

한일공동VLBI상관기에서 관측 데이터의 동기재생처리를 위한 RVDB 시스템 개발과 성능시험
PERFORMANCE EVALUATION AND DEVELOPMENT OF RVDB SYSTEM FOR THE
SYNCHRONIZED PLAYBACK PROCESSING OF OBSERVED DATA IN KJJVC

오세진¹, 노덕규¹, 염재환¹, 정현수¹, 이창훈¹, 김광동¹, 김효령¹,

Tomoaki Oyama², Noriyuki Kawaguchi², Kensuke Ozeki³

¹한국천문연구원, ²일본국립천문대, ³Elecs Industry Co. Ltd.

SE-JIN OH¹, DUK-GYOO ROH¹, JAE-HWAN YEOM¹, HYUN-SOO CHUNG¹, CHANG-HOON LEE¹,
KWANG-DONG KIM¹, HYO-RYOUNG KIM¹, TOMOAKI OYAMA², NORIYUKI KAWAGUCHI², AND KENSUKE OZEKI³

¹Korea Astronomy & Space Science Institute, 61-1 Hwaam, Yuseong, Daejeon 305-348, Korea

²National Astronomical Observatory of Japan, 2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan

³Elecs Industry Co. Ltd., 1-22-23 Sinsaku, Takatu, Kawasaki 213-0014, Japan

Email: sjoh@kasi.re.kr

(Received November 18, 2008; Accepted December 14, 2008)

ABSTRACT

In this paper, we introduce the performance evaluation and development of Raw VLBI Data Buffer(RVDB) system for the synchronized playback processing of observed data in Korea-Japan Joint VLBI Correlator(KJJVC). The high-speed correlation processing system is under development so that the radio data obtained with 8192 channels and 8 Gbps speed from 16 stations will be able to be processed. When the recorded data of each station are played to correlator, the time synchronization of each station is very important because the correlator should process the data obtained with same time and condition. There are many types of recorder systems in the East Asia VLBI Network (EAVN). Therefore it is required to prepare the special time synchronized playback processing system to synchronize the time tag of observed data. The developed RVDB system consists of Data Input Output(DIO), 10GbE switch, and Disk Data Buffer(DDB). It can record the data with maximum 2 Gbps speed, and can play back the data to correlator with nominal 2 Gbps speed. To enable to play back the data of different playback system to the correlator, we developed the high-speed time synchronized playback processing system. We carried out the experiments of playing back and correlation for gigabit correlator and VCS trial product so as to confirm the performance of developed time synchronized playback processing system. In case of online and offline playing back experiment for gigabit correlator, we confirmed that the online and offline correlation results were the same. In case of playing back experiment for VCS trial product, we verified that the wide band and narrow band correlation results were also the same. Through the playing back experiments of RVDB system, the effectiveness of developed RVDB system was verified. In this paper, the system design, construction and experimental results are shown briefly.

Key words : KJJVC, Playback System, Time Synchronization System, Raw VLBI Data Buffer(RVDB) system

1. 서론

최근 전파천문분야에서는 정보통신기술의 비약적인 발전과 함께 사용자의 전파원의 관측에 대한 요구가 증가하여 관련 시스템들도 이에 대응하기 위해 초고속 정

보통신 기술을 접목한 시스템들이 개발·설치되고 있다. 그 대표적인 예로 과거에는 관측 자료를 기록한 테이프나 하드디스크를 각 전파천문대에서 자료처리센터로 운

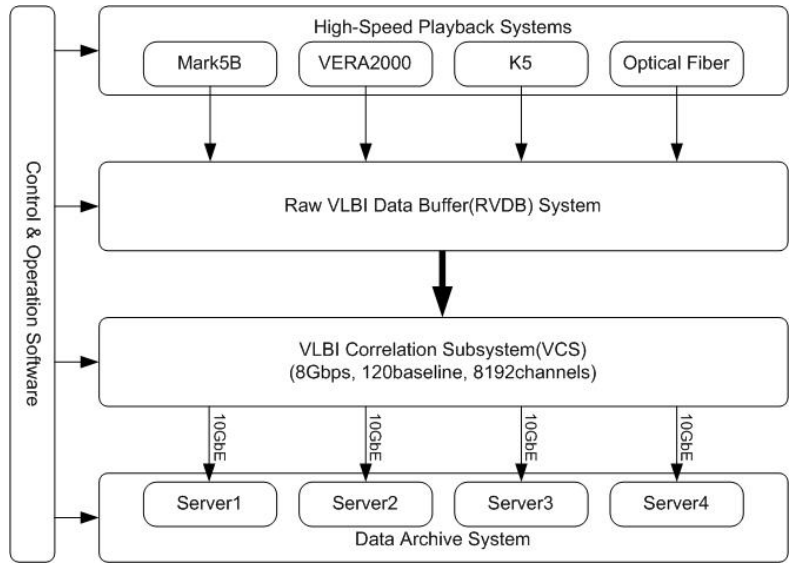


그림 1. 한일공동VLBI상관기 구성도.

송하여 처리하였으나, 최근에는 상용화된 초고속 정보통신망(광케이블)을 이용하여 관측 데이터의 기록과 함께 바로 자료처리센터를 전송하는 방법이 사용되고 있다 (Kawaguchi, 2008). 또한 관측 자료의 기록속도도 컴퓨터 시스템의 발전으로 인해 넓은 대역폭을 지원하면서 최대 1 Gbps 또는 그 이상으로 관측 데이터를 하드디스크에 기록하는 기술도 접목되고 있어서 사용자는 더 많은 관측 자료를 저장하고 원하는 연구의 폭을 넓힐 수 있게 되었다(Chester, 2008).

이와 관련하여 한국천문연구원에서는 일본국립천문대와 2002년 체결한 공동연구협정을 바탕으로 일본의 VERA 4관측국과 대학관측국 및 한국의 한국우주전파관측망(Korean VLBI Network, KVN) 3 관측국을 연결하여 관측을 수행하고 동아시아 지역의 VLBI 관측망을 형성하는 계획을 공동으로 추진해 왔다(김효령 외, 2007). 따라서 10국 이상의 관측 데이터를 합성하는 상관처리 장치가 필요하게 되었다. 현재 일본국립천문대에서 운영하고 있는 Mitaka FX 상관처리 장치는 최대 5 관측국의 데이터를 합성할 수 있으므로 새로운 대형 상관처리 장치를 공동개발하기로 양국이 합의하였다(노덕규 외, 2007). 이 공동개발 계획에 의해 한국은 상관처리 장치를, 일본은 관측 데이터를 집중관리 처리하는 동기재생처리장치를 개발하기로 분담하였다. 동기재생처리장치는 데이터의 기록장치(VERA2000, Mark5형, K5형)로 기록된 데이터를 같은 형식을 가지면서 집중적으로 일원화해서 관리하는 시스템을 말하며, 누적된 대용량 관측데이터를 동일 형식의 데이터로 시각동기(time synchronization)와 함

계 상관처리장치에 출력하는 역할을 담당한다.

본 논문에서는 한일공동VLBI상관기의 다양한 기록재생장치의 데이터 동기재생처리를 위해 필요한 동기재생처리장치의 설계, 개발, 그리고 시스템의 유효성 확인을 위해 수행한 실험결과 등에 대해 기술하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 한일공동VLBI상관기 개발에 대해 간략히 살펴보고, 3장에서는 개발된 초고속 동기재생처리장치의 규격, 설계 및 개발 등에 대해서 간략히 기술한다. 4장에서는 개발한 동기재생처리 시스템의 실험결과에 대해 간략히 기술한 후 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론과 향후 계획에 대해 요약한다.

2. 한일공동VLBI상관기 개발

그림 1에 현재 개발을 진행 중인 한일공동VLBI상관기 시스템의 개략적인 구조를 나타내었다(노덕규 외, 2007). 전체 상관시스템은 초고속 동기재생처리 시스템인 Raw VLBI Data Buffer(RVDB) 시스템, 상관처리를 수행하는 VLBI상관서브시스템(VLBI Correlation Subsystem, VCS), 상관처리결과를 저장하는 데이터 아카이브 시스템, 전체 상관 시스템의 제어 및 운용을 위한 소프트웨어 부분으로 구성된다.

