

DVB-RCS2 기반 차세대 군 위성 네트워크 랜덤 액세스 채널 적응형 제어 기법[☆]

Adaptive Control Technique for the Random Access Channel in DVB-RCS2 based Next Generation Military Satellite Networks

이 원 균¹ 장 대 회¹ 정 중 문^{1*}
WonKyun Lee Dae-Hee Jang Jong-Moon Chung

요 약

본 논문에서는 비상대비 상황에서 위성통신의 Multiple Access 방식으로 구분되는 PAMA, DAMA, RA 중에서 전술상황에 따라 트래픽이 급변하는 환경에서 가장 적합한 RA 방식에 대해 분석하고, RA 방식이 트래픽 급증 시 충돌로 인한 재전송이 발생하여 출력 저하가 나타나는 한계점을 개선하기 위한 대안을 제시한다. 현재 위성통신 방식 중 DVB-RCS2의 표준으로 선정된 CRDSA 프로토콜을 예시로 하여 패킷양이 급증하는 환경에서 가지는 한계점을 확인하고 채널 로드와 채널 상태를 관찰하여 최적의 RA 채널 환경을 유지하는 CRDSA2R(Contention Resolution Diversity Slotted ALOHA with Adaptive Random access) 기법을 제안한다.

☞ 주제어 : 비상대비, 미래전, 위성통신, RAMA, CRDSA, RA 채널, CRDSA2R

ABSTRACT

In this paper, we analyze the most suitable RA method among PAMA, DAMA, and RA classified by the multiple access method of satellite communication in the rapidly changing traffic environment according to the emergency and tactical situation. It suggests an alternative to improve the limit of output degradation. Based on the CRDSA protocol selected as the standard of DVB-RCS2 among the current satellite communication methods, CRDSA2R (Contention) maintains an optimal RA channel environment by checking the limitations in an environment where packet volume is rapidly increasing and observing channel load and channel conditions. We propose a Resolution Diversity Slotted ALOHA with Adaptive Random Access.

☞ keyword : Emergency Preparation, Future War, Satellite, RAMA, CRDSA, RA Channel, CRDSA2R

1. 서 론

정보통신의 기술의 발전으로 비상대비 대응 상황을 포함한 현대전 및 미래전은 물량중심의 과거 전쟁 양상에서 벗어나 네트워크 기반의 다차원(지상, 해상, 공중, 우주, 사이버 등) 공간의 실시간 정보 공유를 통해 분산되어 있는 자원을 효율적으로 운용하여 합동작전 능력을 강화하는 네트워크 중심전(NCW, Network Centric Warfare)의 양상으로 변화하고 있다.[1] 이러한 네트워크 중심전의

수행을 위해서 다차원의 전장 전투요소들을 연결할 수 있는 네트워크 중심 작전환경(NCOE, Network Centric Operation Warfare)이 필요하며 특히 광범위한 지역에 대해 통신 서비스를 제공할 수 있으며 지상 통신망(광, 실선, M/W 등) 파괴 시 최후 통신망으로 사용되는 위성통신의 운영의 중요성이 증대하고 있다. 이러한 위성통신의 회선 할당방식은 크게 PAMA (Pre-Assignment Multiple Access), DAMA (Demand Assignment Multiple Access), RAMA (Random Assignment Multiple Access) 방식으로 구분되며 세부 내용은 다음과 같다.[2]

첫번째, PAMA는 사용자에게 자원을 고정 할당하여 주어진 자원을 반영구적으로 이용하는 방식으로 패킷 충돌은 피할 수 있으나 통신을 하지 않을 때에도 채널이 할당되어 효율이 낮은 단점이 있다.

두번째, DAMA는 사용자가 NCC(Network Control Centre)에 자원을 요청/할당 받아 이용하는 방식으로 자

¹ School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University, Seoul, 03722, Korea.

* Corresponding author (jmc@yonsei.ac.kr)

[Received 15 November 2019, Reviewed 16 December 2019, Accepted 22 Jan 2020]

☆ 이 논문은 행정안전부 재난안전취약핵심역량 도약기술개발사업(시물레이션 기반 조직단위 비상대비 훈련기술 개발)의 지원을 받아 수행된 연구임(2018-MOIS33-001)

원관리 측면에서 효율적인 특성을 가지고 있어 현재 위성통신에서 가장 많이 사용하고 있다. 하지만 위성통신 특성에 따른 매우 긴 전송거리(약 35,786km)에 따른 전송지연(약 125ms)으로 트래픽 변화폭이 큰 전시 또는 국지적 상황발생에 따른 위성통신 요구량이 급증하는 환경에서는 일정한 성능을 유지할 수 없는 단점을 가지고 있다.

