

## 위성을 이용한 수문관측망에 고속 VSAT 적용 방안

홍성택, 신강욱  
한국수자원공사 수자원연구원

### The application of High Speed VSAT for the Floodgate Observation Network using Satellites.

Sung-Taek Hong, Gang-Wook Shin  
KOWACO KIWE

**Abstract** - 위성을 이용한 통신 및 방송은 양방향 서비스 시대를 맞이하고 있으며, 위성 인프라는 통신망 back-up 개념을 벗어나 이동 휴대 그리고 지상 인프라 구축 및 운영이 어려운 지역 및 시설을 중심으로 광역 통신 및 방송의 근간 망 구성으로 나아가고 있다. 또한, 위성 통신 및 방송은 재난 방재 및 긴급 복구, 산업 시설 감시 및 측정데이터 모니터링 등 지상 인프라와 상호 보완적인 2 중망 또는 기간 망으로 활용되고 있다. 한국수자원공사에도 수문관측망 및 감시제어를 포함한 원격 데이터 취득 및 정보제공 등 많은 부분에 위성통신망이 적용되고 있으며, 수문관측망에 사용중인 위성통신망의 주파수 임대기간과 위성통신장비의 내용년수 도래에 따른 시스템 개선 및 대체방안 모색이 필요한 실정이다. 또한 수위, 우량과 같은 기존의 저속 위성망에 비하여 기술발전 및 데이터의 다양화에 따른 화상, 동영상과 같은 멀티미디어 데이터 등 초고속, 광대역 위성통신망을 구축할 수 있는 방안에 대하여 살펴보고자 한다.

## 1. 서 론

현재 한국수자원공사에서 운영중인 수문관측용 위성통신장비는 크게 두가지 목적으로 1997년부터 단계적으로 설치 운영되고 있다. 하나는 댐 유역의 우량 및 수위데이터를 취득하여 홍수의 예보 및 경보를 위한 것이며, 다른 하나는 수도사업장의 무인 원격제어를 위한 감시제어용으로 사용하기 위한 것이다. 따라서 수위, 우량과 같은 기존 데이터 전용의 저속 위성망에 비하여 기술발전 및 데이터의 다양화에 따른 화상, 동영상과 같은 멀티미디어 데이터 등 초고속, 광대역 위성통신망 요구되고 있으며, 위성통신 신기술 및 국제 표준기술 등을 수용할 필요성이 있다. 그리고, 공사내 다양한 방식의 관측망인 수자원관측망, 수도백업망, 수질관측망, 환경관측망, 국가지하수관측망 등이 유선, 무선, 위성망 등 서로 다른 통신망으로 구축되어 있어 이에 대한 통합망이 필요한 실정이다. 따라서 수문관측용 위성시스템의 향후 운영계획을 설정하고, 저속, 저용량의 데이터 전송을 고속의 광대역 전송을 할 수 있는 시스템을 구축하며, 공사내 다양한 방식의 관측망을 통합할 수 있는 위성통신망을 구축하고자 한다.

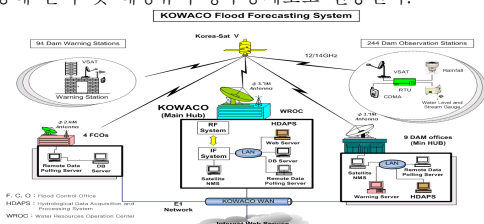
## 2. 수문관측용 설비 및 광대역 위성시스템

### 2.1 수문관측용 설비 현황

한국수자원공사는 5대강 16개 다목적댐 유역에 수문관측 설비를 설치 운영하고 있다. 세부 설비 내역으로는 2006년 12월 현재 강수량을 측정할 수 있는 141개의 우량국, 수위를 측정할 수 있는 103개의 수위국, 댐하류 경보방송을 위한 94개의 경보국 등을 운영하고 있으며, 현재 한국수자원공사에서 운영중인 위성을 이용한 수문관측 설비의 구성은 그림 1과 같다.

또한 수문관측 설비는 위성통신망을 주 통신망으로 사용하고 있으며, 유선, VHF, CDMA 등을 보조 통신망으로 이중화되어 운영중이며, 위성통신망은 분산제어국 설비와 수위, 우량, 경보 등의 단말국 설비로 구성되어 있다.

