

전술통신 환경에서의 정보 속성을 고려한 Tactical Back-off 알고리즘

정회원 윤종택*, 최영민**, 정보현**, 김영호***

A Study on a Tactical Back-off Algorithm in Association with the Precedence of Information Transmission

Youn Jong Taek*, Choi Young Min**, Sung Bo Hyon**, Kim Young Ho*** *Regular Members*

요약

전장 상황에서 전투원간의 신속한 상황전파와 정보의 공유는 지휘관의 빠르고 신속한 의사결정을 위한 중요 사항들 중 하나이다. 전장의 통신환경은 전술작전으로 인해, 작전부대 유형 및 제대 규모에 따라 다양한 네트워크 구조가 운용되고 한정된 주파수 자원으로 인해 전술 상황에 적합한 QoS 보장이 요구된다. 그러므로 전술 무선 네트워크에서 효율적인 정보전송을 위해서는 채널 공유를 통한 CSMA/CA 방식이 일반적으로 사용된다. 본 논문에서는 전술 무선통신 환경에서 CSMA/CA 성능을 향상시키기 위해 Multi Rate Back-off(MRB) 알고리즘과 IEEE 802.11e 표준을 기반으로 정보 속성별 우선순위 전송을 위한 Tactical Back-off 알고리즘을 제안한다.

Key Words : 우선순위 정보전송, MRB(Multi Rate Back-off), IEEE 802.11e, 경합창, 내부 프레임 간격

ABSTRACT

In the battlefield situation, the rapid dissemination and sharing of situation information among war-fighters is one of the important elements for the fast decision-making by the commanders. Due to tactical operations, different network structures are employed in accordance with the type and scale of the operating unit. The suitable Quality of Service(QoS) is required for tactical environments, which is characterized by the limited frequency resource. Therefore, it is necessary to use CSMA/CA for effective information transmission. In this paper, we propose the tactical back-off algorithm associated with the precedence of information transmission. The proposed algorithm is derived from MRB algorithm and IEEE 802.11e standard in order to improve CSMA/CA performance for tactical networks.

I. 서론

네트워크 중심전(NCW, Network Centric Warfare)은 전장의 제 전력 요소들을 네트워크에 연결함으로써 지리적으로 분산된 이들 요소들이 전장 상황을 공유하고 전투지휘통제를 신속하고 용이하게 하여 효과적인 전쟁

수행을 가능하게 하는 개념이다.

군의 전술 네트워크는 전투 능력을 극대화하기 위한 지휘통제·무기체계 등 각 체계들이 거미줄 같이 연결된 전술통신 기반체제로서, 미래의 전장 환경에서 전장정보를 신속·정확하게 수집하여 최하위 전투원으로부터 최상급 제대의 지휘관에게 이르기까지 실시간

* "본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학IT연구센터 지원사업 연구결과로 수행되었음"(NIPA-2010-(C1090-1021-0011))

* LIG넥스원/아주대(jtyoun@empal.com), **아주대(sideb@naver.com),

*** 한국국방연구원/아주대(ykim50@paran.com)

논문번호 : KICS2010-07-356, 접수일자 : 2010년 7월 31일, 최종논문접수일자 : 2010년 10월 15일

으로 제공하는 핵심이 될 것이다.

최근 군의 전술통신 및 무인화체계 응용분야의 무선 네트워크는 한정된 주파수 문제로 무선망의 효율적인 운용을 위해 채널공유에 의한 네트워크로 진화하고 있다. 전술통신의 무선 네트워크에서 효율적인 정보전송을 보장하기 위해서는 망 가입자, 정보의 중요도, 전술상황 등을 고려한 정보 전파 및 전달 방법의 개선으로 최적화된 네트워크를 구현하고 통신 효율성을 극대화하여야 한다. 전술제대의 지휘통제 및 각종 무기체계의 효과적인 네트워크를 구성하고 정보 전송의 신뢰성을 보장하기 위해서는 다중 접속 프로토콜인 CSMA/CA 방식의 적용이 요구된다. 미 육군은 전술 인터넷 EPLRS에 CSMA/CA 방식을 적용한 전술 무선 네트워크를 구성하여 운용하고 있다.^[4]

본 논문에서는 전장 상황에 적합한 QoS를 구현하고 정보 전송을 효과적으로 수행하기 위해 작전 참가 부대의 망가입자를 고려한 MRB(Multi Rate Back-off) 알고리즘과 IEEE 802.11e 표준을 기반으로 정보 속성별 우선 순위 전송을 위한 Tactical Back-off(이하 'T-Back-off') 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 여단급 이하의 전술제대의 망가입자를 고려하여 OPNET을 이용 전술 무선 네트워크 환경을 모델링하고 시뮬레이션하여 상용의 일반적인 방식과 우선순위 정보 전송의 개선된 T-Back-off 의 성능 비교를 위해 Delay와 Throughput에 대해 정량적으로 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 상용의 Back-off 알고리즘에 대하여 고찰한다. III장에서는 제안하는 정보우선순위를 고려한 Tactical Back-off 알고리즘을 설명하고 IV장에서는 실험 결과를 제시한다. 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 표준 CSMA/CA와 Back-off 알고리즘

