

차기 군위성체계의 디지털 위성중계기를 이용한 상향링크 강우감쇠에 대한 향상된 보상방안 연구

정희원 김 정 호*, 이수현*, 김 봉 수*, 이 창 영*, 송 영 중*

A Study on Advanced Satellite Uplink Rain Attenuation Compensation using Digital Transponder of Next Military Satellite

Jung-Ho Kim, Sue-Hyun Lee, Bong-Su Kim, Chang-young Lee,
Young-joong Song *Regular Members*

요 약

군 위성통신에 대한 수요의 증가와 기존에 사용되어온 주파수 대역의 포화로 인하여, Ka 및 EHF 대역의 광대역 주파수자원을 이용한 위성통신체계의 개발요구가 확대되고 있다. 이와 관련하여 Ka 대역 이상의 주파수자원을 이용한 위성통신 시스템의 활성화에 가장 큰 어려움인 강우감쇠 극복에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 차기 군위성통신체계의 위성중계기에는 위성링크에 대한 디지털신호처리(스위칭/방송/간섭제거/ALC 등)가 가능한 디지털중계기가 탑재될 예정이다. 본 논문에서는 탑재될 디지털중계기의 부채널별 전력검출기능과 기존 단말의 변조 비콘수신장치를 이용한 검출값 수신기능을 이용하여 위성망 차원에서의 강우감쇠 보상 알고리즘을 제시한다. 새롭게 제시된 알고리즘은 기존에 사용된 하향링크의 위성 비콘신호에 의한 간접측정과 상향링크전력제어장치를 사용한 강우감쇠 보상방안보다 기술적/경제적으로 보다 향상된 강우감쇠 보상방안을 제시한다.

Key Words : satellite communication; digital transponder; rain attenuation countermeasure; Ka(20/30)

ABSTRACT

Increased demand for military satellite communications system and due to the depletion of resources of existing satellite communications frequencies, Ka-band and EHF-band satellite communication systems is growing demand for development. As a result, the study of rain attenuation mitigation for Ka/EHF-band frequencies has been achieved. The method to compensate rain attenuation on Ka-band(20/30) using the signal power measurement function in Digital Transponder of Next Military Satellite has been proposed in this paper. This method is more effective than generally used method by Beacon and UPC(uplink power control) in giving the precise rain attenuation measurement and correction.

I. 서 론

현재 군위성통신체계는 SHF와 Ka 두가지 운용주파수대역을 이용하고 있다. Ka대역은 SHF대역에 비

하여 신호의 방향성이 상대적으로 높아 송·수신 안테나의 크기가 줄어들고 근접위성간 간섭의 감소, 고이득의 스폿빔 사용이 가능한 장점을 가진다. 하지만 일반적으로 10~30dB범위의 강우감쇠 특성을 보이며,

* 삼성탈레스(주) 통신연구소 위성통신그룹 (jh98.kim@samsung.com, suehyun.lee@samsung.com, bs92.kim@samsung.com, changyoung.lee@samsung.com, yungjoong.song@samsung.com)

논문번호 : KICS2010-07-339, 접수일자 : 2010년 7월 30일, 최종논문접수일자 : 2010년 11월 16일

강우에 의한 수신신호감쇠 특성이 SHF 대역에 비하여 크다. 따라서 Ka 대역은 강우시 통신 신호의 단절과 같은 위성링크의 심각한 성능저하를 가져오게 된다.^[1]

현재 연구중인 차기 군위성통신체계의 경우도 군위성 통신에 대한 수요의 증가와 더불어 기존의 통신 위성에서 사용하고 있는 주파수 자원이 점차 고갈됨에 따라서 광대역 주파수자원을 사용한 통신이 요구되고 있다. 더불어 군위성이라는 특성상 안정적인 통신서비스에 대한 요구는 더욱 크기 때문에 더욱 효과적인 강우감쇠 보상방안 마련의 필요성이 예상된다.

위성통신의 경로는 위성을 기준으로 상향링크와 하향링크로 나뉘게 된다. 때문에 각각의 링크에 대하여 별도의 강우감쇠 보상대책이 필요하다. 일반적으로 위성의 상향링크는 하향링크에 비하여 상대적으로 높은 주파수를 사용하고 있어 강우에 의한 수신 신호감쇠 영향이 더욱 두드러져 전체 시스템의 성능에 미치는 영향이 크다고 할 수 있다.^{[2],[3]} 이에 현재 우리군이 사용하고 있는 군위성통신체계 역시 강우에 의해 발생한 상향링크의 신호감쇠량만큼 송신신호의 전력을 높여 송출하는 방법을 사용하여 상향링크에 발생한 강우감쇠를 보상해주고 있다.

