

MF-TDMA DAMA 위성통신 시스템에서의 자원할당정보 정렬 알고리즘 가변 선택기법 연구

박남형^{1*}, 한주희², 한기문²
¹한화시스템, ²국방과학연구소

Resource Allocation Information Sorting Algorithm Variable Selection Scheme for MF-TDMA DAMA Satellite Communication System

Nam Hyoung Park^{1*}, Joo-Hee Han², Ki Moon Han²
¹Hanwha Systems
²Agency for Defense Development

요약 현대 사회에서는 기술의 고도화와 인간의 생활 영역이 확대됨에 따라 시간과 장소의 제약 없이 고품질 음성, 영상 등의 통신 서비스를 제공 받고자하는 요구가 증가하고 있다. 이러한 요구에 대응하여 지역적인 거리에 영향을 받지 않고 광범위한 통신 반경을 제공하고 다중접근이 가능한 위성 통신 시스템이 나날이 발전하고 있으며 DVB-RCS, WIN-T 등의 위성 통신 체계에서는 효율적인 자원 할당을 위해 복수의 주파수 대역에서 시간을 분할하여 할당하는 기법인 MF-TDMA DAMA 다중접속 방식을 사용하고 있다. 이 방식의 경우, 망제어기에 위성 단말들이 주기적으로 자원을 요청하고 이에 따라 망제어기는 동적으로 자원을 할당하게 되므로 수시로 자원할당 정보의 정렬이 필요하다. 이런 정렬 시간의 단축은 원거리 송수신에 의해 긴 전송지연 시간이 발생하는 위성 통신 시스템에서는 더욱더 중요한 요소로 작용한다. 본 논문은 MF-TDMA DAMA 위성통신 시스템에서 자원할당 정보 정렬 시 최대 프레임 개수를 임계값으로 두고 임계값을 기준으로 정렬 알고리즘을 교차 선택하여 정렬 시간을 단축하는 정렬 알고리즘 가변 선택 기법을 제안한다.

Abstract In modern society, as technology has advanced and human life area has expanded, there has been an increasing demand for high-quality voice and video communications services without restrictions on time and place. In response to this demand, satellite communications systems that provide a wide range of communications and that offer multiple access are evolving day by day. In satellite communications systems such as Digital Video Broadcasting - Return Channel Via Satellite (DVB-RCS) and Warfighter Information Network-Tactical (WIN-T), the multi-frequency time division multiple access (MF-TDMA) demand assigned multiple access (DAMA) scheme is used for efficient resource allocation. In this scheme, since the satellite terminals periodically request resources from the network controller, and the network controller dynamically allocates resources, it is necessary to arrange resource allocation information from time to time. Shortening of the alignment time is a more important factor in a satellite communications system in which a long transmission delay occurs due to long-distance transmission and reception. In this paper, we propose a sorting algorithm variable-selection scheme that shortens the sorting time by cross-selecting the sorting algorithm based on a threshold value, while setting the number of frames in the MF-TDMA DAMA satellite communications system as the threshold value.

Keywords : DAMA, MF-TDMA, Resource Allocation, Satellite Communication, Sorting Alogorithm

*Corresponding Author : Nam Hyoung Park(Hanwha Systems)

email: manbro1218@hanwha.com

Received October 21, 2019

Revised December 6, 2019

Accepted February 7, 2020

Published February 29, 2020

1. 서론

현대 사회에서는 기술의 고도화와 인간의 생활영역이 확대됨에 따라 시간과 장소의 제약 없이 고품질 음성, 영상 등의 통신 서비스를 제공받고자하는 요구가 증가하고 있다. 이러한 요구에 대응하여 지역적인 거리에 영향을 받지 않고 광범위한 통신 반경을 제공하며 다중접근과 브로드캐스팅이 가능한 위성통신 시스템이 나날이 발전하고 있는 추세이다. 위와 같은 여러 가지 이점으로 인해 위성통신 시스템은 군 통신의 주요 지휘통제 시스템으로 사용되고 있을 뿐만 아니라 국가재난통신 시스템으로도 활용되고 있다. 이런 목적의 시스템은 안정적인 데이터 전송이 중요한 요소이나 위성통신 시스템의 특성상 운용 비용이 크다는 단점을 가지고 있어 위성자원인 통신 채널을 효율적으로 사용할 수 있는 자원할당 기법을 사용해야 한다.

