

e-VLBI 소개 및 초고속정보통신망을 통한 e-KVN 구현

Introduction of e-VLBI & The Plan for e-KVN

송민규, 김현구, 민영철, 김광동, 노덕규, 오세진, 한국천문연구원

Song Min-Gyu, Kim Hyun-Goo, Minh Young-Chul, Kim Kwang-Dong,
Roh Duk-Gyoo, Oh Se-Jin Korea Astronomy Observatory

한국천문연구원에서는 연세대, 울산대, 탐라대에 건설되는 20m 전파망원경과 대덕전파천문대의 14m 안테나를 광 네트워크로 연결하는 e-VLBI(electronic VLBI) 계획을 추진중에 있으며 이는 각 관측소에서 얻은 VLBI 데이터를 초고속정보망을 통하여 1024Mbps로 데이터센터까지 실시간 전송하는 것을 그 궁극적 목표로 하고 있다. e-VLBI는 각 관측 사이트에서 얻은 대용량의 VLBI 데이터를 영상합성처리 센터로 전송하기 위하여 초고속정보망(high-speed global network)을 이용하는 획기적인 기술이다. 뿐만 아니라 이는 전세계의 관측소에서 얻어낸 막대한 용량의 데이터를 실시간, 준-실시간 형태로 데이터센터에 전송할 수 있는 유일한 방법으로 전세계에 걸쳐 구축된 초고속정보망을 적극적으로 활용하는 애플리케이션이라 할 수 있다.

1 서 론

21세기에는 우주기술(ST:Space Technology)이 IT 기술 못지않는 막대한 부가가치를 창출하고 산업전반에 걸쳐 새로운 비전을 제시해 줄 수 있는 산업으로 부각될 것으로 예상되고 있다. 이에 따라 관련 기술의 급격한 발전에 힘입어 보다 멀리, 더욱 선명하게 천체를 관측 할 수 있는 초장기선 전파간섭계(VLBI: Very Long Baseline Interferometry)가 등장하게 되었는데 이는

수천Km 떨어진 곳에서 수Cm의 사물을 식별할 수 있는 정밀도를 제공한다.

서로 멀리(수백~수천 km) 떨어져 있는 여러대의 전파 망원경을 동시에 사용하여 천체에서 오는 신호를 서로 합성하면 마치 그 거리에 해당하는 크기의 초대형 안테나를 사용하는 것과 같은 효과를 얻을 수 있는데 이 원리를 이용하여 초정밀의 공간분해능을 얻고자 하는 것이 초장기선 전파 간섭계(VLBI: Very Long Baseline Interferometry)이고 이를 구성하는 각 안테나로부터

데이터 처리 센터까지 초고속 광케이블을 연결하여 관측과 동시에 전파영상을 합성·분석 처리하는 것이 리얼-타임(Real-Time VLBI) 관측 기술이다.

초고속 정보망을 이용하지 않는 기존 방식은 막대한 양의 자료로 인하여 고속의 초고밀도 기록기(HDTV용)가 필요한데 이는 현재 국내에서 개발되지 아니하였고 단순 구입은 막대한 경비를 초래한다. 뿐만 아니라 기록기에 대한 규격화된 사양이 없어 각 나라마다 서로 다른 모델이 운영되고 있기 때문에 많은 문제점을 갖고 있었지만 e-VLBI를 통하여 이러한 모든 문제를 해결하는 것이 가능하게 되었다.

이러한 중요성을 인식한 미국, 일본, 유럽을 비롯한 선진국에서는 국가차원의 전폭적인 지원아래 대규모 시설이 운영하고 있는데 EVN (European VLBI Network), CMVA(The Coordinated Millimeter VLBI Array), VLBA (Very Long Baseline Array), J-Net(Japanese VLBI Network)을 그 대표적인 예로 들 수 있다.

본 논문에서는 먼저 e-VLBI에 대한 간략한 소개 및 원리에 대해 알아볼 것이고 이를 구현하기 위하여 현재 KVN(Korean VLBI Network)에서 구상하고 있는 e-KVN의 방향에 대해 알아보도록 한다.

