

# GNSS 이용 시각비교 통합 모니터링

\*김준환<sup>1</sup>, 양성훈<sup>2</sup>, 이영규<sup>3</sup>, 이승우<sup>4</sup>, 이창복<sup>5</sup>, 김기두<sup>6</sup>,

<sup>1</sup>국민대학교 전자공학과 (Tel:02-910-5073; Fax:02-910-4645; E-mail:saster2@kookmin.ac.kr )

<sup>2</sup>한국표준과학연구원 (Tel:042-868-5569; Fax:042-868-5022; E-mail:shyang@kriss.re.kr )

<sup>3</sup>한국표준과학연구원 (Tel:042-868-5569; Fax:042-868-5022; E-mail:chlee@kriss.re.kr )

<sup>4</sup>한국표준과학연구원 (Tel:042-868-5569; Fax:042-868-5022; E-mail:swlee@kriss.re.kr )

<sup>5</sup>한국표준과학연구원 (Tel:042-868-5569; Fax:042-868-5022; E-mail:ykleeks@kriss.re.kr )

<sup>6</sup>국민대학교 전자공학과 (Tel:02-910-5073; Fax:02-910-4645; E-mail:kdk@kookmin.ac.kr)

**Abstract:** 다채널 시각비교 수신기(R100-40T, Euro-80)를 이용한 GPS C/A 코드 시각비교 데이터와 Ashtech Z12T 수신기를 이용한 P3 코드 시각비교 데이터를 통합 모니터링함으로써, 간편하게 시각비교 결과를 확인 할 수 있게 GUI(Graphic User Interface) 환경으로 구현하였다. 수신기들은 현재 KRISS(Korea Research Institute of Standards and Science)에서 사용 중인 위성이용 시각비교 수신기들이다. 본 시각비교 통합 모니터링 프로세스를 통해서 GPS C/A code 시각비교 데이터와 P3 code 시각비교 데이터 각각을 비교 분석함으로써 시각비교 결과의 신뢰성을 검증하는데 사용한다.

**Keywords:** Multi-channel common-view, GPS C/A code, P3 code

## 1. 서론

GPS(Global Positioning System)로 대변되는 GNSS(Global Navigation Satellite System)는 위성을 이용한 전파 항법 시스템으로서 수십 개의 위성을 이용하여 전 세계의 모든 지역에서 언제든지 시각동기 및 측위 서비스를 제공받을 수 있는 시스템이다. 선진국 수준의 시각동기 기술을 확립하기 위해서는 시각비교에 대한 정확한 측정이 선행되어야 한다. 현재 KRISS에서는 GPS를 이용한 시각비교 데이터를 세계협정시와 UTC(KRIS)와의 차이를 측정하는 기초 자료로 사용하고 있으며 시각비교 결과값은 한 달에 한 번 국제도량형국(BIPM)에 보내져 세계협정시(UTC) 및 국제원자시(TAI)의 생성에 기여하고 있다[1]. 따라서, 본 논문에서는 시각비교 데이터의 수집과 분석을 통해 GNSS 수신기별로 시각 데이터를 상호 비교·분석 할 수 있는 시각비교 데이터 자동화 모니터링 시스템의 구현 및 이때 각각의 수신기에 따른 시각비교 결과를 제시하여 상호간의 데이터를 비교함으로써 시각비교 결과의 신뢰성과 안정성 향상에 기여하는 방안에 대해서 기술 하였다.

## 2. GNSS 위성 다채널 동시측정법

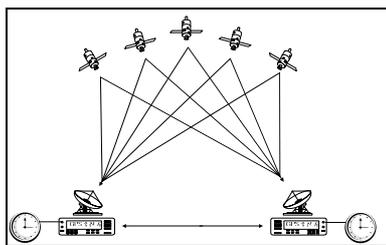


그림 1. 다채널 동시 측정법

Fig 1. Multi-Channel Common-view measurement method

그림 1은 다채널 동시측정법에 의한 시각비교 방법을 나타낸 것으로, 이를 위해 다채널 수신기는 관측 가능한 모든 GPS 위성을 매 16분마다 표준으로 정해진 13분 수신데이터를 이용한다. 이론적으로는 12개 GPS 위성들의 수신에 가능하며 복잡한 도시의 경우에는 안정적인 시각비교를 위해 가능한 15° 이상의 양각을 갖는 5~6개 위성 정도만 이용된다. 각 채널마다 하루 동안에 89트랙의 16분 데이터의 수신에 가능하며 5개 GPS 위성에 대해서 수신기는 445 트랙의 16분 데이터를 얻을 수 있다[2].