본 논문에서는 위성링크에 대한 중계기 차원에서의 디지털신호처리(스위칭/방송/간접제어/ALC 등)을 위해 탑재될 디지털중계기의 고유기능인 부채널별 정밀 전력검출기능을 이용하여 위성가격의 상승요인없이 위성망 차원에서의 감우감쇠보상 알고리즘을 제시한다.

이는 상향링크에서 발생하는 강우감쇠의 크기를 직접적으로 측정을 할 수 있음을 의미한다. 디지털중계기에서 각 부채널별로 측정된 전력은 이를 송신한 각 단말로 보내지며, 지상의 단말들은 이 값을 자신이 송신한 값과 비교하여 부채널별로 강우감쇠에 대한 보상을 수행한다.

본 논문에서 제시한 알고리즘은 기존에 사용된 하향링크의 위성 비콘신호에 의해 상향링크 신호의 강우감쇠에 대한 간접측정과 상향링크 전력제어장치를 사용한 보상방안보다 기술적/경제적으로 보다 향상된 강우감쇠 보상방안을 제시한다.

II. 군위성통신체계(ANASIS1) 강우감쇠 보상기법

2.1 개요

군위성통신체계는 한반도와 연안지역을 중심으로

해상교통로를 포함하는 반경 5,500Km 영역내의 육상, 해상, 공중에서의 지휘통신을 지원해서 합참을 중심으로 통합 전투력 발휘를 가능하게 하는 전략.전술 지휘통신체계이다.^[4] 따라서 강우감쇠로 인한 위성링크의 단절과 같은 통신장애는 곧바로 군의 작전능력 저하로 이어지게 된다. 이를 방지하기 위하여 현재 군위성통신체계에서는 위성 비콘수신장치와 상향링크 전력제어장치를 이용하여 상향링크에서 발생하는 강우에 의한 신호감쇠를 보상해주고 있다.

강우감쇠의 보상을 위한 절차는 현재 발생한 강우감쇠를 검출하는 단계와 검출된 강우감쇠를 보상하는 단계로 나누어진다.^[5]

강우감쇠를 검출하는 단계에서는 현재 발생한 강우감쇠의 정확한 크기를 검출해야 하며, 대표적인 검출 방법으로는 아래와 같이 4가지 정도로 나누어볼 수 있다.^[6-8]

- 1) 비콘 모니터
- 2) 링크 C/N²)
- 3) 루프백 C/N
- 4) BER(Bit Error Rate)

비콘 모니터는 위성에서 송신하는 비콘을 지속적으로 관찰하여 그 크기 변화를 근거로 통신 경로에 발생한 강우감쇠의 크기를 예측하는 방식이다.

링크 C/N는 해당 링크에 대한 반송파 대 잡음비율을 모니터링하는 방식이고, 루프백 C/N는 수신단말에서 루프백 시킨 신호의 반송파와 잡음간 비율을 송신단말에서 모니터링하는 방식이다.

BER방식은 송수신하는 데이터에 대한 비트별 발생하는 에러 발생 빈도를 측정하여 모니터링 하는 방식이다.

현재 설치 운영되고 있는 군 위성통신체계의 위성 단말은 위의 4가지 방법중 운용의 편리성 및 경제성의 장점을 가지고 있는 비콘 모니터 방식을 사용하여 강우감쇠를 검출하고 있다.

검출된 강우감쇠를 보상하는 단계의 대표적인 신호감쇠 보상방법으로는 아래와 같이 3가지 정도로 나누어볼 수 있다.^[6-8]

- 1) 지역 분리(Site Diversity)
- 2) 주파수 분리(Frequency Diversity)
- 3) 상향링크 전력제어(Uplink Power Control)

1) Army Navy Air-force Satellite Information System

2) Carrier to Noise ratio, 반송파 대 잡음 비율

지역 분리 방법은 송신 단말의 위치를 강우감쇠에 따라 변경하는 방법으로, 수십 킬로미터 떨어진 두 개의 위성 송신단말이 지상망으로 연결되어 동일한 송신 신호를 위성으로 전송하여, 지역적인 강우의 발생에 효과를 볼 수 있다. 하지만 이 방법은 추가적인 지상국의 건설과 지상망 구축에 추가적인 예산이 소요되기 때문에 효과적인 방법이라고 할 수 없다. 주파수 분리 방법은 적응형 강우감쇠 대책으로 상대적으로 낮은 주파수대역 (K_u 또는 C)와 높은 주파수 대역 (K_a)을 동시에 사용 할 수 있다. 평상시에는 높은 주파수 대역을 사용하다 강우에 의한 통신 신호의 감쇠를 극복할 수 없는 순간 낮은 주파수로 절체되어 통신을 지속하는 방식이다. 이는 각 단말과 위성에 두 개의 RF 장비가 추가되어야 하며 여분의 주파수 대역을 확보하여야 가능한 방법이다.

