

관측 데이터의 고속기록을 위한 대용량 저장시스템
LARGE STORAGE SYSTEM FOR HIGH-SPEED RECORDING OF OBSERVED DATA

오세진¹, 노덕규¹, 김광동¹, 송민규¹, 제도흥¹, 위석오¹, 김태성¹, Alan R. Whitney²

¹한국천문연구원 전파천문연구부

²MIT Haystack Observatory

SE-JIN OH¹, DUK-GYOO ROH¹, KWANG-DONG KIM¹, MIN-GYU SONG¹, DO-HEUNG JE¹, SEOG-OH WI¹,
TAE-SUNG KIM¹, AND ALAN R. WHITNEY²

¹Korea Astronomy Observatory, 61-1 Hwaam, Yuseong, Daejeon 305-348, Korea

²MIT Haystack Observatory, USA

E-mail: sjoh@trao.re.kr

(Received September 2, 2004; Accepted November 29, 2004)

ABSTRACT

In this paper, we introduce the development of the large storage system in order to record the observed space radio signal in the Korean VLBI Network(KVN) with high-speed. The KVN is the Very Long Baseline Interferometry(VLBI) to observe the birth of star, the structure of space by constructing radio telescope with diameter 21m at the Seoul, Ulsan, Jeju from 2001 to 2007 years. To do this, Korea Astronomy Observatory joined the international consortium for developing the high-speed large storage system(Mark 5), which is developed by MIT Haystack observatory. The Mark 5 system based on hard disk has to record up to 1Gbps the observed space radio signal. The main features of Mark 5 system are as follows; First it is able to directly record the input data to the hard disk without PCI(Peripheral Component Interconnect) internal bus, and the second, it has two hard disk banks, which are able to hot-swap ATA/IDE type very cheap up to 1Gbps recording and playback. The third is that it follows the international VLBI standard interface hardware(VSI-H). Therefore it can be connect directly the VSI-H type system at the input/output. Finally it also supports e-VLBI(Electronic-VLBI) through the standard Gigabits Ethernet connection.

Keywords: Mark 5 system, StreamStor Board, Front Pannel Data Port(FPDP), VSI-H

1. 서론

전파라고 하는 매체를 이용하여 외부 세계로부터 정보를 획득하기 위한 노력은 1931년 미국의 Jansky가 우주전파를 처음으로 검출한 이래 시작되었다. 이렇게 전파천문학은 이후 꾸준한 기술적 발전을 통해 현재는 서브밀리파 영역에 이르기까지 주파수 대역이 넓어졌을 뿐만 아니라, 초고속 디지털 신호처리 기술을 통하여 보다 넓은 대역폭에 대해서 정밀한 관측을 수행할 수 있게 되었다. 그러나 전파는 광학 등에 비해 그 파장이 상대적으로 길기 때문에 공간적 분해능을 높이는 데는 상대적으로 많은 어려움을 안고 있다. 실제로 이러한 공간 분해능을 높이기 위해 안테나 구경을 확장하기 위한 많은 연구가 수행되었다. 그러나 안테나의 구경을 확장하는 일은 중력에 의한 효과로 인하여 많은 어려움을 지니고 있다. 이를 위해

여러 대의 안테나를 연결하여 관측할 경우 그 기선의 길이에 해당하는 구경의 안테나와 상응하는 결과를 얻을 수 있으며, 이는 전파천문학에 있어서 그 공간 분해능을 크게 개선할 수 있는 방안으로서 간주되어 왔다. 그러나 이는 각 구성 안테나들을 어떻게 동기화할 것인가에 대한 문제가 된다. 이를 위해 유선 또는 무선으로 국부 발진 신호를 공유하는 방법으로 흔히 어레이 안테나라고 불린다. 이를 통해 수십 km에 이르는 기선을 확보할 수 있게 되었으며, 1970년대 원자시계에 의해 전파천문학에 새로운 변화의 계기가 되었다. 이 원자시계를 통해 여러 대의 안테나를 동기화시킬 경우 전 지구적인 또는 지구 외부의 관측소와 지구를 연결하는 초장거리 기선을 확보할 수 있게 되었다. 이를 초장기선전파간섭계 또는 VLBI(Very Long Baseline Interferometry)라고 한다. 이는 고감도 수신기술, 원자시계 및 주파수표준 기술, 초정밀

신호처리 기술 및 소프트웨어가 결합되어 전파천문학의 발전에 많은 기여를 하였다. 이러한 VLBI는 이미 광학관측을 능가하는 분해능과 정밀도를 갖고 있으며, 천체 관측은 물론 지구 규모의 측지 관측에도 활용되고 있다.

본 논문은 국내에서 최초로 구축되는 세계적 수준의 최첨단 VLBI 관측 시스템인 한국우주전파관측망(Korean VLBI Network; KVN) 건설과 관련하여 천문관측 데이터를 고속으로 저장할 수 있는 대용량 저장장치 기술에 대해 기술하고자 한다. 전파천문학을 위해 지금까지 개발된 대용량 저장장치는 릴-테이프를 이용하여 데이터의 기록 및 재생과 같은 데이터처리를 수행하였지만, 고속의 데이터 처리의 필요와 기술의 발전으로 인하여 하드디스크 형태의 대용량 저장 장치에 대한 관심이 증대되고 있다. 일반적으로 대용량 저장장치는 데이터 저장장치 관련 시장, 즉 금융기관, 정부기관, 기업체 등의 데이터 백업 장비로서 또는 네트워크 인터넷 관련 업체의 서버 시스템의 데이터 저장장치로서 활용되고 있으나 전파천문학에서는 하드디스크를 채용한 고속 대용량 저장장치에 대한 기술적 시도는 국내에서 처음으로 시도되고 있다. 이에 본 논문에서는 한국천문연구원과 MIT Haystack 천문대 등의 국제 컨소시엄을 통하여 지금까지 개발된 전파천문학 관련 데이터의 고속 대용량 저장장치의 기술에 대해 기술하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 2장에서 전파천문학용 고속 저장장치의 연구동향에 대해 살펴보고, 3장에서는 지금까지 개발된 Mark 5 시스템의 개요, 특징, 동작 원리 등에 대해서 기술한다. 4장에서는 Mark 5B 시스템의 개발 현황에 대해 살펴본 후, 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 전파천문학용 고속저장장치의 국외 동향

현재 국내에서는 전파천문학용으로 제작된 고속 저장장치의 개발에 대한 연구는 미흡한 실정이며, 한국천문연구원 등에서 국제 공동 컨소시엄을 통해 개발된 Mark 5 고속 저장시스템이 유일하다고 할 수 있다. 따라서 지금까지 국외에서 개발된 전파천문학용 고속 저장장치에 대해 간략히 기술하고자 한다.