세번째, RAMA 방식은 사용자가 전송하고자 하는 정보가 발생했을 때 자원에 대한 요청/할당 과정 없이 전송하고 사용자가 주파수와 시간으로 구분된 채널을 임의로 선택하기 때문에 특정 채널에 대한 재밍에 대해 DAMA 대비 상대적으로 강한 특성을 가지고 있다. 하지만 자원에 대한 요청/할당 과정이 없는 만큼 채널 내에서 패킷 간 충돌에 의해 전송이 실패할 수 있고 패킷양이 급증하는 경우 충돌 패킷의 증가가 채널 포화 상태로 이어져 통신이 불가능한 상태에 도달 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 트래픽이 급증하는 환경에서 채널 포화 상태로 인한 RAMA 방식의 통신불능 상태를 극복하고자 채널로 유입되는 로드와 채널 상태를 관찰하여 RA Channel의 대역폭 증감을 통해 최적의 채널 환경을 유지하는 CRDSA2R (Contention Resolution Diversity Slotted ALOHA with Adaptive Random access) 기법을 제안한다. 2장에서는 RA 채널에서 사용되는 MAC Protocol을 설명하고, 3장에서는 RA 방식의 한계를 극복하기 위한 시스템을 제안한다. 이후 4장에서는 모의실험을 통하여 기존 기법 대비 새로운 기법의 우수성을 증명한다.

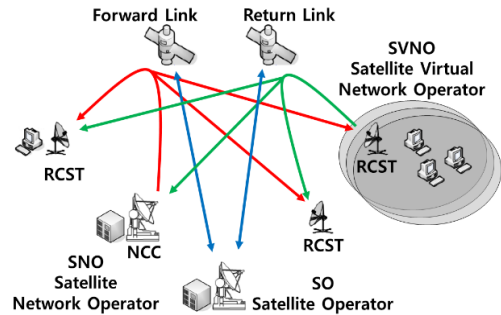
2. 관련연구

2.1 DVB-RCS2

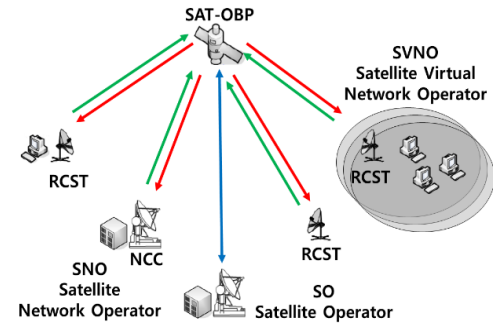
DVB-RCS2 (Digital Video Broadcasting - Return Channel over Satellite version 2)는 2011년 유럽전기통신표준협회 ETSI (European Telecommunications Standards institute)에서 위성 데이터서비스 및 인터넷을 지원하기 위한 표준으로 트래픽 전송 시 채널 접근방식으로 DAMA 방식 및 RA 방식을 혼합하여 사용한다.

DVB-RCS2의 네트워크 토폴로지는 터미널-허브 또는 메쉬 네트워크-터미널간 링크를 제공하며 사용자의 트래픽을 제어하는 NCC를 구성요소로 하는 Figure 1의 Transparent 방식과 위성에서 복조, 역 다중화, 디코

딩 등 OBP(On Board Processor) 기능을 내장하여 위성 자체가 라우터 또는 스위치의 역할을 수행하는 Figure 2의 Regenerative 방식으로 구분된다.



(그림 1) Transparent 위성 네트워크
(Figure 1) Transparent satellite interactive network



(그림 2) Regenerative 위성 네트워크
(Figure 2) Regenerative satellite network

DVB-RCS2에서 네트워크 토폴로지가 Regenerative 방식으로 작동될 때 Transparent 방식 대비 차이점은 위성에 내장된 OBP(On Board Processor)를 이용하여 라우터, 스위치 또는 멀티플렉서로 작동하며 복조, 디코딩, 캡슐화, 디캡슐화 등의 기능을 수행할 수 있다.

2.2 RA MAC Protocol

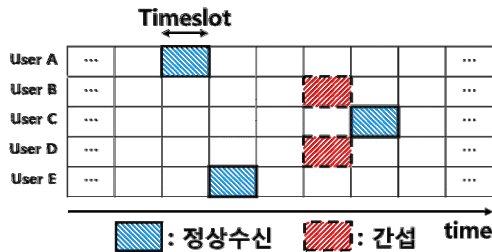
위성통신은 지상에 위치한 지상국과 우주에 위치한 위성간의 매우 긴 전송거리(약 35,786km)에 따른 전송지연(약 125ms)을 가지고 이러한 특성에 따라 지상에서 주로 사용되는 반송과 감지를 통한 상호간의 전송 조율기법인 CSMA(Carrier Sense Multiple Access) 기술을 적용하기에 부적합하다.

