

論 文

방송위성을 이용한 시각비교 측정

正會員 全 仁 德* 正會員 李 昌 福**

正會員 金 鎮 玉*** 正會員 鄭 樂 三****

Measurement of Time Comparison via Broadcasting Satellite

In Deok JEON*, Chang Bok LEE**, Jin OK KIM***,

Nak Sam CHUNG**** *Regular Members*

要 約 방송위성을 이용하여 시각을 비교하는 방법을 제시하였다. 한국표준연구소와 일본전파연구소가 자기 보유하고 있는 원자시계의 시각비교 실험을 BS-2a 을 이용하여 수행하였다. 그리고 본 실험에서는 미해군관측소(USNO)의 이 동원자시계를 이용하여 시각비교 오차를 $0.1\mu s$ 이내로 보정하였다.

ABSTRACT A time comparison technique via Broadcasting Satellite is presented. Experiment has been carried out to compare the time of two atomic clocks in KSRI and RRL, by using Japanese Broadcasting Satellite, BS-2a. The time comparison can be made with an accuracy of $0.1\mu s$ by simultaneous receiving of line-11 horizontal sync. pulses of TV signal.

I. 서 론

TV 동기신호를 통해 시각을 비교하고 보급하는 방법은 경제적이고 효율적인 시각비교 방법 중의 하나이다.^{1),2)} TV 동기신호를 이용한 시각의 비교 및 보급에 방송위성신호를 이용하면 전파경로가 지상중계국⁽³⁾⁽⁴⁾에 의한 경우보다 복잡하지 않으므로 전파지연시간을 위성 및 지상국의 위치로부터 간단히 계산할 수 있어서 고정확도의 시각비교가 가능하다⁽⁵⁾ 방송위성(BS-2a)은 동경 110° 적도상 36,000km 상공에 떠 있는 정지위성으로서

SHF 대역을 사용하고 있으나 대전력 증계기가 탑재되어 있어서 직경이 1~2m ϕ 정도의 안테나와 간단한 수신기로 수신이 가능하다. 본 연구에서는 한국표준연구소와 일본전파연구소에서 BS-2a에 의해 증계된 NHK 방송신호중 특정동기신호 line-11을 공동수신하여 시각비교를 수행하였다. 그림 1은 BS-2a의 송신안테나이득 및 송신범위를 나타낸다⁶⁾

II. 실험방법 및 실험장치

NTSC(National Television Systems Committee)방식은 1초에 29.97매의 화면(30frame)을 보내며 1매의 화면을 보내는 데 2 field(even, odd) 수직조사하는 비월주사방식이므로 수직방향 주파수는 59.94Hz이다. 총주사선이 525개이고 1

*, **, ***, **** 韓國標準研究所 時間周波數研究室
Korea Standards Research Institute
Time Frequency Research Lab.
論文番號 : 87-21(接受 1986. 10. 7)

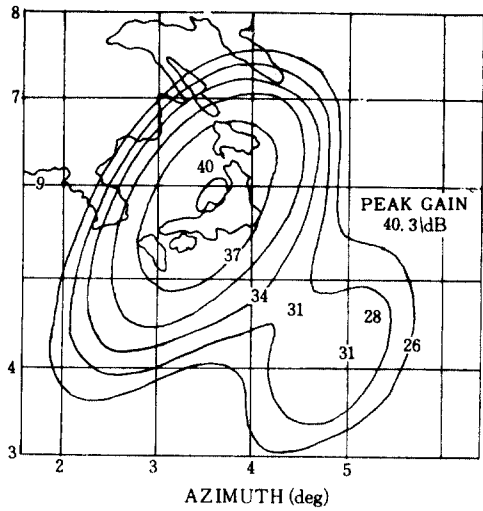


그림 1 안테나 이득 및 송신범위
Ground coverage of BS.

