JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지 Vol. 25, No. 8: 1088~1094, Aug. 2021

제한적 BMA 네트워크에서 Full Mesh 라우팅을 위한 D-ARP 기법

김 문*

D-ARP Scheme for Full Mesh Routing in Partial BMA Network

Moon Kim*

*Chief Engineer, Multi-Layer Wireless Network Team, Hanwha Systems, Seongnam-Si, 13524 Korea

요 약

본 논문에서는 DAMA 기반 MF-TDMA 위성시스템에서 Full Mesh 라우팅을 지원하기 위해 제한적 BMA네트워크 구조와 D-ARP 기법을 제안한다. 제안하는 네트워크 구조를 통해 기존의 상용 라우터 및 라우팅 프로토콜을 위성통신시스템에 바로 적용할 수 있으며, 라우팅 프로토콜에 의한 메시지 오버헤드를 경감시킬 수 있다. 또한, 브로드캐스팅 통신이 제한되는 네트워크에서 원격지 단말들의 MAC 주소 정보를 개별 단말에서 획득할 수 있는 D-ARP 기법을 제안한다. D-ARP 기법은 Hub 단말이 획득한 Spoke 단말들의 IP 주소 및 MAC 주소 정보를 브로드캐스팅 채널을 통해 Spoke 단말들에게 공유한다. 마지막으로 네트워크 시뮬레이션을 통해 제안하는 네트워크 구조 및 D-ARP 기법의 성능을 분석한다.

ABSTRACT

This paper proposes a partial BMA (Broadcasting Multiple Access) network structure and D-ARP (Distributed Address Resolution Protocol) method in order to support full mesh routing function in the DAMA (Demand Assigned Multiple Access)-based MF-TDMA (Multi Frequency-Time Division Multiple Access) satellite system. The partial BMA network enables legacy router devices and routing protocols to be adopted in the satellite communication system , and decreases the amount of routing protocol overhead. In addition, we introduce the D-ARP method that help a spoke satellite node acquiring the MAC (Media Access Control) address from remote satellite nodes in none BMA satellite network. The D-ARP method provides the MAC address of remote nodes to each other nodes through the broadcasting-enabled satellite channel. And we lastly evaluate and analysis the network performance of the proposed approach.

키워드 : 격자형 라우팅, 위성통신, OSPF, 분산형 ARP

Keywords : Mesh routing, Satellite communication, OSPF, D-ARP

Received 22 June 2021, **Revised** 29 June 2021, **Accepted** 4 July 2021

* **Corresponding Author** Moon Kim(E-mail:moon24.kim@hanwha.com, Tel:+82-31-8091-7466)
Chief Engineer, Multi-Layer Wireless Network Team, Hanwha Systems, Seongnam-Si, 13524 Korea

Open Access http://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.8.1088 print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright Ⓒ The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

Ⅰ. 서 론

DAMA (Demand Assigned Multiple Access) 시스템은 여러 단말이 하나의 중심국 단말의 통제 하에 망의 자원을 사용하는 통신시스템이다. 동적 채널 관리 개념이 적용된 DAMA 시스템에서는 망에 가입한 단말은 자신의 통신소요량에 따라 필요한 양의 통신자원을 중심국 단말에게 요청하고, 중심국 단말은 현재 통신자원 활용현황을 바탕으로 해당 단말에게 적절한 통신자원을 할당하게 된다. Timeslot을 할당 받은 단말은 해당 Timeslot을 주기적으로 독점하여 사용하다가 통신이 종료되면 사용한 Timeslot을 중심국 단말에게 반납한다 [1].

