

분산제어국 강우감쇠 보상을 위한 송신전력 제어방안

홍성택, 신강욱  
한국수자원공사

Transmission Power Control for Compensation of Rainfall Attenuation at Mini-Hub

Sung-Taek Hong, Gang-Wook Shin  
Korea Water Resources Corporation

**Abstract** - At satellite communication system for flood forecasting and warning, VSAT system needs to good performance for aquisition of rainfall and water-level data. But, it has difficult for obtaining good performance because of the rainfall attenuation. Thus, in this paper, we introduced the efficiency plan of the transmission power control for Mini-Hub Station.

성으로 전송 가능하게 증폭하여 주며 저잡음 수신계에서는 위성에서 수신된 신호 잡음을 억제하고 원하는 신호만을 증폭하여 준다.

1. 서 론

국가재난에 대비한 홍수예경보시스템은 무궁화 위성 및 초소형 위성통신 단말장치인 VSAT을 이용하여 원격지에 위치한 수위·우량관측국으로부터 데이터를 취득하여 홍수예경보를 위한 데이터로 활용하고 있다. 현재 운영중인 VSAT 위성망은 단말지구국을 통제할 수 있는 분산제어국과 강우에 따른 우량데이터와 수위데이터를 취득하는 단말지구국으로 크게 구성되어 있다.

무궁화 위성의 주파수는 Ku 밴드(12~14GHz)를 사용하고 있으며, 이 주파수 대역은 강우에 의한 감쇠를 많이 받는 대역이기 때문에 강우에 의한 감쇠는 회선 품질에 매우 심각한 영향을 주게 된다. 이러한 강우 등에 의한 신호감쇠에 대한 보상방법으로 사이트 다이버시티를 비롯한 송신전력 제어방법 등 여러 가지 방안이 있으나, 여러 가지 원인에 의해 제시된 방법으로 신호감쇠를 보상하기 어려워 VSAT을 이용한 전력제어의 설계를 통하여 신호감쇠를 보상할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 홍수예경보시스템 구성

2.1 분산제어국

분산제어국은 일반적으로 크게 안테나부와 RF 시스템, IF 시스템, 그리고 BB(Baseband) 시스템으로 구성되어진다.

RF시스템은 BB 시스템으로부터 디지털 신호를 받아 FSK 변조 및 주파수 변환등의 과정을 거쳐 14.0~14.5GHz의 RF 주파수로 변환하여 송출하는 OT(Outdoor Transceiver), 그리고 출력을 증폭하여 안테나로 보내는 SSPA장비로 구성된다. IF 시스템은 950~1450MHz(L-band) 신호를 수신하여 디지털 신호로 복조 역할을 하는 BD(Burst Demodulator)로 이루어져 있다.

송수신 변환계는 기저신호를 위성 주파수로 변환 또는 역변환하는 장치로 기저신호를 IF 신호 즉, 950~1450MHz로 변환하는 변조기, IF 신호를 위성 주파수 14.0~14.5GHz로 변환하는 Up Converter가 있으며, 역의 경우에는 위성주파수를 Down Converter에서 IF 신호로 변환하고 변환된 IF 신호를 복조기가 기저신호로 변환하게 된다. 고출력 송신계에서는 송신 신호를 위

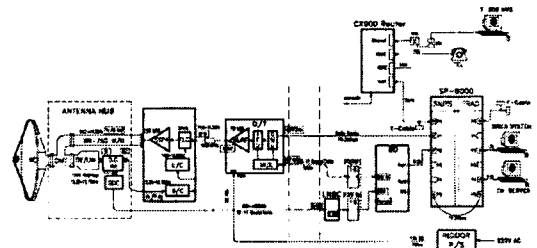


그림 2.1 분산제어국 블록도

2.2 단말지구국

홍수예경보용 위성 단말지구국은 VSAT을 비롯한 우량계와 수위계, 그리고 데이터 취득을 목적으로 하는 데이터 수집 단말장치(RTU : Remote Terminal Unit)와 태양광을 이용한 전원공급장치로 구성되어 있다. 현재 운영중인 위성단말장치인 VSAT은 위성을 매개로 하여 지상 지구국을 통하여 가입자에게 데이터, 음성, 영상 등의 정보를 단방향 혹은 양방향으로 제공하는 전용 지구국 통신장치를 말하며, 직경 1.2~1.8m의 초소형 안테나를 사용한다.