다중 주파수-시분할 다중접속(MF-TDMA: Multiple Frequency-Time Division Multiple Access, 이하 MF-TDMA) 방식은 시분할 다중접속(TDMA: Time Division Multiple Access, 이하 TDMA) 방식과 주파수 분할 다중접속(FDMA: Frequency Division Multiple Access, 이하 FDMA) 방식의 이점을 모두 가지는 기법으로 복수의 주파수 대역에서 시간을 분할하여 사용함으로써 통신 채널의 효율을 증대시키는 다중접속 방식이다. 그리고 자원할당 관점에서 요구할당 다중접속(DAMA: Demand Assigned Multiple Access, 이하 DAMA) 방식은 위성 단말이 사용할 자원을 고정적으로 사전에 할당하는 방식인 고정할당 다중접속(PAMA: Preassigned Multiple Access, 이하 PAMA) 방식과 달리 위성 단말의 자원할당 요청이 발생함에 따라 가변적으로 자원을 할당하여 자원 이용 효율을 높일 수 있는 방식이다. 이런 이점으로 인해 유럽 통신 표준인 유럽 전기 통신 표준 협회(ETSI: European Telecommunication Standard Institute, 이하 ETSI)의 디지털 영상 양방향 위성방송(DVB-RCS: Digital Video Broadcasting - Return Channel via Satellite, 이하 DVB-RCS), 미군의 군용 위성통신 기술인 전투원 전술정보 네트워크(WIN-T: Warfighter Information Network Tactical, 이하 WIN-T) 등에서는 자원할당을 위한 다중접속방식으로 MF-TDMA DAMA 방식을 사용하여 다수의 단말로 부터 음성, 영상 등 다양한 멀티미디어 서비스 제공 시 자원할당의 효율성을 높이고 있다.

MF-TDMA DAMA 위성통신 시스템과 관련하여 수

행되고 있는 관련 연구를 살펴보면 DVB-RCS 표준에서 낭비 없이 분할된 자원을 사용자에게 할당할 수 있는 방안과 각 단말들의 서비스 요구조건에 따라 자원을 측정하여 시간, 주파수 자원을 분할하는 방안 등이 연구되고 있으며 WIN-T와 같은 군 위성통신과 관련해서는 이기종 단말 운용을 고려하여 전력제어 기반으로 자원을 할당하는 방안, 데이터 트래픽의 신속한 전송을 위한 다중슬롯 예약 방안, 완전 메시형(Full Mesh) 환경, 분산망, 위성/지상 연동망, 항재밍 등의 특성 등을 고려한 자원할당 및 IP 네트워킹을 위한 연구, 패킷 데이터 처리를 통해 주파수 자원의 효율성을 극대화하는 방안 등이 연구되고 있다[1-12].

이런 MF-TDMA DAMA 위성통신 시스템에서는 이미 링크에 연결되어 있는 단말들의 요청 자원량이 변하거나 신규 위성 단말과 새로 링크가 성립되어 위성 단말이 추가, 링크 연결 종료에 의해 위성 단말이 삭제되는 등 자원할당 요청의 변화에 따라 망제어기에서는 수시로 자원을 재할당해야 하므로 자원할당정보를 주파수 및 시간 순으로 정렬하는데 소요되는 시간의 단축은 원거리 송수신에 의해 긴 전송지연 시간을 가지는 위성통신시스템에 더욱더 중요한 요소로 작용할 것이다. 본 논문은 이러한 MF-TDMA DAMA 위성통신 시스템의 자원할당 정보 정렬 시 매체 접근 제어(MAC: Media Access Control, 이하 MAC) 프레임 개수, 즉 위성 단말이 보내는 자원할당 요청량을 임계값으로 두고 임계값을 기준으로 정렬 알고리즘을 교차 선택하여 정렬 시간을 단축하는 정렬 알고리즘 선택 기법을 제안한다. 제안하는 기법의 성능을 검증하기 위해 각 정렬 알고리즘별로 최대 MAC 프레임 개수에 따른 정렬 시간을 비교한다.