2 VLBI 개념 및 원리

2.1 What is VLBI?

VLBI(Very-Long-Baseline

Interferometry)는 지구 자전축 및 지각운동의 미세한 변화를 측정하기 위한 가장 신뢰할 수 있는 기술로서 초고분해능의 정밀도를 보장하며 30년 이상 전파천문을 비롯한 측지, 지구물리 등 다방면에 걸쳐서 널리 사용되어 왔다. 즉 일반 광학망원경으로는 관측이 불가능한 천체의 이미지를 얻을 수 있고 수십 micro arsec 단위의 고분해능 천체 이미지 획득이 가능하다.

수천 km의 기선을 가진 두 전파망원경에서 수 밀리미터의 정확성으로 벡터를 측정할 수 있기 때문에 시간에 따른 기선길이의 변화를 감지할 수 있고 0.1mm/yr의 정확도로 지각운동의 변화를 예측할 수도 있다. 뿐만 아니라 매우 멀리 떨어진 천체를 기준 프레임으로 규정한 후 mm arsec단위의 정확도로 이 위치를 측정할 수 있기 때문에 지구 자전을 연구함에 있어서 가장 적합한 기술이며 내핵, 맨틀, 외핵 등의 지구의 내부구조를 연구함에 있어서 유일한 수단이라고 할 수 있다.

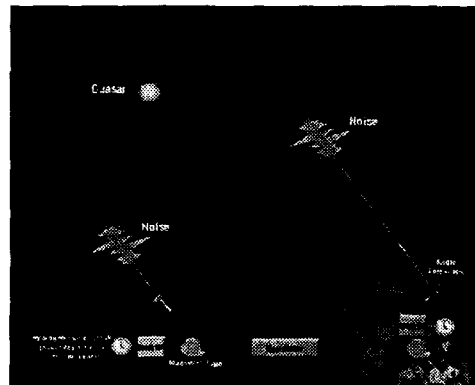


Figure 1. The schematic of traditional VLBI observation

VLBI에서 하나의 간섭계는 최대 20여개에 달하는 다수의 전파망원경으로 구성될 수 있는데 각 관측소에서 얻어낸 데이터를 데이터센터에서 영상합성 처리하여 천체 이미지가 얻어지게 된다. Figure 1에서는 두 전파망원경으로 구성되는 VLBI 어레이의 동작 메커니즘을 간략히 나타내었다.

2.2 What is e-VLBI ?

기존 방식의 VLBI에서는 각 관측소에서 얻은 데이터를 자기테이프나 디스크에 기록한 후 배나 비행기 등의 운송수단을 통하여 데이터센터로 전송한 후 영상합성 처리 하였다. 하지만 이 방식은 데이터 기록이나 테이프운송에 있어서 많은 비효율성과 고비용의 문제점을 야기시켰고 무엇보다 관측 결과에 대한 신속한 분석이 불가능하다는 점에서 크나큰 취약점을 갖고 있었다.

이러한 문제점을 극복하기 위한 기술로서 등장한 것이 e-VLBI이며 이는 초고속 정보망(high-speed network)을 통한 VLBI 데이터의 전송방식이라고 정의 내릴 수 있다.

각 관측소에서 얻어진 VLBI 데이터는 전송 가능한 파일 형태로 변환되어 초고속 정보망을 통해 데이터센터로 전달되는 과정을 거치게 되는데, 이후 네트워크를 통해 데이터센터로 수신된 VLBI 데이터는 영상합성 처리되어 관측자가 원하는 천체 이미지로서 출력된다.

VLBI 데이터를 네트워크를 통하여 데이

터센터까지 전송하는 e-VLBI 기술은 VLBI 연구가 시작된 1960년대 후반부터 전파 천문학 분야에서 주 관심의 대상이었다. 미국, 일본, 유럽을 비롯한 VLBI 선진국에서는 그동안 다양한 e-VLBI 실험이 수행되었다.