## 3. GPS 신호 구성

GNSS 위성에 장착되어 있는 세슘 원자시계는 하루에 약  $10^{-13}$ 의 범위에서 안정도를 유지하며 기준주파수를 발생 시키는데 사용된다. 지상 및 지상 근접 사용자를 대상으로 송신에 적합한 RF(Radio Frequency) 신호를 이용하고 있는데, 두 반송파 신호인 L1과 L2는 기준주파수  $f_0$ 에 정수 배를 하여 얻을 수 있다. L1은 기준주파수에 154 배를, L2는 120 배를 하여 얻는다. 위성의 송신단에서 DS-CDMA(Direct-Spread Code Division Multiple Access) 변조방식을 사용하고 있으며 사용된 PN(Pseudo Noise) 코드로는 C/A 코드와 P코드가 있다. 표 1은 GPS 위성 신호의 성분을 나타낸다.[3][4]

표 1. GPS 위성 신호의 성분  
Table 1. Signal Component of GPS Satellites

성분	성분 값
원자시계(Cs) 기본 주파수	10.23 MHz ( $f_0$ )
L <sub>1</sub> 반송파 신호	1575.42 MHz ( $154 \times f_0$ )
L <sub>2</sub> 반송파 신호	1227.60 42 MHz ( $120 \times f_0$ )
P 코드 주파수(chipping rate)	10.23 MHz ( $=f_0$ )
C/A 코드 주파수(chipping rate)	1.023 MHz ( $=f_0/10$ )

L<sub>1</sub> 대역의 경우에는 C/A 및 P코드 신호가 직교함수로서

갈이 송신되고 L<sub>2</sub> 대역의 경우 P코드 신호만 송신된다.

#### 4. 다채널 C/A 코드를 이용한 시각비교

현재 KRISS에서 GNSS 위성으로부터 L<sub>1</sub> 대역의 C/A 코드와 P코드 중 C/A 코드만을 수신하여 시각비교를 행하고 있는 수신기들은 다음과 같다.

##### 4.1 다채널 C/A 코드 수신기 R100-40T

GPS/GLONASS 위성 이용 시각비교 수신기인 R100-40T는 L<sub>1</sub>대역의 C/A 코드만을 수신하게 되어 있으며 16분 간격으로 GPS/GLONASS 위성으로부터 그 시각에 보이는 모든 위성의 데이터를 수신하여 기준 시계와 비교하여 저장한다. 그림 2는 R100-40T의 안테나와 수신기이다.



2. R100-40T 안테나와 수신기  
Fig 2. R100-40T Antenna and Receiver

그림 3은 R100-40T 수신기에 대한 시각 모니터링 시스템 구성을 나타낸다. 모니터링 컴퓨터는 수신기와 RS-232 통신을 통해서 GPS 시각비교 데이터와 GLONASS 시각비교 데이터를 실시간으로 구분하며 감시한다. 수신된 GPS 시각비교 데이터 파일은 인터넷을 통한 스케줄러에 의해서 정해진 시각에 시각비교 통합 모니터링 시스템에 전송된다. 본 논문에서는 GPS 시각비교 데이터만을 사용하였다.

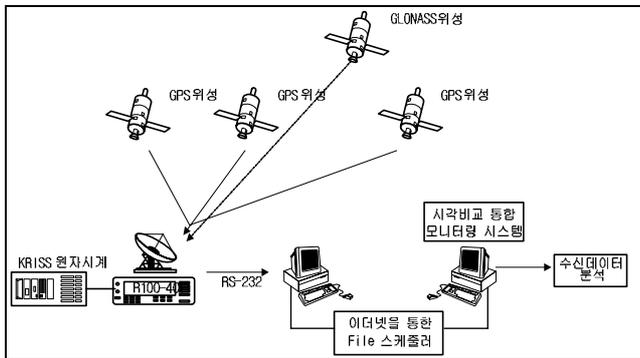


그림 3. R100-40T 시각비교 데이터 모니터링 시스템  
Fig 3. R100-40T Time transfer data monitoring system

그림 4는 R100-40T 수신기에서 파일 스케줄러를 통해 시각비교 통합 모니터링 시스템으로 전송된 GPS 시각비교 데이터이다. 시각비교 데이터의 분석을 위해서 서로 다른 번호들의 위성으로부터 같은 시간에 수신된 데이터들에 대해서 평균을 취해 전체적인 데이터들의 방향을 파악하고자 하였다.

