

수문관측용 고속 위성망 Pilot 시스템 구축 및 성능시험

정희원 홍성택*, 신강욱*, 장성원**, 박성수***

The Construction and Performance Test of High-Speed Satellite Network Pilot System for Hydrological observations

Sung-Teak Hong*, Gang-Wook Shin*, Sung-Woon Jang**,
Seong-Soo Park*** *Regular Members*

요 약

한국수자원공사에서는 수문관측용으로 홍수예보망 및 감시제어를 포함한 원격 데이터 취득과 정보제공 등 여러 부분에 위성통신망을 12년째 사용하고 있다. 장기간의 시스템 사용에 따른 설비 대체가 필요한 시점으로, VSAT을 이용한 Ku-Band 대역에서 7개의 단말, 3개 2 hop, 1 HUB로 고속 위성망 Pilot 시스템을 구축하였으며, 구축된 시스템에 대한 성능시험을 실시한 결과, 설계한 Link Budget 등 모든 항목에 대하여 규정치를 만족시키는 성능을 확인하였다.

Key Words : High-Speed, Satellite Network, Pilot System, Performance Test, Hydrological observations

ABSTRACT

K-water has used satellite networks for 12 years for hydrological observation in various parts such as remote data acquisition and providing information including flood forecasting. It is the time to replace equipments according to long-term use of the system. A pilot system for high speed satellite networks is implemented by seven terminals, three 2-hops and 1 hub in Ku-Band bandwidth by using VSAT. According to the result for the performance test on the system, the result for all items, including Link Budget designed meets performance levels.

1. 서 론

통신 인프라의 발달에 따른 통신매체가 다양화, 고속화, 고신뢰성화, 저비용화 되어가고 있는 실정이다. 정보화 사회를 구축하는데 있어 가장 중요한 사항은 통신수단이며, 데이터 수집 및 분배 등 다양한 서비스를 값싸고 편리하게 제공할 수 있는 시스템 구현이 요구되고 있다. 이러한 요구사항을 충족시키는 위성통신망 기술은 급속하게 발달되고 있다.

위성을 이용한 통신 및 방송은 양방향 서비스 대를 맞이하고 있으며, 위성 인프라는 통신망 back-up

개념을 벗어나 이동 휴대 그리고 지상 인프라 구축 및 운영이 어려운 지역 및 시설을 중심으로 광역통신 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 이중망 또는 기간 망으로 활용되고 있다¹⁾³⁾.

K-water(한국수자원공사)에도 수문관측망 및 감시제어를 포함한 원격 데이터 취득 및 정보제공 등 많은 부분에 위성통신망이 적용되고 있으며, 수문관측망에 사용중인 위성통신망의 주파수 임대기간과 위성통신 장비의 내용년수 도래에 따른 시스템 개선 및 대체망

* K-water K-water연구원(sthong@kwater.kr, gwshin@kwater.kr), ** K-water 물관리센터(chang@kwater.kr),

*** K-water 수도권운영처(parkss@kwater.kr)

논문번호 : KICS2009-08-348, 접수일자 : 2009년 8월 13일, 최종논문접수일자 : 2010년 6월 30일

안 모색이 필요하며, 수위, 우량과 같은 기존의 저속 위성망에 비하여 통신기술의 발전 및 데이터의 다양화에 따른 화상, 동영상과 같은 멀티미디어 데이터 등 초고속, 광대역 위성통신망이 필요한 실정이다.

본 논문에서는 기존의 19.2 kbps의 전송속도를 갖는 시스템을 128 kbps 이상으로 증가시키기 위하여 Pilot 시스템을 구축하여 성능을 분석한 후 그 결과를 확대 적용하고자 하였다. 따라서 기존시스템과 Pilot 시스템의 비교 및 Pilot 시스템에 대한 구축 현황 및 구축된 시스템에 대한 성능시험을 실시하여 그 결과를 분석하였다. 고속 위성망 Pilot 시스템에 대한 성능 시험과 운영을 한 결과, 설계한 Link Budget 모든 항목에 대하여 규정치를 만족시키는 성능을 확인하였다.

II. K-water의 위성통신망 운영 현황

2.1 홍수예보용 위성통신시스템

K-water는 5대강 16개 다목적댐 및 용수전용댐 유역에 홍수예보설비를 설치 운영하고 있으며, 수도사무소 및 댐관리단의 백업용, 용수전용댐의 2-Hop 제어국용으로 위성통신장비가 설치되어 운영중에 있다⁴⁾.

K-water에서 운영중인 홍수예보용 통신설비는 위성통신망을 주통신망으로 사용하고, 유선 및 VHF, CDMA 등을 보조통신망으로 이중화되어 운영중이며, 주 통신망인 위성통신망은 분산제어국 설비와 수위국 및 우량국, 경보국 등의 단말국 설비로 구성되어 있다. 기본적인 데이터 전송은 양방향 또는 단방향 통신형태의 망구조를 갖으며, 유지보수의 신속성 및 개방화된 시스템 운영과 장소, 시간적 편이성을 위해 댐 제어국 및 관측국의 위성장비를 원격으로 제어 및 모니터링 가능하도록 WEB을 이용한 위성망 관리시스템을 운영하고 있고, 각 댐 위성망 장애에 대비한 상호 백업시스템이 구축되어 운영중에 있다.

현재 운영중인 위성통신설비의 구성 현황은 그림 1과 같으며, 특성은 표 1과 같다. 현장에서 취득된 수위, 우량 자료는 RTU에 저장되어, 주통신망인 위성통신망을 통해 19.2 kbps의 속도로 제어국 원격 호출제어 서버로 전송된다. 이렇게 취득된 수문자료는 실시간 수문자료 관리시스템에 저장되고, 사내망과 전용회선망을 통해 본사 및 해당유역 홍수통제소로 전송된다. 경보국은 제어국의 경보제어장치에서 실시간 방송 및 녹음 방송을 할 수 있고, 경보국내에서 직접 방송할 수 있도록 구성되어 있다.