그 실례로, 안테나를 통해 얻은 VLBI 데이터를 위성통신을 통하여 지상으로 실시간 전송하는 실험이 1977년에 수행되었고 1986년과 1997년에는 VLBI 전용 위성인 TDRSS와 HALCA에 탑재된 전파망원경에서 얻어진 데이터를 지상 데이터센터로 전송하는 실험을 수행하였다. 또한 1979년에는 소용량의 데이터(~1Mb/station)를 일반 전화선을 경유하여 소프트웨어 코릴레이터로 전송하는 실험이 MIT의 헤이스텍 관측소에서 성공적으로 이루어졌다.

이후 일본의 CRL(Communication Research Laboratory:전파총합연구소)은 네 대의 전파망원경을 256 Mbps의 초고속정보망으로 연결한 KSP(Key Stone Project)를 바탕으로 동경 부근의 지진발생 예보와 지각변화 측정을 수행하고 있다. 최근에는 신속 정확한 관측 수행과 데이터 처리 과정에서의 효율성을 위하여 각 관측소를 Gbps급의 초고속정보망으로 연결하는 리얼-타임 VLBI 네트워크 구축을 완료하였다.

인터넷과 같은 공용 네트워크 기반의 e-VLBI는 제한된 속도 및 QoS 변동으로 인하여 몇 년전까지만 하더라도 VLBI용으로 적합하지 않았고 관측자가 원하는 성능 및 결과를 얻는 것에 다소 한계가 있었다. 하지만

네트워크 기술의 급격한 발전으로 인하여 최근에는 대역폭과 데이터 품질에 있어서 눈부신 향상을 이루고 있으며 향후 수년 이내에 전세계의 모든 VLBI 안테나들이 인터넷으로 연결될 수 있을 것으로 전망되고 있다.

3 e-VLBI의 당위성 및 장점

기존 방식의 VLBI에 비하여 e-VLBI가 갖는 과학적 생산성 및 운영상의 기술적 이점은 다음과 같이 크게 네 가지로 요약될 수 있다.

1. 신속한 결과 처리 및 분석의 정확성 (Faster turnaround of results):

기존 VLBI 방식에서는 관측 수행 후 데이터에 대한 영상합성 및 분석결과를 얻는데 상당한 시간이 소요되었는데 이는 데이터가 기록된 미디어를 비행기나 배등의 교통수단을 통하여 데이터센터로 전송하는 과정에서 상당한 시간 지연이 발생했기 때문이다. 즉 관측소와 데이터센터가 수천 km 떨어진 경우, 데이터 분석에 있어서 최소 하루 이상 지연될 수 밖에 없었고 이러한 문제점으로 인하여 외부은하계의 초신성(extragalactic supernova), 감마선 폭발(gamma-ray-burst)등과 같이 실시간으로 변하는 천체현상에 대한 신속한 분석 및 결과 도출이 현실적으로 불가능하였다.

e-VLBI에서는 초고속정보망을 통하여

데이터가 초고속으로 전송되기 때문에 이러한 문제를 근본적으로 해결할 수 있으며 네트워크의 전송효율에 따라 관측과 동시에 실시간으로 분석 결과를 얻을 수도 있다.

2. 향상된 민감도(Higher sensitivity):

기존 VLBI에서는 민감도를 향상시키기 위하여 큰 직경의 안테나와 적은 노이즈의 수신기를 사용하는 것이 일반적이었다. 하지만 전자는 막대한 비용이 소요되고 후자는 현재 수신기의 노이즈가 이론적 극소치에 달했다는 점에서 더 이상 민감도 향상을 위한 최적의 대안이 될 수 없다.

e-VLBI에서 관측 결과의 민감도는 획득한 데이터의 RMS치에 비례한다. 따라서 초고속정보망을 활용한 VLBI 데이터의 전송에 있어서 데이터 전송속도를 수 Gbps 까지 향상시킬 수 있다면 테이프나 디스크 등에 데이터를 기록한 기존의 방법보다 훨씬 탁월한 민감도의 데이터를 얻을 수 있다.

3. Lower costs(저비용):

e-VLBI에서는 값비싼 테이프나 디스크가 필요하지 않으며 관측에 있어서 완벽한 자동화를 지원하기 때문에 운용, 유지 면에서 상당히 경제적이다.