현장에서 취득된 수위, 우량 자료는 RTU에 저장되어, 주망인 위성통신망을 통해 제어국 원격 호출제어 서버로 전송된다. 이렇게 취득된 수문자료는 실시간 수문자료 관리시스템(HDAPS)에 저장되고, 사내망과 전용회선망을 통해 본사 및 해당유역 홍수통제소로 전송된다.



〈그림 1〉 수문관측용 통신망 구성도

### 2.2 광대역 위성망 타당성

홍수예보시스템의 정확도와 활용도를 높이기 위해서는 원격지에 대한 더 많은 정보가 필요하므로 더 많은 정보를 수집하기 위해서 광대역 통신망 인프라가 필요하다.

따라서 기존의 통신망으로는 실시간 동영상 전송에 필요한 충분한 대역폭을 확보할 수 없으므로 새로운 광대역 통신망의 구축 및 운영이 필요하며, 한국수자원공사 및 4대강 유역의 홍수통제소, 지자체 및 관련 기관의 유기적인 협조를 위해 통신망 인프라의 공동 이용이 필요하며, 종합적인 재해 방재 계획의 실행을 위해서는 지자체 및 기관간의 연계가 필요하다.

또한 홍수예보를 위한 통신망은 재난 상황에서도 동작할 수 있는 신뢰성을 보장하여야 하며, 신뢰성을 높이기 위해서는 광대역의 통신망 구축이 필요하며, 연계를 위한 통신망 구축은 정보 전송량을 획기적으로 증가시켜 원격지에서 실시간 대비, 기관 상호 간의 연동 대응 기능을 증가시킬 것으로 예상되어 지며, 하천동영상, 수문정보로부터 가공된 데이터의 산출 및 재 산출을 통해 대응 능력을 높이기 위해서는 대량 데이터 전송 기술이 필요하다.

### 2.3 국제표준화 동향

유럽 표준화 기구(ETSI : European Telecommunications Standards Institute)의 DVB (Digital Video Broadcasting)에서 forward 및 backward channel 규격을 제정하기 전까지는 제조회사(Hughes, Gilat, NEC 등) 별로 고유의 규격을 사용하였다. 즉, Forward는 TDM 방식을, Backward는 FDMA, CDMA, TDMA 등 제조사별로 각각의 고유 방식을 사용하였으므로 제조사마다 규격이 상이하여 시스템 간 호환성이 없었다.

따라서 이러한 문제점을 해결하고자 DVB/ETSI에서 위성전송 규격을 정비할 필요성을 느끼어 '94년에 DVB-S(Satellite) 규격을 제정하였으며, Forward Channel 부분에서 ETSI의 규격 승인(EN 300 421 V.1.1.1)을 받았다. 또한 2000년에는 DVB-RCS (Return Channel by Satellite) 규격을 제정하여 Backward Channel 부분에서 ETSI의 규격 승인(EN 301 790)을 받았으며, DVB 규격 제정 결과는 그림 2와 같다.



〈그림 2〉 DVB 규격 제정

## 3. 통합 가능한 관측망 및 주파수 대역 분석

### 3.1 통합 가능한 관측망 및 통신망 분석

한국수자원공사에서 운영중인 관측망에는 수질측정망(자동탁도측정장치)을 비롯하여, 자동기상관측시스템(AWS), 국가지하수관측망, 해수담수화 등이 있으며, 이들 관측망은 유선, 무선, CDMA, 위성, 전용선 등 서로 다른 통신 인프라를 사용하여 데이터를 수집 관리하고 있다. 따라서 각각의 관측망에 대한 특성 분석 및 관측망 구축 및 운영에 따른 초기 투자비용, 사용요금, 고장시 수리비용 등과 같은 유지관리비용의 경제성 분석을 통한 최적의 통신 인프라를 선정하고자 하였다.

