

Tactical MANET에서 실시간 서비스의 전송을 위한 멀티 홉 자원 예약 기반 분산형 MAC 프로토콜

(Distributed MAC Protocol based on the Multi-hop Resource Reservation for
Real-time Services in Tactical MANET : MRD-MAC)

차재룡*, 김재현*, 박우철**

*아주대학교, **방위사업청

요약

멀티 홉 기반 전투 이동 무선 망에서는 멀티 홉(multi-hop) 환경에서도 효율적인 데이터 전송이 보장 되는 것이 필요하며 기지국이 없는 환경에서 전술 및 전투 제대가 효율적으로 자체 망 구성 및 자원 할당을 수행하기 위한 기술이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 멀티 홉 환경에서 분산 기반 MAC 프로토콜을 제안하고, 데이터 및 실시간 서비스의 효율적인 전송이 가능하도록 하기 위한 자원 할당 기술을 제안한다. 마지막으로 수학적 분석을 기반으로 멀티 홉 환경에서 IEEE 802.11 MAC 프로토콜과의 성능 비교를 통하여 제안한 MRD-MAC 프로토콜의 성능을 평가한다.

I. 서론

멀티 홉을 기반으로 하는 전투 이동 무선 망(tactical mobile adhoc network : T-MANET)에서는 전장 정보의 신속한 후방 전송, 전투 노드 간 정보 교환 등을 위하여 데이터뿐만 아니라 음성서비스 등과 같은 실시간 서비스를 지원하는 것이 필요하다. 그러나 일반적으로 T-MANET은 노드 간 통신을 제어할 수 있는 주체가 없고 노드의 이동성에 의해 실시간으로 네트워크의 토폴로지가 변하기 때문에 실시간 서비스를 지원하는데 어려움이 있다. 또한 실시간 서비스의 전송 지연에 의해 서비스의 품질(quality of service : QoS)을 보장하기 어려우며, 특히 군 환경에서 군용 무전기, tactical personal data assistants(T-PDA) 등은 배터리의 용량이 제한되어 있기 때문에 이를 고려하여 MAC 프로토콜을 설계하는 것이 필요하다[1]. 일반적으로

T-MANET에서는 단일 홉(one-hop) 뿐만 아니라 멀티 홉(multi-hop) 환경에서도 효율적인 데이터 전송이 보장 되는 것이 필요하며 기지국이 없는 환경에서 전술 및 전투 제대가 효율적으로 자체 망 구성 및 자원 할당을 수행하기 위한 기술이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 멀티 홉 기반 전투 이동 무선망에서 실시간 서비스의 효율적인 전송을 지원하기 위한 분산 기반 medium access control(MAC) 프로토콜 및 자원 할당 기술을 제안한다.

II. 제안하는 MAC 프로토콜

1. 슈퍼프레임(superframe : SF) 구조

제안한 MRD-MAC 프로토콜은 SF를 기반으로 각 단말이 Orthogonal frequency-division multiple access (OFDMA) 기술을 이용하여 통신을 한다.