4. Quick diagnostics and tests (신속한 시스템 진단 및 시험):

기존 VLBI방식에서는 관측 데이터를 데

이더센터에서 처리·분석해보기 전까지는 관측이 제대로 되었는지 각 관측소의 시스템이 정상적으로 동작을 하였는지를 판단하기가 매우 어려웠다. 이로 인하여 관측 결과는 신뢰성은 저하될 수 밖에 없었고 관측 수행에 있어서도 상당한 비효율성을 초래하였다. e-VLBI에서는 관측을 수행하기 전, 네트워크를 통하여 소용량의 데이터를 데이터센터로 전송한 후 이에 대한 분석 결과를 즉시 얻을 수 있기 때문에 관측 장비의 이상 유무 및 성능을 손쉽게 파악하는 것이 가능하기 때문에 최상의 관측상태를 유지할 수 있다.

4 e-VLBI의 작동 메커니즘

e-VLBI는 네트워크 성능에 따라 리얼-타임 VLBI(Real-time VLBI), 준리얼-타임 VLBI(Quasi Real-time VLBI), Offline VLBI 세 가지로 분류할 수 있으며 각 방식의 동작 메커니즘을 간략히 기술하면 다음과 같다.

▶ Full data buffering-각 관측소에서 얻은 데이터가 디스크에 기록 완료되면 네트워크를 통하여 데이터센터로 전송되는데 데이터센터에 수신된 데이터는 다시 디스크 기록과정을 거친다. 각 관측소에서 입력된 데이터의 기록이 모두 완료되면 영상합성처리가 시작된다. 각 관측소와 데이터센터사이의 네트워크 속도가 디스크에 기록된 데이터 속도보다 매우 느릴

때 Full data buffering 모드를 사용한다.

▶ Direct data transfer- 각 관측소에서 얻은 데이터는 네트워크를 통하여 실시간 전송되어 데이터센터의 디스크에 기록되는데 모든 관측소로부터 전송된 데이터 기록이 완료되면 이후 영상합성처리가 수행된다. 이 방식에서는 full data buffering 방식보다 적은 수의 디스크가 필요하며 소용량의 데이터에 대한 관측 결과를 바탕으로 VLBI 장비의 상태를 점검할 수 있다.

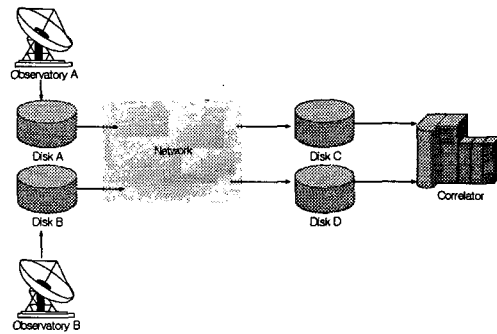


Figure 2. Offline VLBI(ftp-VLBI)

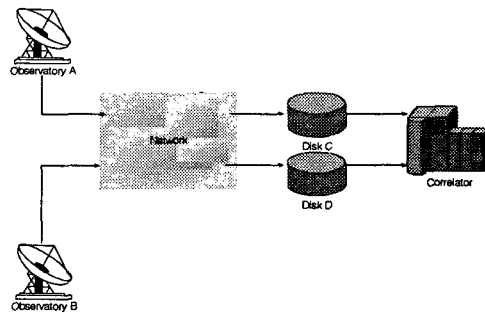


Figure 3. Quasi Real-Time VLBI

▶ Full Real-time transfer-각 관측소에서

얻어진 데이터는 영상합성처리를 위하여 데이터센터로 실시간 전송된다. 이 방식을 적용하기 위하여 모든 관측소와 데이터센터 사이에는 대용량 데이터의 실시간 전송을 지원하는 초고속정보망이 구축되어져야 한다

