2002년도 대한전자공학회/대한전기학회 시스템 및 제어분야 합동 추계학술대회 논문집(2002.11.30)

DVB-RCS Ka 대역 위성 지구국 시스템에서의 강우감쇠 보상기법 구현

신민수, 진광자, 이호진
한국전자통신연구원
대전광역시 유성구 가정동 161 번지

Design and Implementation of Rain Fade Countermeasure Scheme for Ka-band Satellite System with DVB-RCS

Min-Su Shin, kwang-Ja Jin and Ho-Jin Lee
Electronics and Telecommunications Research Institute(ETRI)
E-mail: msshin@etri.re.kr

Abstracts

This paper addresses the design and implementation of compensation of rain attenuation for Ka-band satellite communication system complied with DVB-RCS[2]. A structure of rain fade compensation scheme in the Ka-band satellite communication system is presented. Rain fade compensation scheme in this paper is mainly applied into return-link, which is the path through which user terminal transmit the data to hub system providing a service. Symbol rate and code rate of channel code are used as variable transmission parameter for rain fade compensation. For estimation of channel environment, SNR of the user terminal which is measured by demodulator of hub system is used. Rain fade compensation scheme in the paper changes the symbol rate and/or code rate according to the measured SNR so that it can compensate the attenuation of the signal.

1. 서 론

본 논문은 Ka 대역에서 동작하는 위성 통신 시스템에서의 강우감쇠 보상 기법의 설계 및 구현 방법에 대해 기술한다. 지금까지 대부분의 위성시스템에서는 C 대역(6/4GHz) 과 Ku 대역(14/12GHz)을 주로 사용해 왔다. 하지만, 현재는 주파수 자원의 한계와 광대역 전송 채널에 대한 요구에 의해 Ka 대역(30/20GHz)의 활용도가 급속하게 증가하고 있다. Ka대역에서의 위성 지구국 시스템 개발에 있어 가장 큰 문제는 전파 경로 상에서 발생하는 강우 등, 전파 환경에 의한 위성 링크 상에서의 신호 감쇠가 크다는 점이다.

이러한 Ka 대역에서의 신호 감쇠를 보상하기 위하여 지금까지 사용하는 방식으로는 사이트 다이버시티나 위성 다이버시티 기법을 비롯하여 상하향 전력제어 방식등의 고정형 보상 방식이 주로 이용되어 왔다. 하지만 이러한 기법은 강우는 연중 시간율 측면에서 짧은 발생율을 가지며, 랜덤하게 발생한다는 강우 발생의 특성을 고려치 않고, 일정 여분의 자원을 지속적으로 유지해야 하므로 상당히 비효율적인 방식이다.

따라서, 위의 비효율성을 개선하기 위해 강우가 발생하는 동안에만 효율적으로 보상해 줄 수 있는 적응형 보상 방식이 제시되고 있다[1]. 적응형 보상 방식에는 채널 코딩 기법, 변복조 기법, 다중 접속 기법 등을 강우로 인한 신호 감쇠량에 따라 적절하게 선택하여 사용하는 방식이다.

이러한 적응형 보상 방식을 적용하기 위해 일반적으로 강우 발생을 판단하고, 적절한 보상 방식의 결정 근거로 상기 위한 SNR 추정 블록과 추정된 SNR 을 기반으로 적절한 보상 방식을 선택하는 결정 블록, 그리고 이러한 결정 사항을 시스템 내에 반영하기 위해 필요한 각 부분에

전달하고 동작시키는 규약이 필요하다.

본 논문에서는 DVB-RCS 규격을 만족하며, Ka 대역에서 동작하는 광대역 위성 접속 시스템(Broadband Satellite Access System;BSAN)에 적용하기 위한 강우감쇠 보상 기법 설계에 관해 기술한다. 2 장에서는 Ka 대역 광대역 위성 접속 시스템에 적용된 강우감쇠 보상 기법의 개요에 대해 설명하고, 3 장에서는 리턴링크 강우감쇠 보상 기법에 대해 기술하며, 4장에서는 결론 및 향후 개선방향에 대해 기술한다.