CSMA/CA는 단말이 데이터를 보내기 전에 반송파를 감지(carrier sense)한다. 매체가 DIFS 동안 Free이면 전송을 시도하고 Busy이면 Free가 되었을 때 하나의 DIFS 동안 대기하고 Contention Window(이하 'CW') 내에서 임의의 Back-off 시간을 선택하고 전송할 Timing을 결정하여 데이터를 보낸다. SIFS와 PIFS는 우선권을 제어하기 위해 사용된다. SIFS는 ACK와 CTS(Clear To Send) 같은 즉각적인 응답이 필요한 경우 적용한다. PIFS는 여러개의 단말이 있을 때 중앙에서 순서대로 보내도록 지정하는 시간에만 접속하는 폴링(Polling)에 의한 방법으로 PCF(point coordination function)에서 PIFS를 사용하여 슈퍼프레임 구조로 동작할 때 적용한다.

802.11 CSMA/CA의 동작의 경우 Exponential Back-off 알고리즘을 적용하여 CW를 두고 그 범위 내에서 그림 1과 같이 CSMA전송과 Back-off에 대해 수직1에 의해 임의의 Delay time을 결정한다.

상용의 무선 네트워크 기술인 IEEE 802.11 WLAN protocol에서 동작하는 CSMA/CA 매체 접속 타이밍(Timing)은 그림 2와 같이 일반적인 방법의 DCF(Distributed Coordination Function)와 관련된 IFS(Inter frame spacing)로 구성된다.

$$\text{Back-off time} = \text{Random()} \times \text{Slot Time} \quad (1)$$

Random()은 Uniform[0, CW] 간격에서 도출되는 Pseudo-random 정수값이며 CW는 최소값 CWmin 값으로 시작하여 충돌이 발생할 때마다 CWmax까지 2 배수로 CW값이 증가한다. 그림 3에서의 같이 CW가 커진다는 것은 불필요한 Delay time이 발생하고 채널 낭비가 발생할 수 있지만 충돌이 발생할 확률은 줄어든다. CW가 작아지면 충돌이 발생할 확률은 늘어나지만 불필요한 Delay time이 감소하여 채널 낭비를 줄일 수 있다.

CSMA 시스템에서 Busy 시간(B), Idle 시간(I), 패킷이 성공적으로 전송되는 시간(U)에 대해 Throughput(S)에

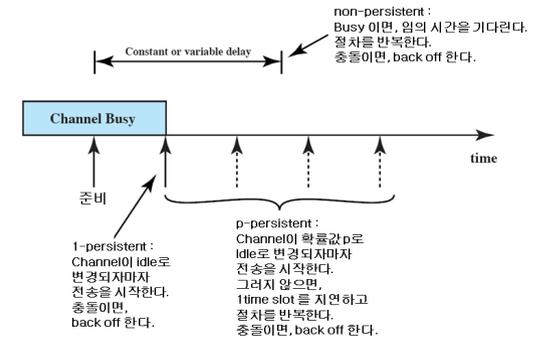


그림 1. CSMA전송과 Back-off

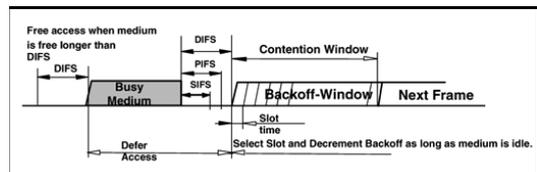


그림 2. CSMA/CA 매체 접속 timing

- SIFS = short inter frame space
- PIFS = point coordination function(PCF) inter frame space = SIFS + slot time
- DIFS = distributed coordination function(DCF) inter frame space = PIFS + slot time

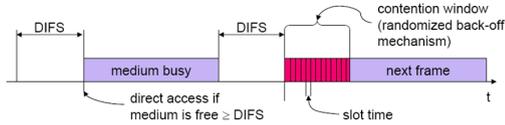


그림 3. CSMA/CA 동작

대한 기대값은 수식 2와 같고 Non-persistent CSMA에서의 Throughput(S)은 수식 3과 같다.

$$S = \frac{U}{B+I} \quad (2)$$

$$S = \frac{Ge^{-aG}}{G(1+2a) + e^{-aG}} \quad (3)^{[8]}$$

이 경우 각 패킷의 길이는 정규화되어 1로 정의되고 G는 Channel Traffic이며 a는 패킷을 전송하기 위한 정규화된 전송지연값이다. Non-persistent CSMA에서 시간당 전송되는 데이터량(Throughput)은 정규화된 전송지연값 a에 의존한다. 여기서, 대기 시간이 전송되는 데이터량과 관련된 중요한 파라미터임을 확인할 수 있다. 노드가 반응과 감지를 수행해도 패킷의 충돌이 발생할 수 있다. 이는 노드가 반응과 감지한 후 패킷을 전송하더라도 다른 노드가 전송지연 시간동안 패킷을 전송할 수 있으며, 전송된 패킷은 노드간의 수신세력의 차이 때문에 존속되기도 하여 패킷 충돌을 유발할 수 있기 때문이다.