이에 따라 위성통신의 경우 채널 상태에 대한 감지가 불필요한 ALOHA(Additive Links On-line Hawaii Area) 기반 프로토콜이 주로 사용되는데 이는 1970년대에 N. Abramson이 하와이 섬들 간 데이터 통신망을 구축하는 과정에서 제안된 프로토콜이다. [3]

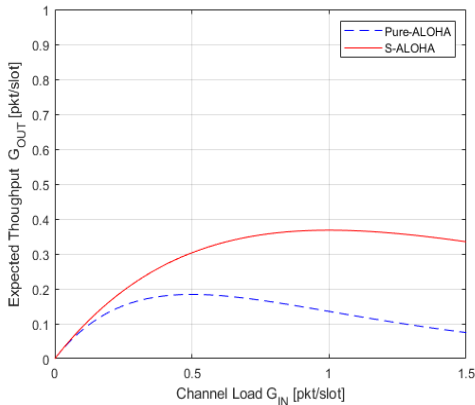
2.2.1 SA(Slotted ALOHA)

ALOHA 프로토콜에서 비동기화 방식의 경우 일부 패킷의 충돌만으로도 간섭이 발생하는 Pure-ALOHA는 설계가 단순하나 낮은 효율로 최근에는 거의 사용되지 않으며, 이에 따라 NCC에 의해서 시간 동기화를 수행하는 S-ALOHA가 1975년 Lawrence G. Roberts에 의해 제안된다. [4]

Figure 3은 S-ALOHA 프로토콜에서 타임슬롯에 패킷이 수신되는 과정을 보여주는데 이때 사용자 B와 D는 같은 슬롯에 전송하여 충돌에 따른 상호간섭이 발생한다.



(그림 3) S-ALOHA 예시
(Figure 3) S-ALOHA example

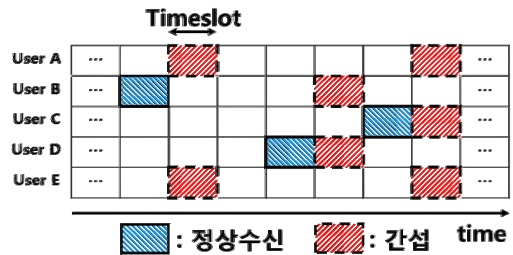


(그림 4) Pure-ALOHA와 S-ALOHA 출력
(Figure 4) Throughput of Pure-ALOHA and S-ALOHA

위와 같이 각 터미널간 시간을 동기화하여 각 타임슬롯에 패킷을 발송한 결과 최초 제안된 Pure-ALOHA 대비 패킷 부분충돌에 따른 전송실패를 개선함으로써 2배가량 성능이 개선된 것을 Figure 4에서 볼 수 있다.

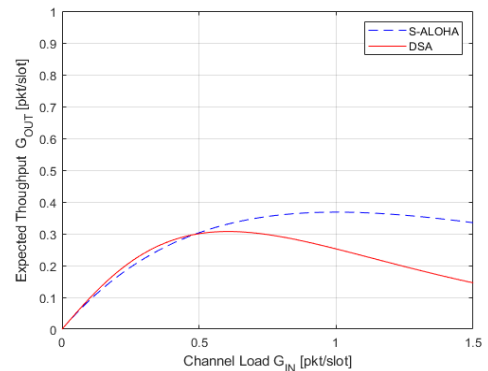
2.2.2 DSA(Diversity Slotted ALOHA)

DSA는 Figure 5와 같이 복제패킷 2개를 서로 다른 타임슬롯에 전송하여 1개 이상 정상 수신 시 전송이 성공하도록 제안되었다. [5]



(그림 5) DSA 예시
(Figure 5) DSA example

위와 같이 DSA는 Figure 6과 같이 S-ALOHA 대비 채널로드 0.5 이하에서 소폭 소상승 하였다.[5]



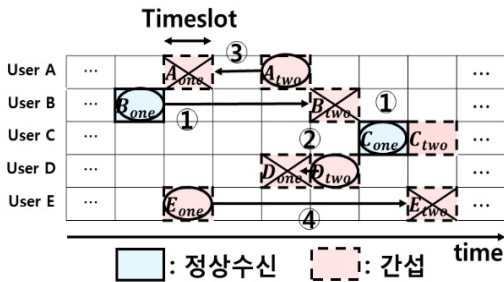
(그림 6) S-ALOHA와 DSA 비교
(Figure 6) Comparison S-ALOHA and DSA

2.2.3 CRDSA(Contention Resolution Diversity Slotted ALOHA)

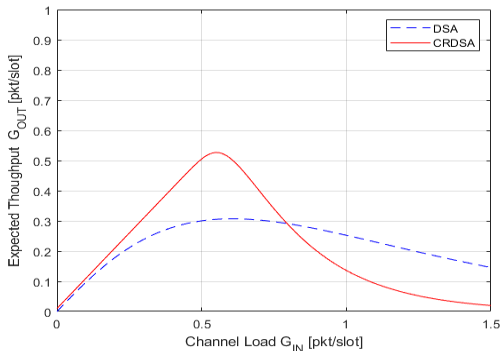
CRDSA는 ALOHA 프로토콜 중 DVB-RCS2 표준에 채택되어 사용중인 가장 진보된 방식으로 DSA와 같이

2개의 복제본 패킷을 서로 다른 타임슬롯에 전송하는 것은 동일하나 각 복제본 헤더에 상대 복제본의 위치를 저장하여 1개의 슬롯에 1개의 패킷만 수신되어 정상적으로 수신된 경우 헤더에 기록된 다른 위치의 복제본을 제거하여 패킷 간 간섭이 발생되지 않도록 하는 방식이다. [6] [7]

