

**KVN을 위한 디지털 데이터 처리 시스템의 성능평가**  
**PERFORMANCE EVALUATION OF DIGITAL DATA PROCESSING SYSTEM**  
**FOR KOREAN VLBI NETWORK(KVN)**

오세진<sup>1</sup>, 노덕규<sup>1</sup>, 엄재환<sup>1</sup>, 변도영<sup>1</sup>, 이창훈<sup>1</sup>, 정현수<sup>1</sup>, 제도흥<sup>1</sup>,

Kiyoaki Wajima<sup>2</sup>, Kazuyuki Kawakami<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한국천문연구원 전파천문연구부

<sup>2</sup>야마구치 대학

<sup>3</sup>Elecs Industry Ltd.

SE-JIN OH<sup>1</sup>, DUK-GYOO ROH<sup>1</sup>, JAE-HWAN YEOM<sup>1</sup>, DO-YOUNG BYUN<sup>1</sup>, CHANG-HOON LEE<sup>1</sup>,

HYUN-SOO CHUNG<sup>1</sup>, DO-HEUNG JE<sup>1</sup>, KIYOAKI WAJIMA<sup>2</sup>, AND KAZUYUKI KAWAKAMI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute, 61-1 Hwaam, Yuseong, Daejeon 305-348, Korea

<sup>2</sup>Yamaguchi University, 1677-1 Yoshida, Yamaguchi 753-8511, Japan

<sup>3</sup>Elecs Industry Ltd., 1-22-23 Kawasaki-shi, Japan

E-mail: sjoh@kasi.re.kr

(Received October 7, 2007; Accepted November 2, 2007)

**ABSTRACT**

In this paper, we introduce the performance test results of digital data processing system for KVN (Korean VLBI Network). The digital data processing system for KVN consists of DAS (Data Acquisition System) and high-speed recorder which called Mark5B system. DAS system performs the digitalization of analog radio signal through ADS-1000 gigabit sampler with 1 Gbps/2-bit and process the digital filtering of digital signal. Mark5B system records the output data of DFB (Digital Filter Bank) with about 1 Gbps. In this paper, we carried out the preliminary evaluation experiments of the KVN digital data processing system connected between DAS system and Mark5B with VSI (VLBI Standard Interface) interface which is designed for compatible in each VLBI system. We first performed all of the KVN digital data processing system connected by VSI interface in the world. In factory inspection phase, we found that the DAS system has a memory read/write error in DSM (Digital Spectrometer) by analyzing the recorded data in Mark5B system. We confirmed that the DSM memory error has been correctly solved by comparing DSM results with Mark5B results. The effectiveness of KVN digital data processing system has been verified through the preliminary experiments such as data transmission, recording with VSI interface connection and data analysis between DSM and Mark5B system. In future work, we will perform the real astronomical observation by using the KVN 21m radio telescopes so as to verify its stability and performance.

*Key words* : Korean VLBI Network, VSI interface, ADS-1000, DAS, Mark5B

**1. 서론**

한국천문연구원에서는 국내에서는 최초로 구축되는 세계적 수준의 최첨단 VLBI(Very Long Baseline Interferometer) 관측시스템인 한국우주전파관측망(Korean VLBI Network; KVN) 건설 사업을 2008년까지 추진하고 있다(김효령 2006). KVN은 천체에서 오는 우주전파를 수신한 후 디지털처리를 통해 영상을 합성하여 간섭효과를 갖게 하는 국내 최초의 VLBI 시스템으로서, 이를 통해서 지름 500 km에 이르는 초대형 전파망원경을

설치한 것과 같은 효과를 갖는 최첨단 시스템이다. 따라서 이 시스템이 구축되면, 초정밀 측지 및 밀리미터와 대역의 전파천문 관측을 통하여 한반도 및 주변 국가들의 지각운동에 관련된 연구, 외부 은하계, 활동성은하핵(블랙홀)이나 별 탄생 등 천체의 초미세 구조에 대한 연구뿐만 아니라 지구회전운동 연구 등 국가적인 기초기반 연구를 수행할 수 있는 기초과학 연구장비가 될 것으로 기대된다(김효령 2006).

KVN에서는 그림 1에 나타낸 것과 같이 국내의 3개

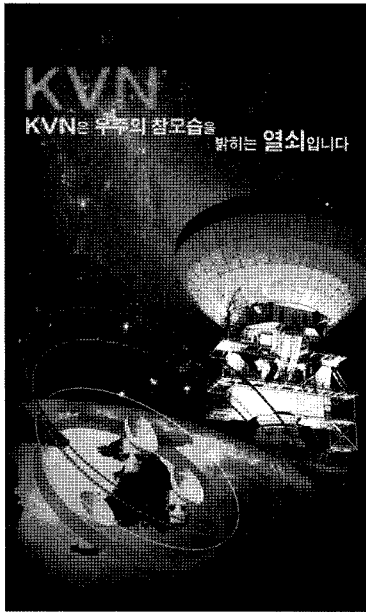


그림 1. 한국우주전파관측망(KVN).

지역(울산대, 연세대, 탐라대)에 지름 21m급의 첩단 밀리미터파 VLBI 전용 전파망원경을 설치할 예정이며, 각 관측소에는 수신기, 자료획득시스템(Data Acquisition System; DAS), 고속기록기(Mark5B), 수소메이저 시계 및 제어 컴퓨터 시스템 등이 설치될 예정이며, 현재 KVN울산전파천문대는 그 모습을 나타내고 있으며, 디지털처리 시스템 등이 설치되어 있다(김효령 2006).

한편 KVN의 시스템 구성에서 나열한 것과 같이 디지털 컴퓨터 시스템에서 호환성은 매우 중요한 문제이다. 특수한 경우에 사용하기 위해 특정 기능을 가진 장치를 개발하여 시스템에 적용한 경우를 제외하고는 현재 개발되고 있는 장치들은 다른 기종간의 시스템 호환을 중요하게 생각하고 있다. 천문학 분야에서는 특정 목적으로 개발되어 사용되고 있는 장치가 많이 있다. 전파천문학 분야의 경우 과거에는 관측을 하고자 하는 천문학자와 개발 엔지니어가 좁은 분야의 커뮤니티 속에서 장치를 개발하여 사용하였으므로 그 사용범위가 한정될 수밖에 없었다. 하지만, 최근에는 전파천문학 분야도 정보통신 기술의 발전으로 인해 초고속화, 병렬처리, 대용량화가 가능하게 되어 다양한 디지털 시스템의 개발 등에도 큰 기여를 하고 있다고 해도 과언이 아니다. 그 중에서도 아날로그 신호를 디지털로 변환하는 초고속샘플러의 경우 2 GHz 샘플링 속도로 데이터 샘플링을 수행할 수 있으며, 대용량 데이터를 저장하는 기록계의 경우 2 Gbps (256 Mbyte/sec)로 데이터를 기록

할 수 있다. 그러나 이러한 초고속, 대용량 장비가 전파천문학을 위해 개발되었더라도 각 장치간의 인터페이스가 서로 다르면 이를 변환해 주는 포맷터(Formatter) 등의 개발이 수행되어야 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 IVS(International VLBI Service)를 통하여 VLBI 관측장비 사이의 호환성을 갖는 인터페이스의 설계를 추진하였으며, 그 결과로서 VSI(VLBI Standard Interface)가 설계되었다(Alan Whitney 2002).