RVDB 시스템은 동아시아 지역에 존재하는 다양한 고속재생기들의 관측 데이터를 상관기에 직접 재생할 때 발생하는 데이터 형식의 차이, 시각동기 재생 등의 문제를 해결하기 위해 고속재생기와 상관기 사이에 대용량 버퍼 형태로 구성한 것이다. 이 시스템은 데이터

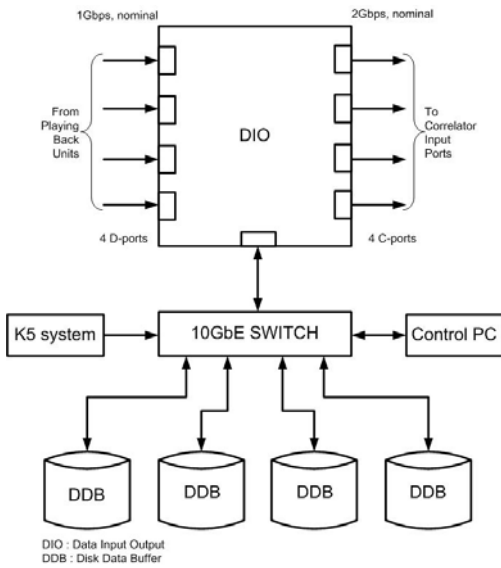


그림 2. RVDB 시스템의 기본적인 구성도.

형식의 규격, 시각동기를 맞추어 다양한 고속재생기로부터 데이터를 기록하고 다시 VCS에 관측 데이터를 재생하는 역할을 담당한다.

VCS는 RVDB 시스템으로부터 VLBI 데이터를 수신하고 상관기 제어 및 운용 컴퓨터로부터 주어진 적절한 제어 파라미터와 함께 입력 데이터의 모든 가능한 쌍(pair) 사이의 상관계산을 수행한다. 그리고 상관처리된 결과를 데이터 아카이브 시스템으로 출력하게 된다. 그리고 데이터 아카이브는 데이터 서버의 일종으로서 상관 서브시스템으로부터 상관처리된 데이터 출력을 추출하고 규격화된 파일 시스템으로 출력결과를 저장하는데 사용된다. 마지막으로 전체 시스템에 대한 상관기 제어 및 운용 소프트웨어는 각 시스템의 제어 및 파라미터 설정과 운용에 관련된 소프트웨어로 구성되어 있다.

3. 동기재생처리 시스템

그림 1에 나타낸 한일공동VLBI상관기의 구성도에서 동기재생처리 시스템인 RVDB 시스템은 향후 사용될 광케이블과 Mark5B, VERA2000, K-5 등과 같이 공동 VLBI 관측망에서 사용될 다양한 VLBI 데이터 재생 시스템을 연결할 수 있도록 구성된다. 재생시스템들 중에서 어떤 시스템은 VSI-H 호환 인터페이스를 채용하고 있지만, 다른 시스템은 데이터 전송을 위해 광전송 인터페이스를 채용하고 있으며, 최대 데이터 기록/재생 속도에도 차이가 있다. 이와 같이 기존의 VLBI 데이터 재생 시스템 사이에 존재하는 차이점과 이질성을 해결하기 위해 본 연구에서는 한일공동VLBI상관기 개발의 일환으로 한국천문연구원와 일본국립천문대와의 공동

개발협정을 통하여 일본국립천문대에서 개발을 분담한 동기재생처리 시스템인 RVDB 시스템을 개발하였다. 그림 2에 나타낸 기본 구성도와 같이 RVDB 시스템은 광케이블을 통한 데이터의 입출력을 담당하는 데이터 입출력부(Data Input Output, DIO)와 대용량 저장미디어로 구성된 디스크 데이터 버퍼부(Disk Data Buffer, DDB)로 구성된다. 그리고 광케이블 연결단자는 상용으로 판매되는 10GbE SW를 사용하여 전체 RVDB 시스템을 구성하였다.

이하에 본 연구를 통하여 개발한 DIO 및 DDB 시스템의 규격과 특징에 대해 간략히 기술한다.

3.1 DIO(Data Input Output)

그림 3에 나타낸 것과 같이 데이터 입출력부(DIO) 시스템은 고속재생기의 출력 데이터를 입력 포트인 D 포트로 받아서 VSI-H 규격의 데이터를 광케이블로 전송하기 위해 데이터 Frame화를 수행한다. 그리고 다른 Frame 데이터와 혼합하여 광신호로 변환한 후 10GbE으로 디스크 데이터 버퍼부(Disk Data Buffer, DDB)에 광전송을 수행한다. DIO와 DDB의 관측 데이터 전송에 사용된 프로토콜은 Layer5이상으로 독자적인 프로토콜인 V RTP(VLBI Real time Transport Protocol)과 V RTC P(V RTP Control Protocol)을 사용하였다(Lapsley et al, 2004). 그리고 Layer1~4는 각각 범용 프로토콜인 10GBASE-LR/IP/UDP를 사용하였다.

DIO 시스템은 4개의 I/O 포트를 가지며 입력(D 포트)은 VSI-H 규격을 따르며 PDATA 규격의 시각정보를 표시하고 최대 2 Gbps의 속도로 기록할 수 있다. 마찬가지로 출력(C 포트)은 VSI-H 규격을 따르며, QDATA 규격의 시각정보를 표시하며 기본적으로 2 Gbps의 속도로 데이터를 재생할 수 있다.

D포트 및 C포트에서 지원하는 관측 데이터의 형식은 표 1에 나타내었다. 그리고 그림 4에 DIO 시스템의 외관 설계모습과 제작된 외형모습을 나타내었다.

3.2 DDB(Disk Data Buffer)

그림 5에 나타낸 것과 같이 DDB 시스템은 하드디스크(HDD)와 관련된 제어장치 및 광송수신을 위한 모듈로 구성된다. 데이터 기록의 경우 DIO의 출력 포트를 통하여 전송된 데이터는 Frame 분리를 통하여 하드디스크에 기록할 수 있는 형태로 변환된 후 여러 하드디스크에 기록된다. 데이터 재생의 경우 하드디스크에서 읽은 데이터를 Frame화한 후 Frame 혼합과 광전송을 위한 데이터 변환을 수행한 후 상관기 또는 다른 기록시스템으로 출력 포트인 C 포트를 통하여 재생된다. 이하에 DDB 시스템의 기능에 대해 상세히 기술한다.

우선 DDB의 디스크 영역을 살펴보면, DDB 시스템의

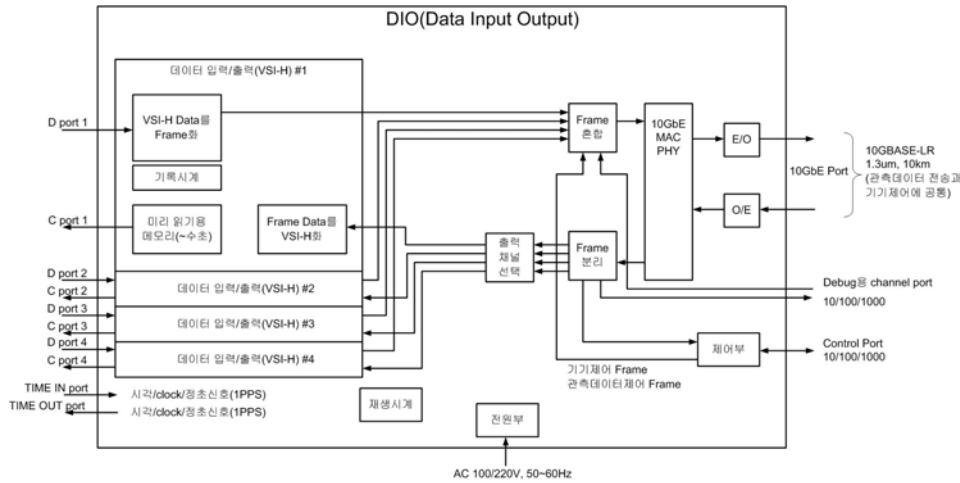


그림 3. 데이터 입출력부(Data Input Output) 구성도.

표 1. DIO 시스템의 VSI-H 데이터 입출력 형식.