Figure 7은 이러한 과정을 나타내었는데, DSA의 경우 5개의 패킷 중 정상 수신된 패킷은 B_{one} 과 C_{one} 2개 패킷 뿐이지만 CRDSA는 ① 타임슬롯 내에 1개의 패킷만 있는 B_{one} 과 C_{one} 을 정상 수신하여 디코딩하고 ② B_{one} 패킷을 정상수신함에 따라 헤더에 위치한 주소를 참조하여 B_{two} 패킷을 삭제하여 해당 슬롯에 존재하던 간섭을 제거하여 D_{two} 패킷이 정상 수신되도록 한다. ③ D_{two} 패킷을 정상수신함에 따라 D_{one} 패킷 역시 제거되어 해당 타임슬롯 내에 존재하던 패킷 간 충돌이 사라져 A_{two} 패킷이 정상 수신되고 ④ 이에 따라 E_{one} 패킷이 정상 수신되어 헤더에 위치한 주소를 참조하여 E_{two} 패킷을 삭제한다.



(그림 7) CRDSA 예시
(Figure 7) CRDSA example



(그림 8) DSA와 CRDSA 출력
(Figure 8) Throughput of DSA and CRDSA

해당 경우에는 IC를 통해 모든 패킷이 정상수신되었지만 서로 다른 패킷 2개의 복제본이 같은 타임슬롯에 위치할 경우 간섭을 제거할 방법이 없으므로 이 경우 재전송을 해야 하며, 이에 따라 Figure 8과 같이 채널로드가 증가하여 복제본 패킷이 많아질수록 출력이 감소한다.

3. 문제제기 및 시스템 제한

RA 채널의 한계점 및 이를 위한 개선방안을 제시하기 이전에 논문에 사용되는 각종 기호를 표 1과 같이 정의한다.

(표 1) RA Channel 관련 기호 정의
(Table 1) RA Channel related symbol definition

기호	정의
$Av[G_{out}]$	Average Throughput
F	Number of Frame
G_{IN}	RA Channel Load
G_{IN}^f	RA Channel Load in a Current Frame
G_{OUT}	Part of Load Successfully Transmitted = T
G_{IN}^{MV}	Maximum Value of G_{IN}
M	Population Size
N_s	Number of Timeslots in a Frame
N_{iter}	Number of IC in CRDSA
p_0	Packet generation Probability
P_{pd}^A	Probability of Packet Successfully Decoded
PLR	Packet Loss Ratio
RT_{ch}	Ratio of RA Channel
T	Throughput = G_{OUT}

3.1 전시군 위성통신 간 RA 채널 필요성 및 한계점

위성통신 시 Figure 1과 같이 NCC (Network Control Centre)의 Forward Link를 통해 트래픽 및 제어신호를 수신 받는 각 RCST는 주어진 통신방식(시간동기화, 할당방식, 대역폭 등)에 따라 추가 제어신호 수신 시까지

해당 통신방식으로 고정 운영된다.

평시 軍 위성통신 운영 시 PAMA 및 DAMA 할당방식으로 자원을 운용하나 이는 전시 동시 또는 국지적인 상황으로 인한 위성통신이 필요한 장소 및 시간이 급변 할 경우 유연한 대처가 어렵고 이에 따라 전시 RAMA 할당방식의 운용이 필요하다.

DVB-RCS2 표준에서 RAMA 기술로 채택한 CRDSA는 타임슬롯을 프레임 단위로 묶어 관리하고, 복제 패킷을 동일한 프레임에 전송하며, 수신 측에서 패킷 간 충돌 발생 시 IC (Interference Cancellation)를 통한 성공적인 수신신호 제거를 통한 기술을 도입하여 성능을 향상시킨 ALOHA Protocol이다.

하지만 복제 패킷을 통해 출력을 높이는 방식은 일정 채널 로드(G_{IN})를 초과할 경우 채널 포화로 인한 효율 저하로 이어지는 특성을 가진다.

CRDSA는 수식(1)의 PLR(Packet Loss Ratio)를 가지는데,

$$PLR(N_{iter}|G_{IN}) = (1 - P_{pd}^A(N_{iter}|G_{IN}))^2 \quad (1)$$

이는 복제본 패킷 2개 모두 정상적으로 디코딩 되지 않는 경우를 의미하며 패킷 A가 정상 디코딩 될 확률 (P_{pd}^A)은 수식(2)와 같이 패킷 간 충돌 발생 시 이를 제거하기 위한 IC 제거 횟수(N_{iter})와 채널 로드(G_{IN}) 값에 영향을 받는다.