표 2.1 VSAT 특성

항 목	특 성
데이터전송속도	9.6K, 19.2K, 38.4K, 64Kbps
출력 주파수	14.0 ~ 14.5GHz
출 력	1W Max
소 모 전 력	송신 : 35Wdc, 수신 : 15Wdc
중간 주파수	950 ~ 1450MHz
변 조 방 식	1/8 ~ 3/8 FSK
입 력 전 원	15Vdc

그림 2.2는 VSAT의 블록도로서 위성으로의 데이터의 송신은 외부로부터 전원공급 및 각종 card를 장착할 수 있는 slot을 가지고 있는 MBU, 변조/복조, 필터링, 리드-솔로몬 FEC 엔코더/디코더, scrambler가 있는 DMU 및 reference 신호를 MURF에 공급하는 IFU를 거쳐, 1.0W의 HPA(High Power Amplifier)로 증폭하고 reference 신호를 upconverter로 IF를 RF 신호로 바꾸어 주는 MURF와 위성파 2중 편향신호를 동시에 송수신할 수 있는 OMT를 거쳐 휘드혼을 통하여 위성으로 송출한다. 위성으로부터의 데이터 수신은 휘드혼으로부터 OMT를 거쳐 유전체 공진발전기 형태로서 free running 발전기인 LNB Downconverter, IFU, DMU, MBU 순으로 신호를 수신한다.

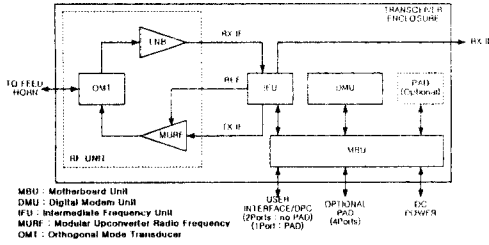


그림 2.2 VSAT 블록도

### 3. 강우감쇠 보상방식

강우 강도는 시간적으로나 공간적으로 균일하지 않고, 또 각각의 지역이나 계절에 따라 매우 다르게 나타난다. 따라서 강우감쇠 특성을 명확하게 하려면 여러 지역에서의 장기간에 걸친 측정이 필요하다. 강우로 인한 전파 자속밀도의 초과감쇠를 보상하는 방법에는 송신기의 출력과 안테나 등을 조정하여 실효 방사 전력을 감쇠값만큼 올리는 고전력 시스템(High-EIRP)방법과 초과 감쇠를 일으키는 경로를 탈피하여 이의 영향을 받지 않는 다른 경로로 전환하는 경로 다이버시티 방법 등이 있다.

#### 3.1 사이트 다이버시티(SDV:Site Diversity)

SDV 방식을 사용하는 지구국에 대해 요구되는 성능은 강우등의 기후뿐만 아니라 SDV 구성에 의해 결정된다. 첫 번째 종류의 구성은 균형 다이버시티(Balanced Diversity)로서 두 지구국이 동등한 성능을 갖는다. 또 다른 구성은 비균형 다이버시티(Unbalanced Diversity)로 이 구성에서는 한 지구국(주 지구국)의 성능이 충분히 높아 다른 지구국(부 지구국)에 대한 성능 요구가 적지 않게 감소될 수 있다.

#### 3.2 주파수 다이버시티(FDV:Frequency Diversity)

이중-대역 주파수 다이버시티는 전형적으로 20/30GHz의 고주파수 대역과 11/14 또는 4/6GHz의 저 주파수 대역인 두 주파수 대역에서 동작하는 위성의 경우에 적용되는 적응형 강우 감쇠 보상 방식이다.

#### 3.3 Adaptive Variable Transmission(AVT)

위성통신 시스템 성능은 열악한 전파 환경 조건에 적합하게 정보 전송 속도를 감소시킴으로써 향상시킬 수 있다. 즉, PSK변조의 가변 파라미터(클럭 속도 및 위상 상태수) 및 FEC의 가변적인 부호율 등이 가변 정보 전송(속도)을 위해 사용될 수 있다.