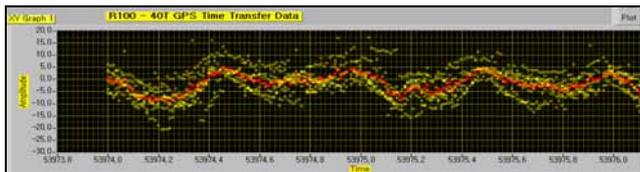


그림 4. 스케줄러를 통한 R100-40T의 GPS 시각비교 데이터  
Fig 4. R100-40T GPS time transfer data obtained from scheduler

#### 4.2 다채널 C.A 코드 수신기 Euro-80

Euro-80 수신기는 16분 주기로 측정되며 수신모듈의 개수와 수신가능 위성의 개수에 따라 트래킹의 회수가 정해진다 실제 하루에 약 350 여개의 측정 데이터가 저장되고 있다. 그림 5는 Euro-80의 안테나와 수신기이다.



그림 5. Euro-80 안테나와 수신기  
Fig 5. Euro-80 Antenna and Receiver

그림 6은 Euro-80 수신기의 시각 모니터링 시스템의 구성도를 나타낸다. 앞서 언급한 바와 같이 GPS 시각비교 데이터는 파일 스케줄러를 통해서 시각비교 통합 모니터링 시스템으로 전송된다.

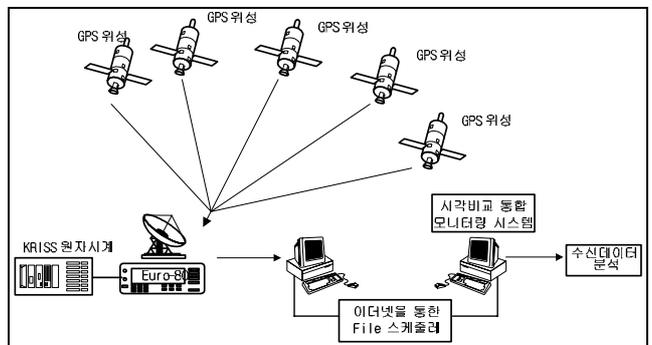


그림 6. Euro-80 시각비교 데이터 모니터링 시스템  
Fig 6. Euro-80 Time transfer data monitoring system

그림 7은 스케줄러를 통한 Euro-80의 GPS 시각비교 데이터이며 역시 서로 다른 번호들의 위성으로부터 같은 시간에 수신된 데이터와 그 평균값을 나타낸다.

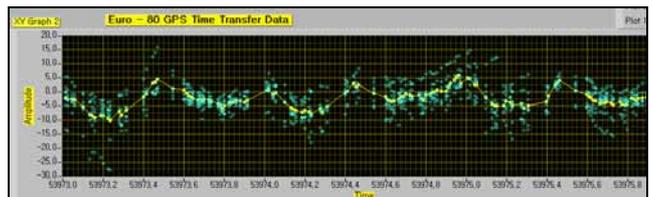


그림 7. 스케줄러를 통한 Euro-80의 GPS 시각비교 데이터  
Fig 7. Euro-80 GPS time transfer data obtained from scheduler

#### 5. 다채널 P3 코드를 이용한 시각비교

GPS 수신기의 동작 원리상 위성으로부터 송출된 신호가 수신기까지 도달하는데 걸린 시간을 정확히 구하는 것이 가장 중요하나 실제로는 여러 가지 요인에 의해 오차가 발생한다. 그 중 가장 대표적인 것이 위성신호가 전리층을 통과할 때 전파 굴절에 의해서 전파경로가 길어지는 것이며 이에 따라 전달시간이 실제 전달 시간과 차이가 생긴다. 이 차이를 정확히 보정하기 위해 전리층에서의 전파전달 지연이 반송파 주파수의 제곱에 역 비례하는 현상을 이용하여 L<sub>1</sub> 대역과 L<sub>2</sub> 대역으로부터 얻은 P1과 P2 코드의 모델식을 다음과 같이

표현한다.