관측망별 및 통신망별 분석 결과는 표 1 및 표 2와 같으며, 수질측정망 및 자동기상관측시스템의 경우 대부분 위성망 및 CDMA망을 이용하고 있으나, 현재 일부 관측국에 위성망을 도입하여 운영중에 있으며, 운영되고 있는 관측망을 분석하였을 때, 현재의 시스템으로도 원활하게 운용되고 있는 실정 이어서 추가 또는 신규 통신망 구축시 위성망으로의 확대적용이 가능하다고 판단된다.

국가지하수관측망의 경우에는 데이터의 양이나 데이터 취득 시간이 시급성을 요하지 않으므로 현재의 유선망으로도 데이터 전송이 원활하고, 경제성

부분에서 역시 저가로 운영하고 있기 때문에 현재의 통신망으로 관측망 운영에 지장이 없을 듯하다. 그러나 일부에서는 유선망을 무선망화하기 위하여 CDMA망으로 개대체를 하고 있는 실정으로 CDMA망은 엄밀히 따지면 완전한 무선망이 아니라는 것을 인식하여야 하여야 한다. 또한 중요 관측지점에 있어서 실시간 또는 짧은 주기로 데이터를 전송받거나 관측국의 상태 및 주변의 환경을 파악하기 위해서는 타 통신시스템 보다는 광대역 위성망의 적용이 필요할 것으로 생각되어 진다.

해수담수화망의 경우 위성망을 도입하여 운영하고 있으며, 운영시 문제점으로 대두되고 있는 통신속도 및 데이터 전송량의 경우 현재의 통신속도인 19.2 kbps를 64 kbps 이상으로, 데이터 전송량을 현재의 130 Bytes에서 500 Bytes 이상으로 전송하게 되면 이러한 문제는 해결될 것이라고 판단되며, 광대역으로 구성하였을 경우에는 통신속도인 512 kbps 이상, 데이터 전송량은 1 Kbytes 이상이기 때문에 데이터 전송은 물론 화상, 동영상과 같은 멀티미디어 데이터 전송을 할 수 있기 때문에 원격으로 감시는 물론 제어까지 할 수 있을 것으로 판단되며, 해수담수화망이 가지고 있는 문제점을 해결할 수 있으리라 생각된다.

〈표 1〉 관측망별 분석

특성 관측망	개소	측정 항목	측정 주기	통신 방법	통신비용	
자동기상 관측시스템 (AWS)	39	온도, 습도, 지온, 풍향, 풍속, 일조량, 강수량 등	1회/시간	유선, 무선, 위성 등 혼용	자체통신망(비용없음) KT전용선:6만원(근거리) * 3개소 KT전용선:21만원(원거리) * 2개소	용담 예) 750만원/년
수질관측망	25	탁도, pH, 수온, DO, 수질, 전기전도도, 탁도 등	1회/시간	유선, 무선, 위성 등 혼용	CDMA:3~4만원/월 전용선:16만원/월	용담 예) 250만원/년
지하수관측망	320	수위, 수온, 전기전도도	4회/일	CDMA, 유선	전체, 약 250만원/월	3천만원/년
해수담수화	4/40	Data 전송	수시	무선+유선, 위성	ATM망 : 33만원/월	4백만원/년

〈표 2〉 통신망별 분석

특성 통신망	초기 구축 비용	통신비용	장점	단점
위 성	700만원(모뎀, 안테나, 케이블 등)	없음	별도의 통신비용 없음	초기 구축비용 고가
KT 전용선	40만원(케이블, 포설 및 신청료)	거리에 따라 다름 (6~20만원/월)	유지보수 용이	통신비용 고가
CDMA	40만원(단말기 포함) 전용S/W:300~400만원	3~4만원/월	유지보수 용이	통신비용 보통
유 선	10만원(모뎀)	1~2만원/월	유지보수 용이	통신비용 저렴
무선(VHF)	50만원(단말기)	4천원/월	통신비용 저렴	주파수 간섭

3.2 주파수 대역별 특성분석

수문관측망에 사용 가능한 위성망에는 저궤도 위성, 정지궤도 위성 등이 있으며, 정지궤도 위성에는 L 대역, C 대역, Ku 대역, Ka 대역 등의 주파수 대역을 사용하고 있으며, 각각의 주파수 대역에 대하여 특성을 분석하여, 수문관측용으로 가장 적합한 주파수 대역을 선정하고자 하며, 주파수 대역별 분석 결과는 표 3과 같다.