표 1. 홍수예보용 위성통신망 특성

구성부	Parameter	특성	
HUB	System	Access Protocol	TDM/TDMA
		Transmission Rate	9.6k, 19.2k, 38.4k, 64k
		Service	Data, Voice
	RF	RF Frequency	Tx(14.0~14.5 GHz), Rx(12.25~12.75 GHz)
		HPA 출력	16W max
	Base band Modem	System 연결방식	RS-232
변조방식		12/3-ary, FSK	
Coding Rate		5/7, Reed Solomon	
	Information Rate	19.2 kbps	
Antenna	Size	4.6 m	
단말국	System	Output Frequency	Tx(14.0~14.5 GHz), Rx(12.25~12.75 GHz)
		IF Frequency	950~1,450 MHz
		구성형태	Star
		Data Rate	19.2 kbps
		변조방식	FSK
		Coding Rate	1/16, 1/8~3/8 FSK, 2/3, 3/4 FEC
		전송방식	TDM/TDMA
소비전력	35W(Tx), 13.5W(Rx), 16W(Aver)		
Antenna	Size	1.2 m	

2.2 신규 홍수예보용 위성통신시스템

신규로 구축된 홍수예보용 고속 위성망 Pilot 시스템은 기존 홍수예보용 위성통신 설비의 장기간 사용에 따른 시스템 개체체가 필요한 시점에서 지차제 및 정부기관 수문관측소 위탁관리 등 K-water 중심의 국가수문관측 Hub 구축이 시급하여, 이를 지원할 수 있는 고속위성 수문관측기술 도입을 위한 Pilot 시스템을 구축하였다.

고속 위성망 Pilot 시스템은 Hub국 및 제어국, 단말국이 재난 및 안전관리 업무를 원활하게 수행하기 위한 시스템이며, Hub국은 본사, 제어국은 댐관리단 2개소와 수도관리단 1개소에 2-Hop으로 구축되었으며,

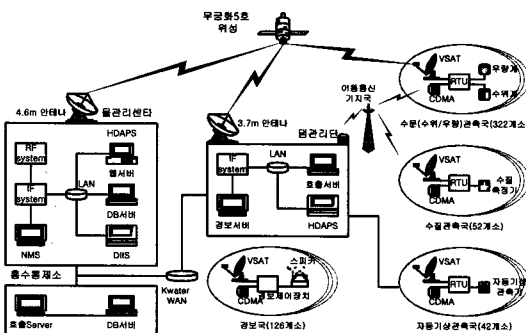


그림 1. 홍수예보용 통신망 구성도

각 제어국에서는 우량국 3개소, 가압장 1개소, 가압장 1개소를 각각 호출하여 해당 데이터를 취득한다. 또한 본사와 K-water 연구원에 VSAT 단말을 설치하여, 본사 중심 Hub 시스템과 위성을 이용한 통신이 가능하도록 그림 2와 같이 구축하였고, 시스템의 특성은 표 2와 같다⁵⁻⁶⁾.

그림 3은 운용중인 기존의 시스템과 고속위성 시스템의 통신구성도를 간략히 나타낸 것이다. 위성장비와 자료취득장치(RTU : Remote Terminal Unit)의 인터페이스가 시리얼 통신 방식인 기존의 시스템은 VSAT에 최대 2개의 RTU를 연동시킬 수 있지만, 고속위성 시스템은 IP기반의 시스템이기 때문에 최대 255개의 RTU를 연동시킬 수 있어, 다양한 데이터를 위성을 통해 전송할 수 있다. 또한, Return link의 데이터속도는 최대 210 kbps이상이므로 기존 시스템 보다 10배 이상이 개선되어, 수위/우량 등의 수문자료 뿐 아니라, 수도설비 운용에 필요한 대용량의 제어 데이터등도 전송할 수 있는 장점이 있다. 아울러, 기존 시스템은 1개의 Outlink Carrier 당 1개의 Returnlink Carrier를 사용할 수 있지만, 고속위성시스템은 1개의 Outlink

표 2. 고속 위성망 Pilot 시스템 특성

구성부	Parameter	특성		
HUB국	System	Access Protocol	TDM/TDMA	
		단말국	128 kbps 이상(1~36 Mbps)	
		Service	Data, 멀티미디어	
	RF	RF Frequency	Tx(14.0~14.5 GHz), Rx(12.25~12.75 GHz)	
		HPA 출력	16 W max	
		연결방식	RS-232, DB-9, Ethernet(10/100 Tx Mbps)	
	Base band Modem	변조방식	QPSK	
		Coding Rate	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10	
		Information Rate	128 kbps 이상 (max 20 Mbps)	
	Antenna	Size	4.6 m	
단말국	System	Output Frequency	Tx(14.0~14.5 GHz), Rx(12.25~12.75 GHz)	
		IF Frequency	950~1,450 MHz	
		구성형태	Star	
		Data Rate	128 kbps이상, 수신(1~45 Mbps), 송신(125 kbps~3 Mbps)	
		변조방식	QPSK	
		Coding Rate	수신 : 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10 송신 : 1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 6/7	
		전송방식	TDM/TDMA	
		소비전력	IDU : 8W, ODU : 20W(Tx), 2W(Rx)	
		Antenna	Size	1.2 m