표준화된 CSMA/CA 방식과 Back-off 고려시 전술통신 환경에 적합하도록 설계되어야 한다. 예를 들면, 노드가 데이터를 1회 전송하더라도 다중화된 중계 노드가 목적지 노드에게 다른 경로로의 수신 기회를 제공하도록 Flood 중계 기능을 적용하여 구성할 수 있다. 이를 확장시키면 다계층 Flood 중계 능력을 보유할 수 있다. 이것은 소스로부터 전송정보를 수신하지 못하는 목적지 노드가 중계를 경유하여 정보를 수신하는 기회를 가지는 것을 의미한다. 이는 메시지를 수신할 수 있는 다양한 기회를 제공하고 충돌의 경우에도 메시지 수신 가능성 증가시킨다. 그리고, Flood 중계는 전술통신 Networks에서 서로 연동할 수 있다. MRB 알고리즘과 IEEE 802.11e 표준을 기반으로 전술통신 환경에 적합하도록 정보 속성별 우선순위를 보장하는 T-Back-off 알고리즘을 적용한다면 다양한 전장상황에서 정보전송의 적시성과 생존성, 우선순위에 의한 신뢰성을 향상시킬 수 있다. MRB 알고리즘을 기초로 Throughput을 향상시키기 위해서는 Back-off time을 감소시켜야 한다. 이를 위해서는 CW 크기를 줄이거나 충돌을 최소화 해야만 한다. 그

러므로, 네트워크에서 많은 충돌 없이 CW 크기를 감소시키면 Throughput과 Delay의 향상을 가져올 수 있다. 또한, IEEE 802.11e 표준에 기반한 정보 속성별 Scheduling Back-off Interval 전략을 함께 고려한다면 열악한 무선환경에서도 정보전송의 신뢰성을 보장할 수 있다.

III. 우선순위 정보전송을 보장하는 T-Back-off 알고리즘

여기서 전술통신 환경에 적합하도록 정보 속성을 고려한 전송의 신뢰성을 보장하기 위한 T-Back-off 알고리즘을 제안한다. 전술통신 무선 네트워크 설계시 고려 요소는 무선채널의 공유, 네트워크에서의 데이터 전송 경로 결정, 전술 무선 환경에서의 정보 전송 신뢰성과 분산된 네트워크를 관리 및 통제하는 방법이다. CSMA/CA 네트워크는 계획 소요 시간을 줄이고 Multicast 또는 Broadcast 정보전송에 효과적이다. 전술통신 무선 환경에서 CSMA/CA 알고리즘은 정보 전송을 위한 접속 과정에서 경합(Contention)으로 발생하는 지연과 충돌에 대해 순차적인 정보전송 보다는 정보 속성별 우선순위에 의한 전송이 필요하다. 전술 무선통신 환경에서 부대 유형 및 제대를 고려한 가입자 수, 전술 정보속성을 고려한 우선순위 T-Back-off를 적용한 CSMA/CA 방식은 신속한 정보공유로 지휘통제를 용이하게 하여 효과적인 전쟁 수행을 가능하게 할 것이다.

3.1 부대 유형 및 제대를 고려한 가입자 수

무선 네트워크에 참여하는 가입자 수가 많아지면 Packet 전송 요구 기회가 증가하며 Back-off 시간이 증가하거나 충돌이 증가함으로써 단위 시간당 전송되는 Throughput이 감소하거나 출발지에서 목적지까지의 End to End Delay가 늘어난다. 반면, 무선 네트워크에 참여하는 가입자 수가 작아지면 Packet 전송 요구 기회가 감소하며 Back-off 시간과 충돌이 감소하여 Throughput이 증가하거나 End to End Delay가 줄어든다.

전술환경의 무선 네트워크는 부대 유형 및 제대에 따라 통신망에 가입되는 가입자 수가 상이하다. 그러므로 전술작전에 필요한 정보전송의 효율성을 위해서는 가입자 수를 고려하여 Back-off 알고리즘에 대한 최적화가 필요하다.

3.2 전술정보 속성과 전송 우선 순위

표 1은 미군의 WIN-T(Warfighter Information Network-Tactical)의 정보유동 기준으로 정보전송 우선

표 1. 전송정보 속성을 고려한 우선 순위

전송 형태	전송 방법	정보전송 우선순위
지휘관 - 전체구성원	브로드캐스트	① 음성
지휘관 - 특정원	유니캐스트	① 경보, 경고, 탐지 / 타격 데이터
지휘관 - 특정그룹	멀티캐스트	② 적정, 화력지원
특정원 - 모든구성원	브로드캐스트	정보
특정원 - 특정원	유니캐스트	③ 전투 보고 (일상 정보)
특정원 - 특정그룹	멀티캐스트	④ 군수 행정 보고
		④ 영상

순위를 보여주고 있다. WIN-T의 정보 유통 설계기준에 의하면 모든 전송정보는 90 또는 95%이상 전송 가능수준을 유지하여야 하며 음성, 경보, 경고, 탐지 및 타격데이터는 최우선 전송 정보 0.5초에서 5초 이내에 전송되어야 한다. 적정, 화력지원 정보는 8초 이내에 전송되어야 하며, 일상적 종합정보인 전투 보고는 15초 이내, 군수 및 행정보고는 8분 이내 전송 가능하여야 한다.^[5]

전송정보의 우선순위와 정보전파 시간의 속성을 고려하여 데이터를 전송한다면 경쟁(Contention)으로 발생되는 충돌을 개선하고 전송정보 속성별 정보전파 시간을 충족할 수 있다.