본 연구는 KVN의 전체 관측시스템 중에서 디지털 데이터처리 시스템에 관한 것으로써 우주전파를 수신한 후 디지털화하여 그 데이터를 디지털필터를 통하여 분석하고, 고속기록기에 고속으로 저장하는 부분이 이에 해당한다. 특히 VLBI 표준으로 채택한 VSI 인터페이스를 이용하여 세계 최초로 KVN 디지털 관측 시스템들을 연결하여 시험평가를 수행하였으며, 그 결과에 대해 본 논문에서 간략히 기술하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 VSI 인터페이스의 규격에 대해 간략히 기술하고, 3장에서는 KVN의 자료획득시스템(DAS)에 대해 간략히 소개한다. 4장에서는 본 연구에서 DAS의 평가를 위해 사용한 초고속 기록기인 Mark5B 기능에 대해 간략히 기술하며, 5장에서 VSI 인터페이스를 연결한 KVN 디지털 데이터 처리 시스템의 실험결과에 대해 설명한 후, 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

## 2. VSI 인터페이스

VSI 인터페이스에는 현재 VSI-H, VSI-S, VSI-E의 3가지 종류가 있다. 즉, 하드웨어(H), 소프트웨어(S), 전자전송(Electronics)을 의미한다. 여기서는 하드웨어적인 측면에서 VSI 인터페이스(Alan Whitney 2002)에 대해 간략히 기술한다.

그림 2에 나타난 VSI-H 구성도와 같이 VSI 규격은 데이터 획득과 상관기 시스템 사이에 다른 기종인 데이터 전송 시스템(Data Transmission System; DTS)을 연결할 수 있는 것으로 VLBI DTS로부터의 표준 인터페이스를 정의하는 것이다. 일반적인 기록/재생 시스템, 네트워크 데이터 전송, 또는 직접 연결 시스템 등과 호환성을 가지는 것이다. DTS의 상세한 특성 등은 습진 체 정확한 방법을 통해서 데이터 획득에서 상관기까지 데이터가 전송되는 것을 허용하는 것이다.

VSI의 목적은 다음과 같다.

- ① 데이터 획득과 상관기 시스템 사이의 최소의 노력으로 다른 기종의 DTS 사이를 연결할 수 있는 것과 같이 VLBI DTS로부터의 표준 인터페이스를 정의한다.

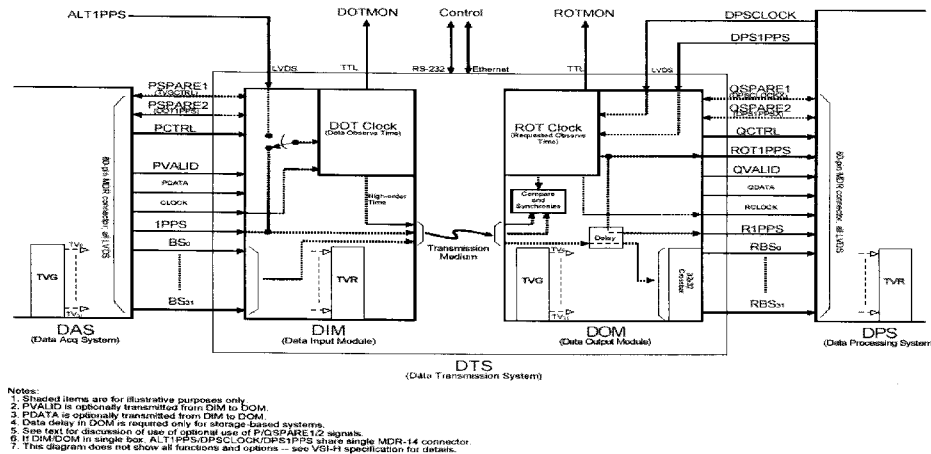


그림 2. VSI-H의 기능적 구성도.

- ② 일반적인 기록/재생 시스템, 네트워크 데이터 전송, 또는 직접 연결 시스템 등과 호환성을 갖도록 한다.
- ③ DTS의 상세한 특성 등은 숨긴 채 명확한 방법을 통해서 데이터 획득에서 상관기까지 데이터가 전송되는 것을 허용한다.
- ④ VSI가 구현 첫 단계에서 'plug and play'를 완전하게 지원할 의도는 아니지만, 다양한 VLBI 데이터 시스템 사이에 존재하는 호환성이 없는 것을 해결하는데 도움이 되도록 한다.
- ⑤ 측지와 전문 관련 연구 공동체 사이의 공동 협력에 의해 개발한다.

VSI-H 규격은 다음 가정 하에 개발이 진행되었다. 우선, VLBI DTS는 자료획득시스템(DAS)과 데이터 처리 시스템(Data Processing System; DPS) 사이의 병렬 비트 스트림의 수신과 전송을 기본으로 하며, 개별적인 비트 스트림은 정의하지 않는다. 기본적인 비트 스트림은 부호 스트림 또는 특별한 샘플의 진폭비트이고 실제 의미는 DAS와 DPS 사이에 서로 공동으로 동의한 것이다. 또한 수신 또는 전송된 비트 스트림의 클럭속도는 다를 수 있고(즉, DPS로의 재생속도가 빨라지거나, 느려지는 것), 그러나 획득부에서 임의 포트의 모든 수신된 비트 스트림 정보량은 동일하고, 전송부에서 모든 비트 스트림 클럭속도는 동일하다. 단일 시각 태그는 모든 병렬 비트 스트림에 적용한다. 모든 비트 스트림에서 모든 비트의 DAS 시각 태그는 DTS 출력에서 모두 복구되어야 한다.

