

전술 무선통신망의 응답시간 및 처리량 개선을 위한 비대칭 다중접속기법 설계 및 성능분석

권용현¹⁾ · 차중혁²⁾ · 김동성^{*,2)}

¹⁾ 한화시스템(주) 기반소프트웨어

²⁾ 국립금오공과대학교 IT융복합공학과

Design and Performance Analysis of Asymmetric Time Division Multiple Access Method for Improving Response Time and Throughput in Tactical Radio Communication

Yong Hyeun Kwon¹⁾ · Joong Hyuck Cha²⁾ · Dong Seong Kim^{*,2)}

¹⁾ *Infra Software, Hanwha Systems, Korea*

²⁾ *IT Convergence Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Korea*

(Received 6 January 2018 / Revised 20 February 2018 / Accepted 25 May 2018)

ABSTRACT

This paper proposes a design of asymmetric time division multiple access method for tactical radio communication. Typical tactical radio communication has a limited execution of transmission, because uplink message requires more extended response time than downlink message. In order to solve this problem, this paper analyzes operational environment of Korean tactical radio communication and proposes an asymmetric TDMA based on it for performance of tactical communication. The simulation model is used to investigate constraints of real experiments for proving effectiveness of the proposed approach. Simulations results show that the proposed scheme outperforms the conventional scheme in terms of throughput, response time, and delay.

Key Words : Tactical Wireless Network(전술무선통신망), Time Division Multiple Access(시분할다중접속), Domestic Operational Environment(국내작전환경)

1. 서론

전술통신은 전장에서 전술정보를 실시간으로 공유

할 수 있도록 전술데이터 네트워크를 제공하는 데 그 목적이 있다^{1,2)}. 이는 무기체계와 지휘통제체계 간 전술자료 교환을 통해 실시간 전장 상황정보공유 및 무기체계-교전행위 통제가 가능해야함을 의미한다^{3,4)}. 이처럼 전장에서 데이터 네트워크를 구성할 때는 기동 운용 환경을 고려하여 무선통신을 사용해야 한다.

* Corresponding author, E-mail: dskim@kumoh.ac.kr
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

기존 전술 무선통신의 다중 접속 방식은 반송과 감지 다중접속방식(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance, CSMA/CA)을 이용하여 설계된다⁵⁾. 현재 CSMA/CA가 적용된 전술데이터 네트워크는 단위노드 간에 통신망 접속 기회의 불균등이 존재하며, 전술무전기 특성에 의해 지휘소에서 단위노드로 하향 메시지를 전송하는 것보다 상향 메시지 전송이 상대적으로 긴 시간이 소요된다. 이는 전술무전기에 CSMA/CA로 적용한 물리계층 구현 방식에 의해 나타나는 문제점이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 본 논문에서는 전술 무선통신망의 요구사항에 따라 TDMA의 하향 및 상향 메시지를 비대칭으로 설계하여 성능 분석을 하고자 한다. 전술 무선통신망은 데이터 네트워크를 기반으로 임무를 수행해야하기 때문에 전술 무선통신망에 대한 요구사항 및 성능 분석이 요구된다. 이를 위해 전술통신망 시뮬레이션 모델을 구현하여 제안된 비대칭 TDMA의 성능을 측정하고 평가하고자 한다. 시뮬레이션 모델 구현을 위해 실제 전술 무선통신망의 운용환경에 대한 정보, 무선통신망 매체인 전술무전기에 대한 정보, 통신 프로토콜에 대한 정보 그리고 통신망 구성에 대한 정보를 반영했다. 이를 바탕으로 현재 전술 데이터 네트워크의 성능과 응답시간, 처리량에 대한 성능 분석 수행을 통해 제안한 기법의 효율성을 증명했다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서는 기존의 CSMA/CA 기반인 지상기동 무기체계 전술 무선통신망의 문제점에 대하여 분석한다. 3장에서는 전술 무선통신망을 위한 응답시간 개선을 위한 효과적인 기법을 제안하고, 4장에서 제안된 기법의 효율성을 증명하기 위해서 구현된 시뮬레이션 모델을 통한 모의실험을 통해 성능 분석을 수행하였다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구에 대해 논의한다.

2. 지상기동 무기체계 무선통신망 분석

2.1 전술 무선통신망의 구성

현재 운용 중인 지상 기동 무기체계의 전술데이터 통신망은 Fig. 1과 같이 구성되어 있다⁶⁾. 포대 지휘소는 대대지휘소 또는 감시체계를 통해 표적정보 및 기상정보를 획득하고, 타격체계의 위치정보와 무장정보를 바탕으로 타격체계를 지휘한다. 지휘소와 타격체계

가 기동 전력임을 감안하여 주 데이터 통신망은 전술 무선 데이터통신을 사용한다. 전술유선 데이터통신은 주 데이터 통신의 보조적 수단으로 활용된다.