3.3 T-Back-off 알고리즘

전송 무선통신환경과 부대 유형 및 제대, 전송 정보속성을 고려하여 우선순위 T-Back-off 알고리즘을 다음과 같이 제안한다. 수식4와 같이 부대 유형 및 제대를 고려하여 가입자 수가 15가입자이하, 16~30가입자, 31~60

가입자, 61가입자 이상인 경우 4가지로 분류하였고, 변경 적용이 가능하다. Packet 전송 기회의 증감은 제대규모 및 부대 유형에 의한 네트워크 규모, 열악한 전송통신 환경에서 채널 Data rate 가변성, 다양한 전송상황에서의 Packet size, Traffic 발생량 등을 고려하여 CW요소에 반영하였다. TIFS(Tactical Inter Frame Space)는 수식5와 수식6과 같이 노드의 정보 속성별 정보 전달 빈도와 정보 우선순위별 정보전파 목표시간을 고려하여 T-Back-off 알고리즘을 정의하였다.

$$A_{\min} = \frac{CW_{\min} + a}{8} - 1, B_{\min} = \frac{CW_{\min} + b}{4} - 1, C_{\min} = CW_{\min},$$

$$D_{\min} = \frac{CW_{\min} + d}{2} - 1$$

$$A_{\max} = \frac{CW_{\max} - i}{4}, B_{\max} = \frac{CW_{\max} - j}{2}, C_{\max} = CW_{\max},$$

$$D_{\max} = CW_{\max} \times 2 + 1$$

$$x = 15, y = 30, z = 60$$
(4)

Tactical back off =

$$\begin{cases} tifs_n + Uniform(0, (N_0 \times 2^n + 1)), Uniform(0, N_0), & tifs_n = 0 \\ \text{if}(r = 1 \text{ and } n < n_{max}) & \text{if}(r = 1 \text{ and } n = n_{max}) \\ tifs_n + Uniform(0, (N_0 \times 2^n + 1)), Uniform(0, N_0), & tifs_n = 1 \\ \text{if}(r = 2 \text{ and } n < n_{max}) & \text{if}(r = 2 \text{ and } n = n_{max}) \\ tifs_n + Uniform(0, (N_0 \times 2^n + 1)), Uniform(0, N_0), & tifs_n = 3 \\ \text{if}(r = 3 \text{ and } n < n_{max}) & \text{if}(r = 3 \text{ and } n = n_{max}) \\ tifs_n + Uniform(0, (N_0 \times 2^n + 1)), Uniform(0, N_0), & tifs_n = 5 \\ \text{if}(r = 4 \text{ and } n < n_{max}) & \text{if}(r = 4 \text{ and } n = n_{max}) \end{cases}$$
(5)

Case (무선네트워크 구성 노드수 = Uniform(0, x) : Case = 1)

$$N_{\alpha} = N_{1\alpha} = A_{\min}, N_{\beta} = N_{1\beta} = B_{\min}, N_{\gamma} = N_{1\gamma} = N_{1\beta}, N_{\delta} = N_{1\delta} = D_{\min}$$

$$N_a = N_{1a} = A_{\max}, N_b = N_{1b} = B_{\max}, N_c = N_{1c} = C_{\max}, N_d = N_{1d} = N_{1c}$$

Case (무선네트워크 구성 노드수 = Uniform(x + 1, y) : Case = 2)

$$N_{\alpha} = N_{2\alpha} = N_{1\beta}, N_{\beta} = N_{2\beta} = N_{2\alpha}, N_{\gamma} = N_{2\gamma} = N_{2\beta} \times 2 + 1, N_{\delta} = N_{2\delta} = N_{2\gamma}$$

$$N_a = N_{2a} = N_{1b}, N_b = N_{2b} = N_{1c}, N_c = N_{2c} = N_{1d}, N_d = N_{2d} = N_{2c}$$

Case (무선네트워크 구성 노드수 = Uniform(y + 1, z) : Case = 3)

$$N_{\alpha} = N_{3\alpha} = N_{2\beta}, N_{\beta} = N_{3\beta} = N_{3\alpha} \times 2 + 1, N_{\gamma} = N_{3\gamma} = N_{3\beta}, N_{\delta} = N_{3\delta}$$

$$= N_{3\gamma} \times 2 + 1$$

$$N_a = N_{3a} = N_{2b}, N_b = N_{3b} = N_{2c}, N_c = N_{3c} = N_{2d}, N_d = N_{3d} = N_{3c}$$

