

GLONASS 시각 전달 국내 관측 결과 분석

유동희*, 김용호**

*부산가톨릭대학교, **한국기계연구원부설 재료연구소

Analysis of domestic observation results of GLONASS time transfer

Dong-hui Yu*, Yong-ho Kim**

*Catholic University of Pusan, **KIMS

E-mail : dhyu@cup.ac.kr

요 약

본 논문에서는 GLONASS 시각 전달에 대한 r2cggts 프로그램의 국내 관측 결과를 분석하여 제시한다. r2cggts 프로그램은 GPS 시각전달에 의한 시각비교에 전 세계적으로 활용되고 있는 프로그램으로써, 최근 GLONASS 에 대한 코드가 수정보완되었다. 이에, 국내에서 관측된 GLONASS 데이터를 이용해서 GLONASS 에 의한 시각전달 결과를 분석하여 제시한다.

ABSTRACT

This paper introduces an analysis of domestic observation results from r2cggts program for GLONASS time transfer. r2cggts program has been utilized by the time laboratories all over the world for GPS time transfer and modified to apply GLONASS time transfer recently. Hence, the result applied with domestic GLONASS Observation file and navigation file is presented in this paper.

키워드

GLONASS, GPS, 시각전달, 시각비교

I. 서 론

GPS 위성항법시스템을 이용한 지상국의 시각 비교 및 시각동기 기술은 많은 연구 성과를 보이고 있다. r2cggts 프로그램은 RINEX 관측 데이터와 항법 데이터로 수신한 GPS 코드 신호를 이용하여 신호 전달시 발생할 수 있는 오류 요소들을 보상하여 정확한 시각오프셋을 제공한다. 이 프로그램은 벨기에의 ROB에서 개발하여 전 세계 협정시를 결정하기 위한 기본 프로그램으로 사용되고 있다. 최근 GLONASS 위성항법시스템이 정상적으로 운영되면서 GPS기반의 시각비교 및 시각동기 기술을 GLONASS에 적용하는 연구가 진행되어 왔고 2012년 하반기에 GLONASS 코드 신호에 대해 r2cggts 프로그램이 수정·보완되어 배포되었다. 이에 국내에서 관측된 GLONASS 코드 신호에 대한 결과를 분석해 보았다. 2장에서는

GLONASS 위성 데이터에 대해 소개하고 3장에서 GLONASS 코드 신호를 r2cggts 프로그램에 적용해 본 결과를 분석하여 제시하고 4장에서 결론을 맺는다.

II. GLONASS 소개

러시아에서 운용하고 있는 GLONASS는 GPS와 달리 주파수 분할 다중방식을 채택하고 있어 위성마다 반송파의 주파수가 다르다. 그리고 GPS에서 군사용으로만 허용되는 P-code를 GLONASS에서는 민간이 사용할 수 있도록 허용하고 있다. GLONASS는 여러 면에서 GPS와 유사하지만 구성, 운용방식, 정밀도 등에서 차이를 보이고 있다. GPS나 GLONASS가 군사적 목적을 가지므로 미국이나 러시아가 자국의 이익을 위해 항법위성을 사용하지 못하게 할 수 있다는 문제가 여러 나라

에서 제기되어 왔다. 이에 유럽, 일본, 중국, 인도 등은 독자위성항법 시스템을 운용하고 있다. 독자적 위성항법시스템을 개발하고 운용하더라도 다양한 항법위성에 대한 시각비교 및 시각동기 기술을 활용한다면 독자항법시스템의 시각동기유지에 보다 정밀하고 안정적 성능을 제공할 수 있다.

2.1 GLONASS 신호 특성

GLONASS 위성들은 RF스펙트럼의 두 개의 L-band 부분(L1 :1602.5~1615.5MHz, L2 :1246.4 ~ 1256.5MHz)에서 방송하며 두 개의 이진코드, C/A 코드 및 P 코드 및 데이터 메시지를 가지고 있다. GLONASS는 주파수 분할 다중방식(FDMA) 개념을 기초로 하며 GLONASS 위성들은 별개의 L-band 채널 즉, 별개의 주파수에서 반송파 신호를 송신한다. GLONASS 수신기는 자체 추적 채널에 별개의 주파수를 할당시킴으로써 모든 보이는 위성들로부터 나온 전체 유입신호를 분리한다. FDMA의 사용은 각 GLONASS 위성이 동일한 P 코드 및 C/A 코드를 송신하게 한다.