이러한 가정 하에, 어떤 제약 또는 설계 내역은 DTS를 통하여 데이터를 전송하는데 사용되는 매체의 형식 또는 용량 등에 의존하지 않는다. 여기서 마그네틱테이

프, 디스크, 광케이블, 인터넷 및 임의의 전송매체에 대해서도 허용된다.

VSI-H의 특징을 나열하면 다음과 같다.

- 1 Gbps 데이터양 정의
- 32 Parallel Bit-Stream
- 32 MHz (2, 4 Gbps 데이터양에 대해 64, 128 MHz로 확장가능) Clock 사용
- LVDS(Low Voltage Differential Signaling) 사용
- 데이터에 시각 태깅을 하는 방법은 모두 DTS의 내부에서 수행되며 VSI-H에서는 정의하지 않음
- Test Vector Generator/Receiver 채용
- 상관기에 직접 연결하기 위한 Model-Delay 기능의 간략화
- 새로운 시스템에 쉬운 적용을 위한 유연성
- 저장미디어 변경용이

### 3. KVN 자료획득시스템

KVN에서 구성하고자 하는 자료획득시스템(DAS)의 구성도(오세진 2005)를 그림 3에 나타내었다.

KVN 자료획득시스템은 KVN 관측시스템을 구성하는 주요 구성장비 중의 한 부분이다. 우선 고속샘플러인 ADS-1000을 통하여 1 Gbps/2 bit로 입력신호를 디지털화한다. 디지털화된 데이터는 광전송 장치를 통하여 안테나에서 관측동까지 광케이블로 자료를 전송하며, 전송된 데이터는 다시 광수신 장치를 통하여 수신된다. 그 후 협대역 모드의 분석을 수행할 경우 수신된 데이터는 디지털 필터뱅크(DFB)에서 다 채널 신호의 선택 및 대역제한(필터링)된 신호를 분석한 후 고속기록기(Mark5B)에 데이터를 저장한다. 또는 광대역 모드의 분석을 수행할 경우 디지털 필터뱅크를 통하지 않고 디지

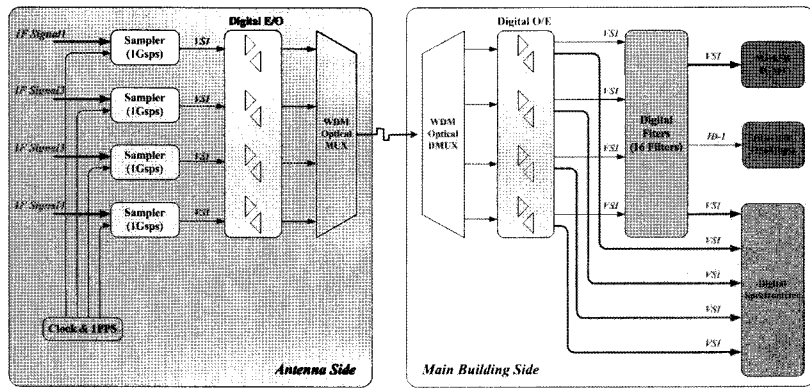


그림 3. KVN DAS 시스템 구성도.

틸 분광기에서 실시간으로 스펙트럼을 출력한다. 이러한 과정을 통하여 KVN의 자료획득시스템(DAS)은 관측된 데이터를 분석하는 매우 중요한 역할을 수행한다.

KVN의 자료획득시스템(DAS)은 KVN의 핵심관측기술인 22/43/86/129 GHz의 다중주파수(Multi-Frequency) 동시관측을 지원할 수 있도록 4조의 디지털 데이터스트림을 다룰 수 있도록 설계되어 있다. 즉, 8 Gbps급 광전송 장치, 4입력 디지털 필터뱅크, 광대역 및 협대역 겸용 디지털 분광기로 구성된다. 특히 디지털 필터뱅크로는 일본 VERA의 2밴계 디지털 필터뱅크를 KVN의 관측시스템 구성에 맞추어 개선된 설계를 채용함으로써, 동등한 관측모드를 유지할 수 있으면서 입력을 4채널화한 KVN 특자의 관측 장비이다.

#### 4. 고속기록시스템

그림 4에 나타난 것과 같이 Mark5B 시스템(Alan Whitney 2004)의 외형은 Mark5A와 동일하지만, 데이터 입출력을 담당하는 인터페이스 보드를 VLBI 표준 인터페이스인 VSI를 채용하고 있는 점이 큰 차이점이라고 할 수 있다. Mark5B 시스템은 한국천문연구원을 포함한 여러 나라의 천문기관들로 구성된 국제컨소시엄을 통하여 MIT Haystack 천문대에서 개발되었다. 본 장에서는 개발이 완료된 Mark5B 시스템의 구성에 대해서 간략히 기술한다.

고속기록기인 Mark5B 시스템은 RAID 구성을 위한 StreamStor 보드, VSI 규격을 갖는 I/O 보드, 8개의 HDD로 구성된 2개의 8-pack으로 구성되어 있다. 이하에 Mark5B의 입출력 시스템에 대해 간략히 기술한다.

Mark5B 시스템의 기능은 Mark5A와 달리 기록과 재생이 분리되어 동작한다. 아래에 기록과 재생기능에 대해 나타내었다.

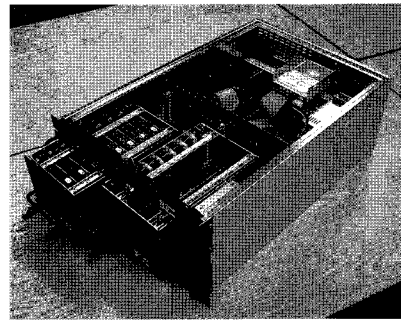


그림 4. Mark5 시스템.

##### (1) DIM(Data Input Module) 동작

Mark5B의 DIM은 무선 입력신호에 포함된 1PPS 신호를 동기시키고 Time-Keeping을 수행한다. 그리고 일반적인 데이터 획득시의 파라미터를 설정하며, 데이터 획득을 하는 동안의 동작을 모니터링 한다. 나중에 상관처리를 위해 필요한 Phase-cal 신호를 추출하게 된다. 또한 Mark5B 시스템의 진단을 위해 Test-Vector와 Ramp 신호를 생성하고 Test-Vector를 수신하는 동작도 수행한다. Mark5B I/O 보드에 채용된 FPDP(Front Panel Data Port) 버스를 통하여 입력데이터가 처리되는 상태를 확인할 수 있으며, 시각정보의 처리를 위해 PDATA도 DIM에서 수행한다.