일반적으로 수신기로부터 들어온 전파와 데이터 획득 시스템(Data Acquisition System; DAS)을 통해 디지털로 변환된 많은 양의 데이터를 실시간 고속처리와 저장을 위해 사용되고 있는 대용량 저장장치 기술에 대한 국외의 연구동향은 아래와 같다.

우선, 미국의 경우 1967년부터 아날로그 기록방식을 채택하여 VLBI 관측장비를 개발하여 VLBI 기술이 가능하다는 것을 보여주었다. 이를 바탕으로 반도체 기술과 디지털 기술의 발전으로 인해 1970년대 초기에 디지털 기록방식의 Mark 1 시스템이 개발되었으며, 이를 일부

개량하여 그 후의 전파 천문학에서 VLBI 관측의 주류가 된 Mark 2가 1972년에 개발되었다. 이 시스템은 2MHz 대역의 여러 채널의 관측모드를 가지고 특정 주파수만을 관측하는 전파천문학용 관측에는 유효하지만 측지분야에서는 정밀도가 좋지 못했다. 따라서 14 채널 광대역 관측의 Mark 3 시스템 개발이 미국 MIT Haystack 천문대와 NASA의 우주비행센터에서 1975년부터 시작되었으며 1980년부터는 본격적인 시험운전이 시작되었다. 최근까지 전 세계에서 가장 널리 사용되고 있는 VLBI용 관측장비는 1990년대에 개발된 Mark 4였으나 릴-테이프 방식에서 하드디스크 방식과 고속 데이터 처리기술을 접목하여 개량된 Mark 5 시스템이 국제 공동 컨소시엄을 통하여 개발되어 시스템을 대체하고 있다. 지금까지 개발된 Mark 계열의 저장장치를 그림 1에 나타내었다.

한편 일본의 경우 다소 출발은 늦었지만 NICT(구 통신종합연구소(CRL))에서 VLBI 장치의 독자개발을 시작하였다. 1976년에는 Mark 2 시스템을 바탕으로 K-1 시스템을 개발하였고, 1979년부터는 미국의 Mark 3 시스템과 호환성을 지닌 K-3 시스템 개발을 시작하였다. 1983년 11월에는 처음으로 미국과 일본 사이의 시험관측에 성공하였다. K-3 시스템의 기록장치는 오픈-릴 형식을 가지며 1989년에 방송용으로 사용하고 있는 회전헤드 기록형식의 기록기를 사용하여 VLBI용 K-4 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 Mark 3보다 2채널 많은 16채널 64Mbps 기록이 가능하다. 그리고 K-4 시스템은 Mark 3와 호환성이 있는 자료를 출력할 수 있으며 Mark 3 기록기로 복사가 가능하다. 그리고 이 시스템을 일부 개량하여 최대 256Mbps의 기록속도를 가지는 KSP(Key Stone Project)형 K-4 시스템이 1994년에 완성되어 일본, 동경의 지각변동 관측과 우주공간 VLBI관측(VLBI Space Observatory Programme; VSOP)에도 응용되었다. 최근에는 차세대 VLBI 장치로서 릴-테이프 방식에서 대용량 하드디스크를 채용한 초고속 저장장치와 인터넷과 실시간 상관처리를 수행할 수 있는 K-5 시스템을 개발하였다.

캐나다와 호주의 경우 가정용 비디오 플레이어 8대를 연결하여 128Mbps 16채널까지 기록할 수 있는 S2 시스템을 개발하여 관측에 사용하고 있다.

마지막으로 유럽의 경우 미국 MIT Haystack 천문대에서 개발하고 있는 Mark 계열에 기반하여 JIVE, MRO 등의 여러 관측소에서 VLBI 데이터 전송을 위해 하드디스크를 채용하여 PC-EVN 기록 시스템을 개발하기 위해 서로 협력하고 있다. PC-EVN은 일반적인 PC 하드디스크에 리눅스 파일로 VLBI 데이터를 저장하도록 개발되었다. EVN(European VLBI Network)의 경우에는 미국에서 개발 중인 시스템과 동일한 방식을 채용하고 있다.

이상의 국외 연구개발 동향을 배경으로 미국 MIT Haystack 천문대에서 개발 중인 KVN에서 사용할 한국형

전파천문관련 초고속 대용량 저장장치인 Mark 5를 중심으로 개발 배경, 성능, 구성에 대해 3장에서 좀더 자세히 기술한다.

3. Mark 5 시스템

국제 공동 컨소시엄을 통해 미국 MIT의 Haystack 천문대에서 개발되고 있는 Mark 5 시스템은 하드디스크에 의하여 높은 속도를 가진 VLBI 고속 대용량 저장장치 시스템이다. 저가의 PC를 사용한 Mark 5 시스템은 최대 1024Mbps의 속도로 기록/재생하고 저가의 착탈식 ATA/IDE 디스크 16개를 지원하고 있으며, 광케이블로 데이터를 전송할 수 있는 e-VLBI(Electronic-VLBI)와의 호환성을 가지고 표준 기가비트 급의 인터넷망과도 연결할 수 있다. 또한 실시간 e-VLBI를 위해 데이터를 직접 송수신하는 방식과 준(quasi) 실시간 처리를 위해서는 디스크 어레이를 통해 저장하는 방식을 사용하고 있다.

현재 미국 MIT Haystack 천문대에서 2002년 10월에 새로운 버전의 Mark 5A 시스템이 개발되었으며, 이는 Mark 4 시스템, VLBA DAS, 상관기 등의 시스템과 호환성을 가지도록 개발되었다. 또한 2004년 12월에는 VSI(VLBI Standard Interface) 기반의 Mark 5B(VSI 기반을 제외하고는 Mark 5A와 동일) 시스템이 개발될 예정이다. 개발된 Mark 5A를 그림 2에, 구성도를 그림 3에 각각 나타내었으며, 시스템의 특징을 정리하면 다음과 같다.