$$P_{pd}^A(N_{iter}|G_{IN}) \leq P_{al}^A(G) + \sum_{i=1}^{G_{IN}M^{slots}-1} P_{int}(i|G_{IN}) \quad (2)$$

$$\cdot [P_{pd}^A(N_{iter}-1|G_{IN})]^i$$

위 수식(2)는 Upper Bound에 의해 유도되며 크게 두 부분으로 나뉘게 되는데 먼저 뒷부분은 현재 IC (Interference Cancellation) 단계, 특정 슬롯에서 (i+1)개의 패킷이 충돌 하였으나 직전 IC 수행($N_{iter}-1$) 시 i개의 패킷 모두 정상적으로 디코딩 되는 것을 의미하며,

$$P_{int}(i|G_{IN})[P_{pd}^A(N_{iter}-1|G_{IN})]^i \quad (3)$$

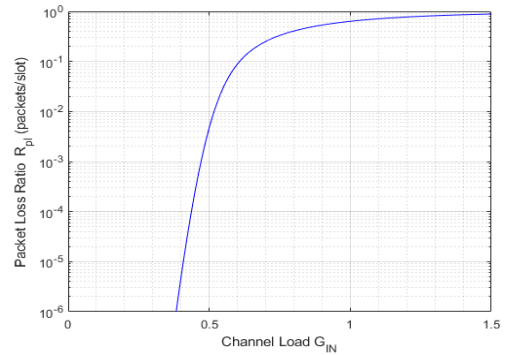
수식(3)은 채널 로드(G_{IN})가 주어질 때 특정 슬롯에서 i 개의 패킷이 충돌할 확률을 나타내는 값을 의미하는 수식(4)로 표현되며 이때 $P\{p_k \in S_n\}$ 값은 복제본이 2개 인 CRDSA 프로토콜에서 특정슬롯에 패킷이 존재할 확률을 의미한다

$$P_{int}(i|G_{IN}) = \binom{G_{IN}M^{slots}-1}{i} [P_{p_k \in S_n}]^i \cdot [1 - P\{p_k \in S_n\}]^{G_{IN}M^{slots}-1-i} \quad (4)$$

또한 수식(2)의 앞부분은 채널 로드(G_{IN})가 주어질 때 패킷 충돌 없이 존재할 확률로 수식(4)를 변형하여 수식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{int}(0|G) = [1 - P\{p_k \in S_n\}]^{G_{IN}M^{slots}-1} \quad (5)$$

위 수식 (1) ~ (5)에 따라 패킷 전송이 실패할 확률을 나타내는 PLR (Packet Loss Ratio)값은 채널 로드 (G_{IN})가 증가할수록 급격하게 1에 수렴하는 특성을 가지며 이는 Figure 9 CRDSA 채널 로드-PLR 그래프와 같다.



(그림 9) CRDSA 채널 로드와 PLR 그래프
(Figure 9) CRDSA channel load and PLR graph

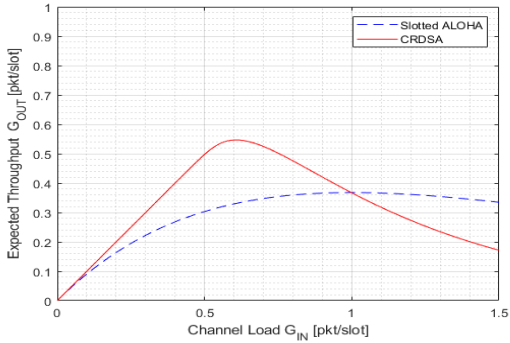
위와 같은 특성을 가진 CRDSA 프로토콜의 PLR 값은 수식(6)에 따라 CRDSA 출력(Throughput)을 결정한다.

$$T(N_{iter}|G_{IN}) = G_{IN}(1 - PLR(N_{iter}|G_{IN})) \quad (6)$$

Figure 9에서 확인하였듯이 일정 채널 로드($G_{IN} = 0.61$) 초과 시 패킷 전송 실패 확률이 1에 수렴하는 특성은 Figure 10 CRDSA 채널 로드-출력 그래프에서 보이는 것처럼 일정 로드($G_{IN} = 0.61$) 초과 시 패킷 복제본이 1개 인 SA(Slotted ALOHA) 보다 출력이 저하되는 것을 확인할 수 있다.

이에 따라 전시 軍 위성통신 시 RAMA 방식이 적용 되어도 전시 상황에 따른 트래픽 급증(평시 대비 약7~10 배) 시 NCC에 의한 별도의 대역폭 조정을 하지 않을 경

우 통신불능 상태에 빠지는 한계점을 가지게 된다. 이러한 한계점을 극복하기 위하여 RA Channel의 대역폭 증감을 통해 채널의 효율을 극대화하는 CRDSA2R (Contention Resolution Diversity Slotted ALOHA with Adaptive Random access) 기법을 제안한다.



(그림 10) CRDSA 채널 로드와 출력 그래프

(Figure 10) CRDSA channel load and Throughput graph

3.2 CRDSA2R (CRDSA with Adaptive Random Access)

RA 채널의 효율적인 이용을 위해서는 Bursty 트래픽 환경에서의 한계를 개선하기 위한 방안이 필요하며 이에 따라 매 프레임마다 RA 채널의 대역폭 증감을 통한 최적의 출력을 유지하는 CRDSA2R을 제안한다.