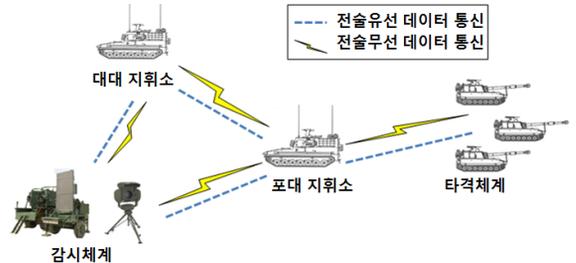


Fig. 1. Concept of tactical data communication

전술무선 통신망은 물리계층으로 전술무전기를 사용하고 데이터 링크 계층으로는 CSMA/CA와 SDLC (Synchronous Data Link Control)를 사용하고 응용계층을 상위에서 구현하여 운용되고 있다⁷⁾. 또한 지휘소와 6개의 단위노드 사이에 구현된 망으로 가입자 수가 고정되어 있고, 메시지의 전송은 일대다(point-to-multipoint) 통신 방식이며 상향 메시지는 비주기적으로 생성된다. 비주기적 메시지에 대해서는 Fig. 2와 같이 응답 문자(Acknowledge, Ack)를 전송하도록 규약 되어 있다.

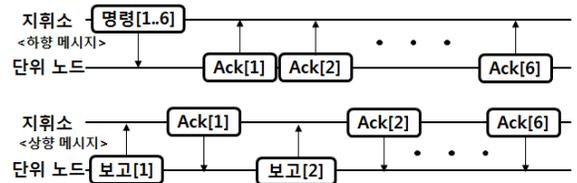


Fig. 2. Message flow with tactical radio communication

지휘소는 하향 메시지 전송에 하나의 메시지를 사용하여 6개의 단위노드에 동시에 전송하고 이를 수신한 각각의 단위노드는 그에 대한 응답 문자를 정해진 시간에 응답한다. 단위노드는 지휘소에 메시지를 개별적으로 전송하고 이 메시지는 6개 단위노드에서 동시에 발생된다. 이 때 네트워크를 사용하기 위한 경쟁이 필요하고 경우에 따라 충돌도 발생되기 때문에, 회피하기 위한 방법으로 MAC 프로토콜인 CSMA/CA가 사용된다. 상향 링크 메시지를 받은 지휘소는 그에 대한 응답 문자를 해당 단위노드로 전송하여 정상 수신을 알린다. 만약 응답 문자를 수신하지 못하면 전송 실패

이고, 실패 시 재전송 알고리즘에 따라 재전송을 수행한다.

2.2 기존 전술 무선통신망의 문제점 분석

전술 무선통신망의 다중접속방식은 CSMA/CA를 사용하고 있다. 이를 적용한 이유는 다음과 같이 생각할 수 있다. 먼저 CSMA/CA는 망 설계에 용이하다. 전술 무전기를 사용할 상대방 음성의 유무에 따라 사용여부를 판단하여 접속하는 방식으로 구성할 수 있기 때문에 다중 접속을 쉽게 구현할 수 있다⁸⁾. 전술무전기에서 망에 반송파가 있을 경우에는 송수신의 동기클럭의 반송파를 감지하여 지휘소와 6개의 단위노드 사이에 데이터를 전달할 수 있다. 그리고 CSMA/CA는 동기시간을 확보할 수 있기 때문에 전술 무선통신망에 사용되었다. TDMA의 경우에는 전술무전기 사용에 있어 송수신자의 시간 동기를 확보할 수 없어 적용할 수 없었다.

CSMA/CA는 Fig. 3과 같이 충돌을 회피하기 위해 백오프 시간이 필요하며 이는 슬롯을 기반으로 한다. 이때 슬롯은 한 단말기가 전송한 메시지를 다음 슬롯의 시작 전에 감지할 수 있는 시간이며 그 길이는 무전기의 특성에 의존한다. 그러나 전술 무선통신망에서는 슬롯의 길이를 1.4s로 운용하고 있을 뿐만 아니라 충돌회피를 위해 추가적인 슬롯이 요구된다. 또한 전술무전기에서 반송파를 감지하는 기능을 제공하는 것이 아니기 때문에 무선통신망에서 반송파의 감지 시간이 요구된다. 이는 반송파 감지를 수행하고 전송해야 하는 경쟁에서 전송 시점을 획득하고 채널이 사용되지 않고 대기 상태로 남아있는 시간이 필요하다는 것을 의미한다. 또한, CSMA/CA 기법 자체의 망사용 효율성은 높은 편이나, 망의 반송파 유무에 따라 사용자가 사용 여부를 결정하는 방식으로 물리계층을 구성되었기 때문에 망사용 효율이 떨어지게 된다.

지휘소에서 단위노드에 보내는 상·하향 메시지는 하나의 메시지로 전송하고 6개의 단위노드에서 차례로 응답 문자를 보낸다. 그러나 단위노드에서 지휘소로의 상향 메시지 전송은 각각의 단위노드에서 전송하고 응답 문자를 수신하여야 한다. 그래서 하향 메시지 전송에 비해 상향 메시지 전송 시 다섯 번의 메시지 전송이 추가적으로 발생한다.