#### 3.4 Adaptive TDMA(A-TDMA)

A-TDMA는 고주파수에서 강우의 심각한 영향을 보상하기 위한 방법으로 페이드로 인해 감쇠된 C/N값을 갖는 링크 환경에서도 수용할 수 있는 어려움을 제공하기 위해 TDMA망에서 페이딩 캐리어에 추가적인 시간 자원(Time Resource)을 할당하는 적응형 TDMA 시스템이다.

#### 3.5 페이드 스프레딩

본 방식은 특정 링크가 페이드 현상을 겪는 동안 서비스를 계속적으로 유지하기 위해서 전송속도를 줄임으로써 일정한  $E_b/N_0$ 를 유지하는 것을 기본전략으로 한다. 단순한 전송속도 감소로 비트당 에너지를 증가시킬지 모르지만, 이때 단위 대역당 전력이 증가하게 되어 간섭에 관련된 문제를 야기하게 된다. 따라서, 가급적 에너지를 분산시킬 수 있는 방식을 적용하도록 요구된다. 이에 분산식은 대역폭을 줄이지 않고 전송속도를 감소시키는 반면, 증가된 비트당 에너지를 취할 수 있도록 하는 특성을 갖는다.

### 3.6 Bursts Length Control(BLC)

TDMA 프레임에 공유 자원이 되는 빈 구간(Empty Interval)을 두어 특정 링크에 대한 파워 마진이 강우 감쇠를 극복할 수 없게 되었을 때, 해당 링크의 버스트를 위해 이를 사용하는 보상방법으로 영향을 받고 있는 지구국의 버스트 전송 시간을 늘려주어, 적절한 코딩기법의 적용과 함께 전력 마진을 얻게 된다.

### 3.7 Uplink Power Control(UPC)

UPC는 고주파수 대역에서 상향 링크의 감쇠 현상을 감소시키는 수단으로 사용될 수 있다. 이 기술은 위성통신 시스템의 효율적인 동작을 성취하고 Clear-Sky EIRP를 감소시켜 위성 및 지상링크에서 간섭을 줄이기 위해 사용될 수 있다. UPC 방식의 일반적인 목적은 전반적인 링크 성능에 대한 상향 링크 페이드 현상을 감소시키기 위해 위성 트랜스 폰더의 입력 전력을 일정하게 유지시키는 것이다. 개방형 및 폐쇄형 UPC 방법이 있다.

### 3.8 Downlink Power Control(DPC)

위성통신 시스템은 사용 가능한 위성 EIRP 및 모든 캐리어에 영구적인 페이드 마진을 할당할 필요로 인해, 제한된 하향 링크 전력을 갖고 있다. 하향 링크 전력 제어 시스템은 가용한 위성 EIRP를 공유 자원으로 사용하며, 페이드를 겪지 않는 지구국의 캐리어에게는 이에 필요한 만큼의 전력을 할당하며 페이드 보상을 위한 여분을 남겨둔다. 그러므로 심한 페이드를 겪고 있는 지구국은 신호 감쇠 보상을 위한 증가된 하향 링크의 전력을 갖게 된다.

## 4. 송신전력 제어방안

강우영향에 대하여 안정적인 위성망 운영을 위하여 UPC는 고주파수 대역 위성통신 시스템 구성을 위해 매우 중요한 기술 중의 하나이다. 고 주파수 대역에서의 UPC를 사용함으로써 인접 위성 시스템 및 지상망간의 간섭을 줄일 수 있으나, 동적인 전력제어 방식을 사용함으로써 정상적인 기상상황 하에서 동일한 최대 전력을 출력하는 고정 전력 방식에 비해 다소 링크의 질이 떨어지는 단점을 갖고 있다. 감소된 상향 링크 전력을 보상하기 위해 새로운 트랜스폰더 동작점이 선택되었을 때, 하향 링크는 이에 영향을 받지 않으며 이러한 상향 링크 질의 감소는 전체 링크의 질을 떨어뜨린다. 그러므로 하향 링크에서 전체 시스템의 링크 허용도를 감소시키게 된다. 따라서, 링크 설계 시 이러한 상/하향 링크간의 상호 관계들은 신중히 고려되어야 한다.