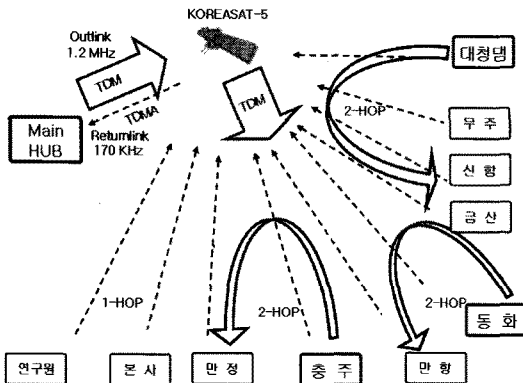


그림 2. 고속 위성망 Pilot 시스템 구성도

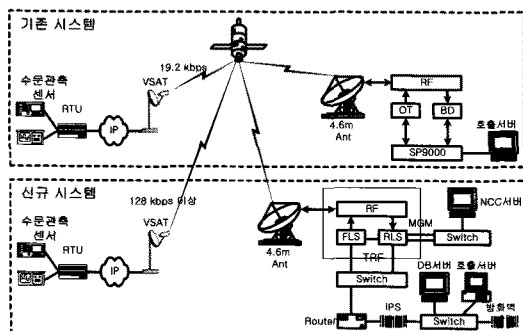


그림 3. 기존 및 신규 위성시스템의 구성도

Carrier당 최대 32개의 Returnlink Carrier를 수용할 수 있는 MF-TDMA(Multi Frequency Time Division Multiple Access) 기술을 적용하여, 기존 시스템보다 채널용량을 극대화 할 수 있으며, 코딩 및 변조방법을 통신 환경에 따라 자유로이 변화시킬 수 있는 ACM(Adaptive Coding Modulation) 기술을 적용하여, 강우로 인한 데이터 손실을 최소화 할 수 있다.

또한 고속위성 HUB 시스템의 NCC(Network Control Center)서버는 FLS(Forward Link Subsystem), RLS(Return Link Subsystem)등의 HUB 시스템 및 단말국의 VSAT을 제어하고, 감시하여 최적의 위성통신환경을 유지시키는 역할을 함으로써, 위성을 통한 자료의 송수신을 극대화 시킬 수 있는 특징이 있다.

III. 고속 위성망 Pilot 시스템

3.1 기능

각 관측국은 이벤트 발생 시 본사 Hub 시스템과 해

당 2-Hop 제어국에 데이터를 자동으로 전송할 수 있는 형태이며, 중심제어국에서는 단말국에 대한 데이터 호출 및 취득, 제어국으로 재전송하며, 제어국에서는 관할 단말국을 호출 및 데이터 취득하며, 단말국에서는 중심제어국 및 제어국의 호출에 대한 응답 및 이벤트 발생시에 데이터를 전송하는 기능을 수행한다.

3.2 구성

고속 위성망 Pilot 시스템에 설치되는 주요 위성설비는 Hub국, 제어국, 단말국별로 표 3과 같다.

표 3. 고속 위성망 Pilot 시스템 구축설비

구분	장소	장비명
Hub국	HUB RF시스템 (본사)	<ul style="list-style-type: none"> • Block Up-Converter : 1식 • Block Down-Converter : 1식 * 허브국 수신단 LNA 및 송신단 SSPA:기존장비 사용
	HUB시스템 (본사)	<ul style="list-style-type: none"> • FLS : 1식 • RLS : 1식 • Traffic Router&Switch : 1식 • DB/NCC Server : 1식 • REF&SYNC : 1식 • WORK STATION : 1식
제어국 (2Hop)	대청댐본산국	ODU, IDU, TM서버
	충주댐정수장	ODU, IDU, 제어서버
	동화댐정수장	1.2m안테나, ODU, IDU
단말국	우량국(3곳)	1.2m안테나, ODU, IDU, RTU
	가압장(2곳)	ODU, IDU
	본사	1.2m안테나, ODU, IDU, RTU
	연구원	ODU, IDU

3.3 특성

3.3.1 Hub국 시스템

고속 위성망 Pilot 시스템의 Hub는 K-water 본사의 중심제어국의 RF 송수신부인 4.6m 안테나와 OMT (Orthogonal Mode Transducer), TRF/LNA (Transmit Reject Filter/Low Noise Amplifier), SSPA(Solid State Power Amplifier)를 활용하고, L-band 분배기에서 신호를 분리하여 구축하고, 기존에 구축되어 운영 중인 Hub 시스템에 영향을 미치지 않고 병행하여 운영할 수 있도록 구축하였다.

또한 Pilot 시스템을 구축하기 전에 기존 RF시스템에 대한 레벨 및 주파수 특성을 면밀히 파악하여 신규 Pilot 시스템 구축시 발생 할 수 있는 레벨 변화 등에 대처가 필요하며, Pilot 시스템으로 구축되는 신규 TM 서버는 별도로 신규 Hub 시스템과 연동 구현이 가능하도록 구축하였다.

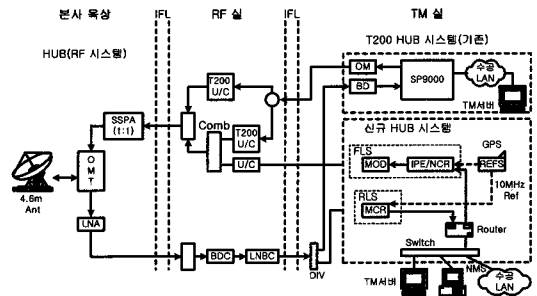


그림 4. HUB국 시스템

Hub 시스템이 수행하는 기능은 정시 단말 자동 호출 및 재 호출 기능, 정시 호출 후 수신된 데이터 TM 서버 저장 및 DB 서버 저장 기능, 제어국으로 데이터 재전송 기능, 단말국 데이터 수신시 결측 상태일 경우 자동 재 호출 기능, 단말국에서 이벤트발생시 단말국 전송 데이터 수신 및 TM서버, DB 서버 저장 기능, 이벤트 데이터 수신시 해당 제어국으로 재전송 기능, Hub국 통신속도 변경 기능, 단말국을 그룹으로 설정할 경우 Outbound, Inbound 통신속도 변경 기능, 단말국의 데이터량에 따른 자동 부하 할당 기능, C-band 로 RF시스템 전환시 별도의 추가 장비 없이 접속 기능, 강우감쇄에 유연하게 대처 할 수 있는 기능, 통신 속도에 따른 다양한 형태의 FEC 및 코딩 방식 지원 기능, NMS를 통한 위성망 관리 기능 등을 수행한다.