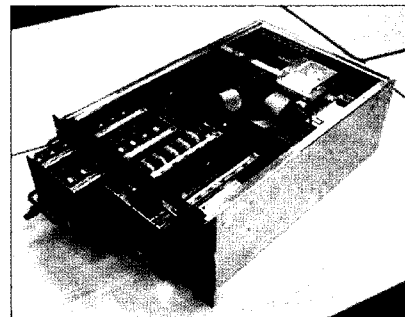
- 기존의 테이프 방식을 대체하는 하드디스크 형태의 VLBI용 고속 저장장치
- 기록 및 재생 속도가 최소 1024 Mbps 이상
- 가능한 변형되지 않은 COTS(Commercial-Off-The-Shelf) 부품 사용
- 장래 기술발전에 따라 모듈화 및 기능향상(업그레이드)이 용이
- 운용이 확실하며 유지비가 적게 들고 이동이 용이
- VLBI 표준인터페이스 규격인 VSI 규격에 일치시킴으로써 호환성 문제를 해결
- e-VLBI 지원이 용이

Mark 5 시스템은 다음과 같은 두 가지 단계로 개발되고 있다.

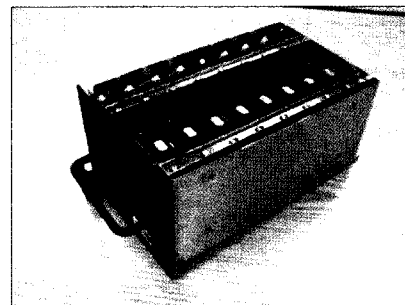
- 1) Mark 5A : 이 시스템은 상관기 또는 스테이션(Station)에서 VLBA 마그네틱테이프 또는 Mark 4로의 데이터 전달할 수 있다. Mark 4/VLBA 포맷터로부터 8, 16, 32, 64 트랙으로 기록하고 같은 Mark 4/VLBA 포맷터에서 재생할 수 있다. 따라서 1024Mbps에서 Mark 4 테이프 유닛과 512Mbps에서 VLBA 테이프 유닛을 대체할 수 있다.
- 2) Mark 5B : 이 시스템은 1024Mbps 이상의 속도로 외부 포맷터가 필요 없으며 VSI-호환성을 가진다. 또



그림 1. Mark 계열의 고속 저장장치.



(a) Mark 5A 본체



(b) 8-pack의 HDD

그림 2. 개발된 Mark 5A 시스템.

한 Mark 4/VLBA 상관기에 존재하는 다양한 모드와 호환성을 가진다.

현재 릴-테이프의 가격과 상용 PC용의 하드디스크의 가격은 거의 비슷한 수준에 접근하고 있으며, 곧 하드디스크의 가격(기가-비트 당)이 곧 훨씬 저렴하여질 것으로 예측되고 있다. 그림 4는 테이프와 디스크의 가격 비교를 나타내었다.

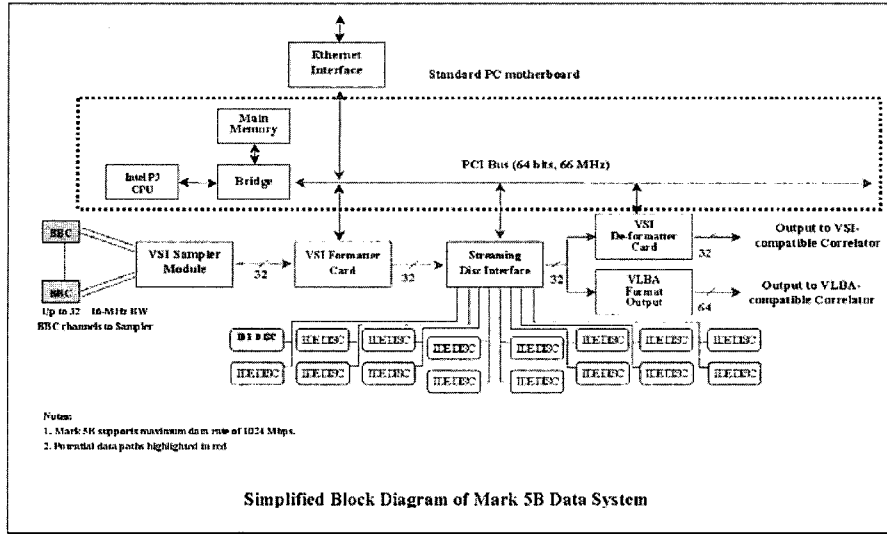


그림 3. Mark 5 시스템의 구성도.

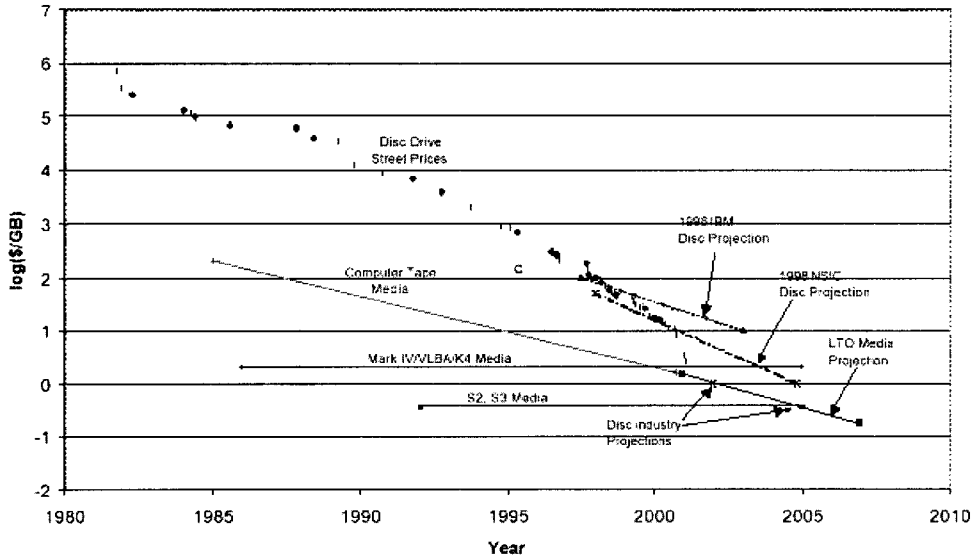


그림 4. 테이프와 디스크의 가격비교.

