

DVB-RCS NG의 링크 계층 기술

Link Layer Technologies for DVB-RCS NG

뉴 미디어 시대를 이끌어갈
방송통신융합기술 특집

박만규 (M.K. Park)	위성방통융합연구팀 선임연구원
신민수 (M.S. Shin)	위성방통융합연구팀 선임연구원
홍현하 (H.H. Hong)	위성방통융합연구팀 책임연구원
장대익 (D.I. Chang)	위성방통융합연구팀 책임연구원
오덕길 (D.G. Oh)	위성방통융합연구팀 팀장

목 차

-
- I . 서론
 - II . DVB-RCS NG 표준화 동향
 - III . DVB-RCS NG 링크 계층 기술
 - IV . 결론

현재 위성 통신 시스템은 기존의 글로벌 서비스 인프라 구축이 가능하다는 장점에 고품질 통신 서비스 제공 기능을 더하여 명실 상부한 유비쿼터스 네트워크 환경을 지원하는 시스템으로 발돋움하기 위한 준비를 하고 있다. 이를 위해 기존의 DVB-RCS 대비 30% 이상의 성능 향상 지원을 목표로 하는 DVB-RCS NG 시스템에 대한 표준화 작업이 진행중에 있다. 이에 본 고에서는 DVB-RCS NG 표준화 동향과 더불어 DVB-RCS NG에서 표준화 채택이 유력한 링크계층 프로토콜로써 랜덤 액세스 기술과 인캡슐레이션 기술에 대해 전반적인 개념과 세부 기술을 살펴보고자 한다.

I. 서론

최근 위성 통신 기술은 소용량, 저전력의 VSAT을 이용하여 지상 망이 연결되기 힘든 지역을 비롯해 고속 이동체, 선박 등과 같은 특수한 이동체에도 통신 서비스를 제공할 수 있는 유일한 수단으로 여겨지고 있으며, 관련된 많은 연구가 활발히 진행되고 있다.

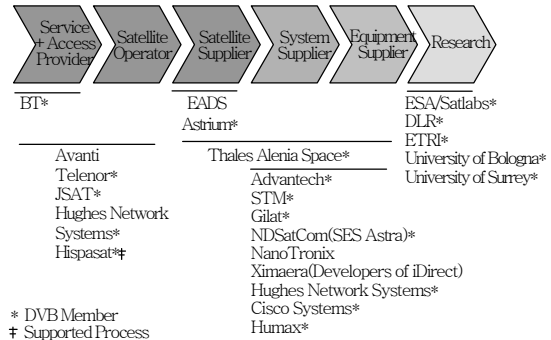
그러나 이런 글로벌 커버리지를 갖는 장점과 더불어 위성을 사용하기 때문에 생기는 긴 전송 지연 시간과 높은 전송 손실률 그리고 고비용의 중계기 대역폭 문제는 많은 단말들을 수용하기 힘들고, 고품질의 데이터 통신 서비스를 제공하는 데 걸림돌이 되고 있으며, 현재 극복해야 할 시급한 사항이다.

이에 ETSI와 ESA는 현재 미국이 주도하고 있는 위성 통신 시스템 시장의 주도권 탈환과 고품질의 위성 통신 서비스 제공을 위해 DVB-RCS[1] 시스템 대비 30%의 성능 향상을 목표로 DVB-RCS NG의 표준화를 추진중에 있다.

본 고에서는 DVB-RCS NG 표준화 동향과 더불어 위성 통신 시스템에서 하위 링크 계층에 적용된 최신 기술들 중 다수의 RCST들을 수용하기 위해 최근 제안된 랜덤 액세스 방식 중 CRDSA 프로토콜과 링크계층 전송 프로토콜인 RGSE 프로토콜에 대해서 설명한다.

II. DVB-RCS NG 표준화 동향

2008년 4월부터 기존의 DVB-RCS 기술을 대체할 수 있는 새로운 기술 표준화에 대한 필요성이 제기되기 시작하였으며, (그림 1)과 같이 여러 기관들이 이러한 움직임에 동의함으로써 새로운 기술 표준에 대한 논의가 본격화 되었다. 2008년 9월 50차 RCS 미팅에서 Avanti 등 위성 서비스 사업자들이 주축이 되어 DVB-RCS NG에 대한 Commercial Requirements가 논의되기 시작하였으며, 2008년 10월에는 이에 대한 공식 문서로서 “Commercial



(그림 1) DVB-RCS NG 표준화 참여 기업 및 연구소

Requirements for RCS-NG” 문서가 완료되었고, 그 후 2009년 1월에 RCS-NG를 위한 새로운 기술에 대한 요청서 “Call for Technologies Next Generation DVB-RCS”가 관련 업체와 연구단체에 배포되었다.

현재 진행된 RCS-NG의 표준화 회의의 경우, 2010년 1월 20~21일 양일간 노르웨이 오슬로에서 개최되었으며, ETRI를 비롯하여 DLR, ESA, STM를 비롯한 여러 연구 기관과 Thales Alenia Space, Gilat Satellite Networks와 같은 기업이 참여하였다.

표준화 회의에서 다뤄진 링크 계층 주요 기술로는 CfT 이후 제안된 RGSE와 CRDSA 기술에 대한 논의가 계속되고 있으며, 링크 계층에서 그 외의 새로운 기술을 표준화에 추가하려는 움직임은 보이지 않고 있다. 현재는 각 기술에 대한 대부분의 검증 작업은 완료가 된 상태이며, 다양한 환경에서의 영향 분석에 대해 일부 재논의가 진행되고 있는 상황이다.