3.3.2 제어국 시스템

2-Hop 제어국은 VSAT, TM 서버로 구성되어 있으며, VSAT과 제어서버의 물리적 인터페이스는 IP 및 Serial 통신이 모두 가능하다.

2-Hop 제어국에 대한 데이터 처리 방안은 데이터 취득 및 저장 프로그램을 이용하여 구축하였으며, 데이터 취득 및 저장 프로그램은 최적의 구성안이 될 수 있도록 하였고, DB 설계 시 데이터베이스 모델링 툴을 이용하여 RDBMS 데이터 모델링과 정규화 작업을 통한 최적의 데이터베이스를 구축하였다.

구축된 데이터 취득 및 저장 프로그램은 관측국의

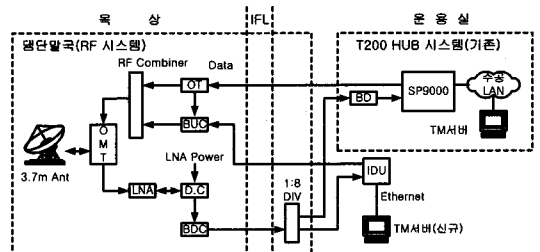


그림 5. 제어국 시스템

데이터를 실시간 또는 일정 시간 간격으로 호출하여 데이터를 취득하며, 불특정 간격으로 송신되는 이벤트 데이터를 정확히 수신하여 로그파일 형태로 데이터를 저장시켜 이를 데이터베이스화 시킨다. 또한 구축된 프로그램은 데이터베이스화시킨 정보를 홍수통계소 및 유관기관, GDP등으로 실시간 또는 일정 시간 간격으로 재전송한다.

3.3.3 관측국 시스템

우량관측국은 기존의 센서에 안테나, VSAT, RTU를 설치하여 구성하였고, 각 가압장은 기존에 설치되어 있는 안테나에 VSAT을 설치하여 구성하였다.

각 단말국은 VSAT과 제어서버의 물리적 인터페이스는 IP 및 Serial 통신 모두 가능하도록 구성되어 있으며, RTU와 관측 센서간 물리적 인터페이스는 기존과 동일한 방법을 사용하였다.

단말국은 중심제어국 및 2-Hop 제어국으로부터 전송된 호출 명령을 수신할 수 있고, 이에 대한 응답을 제어국으로 즉시 전송하는 호출 응답 기능과 센서로부터 발생된 이벤트(우량, 수위 등 관측국의 모든 정보)를 저장할 수 있고, 중심제어국 및 해당 2-Hop 제어국으로 데이터를 즉시 전송하는 이벤트 송신 기능을 수행한다.

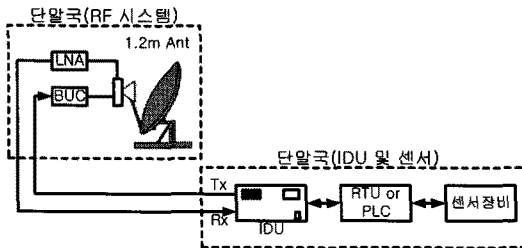


그림 6. 관측국 시스템

3.4 데이터 수집

위성망을 통한 데이터(수문자료) 수집 방법은 이벤트 수집 방식과 호출수집방식으로 나눌 수 있다. 이벤트 수집방식은 단말국에서 이벤트가 발생하면 제어국으로 데이터를 송신하는 방식으로서 다음과 같다. 수위국 및 우량국 등의 센서는 수위, 우량 등의 변화가 발생하면, RTU로 전송하게 되고, RTU는 이 수문자료를 저장하고, VSAT으로 전송하게 된다. RTU로부터 수문자료 이벤트를 취득한 VSAT은 위성제어국에 데이터를 전송하기 위해, 싱크 버스트(Synchronization Burst)를 통해 제어국의 NCC(Network Control Center)에 해당 Time Slot을 요청하게 되며, NCC는

이에 대한 응답으로 해당 단말국에 적정한 Time slot을 할당해주는 TDM(Time Division Multiplexing) 메시지를 VSAT에 전송하게 된다. 이 TDM 메시지를 수신한 VSAT은 TDMA(Time Division Multiple Access) 방식으로 해당 Time slot에 수문자료를 전송하며, 제어국의 RLS(Return Link Subsystem)는 이 수신된 TDMA신호를 원래 데이터로 복조하고, TCP/IP망을 통해 수문자료 취득서버로 전송하며, 최종으로 실시간 DB 서버에 자료가 저장된다.