Figure 10에서와 같이 CRDSA는 채널 로드(G_{IN})에 따라 출력 (T)값이 변하게 되는데 채널 로드(G_{IN}) 값이 약 0.61일 때 출력 (T)값은 약 0.55로 최대 성능을 가지게 된다. 최대 성능을 가지는 채널 로드(G_{IN}) 값을 G_{IN}^{MV} 로 정의한다.

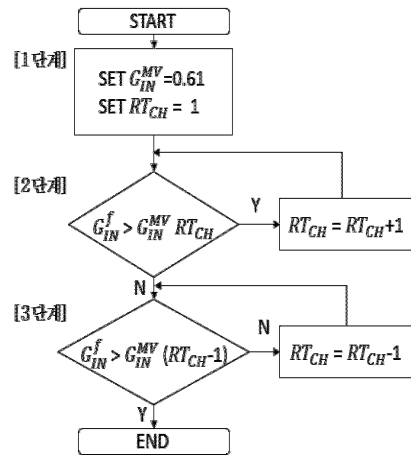
CRDSA2R(CRDSA with Adaptive Random access)은 다음과 같은 절차로 작동되며 Flow Chart는 Figure 11과 같다.

[1단계] CRDSA 최대 출력(T)을 가지는 채널 로드(G_{IN}) 값인 값을 0.61로 설정하고 전체 위성 자원 중 RA 채널의 비율인 RT_{ch} 값을 초기값 1로 설정한다.

[2단계] f 프레임에서 채널 로드(G_{IN}^f)와 $G_{IN}^{MV} RT_{ch}$ 값 비교를 통해 G_{IN}^f 값이 더 큰 경우 채널이 포화되어

통신불능 상태에 도달할 것으로 예상되어 RA 채널의 비율을 1배 증가하고 2단계를 반복하여 G_{IN}^f 값을 수용할 수 있는 RA 채널 비율까지 증가시킨다.

[3단계] f 프레임에서 RA 채널의 비율(RT_{ch})이 채널 로드(G_{IN}^f)값에 대비하여 과대 설정되었을 경우 RA 채널의 비율을 1배씩 감소시켜 최적의 RA 채널 비율을 유지한다.



(그림 11) CRDSA2R 순서도

(Figure 11) CRDSA2R Flow Chart

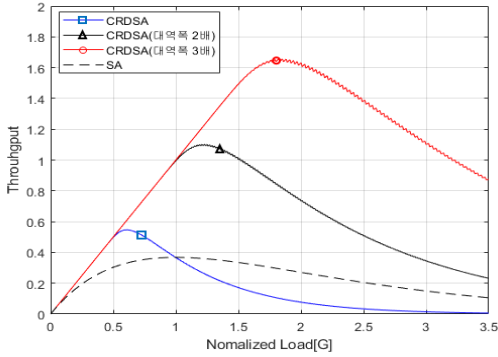
4. 성능평가

4.1 시스템 모델

본 논문에서 실시한 모든 모의실험에서 다음의 파라미터 값들은 아래 표 2의 값으로 고정하여 수행하였다.

(표 2) 시스템 모델 파라미터 (Table 2) System model parameters

파라미터	기호	값
노드 수	M	350
타임슬롯 수	N_s	100
IC 반복 횟수	N_{iter}	20
프레임 수	F	1000



(그림 12) CRDSA 채널로드와 출력($RT_{CH} = 1,2,3$)
 (Figure 12) CRDSA channel load and Throughput($RT_{ch} = 1,2,3$)

4.2 CRDSA 대역폭에 따른 성능

CRDSA의 대역폭 증가로 Figure 12을 보면 SA 보다 출력이 저하되었던 기본 대역폭과 달리 채널 성능이 향상되었다.

4.3 시뮬레이션

본 논문의 성능평가 모의실험에서는 기존 CRDSA와 CRDSA2R을 비교하기 위하여 Traffic 양에 따른 성능차이를 확인하기 위해 4가지의 서로 다른 Traffic 시나리오를 설정하였다.

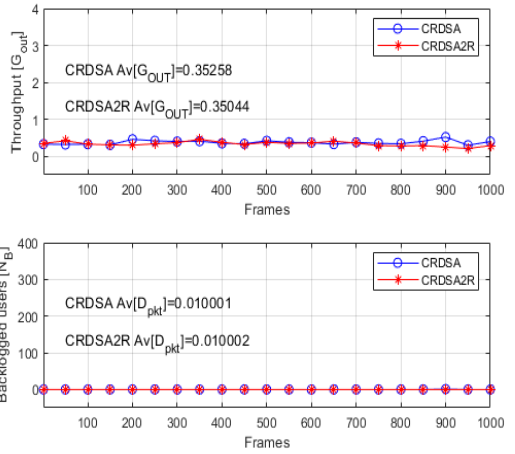
4.3.1 Low Traffic

Low Traffic 성능평가 조건은 전 프레임($F=1\sim 1000$) 패킷생성확률(p_0)은 0.1로 동일하며 성능평가 결과는 다음과 같다.