데이터 포트	VSI-H 입출력 형식
D 포트	1024Mbps=32MHz clock x 32 parallel
	2048Mbps=64MHz clock x 32 parallel
C 포트	1024Mbps=32MHz clock x 32 parallel
	2048Mbps=64MHz clock x 32 parallel

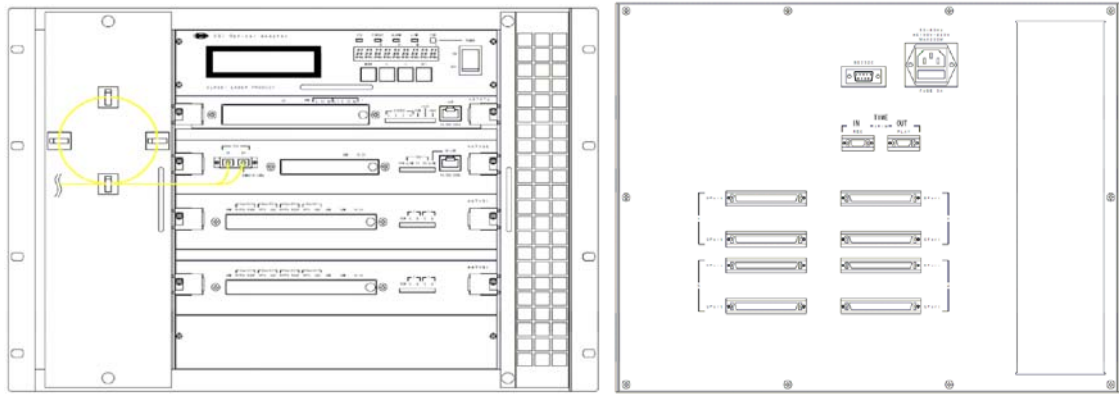
용량은 개발할 당시 1 유닛(DDB 1 unit)에 대해 7.5 TByte(즉, 320GB HDD 24개 사용)의 용량으로 구성하였으며, 4 유닛인 경우 총 30 TByte가 된다. 그리고 최대 기록시간은 4포트의 기록과 재생을 병렬로 동작하면 1 Gbps(128 MByte/s)의 속도로 1포트당 16시간이 된다 (30TBytes/128MByte/4포트 \approx 58593 \approx 16시간). 하드디스크는 여러 개가 block으로 연결된 partition으로 관리되며, 1 block은 512 Mbit의 관측 데이터를 기록할 수 있는 용량이고, 만약 데이터 기록속도가 1 Gbps이면, 1초당 2block을 사용하게 된다. partition은 예약 시에 임의의 이름을 붙일 수 있으며, 기록/재생/삭제 등의 조작은 partition 이름을 지정할 때 수행한다. 최대 partition 수는 DDB 1 유닛 당 128개이며, 128개 전체에 같은 용량의 partition을 생성하면 1개 partition의 기록시간은 1 Gbps(128 MByte/s)의 속도로 약 7분30초이다(즉, 7.5TByte/128MByte/128partition \approx 450초 \approx 7분 30초). 그리고 DDB 시스템에서 기록의 경우 D 포트에 입력된 1 Gbps 또는 2 Gbps의 관측 데이터를 디스크에 기록할 수 있고, D 포트에 입력된 관측 데이터를 2개로 분할해서 각각 다른 디스크에 기록할 수도 있다(2분할 기록 재생). 재생의 경우 재생시계에 동기하여 디스크에 기록되어 있는 관측 데이터를 1 Gbps 또는 2 Gbps로 C 포트에

재생할 수 있다. 특히 DDB 시스템의 기능 중에서 2분할 기록재생 기능이 있는데, 이 기능은 DDB 시스템에 기록된 관측 데이터를 기록속도의 2배 또는 4배로 설정하여 C 포트에 재생하는 기능이다. 그리고 DDB 시스템에 기록된 1 bit 샘플의 관측 데이터를 2 bit 샘플의 관측 데이터로 확장하여 C 포트에 출력할 수도 있으며, 재생할 때 초단위로 offset을 줄 수 있다. 그 offset의 범위는 ± 3600 초(± 1 시간)이다. 또한 기록 중에 partition을 재생할 수도 있다.

그림 6은 제작된 DDB 시스템의 모습을 나타낸 것이다.

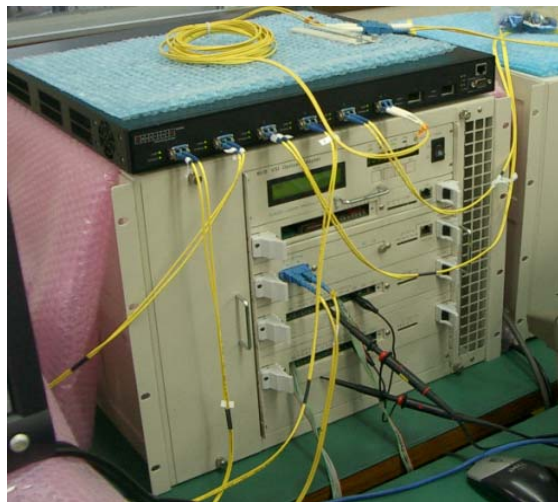
3.3 RVDB 시스템의 동작과 데이터 흐름

전체 RVDB 시스템은 1set의 데이터 입출력부(DIO)와 4set의 디스크 데이터 버퍼부(DDB) 그리고 이것을 연결하는 1set의 10GbE Switch(SW)로 구성된다. 현재 개발된 환경에서는 4set의 DDB 전체용량은 30 TByte이며, 이는 향후 하드디스크를 변경하면 가변적이다. 총 4 관측국의 데이터에 대해 1set DIO와 4set DDB 시스템이 필요하다. 이렇게 구성할 경우 각 관측국에 대해 총 16시간의 데이터를 처리할 수 있는데, 이는 8시간의 데이터 기록과 8시간의 데이터 재생을 포함하며, 기록과 재



(a) 전면.

(b) 후면.



(c) 제작된 외형모습.

그림 4. 데이터 입출력부(DIO) 시스템의 설계 외관과 제작된 외형모습.

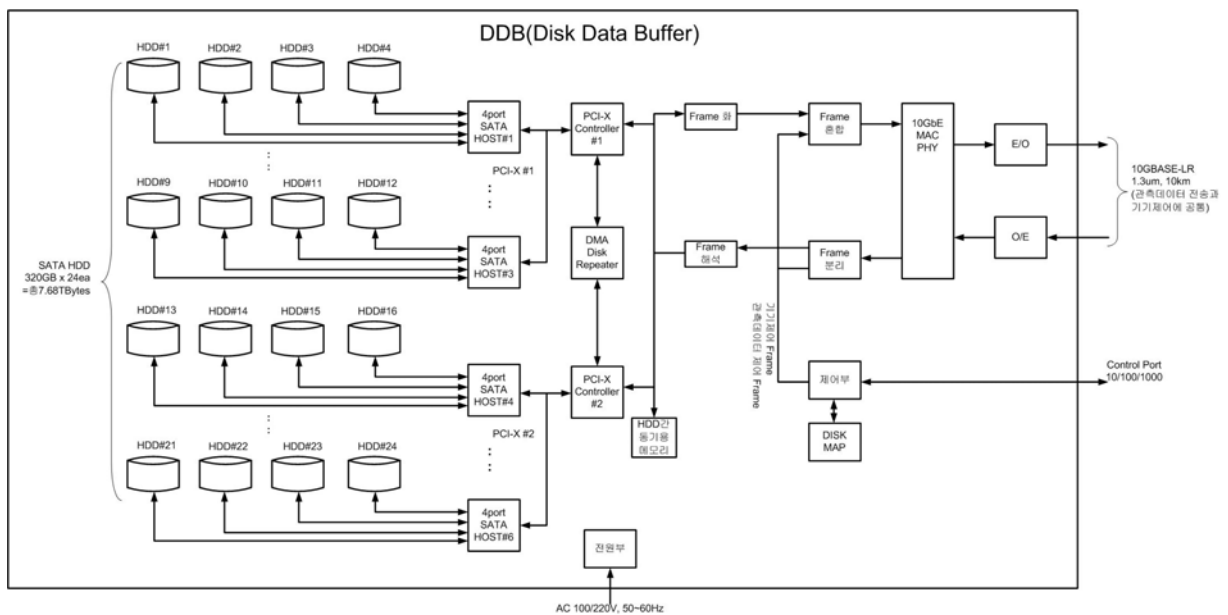


그림 5. 디스크 데이터 버퍼부(Disk Data Buffer, DDB)의 구성도.

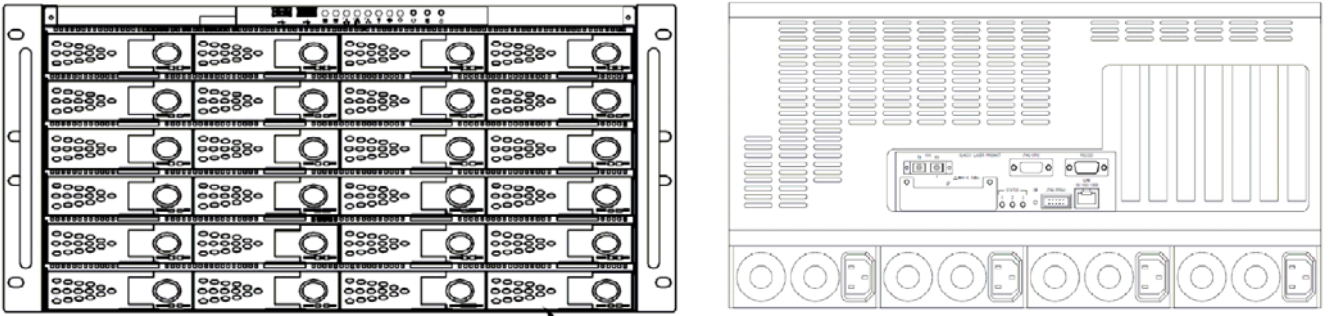


그림 6. 디스크 데이터 버퍼부(DDB)의 제작된 모습.

