

군 전술환경에 적합한 WNW의 최적 구조와 트래픽 해석

장 재 영*, 김 정 호^o

Analysis On Optimized WNW Topology And Traffic Modeling Under Tactical Environment

Jae-young Jang*, Jung-ho Kim^o

요 약

군은 다양한 전투공간에서 수많은 상황에 직면하여 전투를 수행한다. 그러므로 지휘통신체계 구축은 매우 중요하고 어려운 일이다. 이를 위해 미래 전장환경을 예측하고 WNW 트래픽 모델링을 선정하여 시뮬레이션을 실시했으며, WNW 네트워크의 야전성능을 해석하여 최종적으로 군 전술환경에 가장 적합한 최적의 WNW 구조를 제시했다. 국방기술품질원에서 제시한 IER을 기준으로 해석하여, 최적의 구조로 확인된 중대단위 클러스터 구조는 여단 단일망에서 플랫폼구조나 대대단위 클러스터 구조에 비해 상대적으로 패킷 수신률이 10~20%이상 향상되었다.

Key Words : tactical environment, communication system, WNW modeling, topology, cluster

ABSTRACT

Armed forces conducts war under volatile and unpredictable situation. Constructing communication system which ensures a victory is very important and difficult work. Traffic modeling has been conducted to derive WNW topology which meets operational requirements and capability under tactical environment. The result of study explains based on DTaQ's IER that company level cluster has 10~20% better packet receive rate than brigade level size.

1. 서 론

미래 한반도에서 전장환경을 판단하고 그에 적합한 지휘통신체계를 설계한다는 것은 전투를 승리로 이끌 수 있는 중요한 요소이다. 전장은 여러 유형별로 나타나겠지만 수행하는 전투양상은 다음과 같을 것이다. 한반도에서의 전쟁은 Network 중심전, 심리적 마비효과를 극대화하는 효과중심 작전 수행, 지식·정보 중심전, 인간적 요소를 중시하는 전쟁의 양상과 산악지역과 도시지역에서의 전투양상이다. 미래 전장에는 확장된 작전지역에서 제 전투요소를 네트워크로 연결하여 다양

한 감시수단으로 작전지역의 적 위치 및 규모를 파악하여 실시간에 표적획득 및 타격을 실시하는 전투양상이 전개될 것이다. 병사들과 소부대 지휘자들은 미래전장에서 엄청난 양의 정보에 직면 할 것이나, 정보의 수집과 전파를 위한 새로운 기술과 시스템을 통해, 이러한 정보에 적시 적절하게 처리할 수 있을 것이다. 미래 전장은 현재 대비 3~4배 이상의 확장된 작전책임지역을 가질 것이며, 지휘소와 전개된 부대들은 네트워크를 통해 긴밀히 연결되어 전장가시화 및 정보공유가 가능할 것이다.

위와 같은 전투양상을 고려해 볼 때 가장 중요한 요

* 본 연구는 한밭대학교 지원 및 한밭대학교 정보통신전문대학원 박사과정중 수행되었습니다.

• First Author : Hanbat National University, capsig0526@naver.com, 학생회원

^o Corresponding Author : Hanbat National University, jhkim@hanbat.ac.kr, 정회원

논문번호 : KICS2014-06-246, Received June 27, 2014; Revised October 4, 2014; Accepted October 28, 2014

소는 단절없는 지휘통신체계 구축이다. 특히, 지휘통신 체계중 네트워크 중심의 무선망 운용이 군 전술환경의 변화에 신뢰성 높은 지휘통제를 보장하는 핵심이므로 원활한 전투무선망의 운용은 전쟁의 승패를 좌우하게 될 것이다. 본 연구에서는 여단이하 체대에서 운용되는 무선 네트워크를 중심으로 전투무선데이터망에 적용된 WNW(Wideband Network Waveform)에 대한 최적화된 구조를 제안한다. WNW는 MANET의 하나로 802.11e 기반의 CSMA/CA MAC 프로토콜과 CBRP(Cluster Based Routing Protocol)방식의 라우팅 프로토콜을 기반으로 국방과학연구소에서 자체 개발한 다양한 프로토콜을 적용하여 개발중이다. 이를 토대로 국방 기술품질원의 IER을 기준으로 야전성능을 해석한 뒤 이를 기준으로 군 전술환경에 적합한 구조와 트래픽을 추가로 해석한다.

II. 군 전술환경에 대한 예측

미래전장환경은 다음과 같은 요소를 예측하여 설계되어야 한다.