Case (무선네트워크 구성 노드수 = Uniform(z + 1, ∞) : Case = 4)

$$N_{\alpha} = N_{4\alpha} = N_{3\beta}, N_{\beta} = N_{4\beta} = N_{4\alpha}, N_{\gamma} = N_{4\gamma} = N_{4\beta} \times 2 + 1, N_{\delta} = N_{4\delta}$$

$$= N_{4\gamma}$$

$$N_a = N_{4a} = N_{3b}, N_b = N_{4b} = N_{3c}, N_c = N_{4c} = N_{3d}, N_d = N_{4d} = N_{4c}$$

$$TIFS(TacticalInterFrame Space) = DIFS + slottime \times tifs_n$$

$n = packet$ 의 전송 시도 횟수, (6)
 $n_{max} = packet$ 의 최대 재전송 시도 횟수
 $r =$ 정보 속성별 우선순위,
 $a, b, d, i, j = integer$ 를 위한 최소값

T-Back-off 알고리즘 적용 Flow Chart는 그림 4와 같다. 동작 흐름은 MAC 계층에서 헤더가 정보 속성별로 정의된 우선 순위에 의해 전송하고자 하는 데이터와 조합 연결되어지고 경합에 기반한 차별화된 우선 순위 전송을 위해 정의된 범주로 할당되어 프레임이 채널 접속을 위해 준비된다. 우선 순위에 의해 정해진 범주로 전송 대기 행렬로 정리되어 무선 채널에서 무선 반송파 감지에 의해 매체가 DIFS 동안 Free이면, 채널 접속을 위해 정의된 T-Back-off 알고리즘에서 계획된 TIFS 후 무선 채널에서 매체가 Free이면 T-Back-off time이 적용되어 전송을 시도한다. 매체가 Free 상태가 아니고, 최대 재전송 시도 횟수(n_{max})를 초과하지 않았다면 T-Back-off를 계산하여 IFS 동안 대기하고 Free가 되었을 때 재전송 시도 횟수를 갱신하여 Back-off를 종료하고 무선 채널에서 반송파 감지를 수행하여 매체가 Free이면 T-Back-off time이 적용되어 전송을 시도한다. 이렇게 하여 노드에서 CSMA/CA T-Back-off 알고리즘의 동작으로 정보 속성별 우선 순위로 CW 내에서 전송할 time을 결정하여

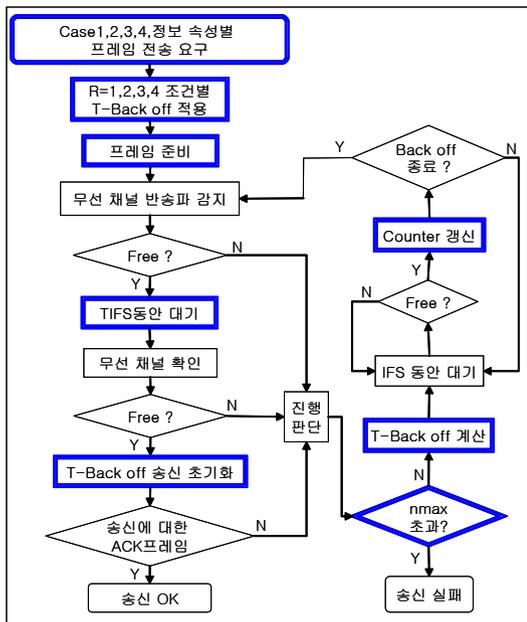


그림 4. T-Back-off 알고리즘을 적용 CSMA/CA Flow chart

데이터를 보낸다. T-Back-off 적용에 대해서는 이중 실선으로 표시하였다.

IV. 실험 및 분석

제안된 T-Back-off 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 전술작전 지휘통제에 대한 모의실험을 실시하여 End to End Delay와 Throughput 을 중심으로 분석하였다.

4.1 실험환경 및 시나리오

모의실험은 OPNET을 사용하여 표 2에서와 같이 모의실험을 위한 주요 파라미터값을 설정하였다. 네트워크 가입자수는 여단급 이하 제대 규모를 고려하여 8, 24, 40, 72 가입자의 4가지 시험그룹을 구성하였다. 개선된 알고리즘의 성능평가를 위해 운용지역을 (1.5×1.5km²)로 축소하고 노드에 이동성(20Km/h)을 부여하였다. 그림 5와 같이 전술 통신환경을 고려하여 각 노드의 단말기를 저출력으로 설정하여 가시거리 통신이 제한되고 전파간섭 등에 의한 수신 신호 감쇄와 같은 열악한 통신환경을 구성하였다. 또한, 군의 작전적 상황을 고려하여 정보전송량이 발생하도록 설정하였다.

상용의 무선 네트워크 기술인 IEEE 802.11 WLAN protocol에서 동작하는 CSMA/CA 매체 접속 타이밍 (Timing)에서 선택 가능한 Back-off slots의 CW 최소값 (CW_{min} = 31)과 최대값(CW_{max} = 1023)을 수식4에 적용하면 Amin=3, Bmin=7, Cmin=7, Dmin=15, Amax=255, Bmax=511, Cmax=1023, Dmax=2047 이 된다. 그 결과 가입자수가 15 이하인 Case1의 경우는 수식7과 같은 결과값을 가진다. 동일한 방법으로 수식6에