DAMA 방식의 MF-TDMA (Multi Frequency Time Division Multiple Access) 시스템은 여러 지상단말들이 공유하는 통신자원을 timeslot 및 주파수 프레임 단위로 할당을 받는다. 대표적으로 WIN-T (Warfighting Information Network - Tactics)의 MF-TDMA 시스템과 ETSI 의 DVB-RCS (Digital Video Broadcasting - Return Channel via Satellite) 표준의 MF-TDMA 시스템으로 구분할 수 있다 [2, 3]. DAMA MF-TDMA 위성시스템의 구성은 크게 Hub 단말과 Spoke 단말로 나눠지며, Hub 단말은 MF-TDMA의 주파수, 시간에 대한 자원 사용정보 (TBTP: Terminal Burst Time Plan) 및 동기정보를 슈퍼프레임 주기로 갱신하여 FOW (Forward Order-Wire) 제어 채널을 통해 전송한다. 단말은 FOW 채널을 수신하여 동기를 획득하고 TBTP 정보를 분석하여 슈퍼프레임의 자원사용정보를 획득한다.

이러한 위성시스템은 사용자들의 다양한 서비스 요구와 정보통신 기술의 발전과 함께 급속도로 성장하고 있다. 최근에는 3GPP (3rd Generation Partnership Project) 등에 의해 6G 네트워크에 위성 네트워크가 포함되어 제안되었다. 이것은 언제 어디서나 사용자에게 광대역의 서비스를 제공하기 위해 위성 네트워크와 지상 네트워크가 유기적으로 연동 가능한 통합 네트워크가 필수적이기 때문이다. 그리고 통합 네트워크가 동작하기 위해서는 위성 네트워크에서도 지상 네트워크와 같이 All-IP 기반의 네트워킹 및 라우팅 기술이 필요하며, 이를 위한 다양한 연구들이 진행되었다 [4-14]. 그러나, 기존의 상용 라우터 를 바로 적용할 수 있는 기술에 대한 연구는 부족한 상황이며, 특히 다양한 시스템이 통합된 차세대 네트워크 시스템을 위해서는 기존 네트워크 장치들에 바로 적용이 가능한 라우팅 기술의 연구가 필요하다. 본 논문에서는 기존의 상용 라우터에서 사용하는 대표적인 동적 라우팅 프로토콜 중 하나인 OSPF (Open Shortest Path First) 프로토콜을 활용하여 위성시스템에서 Full Mesh 라우팅을 지원하기 위한 방안을 제안한다. 제안하는 방안은 기존의 라우팅 프로토콜을 그대로 사용하면서, 위성통신 시스템의 특성에 적합한 방식으로 Full Mesh 라우팅을 지원할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 위성시스템에서 적용하기 위한 OSPF 프로토콜과 방식을 살펴보고, 3장에서는 위성시스템에서 OSPF를 활용하여 Full Mesh 라우팅을 지원할 수 있는 방안을 제시한다. 4장에서는 제안하는 방식에 대한 성능을 분석하고, 5장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. OSPF-NBMA 프로토콜

OSPF 프로토콜은 링크 상태 기반 동적 라우팅 프로토콜이다. OSPF를 사용하는 모든 라우터 인터페이스들은 자신의 링크 상태 정보를 AS (Autonomous System) 또는 Area 내부의 OSPF 인접관계를 형성한 모든 라우터들에게 공유한다. 이때 공유되는 링크 상태 정보로 경로비용이 사용되는데, 이 값은 1~65535의 범위에서 정의되며 값이 클수록 링크 상태가 악화됨을 의미한다. AS 또는 Area 내의 OSPF를 사용하는 각 라우터들은 공유된 모든 경로비용 데이터베이스를 기반으로 모든 목적지 네트워크까지의 최소 비용을 소모하는 경로를 계산하여 라우팅 테이블, 정확히는 포워딩 테이블을 생성한다 [15].

OSPF 라우팅 프로토콜은 라우터의 인터페이스에 연결된 네트워크 형태에 따라 PTP (Point-to-Point) 방식, PTM (Point-to-Multi point) 방식, BMA (Broadcast Multi Access) 방식 및 NBMA (None BMA) 방식으로 구분된다. PTP 방식은 1개의 라우터 인터페이스에 1개의 장치가 연결된 네트워크 형태일 때 사용된다. PTM 방식은 1개의 라우터 인터페이스에 다수의 장치를 PTP 방식으로 연결한 네트워크 형태일 때 사용된다. BMA 방식은 1개의 라우터 인터페이스에 연결된 모든 장치와 브로드캐스팅 또는 멀티캐스팅 통신이 가능한 네트워크 형태일 때 사용된다. NBMA 방식은 1개의 라우터 인터페이

스에 다수의 장치가 연결되어 있지만 브로드캐스팅 또는 멀티캐스팅 통신이 불가능한 네트워크 형태일 때 사용된다.