호출수집방식은 단말국에서 이벤트가 발생하지 않아도, 제어국에서 단말국의 정보를 수동 또는 자동으로 호출하는 방식으로서 다음과 같다. 수문자료 취득서버에서 단말국을 호출하는 메시지를 FLS(Forward Link Subsystem)에 송신하면, FLS는 TDM신호로 변조 및 주파수 변환하여, 단말국으로 전송하게 된다. VSAT에서는 TDM 신호를 원신호로 복조하여, RTU로 전송하게 되며, RTU는 호출메세지의 내용에 맞는 데이터를 VSAT으로 전송하게 된다. RTU의 데이터를 받은 VSAT은 위성망으로 전송하기 위해, 제어국의 NCC에 해당 Time Slot을 요청하게 되며, 이후의 통신 절차는 이벤트 수집방식과 동일하다.

IV. 성능 시험

4.1 시험 개요

고속 위성망 Pilot 시스템에 대한 성능시험은 크게 Hub 시스템에 대한 RF 시스템 성능시험 및 데이터 전송특성 시험, 각 단말국별 RF 시스템 성능시험 및 데이터 전송특성 시험 등으로 구분하여 시험하고, 상용 또는 별도의 측정 프로그램을 사용하여 성능시험을 실시하여 설계서에서 요구하는 성능이 나오는지 확인하고자 하였으며, 성능시험에 필요한 위성링크의 주요 값은 표 4와 같다⁷⁾.

표 4에서 주어진 전송속도 및 변조방식 등을 고려하여 소요 대역폭을 계산하면 다음과 같이 구할 수 있다. 우선 Outlink의 전송율을 식 (1)과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned}
 & \text{전송율} \\
 &= \frac{(\text{정보율} + \text{head})}{\text{head}} \times (1/\text{FEC coding}) \quad (1) \\
 &= (1.5+0) \times (1/(3/4)) \\
 &= 2.0 \text{ Mbps}
 \end{aligned}$$

표 4. 위성링크의 주요 값

항목		내역		
사용 위성		무궁화 5호(113.5 deg/East)		
시험 주파수	Outlink	Tx:14.334 GHz Rx:12,586 GHz		
	Returnlink	Tx:14.335 GHz Rx:12.587 GHz		
위성 링크 값	Hub국 안테나	4.6 m, Ku-band, Tx Gain:53.3 dBi, Rx Gain:51.8 dBi		
	단말국 안테나	1.2 m, Ku-band, Tx Gain:43.6 dBi, Rx Gain:42.3 dBi		
	가용도	99.98 %		
	Outlink (TDM)	Information Rate	1.5 Mbps	
		Modulation	QPSK, FEC : 3/4	
		소요 Bandwidth	1.26 MHz(식 (3))	
	Returnlink (TDMA)	Eirp	47.1 dBW	
		Information Rate	200 kbps	
Modulation		QPSK, FEC : 6/7		
소요 Bandwidth		165 kHz(식 (6))		
	Eirp	39.1 dBW		

여기서, FEC Coding : 3/4 적용(시방서 명시)
구해진 전송율을 사용하여 식 (2)와 같이 Outlink
캐리어의 중간주파 잡음 대역폭을 계산한다.

$$\begin{aligned}
 & \text{캐리어 중간주파 잡음 대역폭} \\
 &= (\text{전송율} \times (\text{Roll of factor}/2)) \\
 &= (2.0 \times (1.2/2)) \\
 &= 1.20 \text{ MHz}
 \end{aligned} \tag{2}$$

여기서, Roll of factor : 1.2 적용(시방서 명시)
식 (2)에서 구한 캐리어의 중간주파 잡음 대역폭에
소요 대역폭 율을 곱하여 식 (3)처럼 Outlink 캐리어
의 소요 대역폭을 계산한다.

$$\begin{aligned}
 & \text{소요 대역폭} \\
 &= \text{캐리어의 중간주파 잡음 대역폭} \times \text{대역폭 율} \\
 &= 1.2 \times 1.05 \\
 &= 1.26 \text{ MHz}
 \end{aligned} \tag{3}$$

여기서, 대역폭 율 : 1.05 적용(시방서 명시)
Returnlink의 전송율을 식 (4)와 같이 계산한다.

전송율

$$\begin{aligned}
 &= (\text{정보율} + \text{overhead}) \times (1/\text{FEC coding}) \\
 &= (0.2 + 0) \times (1/(6/7)) \\
 &= 0.233 \text{ Mbps}
 \end{aligned} \tag{4}$$

여기서, FEC Coding : 6/7 적용(시방서 명시)
구해진 전송율을 사용하여 식 (5)와 같이 Outlink
캐리어의 중간주파 잡음 대역폭을 계산한다.

$$\begin{aligned}
 & \text{캐리어 중간주파 잡음 대역폭} \\
 &= (\text{전송율} \times (\text{Roll of factor}/2)) \\
 &= (0.233 \times (1.35/2)) \\
 &= 158 \text{ kHz}
 \end{aligned} \tag{5}$$

여기서, Roll of factor : 1.35 적용(시방서 명시)
식 (5)에서 구한 캐리어의 중간주파 잡음 대역폭에
소요 대역폭 율을 곱하여 식 (6)처럼 Outlink 캐리어
의 소요 대역폭을 계산한다.

$$\begin{aligned}
 & \text{소요 대역폭} \\
 &= \text{캐리어의 중간주파 잡음 대역폭} \times \text{대역폭 율} \\
 &= 0.158 \times 1.05 \\
 &= 165 \text{ kHz}
 \end{aligned} \tag{6}$$

여기서, 대역폭 율 : 1.05 적용(시방서 명시)

4.2 성능 시험 결과

4.2.1 RF 시스템 성능시험

RF 시스템 성능시험은 그림 7의 위치에서 Outlink
송신 신호에 대하여 주파수 정확도는 그림 8의 (a)와
같이 14.334 GHz가 측정되었으며, 점유 대역폭은
1.225 MHz가 측정되었다.