본 논문의 구조는 다음과 같다. 먼저 2장에서는 DVB-RCS와 WIN-T 위성 표준을 참고하여 MF-TDMA DAMA 프레임 구조 및 자원할당 과정을 분석하고 3장에서는 일반적인 정렬 알고리즘과 제안하는 자원할당정보 정렬 알고리즘 가변 선택 방식을 설명한다. 4장에서는 모의실험을 통해 제안 방식의 성능을 검증하고 마지막으로 5장에서는 결론 맺는다.

2. MF-TDMA DAMA 위성통신 프레임 구조 및 자원할당과정

MF-TDMA 다중접속방식은 시간 축 뿐만 아니라 주파수 축에서도 무선 자원인 통신 채널을 동시 할당 운용

하여 넓은 범위에서 위성 단말이 요구하는 전송량에 따른 가변적인 자원 할당이 용이해 다수의 단말이 자원을 공유하여 사용하는 것이 가능한 구조이다. 또한 DAMA 다중접속방식은 위성 단말의 요구 전송량의 변화에 유동적으로 통신 채널에 자원을 할당하여 영구 또는 반영구적으로 사전에 자원을 할당하는 PAMA 방식에 비해 자원을 효율적으로 사용할 수 있다. MF-TDMA DAMA 방식을 사용하는 대표적인 위성통신체계는 WIN-T와 DVB-RCS 표준이 있다. 두 표준을 통해 MF-TDMA DAMA 방식의 프레임 구조 및 자원할당 과정을 살펴보면 아래와 같다.

2.1 MF-TDMA DAMA 프레임 구조 및 자원할당 구성요소

두 표준에서 설명하는 MF-TDMA DAMA 방식의 프레임 구조 및 자원할당 구성요소를 살펴보면 Fig. 1과 같다.

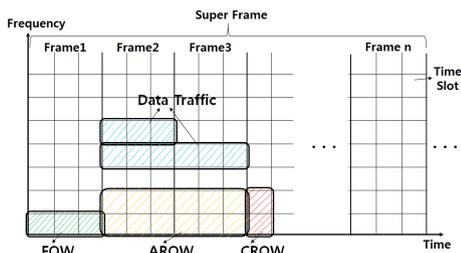


Fig. 1. Frame Structure and Resource Allocation Elements of MF-TDMA

위에서 설명한 바와 같이 MF-TDMA DAMA 방식은 주파수와 시간을 활용하여 자원을 할당한다. 자원할당을 위해 타임슬롯을 기본 단위로 사용하고 있으며 다수의 타임 슬롯을 하나의 프레임 단위로 나타낸다. 또한 DVB-RCS 표준에서는 여러 개의 프레임을 하나의 슈퍼 프레임 구조로 하여 최상위 프레임 단위로 사용한다. 위성 단말들은 망제어기에 주기적으로 자원을 요청하고 망제어기는 각 위성 단말들의 독립적인 자원 운용을 위해 슈퍼 프레임을 할당하여 위성 단말 간 통신을 수행하게 된다. MF-TDMA DAMA 위성통신 시스템에서의 자원 할당 구성요소를 살펴보면 아래와 같다. 주파수 채널과 시간 구간의 프레임에 타임슬롯을 할당하는 방식으로 자원할당 및 송수신 제어를 위한 제어 채널과 실제 음성, 영상 등의 데이터 전송을 위한 트래픽 채널로 구성된다. WIN-T 표준에서는 자원할당을 위한 제어 채널을 FOW(Forward Order Wire), AROW(Assigned Return