##### (2) DOM(Data Output Module) 동작

Mark5B의 DOM은 DIM과 달리 주로 상관처리를 위해 데이터를 재생하는데 사용된다. 동작모드는 다음과 같이 2가지가 있다. 첫 번째는 DOM SU(Station Unit) 모드로서 이는 현재 MIT Haystack 천문대 및 MPI/JIVE 등에서 사용되고 있는 Mark4 상관기의 SU로 동작할 때 사용되는 모드이다. 두 번째는 일반적인 VSI-H 모드로

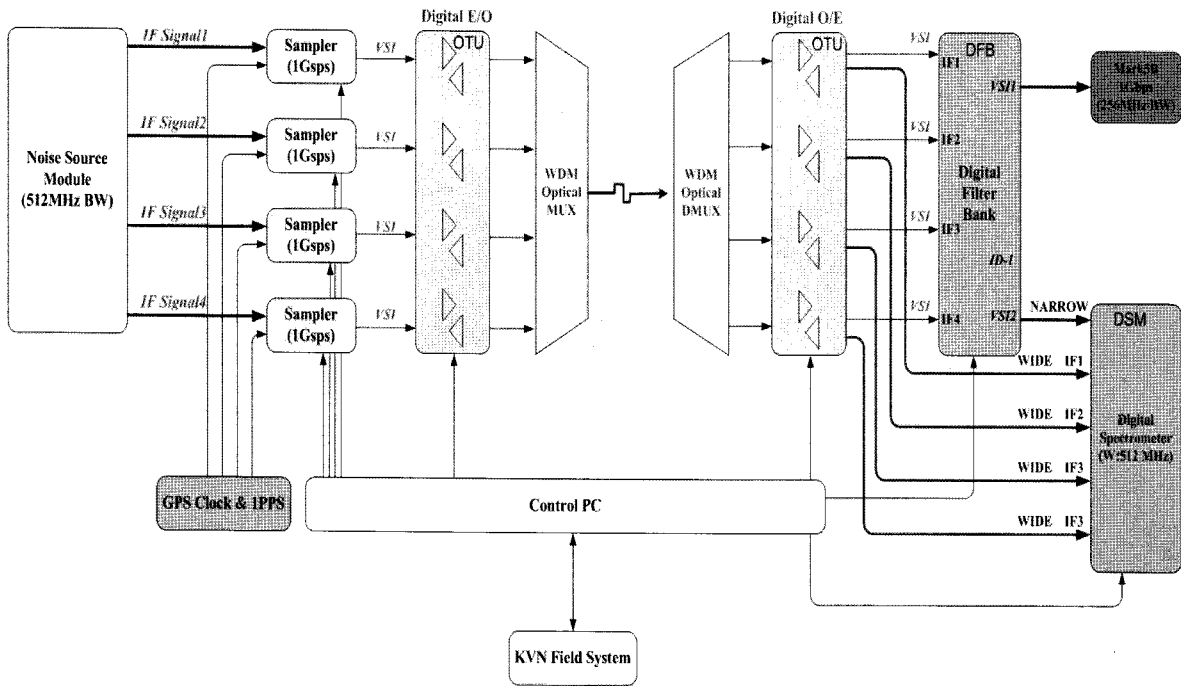


그림 5. 디지털 데이터처리 시스템의 시험평가 구성도.

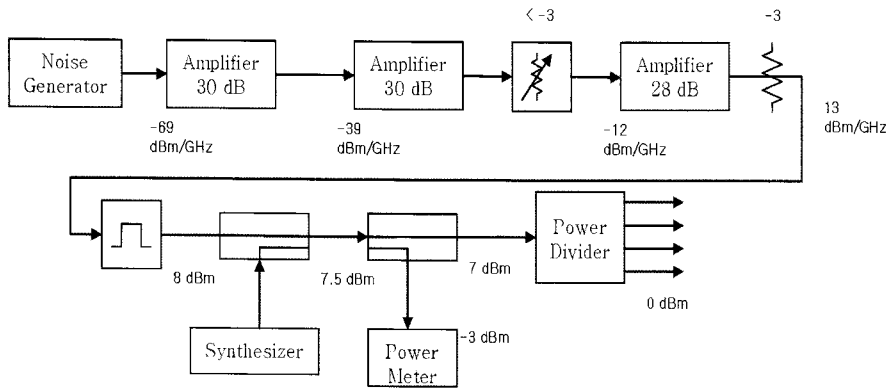


그림 6. Analog Noise Source Module 구성도.

서 이는 HDD로부터 일반적인 VSI 재생을 할 때, DOM SU 기능은 동작하지 않고 VSI-H 규격에서 규정한 DOM으로 동작하는 모드를 말한다. DIM과 마찬가지로 시각정보를 처리하기 위해 QDATA를 제어한다.

### 5. 실험결과 및 고찰

본 연구에서는 세계 최초로 KVN의 주요 디지털 데이터 처리 시스템인 자료획득시스템(DAS)을 VSI 인터페이스로 연결하여 데이터의 디지털 분광기(Digital

Spectrometer)의 결과와 고속기록기(Mark5B)에 기록된 데이터의 비교분석 실험을 수행하였다.

그림 5는 KVN의 자료획득시스템(DAS)의 시험평가를 위한 시스템 전체 구성을 나타낸 것이다(오세진 2007). 전체 시스템의 구성은 안테나와 관측동에서 수행되는 것을 가정한다. 우선 안테나에서는 Analog Noise Source Module을 통하여 가우시안 잡음특성을 가지는 512 MHz 대역특성의 잡음소스가 4대의 ADS-1000 고속샘플러에 입력되며, 1 Gbps/2 bit/64 MHz clock으로 디지털화되어 광전송장치(OTU+WDM)를 통하여 관측동으로

표 1. KVN 자료획득시스템(DAS)의 관측모드.

mode	#IF	Bandwidth [MHz]	Output Streams	#Bits	Output Data Rate [Mbps]	Output Clock Speed [MHz]
1	1	256	1	2	1024	32
2	1,2	128	2	2	1024	32
3	1,2,3,4	64	4	2	1024	32
4	1,2,3,4	32	8	2	1024	32
5	1,2,3,4	16	16	2	1024	32
6	1,2,3,4	8	16	2	512	16
7	1,2,3	64/128	2/1	2	1024	32
8	1,2,3,4	32/64/128	2/1/1	2	1024	32
9	1,2,3,4	32/128	4/1	2	1024	32
10	1,2,3,4	16/32/128	2/3/1	2	1024	32

• Mode 1 [256MHz-2b]\*1stream (1024Mbps, 32Mclock)