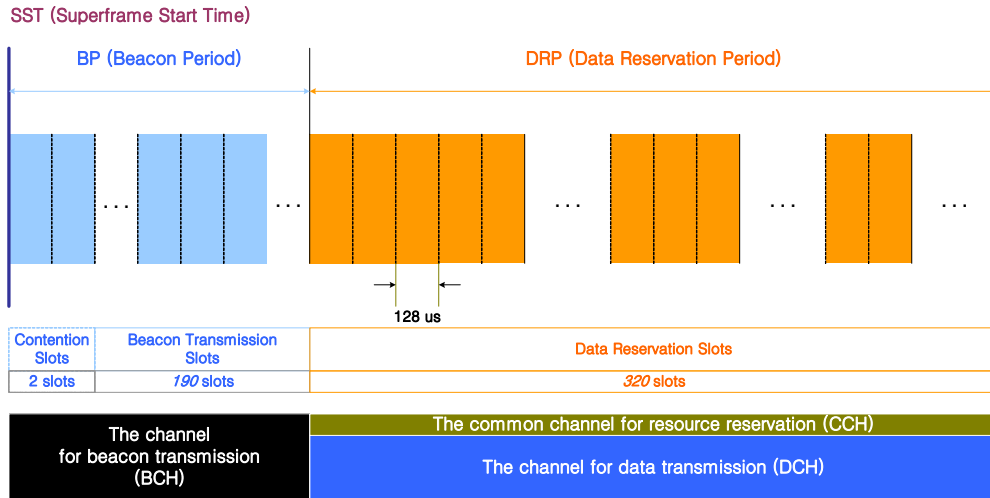


그림 1. MRD-MAC 프로토콜의 슈퍼프레임(SF) 구조

표 1. MRD-MAC 프로토콜에서 DRS 계산을 위한 파라미터

Parameter	Description	Value
f_c	Carrier frequency	445 MHz
BW	Bandwidth	10 MHz [2]
N_{FFT}	Number of points in full FFT(fast fourier transform)	1024 [2]
T_S	OFDMA symbol duration with cyclic prefix(CP)	102.86 us for CP=1/8 [2]
$T_{r/t}$	Tx/Rx(Rx/Tx) Turn around time	20 us [3]
$T_{MAC-proc}$	MAC processing delay	3 us [3]

그림 1은 제안하는 MRD-MAC 프로토콜의 SF 구조를 나타낸다. MRD-MAC 프로토콜에서 SF의 길이는 65,536 us이며 beacon을 전송하는 beacon period(BP)와 데이터 전송을 위한 data reservation period(DRP)로 구분된다. BP는 2개의 contention slots(CS)과 190 개의 beacon transmission slots(BTS)으로 구성되어 있다. CS는 초기에 네트워크에 참여하는 단말이 beacon slot(BS)을 할당 받기 위하여 사용되어 진다. Beacon은 beacon channel(BCH)을 통해 전송이 되는데 자원 예약 전에는 단순히 자신의 identity 정보와 BS 번호 정보만을 전송하여 다른 단말이 네트워크에 참여하도록 도와준다. 자원 예약 후에는 기본적인 기능뿐만 아니라 다른

노드에게 현재 자신의 DRP 구간에서의 자원 예약 상황 정보까지 포함시켜 전송을 해준다. DRP는 320개의 data reservation slot(DRS)으로 구성되어 있고 BP에서 BS를 할당받은 단말이 자원 예약하고 데이터를 전송하기 위해 사용된다. 반면 DRP는 하나의 공통된 채널(common channel : CCH)과 데이터 채널(data channel : DCH)로 구분되는데 각 노드는 CCH에서 carrier sensing multiple access(CSMA)를 기반으로 자원 예약을 수행하고 자원 예약이 완료되면 DCH에서 데이터를 전송한다.

2. BTS 크기 계산

SF에서 BTS의 크기(T_{BTS})와 DRS의 크기(T_{DRS})는 동일하며 표 1을 기반으로 다음 식과 같이 계산된다.

$$T_{BTS} \geq T_s + T_{r/t} + T_{MAC-proc} \quad (1)$$

즉, $T_s + T_{r/t} + T_{MAC-proc}$ 값이 $125.86\mu s$ 이므로 $128\mu s$ 로 설정한다.

3. 노드의 네트워크 참여

그림 2는 노드 E가 처음으로 네트워크에 참여하는 과정을 보여준다. 먼저 그림 2에서 노드 B와 C는 이미 네트워크에 참여하여 필요한 데이터를 송신 또는 수신 중이며, 이 때 SF에서 BS 정보는 그림 2-(가)와 같다고 가정한다. 또한 각 노드는 BP에서 자신이 전송할 BS를 제외한 나머지 BS에서 항상 다른 노드의 beacon을 수신할 수 있다고 가정한다. 노드 E는 네트워크에 참여하기 전 3 또는 4개의 SF 동안 다른 노드의 beacon을 수신하여 현재 BS의 점유 상태 및 SF의 시작 시점을 나타내는 superframe start time(SST)를 계산한다.

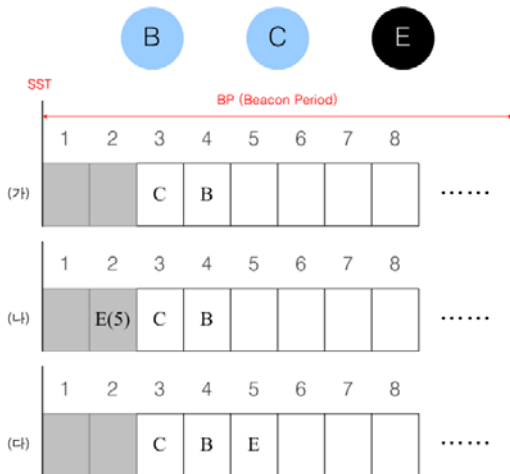


그림 2. 노드의 초기 네트워크 참여 과정

SST는 그림 3과 같이 노드 B, C의

beacon의 슬롯 번호 정보를 기반으로 계산된다. 노드 E는 SST 계산이 완료되면 노드 E는 두 개의 CS 중 임의로 하나를 선택하여 자신의 beacon을 전송한다(그림 2-(나)). 이 때 노드 E의 beacon은 노드 E의 identity 정보와 BP에서 노드 E가 사용할 BS 정보를 포함한다.