2.1 지형과 도시화

한반도의 지형적 작전환경은 약 70%이상이 산악지형으로 형성되어, 가시거리(Line Of Sight) 기반의 무선통신 운용에 제한을 줄 것이다. 또한, 최근 급속한 도시화 현상으로 도시건물, 지하 기반시설 등이 증가하고 있다. 도시지역작전간 적에 대한 정보가 불확실할 경우, 중계시설을 설치하기 어려우며, 많은 건물들로 인해 가시거리 확보가 어렵다. 그러므로 도시지역작전은 효과적인 아군 피해 축소를 위해 전투원 상호간에 긴밀한 정보 공유의 통신망체계가 중요하다.

2.2 군사과학 기술력의 향상

미래전장에서는 부대의 대부분이 전투현장에 배치되는 과거의 모습은 찾아 볼 수 없게 될 것이다. 군사과학기술의 발달로 대량 생·화학무기 역시 수시간내에 전장환경을 황폐화시키고, 인공위성이나 방송체계의 발달로 이러한 전장상황이 빠르게 전파됨으로써 병사들의 전투의지가 심각하게 손상 될 수 있다.

2.3 전투수행 개념의 변화

미래전장은 정보통신기술을 바탕으로 군사장비에도 고도화된 기술이 적용되어 개발될 것이다. 또한 모든 무기체계들은 IP로 연결되어 거대한 네트워크 중심환경이 구축될 것이다. 따라서 지휘통제체계를 기반으로

제반 전투력의 동시 통합과 정밀타격의 비중이 증가하고, 특히 탐지자산과 지휘결심체계, 타격체계가 동시에 이뤄지는 “탐지-결심-타격”의 자동화 및 신속성이 강화될 것이다.

III. WNW의 Traffic Modeling 선정

미래 한반도 전장환경에 적용가능한 지휘통제 네트워크 구성을 WNW로 설정하고 네트워크 토폴로지와 트래픽 모델을 선정한다. 군에 운용이 예상되는 WNW는 100 ~ 500MHz대의 주파수 범위내에서 수MHz의 대역폭을 적용하여 전송속도 수백Kbps ~ 수Mbps을 구현할 것이다.

3.1 Network Topology 구성

토폴로지 구성을 위한 단말의 배치는 그림 1처럼 현재보다 2배 커진 미래 전장을 고려하였다. 기본자료는 ○사단 ○여단 전투지휘훈련 자료중 전투 21모델 데이터를 기준으로 했다. 토폴로지에 적용된 데이터는 여단에 편제되는 170여대의 무전기 실제수량과 작전계획을 적용한 부대간격 및 배치를 적용한 노드 좌표, 노드 이동성 정보를 포함했고 노드별 이동속도는 도보 및 차량이동을 실제 전장환경에서 사용되는 데이터값을 적용하였으며 위치의 변화는 시간적 지대선을 적용하였으며 공격은 4시간 동안, 방어는 6시간 동안의 작전사항을 적용했다.^[1,2]

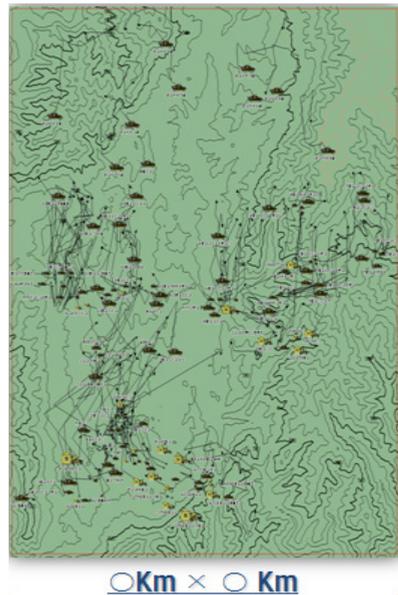


그림 1. 여단 작전지역
Fig. 1. Future Regiment situation

보다 명확한 데이터를 확인하기 위해 무전기 단말 수량을 작전환경에 적합하도록 파괴, 손실, 보충 등 전장환경에서 발생할 수 있는 수량변동사항을 적용하였으며 지휘용 단말은 휴대형에서 차량형으로 변경하여 통달거리를 수Km에서 수십Km로 조정하였다. 또한, 피아식별이 가능하도록 인접부대를 제거하고 노드위치를 좌표로 변환하여 최종 노드를 배치하였다.