Bit Number (RBSn)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
Output Stream	S1																																	
Bandwidth (MHz)	256																																	
Output Sample Time	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																		
MSB/LSB	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L

• Mode2 [128MHz-2b]\*2stream (1024Mbps, 32Mclock)

Bit Number (RBSn)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
Output Stream	S1																S2																	
Bandwidth (MHz)	128																128																	
Output Sample Time	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7																		
MSB/LSB	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L

• Mode3 [64MHz-2b]\*4stream (1024Mbps, 32Mclock)

Bit Number (RBSn)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
Output Stream	S1				S2				S3				S4																					
Bandwidth (MHz)	64				64				64				64																					
Output Sample Time	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3																		
MSB/LSB	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L

• Mode4 [32MHz-2b]\*8stream (1024Mbps, 32Mclock)

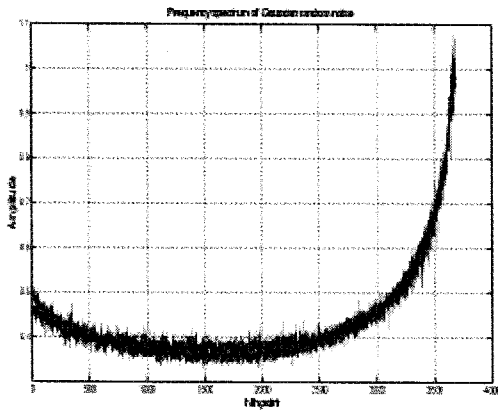
Bit Number (RBSn)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
Output Stream	S1				S2				S3				S4				S5				S6				S7				S8					
Bandwidth (MHz)	32				32				32				32				32				32				32									
Output Sample Time	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1																		
MSB/LSB	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L

그림 7. 디지털 필터뱅크에서 VSI의 데이터 분포 예.

데이터전송을 수행한다. 관측동에서는 광수신장치(WDM+OTU)를 통하여 수신된 데이터를 디지털 필터뱅크(DFB)와 디지털 분광기(DSM)로 전송한다. 디지털 필터뱅크에 수신된 데이터는 최대 협대역 256 MHz를 처리하며, 관측모드에 따른 디지털 필터로 필터링된 대역 특성 결과를 Mark5B 기록기와 디지털 분광기로 전송하며, Mark5B는 기록제한속도인 1 Gbps(256 MHz 대역폭)로 데이터를 기록한다. 디지털 분광기에서는 실시간으로 각 채널별 결과를 모니터링하게 된다. 광수신장치에

서 디지털 분광기로 바로 전송된 데이터는 광대역 512 MHz 대역폭 전체에 대해 분광처리를 수행한다.

KVN 디지털 데이터 처리 시스템인 자료획득시스템(DAS)의 시험평가에서 우선 성능에 대한 검사는 주로 기능성 확인 시험과정에서 이루어졌으며, 이때 제작사에 개발한 VSI Tester기를 이용하여 각 단계의 VSI 자료의 입출력을 비교하여 정상적인 동작 여부를 확인하였다. 최종 Integration Test에서는 전체 시스템을 연결하여 시험하는 과정으로서 실제 관측 상황과 유사한 상황



Red : Mark5B, Blue : DSM

그림 8. Mark5B와 디지털 분광기의 결과 비교.

의 시험을 위해 Analog Signal을 ADS-1000 고속샘플러에 입력하여 디지털 분광기와 Mark5B기록기의 결과를 확인하였다. 그림 6에 그림 5의 Analog Noise Source Module에 대한 상세부분을 나타내었다. 그림 6은 4대의 고속샘플러에 입력되는 Analog Signal을 만드는 부분에 대한 상세도이다. Analog Input Signal은 가우시안 잡음 특성의 연속파와 CW (Continuous Wave)가 혼합된 신호로 실제 관측할 때 고속샘플러로 입력되는 신호와 유사한 특성을 갖는 신호를 출력하도록 설계되었다.

위와 같은 구성을 통하여 Mark5B 기록기에 대한 연결성 시험 및 데이터를 기록한 후 분석시험을 수행하였다. 우선 연결성 시험에서는 디지털 필터뱅크에서 Test Vector를 출력시키고, Mark5B에서는 TVR(Test Vector Receiver) 기능을 이용하여 Test Vector의 수신과 기록에 대한 실험을 수행한 결과 시스템이 정상적으로 동작됨을 확인하였다.

표 1에서 관측모드 1은 32 MHz Clock에서 1 Gbps의 전송속도와 256 MHz 대역폭일 때, 채널이 1개일 때의 구성을 나타낸다. 관측모드 2는 채널이 2개이고 각각의 대역폭이 128 MHz일 때의 구성을 나타낸다. 관측모드 3은 채널이 4개이고 각각의 대역폭이 64 MHz일 때의 구성을 나타낸다. 관측모드 4는 채널이 8개이고 대역폭이 32 MHz일 때의 구성을 나타낸다. 그림 7은 샘플과 채널의 위치에 관해서 자세하게 보여주고 있는 그림으로 MSB와 LSB의 위치는 고정된 상태에서 채널의 위치는 여러 가지 상태로 변형하여 사용할 수 있다.

디지털 분광기의 경우 실시간으로 데이터의 결과를 모니터링 하도록 설계되어 있으며, 이때에는 분석한 결과를 파일로 저장하거나 GNU PLOT에 의해 출력할 수 있다. Mark5B 시스템의 경우 기록된 데이터에 대해 Matlab 프로그램(MathWorks 2006)을 이용하여 데이터

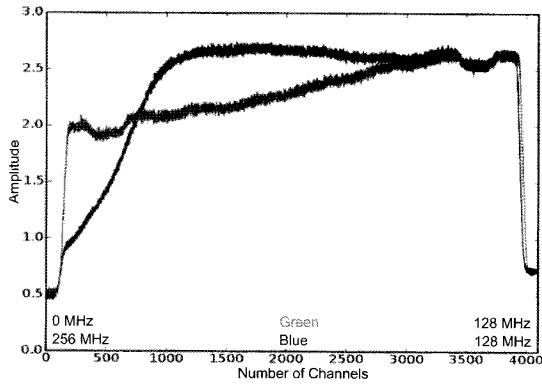
분석을 수행하여 자기상관처리에 의해 스펙트럼 결과를 출력하도록 하였으며, 기록되는 데이터의 양이 많기 때문에 분석시간을 단축하기 위해 적분시간을 짧게 설정하였다.