Order Wire), CROW(Contention Return Order Wire)로 나누어 사용한다. DVB-RCS 표준에서도 용어가 다를 뿐 동일한 형태의 제어 채널을 사용하고 있다. FOW 채널의 경우는 망제어기에서 위성 단말로 자원할당 및 제어 정보를 전달하는 포워드 링크로 채널 할당 정보 및 세션 연결, 기타 제어 정보를 전달한다. AROW 채널은 단말 하나당 채널 하나를 할당하여 충돌 없이 위성 단말에서 망제어기로 자원을 할당하기 위한 정보를 전달하는 리턴 링크이다. CROW 채널의 경우는 랜덤 액세스 기법을 사용하여 충돌을 감소하고 위성 단말로부터 망제어기로 자원할당 및 제어 정보를 전달하는 채널이다.

제어 채널로 사용한 채널을 제외한 나머지 모든 채널은 음성 및 영상 등의 데이터 전송에 사용되는 트래픽 채널로 할당하여 사용하게 되며 트래픽 채널의 경우, CRA(Continuous Rate Assignment), VBDC(Volume Based Dynamic Capacity)와 RBDC(Rate Based Dynamic Capacity)로 나눈다. CRA는 위성 단말 초기화시 고정적으로 할당 받는 트래픽 채널이며 VBDC와 RBDC는 동적으로 채널을 할당하는 방식으로 VBDC는 위성 단말 자신에게 쌓여있는 데이터 버퍼를 기준으로 요청량에 맞추어 할당 받는 채널이며, RBDC의 경우는 필요한 전송률을 단말이 측정하여 망제어기에게 자원 할당을 요청하여 할당받는 채널이다. 다음으로 Fig. 1의 프레임 구조 예시를 통해 MF-TDMA DAMA 프레임에 주파수 및 시간 축에 각 자원할당정보가 어떻게 할당되었는지를 살펴보면 좌측 하단의 3개 타임슬롯에 FOW 정보가 바로 우측의 12개의 타임슬롯에는 AROW 정보를 그리고 2개의 타임슬롯에는 CROW 정보, 마지막으로 중앙 부근 9개의 타임슬롯에는 VBDC 또는 RBDC의 데이터 트래픽 채널이 할당된 모습을 보여주고 있다. 2.2 절에서는 앞에서 설명한 프레임 구조에 자원할당 구성요소들이 할당되는 과정을 살펴본다.

2.2 MF-TDMA DAMA 자원할당과정

위에서 설명한 바와 같이 MF-TDMA DAMA 방식은 주파수와 시간을 활용하여 자원을 할당한다. 자원할당을 위해 MF-TDMA DAMA 위성통신 시스템에서의 자원할당 과정을 살펴보면 Fig. 2와 같다.

망제어기와 위성 단말은 망제어기를 기준으로 시간 동기를 맞춘다. 그 후 위성 단말에서는 기 할당된 AROW 채널 정보를 이용하여 망제어기에 자원할당을 요청한다. 망제어기에서는 위성 단말들의 자원할당정보를 종합하여 서로 통일된 포맷에 맞춰 자원할당 맵인 TBTP(Time

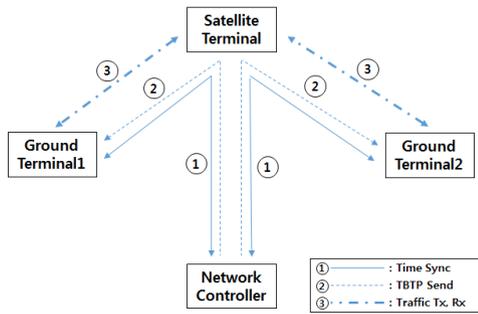


Fig. 2. Resource Allocation Process of MF-TDMA DAMA

Burst Terminal Plan) 정보를 만든다. TBTP 정보는 FOW 채널을 통하여 망제어기에서 모든 위성 단말들에게 전송하고 각 위성 단말은 TBTP 정보를 통해 자원할당 관련 정보를 얻게 되고 이를 주파수 채널과 시간 구간에 정렬함으로써 정렬된 채널에 따라 각 단말들에게 데이터를 전송하게 된다.