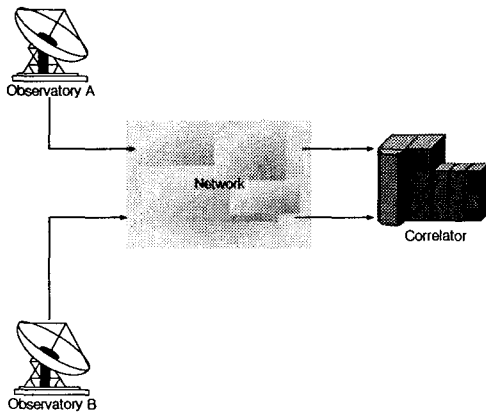


Figure 4. Real-Time VLBI

e-VLBI 시스템의 궁극적 목표는 VLBI 데이터를 실시간으로 전송할 수 있는 리얼-타임 VLBI이다. 하지만 현재의 네트워크 및 하드웨어 기술로는 리얼-타임 VLBI를 운용함에 있어서 해결해야 할 과제가 많이 남아 있고 유지 비용도 상당하기 때문에 준-리얼타임 VLBI나 FTP 프로토콜을 통

한 Offline VLBI를 선행하는 것이 바람직할 것이라 생각한다.

5 e-KVN

연세대, 울산대, 탐라대에 건설되는 20m 전파망원경과 대덕전파천문대의 14m 안테나를 광 네트워크로 연결하는 e-KVN은 궁극적으로 각 관측소에서 얻은 VLBI 데이터를 초고속정보망을 통하여 1024Mbps 전송율로 데이터센터까지 실시간 전송하는 것을 목표로 하고 있다.

5.1 The profile of e-KVN

각 안테나의 건설 위치 및 직선거리 그리고 현재 예상하고 있는 네트워크 데이터율의 세부 명세는 다음과 같다.

5.2 네트워크 설정 및 프로토콜 선택

네트워크는 그 기능상의 위치에 따라서 구내통신망, 가입자망, 기간망으로 구분할 수 있는데 e-KVN의 경우에는 내부 네트워크 시스템들이 이더넷으로 연결되기 때문에 별도의 가입자망이 필요치 않다.

〈표 1〉 각 사이트 주소지

사이트명	경도(동경)	위도(북위)	고도 [m]	직선거리[km]			
				연세대	울산대	탐라대	대덕
연세천문대	126 56 35	27 33 44	260	-	305.2	477.7	135.1
울산천문대	129 15 04	35 32 33	120	305.2	-	358.5	194.2
탐라천문대	126 27 43	33 17 18	320	477.7	358.5	-	356.0
대덕전파천문대	127 22 19	36 23 53	110	135.1	194.2	356.0	-

<표 2> 사이트간 직선거리

사이트명	지리적 위치
데이터센터	서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교 구 어린이생활관 C동
연세 천문대	데이터센터에서 약 100m 현 물탱크 위치
울산 천문대	울산광역시 남구 무거2동 산 29 울산대학교 현 물탱크 위치
탐라 천문대	제주도 서귀포시 하원동 산 70 탐라대 본관 북동편 300m
대덕전파천문대	대전광역시 유성구 화암동 61-1

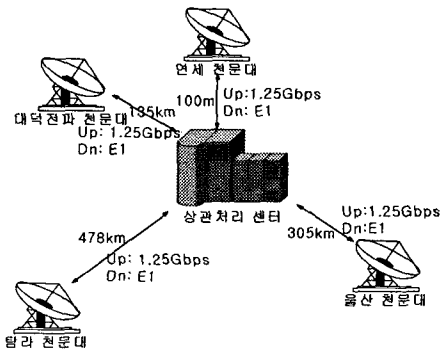


Figure 5. e-KVN의 구성도

따라서 e-KVN 네트워크의 구성에 있어서 VLBI와 같은 대용량 데이터의 실시간 전송특성과 KVN의 효율적 운영을 극대화시킬 수 있는 방향으로 구내통신망과 기간망 선택이 이루어져야 할 것이다.

이러한 요구조건을 만족시킬 수 있는 해결책으로 구내통신망으로는 기가비트 이더넷 기술을 기간망으로는 SONET과 WDM 망을 사용하고자 한다.