$$P1 = (c \times dt) + I_1 \quad (1)$$

$$P2 = (c \times dt) + I_2 \quad (2)$$

와 같이 표현 할 수 있다. 여기에서,  $P1$ 과  $P2$ 는 관측을 통해 얻는 의사거리이고  $I_1$ 는 위성까지의 실제 거리,  $(c \times \Delta dt)$ 는 위성과 수신기의 시계오차,  $\Delta I_1$ ,  $\Delta I_2$ 는 과장에 따른 전리층 지연양이다. 전리층 지연양은

$$I_1 = \frac{A}{f_1^2}, \quad I_2 = \frac{A}{f_2^2} \quad (3)$$

로 표현 할 수 있다.  $A=40.3 \times TEC$ 이고  $TEC$ 는 총 전자수(electrons/m<sup>2</sup>)이다.  $f_1$ 과  $f_2$ 는 두 신호의 주파수이다. 시각을 보정하기 위해 모델 식 (1)과 (2)를 차분하면,

$$P2 - P1 = \left( \frac{1}{f_2^2} - \frac{1}{f_1^2} \right) A \quad (4)$$

$$A = \frac{f_1^2 f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} (P2 - P1)$$

을 얻을 수 있고 식(4)을 식(3)에 대입하여 전리층 지연양을 다시 구하면,

$$I_1 = \frac{A}{f_1^2} = \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} (P2 - P1) \quad (5)$$

와 같이 되어 전리층 지연양을 제거하기 위해서 식(5)를 식(1)과 식(2)에 대입하여 선형조합하면,

$$\begin{aligned} (c \times dt) + I_1 &= P1 - I_1 \\ &= P1 - \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} (P2 - P1) \end{aligned} \quad (6)$$

와 같은 결과를 얻는다.

결국, 전리층 지연양  $\Delta I_1$ 는 식 (6)처럼 계산되므로 정밀한 시각비교 값을 얻을 수 있다. 식 (6)이 P3 모델식이 된다[2].

그림 8은 Ashtech Z12T 수신기와 안테나이다. 최대 12개 위성 자료를 수신할 수 있으며 안테나로 각 위성의 L<sub>1</sub>과 L<sub>2</sub> 주파수로부터 반송파와 코드자료를 얻을 수 있다.



그림 8. Ashtech Z12T 수신기와 안테나  
Fig 8. Ashtech Z12T Antenna and Receiver

그림 9는 Ashtech Z12T의 시각비교 데이터 모니터링 시스템 구성도이다. 높은 안정도를 가진 수소메이저로 수신기를 동기 시키며 수신된 GPS 시각비교 데이터 파일은 이더넷을 통한 스케줄러에 의해서 정해진 시간에 시각비교 통합 모니터링 시스템에 전송된다. Ashtech Z12T 수신기는 특성상 직접적인 자료수집의 어려움으로 수신기와 연결된 컴퓨터에 GBSS 프로그램을 이용하여 자료를 수집한다.

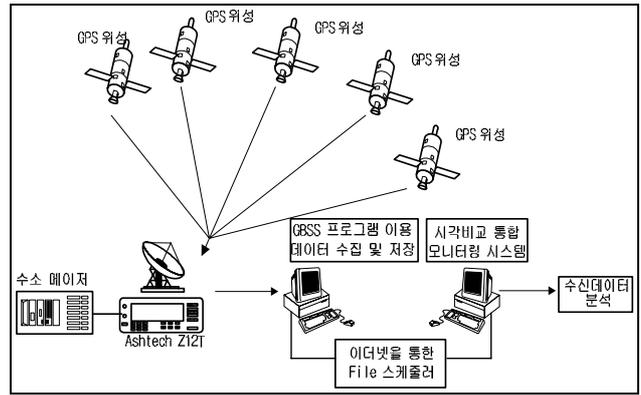


그림 9. Ashtech Z12T 시각비교 데이터 모니터링 시스템 구성  
Fig 9. Ashtech Z12T Time transfer data monitoring system

그림 10은 서로 다른 번호들의 위성으로부터 같은 시간에 수신된 데이터와 그 데이터에 대한 평균을 취한 값에 대해 나타내었다.