3.2 지형 및 전파전파 모델

미래 ○○의 작전계획에 의거 구성된 노드 분석을 위한 모델은 미 국방부 표준 M&S 모델인 그림 2와 같은 TIREM4를 적용하였다. TIREM4는 OPNET에 적용된 모델로 미 국방성에서 지형정보를 기반으로 프로파일상의 loss값 등을 확인하기 위해 안테나 고도, 주변장애물 등의 변수값을 적용하는 시뮬레이션 모델이다. 최초 모델을 적용한 탐색개발시 M&S는 지형을 반영하지 않은 상태에서 실시했다. 그러나 지형을 고려한 경우와 그렇지 않은 경우에 전파손실에서 약 20% 이상의 차이가 발생함에 따라 최종 실험시에는 지형정보단으로부터 지형정보를 획득하여 적용하였다.^[8,10]

적용한 디지털 지형정보는 DETD Level 2, 30m급으로 강원도 지역을 선택하여 모델링을 수행했다. 이 모델은 불규칙적인 지형의 전파 Path Loss를 1MHz에서 40GHz 범위내에서 계산할 수 있으며 지형의 형태, 고도를 조사하여 경로에 따른 전파손실을 계산할 수 있다.

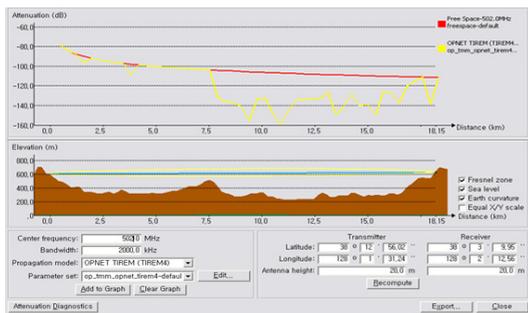


그림 2. TIREM4 모델
Fig. 2. TIREM4 Model

3.3 IER Traffic 설정

Ad-hoc의 IER을 확인하기 위해 적용한 정보는 국방기술품질원에서 제공한 전투 21 메시지 중에서 이메일, 전자문서, 위치보고, 미래 무기체계의 종류별로 정보가 유통된 날짜, 시간, 정보교환목록, 생산자, 수신자, 통신량 등이다.^[3]

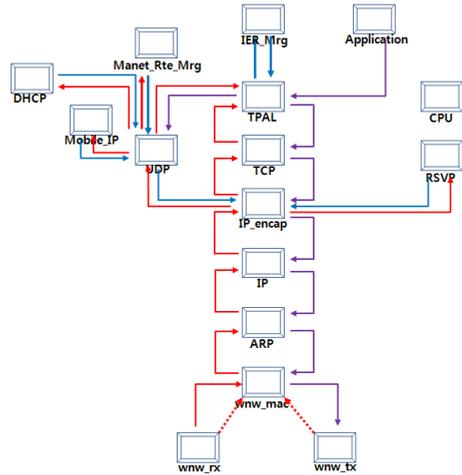


그림 3. IER_Mrg 프로세스 모델
Fig. 3. IER_Mrg Process Model

확인을 위한 IER_Mrg 프로세스 모델은 WNW 송수신 결과를 1개 노드를 기준으로 발생하는 트래픽을 분석하기 위해 주로 사용된다. 그림 3, 4처럼 트래픽 로딩된 하나의 노드에서 트래픽 발생정도를 분석하고 통계치를 수집하는 Open_Connection.Enter Executives에 적용된 알고리즘을 적용했다.^[3,4,8]

그림 4는 프로세스 모델의 IER_Mrg에서 수행하는 기능을 구체화하여 표현했다. 모델의 구성은 실제 무전기에 적용된 프로토콜을 적용하였으며 이중 정보유량을 최종확인할 수 있도록 유통되는 모든 패킷을 분석할 수 있는 TPAL(Total Packet Analysis Language)을 추가하였다. 그 결과 최종 분석된 자료를 통해서 확인할 수 있는 것은 구성된 노드간 시간대별 정보유통의 트래픽 발생량과 평균 지연시간, 평균 충돌횟수 등

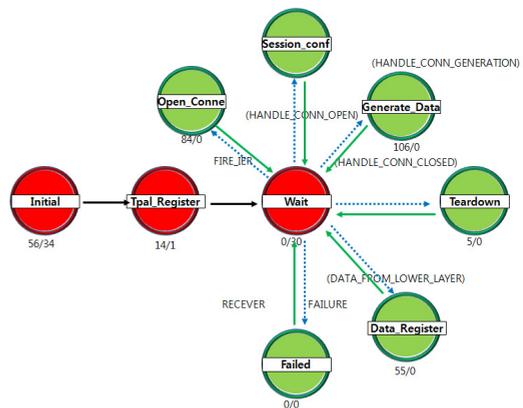


그림 4. IER_Mrg 프로세스
Fig. 4. IER_Mrg Process Architecture

이다.^[5-7]

IV. WNW Network의 야전성능

4.1 WNW의 정보유통량 해석

III장에서 분석한 WNW M&S 모델과 입력한 파라미터로 실제 부대배치를 가정하여 WNW를 통한 정보유통량을 해석한 결과를 제시한다.

