

홍수경보시스템을 위한 위성링크 해석의 연구

류정규*, 김정호**

*한밭대학교 정보통신대학원

**한밭대학교 컴퓨터공학과

e-mail : drail6103@naver.com

A Study on the Analysis of Satellite Link for the Flood Warning System

Jeong-Kyu Ryu*, Jeong-Ho Kim**

* Graduate School of Information&Computer, HanBat National University

**Dept of Computer Engineering, HanBat National University

요 약

VSAT시스템은 중심지구국, 무궁화위성 그리고 다수의 단말지구국을 포함하는 성형망으로 구성되고, 광범위한 데이터서비스를 제공할 수 있으며 사용자의 사용목적과 용도에 따라서 여러 가지 형태의 위성전송망 구성이 가능하다. 홍수경보망을 구성 시 최적의 전송품질을 구현하기 위한 위성링크설계는 한국의 환경특성, 무궁화위성의 특성 그리고 VSAT 시스템의 특성을 고려하여 설계한다. VSAT 시스템은 디지털 데이터 전송용으로 인바운드(Inbound)는 TDMA, 아웃바운드(Outbound)는 TDM 전송방식을 이용하였으며 중심국과 단말국의 크기는 3.7m, 1.2m로 설계되었다. VSAT망에서 링크설계는 VSAT망에 할당된 위성 중계기(Satellite Transponder)의 출력전력 및 대역폭 범위 내에서 중심지구국(Hub Station)과 단말지구국(Remote Station)이 주어진 전송규격에 따라 정보를 효율적으로 전송할 수 있도록 설계하여, VSAT망으로 홍수관리의 효율적 운영을 제안한다.

1. 서론

21세기에 접어들면서 지진, 홍수, 한발, 폭설, 강풍 등 자연재해와 화재, 붕괴, 폭발 등 인위적 재난이 전 세계적으로 빈발하면서 엄청난 경제적 손실과 인명피해 등 사회 전반에 커다란 영향을 미치고 있다. 재해관리 분야에 있어 정보통신의 기술을 활용하여 신속한 정보수집과 분석을 통한 적절한 초기대응이 이루어질 수 있다면, 재해로 인한 피해의 상당 부분을 줄일 수 있고, 정보통신망이 사회기반으로 가지는 중요성 때문에 재난 시에도 그 기능이 계속 되어야하며, 국외 및 국내의 사례로부터 이러한 사실들이 증명되고 있다[1,2].

국외재난인 미국 허리케인 카트리나의 경우는 2005년 8월 28일 최대순간풍속이 90m/s로 최대 규모인 5등급에 도달 뉴올리언스의 80%가 침수되었고, 해일이 발생한 남부지역에 피해가 극심하였다. 인명피해는 7개 주에서 사망 1,299명(10월 25일), 이재민 약 250만 세대, 재산피해 1000억 달러(10월 6일)이상 추정하고 있다[3].

국내재난의 경우 2002년 8월 31일부터 9월 1일 까지 태풍 루사로 인한 피해액은 '중앙재해대책위원회'가 집계한 결과 인명 피해는 246명에 달했고, 재산 피해 금액은 5조 1,500억에 이르렀다. 전국의 철도와 도로 등 주요기관교통망과 침수지역의 전기, 통신, 상수도 등 생활기반시설이 피해를 입었다. 이듬해 9월 12일부터 13일 태풍 매미는 집중호우 외에 최대순간풍속이 60m/s를 넘어서는 강풍을 동반한 태풍이었다. 강풍으로 인해 가로수가 많이 넘어지면

서 통신케이블의 절단으로 통신설비의 피해가 크다[2].

우리나라는 지형적, 기후적으로 수해에 취약하며 수해로 인한 피해규모는 다른 재난, 재해로 인한 피해보다 상당히 크고 집중호우에 의한 피해의 특성은 단시간에 발생하며 복구를 위해서는 오랜 시일이 요구된다[4].

집중호우로 인한 재해발생시 홍수경보 설비는 관측국으로부터 받은 수위데이터, 우량데이터 정보를 기반으로 중심제어국이 자동 계산 처리, 전산화함으로써 홍수 조절과 방류 시 하류에 경보를 발하여 필요한 조치를 각 댐 사무소에 통보하여 줌으로써 우리나라 전역에 걸친 물 관리를 통일적으로 수행할 필요가 있다[5].