III. DVB-RCS NG 링크 계층 기술

전체적으로 기존의 RCS 기술보다 30% 이상의 성능 향상을 지원하는 차세대 VSAT 시스템을 가능하게 하기 위해서는 링크 계층에서의 성능 향상을 위한 기술이 적용되어야 한다. 이에 RCS-NG에서도 <표 1>에서와 같이 새로운 MAC 프로토콜과 링크 전송 프레임에 대한 캡슐레이션, 시그널링에 대

〈표 1〉 RCS-NG에서 요청한 주요 Section A 기술 사항

Technology Area	Aspects	Example of Technology Proposals	Proponents
Section A			
Physical Layer	Coding	Turbo-Phi, 3D Turbo, LDPC	ETRI-Mavigex(e-BCH), STM
	Modulation	BPSK, QPSK, 8PSK, M-APSK/M-QAM, CPM, ACM, SRRC with low roll-off factor	STM, NEWTEC
	Framing	Pilot symbol insertion, Enhanced Framing	STM
	Advanced Techniques	Co-/Adjacent-channel interference cancellation	
Lower Link Layer (MAC)	Access Scheme	Enhanced Random Access Channel integrated with DAMA	DLR, Huges, ETRI-UAB
		Continuous carrier integrated with DAMA	
	IP Encapsulation	GS profile with GSE encapsulation	DLR, STM
	Transport of Return Link Signaling	Optimized signaling	STM

<자료>: www.dvb.org

해 현재 표준화가 각각 진행중이며, 랜덤 액세스 프로토콜로 제안된 CRDSA의 경우 ESA/ESTEC와 DLR에서 공동으로 제안을 한 상태이다. 인캡슐레이션 프로토콜인 RGSE의 경우 DLR에서 독자적으로 표준화를 추진하다가 지금은 STM과 함께 공동으로 표준화를 추진중에 있다.

1. 랜덤 액세스 기술

DVB-RCS NG는 <표 2>와 같이 사용자 그룹과 단말의 유형을 구분하였으며, RCS-NG는 그 중에서도 consumer/SOHO 그룹과 SCADA 그룹을 주요 서비스 대상으로 고려하고 있다. 특히 consumer/SOHO 그룹의 경우 터미널장비와 연결된 서비스 사용자가 발생시키는 트래픽은 매우 빈번하게 발생하며, burstiness가 큰 트래픽을 발생시키는 경향이 있다. 그리고 이러한 특성을 갖는 트래픽을 현재 위성통신 시스템에서 사용하는 CF-DAMA[2] 방식을 사용하여 처리하는 경우에는 많은 양의 트래픽이 자신에게 할당된 타임슬롯 이외의 구간에서 발생할 수 있게 된다. 이러한 현상은 긴 서비스 지연을 발생시키게 되고 시스템 측에서 자신의 타임슬롯이 올 때까지 패킷들을 보관하고 있어야 하기 때문에 큰 버퍼가 필요하게 되는 등의 서비스와 시스템 측면에서 비효율성이 발생하게 된다.

〈표 2〉 사용자 분할 및 단말 유형 특성

Consumer/SOHO	Fixed, Fixed-mesh
Multi-dwelling	Fixed, Fixed-mesh
Corporate	Fixed, Mobile, Fixed-mesh
Military	Fixed, Transportable, Mobile, Fixed-mesh
Backhaul	Fixed, Transportable, Mobile, Fixed-mesh
SCADA/Transaction	Fixed, Fixed-mesh

더욱이 VoIP나 영상회의(video conference) 서비스와 같은 실시간 전송 프로토콜(RTP)을 사용하는 서비스는 어느 정도의 패킷 손실은 허용되는 반면 작은 값의 지연 시간과 작은 값의 지연 지터(delay jitter) 값을 요구하게 되는데, CF-DAMA의 경우 이와 같은 요구사항을 충족시키기 위해서는 실제 발생하는 트래픽의 양보다 더 많은 자원을 할당해야 하는 비효율적인 방법이 요구된다.

이에 RCS-NG에서는 RA 기법과 DAMA를 혼용하는 방법이 좋은 해법이 될 수 있을 것으로 보고 있다[3].

가. 제안 배경

일반적인 위성 망 환경에서 랜덤 액세스 프로토콜은 긴 전송 지연시간 때문에 낮은 성능 결과를 나

타낸다. 그리고 Slotted Aloha[4]나 Diversity Slotted Aloha[5]와 같은 프로토콜은 낮은 패킷 발생률 (e.g. 0.05~0.125 packets/slot)을 갖는 전송 환경에서만 낮은 충돌(collision) 확률을 지원할 수 있다. 그래서 많은 단말들이 동시에 접속하여 사용하고자 하는 경우에는 높은 충돌 확률을 갖게 되고 이 경우 많은 양의 재전송과 서비스 측면에서는 높은 레이턴시(latency)를 발생하게 된다. 또한 CSMA/CD[6]와 같은 feedback 기반의 프로토콜 역시 긴 전송 지연시간을 갖는 위성 망에서는 feedback 시간이 너무 길기 때문에 적합하지 않다.

현재 위성 망은 MF-TDMA 기반의 CF-DAMA 프로토콜을 이용하는데, CF-DAMA를 이용하여 consumer 그룹에 위성을 이용한 통신서비스를 제공하고자 하는 경우 수천 명의 가입자가 동시에 위성 자원을 이용하려고 할 것이며, 인터넷 트래픽 특성상 아주 버스트한 트래픽이 발생하게 되는데, 이 경우 CF-DAMA 프로토콜에서 free assignment 기법과 demand assignment의 트래픽별 처리 공헌도를 (그림 2)와 같이 나누어 살펴보면, free assignment 기법은 포아송 형태로 발생하는 트래픽에서는 어느 정도 전송에 기여하지만 트래픽이 버스트 트래픽인 경우 거의 전송을 못하고 대부분의 리소스를 낭비하게 됨을 볼 수 있다.