3. 자원할당정보 정렬 알고리즘 및 제안기법

망제어기에서는 위성단말들로부터 요청받은 제어 채널 및 트래픽 채널의 자원할당정보를 다중 주파수 채널에 시간 순으로 정렬되어야 송수신이 가능하기 때문에 이를 위해 아래에서 설명할 삽입 정렬, 버블 정렬, 선택 정렬, 퀵 정렬과 같은 정렬 알고리즘을 사용하여 정렬을 수행하는 과정이 이루어지게 된다. 또한 다수의 단말이 통신을 요청할 경우 각 단말들은 자원할당정보를 수시로 최신화하는 과정을 거치게 되어 정렬에 소요되는 시간이 길어지게 되므로 정렬 알고리즘 중 소요시간이 작은 알고리즘을 사용하는 것은 중요한 요소로 작용한다. 우선 3.1 절에서 일반적으로 사용되는 정렬 알고리즘들에 대해 설명하고 3.2 절에서는 정렬 소요시간 단축을 위한 정렬 알고리즘 선택 기법을 설명한다.

3.1 정렬 알고리즘

일반적으로 많이 사용되는 정렬 알고리즘 방식에는 삽입정렬, 버블정렬, 선택정렬, 퀵정렬이 있으며 각 정렬 알고리즘의 특성을 살펴보면 아래와 같다.

3.1.1 삽입정렬

배열을 정렬된 부분과 정렬 안 된 부분으로 나누고, 정

렬 안 된 부분의 가장 왼쪽 원소를 정렬된 부분의 적절한 위치에 삽입하여 정렬되도록 하는 정렬 알고리즘 방식이다. 이 정렬 방식의 시간 복잡도는 아래와 같다.

- 최선 시간 복잡도: $O(n)$ (1)
- 평균 시간 복잡도: $O(n^2)$ (2)
- 최악 시간 복잡도: $O(n^2)$ (3)

3.1.2 버블정렬

버블정렬 알고리즘은 이웃하는 숫자를 비교하여 작은 숫자를 앞으로 이동시키는 과정을 반복함으로써 수행되는 비교 정렬 알고리즘이다. 이 알고리즘의 시간 복잡도를 살펴보면 아래와 같다.

- 최선 시간 복잡도: $O(n)$ (4)
- 평균 시간 복잡도: $O(n^2)$ (5)
- 최악 시간 복잡도: $O(n^2)$ (6)

3.1.3 선택정렬

선택정렬은 전체 숫자 중 최솟값을 선택하여 배열의 첫 번째 원소와 자리를 바꾸고 다음 첫 번째 원소를 제외한 나머지 원소에서 최솟값을 선택하여 그 다음 원소와 자리를 바꾸는 과정을 반복하는 정렬 알고리즘이다. 이 알고리즘의 시간 복잡도를 살펴보면 아래와 같다.

- 최선 시간 복잡도: $O(n^2)$ (7)
- 평균 시간 복잡도: $O(n^2)$ (8)
- 최악 시간 복잡도: $O(n^2)$ (9)

3.1.4 퀵정렬

퀵정렬은 다른 원소와의 비교만으로 정렬을 수행하는 비교 정렬이다. 퀵정렬은 분할 정보(divide and conquer) 방법을 통해 정렬이 이루어진다. 퀵정렬의 최악 시간 복잡도, 최선 시간 복잡도, 평균 시간 복잡도는 아래와 같다.