그리고 IDE 형의 하드디스크를 사용하게 되면 아래와 같은 장점이 있다.

- IDE 인터페이스는 SCSI보다 쉽게 시장에서 즉시 구입 가능하다.
- 항상 최신제품으로 구매할 수 있으며, 구매가격이 저렴하고 값비싼 테이프 드라이버를 살 필요가 없어 추가장비가 필요 없으며, 따라서 호스트 시스템이 저렴하다.
- 어느 데이터에도 빠른 랜덤 액세스가 가능하다.
- 본질적으로 재생시에 상관기로 즉각적인 동기화를 할 수 있다.

- 재생시 애러가 없고, 헤드스택이 많아서 교체해 줄 필요가 전혀 없다.

또한 상용화된 기존의 PC 부품들을 사용한 새로운 하드디스크 타입의 저장장치는 그 제품가격도 기존 제품의 10분의 1정도이며, 데이터 기록 오차도 없고 빠르게 데이터를 접근할 수 있으며 유지비용도 매우 저렴할 것으로 예측되어 차세대 VLBI 저장장치로 각광을 받을 것으로 기대된다.

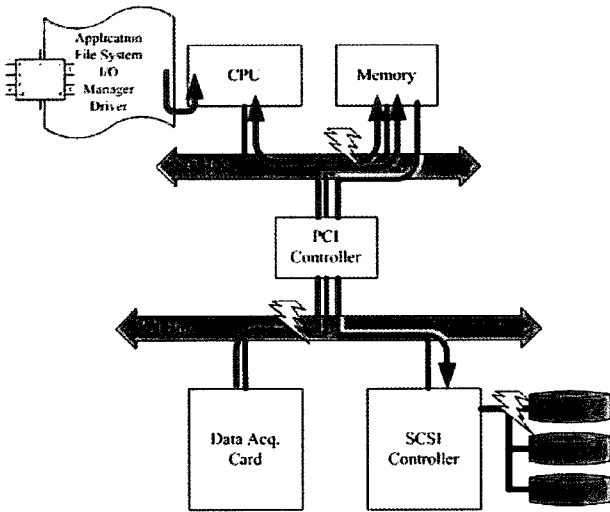


그림 5. 일반적인 SCSI 카드를 이용한 데이터 저장.

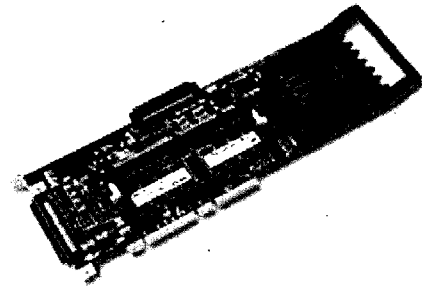


그림 7. StreamStor 카드.

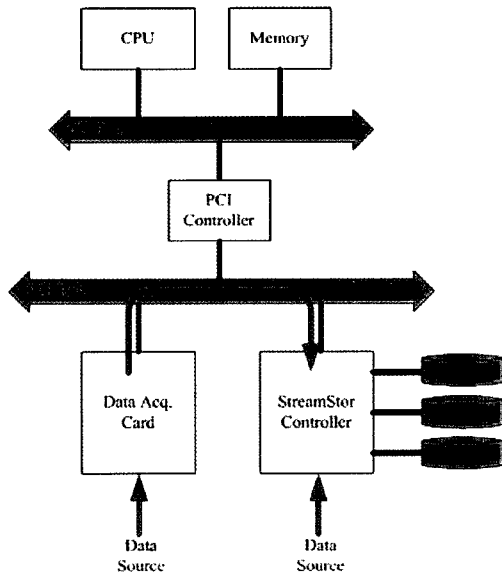


그림 6. StreamStor 카드의 구성도.

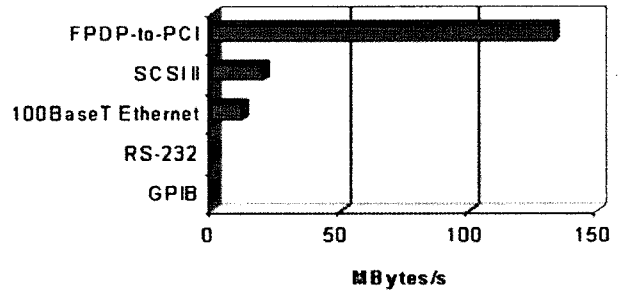


그림 8. 인터페이스 속도 비교.

입력된 데이터에 대해 CPU와 주기억장치가 우선 데이터 처리를 위한 연산을 수행하고 다시 처리된 데이터를 디스크 드라이브로 전송하는 과정에 데이터 버스의 속도와 CPU 속도 등에 따른 데이터 손실이 발생할 수 있지만, StreamStor 카드를 채용한 저장장치의 경우 입력된 데이터는 CPU와 메모리를 통하지 않고 직접 디스크 드라이브로 전송되어 데이터의 손실을 방지할 수 있으며, 높은 전송속도를 유지할 수 있다.

그림 5에는 일반적인 SCSI 카드를 이용한 저장장치의 문제점을 나타내었으며, 그림 6과 7에는 StreamStor 카드와 이를 이용한 데이터 소스로부터 디스크 드라이브까지의 데이터 전송의 구성도를 각각 나타내었다.

StreamStor 카드에 탑재된 중요한 기능 중의 하나는 FPDP(Front Panel Data Port)이다. 이것은 플랫폼에 독립적인 32비트 동기 데이터 흐름 경로를 의미하는데, 보드(board)와 처리 블록 사이의 적당한 거리에 대해 높은 속도(160MByte/sec)로 데이터를 전송할 수 있다. Interactive Circuit and System Ltd.에서 제안된 FPDP는 대부분의 데이터 전송문제에 대해 비용면에서 효과적인 해결책을 제시하고 있으며, 제한된 대역폭을 해결할 수 있다. FPDP의 특징을 간략히 기술하면 다음과 같으며, FPDP와 다른 인터페이스와의 속도비교를 그림 8에 나타내었다.