즉, CF-DAMA는 실시간 트래픽이 필요한 VoIP

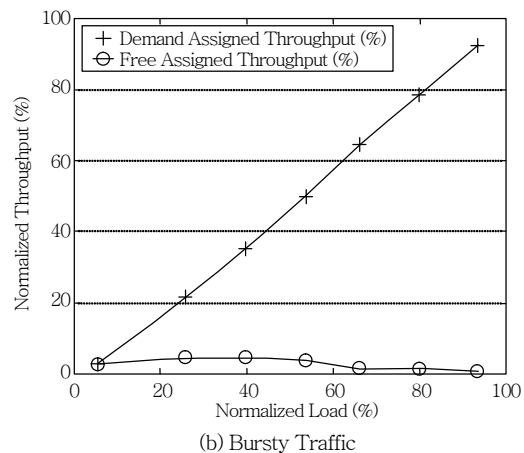
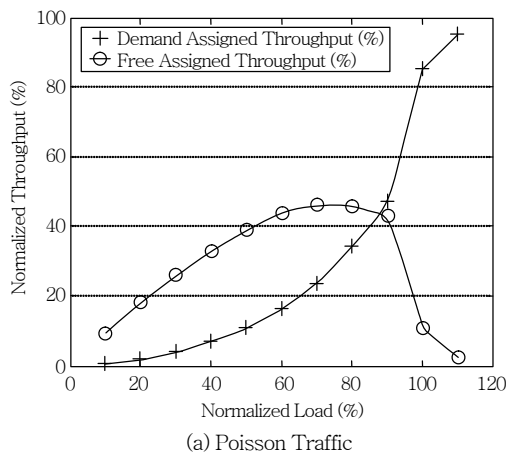
와 같은 서비스를 지원하기 매우 힘들며, 지원하기 위해서는 일정한 양의 자원을 계속해서 할당하는 (allocate semi-permanent resource) 방법을 사용해야 하는데 이런 경우 자원의 낭비가 심하게 발생하게 된다.

그러므로, 이러한 당면한 문제를 해결하기 위해서는 고효율, 고신뢰성을 갖는 랜덤 액세스 기법을 DAMA와 혼합시키는 방법이 기존의 CF-DAMA 보다 더 효율적인 프로토콜이 된다.

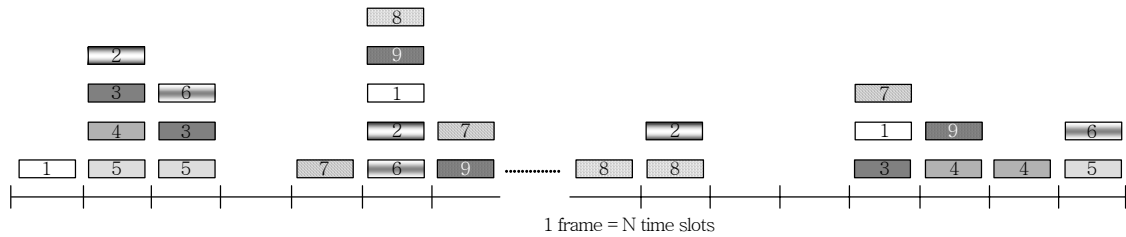
나. CRDSA 프로토콜 동작

위성 채널에서의 랜덤 액세스 기법으로 ESA와 DLR에서 공동 제안한 CRDSA[7]-[9] 프로토콜은 (그림 3)에서와 같이 임의로 선택된 하나의 타임 슬롯에 각 터미널에서 전송한 여러 개의 전송 버스트 패킷이 함께 존재하고, 각 버스트 패킷의 헤더에는 버스트 replicas의 위치 정보가 있다. 그리고 수신단에는 간섭 제거(interference cancellation) 기술이 사용되는데, 가장 먼저 7번 버스트 패킷과 같은 깨끗한 버스트(clean burst)를 선택하고 이후 7번과 9번 패킷이 겹쳐져 있는 곳에서 7번에 의해 생성된 간섭을 제거하여 9번을 복구하는 방식으로 모든 버스트를 순차적으로 복구해 내게 된다.

CRDSA는 기존의 Slotted Aloha 기법과 비교하여 throughput과 PLR이 향상되었으며, 위성 채널



(그림 2) 트래픽별 CF-DAMA의 패킷 처리 공헌도



(그림 3) 3개의 Replicas를 이용한 CRDSA 동작

에서 사용하는 power unbalance 기법을 추가로 사용하면 강인성(robustness)을 더욱 향상시킬 수 있다.

다만 2개 이상의 패킷이 중복되어 수신되는 상황에서 깨끗한 정상 패킷을 이용하여 복구해내는 기법을 이용하기 위해서는 하나의 슈퍼프레임 전체를 수신단 메모리에 저장하고 반복적인 제거 절차를 거쳐야 하는 시스템의 복잡성이 증가하는 문제가 예상된다. 그러나 이것은 현재의 하드웨어 구현 기술로서 해결이 가능한 것으로 알려져 있다.

다. 랜덤 액세스 기법 적용

고효율, 고신뢰성을 갖는 랜덤 액세스(RA) 기술은 consumer 그룹을 위한 서비스 시나리오를 적용할 경우, 낮은 효율을 갖는 FCA 메커니즘을 대체할 수 있을 것이다. 그리고 많은 터미널이 동시에 접속하려고 하는 경우에도 역시 지연과 지터 성능이 좋아지고 높은 링크 사용률(utilization)을 지원할 수 있다.

예를 들어 소량의 빈번한 버스트 데이터를 전송하는 경우 랜덤 액세스는 자신의 타임 슬롯을 요청하고 할당 받아야 하는 DAMA와 달리 생성된 패킷을 즉각적으로 전달할 수 있으므로 종단간 지연을 줄일 수 있다.

DAMA는 일반적으로 잘 사용하는 자원 요청 알고리즘인 VBDC와 잘 동작하며, 랜덤 액세스 기법은 실시간 서비스를 위한 트래픽을 처리할 때 RBDC 자원 요청 알고리즘을 보완해서 해당 서비스를 잘 지원할 수 있다. 그리고 DAMA는 예측 가능하며, 여러 트래픽 발생률을 갖는 소스들이 혼합되어 어느 정도의 평균 데이터 발생률로 나타내는 경우 서비스

를 잘 지원할 수 있으며, 랜덤 액세스의 경우 발생률이 매우 급변하는 트래픽에 대해서 좋은 처리율을 나타낼 수 있다.