추가적으로 최근의 위성을 통한 양방향 패킷 통신 시스템(DVB-S2³⁾)의 강우감쇠 보상 기법의 경우 리턴링크를 통해 수신측 단말의 채널상태정보(SNR⁴⁾)를 수신해 송신되는 패킷별로 다른 채널코딩과 변조기법을 사용하는 채널적응형 변조 코딩 방식(ACM⁵) 이 일부 사용되기도 한다.^[9]

현재 군위성통신체계에서 사용하고 있는 상향링크 전력제어기법은 통신채널에서 측정된 강우감쇠 만큼 송신단말에서 신호의 출력전력을 높여 신호를 송출하는 방법이다. 이 기법은 구축의 간단함으로 인하여 널리 쓰이는 방식으로 다른 보상방안과 혼합하여 사용할 수 있는 장점을 가지고 있다.

2.2 시스템 구성

군위성통신체계에서 위성 상향링크에서 발생하는 강우감쇠를 보상하기 위한 장치는 위성 비콘신호발생장치, 비콘수신장치, 상향링크 전력제어장치로 구성된다.(그림 1)

위성 비콘신호발생장치는 위성체에서 일정한 주파수와 전력값을 갖는 변조되지 않은 캐리어인 비콘을 지상국으로 송신하는 장치를 말한다. 비콘은 일반적으로 지상국의 안테나가 위성을 추적할 때와 하향링크에 대한 강우감쇠를 검출하는데 사용된다. 현재 사용되고 있는 대부분의 위성들은 일정한 주파수로 1개 이상의 비콘을 송출하고 있다.^[10]

비콘수신장치와 상향링크 전력제어장치는 지상에 위치한 위성단말에 설치되어 위성통신채널의 경로에

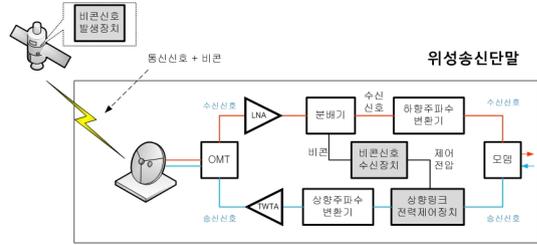


그림 1. 군위성통신체계 강우감쇠보상 방안

서 발생하는 통신신호의 감쇠를 측정하고, 이를 보상하여 위성체로 송출할 수 있다.

상향링크 전력제어장치는 일종의 신호 증폭기로 위성단말의 모뎀에서 나온 송신 신호를 송출하기전에 비콘 수신기를 통해 검출한 강우감쇠에 해당하는 레벨만큼 신호를 증폭시켜 강우의 여부에 관계없이 일정한 크기의 신호를 위성에서 수신할 수 있도록 한다.

2.3 강우감쇠 검출 및 보상방안

상향링크 전력제어장치가 설치된 위성단말을 운용하는 운용자는 육안 식별을 통하여, 맑은날을 기준으로 결정한다. 이렇게 결정된 기준일에 수신된 비콘의 크기를 클리어 스카이 레벨(Clear Sky Level)이라고 하며, 발생한 강우감쇠의 크기를 판단하는 기준이 된다. 비콘수신기는 실시간으로 수신된 비콘의 세기를 전압으로 변환하여 상향링크 전력제어장치의 입력으로 공급한다. 상향링크 전력제어장치는 입력으로 들어온 전압값이 클리어 스카이 레벨일 경우 입력받게될 10V를 기준으로 그보다 0.1V(20dB 강우감쇠 범위를 최소 0.2dB 스텝으로 검출 및 보상하기 위한 Resolution) 낮을 때마다, 0.2dB씩 높여준다. 하지만 비콘(20GHz)과 실제 통신채널(30GHz)의 강우에 의한 주파수 신호감쇠 특성이 다르기 때문에 이를 보상에 주기 위해서 전력 제어시 비콘에서 측정된 강우감쇠 값 대비 송신주파수에 따른 강우감쇠(약 1.8배)를 보상한다.

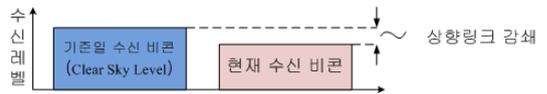


그림 2. 상향링크 감쇠값 계산법

III. 현군위성통신체계 강우감쇠보상방안의 문제점

군위성통신체계에서 강우감쇠의 측정과 지상국 안테나의 위성 추적을 목적으로 사용되는 비콘과 통신

3) Digital Video Broadcasting-Satellite Second Generation
 4) 잡음률 [signal-to-noise ratio, S/N, SNR]
 5) Adaptive Coding and Modulation

을 위해서 사용하는 채널은 주파수의 차이가 있다. 이로 인하여 통신채널에 발생하는 강우감쇠의 특성이 비콘의 감쇠에 정확하게 반영되지 못하여 정확한 강우감쇠의 측정이 이뤄지지 못하게 된다.