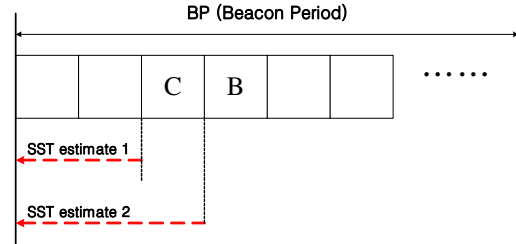


그림 3. 노드 E의 SST 계산 과정

노드 E가 3 또는 4개의 SF 동안 beacon을 전송하면 기존에 네트워크에 참여하고 있었던 노드 B와 C는 자신의 beacon 신호 내에 노드 E가 요청한 BS 정보(E(5))를 포함하여 전송한다. 만일 노드 E가 노드 B와 노드 C의 beacon을 수신하였을 때 자신이 요청한 beacon slot 정보가 포함되어 있으면 노드 E는 5번 BS를 사용하여 자신의 beacon을 전송한다(그림 2-(다)).

MRD-MAC 프로토콜에서 각 노드는 beacon 신호를 전송하는데, 자원 예약 전에는 단순히 자신의 identity 정보와 슬롯 번호 정보만을 전송하여 다른 단말이 네트워크에 참여하도록 도와준다. 자원 예약 후에는 기본적인 기능뿐만 아니라 다른 노드에게 현재 자신의 DRP 구간에서의 자원 예약 상황 정보까지 포함시켜 전송을 해준다.

4. 멀티 홉 기반 자원 예약 과정

MRD-MAC 프로토콜에서 데이터 전송을 원하는 노드는 SF의 DRP에서 CCH를 기반으로 reservation request(RREQ), reservation response(RRES) 및 reservation confirmation(RCONF) 메시지를 이용하여 DCH에서 사용할 자원(슬롯)을 예약한다. 각 메시지의 기능 및 역할을 살펴보면 표 2와 같다.

표 2. 자원 예약 메시지 필드 및 역할

메시지 필드	역 할
Preamble	수신노드의 메시지 동기(sync.)
Reservation message type	RREQ, RRES, RCONF 등을 의미
Reservation type	Simplex 또는 duplex 모드
Flow number	각 노드의 플로우 번호
Source address	소스 노드 주소
Destination address	목적지 노드 주소
Sender address	해당 메시지를 전송하는 노드의 주소
Required slot size	필요한 자원 양 (슬롯 수)
Next hop address	데이터를 전송할 Next-hop 노드의 주소
Free channel list	가용한 채널 리스트
Resource map	DRP 구간에서 자원 사용 현황 (bit map)
Forward selected channel	Simplex 모드에서 선택된 채널
Forward selected slot	Simplex 모드에서 선택된 슬롯

4.1 Simplex 모드에서의 자원 예약

본 절에서는 멀티 홉 환경에서 데이터의 흐름이 단방향 일 때 자원을 예약하는 방식 (simplex 모드)에 대하여 설명한다. 데이터의 흐름이 양방향일 때 자원을 예약하는 방식(duplex 모드)은 simplex 모드와 비슷하며 본 논문에서는 지면 관계상 duplex 모드에서의 자원 예약 방식에 대한 설명은 생략한다.

4.1.1 Simplex 모드에서 순방향 자원 예약

Simplex 모드에서의 자원 예약 과정은 각 노드가 RREQ 메시지를 전송할 때(순방향 전송)와 RRES 메시지를 전송할 때(역방향 전송)로 구분할 수 있다. 먼저 순방향 전송에서 소스 노드, 중간 노드 및 목적지 노드에서 메시지 처리과정을 살펴보면 다음과 같다.

4.1.1.1 소스 노드(source node)

-데이터 전송을 위하여 자원 예약을 시작 (initiation)하는 소스 노드는 RREQ 메시지를 생성하여 브로드캐스팅(broadcasting) 한다.

-소스 노드가 RREQ 메시지를 전송한 후 다른 노드로부터 자신이 전송한 RREQ 메시지와 같은 메시지를 수신하면 해당 메시지를 파기 (discard)하고 대기 한다.