- 적은 비용으로 쉽게 구현 가능

3.1. 시스템 구성

3.1.1. StreamStor 카드

StreamStor 카드는 완벽하게 복합된 하부조작으로서 호스트에 의한 방해받지 않고 데이터 스트리밍 동작을 수행할 수 있다. 이러한 구조는 하드웨어의 속도는 데이터를 압축하지 않고 제어기 당 200Mbytes/sec까지 데이터 전송율을 유지할 수 있고 Tbyte까지 저장능력을 향상시킬 수 있다. 따라서 데이터 소스로부터 데이터를 직접 디스크 드라이브로 전송할 수 있는 장점을 가지고 있다. 따라서 일반적인 대용량 저장장치의 경우 PCI 버스를 통해

- 시스템 후면의 병목현상을 제거 가능
- 시스템의 다른 간섭으로부터 자유로움
- 동작을 위해 최소한의 소프트웨어로도 가능
- 플랫폼에 독립
- 보드와 보드 사이에 여러 개의 FPDP를 연결한 설계가 가능하며 대역폭 향상이 가능

3.1.2. 디스크 모듈

그림 2에 나타난 것과 같이 8개의 하드디스크를 장착한 8-pack 모듈은 4쌍의 Master/Slave로 구성된다. 다음과 같은 사항들이 8-pack 모듈에 적용된다.

- 모듈 내의 모든 디스크는 동일한 용량을 가지고 있어야 한다. 만약 디스크 용량이 다를 경우, 모듈의 유효 용량은 (디스크 수) × (가장 작은 디스크 용량)으로 설정된다.
- 모든 디스크는 디스크 드라이브의 점퍼 위치를 가능한 정확하게 'Cable Select'로 설정해야 한다.
- 모듈의 앞과 뒤까지, 디스크 위치는 0M, 0S, 1M, 1S, 2M, 2S, 3M, 3S이다(M: Master, S: Slave).
- 만약 8개의 디스크보다 적은 수가 장착되면, 데이터율이 이에 대응하여 감소한다. 허용된 디스크의 수는 1, 2, 3, 4, 6, 8이다. 표 1에 다양한 디스크의 수에 대한 모듈 용량과 디스크 위치를 나열하였다.
- 모듈의 모든 디스크는 가능하면 동일한 제조회사와 모델을 사용할 것을 권장한다. 그러나, 만약 이것이 불가능하다면, 각 디스크의 Master/Slave 쌍은 반드시 동일한 제조회사와 모델을 사용하여야 한다.

표 1. 다양한 디스크의 수에 대한 최대 데이터율과 위치.

디스크 수	위 치	최대 데이터율(Mbps)
1	0M	128
2	0M, 1M	256
3	0M, 1M, 2M	256
4	0M, 1M, 2M, 3M	512
6	0M, 0S, 1M, 1S, 2M, 2S	512
8	All	1024

3.1.3. 디스크 기록시간 및 필요용량

표 2는 각 디스크에 대해 20MB/sec의 유지 전송율에 기반하여 각 동작모드에서 필요한 디스크의 최소 개수를 나타낸 것이다. 그리고 표 3은 다양한 일반적인 디스크 용량에 대해 다양한 전체 데이터 율에서의 디스크 당 기록시간을 나타낸 것이다.

표 2. 각 동작모드에 필요한 최소 디스크 수.

데이터 모드	서브 모드	데이터율 (Mbps/track)	전체 데이터율 (Mbps)	필요한 최소 디스크 수
st	mark4 or vlba	2	72	1
		4	144	1
		8	288	2
		16	576	4
mark4 or vlba	8	2	16	1
		4	32	1
		8	64	1
		16	128	1
	16	2	32	1
		4	64	1
		8	128	1
		16	256	2
	32	2	64	1
		4	128	1
		8	256	2
		16	512	4
	64	2	128	1
		4	256	2
		8	512	4
		16	1024	8

표 3. 다양한 전체 데이터 율에 대한 디스크 당 기록시간.

전체 데이터율 (Mbps)	디스크당 기록시간(분) (전체 기록시간에 대해 디스크 수를 곱함)		
디스크 용량	120GB	200GB	300GB
16	1000.0	1666.7	2500.0
32	500.0	833.3	1250.
64	250.0	416.7	625.0
72	222.2	370.4	555.6
128	125.0	208.3	312.5
144	111.1	185.2	277.8
256	62.5	104.2	156.3
288	55.6	92.6	138.9
512	31.3	52.1	78.1
576	27.8	46.3	69.4
1024	15.6	26.0	39.1

3.2. 동작원리

Mark 5 시스템의 기반은 COTS와 일반적인 인터페이스 카드의 조합을 이용한 표준 PC 구조로 구성되어 있다. 시스템의 핵심부분은 앞에서 설명한 것과 같이 StreamStor 디스크 인터페이스 카드로서 이는 고속 실시간 데이터 수집과 재생을 할 수 있다. 이 카드는 그림 9에 나타난 것과 같이 3가지의 물리적 인터페이스 즉, 삼각 연결을 지원한다.

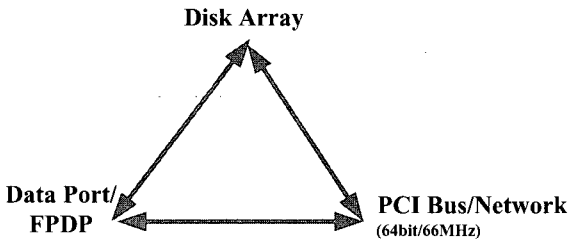


그림 9. StreamStor 카드의 삼각 연결.

- 1) Data Port/FPDP : 이 포트는 32비트 카드탑 버스로서 'Front Panel Data Port' 인터페이스 사양으로 공업용 표준을 지원한다. 이는 입출력에 대해 고속 실시간 데이터를 전송하는 양방향 포트이다. 모든 FPDP 동작은 32비트 버스를 사용한다.
- 2) Disc Array : 이 포트는 8개의 Master/Slave로 읽고 쓰기를 위한 8개의 표준 IDE 디스크로서 2개의 어레이 뱅크를 지원한다.
- 3) PCI 버스 : 이것은 호스트 PC 구조로서 표준 연결되어 있으며 StreamStor 카드는 64bit/66MHz를 지원한다. 그리고 표준 32bit/33MHz 버스도 지원한다.