전술 무선통신망에서의 CSMA/CA는 Prioritized-NAD (P-NAD) 기법을 사용하여 충돌확률을 줄이고 지휘소

와 6개의 단위노드에 우선순위를 부여한다. 이러한 우선순위 부여는 단위노드의 채널 접속 기회가 서로 균등하지 않은 문제점을 발생시킨다¹⁰⁾. 또한 Fig. 3과 같이 상향메시지에 적용되며, 우선순위가 낮은 노드는 우선순위가 높은 노드에 비해 최대 5배의 대기 시간을 가지게 된다. 그러나 임무에서는 모든 단위노드의 메시지가 도착하여야 정상적인 임무가 수행되므로 전반적 임무 성능의 제한 요소로 작용한다.

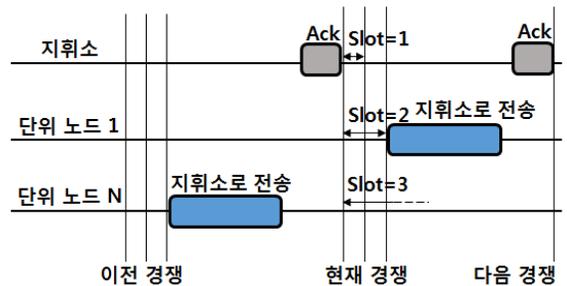


Fig. 3. Concept of multiple access method on CSMA/CA

전술 무선통신망에서 CSMA/CA는 위와 같은 이유로 단위노드에서 지휘소로 상향 메시지 전송이 지휘소로부터의 하향 메시지 전송에 비해 시간을 필요로 하며, 통신망 이용률이 낮은 단점이 있다. 이를 개선하고자 비대칭 TDMA를 적용하는 것을 제안한다.

3. 전술 무선통신망의 응답시간 및 처리량 개선 기법 제안

3장에서는 지상 기동 무기 체계의 전술무선 통신망을 개선하고자 시분할 다중접속 또는 동적 시분할 다중접속을 적용하고자 한다. 이때 지휘소 통신망인 하향 메시지가 상향 메시지에 비해 중요하고 우선처리되어야 하는 특성은 유지되어야 한다. 또한, 하향 메시지에 비해 상향 메시지에 많은 시간이 소요되는 문제점과 상향 메시지 전송 시 단위노드 간의 전송 기회의 불균등을 개선할 수 있는 방안이 제시되어야 한다.

전술 통신에서 하향 메시지는 한번 전송된 메시지에 다수의 응답 문자를 수신하는 구조를 가진다. 그런데 하향 메시지 전송에서 응답 문자를 전송하기 위해 메시지 전송에 필요한 시구간을 사용한다면, 응답 문자와 메시지 크기의 차이가 크기 때문에 망사용 효율

이 떨어진다. 이 때문에 별도의 응답 문자 전송 방법을 고려하는 것이 필요하다. 또한 기존 전송통신망에서와 같이 하향 메시지는 모든 단위 노드로 브로드캐스트(broadcast)가 가능해야 한다.

전송 빈도가 높은 상향 메시지와 응답 문자처럼 크기가 작은 메시지만을 고려하여 시구간의 크기를 결정하면, 상대적으로 큰 하향 메시지를 전송할 때는 여러 개의 TDMA 프레임이 필요하다. 하향 메시지를 여러 프레임에 거쳐 전송하게 되면 그에 따라 전송에 소요되는 시간이 증가하게 되고, 그에 따라 임무 진행에 소요되는 시간도 함께 늘어나 임무 수행 효율이 저하 된다. 이러한 하향 메시지 및 상향 메시지의 운용환경을 고려하여 본 논문은 비대칭 TDMA를 제안하고자 한다.

Fig. 4는 현재 전술 무선통신망에 운용되고 있는 하향 메시지 및 상향 메시지의 크기를 나타낸다. 각 메시지의 최대 크기는 255 byte보다 작다. 하향 메시지는 지휘소에서 단위노드로 전술명령과 관련된 메시지를 송신하는 목적으로 사용되며, md0-16까지의 17개와 단위노드에서 보내주는 메시지에 대한 응답 문자로 구성된다.

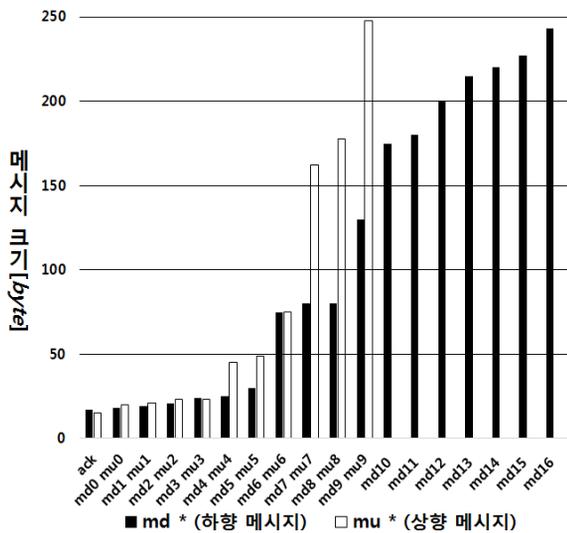


Fig. 4. Message size of uplink and downlink

상향 메시지는 단위노드에서 지휘소로 전술정보를 전송하기 위한 목적으로 사용된다. 전체 메시지는 mu0-9까지의 10개와 지휘소에서 온 메시지에 대한 응답 문자로 구성된다. 상향 메시지 중 mu5까지는