4.1.1.2 중간 노드(relay nodes)

-중간 노드는 RREQ 메시지의 Destination address 정보를 이용하여 수신한 RREQ 메시지의 최종 목적지가 자기 자신인지 여부를 판단한다. 만일 RREQ 메시지의 Destination address 정보가 자신의 주소와 일치하지 않으면, 해당 노드는 RREQ 메시지를 브로드캐스팅 (relay) 한다.

-중간 노드가 RREQ 메시지를 전송한 후 다른 노드로부터 자신이 전송한 RREQ 메시지와 같은 메시지를 수신하면 해당 메시지를 파기하고 대기 한다. 이 때 중간 노드는 여러 노드로부터 같은 RREQ 메시지를 수신할 수 있는데, 여러 노드 중 RREQ 메시지가 가장 빨리 도착한 노드를 선택하여 역방향 과정에서 RRES 메시지를 전송할 때 유니캐스트(unicast) 주소로 사용한다.

4.1.1.3 목적지 노드(destination node)

-목적지 노드가 RREQ 메시지를 수신한 후 RREQ 메시지의 Destination address 정보가 자신의 주소와 같다는 것을 인지하면 목적지 노드는 RRES 메시지를 생성한다. 이 때 RRES 메시지의 Source address는 자신의 주소로, Destination address는 수신한 RREQ 메시지의 Source address로 설정한다.

-목적지 노드가 여러 개의 노드로부터 같은 RREQ 메시지를 수신할 수 있는데, 같은 RREQ 메시지를 전송한 여러 개의 노드 중 RREQ 메시지가 가장 빨리 도착한 노드를 선택하여 역방향 전송에서 RRES 메시지 전송할 때 유니캐스트 주소로 사용한다.

4.1.2 Simplex 모드에서 역방향 자원 예약

다음으로 역방향 전송과정에서 각 노드가 RRES를 전송할 때 메시지 처리 과정과 자원 예약 과정을 살펴보면 다음과 같다.

4.1.2.1 소스 노드(source node)

- 소스 노드(순방향 전송에서 목적지 노드)는 RRES 메시지를 생성하여 순방향에서 선택된 유니캐스트 주소를 Next hop address로 설정하여 전송한다.
- 소스 노드가 RRES 메시지를 전송한 후 다른 노드로부터 RRES 메시지를 수신하였을 때 수신한 RRES 메시지의 Sender address와 자신이 이전에 전송한 RRES 메시지의 Next hop address가 일치하면, 소스 노드는 수신한 RRES 메시지의 Forward selected channel 및 Forward selected slot 정보를 이용하여 자신의 슬롯을 예약한다. 이 때 소스 노드는 예약된 슬롯에서의 데이터 수신 노드가 되며 RRES를 전송한 노드는 예약된 슬롯에서의 데이터 전송 노드가 된다.
- 만일 수신한 RRES 메시지의 Sender address와 자신이 이전에 전송한 RRES 메시지의 Next hop address가 일치하지 않으면 해당 메시지를 포기하고 대기한다.

4.1.2.2 중간 노드(relay nodes)

- 중간 노드가 RRES 메시지를 수신하였을 때 RRES 메시지의 Next hop address 정보가 자신의 주소와 일치하지 않으면 해당 메시지를 포기한다. 만일 일치하면, 노드는 수신한 RRES 메시지의 Free channel list와 Resource map을 자신의 것과 비교하여 두 노드 간 통신에서 사용될 자원을 예약한다.
- 자원 예약이 완료 되면 중간 노드는 RRES 메시지의 Forward selected channel 및 Forward selected slot 필드에 자원 예약 상황을 표기하여 전송한다. 이 때 노드는 DRP 내의 가용한 슬롯 중 가장 우측 슬롯을 우선적으로 예약한다. 이렇게 하는 이유는 그림 4와 같이 한 SF 동안 멀티 홉 전송이 가능하도록 하기 위함이다.
- 만일 중간 노드가 RCONF 메시지를 수신하면 RCONF 메시지의 Next hop address 정보와 자신의 주소를 비교한다. 만일 일치하지 않으면 노드는 해당 메시지를 포기한다. 만일 두 값이 일치하면 중간 노드는 수신한 RCONF 메시지의 Forward selected channel 및 Forward selected slot 정보를 이용하여 자원을 예약한다.