Mark 5 시스템의 삼각 연결은 데이터가 두 개 혹은 세 개의 버스로 이동되도록 정의하고 있다. StreamStor 카드는 하나의 연결경로와 VLBI 데이터에 대해 최대 속도가 약 1024Mbps로 사용되고 있는 경우에도 임의의 두 포트 사이의 최대 전송률은 1600Mbps를 유지한다.

3.3. 호환성

Mark 5 시스템은 기존의 VLBI 시스템과 호환성을 가지도록 설계되었다. 예를 들어 데이터가 VSI 호환 인터페이스로 기록되고 이를 Mark 4/VLBA 상관기에서 재생할 수 있다. 반대로 데이터가 기존의 Mark 4/VLBA 기록장치에 의해 기록되고 VSI 호환의 기록기/상관기에서 재생될 수 있다. 또한 캐나다와 호주에서 개발된 S2 기록기의 인터페이스는 Mark 5 시스템에서의 데이터 기록을 쉽게 할 수 있게 된다. 현재 개발중인 Mark 5B 시스템은 VSI 호환과 Mark 4/VLBA 상관기에서도 데이터를 재생할 수 있도록 개발 중이다. 이와 같이 다양한 고속기록기 시스템에서의 호환성은 널리 사용되고 있는 기존의 VLBI 시스템을 사용하는 데 매우 효과적일 것으로 기대된다.

3.4. 동작 모드

Mark 5 시스템은 기본적으로 다음과 같은 세 가지 동작 모드를 제공하며, 이에 대한 구성을 그림 10에 나타내었다.

- 1) Idle : 시스템이 idle(즉, 기록과 재생이 아님)일 때, DIM(Data Input Module)을 들어오는 데이터는 FPDP 버스를 통해 통과하고 DOM(Data Output Module)에서 얼마동안 지연된 후 재생된다. 이는 'pass-through' 모드와 같고 여러 대의 Mark 5 시스템이 그림 11과 같이 서로 연결된 경우 전체 데이터

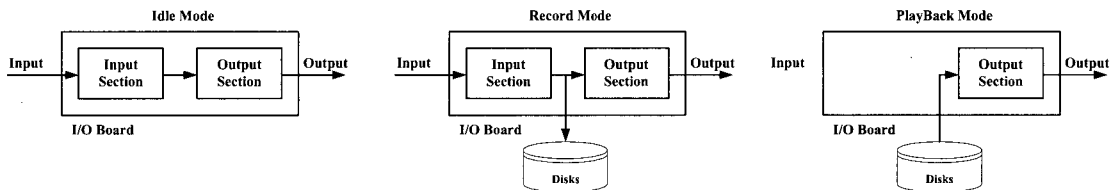


그림 10. 세 가지 Mark 5 동작모드에 대한 데이터 경로.

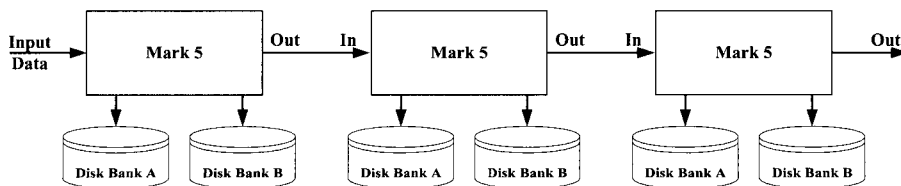


그림 11. 직렬 연결된 Mark 5 시스템에 의한 기록.

용량을 증가시킬 때 사용된다.

- 2) Record : 이 모드는 FPDP 버스에서 데이터를 디스크에 기록하는 것을 제외하고는 'idle'모드와 동일하다.
- 3) Playback : 디스크에 이미 기록된 데이터가 FPDP 버스를 통해 다시 재생되고 DOM으로 전달된다. 이 모드에서는 재생속도는 DOM에 의해 제공되는 클럭에 의해 제어되며 기록된 클럭속도에는 독립적이다.

3.5. e-VLBI 지원

Mark 5 시스템은 초고속 네트워크를 통해 여러 나라의 VLBI 데이터 시스템과 쉽게 연결할 수 있다. 이는 Mark 5 시스템이 표준 PC 구조와 표준 네트워크와의 연결을 지원하도록 개발되고 있기 때문이다. 초고속 네트워크를 사용하기 위해서는 적어도 다음 2가지의 경우를 만족해야 한다.

- 1) 직접 스테이션에서 상관기로 저장 : 네트워크 사이에 연결이 되면, 데이터는 스테이션에서 상관기까지 1Gbps 이상의 속도로 실시간으로 전송하거나 실시간 상관처리를 할 수 있어야 하고 상관기의 디스크에 저장할 수 있어야 한다.
- 2) 스테이션 디스크에서 상관기 디스크로 저장 : 만약 상관기의 데이터 처리를 위해 데이터를 실시간으로 전송할 때 네트워크 연결이 잘 안될 경우에는 스테이션 디스크에 데이터를 기록한 후 상관기로 전송할 수 있어야 한다.

4. Mark 5B 개발 현황

MIT Haystack 천문대에서는 Mark 5A 시스템의 개발을 완료하여 시험관측과 운영을 하고 있으며, 현재는 2004년도 연말을 목표로 Mark 5B 시스템을 개발하고 있다. Mark 5B 시스템은 Mark 5A 시스템과 마찬가지로 동일한 디스크 모듈과 동일한 형태로 1Gbps까지의 최대 데이터율을 지원한다. 그러나 Mark 5B 시스템은 Mark 5A 시스템과는 달리 VSI 표준 인터페이스와 명령어 셋을 완벽하게 지원하는 특징이 있다. 따라서 VLBA 시스템이 기존의 임의의 포맷터를 bypass 시킬 수 있으며, 최대 1Gbps의 데이터율로 간단한 인터페이스를 통해 VLBA 샘플러의 출력과 직접 연결할 수 있다. 기존의 Mark 4 시스템에 대해, Mark 5B 시스템에서는 전체 1792Mbps의 데이터율로 2대의 Mark 5B 시스템에 14개의 BBC(BaseBand Converter)의 연결을 가능하도록 할 예정이며, 간단한 인터페이스를 통해 Mark 4 상관기에 직접 Mark 5B 시스템에서 데이터를 재생할 수 있도록 Mark 4 스테이션 유닛의 중요한 기능을 지원할 수 있도록 설계하고 있다. Mark 5A와 Mark 5B 시스템의 디스크 기록은 상호호환성은 가지고 있지 않지만, Mark 5A 시스템의 개량을 통해 Mark 5B 시스템에 기록된 데이터를 Mark 5A 시스템에서 읽을 수 있도록 하며, VLBA 트랙-포맷의 출력도 생성할 수 있다.