5.2.1 구내통신망

• 기가비트 이더넷

기가비트 이더넷은 이더넷 프로토콜을

기초로 구현된 네트워크 기술로서 패스트 이더넷에 비해 10배 이상 뛰어난 속도인 1000 Mbps, 즉 1 Gbps(초당 기가비트)로 속도를 보장한다. 또한 기존의 이더넷을 활용하여 기가비트 네트워크로 업그레이드 하는 것이 가능하기 때문에 구현에 있어서도 상당한 장점을 보유하고 있다.

GbE/10GbE은 기존의 이더넷 기술을 발전시킨 기술로서 전송속도를 증가시키고 광전송장비를 거치지 않고 MAN/WAN 통신망을 구축할 수 있도록 한다. 현재는 DWDM 기술에 발 맞추어 10기가비트 이더넷 기술 개발이 활발히 이루어지고 있는 추세이다. 10기가비트 이더넷은 WAN 접속에서 액세스 링 구축까지 다양한 응용이 가능하고 기가비트 이더넷 기술은 액세스 부분에서 활용이 가능하다. 10기가비트 이더넷 기술을 이용하여 LAN을 구성하는 방법으로는, 10 기가비트 이더넷 스위치만을 이용해 MESH 형태로 LAN을 구성하는 방식과 MAN 백본으로 WDM 네트워크를 구성하고 그 Edge까지만 10 기가비트 이더넷을 이용해 LAN을 연결하는 방식이 제시되고 있는데 e-KVN에서는 후자를 사용하고자 한다.

5.2.2 기간망

막대한 용량의 데이터를 네트워크를 통해 실시간으로 전달함에 있어서 광전송시스템은 반드시 전제 되어야 하는 필수적 구성요소이며 이를 위한 방식으로 SONET과 WDM을 들 수 있다.

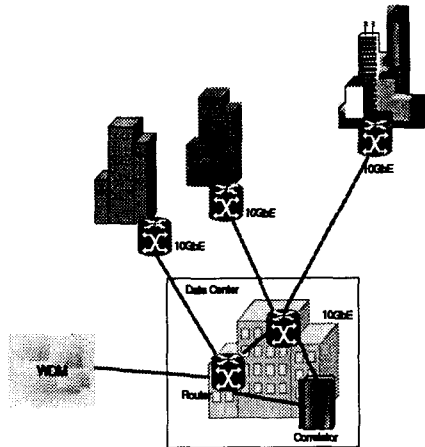


Figure 6. 10GE를 통한 데이터센터 LAN 구축

• SONET

SONET(동기광통신 네트워크: Synchronous transport signals)는 ANSI가 광섬유망을 위해 개발한 표준으로서 동기전송신호(synchronous transport signals: STSs)라 불리는 신호화의 계층적 구조를 정의한다.

각 STS에 해당하는 동기신호를 전송하기 위해 정의된 물리 링크를 광반송파(optical carrier: OC)라 하는데 이는 각 STS에 해당하는 전송속도를 구현하기 위하여 링크의 개념적이고 물리적인 규격을 기술하고 있다. 각 STS(STS-1에서 STS-192까지)은 Mbps 단위의 정해진 데이터율을

지원하며 현재 가장 많이 사용되고 있는 모델로서 OC-1, OC-3, OC-12와 OC-48이 있다.

• WDM(Wavelength Division Multiplexing)

파장분할 다중화방식은 파장이 다른 다수의 광신호를 하나의 광섬유를 통해 전송하는 방식이다. 광전송시에 여러개의 광신호 파장을 동시에 사용하므로 광섬유가 제공하는 넓은 대역폭을 효과적으로 이용할 수 있는 차세대 광전송 기술로서 전송용량의 확장이 용이하고 네트워크 구성에 있어서 많은 다양성을 제공하기 때문에 광전송의 핵심 기술로 자리잡아가고 있다.

이를 바탕으로 예상하고 있는 e-KVN의 대략적인 네트워크 구성도는 다음과 같다.