따라서 본 연구는 방재통신망 중 위성통신망을 이용한 데이터 전송을 기본으로 성형망(Star Network)특성을 가지고 각 단말의 전송데이터를 중심국에서 처리하는 VSAT(Very Small Aperture Terminal)망을 해석한다. 또한, 홍수경보망을 구성 시 안정된 위성링크를 설계하여 VSAT망으로 홍수관리의 효율적 운영을 제시하고자 한다 [5].

2. 위성통신을 이용한 방재통신 적용

위성통신이란 인공위성을 지구상공의 일정한 고도에 발사 정착시켜 통신이나 방송업무를 수행하는 것을 말한다. 위성통신의 특징은 광역 대상의 통신, 동시에 동일 정보 전송, 통신 회선설정과 설치 및 이동의 용이성, 지상 재해에 영향을 거의 받지 않기 때문에 방재통신에 장점이

된다.

따라서 위성통신을 이용하여 방재통신시스템을 구축할 경우에 높은 신뢰성을 확보할 수 있으며 재해 시 VSAT 시스템을 활용하여 효율성을 극대화 할 수 있다.

2.1 재해관련 VSAT 응용

VSAT은 초소형지구국으로 쉽게 이동, 설치 및 철거할 수 있어, 재해 시에 파괴된 기존의 통신시설을 보완, 대체 할 수 있다.

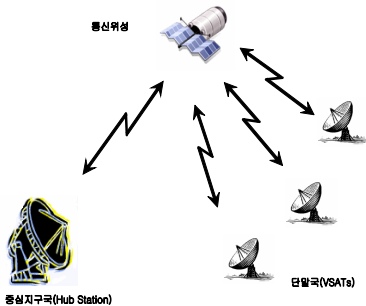
또한, VSAT망은 그 속성상 무인 자동 데이터 수집과 보고가 가능하다. VSAT단말에 연결된 적절한 감지기를 이용하여 얻은 정보를 주기 또는 비주기적으로 중심국에 전송하며 필요에 따라서는 CCTV장치를 부착하여 중앙재해통제본부에 실시간으로 감시대상의 상태를 알려 줄 수 있다.

교량, 도로, 철도, 댐 등 공공 시설물에 대한 관리체계 뿐만 아니라, 환경의 오염상태, 변화 등을 자동 감시하여 그 데이터를 중앙관리센터에 전송함으로써 감시 대상물의 진행 상태를 알게 되며 다가올 재난을 사전에 방지할 수 있다.

2.2 VSAT의 기능

VSAT은 2.4m 이하의 안테나 직경을 갖춘 단말지구국 (Microterminal 혹은 Remote Terminal)을 지칭하며 데이터 전송을 기본으로 하고 중심국과 양방향 혹은 단방향 통신을 하는 성형망 형태의 구조를 갖는다.

(그림 1)에서 보는 바와 같이 중심지구국(Hub)은 적게는 수십, 많게는 수천의 단말지구국을 관리하면서 양방향 또는 단방향 통신서비스를 하게 된다[5].



(그림 1) VSAT 위성통신망 구성도

중심국의 기능중의 하나가 망 관리 시스템의 지원이다. 망 관리는 VSAT 시스템이 전체적인 성능과 신뢰도를 종합적으로 평가하는 시스템으로서 각 단말에 접속하는 사용자에게 필요한 프로토콜을 지원해주며 주기적으로

VSAT망의 상태를 점검하고 오퍼레이터에게 시스템의 이상여부를 진단하여 줌으로써 전체적인 신뢰도를 높여준다.

망 관리 시스템(Network Management System : NMS)은 중심국에 데이터베이스화되어 단말국과 중심국의 모든 기능과 현재 상태, 정상작동 여부를 감시하고 이상상태를 감지 시 운용자에게 그래픽으로 진단결과를 알려주어 조치를 취할 수 있게 한다. 주요기능에는 다음과 같은 것들이 있다[5].

- 1) 망 형상관리 및 제어기능 (Network Configuration and Control)
- 2) 진단 및 감시 기능 (Diagnostics and Monitoring)
- 3) 통계처리 및 기록 기능 (Usage Statistics and Activity Logging)

3. 위성링크설계의 성능 해석

3.1 링크설계를 위한 파라미터

위성링크를 설계하기 위한 기본 파라미터로서 통신시스템의 전송방식, 사용할 위성의 특성 그리고 지구국 파라미터를 설정하여야 한다. 이 설정된 값에 의해서 설계절차에 따라 링크가 설계된다.

