

특집 | 08

재난비상위성통신망 구축 해석

목 차

1. 서 론
2. 재난비상위성통신망 구축방향
3. 재해와 위성통신 기술
4. 국외재난비상위성통신망 운영사례
5. 위성링크 설계 사례
6. 결 론

류정규 · 김정호
(한밭대학교)

1. 서 론

정보통신망의 원활한 관리 및 운영은 한 국가의 경제사회 전반에 지대한 영향을 줄 뿐 아니라, 그 나라의 선진화 정도를 가늠하는 척도가 되기도 한다. 더욱이, 현재와 같이 사회가 고도화, 복잡화됨에 따라 정보통신망에의 의존 가능성이 더욱 증대되면서 안정된 통신망의 제공은 고도정보사회로 이행함에 있어 필수 불가결한 기본 조건이 되고 있다.

이처럼 단절 없는(seamless) 통신 서비스 제공이 요구되는 시점에서 지진, 홍수, 전쟁 등과 같은 각종 재난으로 인한 통신망의 파괴나 장애가 사회 전반에 미치는 여파는 더욱 심각한 결과를 초래할 수밖에 없어, 이에 적절히 대처하기 위한 통신망의 확보와 운용이 요구된다.

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 1000

억 달러(10월 6일)이상 추정하고 있다.

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 강풍으로 인해 통신케이블의 절단으로 통신설비의 피해가 크다.

지상통신망이 태풍 등에 의해 완전 파괴된 경험을 최근에 우리나라에서 겪었으며, 이러한 상황을 염두에 두면, 재난비상통신망을 지상망의 대체 또는 보완책으로 위성통신망을 활용하는 것이 효율적일 것이다. 위성통신의 특징은 넓은 지역을 대상으로 하는 서비스의 광역성, 넓은 지역의 다수 가입자들에게 통신방송서비스를 동시에 제공할 수 있는 서비스의 동보성, 지상재해 발생에도 안정적이고 지속적으로 서비스를 제공할 수 있는 내재해성, 유선통신 선로 길이에 관

계없이 저렴하게 통신망 구축이 가능한 경제성 등이 있다. 통신위성의 단점으로는 장거리 위성 링크에 따른 전파지연 및 사용주파수 대역이 고 대역화에 따른 간섭감쇄 등에 의한 신호 열화를 들 수 있다.

본고에서는 통신위성을 활용한 효율적이고 체계적인 재난비상통신망의 활용을 제시하고 실질적인 사례를 제시한다.

2. 재난비상통신의 개념

재난비상통신은 폭풍, 화재, 홍수 따위의 재난이 발생하였을 때 최소한의 통신수단을 확보하기 위한 제반사항과 관련된 정보통신기술의 활용차원을 내포하는 포괄적의미로 해석 할 수 있다.

따라서 재난비상통신(방재통신)의 개념은 다음과 같다.

첫째, 유무선을 막론하고 비상시(자연적, 인위적 재해포함)에 필요한 통신을 의미한다.

둘째, 재난을 미연에 방지하거나 피해를 최소화하는데 도움이 되는 정보통신기술을 말한다.

셋째, 재해와 같은 비상상황에도 통신망이 운용 가능 하도록 구축, 유지하는 제반활동을 포함한다.

넷째, 통신망의 보안 확보도 광의적으로 재난비상통신의 범위에 포함된다고 볼 수 있다.

또한, 통신재난이 통신망에 주는 영향을 분석하기 위해서는 장애 원인별로 통신설비의 취약성을 파악하는 것도 매우 중요하다. 화재, 물리적 파손 등에 의해 영향을 받을 수 있는 설비 및 통신망을 분석하면 <표 1>과 같이 나타낼 수 있다. 여기서 △는 취약성이 작음, ○는 취약성이 큼을 나타낸다.

3. 재해와 위성통신 기술

위성통신 기술은 다른 통신기술에 비해 매우 독특한 특성을 지니고 있다. 이러한 특성으로 위성통신은 방재통신 시스템으로써 매우 큰 역할을 지니게 된다. 우선 위성통신의 주요한 특징을 정리하면 다음과 같다.