표 2. 모의실험을 위한 주요 설정값

구분	설정값
Physical 특성	IEEE 802.11b
운용주파수	2.4 GHz 대역
Multiple Access 방법	CSMA/CA
채널 Data Rate	2 Mbps
Channel setting	Auto
송신출력	3 mW
수신한계레벨	-95 dBm
운용영역	1.5 X 1.5 Km2
가입자 수	8 / 24 / 40 / 72
Traffic 발생	
- Packet Interarrival time	exponential(0.125)
- Packet size(bytes)	uniform(218, 1000)
통신형태	peer to peer via medium
시뮬레이션 시간	240초
이동시간	270초
노드 이동속도	20Km/h
seed	128

의해

$$N_{\alpha} = 3, N_{\beta} = 7, N_{\gamma} = 7, N_{\delta} = 15$$

$$N_a = 255, N_b = 511, N_c = 1023, N_d = 1023 \quad (7)$$

Case2(16~30가입자), Case3(31~60가입자), Case4(61 가입자 이상) 인 경우의 결과값이 구성되고, 수식5에서 정보속성별 우선순위(r=1, 2, 3, 4)를 기준으로 T-Back-off 알고리즘에 적용된다.

모의실험 시나리오는 전술 작전상황에서 통신환경의 변화에 따른 T-Back-off 알고리즘의 성능평가를 위해 구성 노드가 동서로 마주보며 이동하면서 전체 노드의 50%가 동시에 전체 구성원, 특정그룹, 특정원에 전송정보를 전송하여 서로 매체 경합을 통해 통신을 하도록 구성하였다.

시뮬레이션시 무선신호 수신 환경은 작전 반경을 기준으로 송신 출력에 의한 통달거리를 고려하여 무선 수신 레벨이 -30dBm ~ -100dBm이 되도록 설정하였다. 특히, 이동 단말기의 무선신호 수신 레벨은 전술통신 상황에서 열악한 통신환경인 -90dBm ~ -100dBm이 전체 시뮬레이션 시간의 1/3 이상이 되도록 하였다. 시뮬레이션 진행 시간별 이동거리는 모의실험을 위한 시나리오 및 주요 설정값을 기준으로 예측이 가능하다. 이동 경로에서 단말기간 이격 거리를 통해 수신감도 Threshold 레벨 -95 dBm 지점 인근에서 정보 우선 순위별 End to End Delay와 Throughput 성능에 대해 상용의 일반적인 값을 적용한 경우와 비교하여 정량적으로 분석하였다. 개선된 T-Back-off 알고리즘에 대한 성능 평가를 위해 T-Back-off 알고리즘을 적용하기 전후의 다른 파라미터는 상용의 일반적인 값을 동일하게 사용하였다.

4.2 Scenario 1 : 소수 노드 운용 시 최우선 순위 정보전송 성능평가

네트워크 가입자 수가 8가입자(Case 1) 및 24가입자(Case 2)인 경우 최우선 순위 정보(r=1인 경우)에 대하여 성능을 평가하였다. 그림 5과 그림 6은 부대 유형 및 제대 규모를 고려한 가입자 수가 Case 1과 2인 경우의 정보우 순위 r=1로 설정된 트래픽 전송에 대한 End to End Delay값과 Throughput을 보여 주고 있다. Delay값은 T-Back-off가 적용된 경우 최우선 순위 정보전송에 대한 평균 전송지연은 Case 1의 경우 0.0027초, Case 2의 경우 0.004초로 802.11b의 일반적 경우보다 0.0005 ~ 0.002초 향상되었다. 특히, 그림 5에서와 같이 T-Back-off가 적용된 경우는 가시거리 통신이 제한되고 전파간섭 등에 의

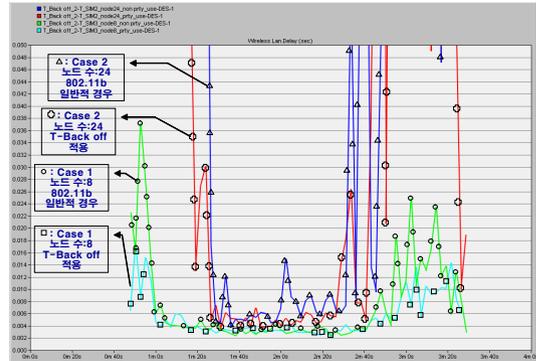


그림 5. Case 1, 2. r=1인 경우의 Delay 값 비교

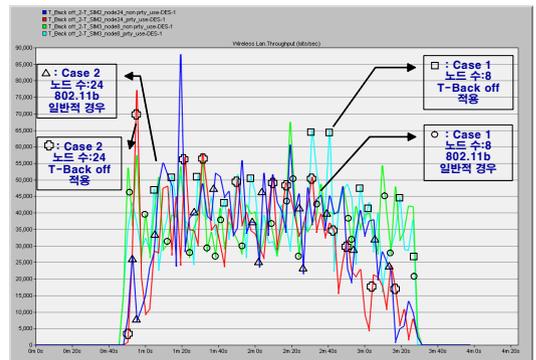


그림 6. Case 1, 2. r=1인 경우의 Throughput 값 비교

한 수신 신호 감쇄와 같은 열악한 통신환경인 수신감도 Threshold 레벨 -95dBm 지점인근에서 End to End Delay값이 802.11b의 일반적 방식보다 향상되었음을 알 수 있다. 그러나, 그림 6과 같이 소수 노드 운용 시 Throughput은 T-Back-off의 적용 유무와 무관하게 유사한 성능을 보여주고 있다. 그림 5에서 그림 8까지 횡축은 시뮬레이션 시간(minute, second), 종축은 End to End Delay값(sec) 또는 Throughput값(bits/sec)을 나타낸다.