회에 수직주사는 262.5개를 주사하므로 수평 편향주파수는 15,734.26kHz가 된다. 수평주사는 왼쪽에서 오른쪽 방향으로 하며 오른쪽 끝에서 왼쪽 끝으로 다시 복귀될 때에는 수평소거신호로서 화면에 영상이 나타나지 않는다. 그리고 수평 및 수직소거신호 안에 수평 및 수직동기신호가 삽입되어 화면의 안정성을 유지하도록 되어있다. 이러한 TV신호 중 어떤 동기신호를 시각비교에 사용해도 무방하나 분리하기 쉽고 다른 영상신호에

간섭을 받지않는 신호를 사용함이 편리하다. 본 연구에서는 odd field의 Line-11 동기신호를 이용하였다.

그림 2는 BS에 의한 시각비교 원리도이다. 원자시계의 1초신호로 시간간격 계수기의 gate를 열고 BS-tuner에서 나오는 TV영상신호 중에서 line-11 수평동기신호를 추출하여¹⁷⁾ gate를 닫는다. 이때 첫번째 field의 line-11의 신호는 주기가 33.36ms(주파수는 29.97Mz)이므로 (1)식에서 알 수 있는 바와 같이 1초에 1ms씩 남게 되어 시간간격계수기로 측정 데이터가 1초마다 1ms씩 증가한다.

$$33.36ms \times 30 = 100.1ms \quad (1)$$

$t = T_s$ 에 BS송신 안테나로 부터 동기펄스가 보내지면 이 펄스가 각 시계 설치장소에 도달하여 시간간격 계수기를 정지시킬 때 시각은 각각 다음과 같이 된다.

$$t_1 = T_s + \tau_1 + d_1 \quad (2)$$

$$t_2 = T_s + \tau_2 + d_2 \quad (3)$$

τ_1 과 τ_2 는 BS송신 안테나로 부터 수신안테나 까지의 전파지연시간이고 d_1 과 d_2 는 수신장치 내

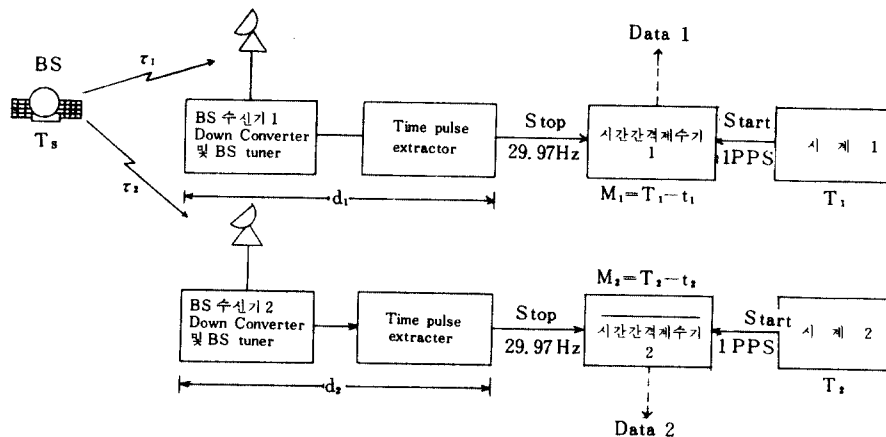


그림 2 BS에 의한 시각비교 원리도
Block Diagram of BS Time comparison system.

의 전파지연시간이다. 각각의 시간간격 계수기가 $t=T_1$ 과 $t=T_2$ 에 각각 초 펄스로 start 되었다면 계수기에 측정되는 시간간격은 다음과 같게 된다.

$$M_1 = T_1 - t_1 = T_1 - T_s - \tau_1 - d_1 \quad (4)$$

$$M_2 = T_2 - t_2 = T_2 - T_s - \tau_2 - d_2 \quad (5)$$

따라서 두 시계 사이의 시각차는

$$\Delta T_{12} = T_1 - T_2 = (M_1 - M_2) + (\tau_1 - \tau_2) + (d_1 - d_2) \quad (6)$$

이 된다. 여기서 동기펄스의 발사시간 T_s 는 상쇄되어 결과에 영향을 주지 않으며 $(d_1 - d_2)$ 는 수신장치 사이의 전파지연 시간차이므로 수신장치들을 동일장소에 놓고 측정함으로써 구할 수 있다. 또한 $(\tau_1 - \tau_2)$ 는 BS의 위치로부터 두 수신지점까지의 전파경로차에 의한 전파지연 시간차이다.