2. 랜덤 액세스 혼용 방법

1차 버전의 DVB-RCS 표준에는 트래픽을 보내기 위한 타임슬롯에 랜덤 액세스 기법을 지원하는 사항이 포함되지 않았었다. 다만 초기 로그인을 위한 CSC에 대해서는 경쟁 기반에 접근하는 것을 포함하였다. 그래서, 기존의 RCS 장비에서 랜덤 액세스 기법을 지원하는 것은 시스템적으로 제약을 받을 수 있다.

다음은 기존의 1세대 RCS 표준 장비에서 RCS NG에서 제안하는 랜덤 액세스 기법을 혼용하기 위해서 필요한 사항에 대해서 기술한다.

가. 트래픽 버스트 확장

먼저 랜덤 액세스를 지원하기 위해서는 소스 터미널 주소와 버스트 replicas를 위한 신호 정보가 추가적으로 필요하다. 또한 랜덤 액세스 채널에서 TRF 패킷의 정상 수신을 보장하기 위해서 CRC 필드가 더 추가될 수 있다.

DAMA를 사용하는 경우 중심국 게이트웨이로부터 전송되는 TBTP 메시지에 의해서 각각의 터미널은 자신이 사용할 링크 자원에 대해서 할당 받게 되는데 이런 경우에는 사용할 타임슬롯과 이를 이용하는 터미널이 일대일 대응 관계를 가지게 되므로 전송한 터미널을 확인하기 위한 소스 터미널의 주소가 필요 없다.

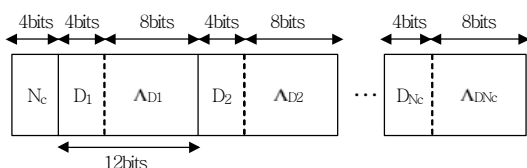
그러나 랜덤 액세스를 사용하는 경우에는 어떤 터미널이든지 주어진 랜덤 액세스 타임슬롯에서 전송이 가능하므로 전송한 터미널의 주체를 확인하기 위한 주소가 필요하다. 이를 위해서 소스 터미널 주소는 6bytes의 MAC address 또는 3bytes의 Group/LogIn ID address를 이용한다.

CRDSA 프로토콜을 사용하는 경우에는 버스트 replicas의 위치 정보를 위한 추가적인 정보가 추가되어야만 수신 단에서 랜덤 액세스 버스트들에 대해서 간섭 제거 기술을 수행할 수 있다.

나. 포워드 링크 시그널링

랜덤 액세스를 지원하기 위해서는 기존의 RCS 시스템에서 TBTP를 통해 타임슬롯 정보를 모든 터미널에게 전달한 것과 같이 랜덤 액세스용으로 할당된 타임슬롯의 정보, 사용되는 랜덤 액세스 채널의 특성 정보, 혼잡제어 메커니즘과 관련된 정보가 포워드 링크를 이용하여 TCT 또는 TBTP 메시지로 전달되어야 한다.

랜덤 액세스 채널에 대한 정보 제공은 단말들에게 주기적으로 브로드캐스트 되어야 하고, (그림 4)와 같은 랜덤 액세스 채널에 대한 정보(RA descriptor)를 못받았거나, 혹은 분석하지 못하는 단말은 기존의 Slotted Aloha 액세스 기법을 사용하면 된다.



(그림 4) CRDSA Descriptor

다. 혼잡 제어

랜덤 액세스 기법을 사용하는 경우 시스템의 안정성을 유지하기 위해 반드시 혼잡제어(congestion control) 메커니즘이 포함되어야 한다. 예를 들어 터미널(RCST)의 개수가 너무 많아지거나, 또는 너무 큰 트래픽이 인가되는 경우 랜덤 액세스 채널에 혼잡이 발생할 수 있고, 혼잡이 발생하게 되면 터미널은 랜덤 액세스 채널에 인가되는 트래픽을 조절하고 추가적인 조치로써 DAMA 채널 쪽으로 채널 사용을 옮겨갈 수 있다. 이를 위해서 게이트웨이에서는 계속 랜덤 액세스 채널에 인가되는 트래픽 양을 모니터링하고 있다가 만약 설정해 놓은 임계값(threshold)을 넘는 경우 게이트웨이에서 RCST쪽으로 트래픽을 줄이라는 메시지를 전송해야 한다. 그리고 해당 메시지는 어느 순간 로그온해서 들어오는 새로운 터미널과 이전의 CC_METHOD를 수신하지 못한 터미널을 포함해서 모든 터미널의 동기를 유지하기 위해서 CC_METHOD 메시지는 주기적으로 전달되어야 한다.

이 경우 터미널은 <표 3>과 같은 메시지에 아래와 같은 동작으로 대응해야 한다.

- CC_METHOD = 0(RCST back-off)
게이트웨이는 랜덤 액세스 채널을 사용하는 터미널들에게 혼잡 상황이므로 back-off를 수행할 것을 알리고, 랜덤 액세스 채널 대신에 DAMA 채널을 이용할 것을 알린다. 이에 터미널은 해당 메시지를 수신하면 back-off 수행과 DAMA 채널 사용 방법 중에 하나를 선택할 수 있다.

<표 3> CC_METHOD 필드 상세

Value(2bit)	Congestion control mechanism	Parameter frac(6bit)	Channel ID/Frame ID needed?
00	RCST_back_off	Probability for and RCST to back-off = frac/64	x bits
01	RCST_reduce_rate	Parameter of the probability function to reduce rate of RA transmission trials	x bits
10	RCST_congestion_warning	0 for returning to normal operation	x bits
11	Reserved	Reserved	Reserved

- CC_METHOD = 1(RCST reduce rate)
게이트웨이가 랜덤 액세스 채널을 이용하여 전송을 시도하려고 하는 단말들에게 전송량을 줄일 것을 알리는 메시지로써, 본 메시지를 단말이 수신하게 되면 전송량을 정해진 전송 확률에 의거하여 줄이게 된다.
- CC_METHOD = 2(congestion warning)
게이트웨이가 RCST들에게 현재 트래픽 인가량이 크며 곧 혼잡이 발생하게 될 것을 경고하는 메시지다.