- 최선 시간 복잡도: $O(n \log(n))$ (10)
- 평균 시간 복잡도: $O(n \log(n))$ (11)
- 최악 시간 복잡도: $O(n^2)$ (12)

3.2 제안기법

위의 정렬 알고리즘들을 살펴보면 이미 어느 정도 정

렬이 이루어져있는 환경에서는 삽입정렬이 빠르며 일반적으로 정렬이 되어있지 않은 무작위한 상황 하에서는 퀵정렬이 가장 빠름을 예측해 볼 수 있다. MF-TDMA DAMA 방식 위성통신 시스템에서 망제어기로 위성단말들이 큰 용량의 연속적인 트래픽 채널들을 요청할 경우 프레임이 이미 정렬되어진 부분이 많게 되므로 삽입정렬이 효과적인 정렬 알고리즘으로 판단할 수 있고, 그에 반해 큰 용량의 트래픽 채널이 없는 경우, 즉 연속되는 최대 프레임 개수가 작을 경우, 퀵정렬이 효율적인 정렬 알고리즘임을 추측해 볼 수 있다. 본 논문에서는 DVB-RCS 표준 문서에서 정의한 프레임 길이를 파라미터로 활용하여 연속되는 최대 프레임 개수에 따른 각 정렬 알고리즘들의 정렬시간을 비교한다[13-15]. 그리고 기존 하나의 정렬 알고리즘을 고정하여 사용하는 방법 대신 삽입정렬과 퀵정렬의 정렬시간이 교차되는 지점의 연속되는 최대 프레임 개수를 임계값으로 두고 임계값에 따라서 삽입정렬 또는 퀵정렬 중 소요시간이 짧은 정렬 알고리즘을 교차 선택하여 정렬과정에서 지연되는 시간을 줄이는 기법을 제안한다.

4. 모의시험 결과

DVB-RCS 표준에서 명시한 프레임 크기를 바탕으로 Table 1과 같은 파라미터를 구성 후 이를 활용하여 하나의 단말 최대 자원할당 개수, 즉 최대 MAC 프레임 개수를 1000개까지 순차적으로 증가시켜가며 선택정렬, 버블정렬, 삽입정렬, 퀵정렬 알고리즘을 이용하여 자원할당 정보를 정렬하였을 경우, 각 정렬 알고리즘별 걸리는 정렬시간을 모의시험 하였다.

Table 1. Simulation Parameter

Parameter	Value
Frame Size	450ms
Timeslot Size	10us
MaximumTerminal Count	250
Simulation Count	100000
Sorting Algorithm	Selection Sorting, Bubble Sorting, Insertion Sorting, Quick Sorting

4개의 정렬 알고리즘의 정렬시간을 비교한 결과 Fig. 3과 같은 결과를 얻었다. Fig. 3의 가로축은 최대 MAC 프레임 개수, 세로축은 정렬소요시간이다. 버블정렬이 가

장 오랜 정렬시간을 그 다음으로 선택정렬이 오래 걸림을 알 수 있다. 삽입정렬과 퀵정렬의 경우는 버블정렬과 선택정렬에 걸리는 소요시간에 비해 정렬시간이 짧고 비슷한 결과를 얻었음을 알 수 있다.

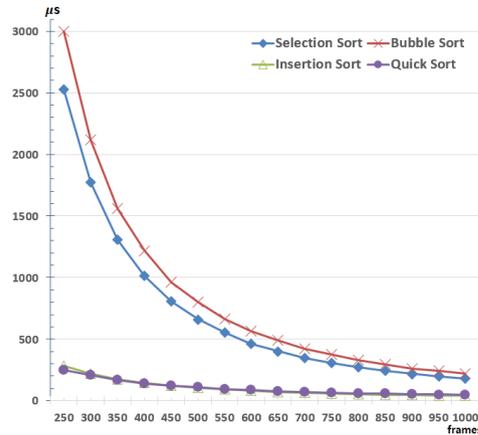


Fig. 3. Sorting Time by Sorting Algorithms for Maximum MAC Frame Count

Fig. 3을 통해 확인하였을 때 삽입정렬과 퀵정렬 알고리즘간의 정렬소요시간을 비교하기에는 한계가 있으므로 두 개의 정렬 알고리즘만을 가지고 정렬시간 축의 스케일에 변화를 준 후 다시 그래프로 나타내면 Fig. 4와 같다. 아래의 그림을 통해 알 수 있듯 최대 MAC 프레임 개수가 450개 보다 작을 경우, 퀵정렬 알고리즘의 정렬소요시간이 작았으며 450개 보다 클 경우에는, 삽입정렬