GLONASS에서 C/A 코드는 단지 L1 반송파에서만 변조되고 P 코드는 L1, L2 상에 송신되어진다. 단지 C/A 코드로 동작되도록 설계되어진 수신기들은 거리에 대해 L1 신호만 사용할 수 있고 P 코드 수신기들은 두 주파수에서 거리를 측정하는데 사용할 수 있다. 두 주파수의 사용으로 전리층 반사에 대한 정정 수단을 제공하며 민간용으로는 단지 C/A 코드만이 사용될 것이다.

GLONASS P 코드의 주파수는 5.11MHz이고 C/A 코드의 주파수(0.511MHz)보다 열 배가 높다. 높은 코드 주파수들은 일반적으로 낮은 주파수보다 더 나은 거리 측정 정확도를 제공하기 때문에 정확도(95%)에 대한 GLONASS 성능은 수평 위치에서 100m, 수직 위치에서 150m, 속도에서는 초당 15cm 그리고 시간에서는 1×10^{-6} 초이다.

GLONASS 위성 궤도 정보는 케플러 궤도요소와 섭동요소들이 시간의 함수로 기록된 GPS와 달리 매 15분과 45분에 위성의 3차원 직각좌표 성분, 가속도 성분 등으로 구성된다.

GLONASS의 PZ90 좌표계는 러시아를 중심으로 구 소련연방과 동유럽, 그리고 아시아 지역에서 비교적 정확도가 높다. 지구상의 임의의 한 점이 두 좌표계의 차이로 인해 생기는 오차는 20m이하로서 이는 두 좌표계 사이의 좌표변환을 통해 해결할 수 있다.

2.2 GLONASS 항법 메시지

RINEX 관측 데이터에 GPS와 GLONASS 정보가 같이 전달되고 GLONASS의 항법메시지는 별도로 방송된다. 항법 메시지는 위성좌표, 속도벡터 성분, GLONASS 시스템 시간 정정 및 위성상태 정보로 이루어진다. 시스템 위치를 얻기 위

하여 사용자 수신기는 동시에 또는 순차적으로 적어도 4개의 위성 신호를 추적하여 위치의 3가지 성분과 시간에 대한 4차 동시 방정식을 푼다.

각 GLONASS 위성은 항법 데이터를 초당 50 비트율로 송신하며 항법 데이터 메시지는 위성군의 나머지 위성에 대한 정보와 함께 각 송신 위성의 상태에 대한 정보를 제공한다. 사용자 견지로부터 GLONASS 위성 송신에 있어서 정보의 1차 요소는 시계정정 파라미터와 위성 위치(궤적)이다. GLONASS 시계 정정은 UTC(SC)와 관련이 있는 각 위성 시간과 GLONASS 시스템 시간간의 차이를 자세한 데이터로 제공한다. GLONASS 위성은 3차원 위치, 속도 및 PZ90 ECEF(지구중심, 지구 고정) 좌표계에서 매 30분에 대한 가속을 방송한다. 그런데, GLONASS 현대화 계획에 의해 2007년 9월 20일 UTC 17:00 이후 ITRF 2000에 가까운 PZ90.02 좌표체계로 변경되었다.

III. GLONASS 시각 전달 결과 분석

GPS 코드 기반의 시각 전달 구조에서 GLONASS 데이터를 적용하기 위해 크게 두 가지 고려사항이 있다. 우선 GPS 시각과 GLONASS 시각 오프셋을 수정해야 한다. GLONASS 항법 데이터를 GLONASS 시각에 기인하고 GPS 와 같이 공유되는 관측 파일은 GPS 시각에 기인하므로 우선, 시각 표준을 수정해야 한다[1][2][3].

두 번째는 GLONASS 항법 메시지에 의해 전달되는 궤도 및 위성 운동에 대한 파라미터들이 GPS와 다르므로 이에 대한 수정이 필요하다. GPS는 WGS 84 좌표체계에 기반한 케플러 궤도 정보를 항법 메시지에 방송하지만 GLONASS는 PG90 좌표체에 기반한 해당 기준 시점의 위성의 위치와 속도를 방송한다. 앞서 언급한 바와 같이 두 좌표체계는 유사하게 수정되어 r2cggts 에서 좌표체계에 대해서는 수정하지 않은 것으로 확인하였으며, 30분마다 방송되는 위성의 위치와 속도에 대해서는 4차 Runge Kutta 보간법이 적용되었다. 그림 1과 2는 2012년 10월 5일 관측한 GLONASS 항법 데이터와 관측 데이터를 이용해서 r2cggts 프로그램을 실행한 결과들이다. x축은 시간축으로 1초 단위로 표현되고 y 축은 시각전달 결과 GLONASS 위성 시계와 관측소 시계와의 시각오프셋으로 0.1 ns 단위이다.