본 논문에서 서술하는 DAMA MF-TDMA 기반의 위성통신시스템은 NBMA 네트워크 형태에 가깝지만, 중심국 단말이 브로드캐스팅 통신을 지원하는 제한적 BMA 네트워크이다. BMA/NBMA와 같은 다중 접속 네트워크에서 모든 OSPF 라우터들이 각각 1:1로 인접관계를 형성하게 되면 중복되는 링크 상태 정보의 송수신이 매우 많이 발생하게 된다. 만약 n개의 라우터가 연결된 BMA 네트워크에서 1개의 라우터에 링크 상태 정보의 갱신이 발생하면, n-1개의 링크 상태 정보 메시지 및 응답 메시지가 각각 네트워크 내에 유통되게 된다. 이를 방지하기 위해 다중 접속 네트워크에서는 DR (Designated Router)을 선출하는 절차를 거치게 된다. DR은 다중 접속 네트워크에서 OSPF 프로토콜의 동작을 주관하는 역할을 수행하고, 나머지 라우터들은 네트워크 내에서 DR과의 OSPF 인접 관계만을 형성하게 된다. 이를 통해 네트워크 내에 유통되는 중복되는 OSPF 메시지의 수를 최소화할 수 있다. 그러나 DR이 선출되기 전을 포함하여 멀티캐스트 IP 주소를 목적지로 하는 OSPF 메시지가 발생하게 되면 여전히 네트워크 내의 모든 장치에 유통되게 된다.

Ⅲ. D-ARP

본 논문은 그림 1과 같이 Hub 단말은 브로드캐스팅 송수신을 지원하는데, Spoke 단말은 브로드캐스팅 수신만 지원하는 제한적 BMA (또는 제한적 NBMA) 네트워크를 대상으로 한다. Hub 단말은 멀티캐스트 OSPF 메시지 송신 시 브로드캐스팅 제어 채널을 통해 송신할 수 있지만 Spoke 단말들은 브로드캐스팅 채널의 수신만 가능하여 OSPF 메시지를 유티캐스트 기반의 트래픽 채널을 통해 Hub 단말에게 송신하게 된다. 기존 NBMA 네트워크 형태와의 차이점은 Hub/Spoke 단말들 간 유니캐스트 채널은 Full mesh 구조로 연결이 가능한 점이다.

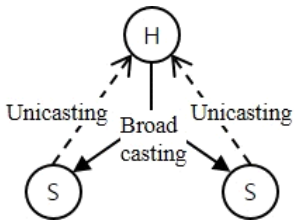

Fig. 1 Partial BMA Network

이러한 조건부 BMA 네트워크 구조에서 full mesh 라우팅을 지원하기 위해 본 논문에서는 D-ARP (Distributed Address Resolution Protocol) 기법을 제안한다. ARP는 IP 주소를 바탕으로 해당 IP 주소를 사용하는 장치의 MAC (Media Access Control) 주소를 획득하는 프로토콜이다. 송신 단말은 ARP를 통해 수신자의 MAC 주소를 획득하지 않고서는 실제 이더넷 프레임을 송신할 수 없다. 그런데 ARP 요청 메시지는 브로드캐스팅 방식으로 전송되기 때문에, NBMA 형태의 네트워크에서는 Spoke 단말들 간 ARP 요청 메시지의 송신이 불가능하다. 따라서, 이러한 문제를 해결하지 않고서는 제한적 BMA 네트워크에서 Full mesh 라우팅을 지원할 수 없게 된다.

D-ARP 기법의 동작 개념은 그림 2와 같으며, 상세 동작 방식은 다음과 같다.