평균 end-to-end간 지연시간은 그림 5와 같이 최초 급격히 증가하여 약 3.5초의 지연시간이 발생하였으나 30분 이후 부터는 약 2.5초의 수준으로 평균 지연시간이 유지되었다.

전달되는 패킷의 충돌은 그림 6과 같이 최초 10분 까지 약 0.7회로 급격히 증가하였고 이후 변화가 거의 없었다. 정보유통량과 지연시간, 패킷충돌을 확인한 결과 최종적으로 확인된 IER의 전달 성공률은 송신 패킷 483개중 수신패킷 97개로 약 20% 이내였다. 이 결과

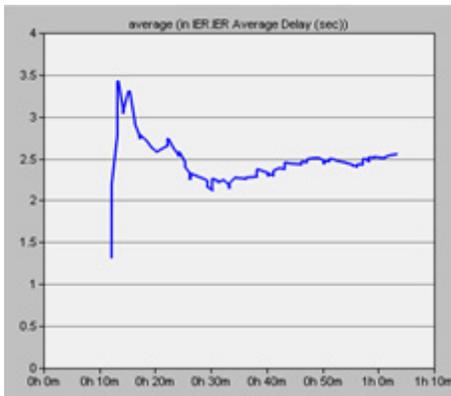


그림 5. 평균 지연시간
Fig. 5. Average Delay Time

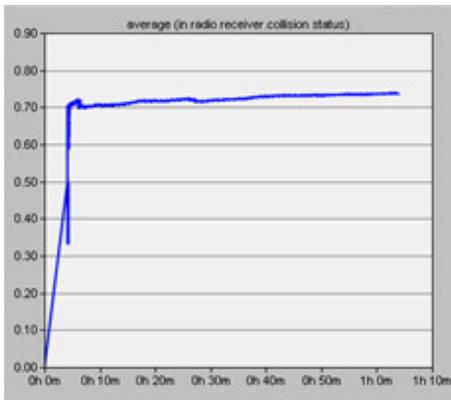


그림 6. 패킷 충돌
Fig. 6. Packet Crash

를 그대로 적용시 야전 전술환경에서 운용성 평가가 제한된다. 그러므로 파라미터 조정을 통한 개선이 필요하다.

4.2 입력 파라미터 조정을 통한 개선

본 연구는 Ad-hoc 프로토콜에서 Hello Interval을 Uniform(8.8)에서 Uniform(8.8.3)으로 수정하고 MAC 프로토콜의 Retry Limit값을 2에서 8로 조정하여 망내에서 생존성을 향상시켰다. 그 결과 그림 7과 같이 파라미터를 조정한 결과의 IER 성공률은 기존 적색의 성공률에 비해 두배인 48%로 증가했다. 따라서 효과적인 결과를 도출하기 위해서는 야전 전술환경에 적합하고 최적화된 변수를 적용해야 한다.^[3-6,9]

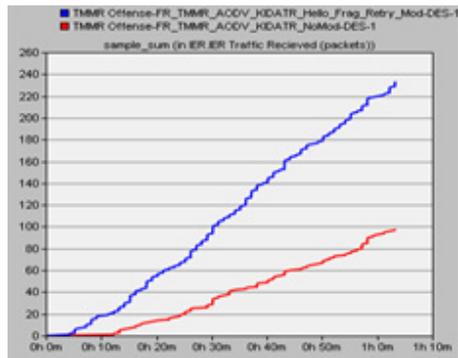


그림 7. 파라미터 조정 전후 성공률 비교
Fig. 7. Comparison Before and After

V. 군 전술환경에 적합한 WNW의 최적구조에 대한 해석

5.1 여단 단일망 Topology 설계

IV장에서 확인한 WNW의 야전성능을 기초로 여단 이하 전투무선 네트워크를 플랫폼구조와 클러스터 구조를 구분하여 설계했다.