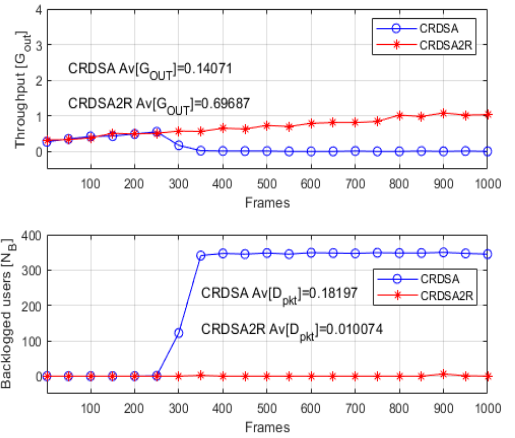
첫번째 실험으로 Low Traffic에서 CRDSA와 CRDSA2R 모두 패킷 발생률이 낮아 채널 로드가 낮은 환경에서는 두 프로토콜 모두 Throughput 저하 없이 성능을 유지하며 재전송을 위해 대기하는 유저(N_B)가 없고 이로 인해 Delay도 증가하지 않아 채널이 안정적인 것을 확인할 수 있다.

4.3.2 Increasing Traffic

Increasing Traffic 성능평가 조건은 전 프레임($F=1\sim 1000$) 패킷생성확률(p_0)은 0.1부터 0.3까지 일정하게 증가하며 성능평가 결과는 다음과 같다



(그림 13) Low Traffic 성능평가 결과
 (Figure 13) Low Traffic Performance Evaluation Results



(그림 14) Increasing Traffic 성능평가 결과
 (Figure 14) Increasing Traffic Performance Evaluation Results

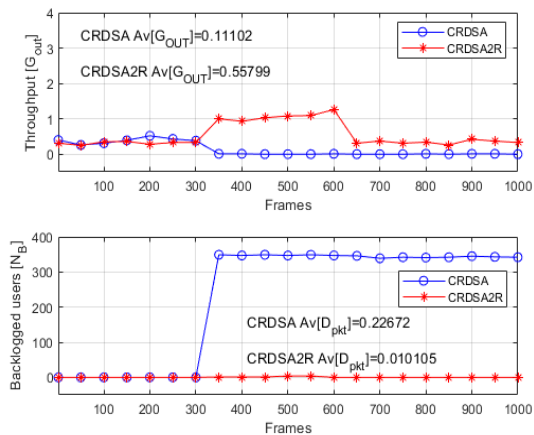
두번째 실험으로 Increasing Traffic에서 CRDSA는 패킷발생률이 높아지면서 전송 실패에 따른 재전송 대기 유저(N_B) 급증으로 출력이 급격히 저하하는 반면 CRDSA2R 프로토콜은 채널 로드 증가에 따라 대역폭을 증가시켜 Throughput 저하 없이 성능을 유지하며 재전송 대기 유저(N_B) 수가 증가하지 않아 Delay도 증가하지 않음을 알 수 있다.

4.3.3 Bursty Traffic

세번째 실험으로 **Bursty Traffic**에서 **CRDSA**는 채널 로드 증가하는 시점($F=301$)에서 전송 실패에 따른 재전송 대기 유저(N_B) 급증으로 출력 저하 및 **Delay**가 증가하며 채널 로드가 다시 낮아지는 시점($F=601$)에서도 통신 불능 상태에 빠져있음을 알 수 있다. 반면 **CRDSA2R** 프로토콜은 채널 로드 증감에 따라 대역폭을 가변적으로 운영하여 효율적으로 채널의 출력을 유지하는 것을 볼 수 있다.

(표 3) Bursty Traffic 성능평가 조건
(Table 3) Bursty Traffic performance evaluation conditions

구분	프레임(F)		
	1~300	301~600	601~1000
p_0	0.1	0.3	0.1



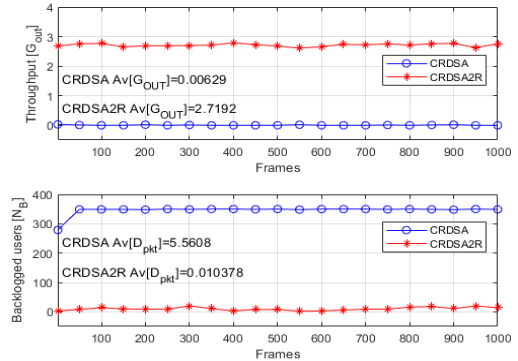
(그림 15) Bursty Traffic 성능평가 결과
(Figure 15) Bursty Traffic Performance Evaluation Results

4.3.4 High Traffic

High Traffic 성능평가 조건은 전 프레임($F=1\sim1000$) 패킷생성확률(p_0)은 0.8로 동일하며 성능평가 결과는 다음과 같다.