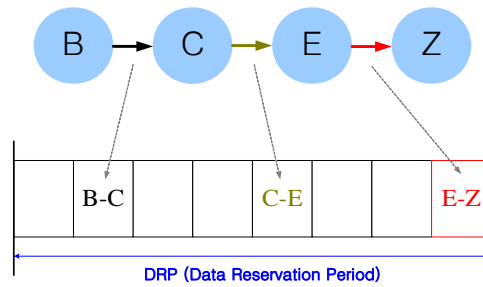


그림 4. 한 SF에서 멀티 홉 전송 예

4.1.2.3 목적지 노드(destination node)

- 만일 목적지 노드가 RRES 메시지를 수신하면 RRES 메시지의 Destination address 정보와 자신의 주소 값을 비교한다. 만일 두 값이 일치하지 않으면 목적지 노드는 해당 메시지를 포기한다. 만일 두 값이 일치하면 목적지 노드는 수신한 RRES 메시지의 Free channel list 및 Resource map 정보를 자신의 Free channel list 및 Resource map 정보와 비교하여 자원 예약을 수행한다. 이 때 노드는 수신한 RRES 메시지의 Forward selected channel 및 Forward selected slot 필드에 기재된 슬롯을 기준으로 왼쪽에 있는 슬롯을 우선적으로 선택하여 자원을 예약한다. 중간 노드에서의 경우와 마찬가지로 이는 한 SF 동안 멀티 홉 전송이 가능하도록 하기 위함이다.
- 자원 예약이 완료된 목적지 노드는 RCONF 메시지를 생성하여 전송한다. RCONF 메시지는 단일 홉 거리에서 자신에게 RRES 메시지를 전송한 노드가 자원을 예약할 수 있도록 해준다.

III. 패킷 전송 지연 시간 분석

본 논문에서는 IEEE 802.11 MAC 프로토콜과 성능 비교를 통하여 제안한 MRD-MAC 프로토콜의 성능을 평가한다. 본 장에서는 소스 노드가 멀티 홉 거리에 있는 목적지 노드에게 한 개의 패킷을 전송하기 위해 필요한 전송 지연 시간을 계산한다. 성능 분석에 앞서 임의의 한 노드가 경쟁을 통하여 데이터를 전송할 때, 경쟁에서 이긴 노드는 항상 성공적으로 데이터 전송을 할 수 있다고 가정한다. 즉 무선 채널에 의한 패킷 전송 실패는 없다고 가정한다.

1. IEEE 802.11 MAC 프로토콜

먼저, 한 노드가 단일 홉 거리에 있는 다른 노드에게 경쟁을 통하여 하나의 패킷을 성공적으로 전송할 때 까지 필요한 시간을 T_{wait} 로 정의한다. 따라서 IEEE 802.11 MAC 프로토콜을 사용하는 노드가 h 홉 거리에 있는 목적지 노드에게 성공적으로 한 개의 패킷을 전송하기 위해 필요한 시간 T_{CSMA} 는 식 (2)와 같다.

$$T_{CSMA} = h \cdot T_{wait}. \quad (2)$$

본 논문에서는 T_{wait} 을 계산하기 위하여 [4]에서 제시된 결과를 참조한다. [4]에서 하나의 노드가 단일 홉에서 성공적으로 패킷을 전송할 확률은 P_s 로 정의되며, 이를 나타내면 식 (3)과 같다.

$$P_s = \frac{N \cdot \tau \cdot (1-\tau)^{N-1}}{1 - (1-\tau)^N}. \quad (3)$$

식 (3)에서 N 은 노드의 수를, τ 는 하나의 노드가 패킷 전송을 시도할 확률을 나타낸다. 따라서 한 노드가 성공적인 전송을 하기 위해 필요한 슬롯 수 k 를 구하면 식 (4)와 같다.

$$k = \left\lceil \frac{1}{P_s} \right\rceil + 1. \quad (4)$$

이 때, $\lceil * \rceil$ 는 $*$ 를 넘지 않는 최대 정수를 의미한다. 따라서 식 (4)을 이용하여 노드 수에 따른 평균 지연시간 T_{wait} 을 계산하면 식 (5)와 같다.

$$T_{wait} = \sum_{i=1}^k [(16 \cdot i) \cdot t_{aSlotTime} + T_{try}]. \quad (5)$$

식 (5)에서 $t_{aSlotTime}$ 는 contention window(CW)의 기본 슬롯 단위(unit)이고 T_{try} 는 노드가 하나의 패킷을 전송한 후 전

송 성공 여부를 판단할 수 있을 때까지의 시간을 의미하며, 이를 나타내면 식 (6)과 같다.

$$T_{try} = t_{DIFS} + t_{sync} + t_{voice} + t_{SIFS} + t_{sync} + t_{ack}. \quad (6)$$

표 3은 식 (6)에서 사용된 시스템 파라미터를 나타낸다.