또한, 현재 하드디스크 시장에서 널리 사용되고 있는 parallel-ATA(PATA) 방식의 디스크 모듈 대신 새롭게 대두되고 있는 serial-ATA(SATA) 방식을 Mark 5B 시스템에서도 채용할 예정이다. 이 SATA 방식의 디스크 모듈을 채용한 Mark

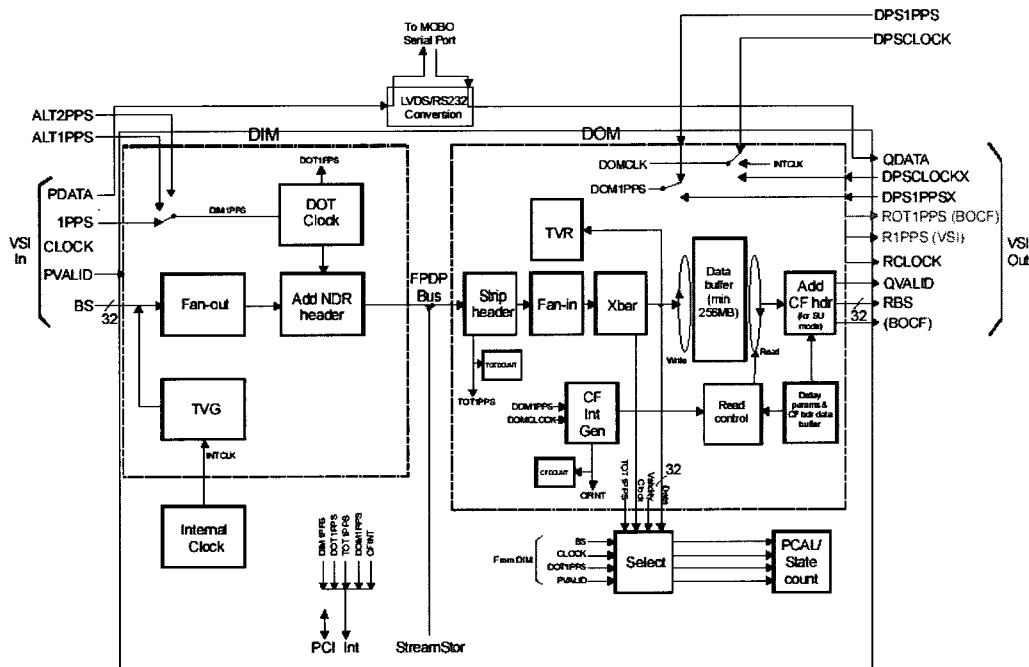


그림 12. Mark 5B 시스템의 구성도.

5B 시스템은 기존의 PATA 방식과 완벽하게 상호호환성도 가진다. 새로운 방식을 채용할 경우에도 Mark 5B 시스템의 외형은 기존의 시스템과 동일하다.

그림 12에 현재 설계되고 있는 Mark 5B의 구성도를 나타내었으며, Mark 5B에서 완벽하게 지원하는 VSI-H에 대해 여기에 간략한다.

4.1. VSI-H (VLBI STANDARD INTERFACE HARDWARE)

4.1.1. VSI-H 규격

다양한 VLBI 데이터 시스템의 호환성이 없음은 VLBI 관측의 실현에 심각한 장애물이 되는 것으로 인식되어져왔다. 과거 2년에 걸쳐 주요 사안들이 제안되었는데, 그것이 바로 VSI-H 규격의 국제적인 개발에 관한 것이다. VSI-H를 구현함으로써 관측국과 상관국 사이의 다양한 VLBI 데이터 시스템의 상호호환성을 쉽게 할 수 있게 되며, VLBI 관측 비용을 낮추고, 관측효율을 향상시키는 데 큰 효과가 있을 것으로 기대된다. VSI-H의 구성도를 그림 13에 나타내었다.

4.1.2. VSI-H의 목적

- ① 데이터 획득과 상관기 시스템 사이의 최소의 노력으로 이중의 DTS(Data Transmission System)사이를 연결할 수 있는 것과 같이, VLBI DTS로부터의 표

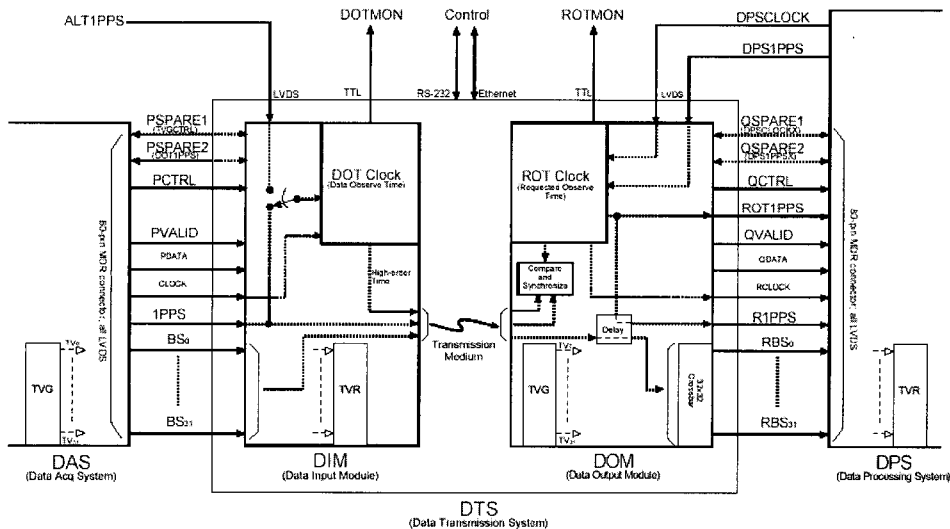
준 인터페이스를 정의하는 것이다.