지휘소의 명령에 대한 처리 결과를 나타내어 사용빈도가 높은 메시지 때문에 실제 성능에 중요한 영향을 미친다. 그리고 mu7~9와 같이 큰 메시지들은 비 실시간으로 교환하는 메시지이며 사용되는 빈도가 낮다. 이러한 특성을 활용하여 3.1절과 3.2절에서 하향 메시지 및 상향 메시지의 패킷 및 시구간을 설계하도록 한다.

3.1 전술무전기 특성 분석 및 시구간 구조 설계

데이터 통신 관점에서 전술 무전기의 동작특성을 분석하면 다음과 같다^{9,10}. 송신모드에서는 Fig. 5와 같이 PTT(Push To Talk) 제어 신호의 ON 후(PTT ON) 일정 시간의 지연(PTT Attack Time) 후에 전술 데이터가 실린 RF(Radio Frequency)가 출력된다. 또한, PTT 제어 신호를 OFF하면(PTT OFF) 일정 지연 시간(PTT Release Time) 동안 전술데이터 없는 반송파만 출력한다. 따라서 PTT ON에서 PTT OFF의 구간에서는 데이터 통신으로 사용하기에 적합하지 않다.

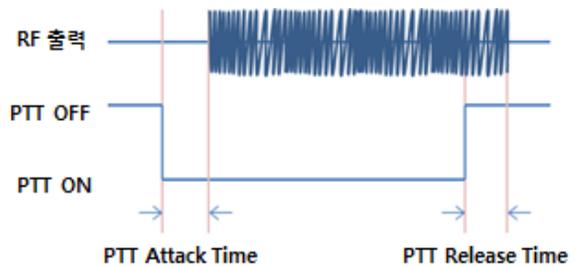


Fig. 5. Operational character of tactical radio transmission mode

Fig. 6은 Fig. 5의 전술무전기 특성을 활용하여 송·수신 무전기를 모두 고려한 시구간 구조를 보여준다. 지휘소에서 전송을 위해 PTT ON을 수행하면 PTT Attack Time의 지연 후 반송파에 데이터를 전송하고 수신 전술무전기에서는 수신처리 지연에 해당하는 지연이 발생된 후 단위노드의 처리기에 메시지가 도달하게 된다. 따라서 수신 전술무전기는 PTT Attack Time과 수신처리 지연을 합한 시간 후에 망을 다른 전술무전기에서 사용하고 있음을 인식할 수 있다. 또한, 지휘소에서 전송을 종료하기 위하여 PTT OFF 시에도 PTT Release Time 후에 반송파가 송신되는 것이 종료되고, 수신 전술무전기에서는 종료 처리 지연 시간 후에 망이 Idle 상태임을 인식할 수 있다.

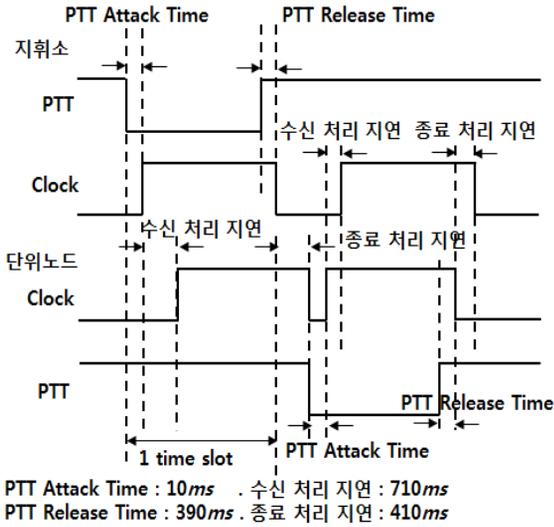
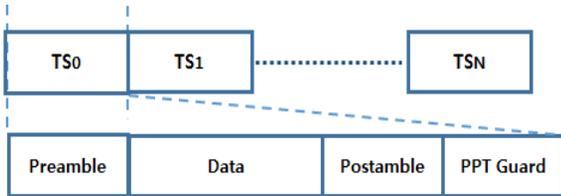