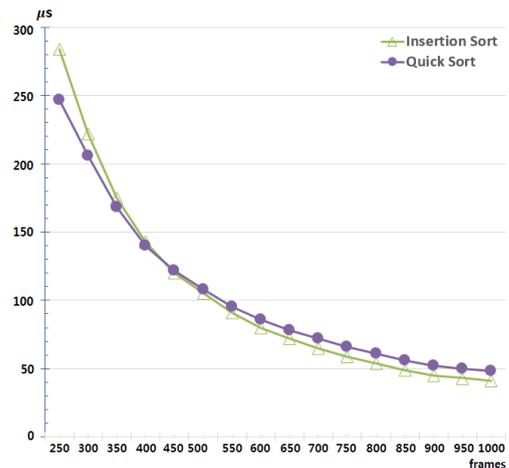


Fig. 4. Insertion, Quick Algorithm Sorting Time for Maximum Frame Count

알고리즘이 킥정렬 알고리즘 보다 정렬시간이 적게 소요됨을 알 수 있다. 이를 통해 최대 MAC 프레임 개수가 450개인 지점을 임계값으로 두고 이보다 작을 경우, 킥정렬 알고리즘을 클 경우, 삽입정렬 알고리즘을 선택 후 자원할당정보를 정렬한다며 정렬소요시간을 감축할 수 있음을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 MF-TDMA DAMA 위성시스템에서 자원할당정보 정렬 시간을 단축시킬 수 있는 기법을 제안하였다. MF-TDMA DAMA 위성시스템을 통해 음성, 영상 등의 통신을 요구하는 각 단말들의 주기적인 자원 요청에 의해 망제어기에서는 수시로 자원할당정보를 정렬하는 과정이 이루어지며 이 정렬시간을 단축하는 것은 원거리 통신으로 인한 긴 전송지연 시간에 의해 전송 시간에 크게 영향을 받는 위성시스템에 중요한 요소로 작용한다. 본 논문에서는 단말이 요청한 자원의 크기, 즉 최대 MAC프레임 개수를 임계값으로 두고 이 프레임 개수의 변화에 따라 삽입정렬 알고리즘 또는 킥정렬 알고리즘을 선택하는 기법을 제안하고 실제 모의시험을 통하여 정렬 시간이 단축됨을 확인하였다.

본 논문에서는 실제 유럽 표준에 명시된 파라미터를 활용하여 충분한 횟수의 반복 과정을 거쳐 모의시험을 진행하여 결론을 도출하였으나 각 파라미터들을 미지수로 두고 수식으로 일반화하는 연구가 진행된다면 어떤 파라미터의 MF-TDMA DAMA 방식의 위성통신 시스템을 구성하느냐에 관계없이 적절한 임계값을 수식으로 구할 수 있어 좀 더 일반화되고 의미있는 연구가 될 수 있을 것으로 판단된다.

References

[1] M. Tropea, P. Fazoi, F. D. Rango, A. F. Santamaria "Novel MF-TDMA/SCPC switching algorithm for DVB-RCS/RCS2 return link in railway scenario", *IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 52, pp.275-287, Jan, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TAES.2015.140502>

[2] J. R. Bejarano, C. M. Nieto, F. J. R. Pinar, "MF-TDMA Scheduling Algorithm for Multi-Spot Beam Satellite Systems Based on Co-Channel Interference Evaluation", *IEEE Access*, vol.7, pp.4391-4399, Jul,

2019.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2887167>

[3] Q. Wang, G. Ren, S. Gao, K. Wu, "A Framework of Non-Orthogonal Slotted Aloha (NOSA) Protocol for TDMA-Based Random Multiple Access in IoT-Oriented Satellite Networks", *IEEE Access*, vol.6, pp. 77542-77553, Nov, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2883399>

[4] J. Wiss, R. Gupta, "The WIN-T MF-TDMA Mesh Network Centric Waveform", *MILCOM 2007 - IEEE Military Communications Conference*, pp.1-6, Oct, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1109/MILCOM.2007.4454797>