3.1. Connection Request/Response

모뎀 장치는 네트워크 가입을 위한 망가입 요청 메시지를 제어 채널을 통해 Hub 모뎀 장치에 송신한다. 이

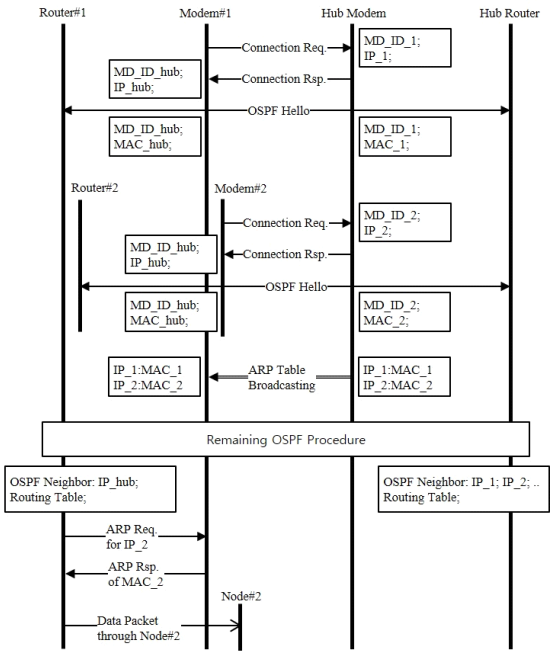

Fig. 2 D-ARP Message Sequence

메시지에는 송신 Spoke 단말에서 사용중인 모뎀 고유 식별자 (MD_ID_#) 및 라우터 인터페이스 IP 주소 (IP_#) 정보가 포함된다. 동일한 방식으로 모든 Spoke 단말들의 모뎀 고유 식별자 정보 및 라우터 인터페이스 IP 주소 정보가 포함된 망가입 요청 메시지가 Hub 단말로 송신된다.

3.2. OSPF Hello

라우터 장치는 OSPF 운용을 위해 Hello 메시지를 멀티캐스트 목적지 주소로 송신하고, 이를 수신한 모뎀 장치는 그림 3과 같이 해당 메시지를 포함하는 이더넷 프레임 전체를 트래픽 채널을 통해 Hub 모뎀 장치에 송신한다. Hub 단말은 수신된 트래픽 메시지의 Wireless PHY/MAC 헤더에 포함된 모뎀 고유 식별자 정보 및 이더넷 PHY/MAC 헤더에 포함된 라우터 인터페이스의 MAC 주소를 획득한다. 동일한 방식으로 Hub 단말은 모든 Spoke 단말들의 모뎀 고유 식별자 정보 및 라우터 MAC 주소 정보를 획득하게 된다.

Fig. 3 Wireless Frame Structure

3.3. ARP Table Broadcasting

위의 A~B 동작을 통해 Hub 단말은 망가입한 Spoke 단말들의 라우터 인터페이스 IP 주소와 MAC 주소 정보로 구성된 ARP 테이블을 생성할 수 있다. 이 테이블의 크기를 살펴보면, IP 주소는 네트워크 주소와 호스트 주소로 구성되며 4byte의 크기를 갖는다. MAC 주소는 OUI (Organizationally Unique ID)와 일련번호로 구성되며 6byte 크기를 갖는다. 1개 단말의 ARP 정보가 총 10byte 크기를 갖게 되므로, 테이블의 전체 크기는 망가입한 단말 개수 * 10byte의 크기를 갖게 된다. 생성된 ARP Table은 브로드캐스팅 채널을 통해 Spoke 단말들에게 송신되며, 이정보는 그림 4와 같이 모뎀의 DA (D-ARP Agent)에게 전달된다. DA는 수신된 ARP Table을 사용하여 라우터와 연결된 이더넷 인터페이스 상의 ARP 정보를 추가한다.