L 대역은 경우에 전혀 영향을 받지 않으나, 우리나라에서는 현재 사용 불가하며 추후 다른 위성을 통하여 서비스를 받을 예정이나, 통신요금 및 데이터 전송을 면에서 세밀하게 검토해 볼 사항이다. 또한 C 대역은 강우감쇠에 비교적 우수한 편이나 1.8 m 안테나 기준으로 80 mm/h에서는 강우감쇠가 나타나는 것으로 분석되었으며, 장비의 가격 및 주파수 임대료가 고가이며, 타 장비와의 호환성이 없는 편이다. 그리고 Ka 대역은 장비 소형화 및 광대역망 구성이 가능하나, 강우감쇠가 매우 심하게 나타나고, 시스템의 상용화에 시간 걸릴 예정이다.

강우감쇠가 발생하지만 자동으로 출력을 제어하는 기능과 변조방식을 가변시키는 적응형 강우감쇠 대책 등을 고려하고, 장비의 가격 및 유지보수, 주파수 임대료, 데이터의 광대역 전송 등 여러 요인을 분석하여 판단하였을 때 광대역의 홍수예보망에 가장 적당한 대역은 Ku 대역이라고 판단되어 진다.

〈표 3〉 대역별 특성 분석

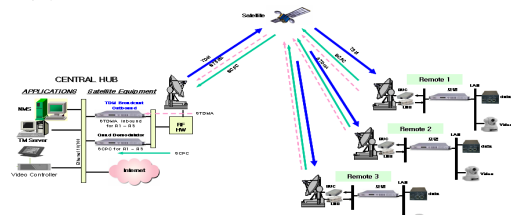
주파수대역 항목	L 대역	C 대역	Ku 대역	Ka 대역
주파수	1 ~ 2 GHz	4 ~ 6 GHz	12~14 GHz	20 ~ 30 GHz
제공위성	Thuraya(D3)	인텔샹, 팬암샹, NSS 등 해외 상용위성들	KoreaSat3, 5 외 해외 상용위성들	국내 KoreaSat3, 통해기 외
중계기 임대료 (월)	15만원/개소	600~700만원/1MHz	300~400만원/1MHz 무궁화 위성 : 7년계약	100만원(1MHz) 무궁화 위성 : 7년계약
Hub 안테나	없음	대용량(단말 500개 동시수용) 시스템 : 8억 ~ 12억	3.7 ~ 4.6 m	3.7 m 이하
Remo te 안테나	100만원	5W C-Band BUC (600~700만원) >=1.8 m	200~500만원	2W Ka-Band BUC (150만원)
강우감쇠	없음	80mm/H 가능	0.01%(45mm/H)	강우감쇠 매우 심함
전송 속도	Up : 14.4kbps Down : 60kbps	1~2Mbps(Max) : DVB-RCS 2.5~70Mbps(Max) : DVB-S2		
장 점	-강우와 무관 -설치용이 -저전력 소비	-강우에 강함	-국내위성 사용 -단말국 소형화	-광대역 전송 가능 -단말국 소형화
단 점	-통신비용 고가	-단말국 대형화 및 소비전력 큼 -주파수 포화상태 -협대역 통신	-강우에 약함	-강우에 매우 취약 -현재 시험망 운영

4. 광대역 위성망 시범적용 방안

시범망 구축에 따른 전체사항으로 무궁화5호 위성의 Ku-Band(12/14 GHz)를 사용하며, VSAT 통신방식은 TDM/TDMA 및 Switched SCPC 방식을 겸용하며, Application은 Data와 Video를 전송으로 할 수 있는 망으로 구성되되, Data는 기존 단말의 데이터를 수용할 수 있어야 하며, Video는 신규로 적용되는 화상 및 동영상과 같은 멀티미디어 데이터 전송을 수용하여야 한다. 또한 VSAT의 망 구성은 허브국과 단말국간에 Star 망으로 구성되어져야 한다.