표 3. IEEE 802.11 시스템 파라미터

$t_{aSlotTime}$	t_{DIFS}	t_{voice}
9 us	28 us	27 us
t_{sync}	t_{SIFS}	t_{ack}
192 us	10 us	27 us

2. 제안한 MRD-MAC 프로토콜

다음으로 제안한 MRD-MAC 프로토콜을 사용하는 노드가 h 홉 거리에 있는 목적지 노드에게 성공적으로 한 개의 패킷을 전송하기 위해 필요한 시간 $T_{MRD-MAC}$ 은 식 (7)과 같이 계산될 수 있다.

$$T_{MRD-MAC} = T_{p-h} \cdot (h-1) + h \cdot T_{DRS}. \quad (7)$$

식 (7)에서 T_{p-h} 는 멀티 홉에서 자원 예약을 할 때 슬롯 간 평균 거리(시간)를, h 는 자원 예약에 필요한 슬롯 수(홉 수)를, T_{DRS} 는 하나의 DRS 길이를 의미한다.

DRP 구간에서 DRS의 총 개수를 L , 간섭 영역 내에 있는 노드 수를 N 이라고 가정할 때 T_{p-h} 를 계산하면 식 (8)과 같다.

$$\begin{aligned} T_{p-h} &= \frac{N-2}{L-1} (2 \cdot 128) + \frac{N-3}{L-2} (3 \cdot 128) + \dots \\ &= \sum_{i=1}^{N-1} \frac{N-(i+1)}{L-i} ((i+1) \cdot 128). \end{aligned} \quad (8)$$

IV. 성능 분석 결과

그림 5는 IEEE 802.11 MAC 프로토콜과 제안한 MRD-MAC 프로토콜에서, 하나의 패킷을 멀티 홉으로 전송하기 위해 필요한 전송지연시간(Packet Transmission Delay)을 나타낸다. 전송 지연 시간 계산에서 경로 설정(routing)에 필요한 시간은 고려하지 않았다. 즉 두 프로토콜 모두 멀티 홉 전송에서의 경로 설정이 완료된 후부터의 시간만을 고려하여 성능을 평가하였다. 그림 5에서 MRD-MAC은 제안한 MAC 프로토콜의 전송지연시간을 의미하며 CSMA($N=k$)는 IEEE 802.11 MAC 프로토콜에서 한 노드의 간섭 범위 (2-hop) 내에 있는 노드의 개수 N 이 k 인 경우를 나타낸다. 본 논문에서는 IEEE 802.11 MAC 프로토콜의 전송지연시간 계산을 위하여 하나의 노드가 패킷을 전송할 확률 τ 를 0.0107([4]에서 하나의 노드가 충돌을 경험할 확률을 1/2로 가정하였을 때)로 가정하였다.