2. 강우감쇠 보상기법 설계구조

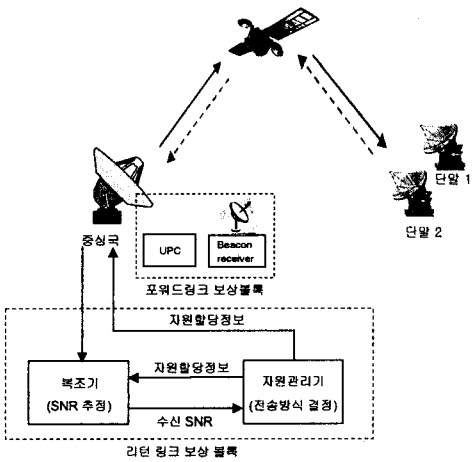

그림 1. 강우감쇠 보상 시스템

[그림 1]은 BSAN 시스템에 적용된 강우감쇠 보상기법의 설계도를 나타낸다. 포워드 링크에 대한 강우 감쇠 보상을 위해서는 상향 전력 제어 기법이 사용된다. BSAN 시스템의 중심국의 변조기와 송신 장비는 상용품을 사용하고 있기 때문에 DVB-RCS[2] 에서의 포워드링크 구성을 위해서 제공하는 다양한 부호화 방식이나 부호화율을 이용한 적응형 보상 방식을 이용하지 못하고, 고정형 보상 방식의 일종인 전력제어 기법을 사용한다. 또한, 단순 중계형 (Bent-Pipe) 중계기를 사용하는 전력제어 기법은 상향링크에 대한 보상 효과만을 제공하므로 하향링크에서의 강우발생에 대해서는 보상하지 못한다. 이에 대한 개발이 차후에 이루어져야 할 것이다. 리턴 링크에 대한 강우감쇠 보상을 위해서는 전송 심볼 레이트와 부호화율을 이용한 적응형 보상 기법이 적용된다. 전송 심볼 레이트의 가변은 전송로상의 잡음을 줄이는 효과가 있기 때문에 상대적으로 전송 전력을 높이는 기법이고, 부호화율을 가변시킴으로서는 데이터 수신을 위한 요구 SNR 을 낮출 수 있기 때문에 강우로 인해 신호 감쇠가 발생하는 경우에도 전송 링크를 유지할 수 있도록 한다. 또한, DVB-RCS 시스템에서는 다중 접속 방식으로 MF-TDMA 방식을 사용하므로 각 단말들에게 할당되는 자원들의 시간적인 동기가 중요하다. 따라서, 전송방식의 절체로 인한 가용 자원의 변화에 따른 자원의 할당에 관한 프로토콜이 요구된다.

3. 리턴링크 강우감쇠 보상기법

DVB-RCS 규격하에서 리턴링크 강우감쇠 보상을 위해서는 다음 사항에 대한 고려가 있어야 한다. 먼저, 강우감쇠 보상을 위해 사용할 전송방식 결정 및 전송방식 결정 근거로 사용할 강우감쇠의 발생 여부를 판단할 파라미터의 추출 방법이 결정되어야 한다. 그리고, DVB-RCS 에서 규정하는 다중 접속 방식이 MF-TDMA 이므로 결정된 전송방식에 따라 타임슬롯을 할당하기 위한 수퍼프레임 구조 설계가 필요하다. 또한, 강우감쇠 보상을 위한 전송방식 전환에 따른 가용 자원 할당에 있어서의 시간적 동기를 고려한 자원할당 알고리즘 및 시스템 프로토콜이 요구된다.

본 논문의 BSAN 시스템에서는 리턴링크 강우감쇠 보상을 위한 전송방식으로 전송 심볼 레이트와 부호화율을 가변시키는 방법을 사용한다. 강우가 발생하지 않는 clear-sky 환경을 정상상태라 하고, 정상상태시 전송파라미터는 아래 [표 1]과 같다.