우선 관측된 데이터의 정상적인 기록을 확인하기 위해 표 1에 나타난 KVN의 관측모드 4인 협대역 32 MHz에 대해 디지털필터의 결과의 Mark5B 저장실험과 디지털 분광기에서 실시간 모니터링을 수행하였다. 이 실험에서는 실제 256 MHz 대역에 대해 8개의 출력 스트림이 나오지만, 그림 8과 같이 비교를 위해 디지털 분광기 및 Mark5B 기록기의 분석결과를 1개의 출력 스트림에 대해서만 나타내었다. 그림 8에서 붉은 색 선은 Mark5B의 결과, 파란색 선은 디지털 분광기의 결과를 각각 나타낸 것이다. 그림 8에서 처음 실험을 수행할 때 디지털 필터뱅크의 문제로 인해 이상한 모양의 결과를 얻었지만, 두 결과가 일치함을 확인할 수 있었다.

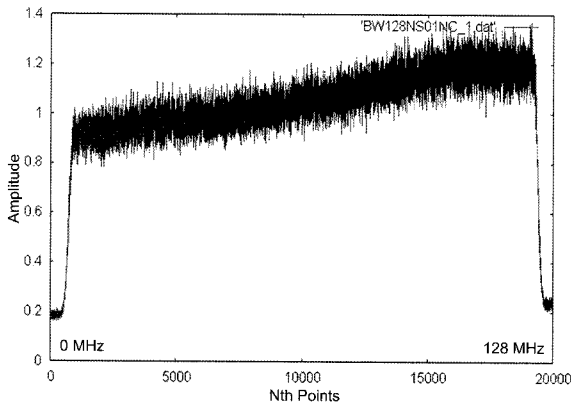
다음은 표 1의 관측모드 2인 협대역 128 MHz에 대한 디지털 필터의 출력을 Mark5B에 기록하는 실험과 디지털 분광기에서 실시간 모니터링을 수행하였다. 이 실험에서는 256 MHz 대역에 대해 2개의 출력 스트림이 나오며, 그 결과를 아래에 나타내었다. 그림 9에서 (a)는 디지털 분광기의 결과이며, (b), (c)는 Mark5B의 결과이다. 그림 9에 나타난 것과 같이 Mark5B의 결과와 디지털 분광기의 결과가 동일한 결과임을 확인할 수 있다. 디지털 분광기의 결과 그래프에서 모양이 이상한 점이 발견된 것은 디지털 필터의 FFT 처리단계에서 버퍼(Buffer)에서 데이터를 Read/Write할 때 문제가 발생하기 때문에 FFT 모듈에 입력되는 데이터는 다른 시각의 데이터가 남아 있는 모양이 되어 그림 9의 스펙트럼 결과에서 이상한 모양이 발생한 것을 확인하였으며, 이 문제를 해결하였다. 그리고 Mark5B의 결과는 분석과정에서 적분시간이 충분하지 않았기 때문에 결과에 왜곡이 생기는 것과 같지만 결과는 동일함을 알 수 있다.

이상의 실험을 통하여 Mark5B 시스템에 기록된 데이터에는 문제가 없는 것이 확인되어 실제 디지털 분광기에서 문제가 발생되어 원하는 결과를 얻지 못한다는 것을 확인하였으며, 이를 바탕으로 제작사와 함께 문제를 수정하는데 Mark5B 시스템이 중요한 역할을 하였다.

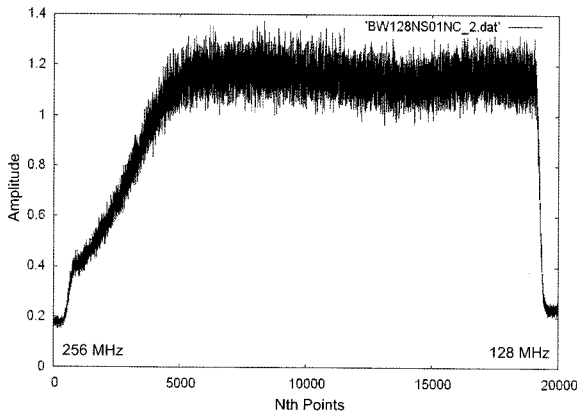
디지털 분광기의 문제점을 수정한 후 그림 10에 나타난 것과 같은 784 MHz의 CW 입력신호에 대해 표 1에 나타난 관측모드 1, 2, 3에 대해서만 Mark5B 시스템의 기록과 디지털 분광기의 실시간 실험을 수행하였으며, 그 결과를 그림 11, 12, 13에 각각 나타내었다. 표 1에 나타난 것과 같이 관측모드 4 이후의 경우 출력 스펙트럼의 수가 많기 때문에 실제 기록실험을 수행하였으나 본 논문에서는 관측모드 1, 2, 3에 대해서만 기술한다. 이하의 결과 그림들에서 고속기록기에 의한 Matlab 분



(a) 디지털 분광기(DSM)의 출력 결과(0-128, 128-256 MHz BW)



(b) Mark5B 0-128 MHz BW



(c) Mark5B 128-256 MHz BW

그림 9. 128MHz BW에 대한 디지털 분광기와 Mark5B 결과 비교.

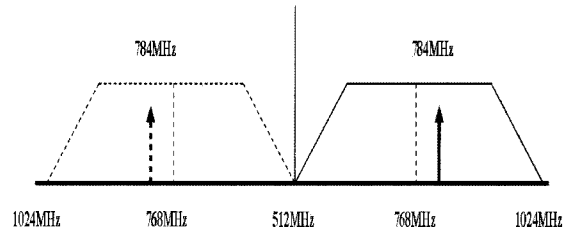
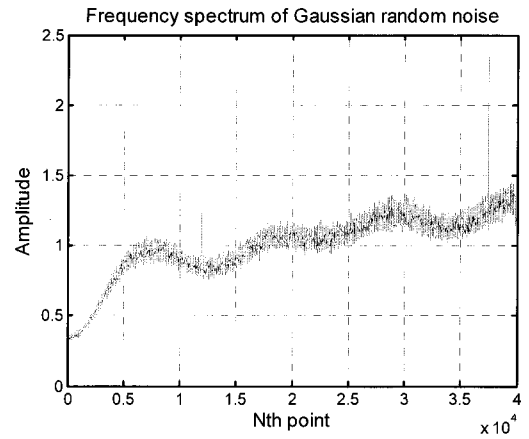
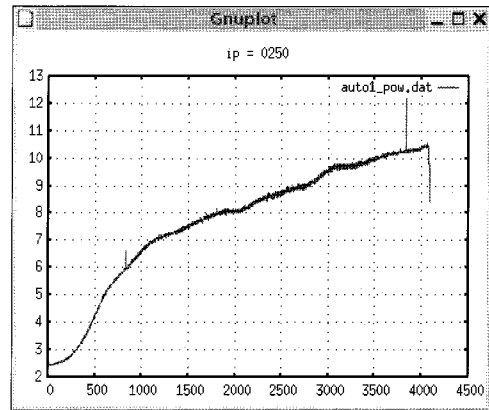


그림 10. 입력된 CW 신호의 예.