4 RVDBs drive each port#0 of 16-station correlator at 2-Gbps rate.

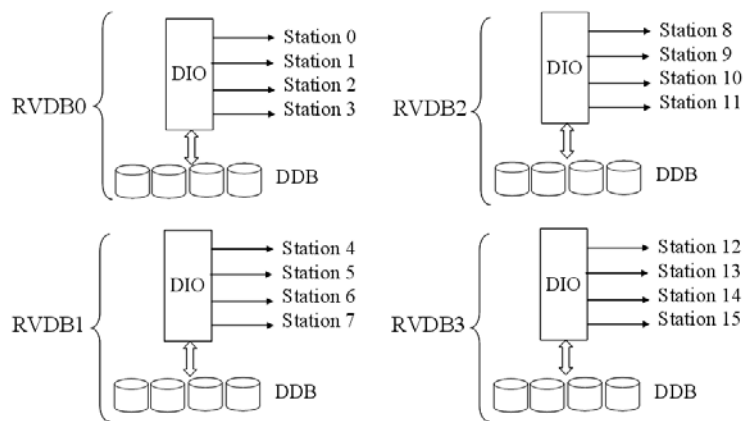


그림 7. RVDB 시스템의 데이터 흐름.

표 2. RVDB 시스템의 성능평가를 위해 사용된 데이터 요약.

Station	Usuda(64m), Kashima(34m), Yamaguchi(32m)
Date	2007. 12. 20.
Targets	J0721+71(Target), J0642+67, J0726+79(calibrator)
Band	X-band
Bandwidth	512 MHz
Sampling	2 bit, 1 Gsps(ADS-1000)
Recording	RVDB system (Three DDBs were used)
Correlation	Real time and playback correlation using the Gigabit Correlator at Mitaka correlation center.
Output data	FITS Format

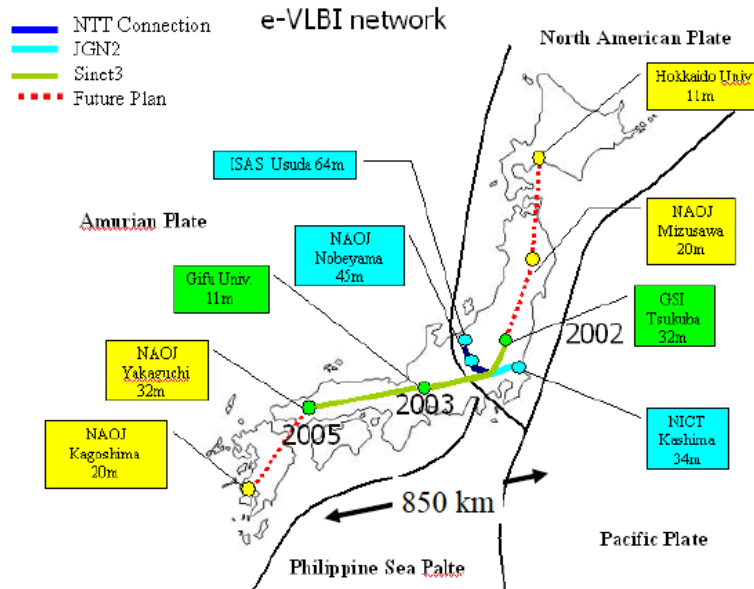


그림 8. 일본 VLBI 관측망의 네트워크 연결 구성도.

생을 동시에 수행할 수도 있다.

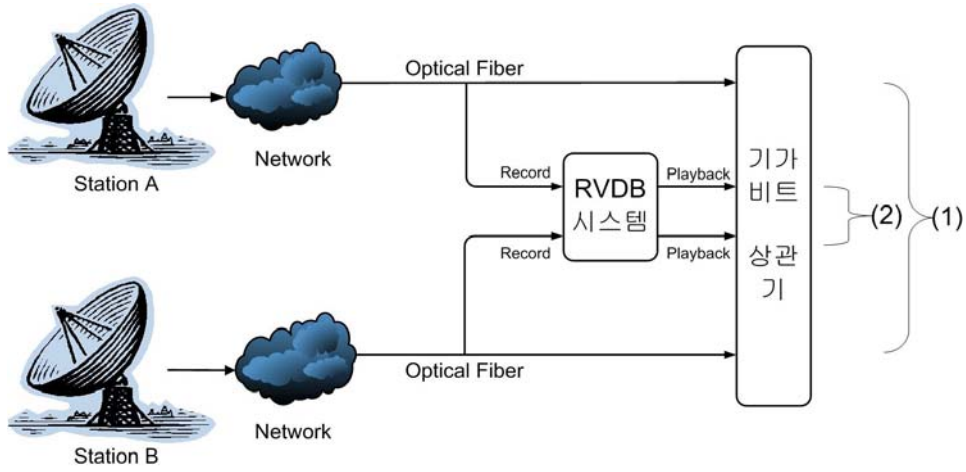
그림 7은 RVDB 시스템에서 VCS로 재생되는 데이터의 흐름을 나타낸 것이다. 그림 7에 나타낸 것과 같이 VCS가 처리할 수 있는 16관측국 데이터에 대해 1set의 RVDB 시스템이 4관측국을 처리하여 2Gbps의 속도로 총 4대의 RVDB 시스템을 구성한 것이다.

4. 실험결과

본 연구에서는 동기재생처리를 위한 RVDB 시스템의 하드웨어 개발이 완료되어 성능시험을 위해 기록 및 재생 실험을 일본국립천문대 Mitaka 상관센터의 기가비트 상관기에서 수행하였다. 그리고 동일한 RVDB 시스템을 이용하여 한일공동VLBI상관기의 VLBI상관서브시스템(VCS)의 시제품에 평가 데이터를 재생하여 VCS 시제품

의 성능평가에도 사용하였다.

우선 RVDB 시스템의 기록, 재생실험에서는 그림 8에 나타낸 것과 같이 광케이블로 연결된 일본 VLBI 관측망(Japan VLBI Network, JVN)에서 Usuda, Kashima, Yamaguchi의 VLBI 관측국에서 관측한 데이터를 사용하였다(Oyama et. al, 2008). 실험을 위한 시스템 구성은 그림 9에 나타낸 것과 같이 우선 관측 데이터를 실시간으로 상관센터로 전송하여 기가비트 상관기에서 실시간 상관처리(Online)를 수행하도록 하면서 동시에 RVDB 시스템에 데이터를 기록하도록 하였다. 이때 출력되는 기가비트 상관처리 결과와 비교하기 위해 다시 RVDB 시스템에 기록된 데이터를 기가비트 상관기로 재생하여 다시 상관처리(Offline)를 수행하였다. 본 실험에 사용된 기가비트 상관기는 1Gbps급의 광케이블을 통하여 각 관측국



(a) 실험 구성도.



[기가비트 상관기]

[RVDB 시스템]

(b) 실험에 사용된 RVDB 시스템과 기가비트 상관기.

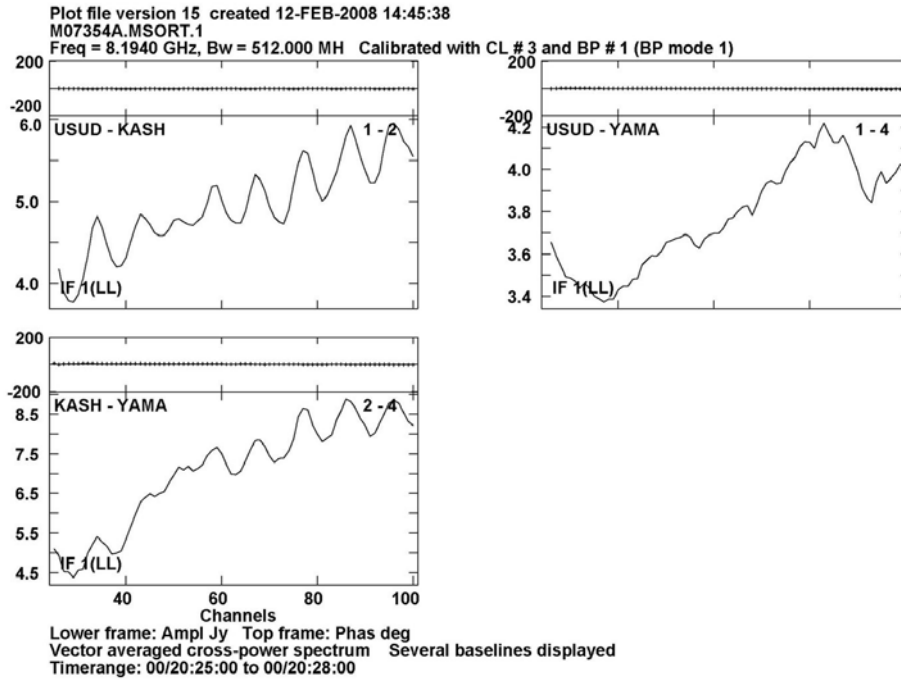
그림 9. 실험 구성도와 실험에 사용된 RVDB와 기가비트 상관처리 시스템(일본 Mitaka 상관센터).