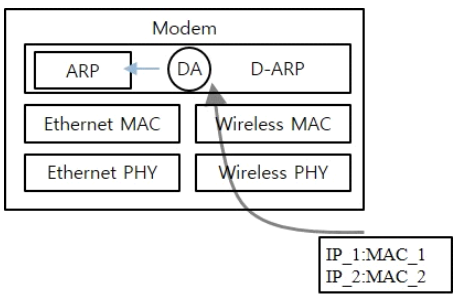

Fig. 4 D-ARP Stack Structure

3.4. OSPF Procedure

OSPF Hello 메시지를 성공적으로 송수신한 단말들은 후속 OSPF 절차를 수행한다. OSPF의 개략적인 동작 절차는 다음과 같다.

(1) 최초의 Hello 메시지의 송수신을 통해 OSPF 설정값 등의 일치성 확인 및 연결 대상 라우터 식별 (Down/Init /Two-way state)

(2) 2차 Hello 메시지의 교환을 통해 DR/BDR 및 master/slave 관계 확정 (Exstart/Exchange state)

(3) DBD (Database Description) 및 LSAck (Link State Acknowledgement) 메시지를 통해 각 라우터가 보유한 개략적인 라우팅 정보를 교환 및 응답 (Loading state)

(4) LSR (Link State Request), LSU (Link State Update) 및 LSA 메시지를 통해 추가적인 정보가 필요한 항목에 대한 상세 라우팅 정보의 교환 및 응답 (Full state)

(5) (1)~(4) 절차를 통해 모든 Spoke 단말들의 라우터들은 Hub 단말의 DR과의 인접 관계만을 형성하게 된다. (필요 시, BDR 라우터와의 인접 관계가 추가로 형성 가능) 그러나, 실제 OSPF를 통해 획득한 라우팅 정보를 확인하면 네트워크 내의 모든 가입된 라우터들을 next hop으로 하는 라우팅 정보들이 생성되어 있다.

3.5. D-ARP Procedure

Full mesh 라우팅을 실현하기 위해서는 모든 Next hop IP 주소에 대한 ARP 운용이 가능하여야 한다. Spoke 단말들의 모뎀 장치는 D-ARP 방식을 통해 획득한 ARP 정보를 통해 라우터 장치에서 요청한 next hop 장치의 MAC 주소를 응답하고, 이를 수신한 라우터 장치는 IP 패킷을 next hop 라우터에게 바로 송신한다.

Ⅳ. 성능 분석

본 논문에서는 네트워크 시뮬레이션 도구 중 OPNET을 사용하여, 제안하는 D-ARP 기법에 대한 성능을 분석하였다. 성능 분석은 DAMA MF-TDMA 네트워크에서 Full Mesh 라우팅을 지원하기 위해 발생하는 OSPF 메시지 오버헤드와 Mesh 구조 단말 간 트래픽 처리량 측면에서 수행하였다.

OSPF 라우팅 프로토콜 절차에 따른 메시지 오버헤드 유통량을 분석하기 위해 그림 5와 표 1과 같이 다양한 Spoke 단말 개수 및 Hello 메시지 주기를 적용한 망을 구성하여 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 6과 그림 7은 DAMA MF-TDMA 네트워크에서 NBMA 모드와 제한적 BMA 모드의 OSPF Hello 메시지 유통량을 나타낸다. NBMA 모드의 경우 Spoke 단말들 간 멀티캐스트 패킷인 Hello 메시지를 동시에 송수신할 수 없는데, 유통량 측정을 위해 모든 단말 간 임의의 1:1 트래픽 채널을 할당하였다. 시뮬레이션 결과에서 Spoke 단말 개수의 증가 및 짧은 OSPF Hello 메시지 주기가 네트워크 내에 유통되는 메시지 오버헤드를 크게 증가시키는 것을 확인할 수 있다. 또한, NBMA 모드에서 최대 252.66 Mbps의 매우 큰 OSPF Hello 메시지 오버헤드가 유통되는 반면에 본 논문에서 제안하는 제한적 BMA 모드의 경우 최대 1.01 Mbps의 OSPF Hello 메시지 오버헤드만 유통되었다. 이것은 제한하는 네트워크 구조에서 spoke 단말들 간 OSPF Hello 메시지가 교환되지 않더라도 Full mesh 라우팅을 지원하므로, spoke 단말들 간 Hello 메시지의 송신을 하지 않기 때문이다. 그림 8과 그림 9는 Hello 메시지를 제외한 DBDD 등의 OSPF 라우팅 메시지 유통량을 나타낸다. 시뮬레이션 결과에서 Hello 메시지 주기와는 상관 없이 Spoke 단말의 개수가 증가함에