5.1.1 플랫폼구조

여단 단일망 토폴로지 설계를 위해 네트워크 단위를 여단으로 한정된 플랫폼구조 구성을 그림 8에 나타내었다. 이러한 플랫폼구조의 장점은 네트워크의 신뢰성이 증가하고 구성이 용이하다. 망내에서 유통되는 패킷의 생존성은 높은 수준으로 향상된다. 그러나 전술상황하에서 급변하는 여건을 적용하면, 중간 경로상의 노드가 파괴되거나 기능이 상실되면 패킷 충돌이 지속적으로 증가하게 되고 결국 네트워크의 성능저하를 동반하므로 순간적으로 새로운 경로를 구성 한다.

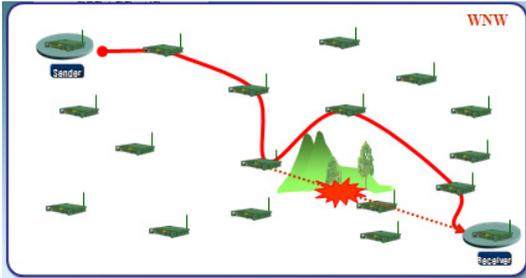


그림 8. 여단 단일망-플랫구조
Fig. 8. Regiment Only Flat Topology

따라서 Ad-hoc의 특성상 여러경로를 확인하기 위한 트래픽 증가와 지연시간 증가 등 네트워크의 성능이 저하되어 전술적 환경에서는 상대적으로 부적합하다.

5.1.2 클러스터 구조

(1) 대대단위 클러스터

여단 단일망 네트워크 단위를 대대로 한정된 대대 단위 클러스터 구조 구성을 그림 9에 나타내었다. 이러한 대대 단위 클러스터 구조는 시나리오 설정이 중요하며 클러스터 헤더를 지휘관 또는 차량용 단말기에 고정하고 제어주파수를 헤더와 일반노드가 각각 다르게 사용할 수 있다. 이 대대단위 클러스터 구조의 장점은 앞에서 설명한 여단단위 플랫구조보다 패킷의 충돌이 감소하며 오버헤드도 상대적으로 감소한다. 그러나 대대 클러스터 헤더간 가지거리(LOS)가 미확보되면 통신두절 가능성이 현저히 증가한다. 따라서 네트워크의 신뢰성이 플랫구조에 비해 저하되어 대대단위 클러스터 구조는 소부대 전술적 환경에서는 비교적 부적합하다.

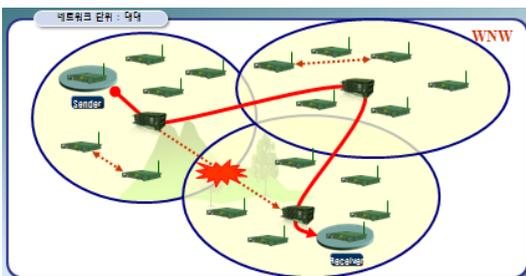


그림 9. 대대단위 클러스터 구조
Fig. 9. Battalion Cluster Topology

(2) 중대단위 클러스터

여단 단일망 네트워크 단위를 중대로 한정된 중대단위 클러스터 구조 구성할 경우를 그림 10에 나타내었다. 중대단위의 시나리오 설정은 클러스터 헤더를 지휘

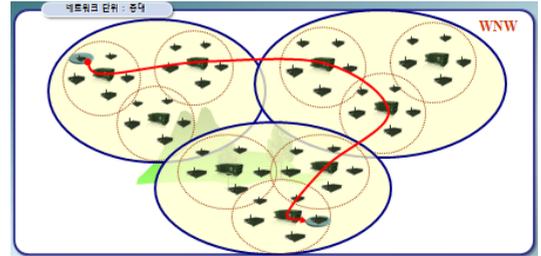


그림 10. 중대단위 클러스터 구조
Fig. 10. Company Cluster Topology

관 또는 차량용 단말기에 고정하고 헤더와 일반노드는 다른 제어주파수를 사용해야 하는 것은 대대단위 클러스터 구조와 동일하다. 중대단위 클러스터 구조는 플랫구조 대비 패킷 충돌이 현저히 감소하게 되고 대대단위 클러스터 구조 대비 상대적으로 망 신뢰성이 증가한다. 또한 네트워크 규모가 중대단위 소량의 단말로 오버헤드가 현저히 감소한다. 그러나 대대단위 클러스터 구조에 비해 지연 발생 가능성이 높고 중대단위로 구성되어 헤더의 수가 과도히 증가하게 되면 오버헤드도 상대적으로 현저히 증가하게 되어 네트워크의 성능이 저하된다.