또한 Outlink 수신 신호에 대하여 주파수 정확도는
그림 8의 (b)와 같이 12.586 GHz가 측정되었으며, 점
유 대역폭은 그림 8의 (c)와 같이 1.2 MHz가 측정되
었고, C/N 값은 17 dB가 측정되었다.

Returnlink 수신 신호에 대하여 주파수 정확도는
그림 8의 (d)와 같이 12.587 GHz가 측정되었으며, 점
유 대역폭은 그림 8의 (e)와 같이 174 kHz가 측정되
었고, C/N 값은 16 dB가 측정되었다.

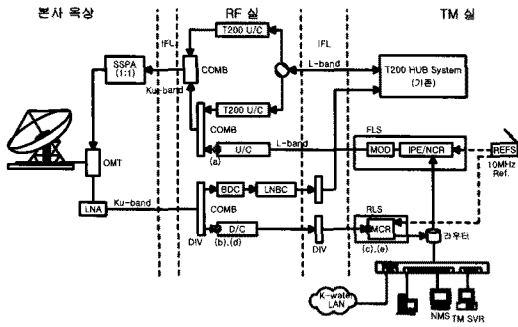


그림 7. RF 시스템 성능시험 위치

기준값 및 측정된 결과값은 표 5와 같으며, 측정값이 기준값에 모두 근접한 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

표 5. RF 시스템 성능시험 결과

구분	시험항목	기준값	측정값	비고
Outlink 송신	주파수정확도	14.334 GHz	14.334 GHz	그림 8 (a)
	점유대역폭	1.2 MHz	1.225 MHz	그림 8 (b)
Outlink 수신	주파수정확도	12.586 GHz	12.586 GHz	그림 8 (c)
	점유대역폭	1.2 MHz	1.2 MHz	그림 8 (d)
	C/N	> 16.3 dB	17 dB	그림 8 (e)
Returnlink 수신	주파수정확도	12.587 GHz	12.587 GHz	그림 8 (a)
	점유대역폭	170 kHz	174 kHz	그림 8 (b)
	C/N	> 15.7 dB	16 dB	그림 8 (c)

4.2.2 VSAT 시스템 성능시험

VSAT 시스템 성능시험은 그림 9처럼 구성된 시스템에서 시스템 기동 및 관리, Link 및 Traffic 성능, 단말 IDU로 구분되어 지고, 시스템 기동은 기동과 정지 시험을 실시하며, 시스템 관리는 NMForms 기능과 WEB NMS 동작기능 시험을 실시한다.

VSAT 시스템에 대한 성능 시험은 표 6에서의 같이 시스템 기동 및 시스템의 관리 부분은 정상으로 나타났다으며, Link 성능 및 Traffic 성능, 단말 IDU의 기능도 지방서에 명시된 대로 동작을 하였으며, 기능이 정상으로 나타났다.

표 6에서 신호에 포함된 잡음비는 Link 성능 분석을 위한 중요한 요소이며, Forward/Return Link시 요구되는 C/N값은 식 (7)과 식 (8)에서와 같이 구할 수 있다.

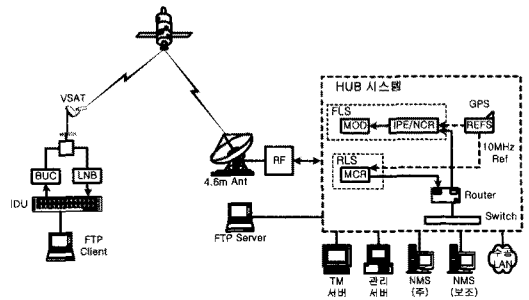
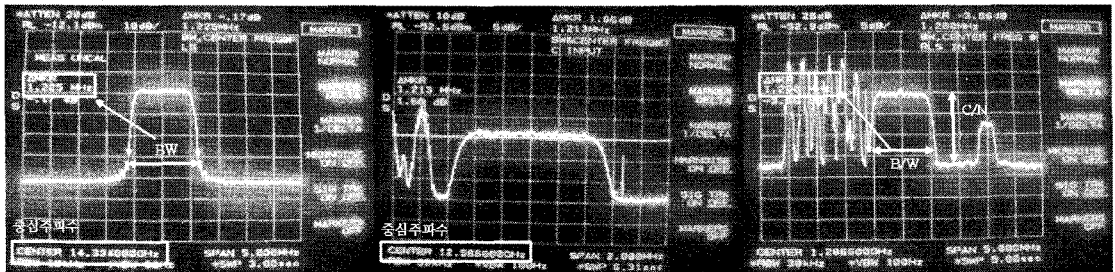