에서 관측한 데이터를 거의 실시간으로 전송하여 상관처리를 수행할 수 있고 미디어에 기록된 관측 데이터를 재생하여 상관처리를 수행할 수 있는 시스템이다.

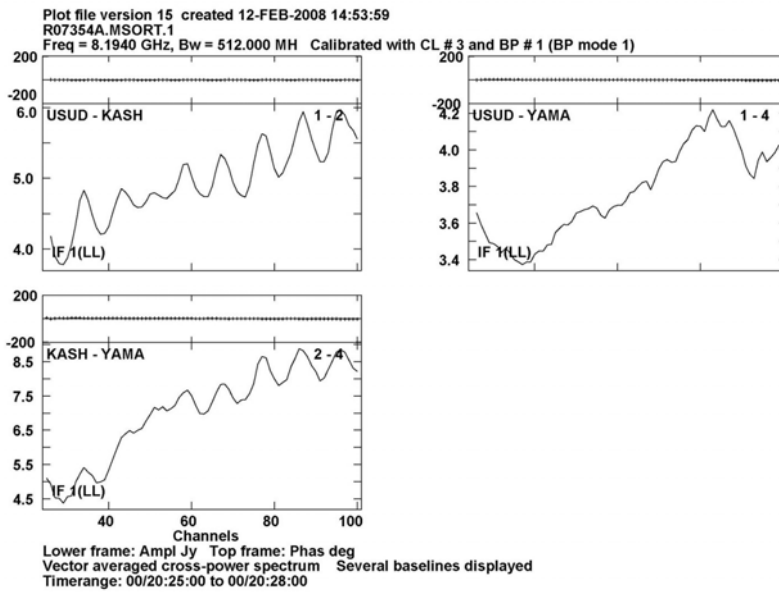
실험에 사용된 데이터의 정보는 표 2에 나타내었으며, 실험 구성방법과 사용된 기가비트 상관기 및 RVDB 시스템의 모습은 그림 9에 나타내었다. 그리고 기가비트 상관기에서 상관처리한 결과는 Cross Power Spectrum, Rate, Amplitude와 Phase, Delay, Closure Phase 등 이며 그림 10에서 그림 14까지 각각 나타내었다.

한일공동VLBI상관기의 핵심인 VCS 시제품의 성능평

가에서는 RVDB 시스템과 VCS 시제품을 연결하여 상관처리에 필요한 테스트 데이터의 재생을 위해 사용하였다. VCS 시제품의 평가를 위해서는 시뮬레이션을 통해 임의로 작성한 잡음(noise)과 톤(tone) 신호가 입력된 데이터와 실제 관측한 데이터(프로젝트 030126)를 사용하였다. VCS 시제품의 평가를 위해 사용한 실제 관측 데이터의 정보는 표 3에 나타내었다. 임의로 생성한 데이터는 RVDB 시스템에 직접 입력하였으며, 실제 관측한 데이터는 그림 15에 나타낸 것과 같이 관측 데이터가 기록된 테이프를 이동하여 RVDB 시스템에 기록한 후 VCS

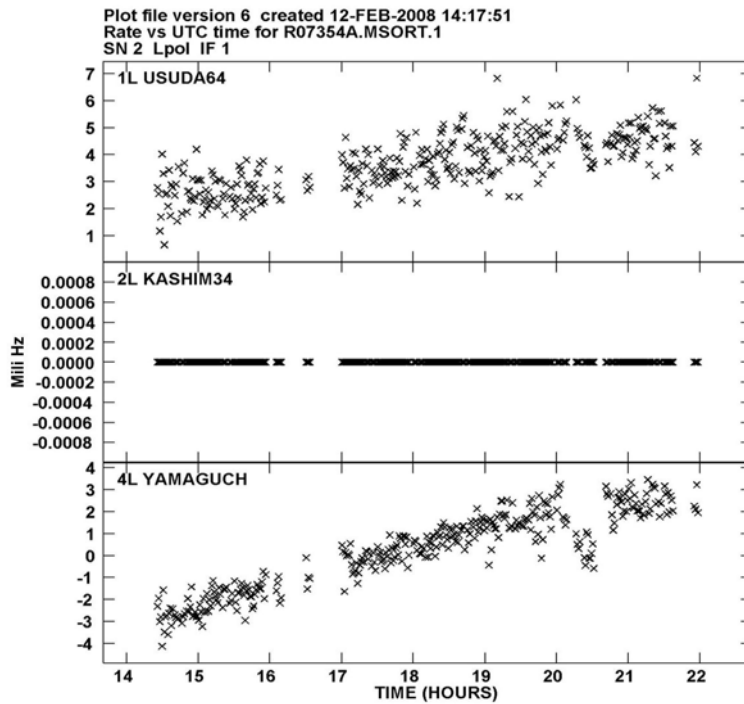


(a) 실시간 기가비트 상관처리결과(Online).

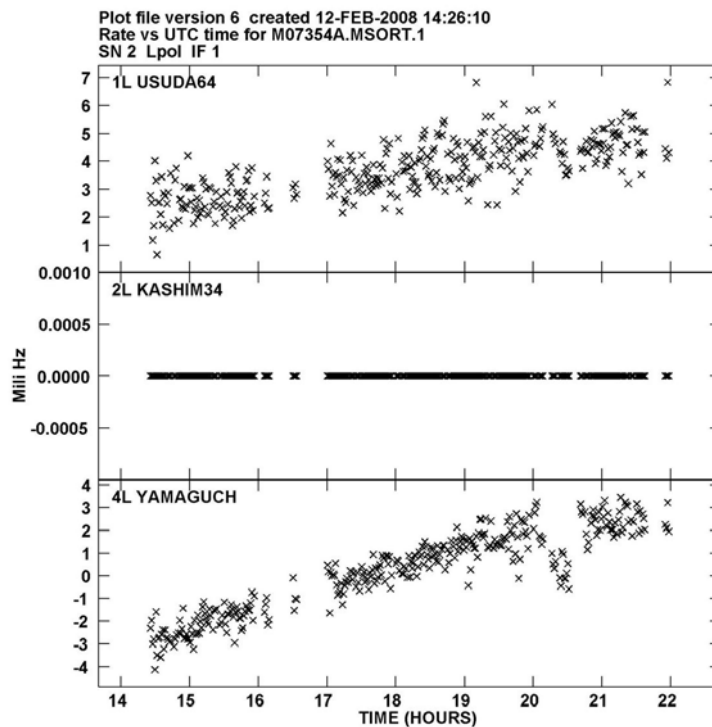


(b) RVDB에서 기록/재생 후의 기가비트 상관처리 결과(Offline).

그림 10. 기가비트(실시간) 상관처리 및 RVDB에서 기가비트 상관기로 재생한 후의 상관처리 결과(Cross Power Spectrum).

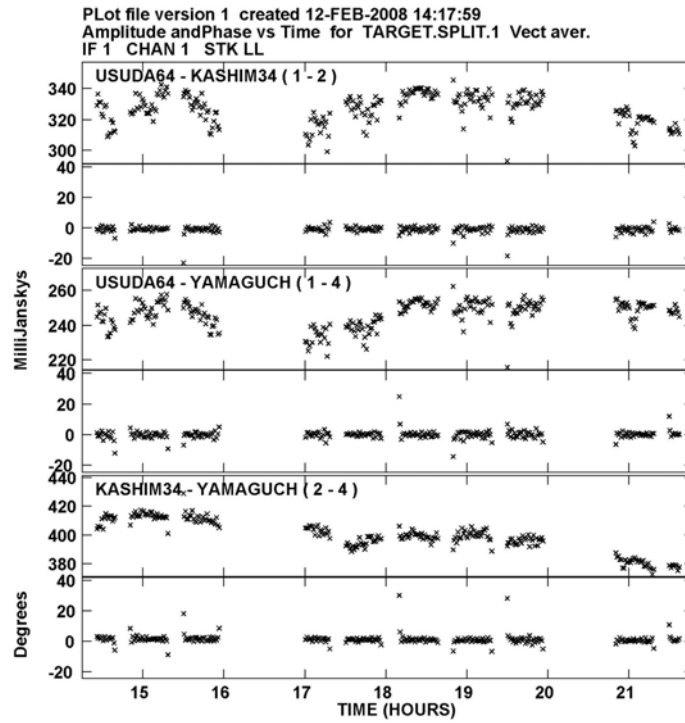


(a) 실시간 기가비트 상관처리결과(Online).