5.2 플랫구조와 클러스터구조의 비교

군 전술환경에서 플랫구조와 클러스터 구조의 비교를 위해 총 받은 IER 수량은 그림 11, IER 전송지연은 그림 12에 나타내었다.

그림 11은 송신한 패킷대비 수신한 패킷의 IER결과를 나타내었는데 플랫구조를 청색으로, 대대단위 클러스터 구조를 적색으로 중대단위 클러스터구조를 녹색으로 표시하였다. 확인한 결과 동일한 패킷을 동일 시

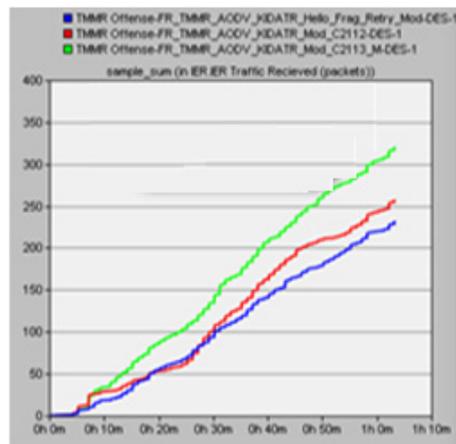


그림 11. 총 받은 IER 개수
Fig. 11. Total Receive IER

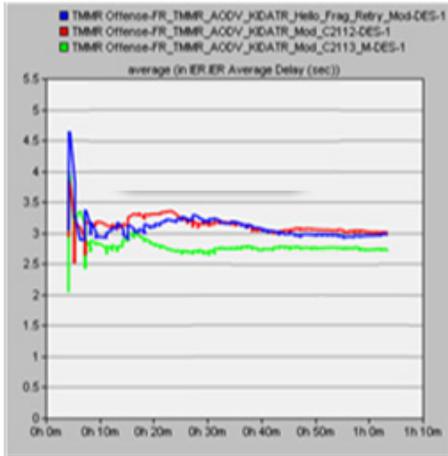


그림 12. IER 전송지연 비교
Fig. 12. Comparison IER Delay Time

간동안 전송할 경우 표 1처럼 플랫폼구조는 총 483개의 패킷중 339개를 수신했으며, 대대단위 클러스터 구조는 총 483개의 패킷중 413개를 수신하였고, 중대단위 클러스터 구조는 총 483개의 패킷중 465개를 수신했다.

그림 12는 송신한 패킷대비 수신한 패킷의 IER 결과를 나타내었는데 플랫폼구조를 청색으로, 대대단위 클러스터 구조를 적색으로 중대단위 클러스터구조를 녹색으로 표시하였다. 확인한 결과 전송지연에서도 상대적으로 중대단위 클러스터 구조가 플랫폼구조나 대대단위 클러스터 구조에 비해 약 0.5초 감소하였다.

결국 중대단위 클러스터 구조가 전술환경에서 플랫폼구조나 대대단위 클러스터 구조보다 패킷이 안정적으로 수신할 수 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 중대단위 클러스터 구조로 트래픽 모델링을 수행하여 군 전술환경에 적합한 최적구조를 도출한다.

표 1. 야전전장환경에서 패킷 수신 성공률 비교
Table 1. Comparison Packet Receive Success

Scenario		Send	Receive	Success
Plat		483	339	71.2%
Clus ter	BAT	483	413	85.5%
	COM	483	465	96.3%

5.3 군 전술환경에 적합한 최적구조 도출

5.3.1 최적 통달거리 분석

중대단위를 기준으로 하여 최적구조 도출을 위해 다음의 사항을 해석한다. 군 전술환경에서 중요한 요소중 하나는 바로 작전지역의 범위와 통달거리다. 그림 13

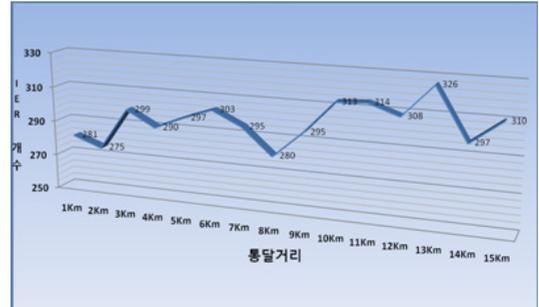


그림 13. 통달거리별 성능변화
Fig. 13. Case by Distance Capacity Exchange

에 중대단위 클러스터 구조를 가지고 거리별 패킷 성공률을 나타냈다.