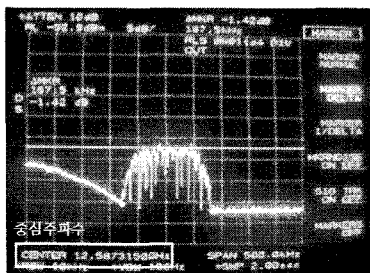
그림 9. VSAT 시스템 성능시험 구성도



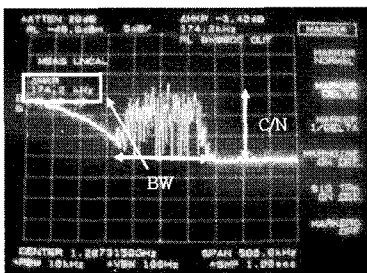
(a) Outlink 송신 주파수 정확도 및 대역폭

(b) Outlink 수신 주파수 정확도

(c) Outlink 수신 대역폭 및 C/N



(d) Returnlink 수신 주파수 정확도



(e) Returnlink 수신 대역폭 및 C/N

그림 8. RF 시스템 측정 결과

표 6. VSAT 시스템 성능시험 결과

구분	시험항목	확인사항	결과
시스템 기동	기동시험	시스템 기동시 동작상태	정상
	정지시험	시스템 정지시 동작상태	정상
시스템 관리	NMForms 기능	NM Form 프로그램의 동작상태	기능 정상
	WEB NMS 동작기능	WEB NMS의 동작상태	기능 정상
Link 성능	Forwardlink acquisition	단말에서 감지/수신 locking 상태	기능 정상
	Returnlink acquisition	단말 IDU Return Link 송출 상태	기능 정상
	Forwardlink 통신 threshold	C/N:7.1 dB (식 (7))	C/N:5.0 dB
	Returnlink 통신 threshold	C/N:6.5 dB (식 (8)) Eb/No:4.8 dB (시방서 명시)	C/N:5.0 dB Eb/No:4.5 dB
	강우감쇄 마진	이론값:9.21 dB	마진:12 dB
Traffic 성능	Outlink Data Rate	1.2 Mbps	최대:1.3 Mbps 평균:1.2 Mbps
	Returnlink Data Rate	128 kbps	최대:194 kbps 평균:147.3 kbps
	Traffic load share	단말간 Traffic 분배기능	기능 정상
단말 IDU	IDU Statistic	IDU Parameters 표시기능	기능 정상
	Software Upgrade	허브IDU software upgrade기능	기능 정상
	CW 신호 제어	CW신호 송출/제어기능	기능 정상

Forwardlink에서의 요구되는 C/N값은 식 (1)에서 구한 전송율 및 식 (2)에서 구한 캐리어 중간주파 잡음 대역폭을 적용하여 식 (7)과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned}
 & \text{요구 } C/N \\
 & = \text{요구 } Eb/No + 10\text{Log}\left(\frac{\text{전송율}}{\text{캐리어 잡음대역폭}}\right) \quad (7) \\
 & = 4.9 + 10\text{Log}\left(\frac{2.0}{1.2}\right) \\
 & = 7.1 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

여기서, 요구 Eb/No : 4.9(시방서 명시)

Returnlink에서의 요구되는 C/N값은 식 (4)에서 구한 전송율 및 식 (5)에서 구한 캐리어 중간주파 잡음 대역폭을 적용하여 식 (8)과 같이 구해진다.

요구 C/N

$$\begin{aligned}
 & = \text{요구 } Eb/No + 10\text{Log}\left(\frac{\text{전송율}}{\text{캐리어 잡음대역폭}}\right) \quad (8) \\
 & = 4.8 + 10\text{Log}\left(\frac{0.233}{0.158}\right) \\
 & = 6.5 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

여기서, 요구 Eb/No : 4.8(시방서 명시)

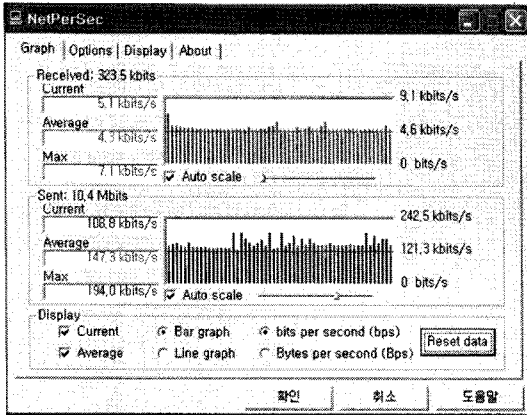
Forward/Return Link 성능 시험 결과는 표 6과 같으며, Forwardlink margin에서 시방서에 명시되어 있는 C/N값은 식 (7)에서와 같이 7.1 dB이나, FLS Power가 -22 dBm 일때의 C/N값이 7.3 dB로 기준값 7.1 dB에 비슷하지만, 기준값보다 더 낮은 FLS Power가 -25 dBm 일때 C/N값이 5.0 dB로 측정되었고 그 값까지 Ping 상태가 양호하였다.

또한 Returnlink margin에서 시방서에 명시되어 있는 C/N값은 식(8)에서와 같이 6.5 dB이나, Ping 상태가 양호한 하한값은 IDU Power가 -29.7 dBm 일 때 C/N값이 5.0 dB로 측정되었으며, 이는 기준값보다 낮은 상태로 운영 가능하다는 것을 뜻하며, 장비의 상태가 매우 양호하다는 것을 나타내는 것이다.

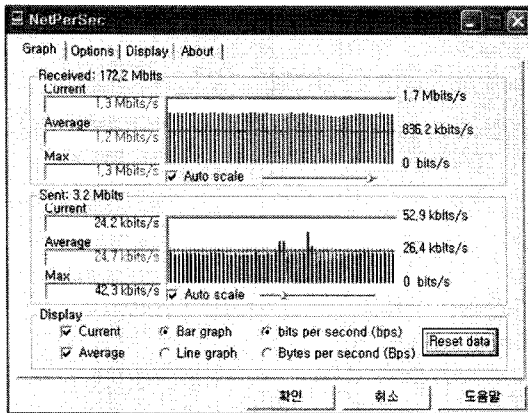
VSAT 단말 IDU에 대한 Up_load 및 Down_load 속도의 측정결과는 그림 10과 같다.