현재 한국수자원공사에 Hub국 1개소와 단말국(TDM/STDMA, SCPC) 3개소 광대역 위성망을 시범 도입하여 적용하기 위한 가장 적당한 위치로는 시스템 구축 및 관리가 용이한 본사에 Hub 국을 구축하고, 댐 수문의 영상을 전송할 수 있고 본사와 근접한 대청댐관리단, 그리고 연구를 수행하는 수자원연구원 위치를 최적일 것이라고 판단된다.

그림 3은 광대역 위성망을 시범적용하기 위하여 본사의 1개의 Hub 국을 중심으로 3개의 단말국을 설정하여 광대역 통신을 하는 것을 가정한 통신망도이다.



〈그림 3〉 광대역 위성망의 시범적용 방안

5. 결 론

한국수자원공사에 위성통신망을 도입한지가 약 10여년이 되어가고 있는 시점에서 주파수의 임대기간 및 장비의 내용년수를 고려하고, 수자원 관측망 뿐만 아니라 수질관측망, 지하수관측망, 환경관측망, 해수담수화망 등을 통합할 수 있는 위성망을 구축하기 위한 자료를 분석하였고, 통신망별, 관측망별로 초기투자 비용 및 유지보수 비용 등 경제성 부분을 분석하였다. 또한 국내외 DVB-S, DVB-RCS, DVB-S2 및 국제표준 등 기술 동향을 조사하였다.

위성통신망으로 사용하고 있는 주파수 대역인 L 대역, C 대역, Ku 대역, Ka 대역에 대하여 특성을 분석하여 광대역 수문관측망에 가장 알맞은 대역으로는 Ku 대역이라는 결론을 얻을 수 있었고, 광대역 시스템의 적용방안에 대하여 방안을 종합한 결과로서, 기존 시스템 활용 및 신규 광대역 시스템 적용성 분석으로 광대역 위성망을 구축하기 위해서는 기존망에 있어서 안테나와 RF 장비와 같은 기존 장비를 최대한 이용하여 이에 따른 비용을 절감하고, 아울러 신규 광대역 시스템을 적용하는 것이 올바른 판단이라 생각된다.

표 4는 한국수자원공사가 앞으로 가야할 차세대 광대역 위성통신망의 구축(안)이 될 것이다. 또한 광대역 위성시스템을 전체적으로 도입하기 전에 시범적으로 1개의 Hub 국 및 2~3개의 광대역 단말국 시스템을 도입하여 광대역시스템의 선정절차부터 광대역시스템의 구축 및 성능 분석, 추후 확대적용 방안과 같은 연구과제가 차기에 수행되었으면 한다.

〈표 4〉 차세대 광대역 위성통신망의 구축(안)

특 성	현 위성통신망	차세대 광대역 위성통신망
사용 위성	무궁화 5호기	무궁화 5호기
주파수 임대대역	Ku 대역, 3 MHz	Ku 대역, 7 MHz(Flexible)
Hub 국수	Main : 1, Sub : 9, Remote : 350	Main : 1, Sub : 1, Remote : 100
전송속도	19.2 Kbps	O/L : 2.5 Mbps 이상 R/L : 0.5 Mbps 이상
엑세스 프로토콜	TDM-TDMA	MF-TDMA, SS-TDMA
전송데이터	수위, 우량 등 협대역 데이터	일관데이터 및 화상, 동영상 등 멀티미디어 데이터
적용 관측망	수자원, 수도(백업)	수자원, 수도(백업), 수질, 환경, 지하수, 기타
인터페이스 규격	비표준화 방식	DVB-RCS, DVB-S2

〔참 고 문 헌〕

1. 배현기, "위성통신", 세진사, 1996.
2. 한국수자원공사, "인공위성 홍수예경보 설비 최적방안 연구", 1996.
3. VSATs : very small aperture terminals for satellite communication s.(Satellite Systems Engineering) Bethesda, MD, USA(7315 Wisconsin Ave., Bethesda 20814):Satellite Systems Engineering, c1986.
4. DVB EN 300 421 V1.1.2 (1997-08), European Standard (Telecommunications series)
5. DVB-RCS, Background Book, Revision 1 for DVB, Nera, 25 November 2002
6. ETSI EN 301 790 v1.2.2