KSRI와 RRL에서 BS-2a를 이용하여 시각 비교를 했을 때 두 시계의 시각차는

$$\Delta T_{R-k} = (M_R - M_k) + (\tau_R - \tau_k) + (d_R - d_k) \quad (7)$$

이 된다. 여기서 수신장치 사이의 전파지연 시간차 $(d_R - d_k)$ 는 동일한 수신장치를 이용할 경우 무시할 수 있을 정도로 작다. $\tau_R - \tau_k$ 를 ΔD (전파 경로차에 의한 전파지연 시간차)라 하면

$$\Delta T_{R-k} \equiv M_R - (M_k - \Delta D) \quad (8)$$

가 된다.

본 실험에서 사용된 통신위성 one-way 방식에서는 위성의 궤도오차(orbital error)가 전파지연시간 계산에 가장큰 오차요인이 된다. 따라서 이것이 본 시각비교의 가장큰 오차요인이다. 이에 비해 전리층, 대기권등에 의한 오차는 적은 것이어서 무시될 수 있다. 궤도오차를 궤도보간법(orbital interpolation)을 사용하여 분석한 경우 이 오차를 수십 ns 이내로 줄일 수 있다⁽⁸⁾. 당소(KSRI)에서는 BS-2a의 궤도 정보를 알 수 없는 관

제로 일본(RRL)에서 계산하여 보내주는 데이터(전파지연시간차, ΔD)를 받아서 사용하였다.

위의 식(8)에서 ΔT_{R-k} 는 수신장치 사이의 전파지연시간차를 포함하고 있지 않으므로 이 지연시간차에 의한 보정은 이동 원자시계를 이용하였다.

위성으로부터 수신 안테나 까지의 전파 지연시간을 계산하기 위해서는 장소의 안테나 설치점의 좌표가 필요하므로 이 좌표를 국립지리원에 의뢰하여 측정하였다. 측지는 NNSS(Navy Navigation Satellite System)에 의한 항법장치로 WGS-72계의 좌표를 측정하였다. 그런데 여기서 필요한 좌표는 C-7계 이므로 WGS-72 좌표로부터 C-7계의 좌표를 계산해내었다.

다음은 측지결과 및 계산결과이다.

WGS-72계 :

동경 : 127°22'18.83"

북위 : 36°23'14.48"

높이 : 117.2m

C-7계 :

동경 : 127°22'18.37"

북위 : 36°23'14.98"

높이 : 116.9m

III. 실험결과

방송위성을 통해 TV 동기신호를 동시수신하는 방법을 이용하여 일본전파연구소와 한국표준연구소의 표준원자시계 사이의 시각비교를 주 1회(120초) 실시하였으며 각 측정시 데이터의 편차는 100 ns미만이었다. 본 시각비교 시스템 및 기타 요인에 의한 오차를 미해군관측소(USNO)의 이동원자시계를 사용하여 0.1 μ s 이내로 보정하였다.

BS-2a에 의한 ΔT_{R-k} 를 미해군관측소(USNO)에 의해 연 1회 실시되고있는 이동원자시계를 이용한 시각비교(정확도 $\geq 0.1\mu$ s)결과와 비교해 본결과 -1.1μ s($\Delta T_{R-k}(BS-2a) - \Delta T_{R-k}(p.c)$)의 차이가 있었다. 따라서 이것을 BS-2a 시스템내 지연시간차 및 기타요인에 의한 지연시간차로 생각하고 BS-2a에 의한 ΔT_{R-k} 데이터를 -1.1μ s 만큼 보정하였다. 이 보정한 결과를 LORAN-C을 이용한 BIH(Circular-D)에 의한 시각비교 결