본 절에서는 비이콘 신호를 수신할 수 없는 분산제어국의 구조에서 UPC 기능을 수행하기 위하여 VSAT에서 수신되는 아웃링크의 SNR 데이터를 취득 및 처리함으로써 상향링크의 전력을 제어할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어 설계 제작을 통한 보상방안을 나타낸다.

#### 4.1 시스템 구성

분산제어국의 송신전력 제어를 위해 제안된 방안을 나타내는 신호 흐름은 그림 4.1에서와 같으며, 분산제어국에 설치된 VSAT으로부터 입력되는 아웃링크 수신레벨을 전력제어 모듈에서 취득 및 연산하여 TCP/IP로 수신값을 Web NMS로 전송한다. 분산제어국에서 운영 중인 Web NMS에서는 수신레벨에 따른 전파공간 감쇠 영향을 추정하여 보상에 필요한 출력 증분값을 설정하여 OT의 출력레벨을 자동으로 조정함으로써 정격 출력을 유지하도록 구성된다. 또한, 그림에서와 같이 입력 수신값과 조정값에 대하여 Web NMS의 데이터베이스 자동 생성으로 저장되도록 한다.

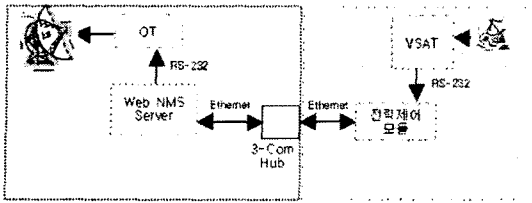


그림 4.1 분산제어국 신호 흐름도

현재 운영중인 Web NMS의 신호 흐름은 그림 4.2와 같으며, 패킷 게이트웨어 에이전트인 PKnms.exe에 의해 위성장비의 파라메타 조회 및 설정이 가능하고 부가적인 데이터 관리 및 장비 이력관리도 가능하도록 구성되어 있다.

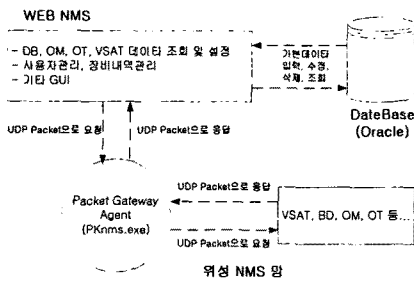


그림 4.2 Web NMS 신호 흐름도

전력제어 모듈에 해당되는 그림 4.3의 송신전력 제어기는 크게 16비트 마이크로프로세서, ROM, 그리고 RAM으로 이루어져 있으며, 입출력포트는 전원감시용 아날로그 입력포트와 디지털 입력포트로 구성되어 있고, 데이터 전송용 포트는 VSAT 감시용, RTU 감시용, 그리고 터미널 프로그램용으로 네 개의 통신포트를 가지고 있다.

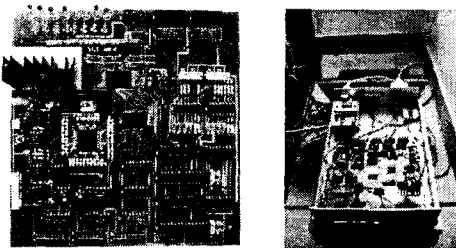


그림 4.3 송신전력 제어기

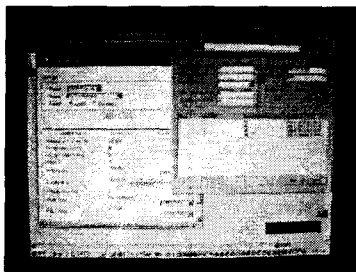


그림 4.4 Web NMS 제어화면

#### 4.2 소프트웨어 및 성능시험

송신전력 제어기 프로그램의 운영체제는 기본적으로

RealTime OS로 이루어져 있으며, 사용언어는 C 언어를 이용하여 프로그램 되었다. 소프트웨어의 주요 기능은 아래와 같이 VSAT 디버그용 프로그램과 Web NMS로 데이터를 전송할 수 있는 통신 프로그램으로 이루어져 있다.