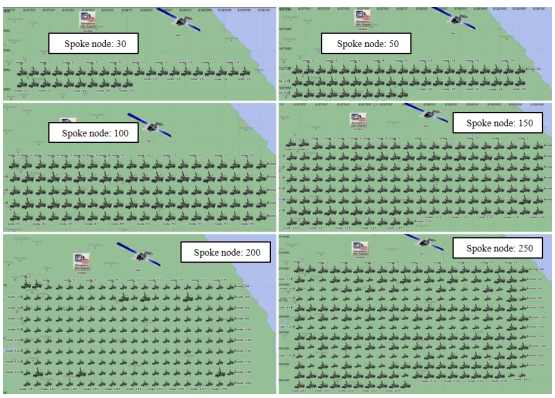

Fig. 5 Network Topology for OSPF Overhead Comparison

Table. 1 OSPF Hello Interval

	H2	H5	H8	H10	H20
Hello Interval (sec)	2	5	8	10	20

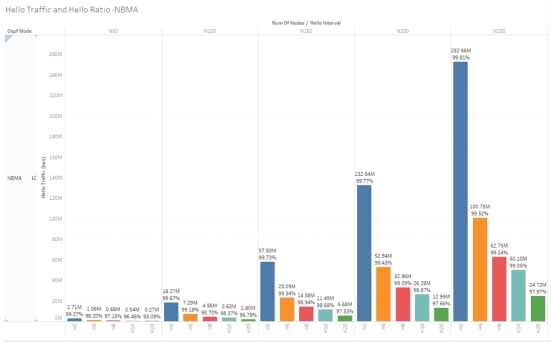

Fig. 6 OSPF Hello Message Overhead in NBMA Network

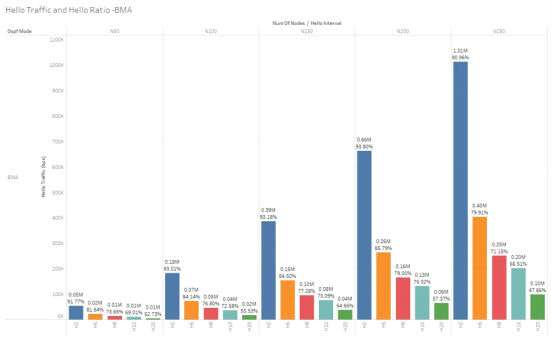

Fig. 7 OSPF Hello Message Overhead in Partial BMA Network

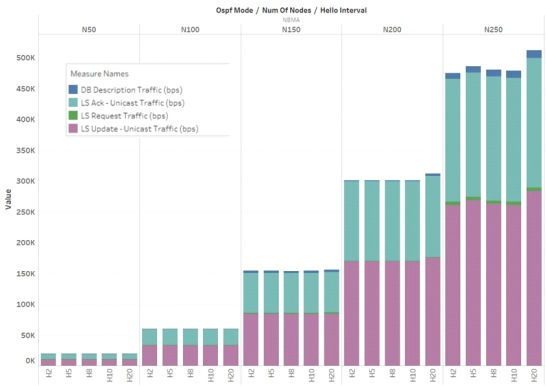

Fig. 8 OSPF Message Overhead in NBMA Network

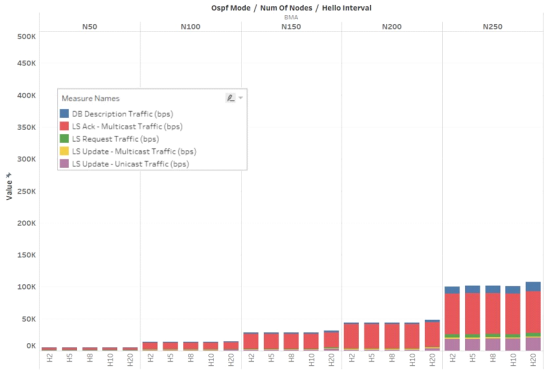

Fig. 9 OSPF Message Overhead in Partial BMA Network

따라 OSPF 메시지 유통량도 증가함을 확인할 수 있다. 또한, NBMA 모드에서 최대 520 Kbps의 OSPF 메시지 오버헤드가 유통되는 반면에 본 논문에서 제안하는 제한적 BMA 모드의 경우 최대 110 Kbps의 OSPF Hello 메시지 오버헤드만 유통되었다. 이것은 제한하는 네트워크 구조에서 Hub 단말의 브로드캐스팅 채널을 통해 OSPF LSA 및 LSU 메시지를 Spoke 단말들에게 송신할 수 있기 때문이다.