3.1.1 전송방식 설정

VSAT망에서 정보를 전송하고 액세스하는 방식은 여러 가지가 있으나 VSAT망의 특성이나 세계적인 추세에 따라 인바운드/아웃바운드를 각각 TDMA/TDM방식으로 결정하였다.

변·복조 방식은 전송전력과 대역폭이 제한되어 있는 본 VSAT망에서 비트 오류 확률이 낮고 반송파의 복원이 빠르며, 변조신호들 간에 상호간섭이 적고 구조가 간단한 BPSK방식을 선택한다. 위성통신에서 발생하는 채널오류를 정정하는데 오류정정 능력이 뛰어나고 단말국의 안테나를 최소화할 수 있는 1/2 길쌈부호기(Convolutional Encoder)와 비터비(Viterbi)복호 알고리즘을 선택한다.

3.1.2 위성체의 파라미터

링크설계를 위해 위성중계기의 송수신 주파수, 대역폭 및 송신 포화전력을 결정해야 한다. 위성 중계기 포화전력을 $F(W)$, 위성체의 안테나 송신이득을, $G_s(dB)$ 송신 급전선 손실을 $L_s(dB)$ 라 할때 위성중계기의 포화 $EIRP_{s,Sat}$ 는 다음 식 (1)과 같다.

$$EIRP_{s,Sat}(dBW) = 10 \times \log F(dBW) + G_s(dB) - L_s(dB) \quad (1)$$

또한, 위성체의 안테나 수신이득과 위성체 수신 잡음온도는 다음 식 (3)과 같다.

$$G_s = 10 \times \log [\eta(\pi \cdot D \cdot f_u / c)^2]$$

$$T_s = 10 \times \log\{T_{s,a} + T_a \times [10^{(SNF+SFD)/10} - 1]\} \quad (2)$$

그러므로 식(2)로부터

$$(G/T)_s = G_s - T_s(dB/K) \quad (3)$$

VSAT망이 한 개의 위성중계기를 사용함으로써 다중반송파가 이 TWTA 증폭기를 공유하게 된다. 이 다중반송파 증폭기의 비선형 영역에서 동작함에 따라 혼변조잡음이 커져서 신호품질이 열화 될 수 있기 때문에 증폭기가 선형영역에서 동작하도록 해야 하며 이를 위해 포화입력을 백오프시켜 혼변조잡음을 줄여야 한다. 설계할 무궁화위성의 통신부분에 대한 제원은 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 무궁화위성의 통신부분 중계기 제원

구분	제원
상/하향링크 주파수	14.0~14.5/12.25~12.75GHz
위성중계기 대역폭	36MHz
위성중계기 포화전력	12W
위성 EIRP 출력(EOC)	50.2dBW
위성안테나 잡음지수	290°K
위성 LNA 잡음지수	3.5dB
안테나 송신이득(EOC)	41.4dB
안테나 수신이득(EOC)	42.0dB
지향 오차	0.5dB
급전선 손실	0.5dB
수신성능지수(G/T)s	13.4dB/°K

3.1.3 전송 특성

반송파 정보속도(Information Rate)를 R_b , 전송속도(Transmission Rate)를 R_t 라 하면 R_t 는 FEC(Forward Error Correction) 부호율 R 의 역수 곱이며 반송파 대역폭은 변조방식에 따라 달라진다.

$$R_t = R_b/R \quad (4)$$

링크 설계 시 시스템의 기준으로 특정 전송품질에 요구되는 반송파 대 잡음비가 요구된다. 요구 C/N 은 비트전력 대 잡음전력 밀도 E_b/N_0 (Energy per bit to Noise power density ratio)로부터 식 (5)과 같이 구한다.

$$\text{요구 } C/N(dB) = E_b/N_0 + 10 \times \log(R_b/B) + I, M \quad (5)$$

(Implementation Margin, dB)

반송파는 공간상에서 여러 가지 요인에 의해 손실된다. 반송파가 자유공간을 전파해감에 따라 전파거리와 상용주파수에 따른 전파(Propagation)손실을 입는다.