Fig. 6. Time slot configuration on the character of tactical radio

메시지를 수신한 단위노드에서 지휘소로 응답 문자를 전송하기 위해서는 망이 Idle이 된 후 PTT ON을 수행하여 메시지를 전송하게 된다. 따라서 전술무전기의 특성분석을 통해서 본 하나의 시구간은 PTT Attack Time과 수신 처리 지연의 합이 PTT OFF 시점보다 이전에 완료되면 다음과 같은 시간으로 결정됨을 알 수 있다. 따라서 하나의 시구간(T_{total})은 메시지 전송 시간(T_m) 외에 PTT Attack Time(T_{PTTA}), PTT Release Time(T_{PTTR}) 및 종료 처리 지연 시간(T_f)이 추가적으로 소요된다. 하나의 시구간은 아래 수식 (1)과 같이 정의 할 수 있으며 세부 구조는 Fig. 7과 같이 구성되어 있다.

$$T_{total} = T_m + T_{PTTA} + T_{PTTR} + T_f \quad (1)$$



- TS : Time Slot
- PTT Guard = PTT Attack Time + PTT Release Time + 종료 처리 지연

Fig. 7. TDMA architecture of time slot

Fig. 4와 본 절에서 전술 무전기의 동작특성을 고려하여 시구간 크기를 결정할 수 있다. 우선 전술 무전기의 데이터 통신 속도는 무전기 사양에 따르고, Fig. 7에서 하향 메시지의 $TS_k(0 \leq k \leq N)$ 내 Data의 크기는 256 byte, 상향 메시지는 64 byte로 한다. 이는 하향 메시지는 한 번의 시구간에서 보내기 위해 Fig. 5의 최대 크기를 정했으며, 상향 메시지의 경우 사용되는 빈도가 높은 $mu0-5$ 의 최대 메시지 크기를 고려하여 설정하였다. 따라서 하향 메시지의 Data의 시구간 크기는 $256 \text{ byte} \times 11 \text{ bit} \div a \text{ bps}$ 이며 a 는 전술 무전기의 전송속도이다. 상향 및 Ack 메시지의 Data 시구간 크기는 각각 $64 \text{ byte} \times 11 \text{ bit} \div a \text{ bps}$, $14 \text{ byte} \times 11 \text{ bit} \div a \text{ bps}$ 이다. 그리고 Preamble과 Postamble은 $16 \text{ bit} \div a \text{ bps}$ 이다. 이를 통해 상-하향 메시지(TU, TD)에서 Ack 메시지를 제외한 나머지 시구간 크기는 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned}
 TD_0 &= (256 \text{ byte} \times 11 \text{ bit} + 16 \text{ bit}) \div a \text{ bps} \\
 &\quad + PPT \text{ Guard} \\
 TD_{1-N} &= (14 \text{ byte} \times 11 \text{ bit} + 16 \text{ bit}) \div a \text{ bps} \\
 &\quad + PPT \text{ Guard} \\
 TU_0 &= PPT * \text{ack Time} + \text{수신 처리 지연} \\
 TU_{1-N} &= (64 \text{ byte} \times 11 \text{ bit} + 16 \text{ bit}) \div a \text{ bps} \\
 &\quad + PPT \text{ Guard}
 \end{aligned} \quad (2)$$

3.2 응답시간 및 처리량 개선을 위한 다중접속방법

Fig. 8은 제안된 비대칭 TDMA의 하향 및 상향 메시지의 프레임 구조를 나타낸다. 하향 메시지 및 상향 메시지에 할당된 시구간 및 패킷 크기는 3.1절에 따르며 하향 메시지가 상향 메시지에 비해 상대적으로 크게 설계되었다. 또한, 하향 메시지 프레임에서 응답 문자에 비교적 작은 시구간 크기를 할당하여 다수의 응답 문자로 인한 전체 TDMA 프레임이 불필요하게 커지지 않도록 고려하였다.

Fig. 8의 상향 메시지 프레임 구조를 보면 지휘소와 단위노드에 동등한 크기의 시구간을 할당하였다. 그리고 단위노드에 할당된 시구간에 메시지를 담아 전송하며, 하나의 TDMA 프레임에 전송하기에 큰 메시지는 여러 개의 패킷으로 분할하여 전송된다. 또한 지휘소에서 단위노드로 전송하는 것은 응답 문자로 한정한다. 지휘소에서 단위노드에 응답 문자를 전송하기 위해 시구간을 지휘소에 할당하는 것은 전체 TDMA

프레임의 크기를 증가시키며 망의 사용 효율을 떨어트린다. 그러므로 지휘소에 할당된 시구간은 미사용 슬롯으로 하고, 각각의 단위노드에 할당된 시구간에 해당되는 응답 문자를 전송한다.