- ① 동보성(broadcasting): 다수의 수신자에게 동시에 동일한 내용의 정보를 전송 가능
- ② 광역성(wide area): 우주궤도상에 위치하므로 지상 커버리지가 매우 크며, 이론적으로는 하나의 위성으로 지구 표면의 1/3을 커버가능
- ③ 이동성(mobility): 통신거점, 즉 지구국이 케이블에 의해 물리적으로 접속되는 것이 아니므로 이동형 지구국의 구현이 가능하여 어떤 장소에서도 통신회선을 설정할 수 있으며, 지구국의 설치, 추가, 철거 및 이동이 용이
- ④ 내재해성: 우주공간의 위성을 중계점으로 하는 단일중계 전송로이기 때문에 지상재해의 영향이 거의 없음

<표 1> 장애원인별 통신설비 취약성

장애원인 \ 설비	통신망	교환 설비	전송 설비	시설물	
				전화국	전송시설
침수		△	△	○	△
진동		△	△	△	○
화재		○	○	○	
물리적 파손		○	○	○	○
정전		○	○		
환경조건악화		○	△		
고장	△	○	△		
운용미숙	○	○			

특히 지상 재해가 발생한 경우에 통신선로가 거의 손실되지 않는 강한 내재해성을 갖고 있어 위성통신이 재해발생시 가장 중추적인 통신수단으로 자리 잡고 있다. <표 2>에 각 위성통신 서비스별 특징과 재해와 관련된 응용 서비스를 정리하였다.

〈표 2〉 위성통신 시스템의 특징 및 재해관련 서비스

분류	특징	재해관련 서비스
VSAT	<ul style="list-style-type: none"> • 단/양방향 데이터통신망 구성이 가능 • 센터국내 서버를 이용한 중앙집중식 데이터 관리가 용이 • 지구국을 소형으로 설치/이동이 용이 • PSTN/PSDN 접속이 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 무인 자동 데이터 수집/보고 가능 • 소형 지구국을 이용하여 재난시 재난 상황에 대한 현지 데이터 전송 가능 • 대상물에 대한 진행상태 감시
SCPC	<ul style="list-style-type: none"> • 그룹망 구조로 구성 • 신속한 이동과 설치가 가능 • PSTN 망과 접속이 가능하기 때문에 PSTN의 모든 서비스 및 기능 수용 • 기지국당 최대 32가입자 수용 	<ul style="list-style-type: none"> • 통신 두절 혹은 장애 발생시 유용한 통신선로 제공
SNG	<ul style="list-style-type: none"> • 영상, 음성 정보 외에 팩스 송수신 가능 • 중심국의 영상/음성 정보 편집이 가능 • 설계마진이 큼 • 이동탐재국의 EIRP 변화에 대응하기 위해 위성중계기 출력과 수신 G/T가 크며 조절도 가능 • 이동형은 1.2~1.8m 송신안테나 이용 	<ul style="list-style-type: none"> • 이동중계차를 이용한 신속한 재해지 정보 전송 가능 • 일반 전화회선으로 이용 가능
GPS/GIS	<ul style="list-style-type: none"> • 활용 분야가 다양함 • 대규모 시장성을 가짐 	<ul style="list-style-type: none"> • 산림, 해양, 기상, 공해, 영향 평가 • 종합 방재, 화재, 수해, 산사태
이동 위성	<ul style="list-style-type: none"> • 지상설비가 거의 없어 재해에 매우 강함 • 지구 전체가 서비스 영역이 됨 	<ul style="list-style-type: none"> • 음성, 데이터 위치식별업무, 탐사업무, 재난감시 통신업무, 환경감시 • 지상 이동통신업무와 경쟁적인 시장 형성을 위한 벽지 지역에서의 이동 통신 업무 제공

4. 국외재난비상위성통신망 운영사례

각 국가마다 지리적 및 환경적인 상황, 사회 및 경제적인 상황에 따라 재난비상위성통신망의 구축 및 운영 실태가 다양하다. 예를 들어 환태평양 지진대에 걸쳐져 있는 일본은 지진과 쓰나미에 의한 재난 피해를 최소화하기 위한 노력이 국가 정부 차원에서 체계화되어 있으며, 재난 관련 위성통신망의 활용도 매우 높다. 미국과 캐나다의 경우는 기본적으로 광범위한 대륙으로 이루어져 있기 때문에 지진, 해일, 태풍 등 여러 종류의 천재지변에 의한 자연재난 및 다양한 사회적 구조로 인한 크고 작은 인위적 재난들이 많이 일어나는 나라들이다. 이러한 국가에서는 다양한 상황에 필요한 재난비상통신망이 활용되고 있다.