손실은 전파거리와 주파수의 제곱에 비례하며 증가하는 함수이다. 상·하향링크의 자유공간 손실 FSL (Free Space Loss)은 식 (6)과 같으며 여기서 d_u 와 d_d 는 각각 상·하향링크의 전파거리(m), f_u 와 f_d 는 상·하향링크의 반송주파수(Hz) 그리고 c 는 광속($=2.9979 \times 10^8$ m/s)이다.

$$(FSL)_u = 10 \times \log[(4\pi d_u/\lambda_u)^2] = 20 \times \log(4\pi f_u d_u/c) \quad (6)$$

$$(FSL)_d = 10 \times \log[(4\pi d_d/\lambda_d)^2] = 20 \times \log(4\pi f_d d_d/c)$$

대기 중에 포함되어 있는 가스중 산소나 수증기의 분자에 의해서 전파가 흡수되는데 1GHz이상의 주파수에서 대기 가스의 흡수에 기인한 감쇄가 일어나며 이 대기 감쇄량은 주파수가 증가하고 양각이 감소함에 따라 증가한다.

Ku-Band 주파수의 통신링크에서 반송파의 세기가 강우에 의해서 심각한 손실을 입어 전송품질이 열화되는데 일반적으로 사용주파수가 높을수록, 강우강도가 클수록 강우 감쇄량은 크게 나타낸다. 강우강도에 의한 강우감쇄는 CCIR 강우 감쇄량 예측모델을 이용하여 계산한다[7].

링크설계 시 설계할 위성궤도 위치와 인접한 곳에 동일 주파수 대역의 위성에 의한 간섭을 고려해야 한다. CCIR Rec.524에 권고된 간섭위성 시스템 지구국의 축외복사 전력밀도(off-axis EIRP)에 의한 상향링크 간섭과 인접위성에 의한 하향링크의 간섭이 있는데 상향링크 설계 시에는 축외복사 전력밀도 값 $32-25\text{Log } \theta$ (dBW/4KHz)을 적용하고 하향링크 설계 시 지구국 안테나의 수신 사이드로브 특성 $29-25\text{Log } \theta$ 와 인접위성으로부터 52dBW/36MHz의 밀도가 수신된다고 가정하고 설계한다.

이 때, 상·하향링크 공히 좌우 2개의 인접위성 시스템으로부터 간섭을 받는다고 가정하며 상·하향링크의 간섭전력 I_u, I_d 은 각각 식(7)과 같다.

$$I_u = 32 - 25 \times \text{Log } \theta + \text{Log}(B/4KHz) + 3(dBW) \quad (7)$$

$$I_d = 52 + 10 \times \text{Log}(B/36KHz) + (29 - 25 \times \text{Log } \theta) + 3(dBW)$$

여기서 θ 는 지구국에서 본 인접위성 시스템간의 각도, B는 반송파의 대역폭이다.

INTELSAT IESS-402의 대역의 방사규정을 적용하여 반송파 대역폭이 4MHz이하인 경우에는 간섭잡음의 통계적 특성을 고려하여 4MHz에 대한 간섭 40dBW를 적용한다. 또한 교차편파 간섭(Cross Polarization)의 경우 교차편파특성이 달라지는 원인은 강우, 얼음결정, 전리층의 파라데이(Faraday) 회절현상 그리고 다중경로 페이딩(Fading)등이며 이들 중 KU-band에 있어서는 강우에 의한 영향이 크다. 그러므로 강우에 의한 교차편파 분리도 변화는 통상적으로 강우 감쇄량의 크기에 따라 계산한다.

3.1.4 지구국의 파라미터

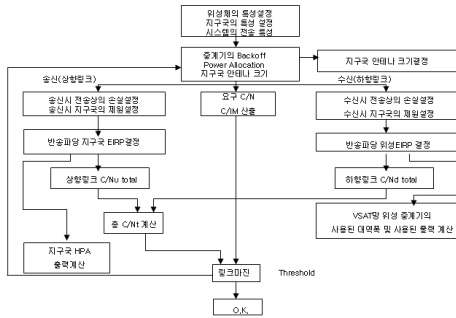
링크설계를 위한 위성의 특성은 무궁화위성을 이용하였고(표 1참조), 본 VSAT시스템의 지구국의 특성을 <표 2>와 같이 가정하였다[8].