확인결과 약 12Km 지점에서 IER 성공률이 약 67%로 양호하였다. 위 결과에서 거리별로 패킷성공률이 일정하게 증가하지 않는 것은 한국지형의 특성상 거리가 증가함에 따라 산악 등이 장애요소가 되어 부분별로 감소요인으로 작용하기 때문이다. 거리별 전송지연 시간은 그림 14에 나타났다. 확인결과 12Km거리에서 평균 전송지연시간이 약 2.6초로 비교적 양호하게 확인되었다. 위 결과에서 거리별로 지연시간이 일정하지 않은 것은 한국지형의 특성상 거리가 증가함에 따라 산악 등이 장애요소가 되어 부분별로 영향을 주었기 때문이다. 위 두가지 결과를 종합해보면 중대단위 클러스터의 구조는 약 12Km 이내의 작전범위를 갖는 여단의 전투환경에서 구성할 때 최적의 성능을 발휘할 수 있다.

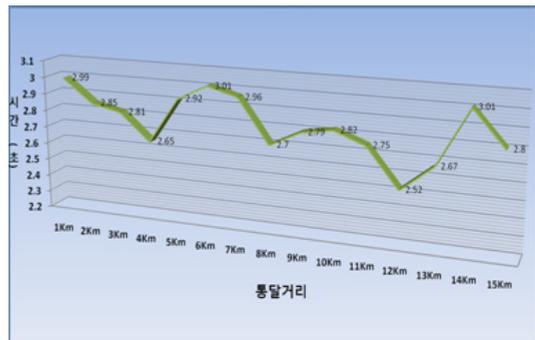


그림 14. 통달거리별 지연시간 변화
Fig. 14. Case by Distance Delay Time Exchange

5.3.2 고지대 전투무선장비 고정 배치

전술환경에서 정보유통은 보다 높은 수준의 생존성 있는 성공률이 필요하다. 따라서 중대단위 클러스터 구조를 기본으로 하고 추가적으로 지형적 장애물을 극복하기 위해 그림 15와 같이 고지대에 WNW 단말기를

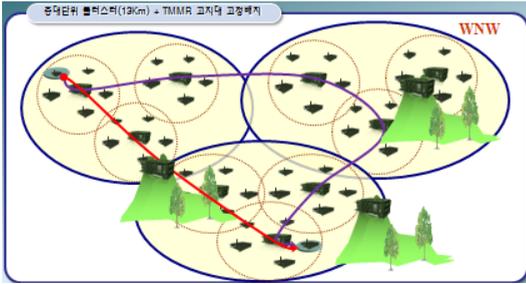


그림 15. 중대단위 클러스터 구조
Fig. 15. Cluster Topology of Company

고정배치 하였다.

고지대 단말기를 8개를 배치하고 채널은 중대와 동일한 것을 사용하도록 설정했다. 고지대 고정단말을 배치하고 IER 성공률을 확인한 결과 그림 16에서처럼 성공률이 크게 향상되지 않았다. 그러나 전송지연 시간은 약 0.5초 정도 감소했다.

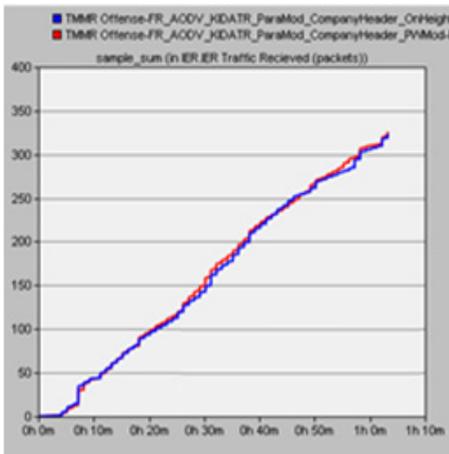


그림 16. 패킷 수신률 비교
Fig. 16. comparison Packet Receive

5.3.3 군 전술환경에 적합한 최적 구조

지금까지 확인한바에 의하면 WNW를 적용한 군 전술환경에 가장 적합한 토폴로지 구조는 중대단위 클러스터 구조다. 중대단위 클러스터 구조가 플랫폼구조나 대대단위 클러스터 구조보다 패킷 성공률과 전송지연에서 우수한 성능을 나타냈다. 그리고 중대단위 클러스터 구조에서 통달거리 12Km 이내가 가장 우수한 성능을 나타내는것을 확인했다. 다만 고지대에 단말을 추가로 배치하면 전송지연시간 측면에서 개선되지만 패킷 성공률은 개선되지 않아 크게 고려할 사항은 아니다. 그

러므로 군 전술환경에 적합한 최적 구조는 약 12Km의 작전범위를 갖는 중대단위 클러스터 구조로 제시한다.