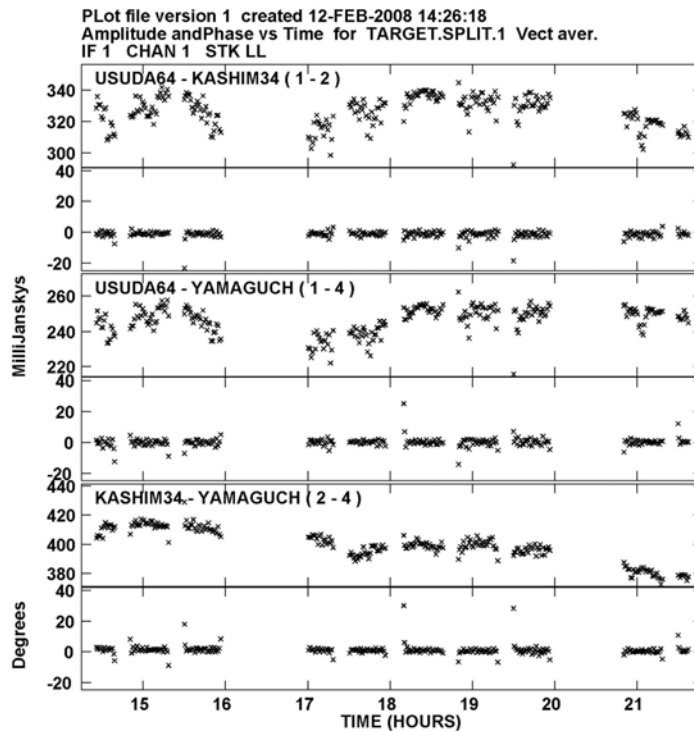


(b) RVDB에서 기록/재생 후의 기가비트 상관처리 결과(Offline).

그림 11. 기가비트(실시간) 상관처리 및 RVDB에서 기가비트 상관기로 재생한 후의 상관처리 결과(Rate).

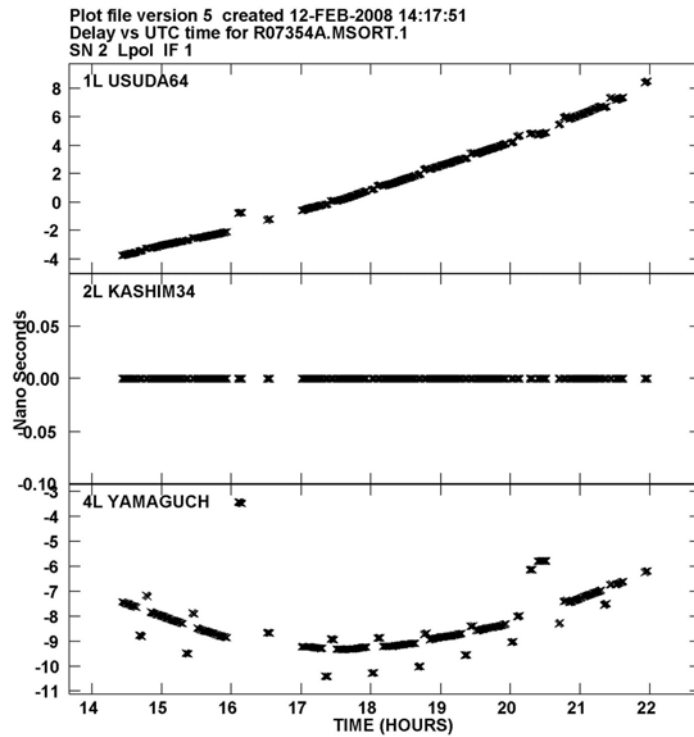


(a) 실시간 기가비트 상관처리결과(Online).

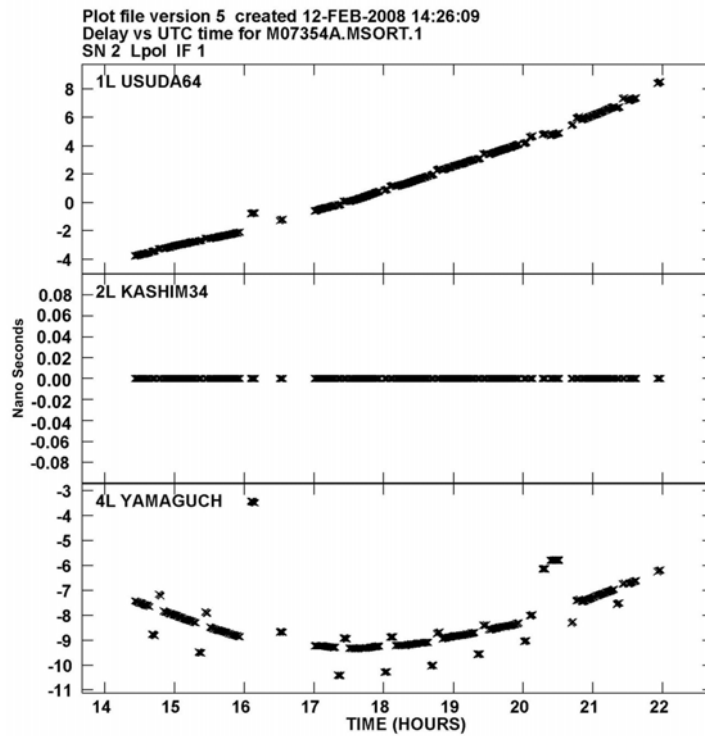


(b) RVDB에서 기록/재생 후의 기가비트 상관처리 결과(Offline).

그림 12. 기가비트(실시간) 상관처리 및 RVDB에서 기가비트 상관기로 재생한 후의 상관처리 결과(Amplitude and Phase).

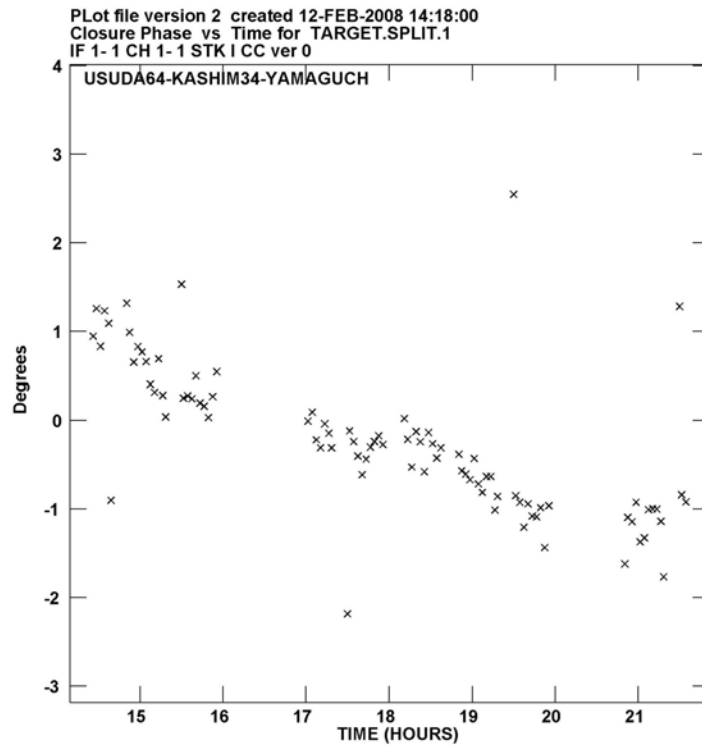


(a) 실시간 기가비트 상관처리결과(Online).