<표 2> 지구국 특성

지구국 특성	안테나잡음온도		40°k
	급전선 손실	Hub	1.5dB
		Remote	0.5dB
	LNA잡음지수	2.0dB(Hub, Remote)	
중심국 HPA백오프	10dB		

3.2 링크설계의 절차와 결과

링크설계는 위성중계기와 지구국의 제원 그리고 전송 특성을 토대로 상향링크와 하향링크로 나누어 설계한다. 여기서 요구하는 전송품질을 만족하는 링크설계를 위해 요구되는 E_b/N_0 와 요구 C/N 을 결정하고 링크계산에 의해 산출된 총 반송파대 잡음비 C/N_t 와 비교하여 링크마진이 0 이상의 정해진 임계값이 될 때까지 케환(Feedback) 및 상호보완(Tradeoff)과정을 반복하면서 지구국 안테나 크기 및 전력배분 값을 변화시킨다[7]. 그리고 위성중계기의 백 오프값 C/N_f 가 최대값이 될 때까지 변화시켜 최적점을 찾으며 링크설계의 흐름도는 아래의 (그림 2)와 같다.



(그림 2) 링크설계의 흐름도

따라서 링크설계의 결과를 <표 3>에 제시하였다.

<표 3> 링크설계의 결과

	INBOUND (to Hub)			OUTBOUND (to REM.)		
	Clear	Up	Down	Clear	Up	Down
UP LINK	Clear	Up	Down	Clear	Up	Down
E/S EIRP(dBW)/carrier	46.0	46.0	46.0	50.3	50.3	50.3
Ant. Pointing Loss(dB)	-0.5	-0.5	-0.5	-1.4	-1.4	-1.4
Rain Loss(0.043%, dB)	0.0	-8.7	0.0	0.0	-8.7	0.0
TX E/S Ant. Gain(dB) Rem. : 1.2m, Hub : 3.7m	42.8	42.8	42.8	52.6	52.6	52.6
Satellite G/T(dB/k)	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4
C/Nu(dB)	28.3	19.6	28.3	31.8	23.1	31.8
C/Nu total (dB)	13.8	5.0	13.8	16.9	8.2	16.9
DOWN LINK	Clear	Up	Down	Clear	Up	Down
Satu. TWTA Power (dBW)	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8
OPBO of XPDR(dB)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Sat. EIRP(dBW)	46.7	38.0	46.7	45.8	37.1	45.8

Sat. EIRP(dBW)/Ca.	23.4	14.7	23.4	26.8	18.1	26.8
Rain Loss (0.043%, dB)	0.0	0.0	-7.5	0.0	0.0	-7.5
Ant Pointing Loss(dB)	-1.2	-1.2	-1.2	-0.5	-0.5	-0.5
RX E/S Ant. Gain(dB)	51.5	51.5	51.5	41.7	41.7	41.7
E/S Ant. RX G/T(dB/k)	25.3	25.3	23.4	17.3	17.3	14.7

IV 결론

본 논문은 VSAT 시스템을 이용하여 홍수경보시스템을 구축하기 위한 저속 데이터 전송용 시스템으로 CCIR의 서비스 요구품질을 만족하도록 설계하였다. 링크설계는 무궁화 위성의 제원과 지구국 시스템의 전송특성에 따라 수행하였다.

설계된 링크마진은 경우 시간율이 0.043%(3.767시간)일 때 인바운드/아웃바운드 각각 1.36dB/1.62dB로 설계되어 위성중계기의 사용된 주파수는 4.4% 이고 사용된 전력은 4.5% 이기 때문에 36MHz 위성중계기의 경우 22개의 홍수경보시스템을 구성할 수 있음을 제시하였다.

참고 문헌

- [1] 김용수 “국가재난위성통신망 구축 및 운영에 관한 연구,” 환경대학교 생물·정보통신전문대학원 2006년 2월.
- [2] 이준원, 이상형 “아태지역의 방재통신 추진현황”, 한국통신학회지 2006년 2월.
- [3] “미국 허리케인 카트리나 피해수습·복구관련 현장조사결과 보고서”, 소방방재청, 재해복구지원본부, 국립방재연구소 2005년 11월.
- [4] 조근희 “집중호우 발생시 효과적인 소방 활동에 관한 연구” 원주소방서연구반 2005년.
- [5] 김덕년 “인공위성 홍수 예경보설비 최적망 구성 방안 연구”, 한국수자원공사 1996년 6월.
- [6] 이준원 “방재통신의 이해” 도서출판 두남 2007년.
- [7] CCIR. “Handbook on Satellite Communications Fixed Satellite Service”, ITU, Geneva, 1988.
- [8] 장대익 “저속데이터 전송용 VSAT통신시스템의 링크설계”, 한국통신학회논문집 1994년 7월.