- ② 일반적인 기록/재생 시스템, 네트워크 데이터 전송, 또는 직접 연결 시스템 등과 호환성을 가지는 것이다.
- ③ DTS의 자세한 특성을 완전하게 숨기고, 뚜렷한 방법으로 데이터 획득에서 상관기까지 데이터가 전송되는 것을 허용하는 것이다.
- 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 하는 것이다.
- ⑤ 측지와 천문 관련 공동체 사이의 공동 협력에 의해 개발하는 것이다.

4.1.3. VSI-H의 가정

VSI-H 규격의 개발에는 다음과 같은 가정들이 따른다.

- ① VLBI DTS는 Data Acquisition System(DAS)와 Data Processing System(DPS) 사이의 병렬 비트 스트림의 수신과 전송을 기본으로 한다.
- ② 개별적인 비트 스트림은 정의하지 않는다. 기본적인 비트 스트림은 부호 스트림 또는 특별한 샘플의 진폭비트이고 실제 의미는 DAS와 DPS 사이에 서로 공동으로 동의한 것이다.
- ③ 수신 또는 전송된 비트 스트림 클럭율은 다를 수 있는데(즉, DPS로의 재생율이 빨라지거나, 느려지는



Notes:
 1. Shaded items are for illustrative purposes only.
 2. PVALID is optionally transmitted from DIM to DOM.
 3. PDATA is optionally transmitted from DIM to DOM.
 4. Data delay in DOM is required only for storage-based systems.
 5. See text for discussion of use of optional use of P/QSPARE1/2 signals.
 6. If DIM/DOM in single box, ALT1PPS/DPSCLOCK/DPS1PPS share single MDR-14 connector.
 7. This diagram does not show all functions and options -- see VSI-H specification for details.

그림 13. VSI-H의 기능적 구성도.

것), 그러나 획득부에서 임의 포트의 모든 수신된 비트 스트림 정보율은 동일하고, 전송부에서 모든 비트 스트림 클럭율은 동일하다.

- ④ 단일 시각 태그는 모든 병렬 비트 스트림에 적용한다. 모든 비트 스트림에서 모든 비트의 DAS 시각 태그는 DTS 출력에서 모두 회복될 수 있어야 한다.

이러한 가정 아래에서, 어떠한 제약 또는 설계 내역은 DTS를 통하여 데이터를 전송하는데 사용되는 매체의 포맷 또는 용량, 형식에 의존하는 것이 없다. 여기서 마그네틱 테이프, 디스크, 광파이버, 인터넷 및 임의의 전송매체에 대해서도 허용된다.

4.1.4. VSI-H의 특징

VSI-H의 특징을 나열하면 다음과 같다.

- 1 Gbps ‘채널 할당량’ 정의
- 32 병렬 비트 스트림을 사용
- 32 MHz(2, 4Gbps의 채널 할당량에 대해 64, 128MHz로의 확장) 클럭 사용
- 채널 할당에 따른 80핀의 표준연결단자 하나를 가짐
- 표준화된 전기적·기계적 규격을 가짐
- 신호 인터페이스는 모두 LVDS(Low Voltage Differential Signaling)를 사용
- 데이터에 시각 태깅을 하는 방법은 모두 DTS의 내부에서 수행되며 VSI-H에서는 정의하지 않음
- 시험 벡터 생성기/수신기 장착
- 상관기에 직접 연결하기 위한 모델-지연 성능을 간략화함
- 새로운 시스템에 쉽게 적용하기 위해 유연성을 가짐
- 쉬운 저장매체 변경이 용이함

5. 결론

본 논문에서는 KVN에서 관측된 우주전파를 고속으로 기록하기 위한 대용량 저장장치의 개발에 대해 소개하였다. KVN은 한국천문연구원에서 2001년부터 2007년까지 서

울, 울산, 제주에 지름 21m의 전파망원경을 건설하여 별 탄생, 우주 초미세 구조 등을 관측하기 위한 초장기선전파간섭계(VLBI)이며, 관측된 데이터를 고속으로 저장하기 위해 미국 MIT Haystack 천문대와 몇몇 천문대가 국제공동건설시업을 구성하여 개발하고 있다. 현재 개발 중인 Mark 5 시스템은 하드디스크를 기반으로 관측된 우주전파를 1Gbps 이상의 속도로 데이터를 고속으로 저장할 수 있는 시스템이다. Mark 5 시스템의 주요 특징은 입력 데이터가 PC 내부의 버스를 통하지 않고 하드디스크에 기록될 수 있으며, 하드디스크는 가격이 저렴한 8개의 탈부착이 가능한 ATA/IDE 형태의 하드디스크 뱅크를 2개 가지며 1Gbps 이상으로 고속기록 및 재생이 가능하다. 국제 VLBI 표준 즉, VSI-H를 지원하여 시스템의 입출력 부분에 VSI-H를 지원하는 임의의 장비를 부착하는 것이 가능하다. 또한, Mark 5 시스템은 표준 기가비트 이더넷 연결을 통해 e-VLBI도 지원한다. 향후에는 개발된 기술을 바탕으로 시스템 성능향상(기록 및 재생속도)을 위한 연구를 국내에서 수행할 예정이다.

참고문헌

- 민영철, 1996, 전파천문학, 동양문화사.
- A. R. Whitney, 2002, Mark 5 Disc-based Gbps VLBI Data System, Proc. of the 6th European VLBI Network Symposium, 41-44.
- FPDP Specification: <http://www.fdpd.com/>.
- International VLBI Service for Geodesy and Astrometry, 2000, 2000 Annual Report.
- International VLBI Service for Geodesy and Astrometry, 2001, 2001 Annual Report.
- International VLBI Service for Geodesy and Astrometry, 2000, 2000 General Meeting Proceedings.
- Mark 5 Website: <http://web.haystack.mit.edu/mark5/Mark5.htm>.
- VLBI Standard Hardware Interface Specification.
- VLBI Standard Software Interface Specification.