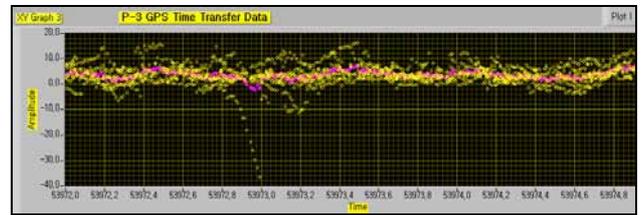


그림 10. 스케줄러를 통한 Ashtech Z12T의 GPS 시각비교 데이터

Fig 10. Ashtech Z12T GPS time transfer data obtained from scheduler

## 6. 시각비교 데이터 통합 시스템 및 수신기별 시각비교 데이터 결과

### 6.1 시각비교 데이터 통합 시스템

다채널 동시측정법을 이용하여 각각의 수신기 별로 얻은 데이터들에 대해서 상호간에 비교·분석을 통해 시각 비교 결과의 신뢰성과 안정성을 확인하기 위한 시각비교 데이터 통합 모니터링 시스템을 구성하였다. 그림 11은 본 시스템의 구성도이다.

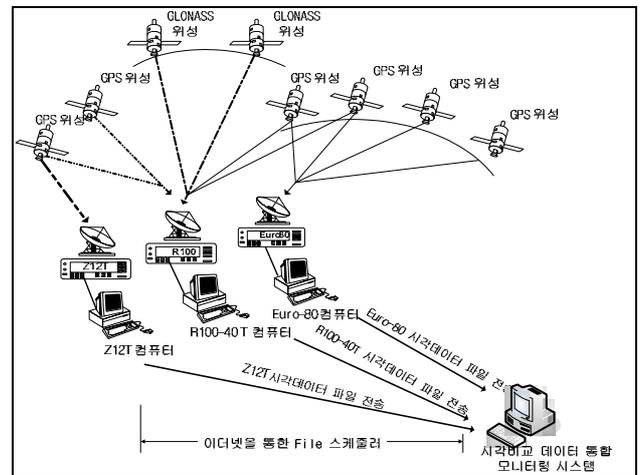


그림 11. 시각비교 데이터 통합 모니터링 시스템 구성  
Fig 11. Integration monitoring system of time transfer data

그림 12는 다채널 시각비교 통합 시스템의 구현 결과이다. 통합 시스템은 각 수신기들의 시각비교 데이터를 원하는 시간에 모니터링 할 수 있게 통합하여 GPS 위성 감시와 수신된 시각 정보의 비교·분석을 자동화하게 해주는 기능을 수행한다.

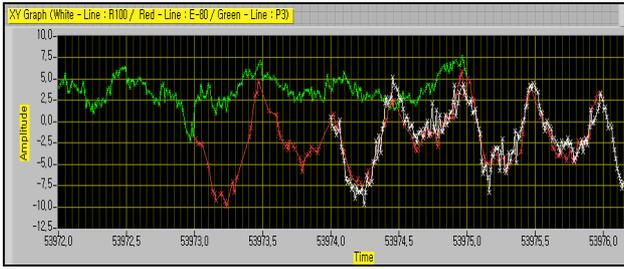


그림 12. R100-40T, Euro-80, P-3: 시각비교 통합 구현 결과  
Fig 12. R100-40T, Euro-80, P-3: Integration monitoring system of time transfer result