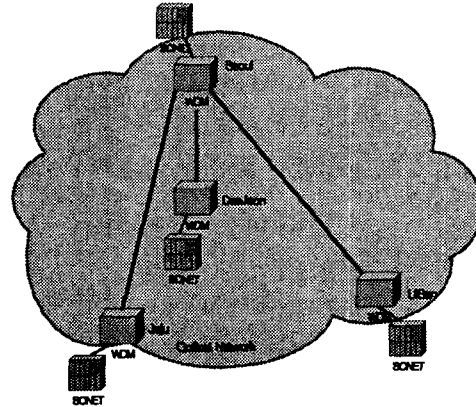


Figure 7. 대략적인 e-KVN 구성도

5.2.3 프로토콜

e-KVN의 궁극적 목표는 대용량의 VLBI 데이터를 초고속정보망을 통하여 실시간으로 전송하는 것이다. 따라서 이를 지

원할 수 있는 적절한 프로토콜 구현을 통하여 데이터 전달의 안정성과 네트워크 성능을 극대화시킬 수 있어야 하며 프로토콜 선택에 있어서도 향후 발전 가능성 및 장단점 등이 충분히 고려되어야 할 것이다.

이에 기반하여 e-KVN 구현에 있어서 예상되는 프로토콜로는 ATM과 IP를 들 수 있다. ATM은 고정 길이의 셀을 일정한 전송포맷의 프레임에 주기적으로 실어 보내거나 셀 자체만을 주기적으로 전송하는 방식으로 데이터교환의 기본단위로 53바이트의 셀을 이용하기 때문에 고속으로 라우팅을 수행할 수 있으며 높은 QoS를 보장한다. 일본에서 1990년대 후반 이 방식을 사용하여 리얼-시간 VLBI 실험을 수행하였다.

하지만 네트워크의 사용에 있어서 비경제적이고 무엇보다 현재 ATM 네트워크가 널리 활성화되어 있지 못하기 때문에 다른 관측소와의 연결성이 떨어진다는 것이 치명적 단점으로 작용한다. 이로 인하여 일본을 비롯한 세계각국은 IP 기반의 실시간 VLBI로의 전환을 모색하고 있으며 이러한 추세는 앞으로 더욱 가속화 될 것으로 생각한다.

IP 기반의 VLBI는 저렴한 비용으로 네트워크를 이용할 수 있기 때문에 경제적이고 또한 전세계의 거의 모든 네트워크가 IP 기반이라는 점에서 그 확장성은 ATM과는 비교가 되지 않는다. 무엇보다 각 안테나를 서로 연결하기 위하여 위하여 별도로 네트워크를 구성하지 않아도 되기 때문

에 탁월한 효율성을 가진다고 할 수 있다.

불과 몇 년전까지만 하더라도 IP 기반의 네트워크는 ATM 방식에 비하여 그 대역폭이 제한적이었고 리얼-타임 VLBI에서 필요로하는 높은 데이터율을 얻는 것이 상당히 어려웠지만 기간망에서의 IPoA(IP over ATM), IPoS(IP over SDH), IPoW(IP over WDM) 구내통신망에서의 10기가비트 이더넷 과 같은 신기술의 등장으로 인하여 이러한 단점을 극복할 수 있을 것이라 생각한다.

아래그림은 초고속 광네트워크에서 사용할 수 있는 프로토콜 및 그 메커니즘을 간략히 도식화한 것이다.

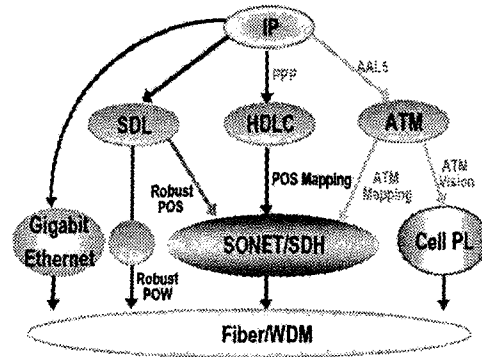


Figure 8. Optical Network Data-Plane Protocol

6 e-KVN 네트워크의 세부 설계

각 전파망원경을 통해 얻은 VLBI 데이터는 네트워크를 통해 1024Mbps의 속도로 데이터센터로 전송되어 영상합성 처리된다. 이를 위하여 각 전파망원경과 데이터센터