혼잡 제어 이후 혼잡이 사라지게 되면 RCST에게 혼잡 상황이 사라졌음을 전달하여 전송 이전의 정상상태로 복귀하도록 한다.

라. 성능 평가

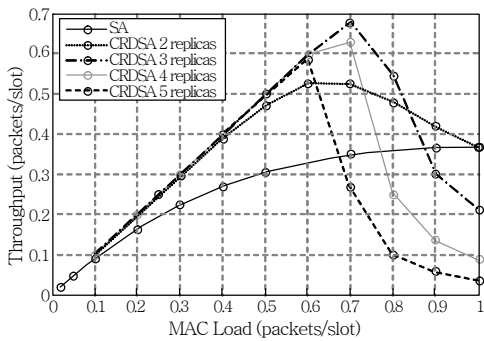
(그림 5)와 (그림 6)은 랜덤 액세스 프로토콜인 CRDSA를 이용할 때 다양한 replicas의 개수에 대한 성능 평가 결과이다. Replicas를 3개 사용하는

경우 시스템은 가장 좋은 전송 성능을 나타냄을 알 수 있다. 그리고, 더불어서 power unaced 기법을 추가하면 간섭 상황에서도 전송된 패킷을 정상적으로 추출할 수 있게 되어 전송 성능은 더 좋아지게 된다.

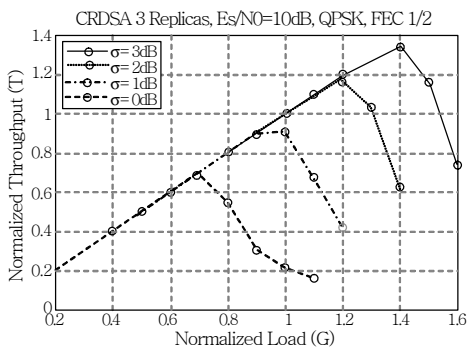
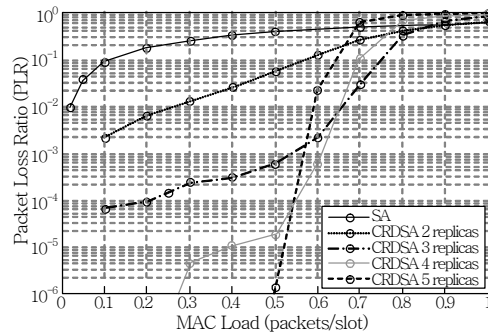
3. RGSE

차세대 고효율 위성 리턴 링크 전송기술에서는 다양한 고차 변조 및 코딩 비율의 사용으로 채널에 여러 가지 물리계층 프레임 전송해야 하기 때문에 프레임 전송효율이 저하된다. 이를 극복하기 위해서는 물리계층 모드와 상관 없이 위성 리턴 링크 채널에 고정길이의 버스트를 적용한 프레임 포맷을 사용하는 것이 바람직하다.

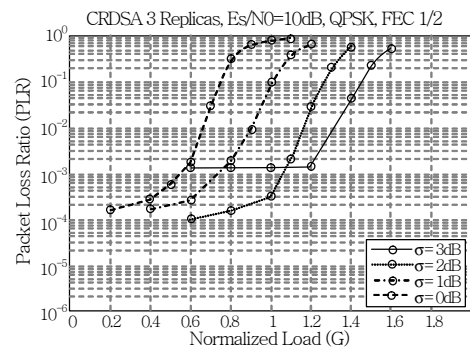
위성 리턴 링크에서 고정 버스트 길이를 사용하게 되면 코딩 효율, 트래픽 프로파일, 인캡슐레이션 오버헤드 등을 고려하여 선택되어야 하는 불편 사항이 있지만, 프레임 끝에 padding이 불필요하게 되



(그림 5) Replicas 개수에 따른 전송량 비교



(그림 6) Replicas 3개와 Power Unbalanced 기법 적용



고, VoIP 패킷의 낮은 지터를 위한 스케줄링이 용이하게 되며, preamble alignment 기법 적용으로 채널간 간섭을 경감할 수 있는 등의 장점을 갖는다.

RCS-NG에서는 물리 계층의 고효율 전송 기술과 함께 시스템의 수율을 30% 이상 향상시키기 위한 링크 계층 기술로서 IP 및 상위 계층 패킷을 고정 길이 버스트에 효과적으로 인캡슐레이션 하기 위하여 포워드 링크 전송을 위해 이미 사용중인 GSE 기술을 수정 보완한 방식으로 RGSE, GSE-alt 등이 제안되어 검토중에 있다.

그 중 RGSE[10]는 리턴 링크에서 사용될 패킷 capsulation 프로토콜로서 기존의 포워드링크에서 MPEG/MPE, MPEG/ULE 또는 ATM/AAL5 보다 더 높은 전송 성능을 나타낸 GSE를 기반으로 리턴 링크 환경에 맞도록 최적화된 링크계층 전송 프로토콜이다.

본 절에서는 RCS-NG의 링크계층 인캡슐레이션 기술에 대한 요구사항과 이러한 요구사항을 수용하는 기술로서 제안된 RGSE 기법에 대해 기술한다.

가. 요구 사항

다음은 RGSE 프로토콜을 적용함에 있어서 시스템적으로 요구되는 사항들이다.