4.1 미국의 경우

미국 연방재난관리청 (Federal Emergency Management Administration : FEMA)의 망 구조는 FEMA 교환망 (FSN)과 FEMA 라우터

망/다중화망을 포함한 별개의 서브 망들로 구성된다. 위성통신과 HF 무선도 지원된다. 또한 음성, 비디오 (예, 원격회의) 및 데이터 통신을 위한 운용 요구사항이 증가하도록 망이 확장되고 있다. FEMA 핵심 사업에는 재난의 경감 (Mitigation), 조치(Response) 및 복구 (Recovery) 활동이 있다. 조치 단계에서 FEMA의 이동 운용부는 이동비상조치지원 (Mobile Emergency Response Support; MERS) 파견 및 이동항공운송통신시스템 (Mobile Air Transportable Telecommunications System, MATTS) 배치를 운용한다. 개개의 MERS 파견대는 운용 지부, 통신지부 및 수송관리지부로 구성된다. 통신지부에서는 위성시스템, 전화시스템, VHF, UHF, HF 무선, 혼 대역 무선 중계, 복구채널/아날로그 화상방송 시스템, 화상회의시스템, LAN 및 WAN 등을 설치, 운용, 유지한다. FEMA 망의 전송부분에는 점 대 점 서비스, 교환 서비스, 전화 회선 서비스, 위성통신 및 기타 무선통신 등이 있다.

4.2 일본의 경우

일본은 지리적, 기상학적인 특성으로 인하여 태풍, 지진, 화산, 폭설 등 자연재해가 매년 수차례에 걸쳐 발생되고 이에 따른 엄청난 피해가 발생하여 중앙정부차원과 지방정부차원의 통신망으로 이중화 되고 있다.

2003년 10월 설립된 일본 우주항공연구개발기구(Japan Aerospace Exploration Agency: JAXA)는 향후 20년간 항공우주개발에 대한 비전으로 JAXA2025를 제시하였다.

JAXA가 제시한 5가지 비전 중 하나인 안전하고 번영된 사회 건설에의 기여를 위한 목표로, 세계적으로 최고의 신뢰도를 가진 위성들을 이용하여 언제 어디서나 누구라도 재난 상황 및 예측 정보를 수신할 수 있는 관측, 감시, 경고 통합시스템 구축이 있다. 관측위성, 통신위성, 측위 위성 등을 사용하는 “재난위기관리용 정보수집 및 경고시스템”은 지상과 대기 중에서 빠르게 변화하는 정보들을 수집하여 통합정보센터에서 그 정보들을 종합 집계한다. 이는 위험지역은 물론 재난위기상황을 예측할 수 있게 하고 적시에 경고를 개개인의 휴대단말기에 전달된다. 일본의 재난통신망에 활용하는 위성은 ETS-VIII (Engineering Test Satellite VIII) 위성, WINDS 위성, Superbird- D 위성 등이 있다.

4.3 유럽의 경우

유럽은 유럽우주국 (ESA)이 중심이 되어 다양한 재난비상위성통신망 프로젝트들을 수행하며 관련 기술들의 연구 개발 및 시스템 구축을 하고 있는데, 대표적인 프로젝트가 REMFIRESAT 프로젝트이다. REMFIRESAT 프로젝트는 유럽우주국 (European Space Agency: ESA)의 방재 및 비상 통신용 기술 관련 프로젝트 중의 하나로서, 제어가 안 되는 산불과 같은 재난 상황을 관리하는데 위성기술을 이용하는

것이다. REMFIRESAT은 자연 재난을 관리하는데 있어서 새로운 도구를 제공하기 위해 지구 관측, 항법 시스템 및 위성 통신과 같은 주요 위성기술을 결합하였다. 우주기술은 상위관리자로부터 현장 소방관까지 결정 수립 체계를 통해 관리자에게 높은 가치가 있는 정보를 제공할 수 있다.

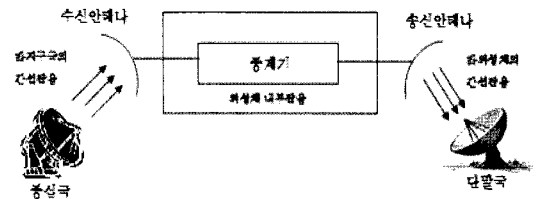
5. 위성링크 설계 사례

위성을 이용한 재난비상통신의 사례로 VSAT을 이용한 홍수경보시스템의 위성링크설계를 예로 든다.

위성링크에 영향을 미치는 간섭, 잡음효과에 대한 영향을 미치는 파라미터는 다음과 같다.

- 지구국 수신단의 열잡음과 Shot noise
- 대기의 열잡음
- 타 지구국으로부터의 간섭 신호
- 타 위성으로부터의 간섭 신호
- 위성체 내부 잡음

이상과 같은 신호 열화요인을 정확히 분석하여야 RF(Radio Frequency) 주파수 대역에 따르는 전송로 상의 신호감쇄와 요구조건에 맞는 변조 및 코딩 방식을 설정할 수 있으며 서비스 가용도를 예측할 수 있다. 따라서 VSAT 망을 구성하는 위성링크에 전송에러를 유도하는 요인을 (그림 1)에 나타내었다.