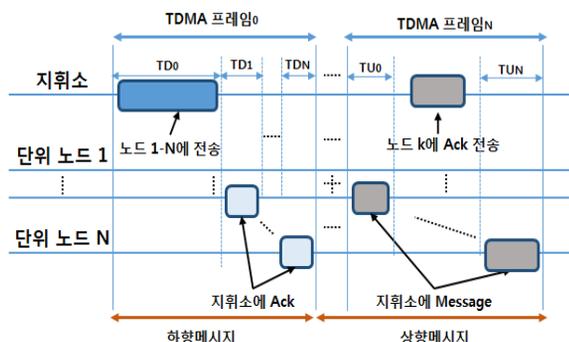


Fig. 8. Configuration asymmetric TDMA frame

제안된 TDMA 상·하향 메시지의 프레임은 Fig. 9와 같이 구성된다. TDMA의 프레임 구조를 가지기 위해서는 단위노드에서 프레임의 시작시점에 해당 프레임이 하향 프레임인지 상향 프레임인지를 구별할 수 있어야 한다. 이를 위해 Fig. 9에 상향 메시지와 같이 TU0 시구간을 Listen&CS로 활용하였다. 단위노드는 먼저 통신망의 상태를 감시하고 CS를 확인하여 통신망이 사용 중이면 하향 프레임으로 메시지를 수신하고, 통신망이 미사용 중이면 상향프레임으로 메시지를 전송할 수 있다.

하향 TDMA 프레임은 TD0 시구간을 지휘소에 할당하여 메시지를 전송한다. 그리고 단위노드에서 응답 문자를 전송하기 위하여 TD1-N까지의 시구간을 할당하였다. 지휘소의 통신 우선순위가 높기 때문에 프레임의 시작에서 언제든지 통신을 시작할 수 있다. 또한, 지휘소에서 전송하는 메시지는 한 번에 단위노드에 전달되고 그에 대한 응답 문자를 수신하여 하나의 프레임으로 메시지 전송이 완료 되도록 구성하였다.

상향 TDMA 프레임은 CSMA를 활용하여 반송파를 감지하기 위한 TU0 시구간을 할당하였다. 반송파가 감지되면 하향 TDMA 프레임이며 반송파가 감지되지 않으면 상향 TDMA 프레임이다. 상향 TDMA 프레임으로 판정되면 이후 단위노드에서 메시지 전송을 위해 할당된 TUI-N까지의 시구간이 있다. 또한, TUI-N까지의 프레임은 지휘소에서 각각의 단위노드에 응답 문자를 전송하는데도 활용된다.

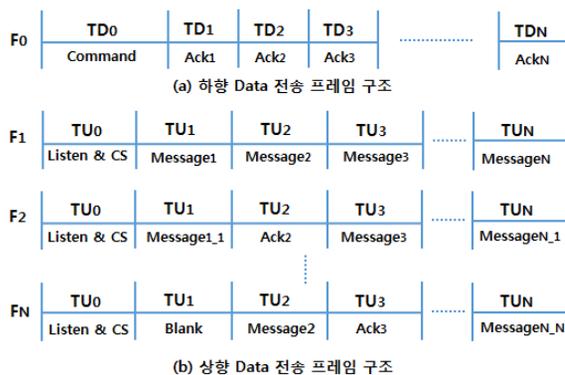


Fig. 9. Message configuration of proposed TDMA

4. 모의실험 및 분석

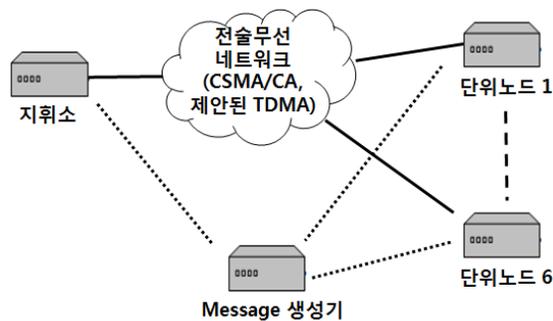


Fig. 10. Simulation model of tactical radio communication

전술 무선통신망의 성능 분석을 위한 시스템의 구성은 Fig. 10과 같다. 전술무선 네트워크는 무선 통신 시 CS를 제공하고 전송 간 충돌 여부를 판단하고 최종 전송의 성공 여부를 결정한다. 메시지 생성기는 메시지를 생성하여 상향 메시지 전송을 시작하도록 한다. 전송 간 BER(Bit Error Ratio)은 MAC 프로토콜의 특성을 관찰하는 측면에서는 무시할 수 있기 때문에 0으로 간주하며 재전송은 수행하지 않는 것으로 가정한다. 본 논문의 성능 분석을 위한 파라미터 설정 값은 전술 무전기 전송속도, 메시지 크기, 메시지 발생 간격이 있다. 전술 무전기 전송 속도는 1200 bps로 구성한다. 상·하향 메시지의 크기는 각각 Fig. 4를 참고하여 md5(30), md7(91), md10(177), md16(244), mu4(45), mu6(75), mu7(162), mu9(246)로 설정하였다. 메시지 발생 간격은 20000 ms이다. 시뮬레이션은 실제 타겟 시

시스템의 적용에 제한 사항을 고려하여, C언어로 자체 제작한 프로그램으로 전술무선통신의 운용환경을 모의하여 실시한다. 제안된 비대칭 TDMA의 우수성을 보이기 위해서 기존 전술 무선통신에서 운용되고 있는 CSMA/CA 비교한다.