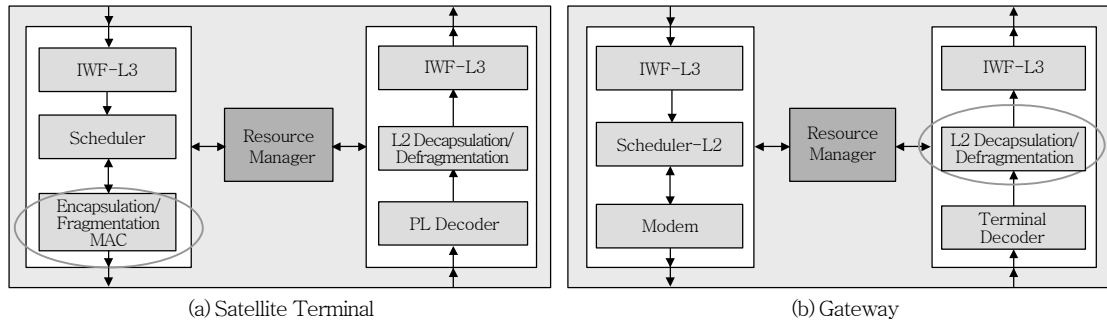
- Efficiency: 프로토콜을 적용하면서 발생하는 오버헤드가 작아야 한다.
- Low implementation overhead: 프로토콜을 지원하기 위해 더 복잡한 계산 또는 복잡한 하드웨어가 요구되지 않아야 한다. 특히 터미널 장비에 encapsulator가 추가되어야 하기 때문에 해당 프로토콜로 인한 가격 상승이 있어서는 안되며, 게이트웨이에서는 수많은 단말의 encapsulation 패킷을 패러렐하게 처리해야 하므로 추가하는 프로토콜이 시스템의 복잡도를 높이지 않게 되면 안된다.
- Support for QoS: 기존의 L2 계층에서 사용하는 QoS 필드를 지원하기 위해 8개 이상의 우선 순위 값을 정의할 수 있어야 한다.

- Loss detection: 적용하는 프로토콜은 수신 단에서의 재조립시 패킷 손실을 알아내는 메커니즘을 지원해야 한다.
- Extensibility: 향후 추가될 L2 기술을 손쉽게 수용할 수 있어야 한다.
- Support for fixed-length bursts: 고정 길이 버스트는 물론 가변 길이 버스트도 지원하여야 한다.
- Support for coding with and without error detection capability: error 검출 기능은 선택 사항으로 지원해야 한다.
- Support for multiple logical links: 최대 8개의 PDU를 한번에 처리하기 위해서 단편화와 재조립 메커니즘을 지원해야 한다.
- MPE, ULE[11]와 포워드 링크의 GES와 함께 사용할 수 있어야 한다.
- 선택사항으로 유연한 L2 주소 체계를 지원해야 한다.
- Transparent 위성 통신 타입이나 regenerative 위성 통신 타입 시스템에 상관없이 사용할 수 있어야 한다.

나. RGSE 동작

(그림 7)은 위성 통신 시스템에서 RGSE 모듈의 기능적 위치이다. 그림에서 왼쪽이 위성 터미널 내에서 RGSE의 위치이며, 오른쪽은 게이트웨이에서 RGSE의 위치를 나타낸다.

먼저 전송될 데이터가 위성 터미널로 들어오면 L3 영역의 IWF이 수행되고 데이터는 스케줄러가 관장하는 버퍼에 저장된다. RGSE 프로토콜은 encapsulation/fragmentation MAC 모듈에 구현되어 채널이 가용한 상황이 되면 스케줄러가 전송될 데이터를 encapsulation/fragmentation MAC 모듈로 전달하고 여기서 데이터는 버스트 사이즈 따라 encapsulation과 fragmentation이 수행되고 이어서 선택된 ModCod에 따라 버스트가 최종 생성되어 위성 채널을 통해 전달된다.



(그림 7) 위성 터미널과 게이트웨이 장비에서의 RGSE 기능 블록

반대로, 게이트웨이 단에서는 역순을 밟게 되는데 먼저 전달되어 온 데이터를 디코딩하여 상위계층으로 전달하고 L2 계층에서는 RGSE 프로토콜에 맞게 L2 decapsulation/reassembly하여 L3 계층으로 전달한다.

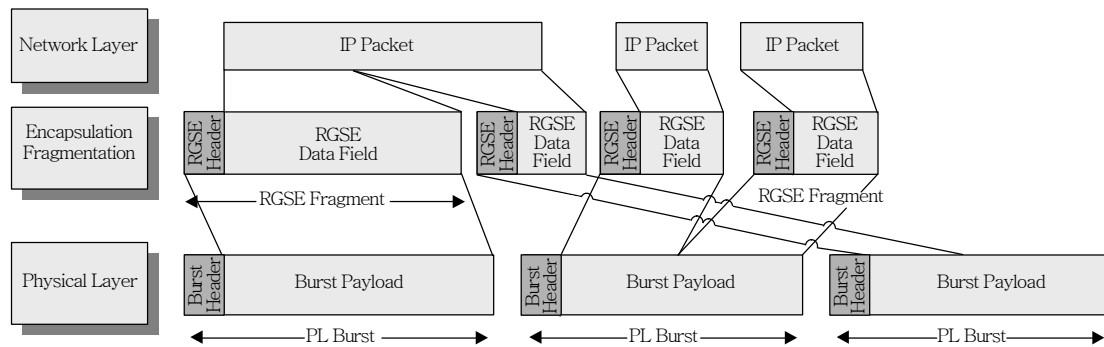
다. 프로토콜 상세

네트워크 계층 또는 상위 계층에서부터 전달되는 IP 데이터그램, 인터넷 프레임, MPEG 셀들 또는 시그널링 패킷과 같은 상위 계층 패킷들은 (그림 8)과 같이 하위 링크 계층에서 RGSE 패킷으로 인캡슐레이션과 RGSE 패킷으로 단편화(fragmentation)된 후 물리계층의 버스트가 되며, 이때 선택사항으로

버스트 라벨 헤더가 붙을 수 있다.

RGSE 헤더 포맷은 (그림 9)와 같이 2바이트 고정 길이 헤더와 가변길이 헤더로 구성되며 각 필드는 아래와 같이 사용된다.