## 6.2 수신기별 시각비교 데이터 결과

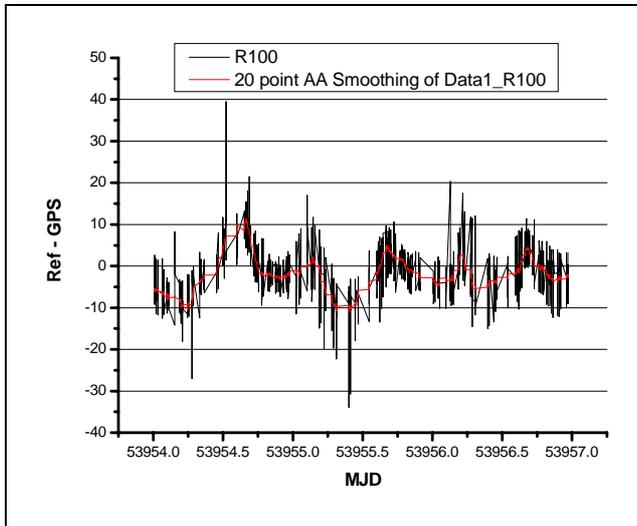


그림 13. R100-40T의 smooth 결과  
Fig 13. smooth result of R100-40T

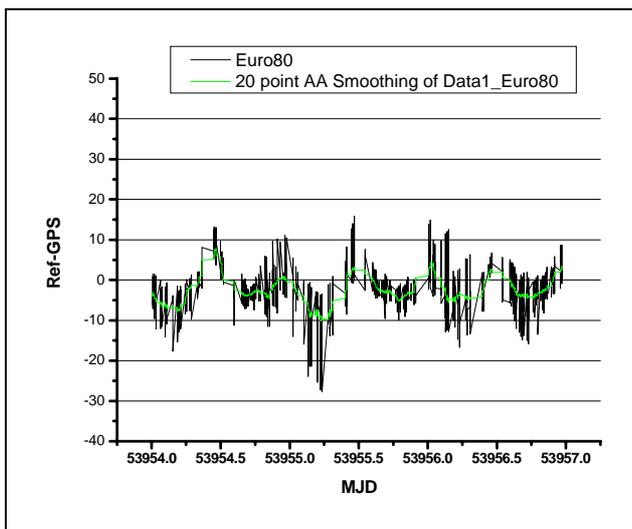


그림 14. Euro-80의 smooth 결과  
Fig 14. smooth result of Euro-80

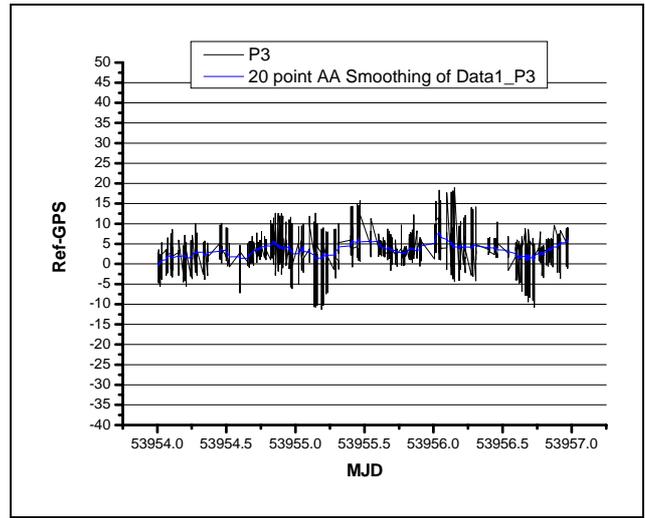


그림 15. P-3의 smooth 결과  
Fig 15. smooth result of P-3

그림 13에서부터 그림 15까지는 각 수신기가 수신한 시각비교 데이터의 공통된 MJD(Modified Julian Date)에 대해서 smoothing을 취한 결과이다. Smoothing을 통해서 시각데이터의 시간상 변화량을 알 수가 있다. Smoothing을 통해서 나온 데이터에 대해서 식 (7)을 수행한다.

$$\text{Smoothing Value} = (\text{Ref} - \text{GPS}) \quad (7)$$

다음으로 식 (7)의 결과 값에 대해서 RMS(Root Mean Square)를 구하면 표 2와 같이 각 수신기들을 비교 할 수 있다.

표 2. 수신기들의 RMS 값 (단위: ns)  
Table 2. RMS Value of Receivers (unit: ns)

	R100_40T	Euro-80	P-3
RMS	4.7	3.9	3.5

현재 KRISS에서 쓰이고 있는 R10-40T, Euro-80, P-3 수신기 중에 P-3 수신기의 시각데이터가 가장 신뢰성이 높다고 할 수 있다. 그 다음으로는 Euro-80 수신기이며 R100T-40 수신기의 성능이 가장 좋지 않은 것을 알 수 있다.

## 7. 결론

본 논문에서 구현한 시각비교 데이터의 자동화 모니터링 시스템을 통해 다채널 동시측정법을 이용한 각 수신기의 시각데이터들을 상호 비교 분석하여 각 수신기들의 안정성 및 신뢰성을 확인 할 수 있다.

## 참고 문헌

- [1]. 이창복, 양성훈, 이영규, 위성응용 시간주파수 기반구축 사업(2차년도), 한국표준과학연구원 시간 주파수 관련 자료, pp. 18-34, Nov, 2003.
- [2]. W. Lewandowski and C. Thomas, "GPS Time Transfer", *Proceedings of The IEEE*, Vol. 79, No. 7, July 1991.
- [3]. 한지애, P3 시각비교 기법을 이용한 GPS 위성시계의 이상 신호 감지 시스템 구축, 천문우주학과, 충북대학교, 2006.
- [4]. 이창복, 인공위성을 이용한 시각비교 기술연구(제2차년도), 한국표준과학연구원 시간 주파수 관련 자료, pp.29-40, July 1987.