간에는 점대점(point-to-point)형태의 양방향 비대칭 네트워크를 구성하였고 구내 통신망으로는 10기가비트 이더넷을, 기간망으로는 SONET과 WDM을 사용하였다.

e-KVN에서 원하는 VLBI 데이터의 전송속도는 1024Mbps인데 이를 기가비트 이더넷만으로는 감당하는 것은 현실적으로 무리이기 때문에 10기가비트 이더넷으로 LAN 백본망을 구축해야 할 것이다. 10기가비트 이더넷은 기가비트 이더넷(최대 5Km)으로 연결이 어려운 캠퍼스 네트워크 내의 고속 백본 연결이나 데이터 센터 간의 초고속 연결 등에 활용되고 있는데 이는 각 관측소 및 데이터센터의 로컬망을 구성하는데 있어서 가장 적합한 방법이라고 생각한다.(IP 기반의 실시간 VLBI 시스템일 경우)

또한 내부 네트워크 구축에 있어서 기가비트급 데이터의 실시간 전송 및 처리를 구현하기 위하여 기가비트 이더넷 스위치(GES) 및 기가비트 스위치 라우터(GSR) 등의 네트워크 디바이스도 고려되어야 할 것이다.

기간 전송망은 현재 2.5Gbps, 10G bps급의 SONET/SDH 시스템이 주로 활용되고 있지만 네트워크 트래픽의 증가를 효율적으로 처리하기 위하여 WDM 시스템의 도입에 따른 고속 대용량화가 급속히 진행되고 있다. 따라서 이더넷과 연결된 SONET망의 규격으로는 OC-48이 적합할 것으로 생각하며 데이터는 채널당 2.5Gbps 대역을 지원하는 WDM 망을 통하여 데이터센터로

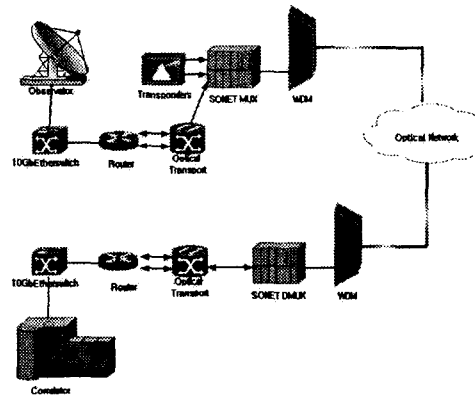


Figure 9. 완성된 e-KVN의 네트워크 구성도

전송되는 것이 바람직할 것이다.

이러한 시나리오를 바탕으로 예상되는 e-KVN의 네트워크 구성도는 아래와 같다.

7 결 론

지금까지 e-VLBI에 대한 간략한 소개와 동작원리에 대해 살펴보았고 e-VLBI 운용 및 VLBI 데이터 처리에 있어서 초고속 네트워크 기술이 어떻게 활용되는지 네트워크를 설계를 통하여 알 수 있었다.

e-VLBI는 VLBI 데이터를 Gbps 속도로 실시간으로 전송하여야 하기 때문에 초고속 정보망의 활용이 반드시 전제가 되어야 하며 네트워크 기술의 향상 및 MPLS(Multi Protocol Label Switching)와 새로운 프로토콜 개발로 인하여 앞으로 더욱 발전할 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] M. Listanti, V. Eranmo, "Architecture and technological issues for future optical Internet networks", IEEE Commun. Mag., Sep. 2000, pp.82-92
- [2] Kondo, T, Y. Koyama, M. Sekido, J. Nakajima, H. Okubo, H. Osaki, S. Nakagawa, and Y. Ichikawa, Development of the new real-time VLBI technique using the Internet Protocol, Technical Development Center News CRL, No.17, 22-24, 2000.
- [3] S. Ansorge, et. al., GMPLS Extensions for SONET and SDH Control, IETF CCAMP, draft-ietf-ccamp-gmpls-sonet-sdh-00.txt, 2001
- [4] Simmons J.M., "Architectrual advantages of WDM technology in access networks" Lasers and Electro-Optics Society Annual Meeting, 1998. LEOS '98. IEEE, Volume: 2, 1998, pp.232-233