그림 10에 DAMA MF-TDMA네트워크에서 Spoke 단말 간 트래픽 처리량 시뮬레이션을 위한 망 구성을 나타낸다. src_c1이 트래픽을 생성 및 송신하면 class1_0 단말 -> 위성중계기 -> class1_1 단말을 통해 dst_c1이 트래픽을 수신하는 구조이며, 이러한 방식으로 총 4 종류의 트래픽에 대한 송수신 처리율을 측정하였다. 그림 11과 같이 4개의 mesh 경로를 통해 생성된 트래픽이 정상적으로 송수신되는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 DAMA MF-TDMA네트워크에서 본 논문에서 제안하는 제한적 BMA 모드 및 D-ARP 방식을 적용하여 Full Mesh 라우팅이 지원 가능함을 확인할 수 있었다.

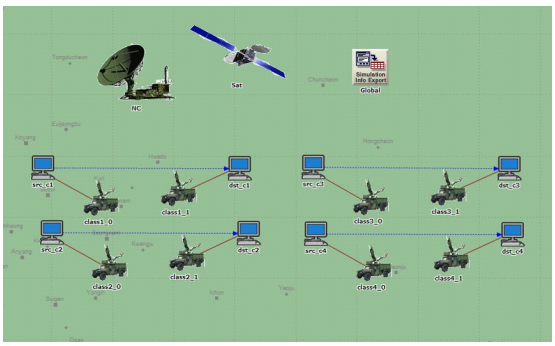

Fig. 10 Simulation Topology for Mesh Traffic

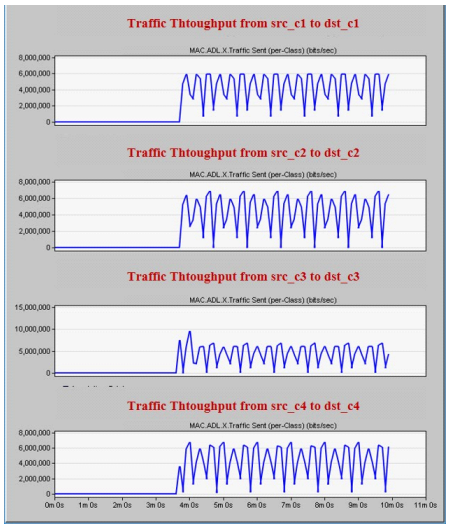

Fig. 11 Full Mesh Traffic Throughput in Partial BMA Network

Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 DAMA 기반 MF-TDMA 위성시스템에서 Full Mesh 라우팅을 지원하기 위해 제한적 BMA 네트워크 구조와 D-ARP 기법을 제안하였고, 네트워크 시뮬레이션을 통해 성능을 분석하였다. 제한적 BMA 네트워크 구조를 통해 기존의 상용 라우터 및 라우팅 프로토콜을 위성시스템에 바로 적용할 수 있으며, 라우팅 메시지 오버헤드 또한 경감시킬 수 있음을 확인하였다. 그리고 브로드캐스팅 통신이 제한되는 위성시스템에서 D-ARP 기법을 사용하여 Spoke 단말 간 ARP 동작을 지원함으로써 Full Mesh 라우팅 및 통신 기능이 제공됨을 확인할 수 있었다.