마지막으로 이 논문의 목적인 전시 비행단 위성통신 수요가 평시 대비 약 7~10배로 증가하는 **High Traffic**에서 **CRDSA**는 시뮬레이션 즉시 통신 불능상태에 빠지지만 **CRDSA2R** 프로토콜은 급증한 채널 로드에도 따라 대

역폭을 증가하여 **Throughput** 저하 및 **Delay** 증가 없이 성능을 유지한다.



(그림 16) High Traffic 성능평가 결과
(Figure 16) High Traffic Performance Evaluation Results

5. 결 론

본 논문에서는 비상대비 상황 및 전시와 같은 상황에서 사용가능한 **DVB-RCS2**의 **RA** 프로토콜의 표준으로 선정된 **CRDSA**가 채널로드가 급증하는 상황에서 통신불능 상태에 빠지는 것을 확인하였고 이러한 **RA** 채널이 가지는 특성에 따라 채널로드가 급증하는 상황에서도 가장 높은 출력을 낼 수 있는 채널로드(G^{MIV})값을 기준으로 대역폭 증감을 통해 최적의 채널 환경을 유지하는 **CRDSA2R**(Contention Resolution Diversity Slotted ALOHA with Adaptive Random access) 기법을 제시하였으며, 4장의 실험을 통하여 해당 기법이 **RA** 채널 대역폭 증감을 통해 높은 출력을 유지하였음을 확인했다.

현재 군 위성통신 시스템에서 **RAMA** 방식을 사용하고 있지 않으나 전시 작전상황에 따라 국지적으로 트래픽이 급증하는 상황 및 전시 공군의 비행단 기준 트래픽 양이 약 7~10배 증가하는 것을 고려하였을 때 차기 군 위성통신 시스템에서 **RA** 채널의 운용은 필수일 것이다.

참고문헌(Reference)

[1] 조남훈, 「국방연구개발 발전방향」, 한국국방연구원, 2003.

- [2] J. N. Pelton, S. Camacho-Lara, S. Madry, *Handbook of Satellite Applications*. New York, USA: Springer, 2012.
- [3] N. Abramson, "THE ALOHA SYSTEM – Another Alternative for Computer Communications," *Proc. Fall Joint Comput. Conf.* 1970, pp. 281-285, Nov. 1970.
- [4] L. G. Roberts, "ALOHA Packet Systems with and without Slots and Capture," *Proc. ACM SIGCOMM Comput. Commun. Review* 1975, vol. 5. is. 2, pp. 28-42, Apr. 1975.
- [5] G. Choudhury and S. Rappaport, "Diversity ALOHA - A Random Access Scheme for Satellite Communications" *IEEE Trans. Commun.*, vol. 31, no. 3, pp. 450-457, Mar. 1983.
<http://doi.org/10.1109/TCOM.1983.1095828>
- [6] 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. Wireless Commun.*, vol. 6, no. 4, pp. 1408-1419, Apr 2007.
<http://doi.org/10.1109/TWC.2007.348337>
- [7] Digital Video Broadcasting (DVB); Second Generation DVB Interactive Satellite System (DVB-RCS2); Part 2 : Lower Layer for Satellite standard, ETSI Standard TS. 301 545 -2, Apr. 2014.

● 저 자 소 개 ●



이 원 균(Wonkyun Lee)

2010년 공군사관학교 컴퓨터 공학과(공학사)
2020년 연세대학교 대학원 전기전자공학과(공학석사)
관심분야 : 위성통신, 컴퓨터, 정보통신, 인공지능, 빅데이터
E-mail : rbslrbs@yonsei.ac.kr



장 대 희(Dae-Hee Jang)

2008년 해군사관학교 경영과학과(이학사)
2018년~현재 연세대학교 대학원 전기전자공학과 석사과정
관심분야 : 위성통신, 인공지능, 빅데이터, 정보보안, 블록체인
E-mail : bravecpt@yonsei.ac.kr



정 종 문(Jong-Moon Chung)

1992년 연세대학교 전자공학과(공학사)
1994년 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1999년 Pennsylvania State University 대학원 Electrical Engineering(공학박사)
1997년~1999년 Pennsylvania State University, Electrical Engineering, Faculty Instructor 및 조교수
2000년~2005년 Oklahoma State University, Electrical and Computer Engineering 부교수(정년보장)
2005~현재 연세대학교 전기전자공학과 교수(정년보장)
2011~현재 Editor, IEEE Trans. on Vehicular Technology
2013~현재 KSII Trans. on Internet and Information Systems (TIIS) Co-EiC
2015~현재 연세대학교 국방융합협동과정 주임교수
2017~현재 Section Editor, Wiley ETRI Journal
2018~현재 연세대학교 공화대학 부학장
2019~현재 한국인터넷정보학회(KSII) 학술부회장
2019~현재 연세대학교 의과대학 응급의학교실 (겸직)교수
2019~현재 IEEE Consumer Electronics Society 부회장
2019~현재 Assoc. Editor, IEEE Trans. on Consumer Electronics
관심분야 : 무선통신, 이동통신망, Ad Hoc망, 정보이론, 통신보안
E-mail : jmc@yonsei.ac.kr