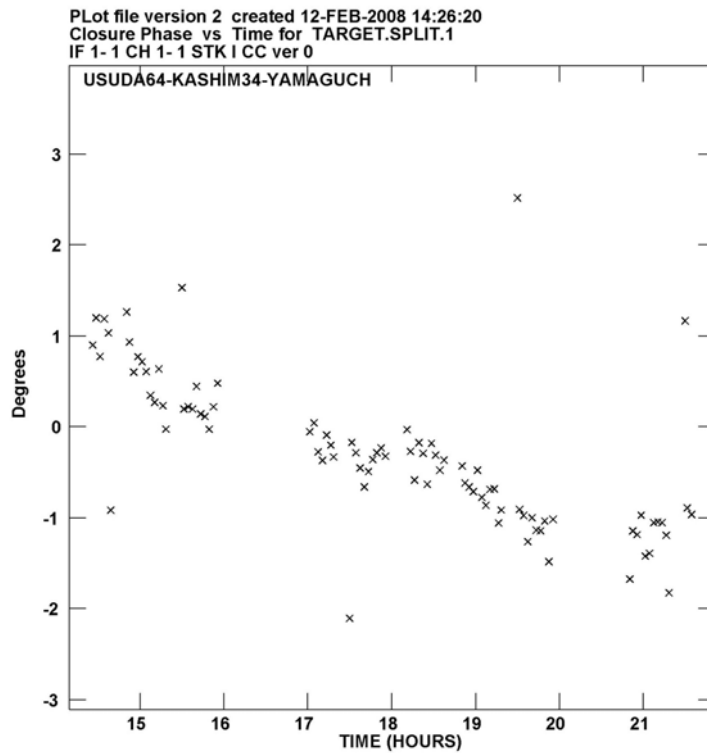


(b) RVDB에서 기록/재생 후의 기가비트 상관처리 결과(Offline).

그림 13. 기가비트(실시간) 상관처리 및 RVDB에서 기가비트 상관기로 재생한 후의 상관처리 결과(Delay).

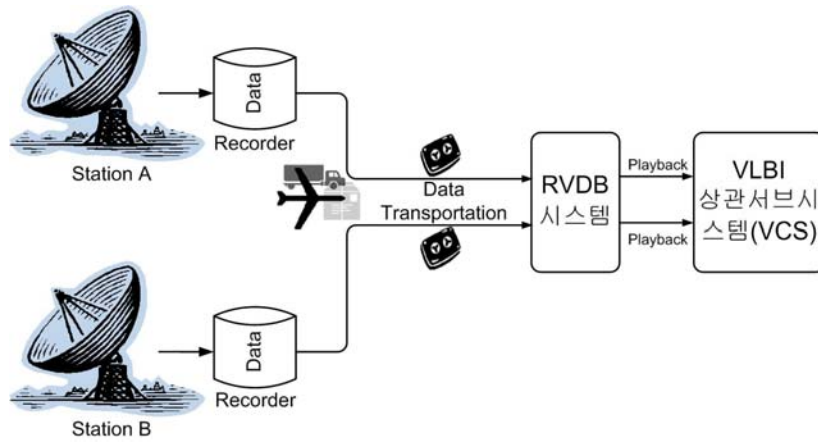


(a) 실시간 기가비트 상관처리결과(Online).



(b) RVDB에서 기록/재생 후의 기가비트 상관처리 결과(Offline).

그림 14. 기가비트(실시간) 상관처리 및 RVDB에서 기가비트 상관기로 재생한 후의 상관처리 결과(Closure Phase).



(a) 실험 구성도.

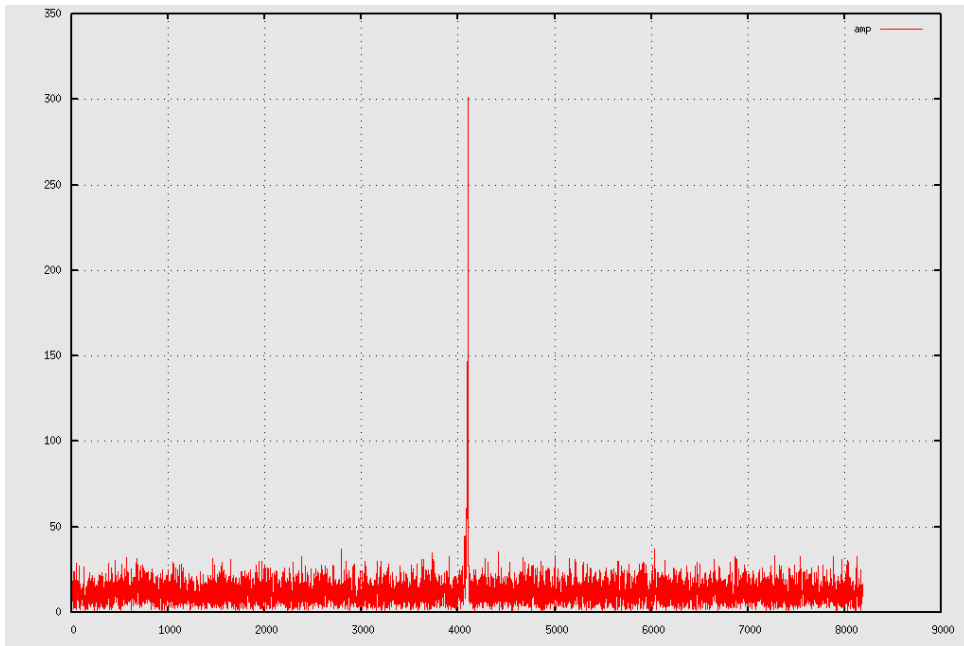


(왼쪽 : RVDB 시스템, 오른쪽 : VCS)

그림 15. VCS 시제품의 평가를 위해 사용된 RVDB 시스템 모습.

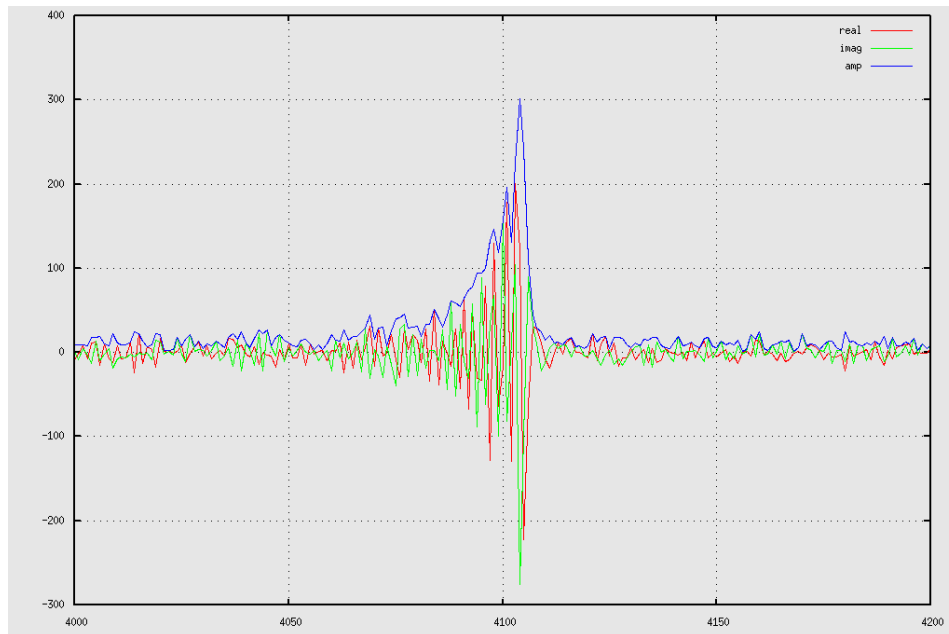
표 3. RVDB 시스템과 VCS 시제품의 평가를 위해 사용된 관측 데이터(프로젝트 030126).

Station X	Usuda 64m = -3855355.418700,+3427427.605100,+3740971.276300
Station Y	Tsukuba 32m = -3957408.751000,+3310229.346000,+3737494.835000
Frequency	8704000000Hz, LSB, 512000000Hz BW
Clock Offset	X station=-1.844uS, Y station=0uS
Source Name	OJ287
Source Position	08,54,48.87486 : +20,06,30.6390
Time	2008019181820



x : channel, y : amplitude

(a) Cross Correlation Spectrum.



x : channel, y : amplitude

(b) fringe부분 확대.

그림 16. 실제 관측 데이터(OJ287)를 이용한 512MHz 광대역 모드의 VCS 시제품의 상관처리 결과.