이에 따라 현재 군위성통신체계에서는 측정에 의해서 발생한 오차를 강우감쇠 보상에 반영을 해주고 있다. Ka 대역의 경우 비콘에 발생한 강우감쇠와 통신채널에 발생하는 강우감쇠 사이에 대략적으로 1.8:1의 감쇠차이가 존재한다고 가정하여 강우감쇠 보상에 적용해 주고 있다.(계절의 변화에 따라서 주기적으로 실측값이 변경되고, 장비의 열화에 대한 정확한 실측값이 실시간 반영이 어렵기 때문에 루프백 방식에 의한 실측값 매핑표를 사용하기도 어렵다.)

또한, 현재 군위성통신체계에는 발생한 강우감쇠의 크기를 측정하기 위해 필요한 기준값에 대한 명확한 정의가 없다. 이 때문에 상향링크 전력제어장치가 설치된 단말기를 운용하는 운용자가 임의로 그 기준값을 정하게 된다. 평상시 맑은 날씨의 특징일에 수신한 비콘의 크기를 운용자가 기준(Clear Sky Level)으로 하여 강우감쇠는 이 클리어 스카이 레벨과 현재 수신한 비콘의 크기를 비교하여 가늠한다. 하지만 이렇게 설정된 기준값 역시 안정적인 통신 서비스의 제공을 위한 단말내의 장비의 이중화와 계절의 변화와 같은 외부 요인으로 인하여 변동 될 수 있는데, 예를 들어 단말기내의 LNA가 이중화되어 있기 때문에 어떠한 LNA를 통하여 비콘을 수신하였는가에 따라서 사용자가 수신한 비콘의 크기가 다르게 나타나며, 이로 인하여 강우감쇠 계산에 오류가 발생하는 문제점을 발생시킨다.

강우감쇠의 검출뿐만 아니라 이에 대한 보상을 해주는 과정에서도 성능 개선의 여지가 있는데, 상향링크 전력제어장치를 사용하여 통신 채널에 대한 강우감쇠 보상시 통신채널 대역내에 존재하는 잡음도 함께 증폭되게 된다. 이는 C/N 특성값이 근본적으로 개선되지 않는 단점을 갖는다.(기존 시스템에서는 전체대역에 대하여 하나의 상향링크 전력제어장치가 설치된다. 이는 앵커 스테이션 역할을 하는 단말의 경우 수십대의 모뎀이 설치되며, 비콘신호에 의해 모뎀별로 제어가 불가함을 의미한다.)

마지막으로 상향링크 전력제어장치와 같은 고가의 전용장비가 단말대수 만큼 추가되기 때문에 시스템의 복잡도가 증가시키며, 개발비용 및 유지보수 비용의 증가로 이어지게 된다.^[11]

IV. 차기군위성통신체계에서의 향상된 강우감쇠보상방안

4.1 개 요

일반적으로 강우감쇠를 보상하기 위한 시스템의 제어 신호는 하향링크의 직접적인 측정값을 사용하여 상향링크에 대한 강우감쇠를 추정하는데. 이 때, 보상을 위한 제어 신호의 정밀도는 다양한 지연 요소(propagation factors)와 연관된 주파수 변환 문제에 영향을 받는다.^[12] 따라서, 하향링크의 측정값으로 사용되는 비콘, 링크 C/N, 루프백 C/N, BER(Bit Error Ratio)등과 실제 상향링크에서 발생한 강우감쇠 사이의 상관관계를 높여 주는 것이 중요하다고 볼 수 있다. 현재 사용되고 있는 군위성 통신 체계에서 역시 직접적으로 상향링크에서 발생한 강우감쇠의 크기를 측정하는 것이 불가능하였기 때문에 비콘신호(하향링크)를 이용하여 간접적인 강우감쇠의 크기를 측정하였다. 하지만 본 논문에서 제시하는 통신을 위해서 사용되는 채널의 전력변화를 직접 검출할 수 있고 해당 송신단말에 알려줄 수 있다면, 기존의 체계에서 사용되었던 비콘 모니터링 방식에 비하여 효율적이고 정밀한 강우감쇠에 보상이 가능할 것이다.