4.3 Scenario 2 : 다수 노드 운용 시 최우선 순위 정보전송 성능평가

네트워크 가입자 수가 40가입자(Case 3) 및 72가입자(Case 4)인 경우 최우선 순위 정보(r=1인 경우)에 대하여 성능을 평가하였다. 그림 7과 그림 8은 부대 유형 및 제대 규모를 고려한 가입자 수가 Case 3과 4인 경우의 정보우 순위 r=1로 설정된 트래픽 전송에 대한 End to End Delay값과 Throughput을 보여 주고 있다. Delay값은 T-Back-off가 적용된 경우 최우선 순위 정보전송에 대한 평균 전송지연은 Case 3의 경우 0.018초, Case 4의 경우 0.3초로 802.11b의 일반적 경우보다 3.382 ~ 24.7초 향상되었다. 특히, 그림 7에서와 같이 T-Back-off가 적용

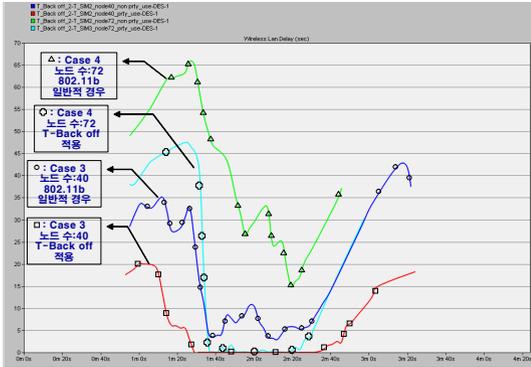


그림 7. Case 3, 4, r=1인 경우의 Delay 값 비교

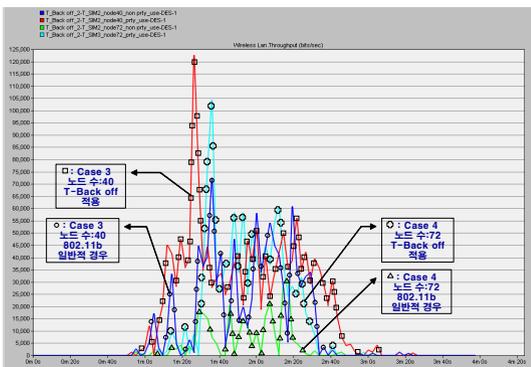


그림 8. Case 3, 4, r=1인 경우의 Throughput 값 비교

된 경우는 가시거리 통신이 제한되고 전파간섭 등에 의한 수신 신호 감쇄와 같은 열악한 통신환경인 수신감도 Threshold 레벨 -95dBm 지점인근에서 End to End Delay값이 수초에서 수십초 이상 대폭 향상되었음을 알 수 있다. 또한, 그림 8에서와 같이 가입자 수가 다수인 경우 T-Back-off 적용시 Throughput이 향상되었다.

4.4 Scenario 3 : 전체 노드에 대한 정보전송 성능평가

그림 9와 그림 10은 네트워크 가입자 수 8, 24, 40, 72 가입자의 4가지 시험 그룹에 대한 전체 평균 Delay와 Throughput 을 보여주고 있다.

가입자 수가 8, 24인 경우 전체 평균 End to End Delay와 Throughput은 일반적인 802.11b와 T-Back-off 알고리즘이 적용된 경우와 동일하다. 이는 동일한 전술통신 환경에서 군사작전간 정보를 전송할 경우 전체 네트워크 성능 변경 없이 경보, 경고, 탐지 및 타격데이터 등 정보의 중요도에 따라 효율적인 전술정보 전송이 가능함을 의미한다.

가입자 수가 40, 72인 경우 T-Back-off 알고리즘이 적

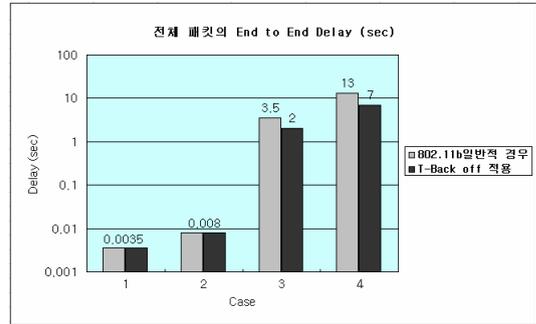


그림 9. 네트워크 전체 가입자의 평균 End to End Delay값 비교

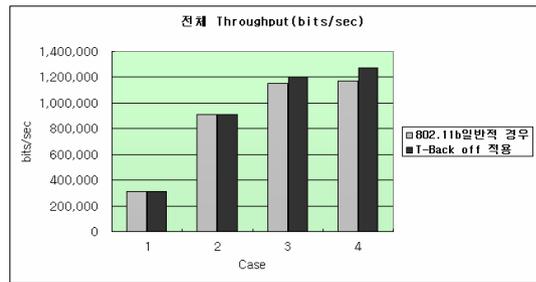


그림 10. 네트워크 전체 가입자의 평균 Throughput 값 비교

용된 경우 전체 평균 End to End Delay와 Throughput은 802.11b의 일반적인 방식보다 향상되었다. 전체 가입자의 평균 End to End Delay는 가입자 수가 24인 경우 2초, 가입자 수가 72인 경우 7초로 802.11b의 일반적인 경우에 비해 1.5 ~ 6초가 향상되었다.