(그림 1) 위성링크에 영향을 미치는 간섭/잡음효과

5.1 링크설계를 위한 파라미터

위성링크를 설계하기 위한 기본 파라미터로서 통신시스템의 전송방식, 사용할 위성의 특성 그

리고 지구국 파라미터를 설정하여야 한다. 이 설정된 값에 의해서 설계절차에 따라 링크가 설계된다.

5.1.1 전송방식 설정

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

변복조 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.

5.1.2 위성체의 파라미터

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

$$EIRP_{s,sa}(dBW) = 10\text{Log}P(dBW) + G_s(dB) - L_s(dB) \quad (1)$$

또한, 위성체 수신성능지수 $(G/T)_s$ 는 위성체의 안테나 수신이득 $G_s(dB)$ 에서 위성체의 수신 잡음도 $T_s(dBK)$ 를 뺀 값이다. 다음 식 (2), (3)과 같다.

$$G_s = 10\text{Log}[\eta(\pi \cdot D \cdot f_u/c)^2] \quad (2)$$

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

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

VSAT망이 한 개의 위성중계기를 사용함으로써 다중반송파가 이 TWTA 증폭기를 공유하게 된다. 이 다중 반송파가 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.

5.1.3 전송 특성

링크설계시 시스템의 기준으로 특정 전송품질에 요구되는 반송파 대 잡음비 C/N 은 비트전력 대 잡음전력 밀도 E_b/N_0 로부터 식 (4)와 같이 구한다.

$$\text{요구 } C/N(dB) = E_b/N_0 + 10\text{Log}(R_b/B) + I, M \quad (4)$$

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. 상하향링크의 자유공간 손실 FSL (Free Space Loss)은 식 (5)과 같으며 여기서 d_u 와 d_d 는 각각 상하향링크의 전파거리(m), f_u 와 f_d 는 상하향링크의 반송주파수(Hz) 그리고 c 는 광속($=2.9979 \times 10^8$ m/s)이다.

$$(FSL)_u = 10\text{Log}[(4\pi d_u/\lambda_u)^2] = 20\text{Log}(4\pi f_u d_u/c)$$

$$(FSL)_d = 10\text{Log}[(4\pi d_d/\lambda_d)^2] = 20\text{Log}(4\pi f_d d_d/c) \quad (5)$$

링크 설계 시 설계할 위성궤도 위치와 인접한 곳에 동일주파수 대역의 위성에 의한 간섭을 고려해야 한다.

이 때, 상하향 링크 공히 좌우 2개의 인접위성 시스템으로부터 간섭을 받는다고 가정하며 상하향링크의 간섭전력 I_u, I_d 은 각각 식(6)과 같다.

$$I_u = 32 - 25\text{Log}\theta + \text{Log}(B/4\text{KHz}) + 3(\text{dBW}) \quad (6)$$

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

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

5.1.4 지구국의 파라미터

VSAT 시스템의 전송 특성 및 지구국 특성을 <표 3>와 같이 가정하였다.

<표 3> 전송 특성 및 지구국 특성

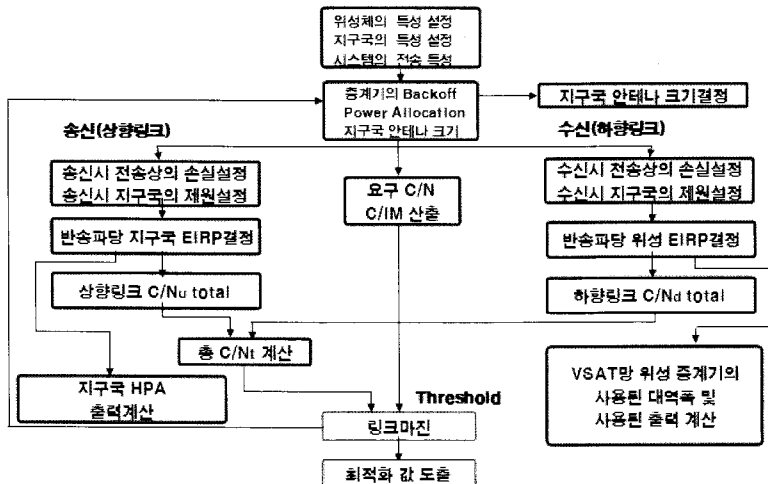
항목		특성값	
전송 특성	변조방식	BPSK	
	부호방식	1/2길쌈부호	
	캐리어수	7(Inbound), 1(Outbound)	
	정보속도(Rb)	64Kbps(In/Outbound)	
	전송속도(Rt)	128Kbps(In/Outbound)	
	캐리어대역폭	153.6KHz(In/Outbound)	
	요구Eb/No(BER)	7.4dB(10 ⁻⁷), 5.0dB(10 ⁻³)	
	요구C/N	3.6dB(10 ⁻⁷), 1.2dB(10 ⁻³)	
	대기감쇄	0.3dB, 0.2dB(송,수신)	
지구국 특성	안테나잡음온도	40° k	
	급전선 손실	중심국	1.5dB(송수신)
		단말국	0.5dB(송수신)
	LNA잡음지수	2.0dB(중심국, 단말국)	
	중심국 HPA백오프	10dB	