4.2 시스템 구성

위성의 상향링크에 발생한 신호감쇠를 정밀하게 보상해주기 위해서는 부채널별 신호의 감쇠를 측정할 위성 디지털중계기와 측정된 신호의 감쇠량을 송신단말에 전달할 수단 및 이를 수신하여 송신신호의 세기를 조절할 방안이 필요하다. (그림 3.참고)

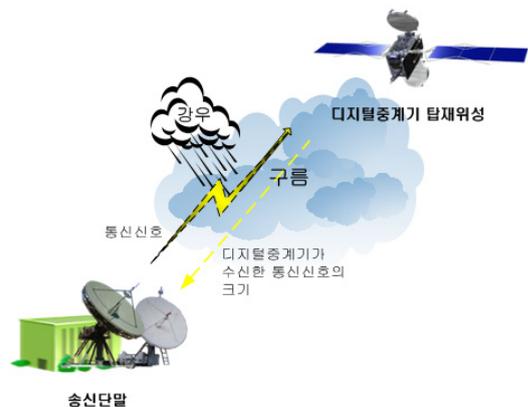


그림 3. 상향링크 강우감쇠 보상 구성도

차기 군위성통신체계 위성체에는 간섭제거와 스위칭 및 ALC(Auto Level Control)와 같이 위성링크 디지털처리하기 위한 디지털증계기가 탑재될 계획이다.

디지털증계기에는 지상에서 송출한 통신신호를 수신해 디지털 신호처리를 위한 주파수로 변환해주는 IF 처리반과 각 위성단말이 송신한 통신신호의 전력을 검출할 수 있는 기능을 가지고 있는 디지털 채널처리반으로 구성된다.(그림 4)

디지털 채널처리반은 위성 IF처리반에서 변환해준 통신신호를 역다중화 블록내에있는 필터를 사용하여 각 단말별로 할당되어 있는 대역폭단위로 분리해 낸다. 이를 전력검출 모듈에서 받아 통신신호의 전력의 세기를 검출한다.

디지털증계기에는 향상된 부채널별 전력검출기능을 보유하고 있으며, 전력검출을 위한 모듈의 차분방정식은 아래와 같다.

$$y(n) = \beta|x(n)|^2 + (1-\beta)y(n-1), \quad 0 \leq \beta \leq 1 \quad (1)$$

$x(n)$ 은 입력 신호이며, $y(n)$ 은 검출된 전력을 의미한다. ADC 소자의 규격에 맞추어 $x(n)$ 은 13bit를 사용하였으며, 디지털증계기의 입력 신호 다이내믹레인지 -42dB에 따라 13Bit의 값에 대응시켜 입력으로 넣어 주었다. 그에 따라 정수형 1295는 입력 신호크기가 0dBm, 41은 -30dBm, 10은 -42dBm를 나타낸다.

β 값은 전력검출 모듈의 성능을 결정해 주는 상수로 값은 0과 1사이의 값을 갖는다. 상수 β 의 값과 bit는 시뮬레이션 결과를 통하여 결정된다.(그림 5 참조)

그림 5는 우선 전력 측정모듈이 사용하는 알고리즘의 유효성을 확인해보기 위하여 임의로 β 의 값은 $\frac{1}{2^5}$, Bit수는 6Bit 인 모듈을 사용하였을때의 결과이다. 입력으로 사용된 $x(n)$ 은 각각 10진수로 10, 41,

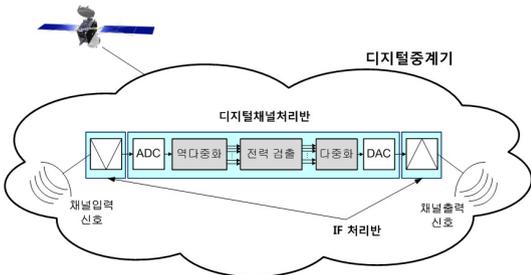


그림 4. 디지털증계기 탑재위성 구성도

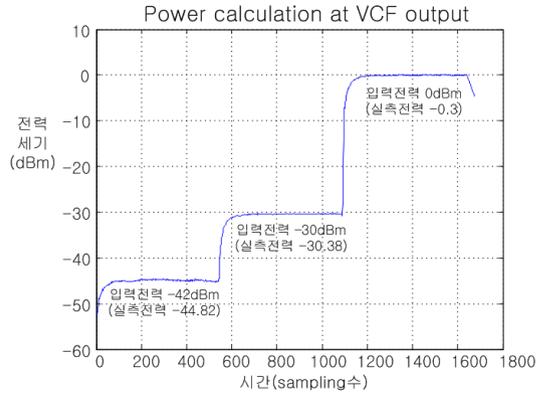


그림 5. 입력신호별 전력측정 결과

1295이며, 이는 dBm으로 대응 시켰을 때, -44.82, -30.38, 0dBm에 해당하는 입력 전력이 들어왔을 때의 결과(정수형 10은 truncation 오차가 있어서 입력신호의 크기가 2.8dB감소)이다.^[13]

시뮬레이션의 결과를 살펴보면 주어진 입력 신호 다이내믹레인지 -42dB 범위에서 측정된 전력값의 정밀함을 확인 할 수 있다. (표 1 참조)

다음은 Beta의 Bit 수에 따른 전력검출 모듈의 성능을 예측해보기 위하여 입력 신호의 값은 1100으로 연산의 간략화를 위하여 β 의 값은 $\frac{1}{2^{K-1}}$ (여기서 K는 Beta의 Bit수)으로 정하여 시뮬레이션을 진행하였다.