표 1. 정상상태 전송파라미터

모드	채널 코딩		변조 방식	symbol rate
	Outer	Inner		
정상	RS(69, 53)	Conv(K=7, R=7/8)	QPSK	4Msps

DVB-RCS 규격에서는 채널 부호화을 위해 Reed-Solomon 코드와 Convolutional 코드를 연접한 연접부호화 (Concatenated code) 방식과 터보 코드 방식을 제안하고 있다. 본 논문에서는 연접부호화만을 사용하며, 내부 코드의 코드율을 가변시킴으로써 다양한 요구 SNR 을 얻게 되므로 이것을 강우감쇠 보상에 이용한다. 또한 변조방식은 DVB-RCS 규격에 따라 QPSK 만을 사용하는 것으로 설계되었다. 또 하나의 가변 전송 파라미터로 심볼 레이트

가 이용되었다. 심볼 레이트를 낮춤으로써, 전송로상의 잡음 대역폭이 줄게 되어 상대적인 전력 증가의 효과가 있다. 따라서, 강우감쇠로 인해 신호레벨이 감소하는 경우에 데이터 전송율(Data Throughput)을 희생하여 서비스 링크 를 유지시키는 방법이 된다.

[표 2]는 리턴링크 강우감쇠 보상을 위해 본 논문에서 사용한 전송방식과 각 전송방식들의 요구 C/N[dB] 값을 보이고 있다. 정상상태(clear-sky) 환경에서는 전송방식 #1 이 사용되며, 중심국 복조기에서 측정된 SNR 이 7.8dB 이하가 되는 경우에 전송방식을 #2 번으로 전환한다. 이러한 방법으로 복조기 수신 SNR 이 각 전송방식의 요구 C/N 이하로 떨어지는 경우에 하위 전송방식으로 전환을 한다. 이들 전송방식을 통해 보상할 수 있는 신호감쇠의 범위는 14dB 이상임을 알 수 있다.

표 2. 강우감쇠 보상을 위한 전송방식

전송방식	Symbol Rate[Msps]	Inner code rate	요구C/N[dB]
#1	4	7/8	7.8
#2	2	7/8	5.3
#3	1	7/8	2.5
#4	0.5	7/8	-0.3
#5	0.5	1/2	-6.8

강우감쇠 보상을 위해서는 강우감쇠 발생에 대한 측정과 그에 따른 전송방식 전환 기법이 결정되어야 한다. 리턴링크 강우감쇠를 예측하기 위해 먼저 중심국 복조기에서 각 단말에 할당된 타임슬롯을 통해 수신된 SYNC 버스트의 수신 SNR을 측정한다. DVB-RCS 규격에서 정의하는 버스트 형식에는 CSC, ACQ, SYNC, TRF 의 네 가지가 있다. CSC 버스트는 단말이 시스템에 로그온 시에 사용되며, ACQ 버스트는 초기 동기를 획득하기 위해, 그리고 SYNC 버스트는 동기 유지, TRF 버스트는 실제 데이터 전송에 사용된다. DVB-RCS 규격에서 규정하는 동기 절차 (Synchronization Procedures) 에서는 CSC 버스트를 이용해서 가입자 단말에서 중심국 시스템에 접속을 시도하고 , 중심국 시스템에서는 각 가입자 단말의 주파수 및 시간 동기 수준에 따라 ACQ 버스트와 SYNC 버스트를 차례대로 할당한다. SYNC 버스트를 할당 받은 단말은 TRF 버스트를 이용하여 데이터를 전송하게 되며, 이와 동시에 SYNC 버스트를 주기적으로 전송하여 동기 상태를 유지하도록 하고 있다. 강우감쇠 발생여부는 지속적으로 측정이 되어야 하므로, 동기 유지를 위해 주기적으로 각 단말에 할당되는 SYNC 버스트를 이용하여 각 단말에 대한 강우발생 여부를 판단하도록 하였다. 따라서, 각 단말의 수신 SNR 측정 주기는 SYNC 버스트 할당 주기가 되며, 이 값은 BSAN 시스템에서 약 3초로 설계되었다. 이렇게 측정된 각 단말의 수신 SNR 은 [그림 1]의 자원관리기로 전달되고, 자원관리기에서는 접속되어 있는 모든 단말들이 현재 사용하고 있는 전송방식에 대한 정보를 유지하며, 복조기에서 전달된 각 단말의 수신 SNR 값과 현재 해당 단말에서 사용하고 있는 전송방식에 따라 다음 프레임에 해당 단말에게 할당할 전송방식을 결정하게 된다. [표 3]은 이러한 전송방식 결정 과정을 보이고 있다.

