슬립을 줄일 수 있으며 사이클 슬립의 크기도 결정할 수 있다. 시간간격이 큰 경우에는 사이클 슬립의 크기를 결정할 수는 없지만 검출 성능이 우수한 L1과 L2 조합을 사용하여 미세한 사이클 슬립 검출을 행할 수 있을 것이다. 그러나 조합을 사용하여 사이클 슬립을 검출하는 경우에는 조합하는 방법에 따라 두 자료의 변화가 상쇄될 수 있으므로 각각의 반송파 자료의 변화량을 살펴보는 것이 필요하다.

다목적 실용위성 2호와 같이 단일 주파수 자료만을 사용할 수 있는 경우에는 시간간격이 작다면 원시 L1을 테스트 양으로 삼아 사이클 슬립 검출과 보정을 수행할 수 있다. 그리고 큰 시간간격의 자료를 사용한다면 상대적으로 검출 성능이 우수한 L1과 L2의 조합을 사용하지 못하고 P1 코드 또는 C/A 코드에 의존하는 조합을 사용해야 하므로 이온층 효과와 동일한 정도의 검출만을 수행할 수 있

다.

그리고 시계 오차 보정, 불량자료점 검출, 또는 smoothing의 과정은 수신기의 종류와 무관하게 편집 대상이 되는 반송파와 코드 자료의 분해 한계에 직접적으로 좌우된다. 대상 자료가 원하는 정밀도로 자료를 보정할 수 있는 분해 한계를 갖는다면 이를 수행할 수 있지만 분해 한계가 크다면 시계 오차 보정과 smoothing을 하지 않는 것이 더 좋다.

지금까지 DGPS 방식에 의한 위성의 정밀궤도결정을 수행하기 위한 전처리 과정에서 시뮬레이션 자료와 TOPEX/POSEIDON 위성, CHAMP 위성의 실제 자료를 이용하여 각각 8개의 테스트 양을 만들어 자료 수신 시간간격에 따라 분해 한계를 분석하였고 이를 토대로 저궤도 위성의 정밀궤도 결정에서 사용할 수 있는 GPS 관측 자료에 따라 적용할 수 있는 전처리의 방법을 제안하였다. 여기서 제시한 전처리 방법은 다목적 실용위성 2호의 정밀궤도결정을 위해 사용될 수 있을 것이다.

### 참고문헌

- 윤재철, 노경민, 박은서, 문보연, 최규홍, 이정숙, 이병선, 김재훈 2001, 한국항공우주학회 추계학술 발표회논문집, 162
- Colombo, O. 1998, GPS for Geodesy (2nd Edition), eds. P. Teunissen & A. Kleusberg (Heidelberg: Springer-Verlag), 546
- Gao, Y., & Li, Z. 1999, Marine Geodesy, 22, 169
- GFZ 2000, <ftp://ftp.gfz-potsdam.de/pub/champ/chftp1/public/>
- Gold, K., Bertiger, W., Wu, S., & Yunck, T. 1993, AAS, 93
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Collins, J. 1992, Global Positioning System Theory and Practice (New York: Springer-Verlag), 206
- Tapley, B. D., Ries, J. C., Davis, G. W., Eanes, R. J., Schutz, B. E., Schum, C. K., Watkins, M. M., Marshall, J. A., Nerem, R. S., Putney, B. H., Klosko, S. M., Luthcke, S. B., Pavlis, D., Williamson, R. G., & Zelensky, N. P. 1994, JGR, 99, 24383