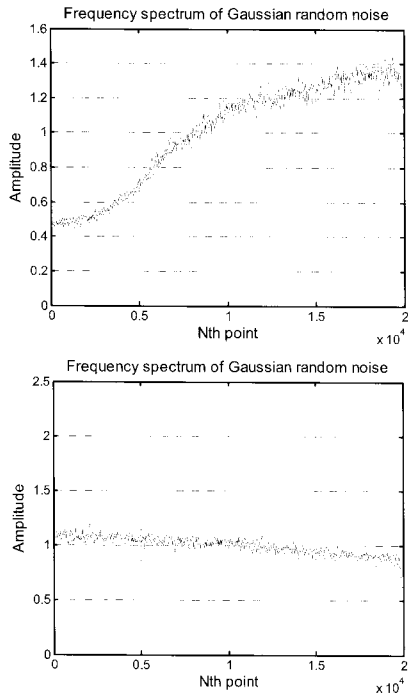
(a) Mark5B의 0-256 MHz



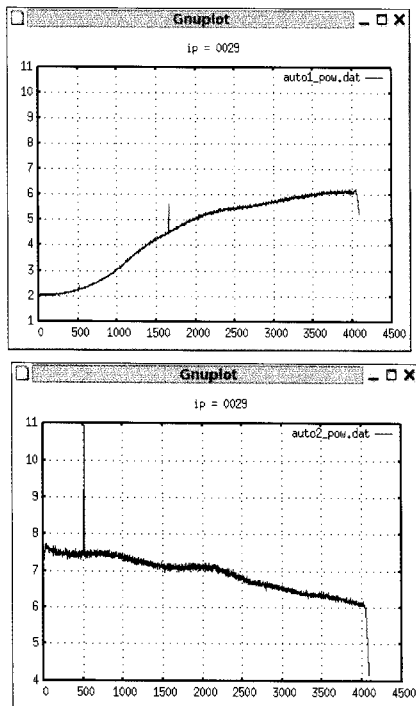
(b) DSM의 0-256MHz

그림 11. 관측모드 1의 Mark5B와 디지털 분광기의 결과.





(a) Mark5B의 0-128 MHz, 128-256 MHz



(b) DSM의 0-128 MHz, 128-256 MHz

그림 12. 관측모드 2의 Mark5B와 디지털 분광기의 결과.

석결과 그림의 경우 x 축은 분석 point 수, y 축은 amplitude를 각각 나타내고, 디지털 분광기의 결과를 나타낸 그림의 경우 x 축은 분석 채널수, y 축은 amplitude를 각각 나타낸다.

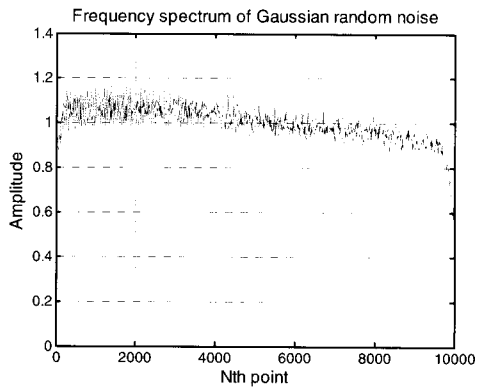
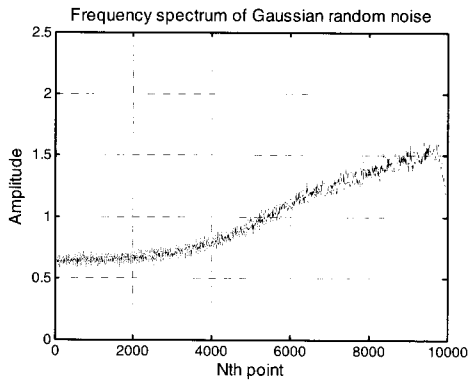
그림 11에 나타낸 것과 같이 (a)는 Mark5B의 결과이며, (b)는 디지털 분광기의 결과이다. 관측모드 1의 경우 그림 11에서 왼쪽이 0 MHz에서 256 MHz를 나타내고 출력 스펙트럼 수는 1개이며, 그림 11의 오른쪽에 나타난 Peak 값이 입력한 CW 신호를 나타낸 것이다. 전체적으로 비슷한 스펙트럼 모양이 비슷하지만, Mark5B의 결과는 적분시간이 짧기 때문에 스펙트럼의 모양이 다르게 출력된 것이다. 또한 그림 11에서 왼쪽에도 Peak 값이 보이는 것은 고속샘플러인 ADS-1000에 의한 예러 신호가 출력되고 있는 것을 나타낸 것이다.

그림 12에 나타낸 것과 같이 관측모드 2의 경우 출력 스펙트럼 수는 2개이며, 왼쪽에서 오른쪽으로 0~128 MHz, 그리고 오른쪽에서 왼쪽으로 128~256 MHz를 나타낸다. 그림 10과 동일한 결과를 나타냄을 확인할 수 있다. 마찬가지로 그림 13의 관측모드 3인 경우 출력 스펙트럼 수는 4개이며, 이상에서 나타낸 결과와 유사함을 확인할 수 있다. 그림 13의 (c)와 (d)를 비교해 보면 (c)의 경우 앞에서 보이던 ADS-1000의 예러 신호가 보이지 않는 것은 앞에서 설명한 것과 같이 데이터의 적분시간이 짧아 표현되지 않기 때문이다.