VI. 결 론

미래 전장환경을 판단하고 그에 적합한 지휘통신체계, 그중에서도 네트워크 무선망의 최적구조를 제시했다. 이를 위해 군 전술환경에 대한 예측을 실시하여 전투 무선망 설계시 고려할 수 있는 요소를 확인했다. 그리고 WNW 트래픽 모델링을 선정, 시뮬레이션 실시, WNW 네트워크의 야전성능 확인을 차례대로 실시한 후 그 결과에 기초하여 최종적으로 군 전술환경에 가장 적합한 WNW의 토폴로지 구조를 해석했다. 그 결과 플랫폼구조나 대대단위 클러스터 구조보다 중대단위 클러스터 구조가 시시각각 변화하는 군 전술환경에 가장 적합하다는 것을 확인했다. 그것은 시뮬레이션에서 여단 단일망 구성시 중대단위 클러스터 구조가 플랫폼구조, 대대단위 클러스터 구조보다 높은 수준의 IER 성공률과 최소의 전송지연을 나타냈기 때문이다. 그렇지만 보다 신뢰도 높은 결과를 얻기 위해서 최적화된 파라미터에 대한 연구가 추가로 필요하다. 그러므로 향후 연구 방향은 클러스터 헤더의 이동성, 노드 군집 등을 고려한 헤더 선정 기법과 클러스터 헤더 선정 방안에 대한 연구, 단말의 운용환경, IER 트래픽 특성에 적합한 최적 Ad-hoc 프로토콜 연구 등이다.

References

- [1] J. L. Burbank, P. F. Chimento, B. K. Haberman, and W. T. Kasch, "Key Challenges of Military Tactical Networking and the Elusive Promise of MANET Technology," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 44, no. 11, 2006.
- [2] M. Hassan, H. L. Vu, and T. Sakurai, "Performance analysis of the IEEE 802.11 MAC protocol for DSRC safety applications," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 60, no. 8, pp. 3882-3896, Oct. 2011.
- [3] I. F. Akyildiz, W. Y. Lee, and K. R. Chowdhury, "CRAHNs: Cognitive radio ad Hoc networks," *Ad Hoc Networks*, vol 7, no. 5, pp. 810-836, Jul. 2009.
- [4] S.-J. Lee and D.-I. Choi, "A node status control algorithm in mobile ad-hoc networks," in *Proc. KICS*, vol. 39B, no. 03, pp. 188-190,

Mar. 2014.

- [5] J. Kim, "An efficient routing algorithm considering packet collisions in cognitive radio ad-hoc network," in *Proc. KICS*, vol. 38B, no. 09, pp. 751-764, Nov. 2013.
- [6] Murcia, "Ad-hoc, mobile, and wireless networks," *2009 8th Int. Conf. Ad hoc-Now*, Spain, Sept. 2009.
- [7] C. Bertelle, G. H. E. Duchamp, and H. Kadri-Dahmani, *Complex Systems and Self-organization Modelling*, Springer, 2009.
- [8] J. Redi and R. Ramanathan, "The DARPA WNaN network architecture," in *Proc. IEEE MILCOM*, pp. 2258-2263, Baltimore, MD, Nov. 2011.
- [9] Y. B. Ko and N. H. Vaidya, "Location-aided routing (LAR) in mobile ad hoc networks," *J. Wireless Networks*, vol. 4, pp. 307-321, 2012.
- [10] D. Eppink and W. Kuebler, *TIREM/SEM Handbook*, Department of Defense, 1994.

장 재 영 (Jae-young Jang)



1991년 2월 : 금오공과대학(공학사)
2004년 5월 : 정보통신 기술사
2005년 2월 : 대전대학교(공학석사)
2013년 3월 : 한밭대학교 정보통신대학원 박사과정
<관심분야> 정보보호, Ad-hoc, CR

김 정 호 (Jung-ho Kim)



1980년 2월 : 경북대학교(공학사)
1983년 2월 : 경북대학교(공학석사)
1983년 3월~1996년 2월 : ETRI 실장
1989년 8월 : 정보처리기술사
1990년 8월 : 산업계측제어기술사
1991년 12월 : 정보통신기술사

1994년 2월 : 경북대학교(공학박사)
1996년 3월~현재 : 한밭대학교 컴퓨터공학과 교수
<관심분야> 네트워크, 데이터통신, 정보보호, 통신서비스