[5] M. Carosino, J. A. Fraire, J. A. Ritcey, "Integrating Scheduled DTNs and TDMA-based MAC Sublayers: Preliminary Results", *IEEE International Conference on Wireless for Space and Extreme Environments (WiSEE)*, IEEE, AL, USA, pp.1-6, Dec, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2883399>

[6] J. Heo, Y. H. Choi, "Design of An Effective Resource Allocation System in the Satellite Network using MF-TDMA DAMA Method", *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, vol.17, no.3, pp. 85-93, March, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.9708/jksci.2012.17.3.085>

[7] S. H. Lee, M. W. Lee, J. S. Lim, "A Virtual Allocation Based Dynamic Assigned Multiple Access Scheme in Multi-Frequency TDMA Satellite Networks", *The Journal of Korean Institute of Communications and Informations Sciences*, vol.43, no.2, pp.219-226, Feb, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.7840/kics.2018.43.2.219>

[8] M. K. Park, M. S. Shin, H. H. Hong, D. I. Chang and D. G. Oh, "Link Layer technologies for DVB-RCS NG", *ETRI Journal*, vol.99, no.11, pp.1840-1857, Nov, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2010.J.250203>

[9] D. K. Ko, W. S. Yoon, "A Robust TDMA Frame Structure and Initial Synchronization in Satellite Communication", *The Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol.16, no.8, pp. 1631-1641, Aug, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.6109/ikiice.2012.16.8.1631>

[10] D. W. Lee, S. J. Lee, W. S. Yoon, "Implementation of IP Packet Data Transmission System for the Next Military Satellite Flyaway Satellite Terminal", *Korean Institute of Information Technology*, vol.14, no.4, pp. 51-59, April, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.14801/jkiit.2016.14.4.51>

[11] H. J. Noh, K. O. Go, K. H. Lee, J. H. Kim, J. S. Lim, Y. J. Song, "Resource Allocation and IP Networking for Next Generation Military Satellite Communications Systems", *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, vol.38c, no.11, pp.939-954, Nov, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.7840/kics.2013.38C.11.939>

[12] S. Woo, H. W. Park, H. S. Lee, Y. S. Yoo, B. G. Jung, "A

Power Control-Based MF-TDMA Resource Allocation Scheme for Next Generation Millitary Satellite Communication Systems", *The Journal of The Korean Institute of Communications Sciences*, vol.37, no.11, pp. 1138-1149, Nov, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.7840/kics.2012.37C.11.1138>

- [13] ETSI, Digital video broadcasting (DVB) : Interaction channel for satellite distribution systems, ETSI EN 301 790 (v.1.2.2), 2000.
- [14] ETSI, Connection Control Protocol (C2P) for DVB-RCS Specifications, ETSI TS 102 602(v.1.1.1), Jan, 2009.
- [15] ETSI, Connection Control Protocol (C2P) for DVB-RCS Background Information, ETSI TR 102 603 (v.1.1.1), Jan, 2009.

한 기 문(Ki Moon Han)

[정회원]



- 2016년 8월 : 충북대학교 정보통신공학과 (공학사)
- 2019년 2월 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 컴퓨터네트워크 (공학석사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 국방과학연구소 연구원

<관심분야>

네트워크 성능분석, 위성통신

박 남 형(Nam Hyoung Park)

[정회원]



- 2014년 8월 : 제주대학교 통신공학과 (공학사)
- 2016년 8월 : 한양대학교 공학대학원 전자컴퓨터통신공학과 (공학석사)
- 2016년 8월 ~ 현재: 한화시스템 선임연구원

<관심분야>

위성통신, 국방통신

한 주 희(Joo-Hee Han)

[정회원]



- 2001년 2월 : 충남대학교 컴퓨터과학과 (전산학석사)
- 2002년 2월 ~ 현재 : 국방과학연구소 선임연구원

<관심분야>

위성통신, SW공학