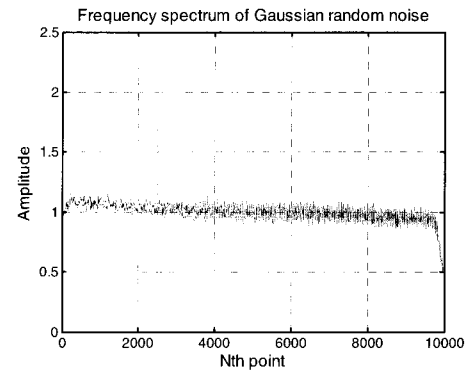
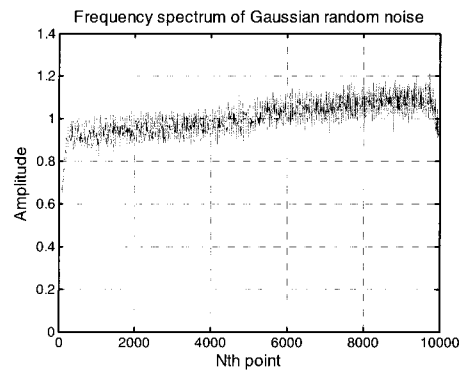
이상의 실험을 통하여 KVN의 전체 디지털 데이터 처리 시스템이 VSI에 의한 연결성과 Mark5B의 기록실험이 정상적으로 동작되어 시스템의 유효성을 확인할 수 있었으며, 실제 관측에 앞서 사전 실험을 통하여 향후 KVN의 디지털 처리시스템이 관측국에 설치된 후 발생할 수 있는 문제점을 해결하는데 도움이 될 것으로 기대된다.

6. 결론

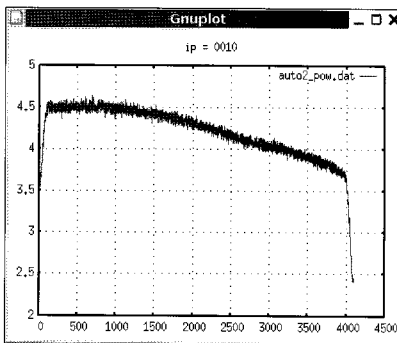
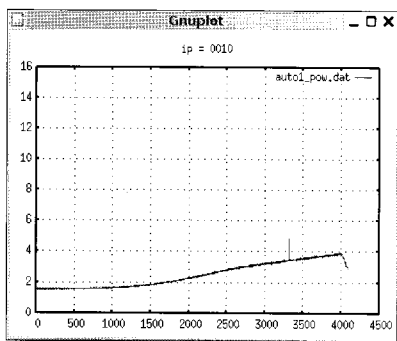
본 논문에서는 KVN을 위한 디지털 데이터 처리 시스템의 성능평가를 수행하였다. KVN의 모든 디지털 처리 시스템은 다른 기종간의 시스템 호환성을 갖도록 규정한 VSI 인터페이스를 세계 최초로 적용하고 있다. 시험평가를 위해 512 MHz 대역을 갖는 아날로그 잡음신호와 이 잡음신호에 784 MHz의 CW신호를 입력하여 전체 디지털 데이터 처리 시스템의 VSI 연결성 시험, 데이터 흐름, 데이터 저장 및 분석 시험을 각각 수행하였다. 우선 VSI 연결성 시험에서는 KVN DAS의 디지털 필터의 출력과 고속기록기인 Mark5B 사이의 VSI 연결을 통한 데이터 전송 및 기록이 규격과 동일하게 수행됨을 확인하였다. 또한 초기 KVN DAS의 공장 검수에서 Mark5B에 기록된 데이터의 분석을 통하여 DAS의



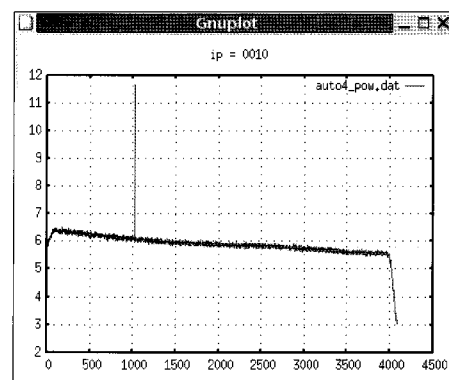
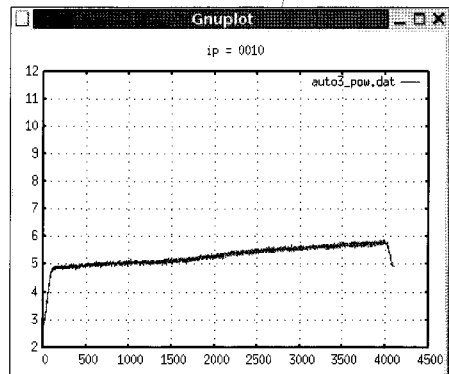
(a) Mark5B의 0-64 MHz, 64-128 MHz



(c) Mark5B의 128-192 MHz, 192-256 MHz



(b) DSM의 0-64 MHz, 64-128 MHz



(d) DSM의 128-192 MHz, 192-256 MHz

그림 13. 관측모드 3의 Mark5B와 디지털 분광기의 결과.

디지털 분광기의 출력 스펙트럼에 문제가 있음을 확인하여 납품되기 전에 수정할 수 있었다. 그리고 전체 데이터의 흐름, 저장 및 분석 시험에서는 512 MHz대역의 잡음신호에 임의의 CW 신호를 입력하여 아날로그 신호의 디지털 화, 디지털 필터를 통과한 후 Mark5B에 고속 기록한 데이터의 분석결과와 디지털 분광기를 통한 실시간 데이터 분석결과가 일치하는 것을 확인하였다. 따라서 본 연구에서 수행한 간단한 사전 실험을 통하여 KVN의 전체 디지털 데이터 처리 시스템이 VSI 인터페이스에 의한 데이터의 흐름과 데이터를 분석한 후 결과의 고속저장 그리고 실시간 분석 등이 정상적으로 동작되므로 시스템의 유효성을 확인하였다. 이상의 실험결과는 실제 관측 전에 관측국에서 발생할 수 있는 문제점을 해결하는데 도움이 될 것으로 기대된다. 향후에는 실제관측을 통하여 전체 시스템의 안정성과 성능을 확인할 예정이다.

#### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 한국천문연구원의 2007년도 한국우주전파 관측망 건설과 2007년도 한일공동VLBI상관기 및 수신기개발 연구과제를 통하여 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

- 김효령 외, 2006, 2006년도 한국우주전파관측망 구축사업 결과보고서, 한국천문연구원.
- 오세진 외, 2005, Current Status of KVN Backend system, 2005년도 Japan-Korea VLBI meeting.
- 오세진 외, 2006, Mark5B 시스템을 이용한 전파천문 데이터 처리, 천문학논총, 21, 95
- 오세진 외, 2007, KVNDAS 연결을 통한 Mark5B 기록실험, 제1회 천문관측기기워크샵 논문집, 1, 41
- Alan Whitney, 2002, VLBI Standard Interface Specification, VSI-H.
- Alan Whitney et al., 2004, Mark5B VLBI Data System, General Meeting.
- MathWorks, 2006, Matlab Program ver. 6 Manual, MathWorks.