5.2 링크설계의 절차

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(Trade-off)과정을 반복하면서 지구국 안테나 크기 및 전력배분 값을 변화시킨다. 그리고 위성중계기의 백오프값은 C/N_t 가 최대값이 될 때까지 변화시켜 최적점을 찾으며 링크설계의 흐름도는 아래의 (그림 2)와 같다.

6. 결론

우리나라는 무무선통신망 중심으로 재난비상통신망의 구축이 비교적 잘 되어있는 형편이나, 지상통신망 기반시설 자체까지를 위협하는 재난에 대비한 통신망 구축에 위성통신망이 광역성, 동보성, 내재해성, 이동성 등으로 타 통신망에 비해 유리하여, 재난비상위성통신망으로 적합하다.



(그림 2) 링크설계의 흐름도

재난비상망으로 위성 망을 사용한다면, 유선 망이 설치되지 않은 도서벽지에 위성으로 서비스를 제공하고 이동 중인 차량, 기차, 선박에는 위성 서비스를 상시 제공하여 태풍, 홍수, 지진 및 화재 등 지상 재해에 의한 정보통신망의 유실 및 불통의 경우 지원망으로 위성 링크 확보 후 단절 없는 서비스가 연계 가능할 것이다.

위성링크 사례로 VSAT 시스템을 이용하여 홍수경보시스템을 구축하기위한 저속 데이터 전송용 시스템으로 ITU-R의 서비스 요구품질을 만족하도록 설계하였다. 링크설계는 무궁화 위성의 제원과 지구국 시스템의 전송특성에 따라 설계하였다.

따라서 집중호우, 무분별한 난개발, 그리고 이상기온 등으로 인한 상습피해지역과 피해예측지역에 위성 망을 이용한 효율적인 관리를 충분히 수행 할 수 있다.

참고문헌

[1] 소방방재청, “재난비상통신망 구축방안 연구 용역 최종보고서”, 2006. 6.

[2] 이준원, 이상형 “아태지역의 방재통신 추진 현황”, 한국통신학회지 2006. 2.

[3] 이준원 “방재통신의 이해” 도서출판 두남 2007.

[4] FEMA, “Information Technology Architecture version 2.0: The Road to e-FEMA”, http://www.fema.org/pdf/library/it_voll.pdf, May 2001.

[5] JAXA, “JAXA Vision: JAXA 2025”, http://www.jaxa.jp/2025/index_e.html, Mar. 31, 2005.

[6] Hirokazu Fukanoki, “Application of ETS-VIII: Experiment for Disaster Scene”, Communication Satellite Applications WG APRSAF-12, Oct.12, 2005.

[7] Kazunori Inagaki, “Outline of WINDS and its Applicability to Disaster Management”, Special Session for Establishing a Disaster Management System APRSAF-12, Oct.12, 2005.

[8] CCIR, “Handbook on Satellite Communications Fixed Satellite Service”, ITU, Geneva, 1988.

[9] UNDP-ITU, “Networking of Test Development Center Workshop on VSAT”, Jakarta, 1989.

[10] Kamilo Feher, “Digital Communications, Satellite/Earth Station Engineering” Prentice Hall Inc., 1983.

저자약력



류 정 규

2003년 한밭대학교 전기공학과(학사)
 2008년 한밭대학교 정보통신전문대학원(석사과정)
 이 메 일 : drail6103@naver.com



김 정 호

1980년 2월 경북대학교 공과대학 전자공학과(공학사)
 1983년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1994년 2월 단국대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
 1983년~1996년 한국전자통신연구소 책임연구원, 실장
 1989년 정보처리기술사
 1990년 공업계측제어기술사
 1991년 정보통신기술사
 1996년~현재 국립한밭대학교 정보통신·컴퓨터 공학부 교수
 관심분야 : 데이터통신, 컴퓨터네트워크, 통신서비스
 이 메 일 : jhkim@hanbat.ac.kr