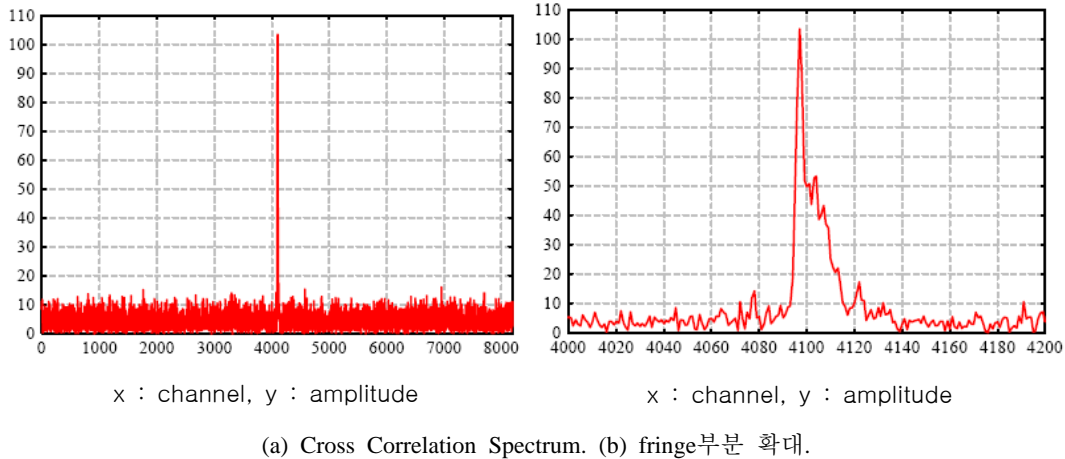


그림 17. 실제 관측 데이터(OJ287)를 이용한 128MHz 협대역 모드의 VCS 시제품의 상관처리 결과.

시제품에 재생하도록 하였다. VCS 시제품의 성능평가를 위해 RVDB 시스템과 함께 구성한 모습은 그림 15에 나타내었다. 재생 및 상관처리 실험에서는 실제 관측 데이터를 RVDB 시스템에 기록한 후 VCS 시제품에 재생하여 VCS 시제품으로 광대역모드(Wide band mode)와 협대역 모드(Narrow band mode)에 대해 상관처리한 결과를 그림 16과 그림 17에 각각 나타내었다.

그림 10에서 14에 나타난 기가비트 상관기의 상관처리 결과에서는 RVDB 시스템으로 관측 데이터의 기록 및 재생실험 결과를 비교하기 위해, 실제 상관처리 결과의 수치적, 물리적 해석에 의해 도식화된 값들이 정확히 일치하는지를 확인하였다. 그리고 그림 16과 그림 17에 나타난 VCS 시제품의 상관처리결과에서는 실제로 상관결과를 알고 있는 관측 데이터에 대해 오프라인(Offline)으로 RVDB 시스템에 데이터를 기록한 후 다시 VCS 시제품에 재생하여 상관처리를 수행하는 방법으로 광대역모드(Wideband mode)와 협대역모드(Narrow band mode)의 결과를 비교하였다.

그림 10에서 그림 14까지 나타난 것과 같이, Cross Power Spectrum, Rate, Amplitude와 Phase, Delay, Closure Phase 등의 결과는 실제 관측 데이터를 일본 VLBI 네트워크를 통해 실시간으로 상관센터에 전송한 후 기가비트 상관기로 상관처리한 결과(Online)와 RVDB 시스템에 임시로 기록한 후 다시 RVDB 시스템에서 기가비트 상관기로 재생하여 상관처리를 수행하는 방법(Offline)으로 얻은 것이다. 따라서 그림 10에서 14까지의 결과를 보면 각 그림 (a)의 실시간 기가비트 상관처리결과(온라인)와 (b)의 RVDB 시스템에서 기록재생한 후의 기가비트 상관처리결과(오프라인)가 동일함을 확인할 수 있다. 만약 각 그림의 (a)와 (b)가 동일하지 않다면, RVDB 시스템에 데

이터를 오프라인으로 기록/재생한 데이터에 문제가 발생하는 것을 의미하며, 시스템의 설계 및 제작이 잘못되었다는 것을 나타낸다. 하지만, 실험결과를 바탕으로 볼 때 본 연구에서 개발한 RVDB 시스템을 이용하여 오프라인으로 관측 데이터를 기록/재생하는 실험에서 시스템이 정상적으로 수행되는 것을 확인하였다.

그리고 그림 16과 그림 17의 RVDB와 VCS 시제품의 상관처리 실험결과는 그림 15에 나타난 실험 구성에서 미리 관측한 실제 데이터를 RVDB 시스템으로 이동하여 기록한 후 한일공동VLBI상관기의 RVDB 시스템과 VCS 시제품을 연결하여 재생과 상관처리를 수행한 것이다. 이 실험에 사용된 데이터는 표 3에 나타난 것과 같이 Usuda 관측국과 Tsukuba 관측국 기선의 8GHz 주파수와 512MHz 대역폭을 갖는 강한 천체(OJ287)로서 다른 상관기를 이용하여 상관처리 결과를 이미 알고 있는 천체의 관측 데이터이다. 그리고 표 3에 나타난 것과 같이 관측 대역폭이 512MHz이지만, 실험에서의 협대역 모드 상관처리를 위해 데이터를 인위적으로 수정하였다. 즉, VCS 시제품의 검증을 위해서는 이와 같은 데이터가 필요하며, 만약 상관결과가 동일하지 않을 경우 RVDB 시스템에 기록/재생하는 과정과 VCS 시제품에 문제가 있다는 것을 확인할 수 있기 때문이다. 그림 16과 그림 17에 나타난 것과 같이 실제 관측 데이터(프로젝트 030126)에 대해 VCS 시제품에서 512MHz 광대역 모드와 128MHz 협대역 모드에서의 상관결과에서 동일한 결과를 얻어서 RVDB 시스템의 기록 및 재생시험이 정상적으로 수행되었다는 것을 실험으로 확인하였다.

이상의 실험결과로부터 본 연구에서 개발한 동기재생 처리 시스템인 RVDB 시스템의 유효성을 확인하였다.

5. 결론

한일공동VLBI상관기는 한국과 일본을 포함하여 동아시아 VLBI 관측망 등과 같이 16 관측국, 8Gbps급, 8192채널 출력으로 전파관측 데이터를 상관처리할 수 있는 시스템을 구축하고 있다. 동아시아 VLBI 관측망에는 다양한 종류의 고속기록기 시스템을 활용하여 관측을 수행할 예정이다. 즉, 한국 KVN의 경우 Mark5B, 일본 VERA의 경우 VERA2000, 일본 VLBI 대학망의 경우 K5 시스템 등을 활용하고 있다. 이와 같이 다양한 종류의 기록기에 대응할 수 있는 상관처리 시스템을 구축할 때는 많은 어려움이 따른다. 최근 VLBI 표준으로 VSI 규격을 규정하여 많은 VLBI 시스템들이 이 규격을 채택하고 있다. 하지만 VSI 규격을 채택한 시스템이지만 시스템의 특성이 다르기 때문에 기록한 관측 데이터를 상관기로 재생할 때 시각동기에 대한 문제점이 발생한다. 따라서 이 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서 구축한 것과 같이 고속재생기와 상관기 사이에 대용량 버퍼시스템을 두어 다양한 고속재생기와 대응하고 데이터 형식의 통일과 시각동기문제를 해결할 수 있는 동기재생처리 시스템을 구축하였다. 동기재생처리 시스템으로 개발한 RVDB 시스템의 유효성을 확인하기 위해 다양한 환경에서 재생실험을 수행하였다. 실제 관측 데이터를 기가비트 상관기에서 실시간 상관처리한 것과 RVDB에 기록한 후 기가비트 상관기에서 재생하여 상관처리하는 실험, 그리고 VCS 시제품과 RVDB 시스템을 연결한 실험 등을 통하여 본 연구에서 개발한 동기재생처리 시스템이 정상적으로 동작하는 것을 확인하였다. 현재 RVDB 시스템 1set가 한일공동VLBI상관기를 RVDB 시스템을 연결하여 관측 데이터를 재생하는 실험을 수행할 예정이다.

감사의 글

본 논문은 한국천문연구원의 2008년도 “한일공동VLBI상관기 및 수신기 개발” 연구과제의 연구비로 수행되었습니다.

참고문헌

- 김효령 외, 2007, 2007년도 한국우주전파관측망 건설 연구보고서, 한국천문연구원
- 노덕규 외, 2007, 2007년도 한일공동VLBI상관기 및 수신기 개발 연구보고서, 한국천문연구원
- 오세진 외, 2004, 관측 데이터의 고속기록을 위한 대용량 저장 시스템, 천문학논총, 19, 83
- Chester Rusczyk, 2008, e-VLBI with Mark5C, 2008 e-VLBI Workshop

David Lapsley et. al, 2004, VSI-E software suite, 7th European VLBI Network Symposium

Noriyuki Kawaguchi, 2008, Trial on the Efficient Use of Trunk Communication Lines for VLBI in Japan, 2008 e-VLBI Workshop

Tomoaki Oyama et al, 2008, The development and performance of a new 4 Gbps disk recorder and eVLBI systems using a 10GbE network, 2008 IVS General Meeting