표 3. 현재 수신 SNR[C/N, dB]과 이전 전송방식에 따른 다음 전송방식 결정

TM(t-1) / TM(t)	#1	#2	#3	#4	#5
#1	7.8 ~	10.0 ~	11.6 ~	12.8 ~	12.8 ~
#2	5.3~ 7.8	7.8~ 10.0	9.9 ~ 11.6	11.6 ~ 12.8	11.6 ~ 12.8
#3	2.5 ~ 5.3	5.3~ 7.8	7.8~ 9.9	9.9 ~ 11.6	9.9 ~ 11.6
#4	-0.3 ~ 2.5	2.5 ~ 5.3	5.3~ 7.8	7.8~ 9.9	7.8~ 9.9
#5	-6.8 ~ -0.3	-3.8 ~ 2.5	-0.9 ~ 5.3	2.0 ~ 7.8	2.0 ~ 7.8

[표 3]에서 TM(t-1)은 (t-1)시간에 각 단말이 사용하고 있는 전송방식을 나타내며, TM(t) 는 현재 시간에 수신된 각 단말의 SNR 값에 따라 새로이 결정해야 할 전송방식을 나타낸다. 예를 들어, (t-1)에 [표 2]에 나타난 전송방식 #1 번을 사용하는 단말의 수신 SNR 값이 6dB 로 측정되었다면, 이 단말은 (t) 시간에는 전송방식 #2번을 사용하도록 결정하게 된다. 강우감쇠가 감소하여 전송방식 #4번을 사용하던 단말의 수신 SNR 이 10dB 로 측정이 되었다면 이 단말은 전송방식 #3번으로 전환해 주어야 한다.

SYNC 버스트에 대한 수신 SNR 측정을 통해 이미 접속되어 있는 단말들에 대해서는 강우감쇠 보상을 해 줄 수 있다. 하지만, 접속을 새로 시도하는 단말들은 SYNC 버스트 할당 이전의 단계에 있으므로, 위에서 제시한 SYNC 버스트를 이용한 방식으로 강우감쇠 보상을 해 줄 수 없다. 따라서, 이렇게 초기 접속 단계에서 강우감쇠를 겪는 단말

들에 대한 보상방식이 추가되어야 한다. [그림 2]는 위에서 언급한 DVB-RCS 에서의 동기 절차에 강우감쇠 보상 기법이 추가된 동기 절차를 보이고 있다. [그림 2]에서는 링크 환경을 정상상태(Normal Mode)와 감쇠상태(Fade Mode) 두 가지로 대별하여 처리하는 것을 가정하여 간소화한 동기 절차를 보이고 있다. [표 2]에서처럼 전송방식을 모두 사용하는 경우로의 확장은 쉽게 이루어진다.