4.1 제안된 비대칭 TDMA의 응답시간 성능 분석

Fig. 11은 전술무전기의 전송속도가 1200 bps에서 하향 메시지의 응답시간을 나타내고 있다. 177 byte 보다 작은 데이터 사이즈에서 제안된 TDMA가 기존 CSMA/CA보다 일부 낮은 성능을 보이나, 보다 큰 메시지에서는 성능 개선을 보여준다. 먼저 기존 기법의 경우 메시지의 크기가 커짐에 따라 메시지 전송에 소요되는 시간만큼 응답시간이 길어짐에 비해, 제안된 기법에서는 91 byte 데이터 크기 이후 동일한 응답시간을 가짐을 확인 할 수 있다. 이는 모든 하향 메시지에 대해 하나의 프레임에 처리 가능하도록 설계했기 때문이다.

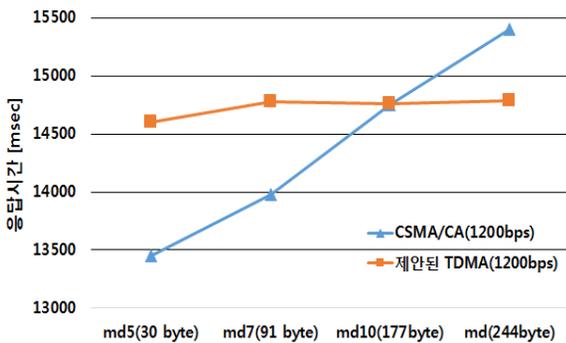


Fig. 11. Response time analysis of downlink message

Fig. 12에서는 전술무전기의 전송속도가 1200 bps에서 상향 메시지 전송의 응답시간 결과를 나타내고 있다. 제안된 TDMA가 기존 CSMA/CA보다 개선된 응답시간을 보임을 알 수 있다. 특히, 빈도가 높은 mu4와 같은 메시지에서는 월등하게 개선된 응답시간을 보인다. md7 이후의 메시지에 대해서는 메시지 크기에 대해 비례적으로 증가하는데, 이는 상향 메시지의 경우 메시지 크기에 따라 프레임의 개수가 증가하기 때문에 나타나는 현상이다.

이러한 결과는 하향 메시지의 응답시간에서 전술 무선통신망에서 빈도가 높은 mu1-5의 메시지의 개선을 월등히 개선함으로써, 기존 CSMA/CA 기법에서 하

향 메시지 응답시간에 비해 상향 메시지 전송 시간이 상대적으로 긴 시간이 소요되는 점을 해결했다는 사실을 보여준다.

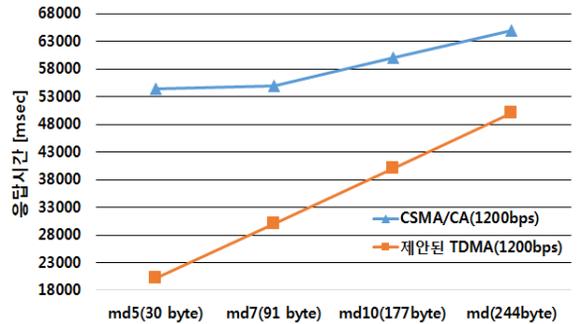


Fig. 12. Response time analysis of uplink message

4.2 제안된 TDMA 처리량에서의 성능 분석

성능지표 중 Throughput 관점에서 제안된 TDMA에 대한 성능을 평가하면, 전술무전기 전송속도가 1200 bps에서 Fig. 13과 같이 하향 메시지는 제안된 비대칭 TDMA 기법이 기존 기법에 비해 기존 CSMA/CA 기법에 비해 제안된 TDMA 기법이 평균적으로 약 1 byte/sec 낮은 Throughput을 보여준다. 이는 제안된 TDMA 기법이 하향 메시지를 전송하기 위해 Fig. 9에서 FI-N까지 전송대기 시간이 소요되어 나타나는 현상이다.

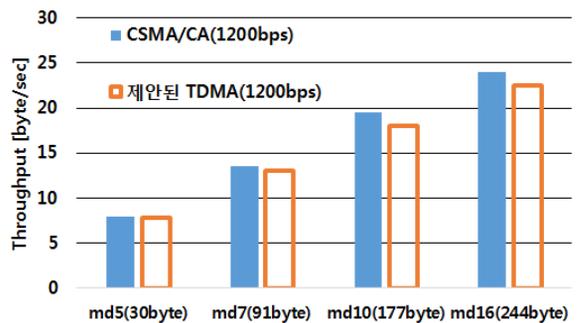


Fig. 13. Throughput analysis of downlink message

Fig. 14에서는 전술무전기의 전송속도가 1200 bps일 때 상향 메시지의 Throughput에 대한 결과를 나타내고 있다. 기존 CSMA/CA 기법에 비해 제안된 TDMA 기법이 최대 48.2 byte/sec 만큼 Throughput 개선됨을 확인할 수 있다. 이는 Fig. 9에서 하향 메시지에 비해

상향 메시지의 프레임 할당이 많아 생기는 현상이다. 이는 기존 전술 무선통신망의 접속 불균등을 제안하는 TDMA 기법을 적용함으로써 해결됨을 의미한다.