그림 1은 전체 위성에 대해 결과를 표현한 것이고 그림 2는 위성별 시각오프셋 분포를 나타내고자 위성별로 구분하여 시간에 따른 시각 오프셋을 추출하여 나타내었다.

GPS에 기반한 시각 전달에 의한 시각오프셋은 일반적으로 20~30ns 이내의 값을 보이는 데 반해, 그림 1의 GLONASS 기반 시각오프셋들은 40,000ns 정도의 매우 큰 시각 오프셋 값을 보이고 있다.

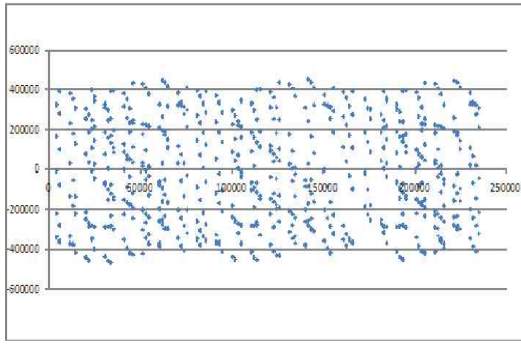


그림 1 GLONASS 시각전달 국내 관측 결과

그림 2에서 위성별로 시각오프셋을 나타내보면 시각오프셋이 위성의 궤도에 따라 시각오프셋이 같은 양상으로 흐르는 것을 확인할 수 있다. r2cggts 프로그램의 코드에서 이러한 sagnac effect에 대한 코드가 수정보완되어 있음에도 불구하고 그림 2와 같은 결과를 나타내는 것은 향후 연구에서 검증해야할 것으로 보인다.

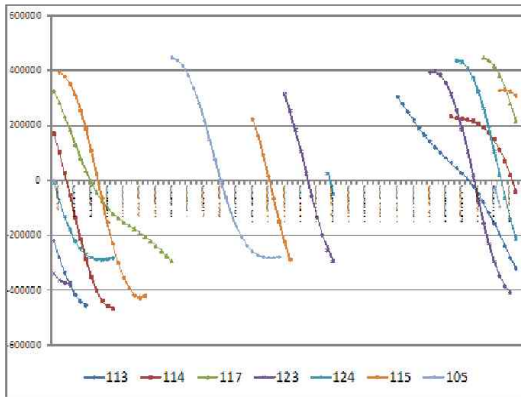


그림 2 위성별 관측 결과

그림 2에서 위성별 결과가 중간에 끊어지는 현상을 보이는 것은 지구의 자전으로 인해 국내 관측지의 시야에서 벗어나기 때문이다.

IV. 결론

최근 국외에서는 GPS 와 GLONASS 코드 신호를 결합해서 시각비교 및 시각동기를 하는 연구가 진행되고 있다. 해당 연구실들은 r2cggts 라는 프로그램을 이용해서 시각 비교결과를 활용하고 있는데, 본 논문에서는 해당 프로그램을 통해 국내에서 관측한 GLONASS 코드 신호에 대한 결과를 도출하였다. 현재 결과에서는 시각 오프셋이 40us 정도로 매우 큰 값을 나타내고 있으며, 위성별 시각오프셋이 위성 궤도의 움직임에 영향을

으며 흐르는 것을 확인할 수 있었다. 향후 이에 대한 연구가 진행될 예정이다.

참고문헌

- [1] I. Romero, C. Garcia, R. Kahle, J. Dow, T. Martin-Mur, "Precise orbit determination of GLONASS satellites at the European space agency", *Advances in Space Research*, Vol. 30, No. 2, pp.281-287, 2002.
- [2] P. Defraigne, A. Harmegnies, G. Petit, "Time and Frequency transfer combining GLONASS and GPS data", *IEEE Freq. Contr. Symp.*, pp.1-5, 2011.
- [3] P. Defraigne, Q. Baire, A. Harmegnies, "Time and Frequency Transfer Combining GLONASS and GPS data", *PTTI*, pp. 263 - 274, 2010.