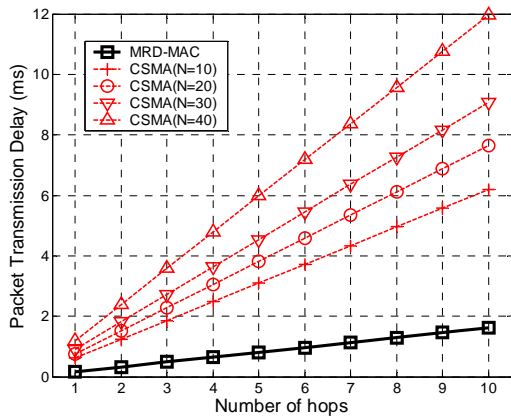


그림 5. 홉 수에 따른 한 노드의 음성 패킷 전송지연시간

그림 5에서, IEEE 802.11 MAC 프로토콜은 매 홉마다 경쟁을 통하여 패킷을 전송해야 해야 한다. 그러나 제안한 MRD-MAC 프로토콜은 DCH에서 사용될 자원을 예약하기 때문에 기존의 MAC 프로토콜보다 전송지연시간이 더 적음을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 멀티 홉 환경에서 각 노드가 효율적인 자원을 할당하고 실시간 자동 망 구성이 가능한 분산 기반 통신 프로토콜(MRD-MAC)을 제안하고, 멀티 홉 환경에서 데이터 및 실시간 서비스의 효율적인 전송이 가능한 자원 할당 기술을 제안하였다. 제안한 MRD-MAC 프로토콜은 역방향 자원 예약 과정 동안 멀티 홉에서 노드 간 슬롯을 순차적으로 예약할 수 있기 때문에 하나의 SF 내에서 멀티 홉 전송이 가능하다. 또한 기존의 MAC 프로토콜은 매 홉마다 경쟁을 통하여 음성 패킷을 전달해야 하므로 제안한 MRD-MAC 프로토콜보다 더 큰 전송지연시간을 보인다. 결론적으로, 제안한 MRD-MAC 프로토콜은 기존의 MAC 프로토콜과 비교 할 때, 데이터뿐만 아니라 전송지연(delay bound)을 만족시켜야 하는 음성서비스 등과 같은 실시간 서비스의 전송이 유리하기 때문에 향후 T-MANET에서 실시간 서비스 지원을 위한 기반 기술로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] Y. C. Tseng et al., "A Multi-Channel MAC Protocol with Power Control for Multi-Hop Mobile Ad Hoc Networks," Int'l Conf. Distributed Comp. Sys. Wksp. 2001, pp. 419-424.
- [2] IEEE 802.16m Evaluation Methodology Document, IEEE C802.16m-07/080r2, Jun. 18, 2007.
- [3] IEEE 802.11 WG, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, in ISO/IEC 8802-11; ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 edn, 1999.
- [4] G. Bianchi, "Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function," IEEE J. Select. Area Commun., vol. 18, no. 3, pp. 535-547, Mar. 2000.