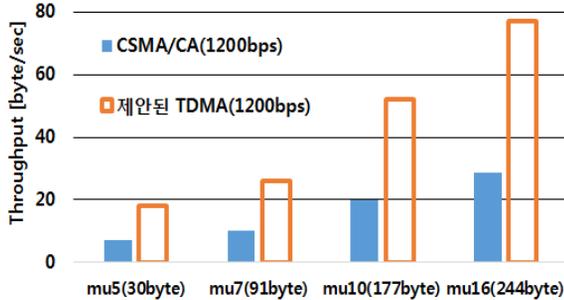


Fig. 14. Throughput analysis of uplink message

5. 결론

본 논문에서는 지상기동 무기체계를 위한 전술 무선통신망의 성능 개선을 위한 방법으로 비대칭 TDMA를 제안 하였다. 기존의 전술 무선통신망의 문제점들을 TDMA 기반으로 하향 프레임과 상향 프레임을 비대칭으로 설계하였다. 이를 통하여 지휘소에서 전송하는 메시지가 단위노드에서 상향 메시지보다 하향 메시지를 우선시 하는 운용특성도 개선하였다.

응답시간 측면에서 제안된 TDMA가 CSMA/CA보다 개선된 성능을 보임을 모의실험 모델을 통해 확인 하였다. 특히 상향 메시지에서 응답시간의 개선을 확인할 수 있었다. 또한 단위노드들에 통신망 접속 기회를 균등하게 부여하여 개별 단위노드에 대한 메시지 교환이 가능함을 확인하였다.

향후 연구과제로는 제안된 비대칭 TDMA의 프레임 동기 오차가 성능을 저하시킬 수 있기 때문에 이를 개선하기 위한 연구를 추가로 진행해야한다. 또한, 최근 개발이 진행되고 있는 신규 전술무전기에 제안된 TDMA를 적용한 전술무선통신망의 성능분석도 연구 과제로 진행되어야 한다.

후 기

본 연구는 한국연구재단의 중견연구과제(NO. NRF-2017R1A2B4009900) 및 지역혁신인력양성사업(No. NRF

-2015H1C1A1035971)으로 수행된 연구결과임.

References

- [1] T. Maseng, R. Landry and K. Young, "Military Communications," Communications Magazine, IEEE, Vol. 48, No. 10, pp. 50-52, 2010.
- [2] D. S. Kim and S. K. Huh, "Distributed Control Networks of Naval Combat Systems," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 13, No. 2, pp. 41-47, Dec. 2012.
- [3] C. J. Ju, H. Heo, M. W. Seo, K.-H. Kim and D. Y. Lim, "A Survey and Future Direction on Standardization of Korean Armed Forces' Tactical Data Link," Vol. 36, No. 1(D), pp. 90-94, Jun. 2009.
- [4] W. G. Pak and Y. J. Choi, "Topology Aggregation for Hierarchical Wireless Tactical Networks," KSII Transactions on Internet and Information Systems (TIIS), Vol. 5, No. 2, pp. 344-358, Feb. 2011.
- [5] N. Q. Dinh and D. S. Kim, "Performance Evaluation of Priority CSMA-CA Mechanism on ISA100.11a Wireless Network," Computer Standard and Interface, Vol. 34, No. 1, pp. 117-123, 2012.
- [6] V. Kolar, K. Bharath, N. B. Abu-Ghazaleh and J. Riihijarvi, "The Effect of Contention in CSMA Networks: Model and Fairness Protocol," Journal Performance Evaluation, Vol. 68, Issue 9, pp. 782-805, Sep. 2011.
- [7] J. S. Kim, S. J. Kim, M. Y. Im, "Overview of Tactical Data Link Technology," Journal of KIISE, Vol. 25, No. 9, pp. 18-28, Sep. 2007.
- [8] Y. M. Choi, B. H. Sung, J. T. Yoon, Y. H. Kim, "A Study on Relay Enhancing Method of MIL-STD-188-220 using ACK Reply in CNR Network," Journal of the KIMST, Vol. 15, No. 5, pp. 635-642, 2012.
- [9] N. S. Seo, J. W. Joo, D. W. Jang, "A Performance Analysis of CSMA in Wireless Networks Based on MIL-STD-188-220," J-KICS, Vol. 37, No. 11, pp. 1129-1137, Nov. 2012.
- [10] H. K. Choi, H. J. Jang, Y. H. Song, D. W. Jang,

J. W. Joo and N. S. Seo, "Radio Link Modem System Architecture Design for Korean Tactical Data Link System Implementation," Journal of the KIMST, Vol. 16, No. 6, pp. 789-796, Dec. 2013.

[11] J. H. Nam, N. S. Seo, D. W, "A Performance Study of Tactical Data Link Transceiver in TDMA Networks," Journal of the KIMST, Vol. 13, No. 3, 2010.