VSAT 디버그용 프로그램은 VSAT의 포트 1을 이용하여 디버그 상태를 일정한 주기로 감시하고, 해당 분산제어국의 아웃링크 캐리어에 대한 SNR을 확인하고, 변화된 값을 Web NMS로 전송한다.

전송된 VSAT 수신 SNR 데이터를 Web NMS에서 자동으로 변조기에 해당하는 OT의 출력값을 조정하여 감쇠된 만큼의 출력을 보상하도록 한다.

표 4.1의 제어 데이터는 경우감쇠에 의한 수신레벨의 저하에 따른 VSAT의 안정적 출력조정 기능이 가능한지 확인할 수 있다. 표에 나타난 SNR 데이터의 저하에 따라 Attenuator의 변화량은 저하된 만큼 보상되어 증가되었음을 알 수 있다.

표 4.1 송신전력 제어 데이터

년	월	일	시	분	초	SNR	Att	년	월	일	시	분	초	SNR	Att
4	3	23	14	52	40	12	100	4	3	23	15	41	40	10	120
4	3	23	14	54	9	10	120	4	3	23	15	42	6	9	130
4	3	23	14	54	50	9	130	4	3	23	15	43	8	10	120
4	3	23	14	59	15	12	100	4	3	23	15	43	32	9	130
4	3	23	15	1	2	10	120	4	3	23	15	44	54	8	140
4	3	23	15	1	26	12	100	4	3	23	15	45	18	9	130
4	3	23	15	2	16	9	130	4	3	23	15	47	57	10	120
4	3	23	15	2	39	12	100	4	3	23	15	48	20	12	100
4	3	23	15	3	6	7	150	4	3	23	15	49	2	11	110
4	3	23	15	3	28	8	140	4	3	23	15	49	26	12	100
4	3	23	15	3	53	9	130	4	3	23	15	50	28	11	110
4	3	23	15	4	16	12	100	4	3	23	15	50	50	12	100
4	3	23	15	34	24	12	100	4	3	23	15	54	26	11	110
4	3	23	15	36	19	10	120	4	3	23	15	54	49	12	100
4	3	23	15	36	43	11	110	4	3	23	15	57	6	11	110
4	3	23	15	38	26	9	130	4	3	23	15	58	10	12	100
4	3	23	15	39	59	8	140	4	3	23	16	3	28	12	100

## 5. 결론

현재, 운영중인 분산제어국에서는 무공화2호기 비이콘 신호의 수직편파 수신 불가로 인하여 직접적인 위성신호 감쇠현상을 파악하는 것이 어렵기 때문에 본 연구에서는 실시간 물관리시스템 백업용으로 설치되어 있는 VSAT을 이용하여 분산제어국의 감쇠량 추정과 전력보상방안에 대하여 새로운 방안을 제시하였다. 본 연구에서 제시된 방안으로 VSAT에서 수신되는 신호의 레벨을 이용하여 아웃링크의 감쇠량을 추정할 수 있도록 하드웨어와 소프트웨어를 개발하여 기존의 NMS와 연계하여 자동으로 출력을 보상하도록 하였다.

제작된 송신전력 제어모듈을 Web NMS와 연동하여 시험한 결과 수신레벨의 저하에 따라 자동으로 보상을 수 있음을 확인하였다. 그러나, 향후, 수신레벨의 변화에 안정적인 대응이 가능하도록 감수량 변화에 따라 보상되어야 할 변화량에 대한 시험이 다양한 환경에서 지속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

### [참고문헌]

- [1] ParaGea, "Terrasat 200 Document", ParaGea Communications, Vol 1, 1997.
- [2] 한국수자원공사, "인공위성 홍수예경보 설비 최적 방안 연구", 1996.
- [3] 한국수자원공사, "분산제어국 위성설비 백업 및 송신전력 제어방안(1차년도)", 2003.
- [4] T. Kudou, K. Yoshida, K. Fujisaki and M. Tateiba, "On Effect of Rainfall and Airplane on a VSAT Satellite Communication System", International Symposium On Electromagnetic Compatibility, pp. 374 377, 1994.