그림 6은 β 가 각각 6비트 9비트인 경우의 각각 전력을 측정된 결과 값이다. β 의 비트에 따라 전력의 수렴 속도가 다르며, β 가 6비트일 때 전력의 수렴 속도는 더 빠르지만 전력이 수렴하고 난 후 전력의 변동폭

표 1. 입력신호별 전력측정 결과

| $x(n)$ | 입력전력 (dBm) | Ripple in a same input(dB) |
|--------|------------|----------------------------|
| 1295 | 0 | 0.30 |
| 41 | -30.38 | 0.33 |
| 10 | -44.82 | 0.54 |

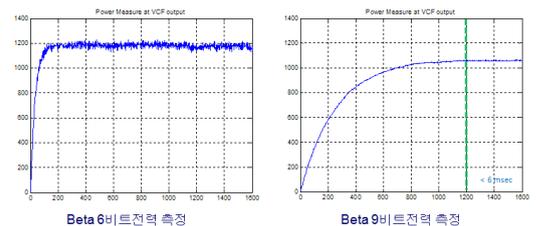


그림 6. β 의 비트수에 따른 전력 측정 속도 비교

이 더 큰 것을 알 수 있다. 표 2는 대역폭 1MHz의 가변 채널(variable channel)필터의 출력에서 β 의 비트에 따라 전력이 수렴하고 나서 전력의 변동폭을 측정 한 결과이다. β 의 비트가 커짐에 따라 전력의 변동폭이 감소하지만 전력의 수렴 속도가 늦어지는 것을 알 수 있다.

기존의 디지털중계기의 성능을 참고하였을 때, 검출오차($\pm 0.1\text{dB}$)이하로 정확하고 신속한 강우감쇠를 위하여 새로 개발하는 디지털중계기의 전력검출 모듈의 β 의 Bit수는 8이상을 사용하여 성능의 향상을 꾀할 수 있을 것이다.

표 2. β 의 비트수에 따른 전력 측정 수렴정도

| Beta(bit) | Fluctuation (dB) |
|-----------|------------------|
| 5 | 0.71 |
| 6 | 0.38 |
| 7 | 0.22 |
| 8 | 0.12 |
| 9 | 0.07 |

4.3 개선된 강우감쇠 보상방안

3.2항에서 설명된 구성도를 이용한 개선된 강우감쇠 보상방안은 다음과 같다. 송신단말이 위성을 향해 통신신호를 송신한다. 디지털중계기를 탑재한 위성은 이를 받아 하향링크로 중계함과 동시에 위성체내에 있는 디지털중계기를 이용하여 수신한 신호의 세기를 측정한다. 측정된 신호의 전력정보는 전송의 효율과 안정성을 높여 주기 위해서 프레임형태로 구성된다. 구성이 완료된 프레임은 변조비콘을 통해 다시 송신

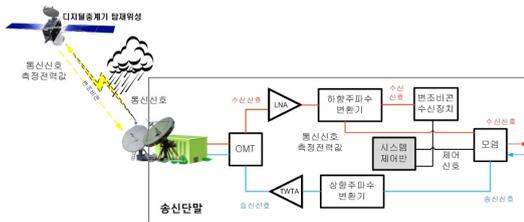


그림 7. 개선된 강우감쇠 보상방안 구성도

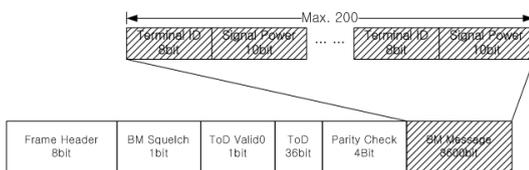


그림 8. 강우감쇠 정보 송신을 위한 변조비콘 Frame구조

단말에 제공된다. 송신단말의 시스템 제어반은 제공받은 전력정보와 자신이 실제로 송신한 전력의 크기를 비교하여, 송신신호의 경로에 발생한 감쇠의 크기를 계산한다. 단말은 계산된 강우감쇠의 크기만큼 모델의 송신 신호를 높여 통신신호를 송신한다.(그림 7, 그림 8, 그림 9)^[14]

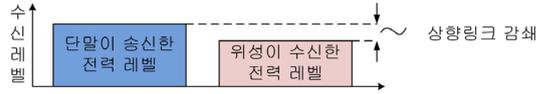


그림 9. 개선된 상향링크 감쇠값 계산법

4.4 개선된 강우감쇠 보상방안의 기대효과

개선된 강우감쇠 보상방안은 기술적인 면에서 앞서 지적된 군위성통신체계에서 사용하는 강우감쇠보상 기법이 가지고 있는 한계를 극복한다.