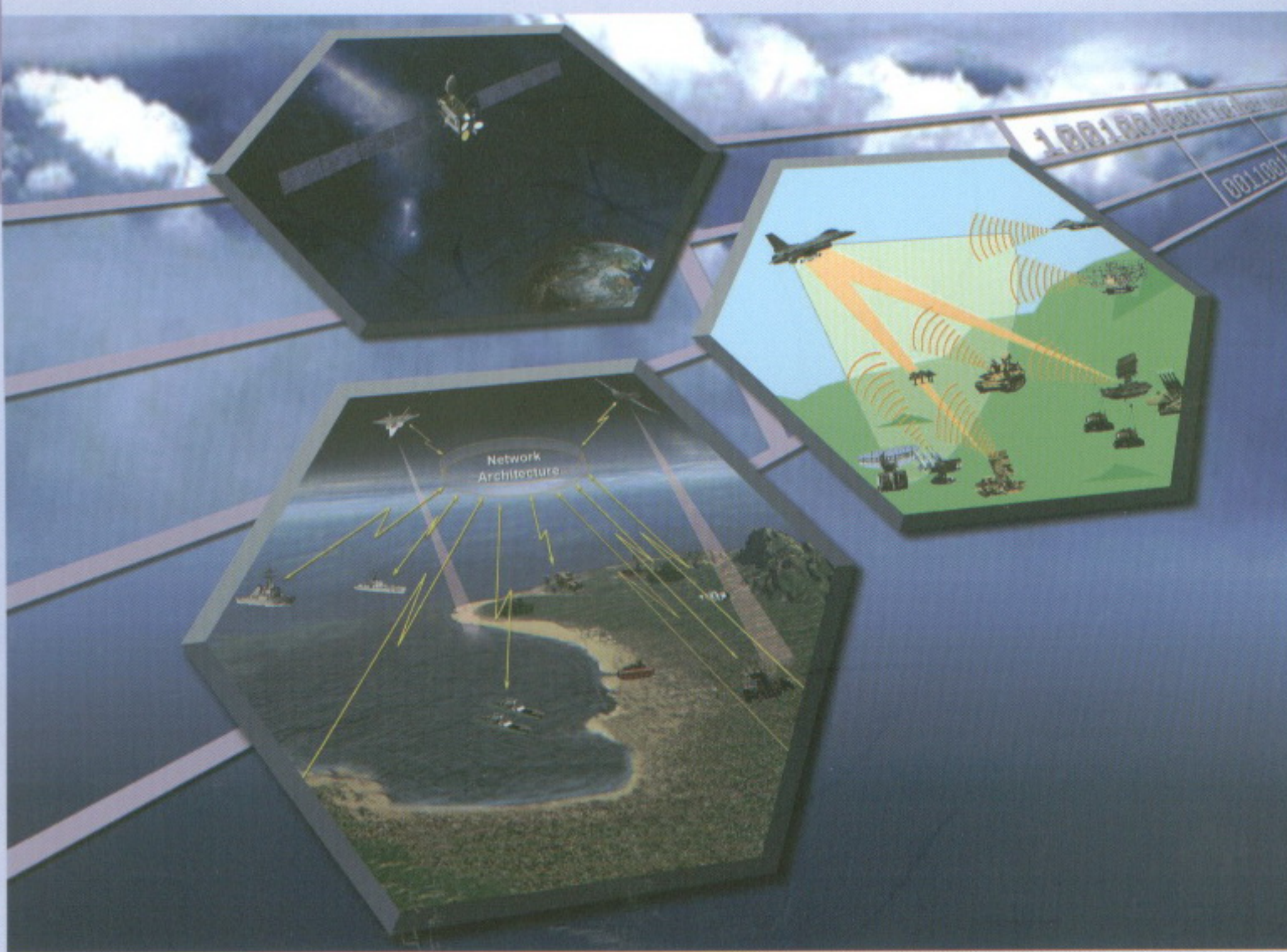
2008년도 제12차 통신/전자 학술대회 C4I체계 발전방향 세미나

일시 : 2008년 10월 23일(목) 09:30~17:30

장소 : 국방과학연구소 제2기술연구본부(서울)

주최 : 국방과학연구소

후원 : 한국군사과학기술학회, 한국통신학회



국방과학연구소
제 2 기 술 연 구 본 부

좌장 : 최낙중 대령(진)(육군)

시 간	제 목	저 자
13:00-13:30	튜토리얼 - 위성통신기술 발전추세 및 한국군 위성통신체계 발전방향	임철민(국과연)
13:30-13:45	인지 라디오 시스템에서 Particle Swarm Optimization을 이용한 협력 스펙트럼 센싱 기법	이기호, 김재운, 김산해, 신요안(숭실대)
13:45-14:00	가우시안 전송 채널에서의 삼-홉 다중 입출력 릴레이 시스템	김도훈, 고영채(고려대)
14:00-14:15	간섭 신호가 존재하는 다중 사용자 환경에 적합한 OFDM 프레임 동기 및 주파수 오프셋 추정 알고리즘에 관한 연구	김은철, 김진영(광운대)
14:15-14:30	무선 메쉬 네트워크 환경에서 부하의 분산을 위한 라우팅 메트릭	양수열, 하남구, 조규철, 윤장규, 한기준(경북대)
14:30-14:45	TICN 전투무선망 모의환경에서의 음성코덱 설정에 따른 VoIP 성능분석	고종환, 허미정, 노봉수, 최증원(국과연)
14:45-15:00	On The Move 상황에서의 전술이동통신체계 성능 분석	조정호, 유정훈, 권오주(국과연), 채헌기(삼성전자)
15:00-15:15	패킷무선 C2OTM구현위한 Ad hoc 라우팅 알고리즘에 관한 연구	최영민(방위사업청), 김영호(KIDA)

휴 식 (15:15-15:30)

좌장 : 정성현 그룹장(삼성탈레스)

시 간	제 목	저 자
15:30-15:45	고속도로변에서의 WCDMA 무선 궤환 간섭 채널 특성	문우식, 서만중, 임성빈(숭실대)
15:45-16:00	전투무선망에서 효율적인 상황전파를 위한 지오캐스팅	윤선중, 고영배(아주대)
16:00-16:15	Tactical MANET에서 실시간 서비스의 전송을 위한 멀티 홉 자원 예약 기반 분산형 MAC 프로토콜	차재룡, 김재현(아주대), 박우철(방위사업청)
16:15-16:30	차량용 위성통신 단말의 수신 상호변조 왜곡 개선	송충호, 이기남, 박도현(LIG넥스원), 남정호, 황기민(국과연)
16:30-16:45	빔포밍 기술을 결합한 OFDM 기반의 MIMO 시스템 성능 분석	안치영, 오태열, 최승원(한양대)
16:45-17:00	TICN체계에서의 VoIP 음성코덱 적용 방안 연구	이재생, 최형석(국과연)
17:00-17:15	전술통신망에서 Precedence & Preemption 기반의 end-to-end QoS 제공을 위한 클래스 매핑 방법	정종관(아주대), 김종철(합참), 노병희(아주대)
17:15-17:30	802.15.4/ZigBee 네트워크에서 위치 정보를 이용한 비컨 스케줄링 방법	이종영, 최홍석, 김태복, 임국현(LIG넥스원)