REFERENCES

[1] K. B. Jung, S. I. Kim, and J. H. Lee, “The Required Performance Analysis of a DAMA Network Controller for Military Satellite Communications System,” in *Proceedings of the 2002 Agency for Defense Development Conference*, ADD, 2002.

[2] J. Wiss and R. Gupta, “The WIN-T MF-TDMA Mesh

Network Centric Waveform," in *Proceedings of the 26th IEEE Conference on Military Communications(MILCOM 2007)*, 2007.

[3] ETSI EN 301 790 V1.4.1, *Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction Channel for Satellite Distribution Systems*, ETSI, 2005.

[4] B. Li, Z. Fei, C. Zhou, and Y. Zhang, "Physical-Layer Security in Space Information Networks: A Survey," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 33-52, 2019.

[5] S. Wu, X. Chen, L. Yang, C. Fan, and Y. Zhao, "Dynamic and Static Controller Placement in Software-Defined Satellite Networking," in *Acta Astronautica*, vol. 152, pp. 49-58, 2018.

[6] Y. S. Lee, H. J. Hong, J. S. Lim, B. S. Woo, and B. G. Jo, "A Study of Dynamic IP Routing Protocol for Satellite and Terrestrial Integrated Military Tactical Networks," in *Proceedings of Korea Institution of Communication Systems Summer Conference*, pp. 674-675, Jun. 2014.

[7] B. Evans, M. Werner, E. Lutz, M. Bousquet, G. E. Corazza, G. Maral, R. Rumeau, and E. Ferro, "Integration of Satellite and Terrestrial Systems in Future Multimedia Communications," in *IEEE Wireless Communications*, vol. 12, no. 5, pp. 72-80, Oct. 2005.

[8] J. Sun, M. Wang, L. Prior, T. Gibbons, and J. Wysocarski, "Dynamic Routing with Link State Information in ADNS and Future SATCOM Networks," in *Proceedings of the 28th IEEE Conference on Military Communications(MILCOM 2009)*, pp. 1226-1232, Oct. 2009.

[9] T. Taleb, Y. Hadjadj-Aoul, and T. Ahmed, "Challenges, Opportunities, and Solutions for Converged Satellite and Terrestrial Networks," in *IEEE Wireless Communications*, vol. 18, no. 1, pp. 46-52, Feb. 2011.

[10] IETF RFC 1771, *A Border Gateway Protocol 4(BGP-4)*, IETF, 1995.

[11] K. C. Go and J. H. Kim, "Design of Routing Scenarios for Terrestrial Network Interworking with Satellite Network," IEICE Technical Report SANE2012-93, pp. 207-210, 2012.

[12] K. C. Go and J. H. Kim, "Design of Network Architecture for Routing in Terrestrial and Satellite Network," in *Proceedings of the International Global Navigation Satellite Systems Society(IGNSS 2013)*, Queensland, Australia, July. 2013.

[13] N. Singh and L. Shrivastava, "Impact of Antenna model with the variation of speed for Reactive and Hybrid routing protocols in Mobile Ad-Hoc Networks," in *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities*, and Sociology, ISSN:2383-5281, vol. 5, no. 5, Oct. pp. 17-27, 2015.

[14] S. Hwang, "Mesh Routing Algorithm for TDMA Based Low-power and Ad-hoc Networks," in *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 18, no. 8, 2014.

[15] IETF RFC 2328, *OSPF Version 2*, IETF, 1998.

김 문(Moon Kim)

한국항공대학교 항공통신정보공학과 학사
한국항공대학교 정보통신공학과 공학석사
한국항공대학교 정보통신공학과 공학박사
한화시스템 다계층네트워크팀 수석연구원
※관심분야 : 위성통신, 라우팅, mobility, QoE