첫째는 측정하는 비콘과 통신 채널의 대역 차이로 인하여 발생하는 강우감쇠 검출 오차를 줄여준다. 강우는 시간적/공간적으로 랜덤한 현상으로 “그림10. 강우감쇠특성 ITU-R Rec.721-3“와 같은 주파수에 따른 오차를 특성을 나타낸다. 그림10 에서 보면 상향링크 (30~ 31GHz)와 하향링크(20~ 21GHz)의 차이로 인해 약 0.02(dB/Km)정도의 감쇠율에 대한 오차가 있음을 알 수 있다.

또한 기존 방식에서는 상/하향링크 주파수특성에 따른 Loss 차이에 의한 오차도 있다. 상향링크(30~ 31GHz)가 하향링크(20~ 21GHz)대비 Loss비율이 1.5:1 ~ 1.8 :1 의 비율로 전력비를 계산하기 때문에 전력비 차이에 의한 오차가 발생하는 것을 알 수 있

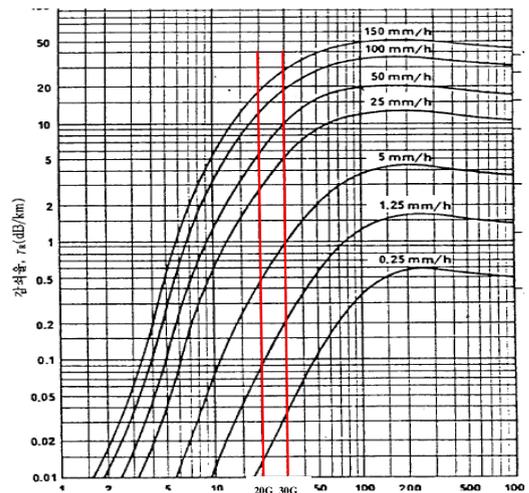


그림 10. 강우감쇠특성 ITU-R Rec.721-3^[15]

다. 새로 제시한 방법의 오차는 디지털 중계기에서의 전력검출에 따른 오차($\pm 0.1dB$)만으로 줄일 수 있다. 즉 직접 통신신호의 위성수신 전력값을 측정하게 되므로, 비콘에 발생한 강우감쇠를 통하여 간접적으로 측정되는 방법에서 발생할 수 있는 강우감쇠의 축소 또는 확대검출과 같은 왜곡현상을 줄여, 실제로 발생한 강우감쇠를 정확히 반영시킬 수 있다.

둘째, 강우감쇠의 검출을 담당하는 장치와 강우감쇠를 보상하는 부분 사이에서 정보의 교환을 할 때, 측정된 전력값을 별도의 단위 변환 없이 그대로 강우감쇠 검출에 사용하기 때문에, 정보의 전달시 발생할 수 있는 오차를 줄여준다.

이상의 기술적인 이득뿐만 아니라 개선된 상향링크 강우감쇠 보상방안은 체계의 구성면과 유지보수 비용 절감등의 경제적인 효과를 얻을 수 있다. 개선된 방법을 사용하게 되면 단말별로 사용되던 상향링크 전력 제어장치를 비롯한 기존에 전력제어용으로 사용하는 장비들이 필요없어진다. 덕분에 시스템을 간략화하고 기능을 통합하여 시스템의 구성비용을 낮추는 경제적 효과를 가져 올 수 있다. 유지 보수에 대한 부담은 기존의 시스템의 경우, 외부 환경의 변화와 장비의 노후화에 따른 특성 변화에 대하여 정확한 강우감쇠를 검출하기 위하여 기존 신호 선적작업이 주기적으로 필요하였으나, 이러한 외부 환경과 특성 변화도 알고리즘내에서 고려될 수 있어 추가적인 유지보수를 위한 노력이 요구되지 않는다.

V. 결 론

현재 운용되고 있는 군위성 통신체계내의 위성단말기는 그 출력과 기능, 사용용도를 막론하고 위성에서 송신해주는 비콘을 수신하여 대기의 상태에 따른 위성 신호의 감쇠를 계산한다. 계산된 강우감쇠는 지상 단말에 설치되어 있는 상향링크 전력제어(UPC)장치를 사용하여 수신한 위성 신호에 발생한 강우감쇠만큼 송신신호의 출력을 증폭시켜 송출된다. 하지만 비콘신호와 실제 통신채널의 대역차이로 인하여 다른 특성을 보이며, 이로 인하여 강우감쇠 보상에 오차가 발생하게 된다. 본 논문에서는 차기 군위성통신체계에 탑재될 위성 디지털중계기들의 전력검출기능과 단말의 변조비콘수신장치를 사용하여 직접적인 강우감쇠를 측정하고 단말은 실측값을 바탕으로 신호의 소스인 모뎀에 전력을 증폭함으로써 신호왜곡이 없고 정밀한, 기술적으로나 경제적으로나 향상된 위성링크 강우감쇠 보상방안을 제시하였다.