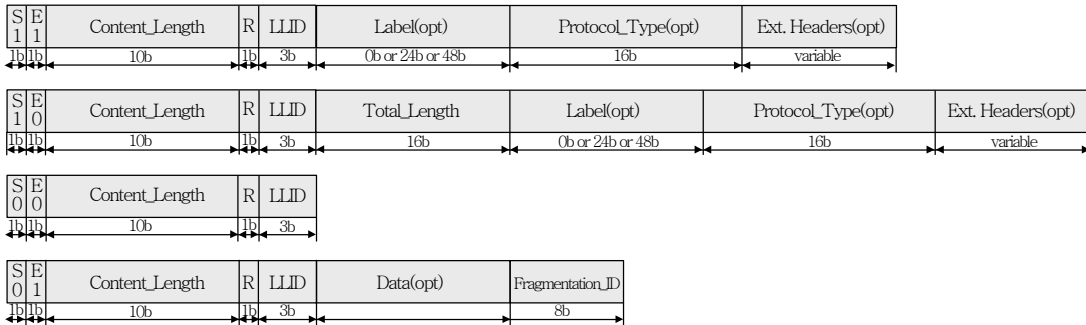
- Start and End bit 필드
11, 10, 00, 01
- Content_Length 필드
최대 1023바이트의 RGSE 패킷 페이로드(LLID 이후의 길이) 표시, 즉 1025바이트의 버스트 페이로드(no CRC 경우) 의미
- Logical_Link_ID 필드
QoS, logical link, 시그널링에 이용
- Fragment Label 필드
0~15바이트 범위의 fragment 스위칭 라벨 지원



(그림 8) RGSE 인캡슐레이션 동작

S 1 b	E 1 b	Content_ Length 10b	R 1 b	LLID 3b	Fragment Label 0~15B	Total_ Length 2B	Packet Label 0/3/6B	Proto_ Type 2B	Ext. Headers >=2B
-------------	-------------	---------------------------	-------------	------------	----------------------------	------------------------	---------------------------	----------------------	-------------------------

(그림 9) RGSE 헤더 포맷



(그림 10) RGSE Header와 Trailer 포맷

- Total_Length 필드
S=1, E=1로 셋팅된 RGSE 패킷에 삽입, 최대 65535바이트 네트워크 계층 데이터그램 지원
- Packet Label 필드
0~15바이트 길이, system-specific, 기존 점대점 성형망에서는 불필요(버스트 라벨 사용으로 대체), 계층 2의 어드레싱을 요구하는 메시망에서는 이더넷 호환을 위하여 6바이트 라벨 사용, VSN 어드레싱에 사용 가능
- Protocol_Type 필드
PDU type, 확장 헤더 유무 정의, GSE/ULE 규격에 정의
- Extension Headers 필드
상위계층 정보 확장에 사용, ULE 규격에 정의
- Fragmentation_ID 필드
각 LLID별로 PDU 재조립을 위하여 사용하고, 송수신단은 각 LLID별로 next_fragmentation_ID를 운용하며, 수신단은 수신한 fragmentation_ID와 next_fragmentation_ID를 비교하여 동일하면 재조립 성공으로, 다르면 손실로 간주하여 재조립된 PDU 제거

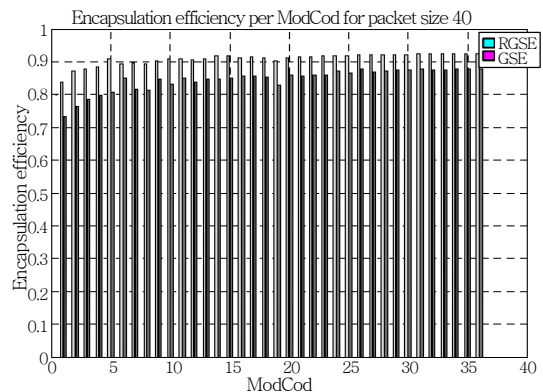
RGSE header와 trailer 포맷은 2바이트의 RGSE header와 1바이트의 trailer로 구성되며 (그림 10) 과 같이 4가지 형태로 구성될 수 있다.

라. 성능 평가

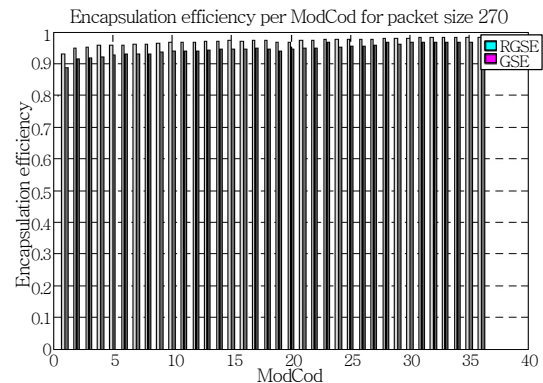
시뮬레이션 결과 (그림 11)~(그림 13)에서 보듯이 40bytes, 270bytes, 1500bytes에 IP 패킷에 대

해서 인캡슐레이션 효율을 비교해 본 결과 RGSE가 GSE에 비해 인캡슐레이션 효율이 더 좋은 것으로 나타났다.

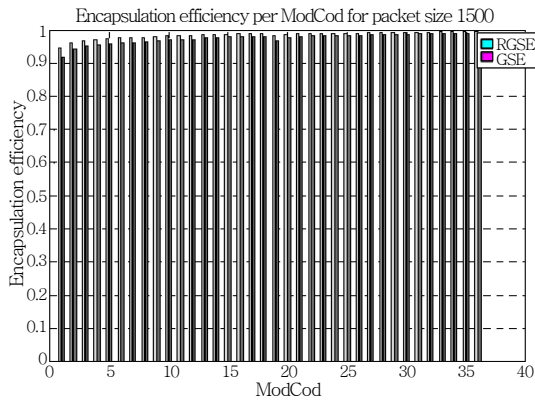
또한, RGSE는 전송 계층에서 fixed 및 variable 버스트 길이에 대해서 모두 지원할 수 있기 때문에 기존 RCS 장비에서 사용하던 MPEG, ATM 버스트를 지원할 수 있으며, RCS와 RCS-NG를 혼용하여 사용하는 경우에도 지원할 수 있다.