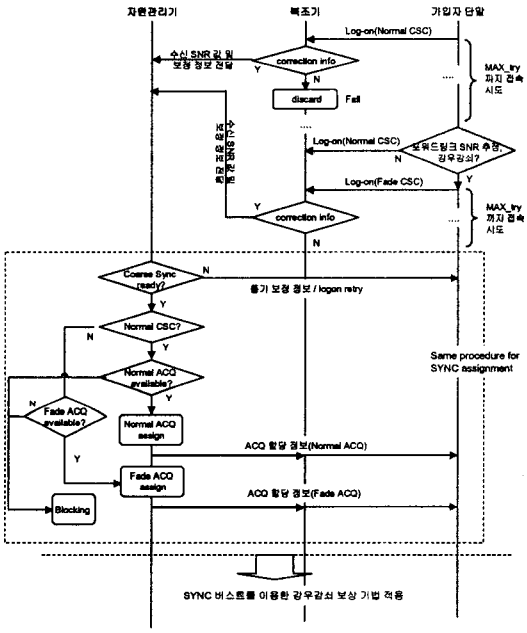

그림 2 초기 접속과정에 대한 강우감쇠 보상절차

[그림 2]에서는 로그온 과정과 ACQ 및 SYNC 버스트 할당과정에 강우감쇠 보상기법이 적용된 흐름도를 보이고 있다. 이 부분에 대한 설계 이전에 [표 2]의 강우감쇠 보상을 위해 사용하는 전송방식을 지원할 수 있도록 타임슬롯 할당 기준이 되는 수퍼프레임의 구조 설계가 되어야 한다. 따라서, 감쇠상태에 있는 단말과 정상상태에 있는 단말에 할당할 수 있는 자원이 구분되어 결정되어 있어야 한다. 먼저, 모든 단말은 정상상태의 CSC 버스트를 이용하여 접속 시도를 한다. 만약에 링크환경이 정상상태라면 이 CSC 버스트는 중심국에서 수신되어 처리가 될 것이고, 링크환경이 감쇠상태라면 이 CSC 버스트는 중심국에서 수신 실패가 될 것이다. 이러한 경우가 반복된다면 가입자 단말은 위성 수신 모듈에서의 포워드 링크 SNR 측정을 통해 현재 링크환경을 추정하여, 감쇠상태라고 판단하는 경우에는 감쇠상태의 CSC 버스트를 통해 접속 재시도를 하게 된다. 자원관리기에서는 감쇠상태 CSC 버스트로 접속된 가입자 단말에게는 감쇠상태를 위한 자원을 할당하고, 정상상태 CSC 버스트로 접속된 가입자 단말에게는 정상상태를 위한 자원을 할당하여, 초기 로그온 상태에서부터 강우감쇠를 겪고 있는 단말에 대해서도 정상적으로 서비스에 접속할 수 있도록 하였다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 DVB-RCS 규격을 따르는 Ka 대역 위성 송수신 시스템에 적용되는 강우감쇠 보상 기법의 구현에 대해 기술하였다. 리턴 링크 강우감쇠를 보상하기 위한 방법으로 심볼 레이트와 코드율을 적응적으로 가변하는 방법을 사용하였으며, 중심국 복조기에서 측정한 각 단말들의 수신 SNR 을 근거로 강우감쇠의 발생 여부를 판단하고, 강우감쇠량에 따라 [표 2]에서의 전송방식을 선택한다. 본 논문에서 사용한 강우감쇠 보상기법을 통해 최대 14dB 의 강우감쇠에 대해 보상할 수 있음을 알 수 있다.

본 논문에서 제안한 강우감쇠 보상기법은 리턴링크에만 적용되었으며, 같은 방식이 포워드링크에 대해서도 적용되어야 한다. 그러기 위해서는 중심국의 변조기 및 RF 시스템에 대한 개발이 향후 이루어져야 한다.

참고 문헌

[1] 김수영, 신천식, 이수인, "위성통신 시스템에서의 적응형 강우 감쇠 보상 기법," 주간기술동향, 통권 860호, 한국전자통신연구원, 1998.8.

[2] ETSI EN 301 790, Digital Video Broadcasting (DVB) ; Interaction channel for satellite distribution systems.

[3] Barry K. Levitt, "Rain Compensation Algorithm for ACTS Mobile Terminal," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.10, No.2, Feb.1992.

[4] Czarnecki, M., "Compensation of rain attenuation for Ka-band satellite systems," Microwaves, Radar and Wireless Communications. 2000. MIKON-2000. 13th International Conference on , Volume: 2 , 2000.