향후에는 중계기 차원에서 강우감쇠 보상기능인 적응형 이득제어(ALC, Auto Level Control)기능과 같이 운용될 경우 더욱 개선된 강우감쇠 보상방안을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 임광재, “Ka 대역 위성링크에서 강우감쇠보상을 위한 신호레벨 예측기법”, 한국과학기술정보연구원, 1999, pp.1-2
- [2] novella satcoms, “Beacon Tracking Receiver”, http://www.novella.co.uk/beacon_tech.htm[accessed 3, June 2010]
- [3] M. J. Willis, “Fade Counter-Measures Applied to Transmissions at 20/30 GHz,” *Electronics & Commun. Eng. Journal*, pp.88-96, Apr. 1991.
- [4] 유성권, “무궁화위성 5호 발사에 즈음한 군 위성 통신 소개”, 2006, pp.103-107
- [5] “위성통신 중계기술 및 지구국기술 개발”, 한국전자통신연구소, 1996. 9
- [6] <http://jncis.egloos.com/3188525>[accessed 5, June 2010]
- [7] L. Castanet, A. Bolea-Alamañac, and M. Bousquet, “Interference and Fade Mitigation Techniques for Ka and Q/V Band Satellite Communication Systems,” *COST 272-280 Int'l. Wksp. Satellite Commun. from Fade Mitigation to Service Provision*, Noordwijk, The Netherlands, May 2003.
- [8] E. H. Satorius and L. H. Tong, “Analysis of a Rain Compensation Algorithm for K/Ka-band Communications,” *Int. J. of Satellite Commun.*, Vol.14, pp.297-311, 1996.
- [9] Morello M, Mignone V. “DVB-S2: The second generation standard for satellite broad-band services.” *Proceeding of the IEEE 2006*; 94(1): 210-227.
- [10] D. Vanhoenacker-Janvier and H. Vasseur. “Prediction of Scintillation Effects on Satellite Communications above 10 GHz,” *IEE Proc-Microw. Antennas Propag.*, Vol.142, No.2, Apr 1995.
- [11] A. Dissanayake, “Application of Open-Loop Uplink Power Control in Ka-Band Satellite Links,” *Proceedings of the IEEE*, Vol.85, No.

6, pp.959-969, June 1997.

- [12] Roberto J. Acosta, "Rain fade compensation alternatives for Ka-band communication satellites", 3rd Ka-band Utilization Conference, Sorrento, Italy, 15-18 Sept. 1997
- [13] 삼성탈레스, "실시간 다중채널 신호처리 시뮬레이터 개발 산학최종연구보고서", 삼성탈레스, 2007, pp.17-20
- [14] 국방과학연구소, "군위성통신체계 메시지 연동 규격 3.4", 국방과학연구소, 2006, pp.465-468
- [15] ITU-R Recommendations 721-3

김 정 호 (Jung-Ho Kim)

정회원



1991년 2월 건국대학교 전자공학과
1994년 2월 건국대학교 전자공학과 석사졸업
1994년~2001년 현대전자 위성사업단
2001년~현재 삼성탈레스 통신연구소 위성통신그룹

<관심분야> 위성통신, 이동통신, 전자공학

이 수 현 (Sue hyun Lee)

정회원



1995년 7월 포항공과대학교 전기전자 공학과
1996년 1월~2001년 6월 현대전자 위성사업단
2001년 7월~2002년 3월 스펙트럼 이스브로드밴드
2002년 4월~현재 삼성탈레스 통신연구소 위성통신그룹

<관심분야> 위성통신, 위성중계기

김 봉 수 (Bong-Su Kim)

정회원



1999년 2월 국민대학교 전자공학과
2003년 1월~현재 삼성탈레스 통신연구소 위성통신그룹
<관심분야> 위성통신, 전자공학, 통신공학

이 창 영 (Chang-Young Lee)

정회원



2002년 2월 서울시립대학교 전산통계학과
2002년 3월~현재 삼성탈레스 통신연구소 위성통신그룹
<관심분야> 전자공학, 통신공학, 광통신 공학

송 영 중 (Young-Joong Song)

정회원



2008년 2월 연세대학교 전기전자 공학과
2008년 3월~현재 삼성탈레스 통신연구소 위성통신그룹
<관심분야> 위성통신, 전자공학, 통신공학