T-Back-off 알고리즘은 가입자 수가 증가할수록 전체 네트워크의 성능이 향상됨을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 전술통신 환경의 다양한 네트워크 규모에서 QoS를 보장하기 위한 T-Back-off 알고리즘을 제안하고 이를 OPNET을 활용하여 실험에 적용하였다. 우선 순위 정보 전송의 영향이 가입자 수가 증가하여 트래픽이 증가할수록, 무선 환경이 열악해질수록 시간당 전송되는 데이터량(Throughput)과 출발지에서 목적지까지의 전송 시간(End to end Delay) 측면에서의 더욱 차별화된 성능을 확인하였다. 이는 작전간 빈번히 발생하는 정보 전송량이 일시에 급격히 증가하는 상황에서도 제대 규모와 정보 속성별 우선 순위 전송으로 신속한 정보공유를 가능하게 하여 지휘통제를 용이하게 하는데 기여할 것이다.

제안한 T-Back-off 알고리즘은 Flood를 고려한 이동

멀티홉 다중 경로 무선 네트워크에서의 프로토콜 적용시 더욱 효과를 발휘할 것으로 예상되며, 전술 상황과 유사한 필수 제어 통신 분야에서도 유용하게 활용이 가능할 것이다. 본 연구를 기반으로 향후 군의 전술 이동 멀티홉 다중 경로 무선 네트워크에서 T-Back-off 알고리즘을 적용한 네트워크 성능 향상 방안에 중점을 두고 연구를 수행하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] M.Albuquerque, A.Aryyagari, M.A.Dorsett, M.S.Foster “Global Information Grid(GIG) Edge Network Interface Architecture,” IEEE MILCOM2007, Oct.2007
- [2] C.Siva Ram Murthy, B.S Manoj, “Ad-Hoc Wireless Networks (Architectures and Protocols),” Pearson Education, Inc., pp.272-275, 6th Printing February 2008
- [3] “Opnet Lab Manual,” Millennium Alliance, 2009
- [4] Geoffrey R. Kelsch, “A Comparison of Battlefield Carrier Sense Multiple Access (CSMA) Networks with Theoretical CSMA Networks Analysis,” Raytheon Systems Company C3I Systems-Communication Systems Laboratory Fullerton, California, IEEE.
- [5] 최영민, 임영갑, 김영호, “전술통신시스템의 효율적인 설계를 위한 정보교환 요구량 분석” SK-TR 2010년 4월
- [6] Abdul Gafur M., Dr.M.P.Sebastian, “Enhancing the Performance of IEEE 802.11 WLAN using Multi Rate Backoff Algorithm,” ACM978, pp.82-87, 2007.
- [7] Prasad, Anand., Prasad Neeli., “802.11 WLANs and IP networking : security, QoS, and mobility,” Artech House, Inc., 2005.
- [8] 차재상 외3 편역, Hiroshi 외1 원저, “최신 이동통신시스템” 도서출판 그린, pp.359-361, 2005. 3.12 발행

윤 종 택 (Jong Taek Youn)

정회원



1996년 6월 통신장교 전역
2010년 8월 아주대학교 정보통신대학원 석사
1996년 7월~현재 LIG넥스원 통신연구센터 책임연구원
<관심분야> 무선전송, 전술통신 네트워크, 군 위성통신

최 영 민 (Young Min Choi)

정회원



2008년 2월 아주대학교 정보통신학과 석사
2008년 7월~현재 아주대학교 NCW학과 박사과정
2010년 3월~현재 육군 전투지휘훈련단 지형DB장교
<관심분야> 전술이동통신, C4I 체계

성 보 현 (Bo Hyon Sung)

정회원



1996년 1월 계명대학교 전산교육 석사
2009년 9월~현재 아주대학교 NCW학과 박사과정
1996년 1월~ 현재 삼성SDS 국방개발팀
<관심분야> 지휘통신체계, 전술이동통신

김 영 호 (Young Ho Kim)

정회원



1983년 3월 육군사관학교 물리
과 학사

1988년 8월 CREOL, Univ.
Central Florida, 전자공학과
석사

1997년 8월 ARRI, Univ. of
Texas, Arlington, 전자공학
과 박사

1999년 8월 Who's Who In the World 2000 등재

2000년 8월 Who's Who In Science and Engineering

2001 등재

2000년 6~현재 한국국방연구원 획득연구센터 근무

2000년 6~현재 이주대학교 정보통신대학원 겸임교수

<관심분야> C2/전술통신체계 획득분석, MANET
프로토콜, 로봇제어, 인공지능