표 7. Link margin 시험 결과

Forward Link margin				Return Link margin			
FLS Power (dBm)	IDU SNR (dB)	C/N (dB)	PING 상태	IDU Power (dBm)	Eb/No	C/N (dB)	PING 상태
-13	15.7	15.7	OK	-18.8	15.5	15.2	OK
-14	15.3	15.1	OK	-19.8	13.5	14.4	OK
-15	14.4	14.1	OK	-21.3	12.5	13.2	OK
-16	13.7	13.2	OK	-23.8	10.0	11.8	OK
-17	13.1	12.0	OK	-25.3	9.0	11.0	OK
-18	11.7	10.6	OK	-26.2	8.0	10.5	OK
-19	11.1	10.1	OK	-27.2	7.0	8.0	OK
-20	10.3	9.3	OK	-28.2	5.5	5.5	OK
-21	9.2	8.5	OK	-29.7	4.5	5.0	OK
-22	8.6	7.3	OK	-31.2	3.5	4.5	Not OK
-23	7.5	6.3	OK				
-24	6.5	5.5	OK				
-25	5.6	5.0	OK				
-26	4.8	4.3	Lost 발생				



(a) Up_load 속도 측정



(b) Down_load 속도 측정

그림 10. VSAT 시스템 측정 결과

V. 결 론

K-water의 홍수에보용으로 사용하고 있는 수문관측 위성통신 설비는 장기간(12年) 사용을 하였으며, 이에 따른 시스템 개대체가 필요한 시점에서 VSAT을 이용한 Ku-Band 대역에서 7개의 단말, 3개 2 hop, 1 HUB로 고속 위성망 Pilot 시스템을 구축하였으며, 구축된 시스템에 대한 성능시험을 실시하였다.

신규 구축된 고속 위성망 Pilot 시스템에 대한 성능 시험 결과, 데이터의 전송속도가 19.2 kbps에서 128 kbps 이상(max 20 Mbps)으로 10배 이상 증가되었으며, 시스템 각 부분에 대한 성능 시험 결과에서 RF 시스템 부분은 주파수의 정확도와 점유대역폭은 기준값에 만족을 하였으며, Outlink/ Returnlink의 C/N값도 기준값인 >16.3/>15.7 dB에 근접하는 17/16 dB가 측정되어 모두 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 또한 단말 IDU에서도 시스템 기동 및 시스템의 관리 부분과

Link 성능 및 Traffic 성능, 단말 IDU의 기능도 시방서에 명시된 대로 동작을 하였으며, 기능이 모두 정상으로 나타났다.

고속 위성망 Pilot 시스템에 대한 성능시험과 운영을 한 결과, 설계한 Link Budget 모든 항목에 대하여 규정치를 만족시키는 성능을 확인하였으며, 국가 수문관측시스템의 중추 통신망으로 적용이 가능할 것으로 판단된다. 또한 기존설비인 안테나와 SSPA, 도파관 등을 그대로 이용하면서 신규 설비 병행운영과 시험으로 개대체시 단계적 적용 가능성이 확인되었으며, 비용절감 뿐만 아니라 작업 중에도 기존 서비스에는 문제를 발생시키지 않고 할 수 있을 것으로 판단된다. 위성을 통한 IP기반의 고속통신이 가능해짐에 따라 수문관측의 전국망 구성 및 원격지 무인 수도시설에 대한 네트워크 구현이 가능한 것을 확인하였다.

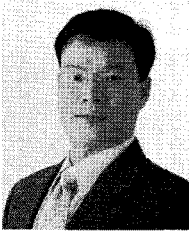
고속 위성망 Pilot 시스템 운영에 따라 고속 위성통신망을 통한 국가적 수문관측 틀 구축, 수문정보의 신속 정확한 제공으로 손에 잡히는 물관리 가능, 최신 IT기술 적용으로 국내 수문관측기술 선도, 고속 수문관측 틀의 공동 활용으로 국가적 투자예산 절감 등을 기대할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 한국수자원공사, “차세대 통합 위성통신망 구축 및 개선방향에 관한 연구”, 2007.
- [2] 한국수자원공사, “광대역 통합 위성망 Pilot 시스템 분석 및 확대 적용 연구”, 2008.
- [3] 홍성택, 신강욱, “위성을 이용한 수문관측망에 고속 VSAT 적용 방안”, *대한전기학회 하계학술대회논문지*, 2008.
- [4] 한국수자원공사, “인공위성 홍수에경보설비 최적방안 연구”, 1996.
- [5] STM Group Inc, Satlink 1000 VSAT Indoor Unit Datasheets, <http://www.stmi.com/>
- [6] STM Group Inc, Satlink TDM/TDMA HUB Datasheets, <http://www.stmi.com/>
- [7] 이해선, *위성통신이론 및 시스템*, 북두출판사, 2007.

홍 성택 (Sung-Teak Hong)

정회원



1991년 2월 한밭대학교 전자
공학과 학사
1993년 8월 한밭대학교 전자
공학과 석사
2007년 8월 충북대학교 전파
공학과 박사수료
1996년 ~ 현재 한국수자원공사

사 K-water연구원 책임연구원

<관심분야> 위성통신망, RFID/USN 기술, 원격감시
제어 및 센서응용 기술

장 성원 (Sung-Woon Jang)

정회원



1995년 2월 연세대학교 전자
공학과 학사
2010년 3월~현재 충남대학교
전자공학과 석사과정
1998년~현재 한국수자원공사
대청댐관리단, 물관리센터

<관심분야> RFID/USN 기술, Network, 보안>

신 감욱 (Gang Wook Shin)

정회원



1987년 2월 동국대학교 전자
공학과 학사
1993년 2월 홍익대학교 전자
공학과 석사
2005년 2월 홍익대학교 전기
공학과 박사
1993년~현재 한국수자원공사

K-water연구원 수석연구원

<관심분야> 플랜트제어 및 응용, 모델링, 지능 제
어, 원격감시제어, 센서응용

박 성수 (Seong-Soo Park)

정회원



2001년 2월 충남대학교 전파공
학과 학사
2003년 2월 충남대학교 전파공
학과 석사
2005년~현재 한국수자원공사
물관리센터, 수도권운영처

<관심분야> 위성통신시스템, 이동무선통신, 전자파
환경