(그림 11) RGSE와 GSE 성능 평가(40bytes)



(그림 12) RGSE와 GSE 성능 평가(270bytes)



(그림 13) RGSE와 GSE 성능 평가(1500bytes)

IV. 결론

본 고에서는 현재 진행중인 DVB-RCS NG의 표준화 동향을 살펴보고, 그 중에서도 특별히 MAC 하위 계층에서 사용되는 CRDSA로 표준화가 진행되고 있는 랜덤 액세스 기술과 RGSE로 표준화가 진행되고 있는 인캡슐레이션 기술에 대해서 자세히 살펴보았다.

현재 기술한 두 가지 기술은 모두 표준화 기술로의 채택이 거의 확정된 상태이며, 다수의 터미널에게 서비스를 제공하는 consumer 타입 서비스 시나리오에서 꼭 필요한 기술들이다.

이외에도 현재 DVB-RCS NG에서는 전송 계층에서의 TCP Noordwijk에 대한 표준화 그리고 위성 망의 긴 전송시간 때문에 발생하는 전송 성능 저하를 극복하기 위해 사용하는 PEP 기술, 네트워크 아키텍처, IP 계층과의 정합을 위한 방법 등에 대한 표준화가 각각 활발히 진행되고 있다.

이러한 다양한 표준화 활동은 다양한 의견수렴 및 새로운 기술의 제안과 검토가 이루어지는 장이 되고 있으며, 이를 통해 위성 통신 시스템은 점점 보다 다양한 서비스 시나리오를 수용할 수 있는 고성능, 고효율의 통신 인프라로 발전해가고 있다.

머지 않아 위성 통신 시스템을 통해 아프리카 어느 오지나 태평양 한 가운데, 또는 고속으로 이동하는 열차 안에서 가격 걱정 없이 자유롭게 인터넷 서비스를 사용할 수 있는 날이 올 것으로 기대된다.

용어해설

랜덤 액세스: 매체 접근 제어(Media Access Control) 방식 중 하나로써 일정한 시간을 정해서 각 단말이 차례로 순서를 정해 사용할 매체에 접속하는 것이 아니라 임의의 난수를 발생시켜서 이에 따라 임의적으로 사용할 매체에 각자 접근하는 방식

캡슐레이션: 통신 시스템에서 임의의 패킷을 현재 시스템에서 목적지 시스템으로 전달하기 위해 데이터에 특정헤더를 덧붙이거나(인캡슐레이션), 제거(디캡슐레이션)하는 기법

약어 정리

AAL5	ATM Adaptation Layer 5
ATM	Asynchronous Transfer Mode
CF-DAMA	Combined Free and Demand Assignment Access
CfT	Call for Technologies
CRDSA	Contention Resolution Diversity Slotted Aloha
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt(German Aerospace Center)
DVB-RCS	Digital Video Broadcasting Return Channel Satellite
ETSI	European Telecommunications Standard Institute
FCA	Free Capacity Assignment
GSE	Generic Stream Encapsulation
IWF	Inter Working Function
L2	Layer 2
L3	Layer 3
MAC	Media Access Control
ModCod	Modulation and Coding
MPE	Multi Protocol Encapsulation
NCC	Network Control Center
PEP	Performance Enhanced Proxy
PLR	Packet Loss Rate
RA	Random Access
RCS	Return Channel via Satellite
RCS-NG	RCS New Generation
RCST	RCS Terminal
RGSE	Return Link Generic Stream Encapsulation

TBTP	Terminal Burst Time Plan
TCT	Timeslot Composition Table
ULE	Unidirectional Lightweight Encapsulation
VSAT	Very Small Aperture Terminal

참 고 문 헌

- [1] ETSI, "Digital Video Broadcasting(DVB); Interaction Channel for Satellite Distribution System," ETSI EN 301 790, Apr. 2005.
- [2] J. Neale and A.K. Mohsen, "Impact of CF-DAMA on TCP via Satellite Performance," *Proc. of Global Telecommunications Conf. GLOBECOM-'01*, Vol.4, Nov. 2001, pp.2687-2691.
- [3] ESA, "Techniques for Supporting Random Access Communications in Next Generation DVB-RCS Systems," TM-RCS1145, 4 May 2009.
- [4] N. Abramson, "The ALOHA System-Another Alternative for Computer Communication," *Proc. of the AFIPS Fall Joint Computer Conf.*, Vol.37, 1970, pp.281-285.
- [5] G.L. Choudhury and S.S. Rappaport, "Diversity ALOHA - A Random Access Scheme for Satellite Communications," Vol.COM-31, No.3, Mar. 1983, pp.450-457.
- [6] IEEE Std 802.3-2005, IEEE Standard for Information technology-Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific requirements Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection(CSMA/CD) access method and physical layer specifications, Dec. 2005.
- [7] E. Casini, R. De Gaudenzi, and O. del Rio Herrero, "Contention Resolution Diversity Slotted Aloha Plus Demand Assignment(CRDSA-DA): An Enhanced MAC Protocol for Satellite Access Packet Networks," *23rd AIAA Int'l Commun. Satellite Systems Conf.(ICSSC)*, 25-28 Sep. 2005, Rome(Italy).
- [8] E. Casini, R. De Gaudenzi, and O. del Rio Herrero, "Contention Resolution Diversity Slotted Aloha (CRDSA): an Enhanced Random Access Scheme for Satellite Access Packet Networks," *IEEE Trans. on Wireless Commun.*, Vol.6, No.4, Apr. 2007, pp.1408-1419.
- [9] G. Liva, "Enhancing Contention Resolution Diversity Slotted ALOHA by Irregular Graphs," submitted to IEEE Globecom 2009.
- [10] DLR: "Return-link Generic Stream Encapsulation," *In Response to Next Generation DVB-RCS Call for Technol.*, TM-RCS1021, 5 May 2009.
- [11] IETF RFC 4326: "Unidirectional Lightweight Encapsulation(ULE) for Transmission of IP Datagrams over an MPEG-2 Transport Stream (TS)," Dec. 2005.