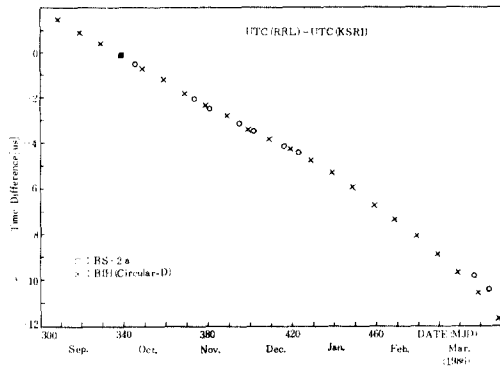


그림 3 시각비교 결과
Time comparison Results.

과와 비교하여 본 결과 그림 3에서 보는 바와 같다.

IV. 결 론

본 실험으로 방송위성을 이용하여 시간·주파수를 유지 및 보급하는 메카니즘을 확립하였으며 고정확도의 시각비교 장치인 GMS (Geostationary Meteorological Satellite)와 GPS/NAVSTAR (Global Positioning System/Navigation System Timing and Ranging) 시각비교 장치의 개

발에 기초를 마련하였다. 현재 GMS 시각비교 시스템은 마무리 단계에 있으며 GPS 시각비교 시스템 개발이 진행 중이다.

參 考 文 獻

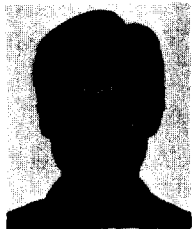
- (1) Y. Saburi, Y. Yasuda, S. Kobayashi and T. Sato, "T&F Comparisons via Broadcasting Satellite and Navigation Technology Satellite," Proc. PTTI, pp. 315-328, GSFC, Maryland, USA, Nov. pp. 27-29, 1979.
- (2) Byron E. Blair, Editor, Time and Frequency: Theory and Fundamentals NBS Monograph 140, pp. 259-268, May, 1971.
- (3) "Review of the Radio Research Laboratories," RRL, Japan Vol. 29, No. 149, pp. 291-299 Feb. 1983.
- (4) KSRI-IR-84, "TV 신호를 이용한 시각 및 주파수의 정밀 측정 연구," 한국표준연구소
- (5) K. Yoshimura, M. Imae, M. Urazuka, T. Morikawa, T. Yoshino, S. Kobayashi and T. Igarashi, "Research Activities on Time and Frequency Using Space Links," Trans Proc. pp. 157-160, Jan., 1985.
- (6) T. Ohtake, H. Reichert, L. T. Seaman, "Japanese Broadcasting Satellite," Microwave Journal, 7, pp. 53-56, 1977.
- (7) G. Kamas and S. Howe, Eds., Time and Frequency User's Manual, NBS sp. 559, pp. 131-156 Nov., 1979.
- (8) S. Kawase and T. Sato, "Orbital Error Analysis of Time Synchronization via Geostationary Broadcast Satellite," Journal of the Radio Research Laboratories, Vol. 29, No. 127, pp. 103-113, July 1982.



全寅德(In Deok JEON) 正會員
1959年10月5日生
1983年2月: 延世大學校物理學 學士
1985年2月: 서울大學院 物理學 碩士
1985年11月~現在: 韓國標準研究所 研究員



李昌福(Chang Bok LEE) 正會員
1956年12月9日生
1980年2月: 西江大學校 電子工學科 學士
1982年2月: 西江大學校 大學院 電子工學科 碩士
1982年4月~現在: 韓國標準研究所 勤務



金鎮玉(Jin Ok KIM) 正會員
1947年1月29日生
1969年2月: 漢南大學校物理科 學士
1976年2月: 延世大學院物理學科 碩士
1977~現在: 韓國標準研究所先任研究員



鄭樂三(Nak Sam CHUNG) 正會員
1939年4月22日生
1960~1967: 서울大學校 文理大 物理學科 學士
1968~1973: 美國Purdue大學校 物理學 碩士, 博士
1973年5月~1976年7月: Purdue 大學校 研究院
1976年7月~現在: 韓國標準研究所責任研究員