

클러스터 헤드의 변경 빈도를 최소화 하기위한 CBRP-CHID 알고리즘의 제안 및 성능평가

(A Proposal and Performance Evaluation of the CBRP-CHID Algorithm
for Minimizing change frequencies of Cluster head)*

장준영/이길섭/이승종**

I. 서론

최근에 MANET(Mobile Ad-hoc Network)은 다양한 분야에서 연구되고 있다. MANET은 기존 인프라를 이용하지 않고 노드들만으로 구성된 네트워크이며, 분산, 이동, 무선, 멀티홉 등의 특성을 가지고 있다[3]. 지금까지 MANET은 다양한 기관에서 연구되었으며 그 결과는 IETF(Internet Engineering Task Force) 표준에 반영되었다. 이중 대규모 네트워크를 위한 CBRP(Cluster Based Routing Protocol) [6]이 개발 되었다. CBRP는 LID(Lowest ID)를 사용하여 클러스터와 노드의 2계층으로 나누어진다. 이것은 여러 개의 계층 구조로 이루어진 조직에 적용하는 것을 적합하지 못하게 한다. 또 잦은 클러스터 헤드의 변경을 발생시킨다. 클러스터 헤드의 변경은 CBRP-LID의 성능을 저하 시키는 주요 원인이 된다. 본 논문에서는 이러한 CBRP-LID을 개선하여 HC(Hierarchical Code)방식과 HID(Highest ID)알고리즘을 이용한 CBRP- HID에 대해서 소개한다. CBRP-CHID의 성능 평가를 위해 패킷 전송 성공률, 데이터 손실량 및 라우팅 로드를 평가 척도로 한다[7]. 평가 대상 프로토콜은 CBRP-CHID, CBRP-LID, DSR(Dynamic Source Routing)[5] 및 AODV (Ad hoc On demand Distance Vector)[4]로 한다. 실험은 한국군 전투 무선망에서 발생하는 시나

* 본 내용은 '03년도 한국국방경영분석학회 추계학술대회 발표내용을 정리한 것임.

** 국방대학교 운영분석과

리오를 가정하여 실시한다. 한국군 전술 통신망은 전술 기반망, 전술용 MANET 및 개인 통신망의 세 가지 하부 네트워크로 구성된다[5]. 본 논문의 실험 결과는 미래의 한국군 전투 통신망 구성에 도움이 될 것이다.

논문의 구성은 2장에서 CBRP-LID와 클러스터 헤드 형성 기법에 대해서 알아보고, 3장에서 CBRP-CHID에 대한 설명을 한다. 4장에서는 실험 구성과 실험 결과를 분석하고, 5장에서 결론 및 향후연구과제에 대하여 논한다.

II. 관련 연구

2.1 CBRP-LID

CBRP-LID는 계층적인 라우팅 프로토콜이며, 요구 기반(on-demand)의 라우팅 프로토콜이다. CBRP-LID는 클러스터와 노드의 두 가지 계층으로 구분된다. 평면(flat) 라우팅 방식은 많은 라우팅 트래픽을 유발하지만, 계층적(hierarchical) 라우팅 방식은 라우팅 트래픽을 줄여준다.

CBRP-LID의 동작은 클러스터 형성, 인접 클러스터의 발견 및 라우팅의 세 단계로 구분된다. CBRP-LID는 클러스터 형성을 위하여 LID알고리즘을 사용한다. 각 노드는 인접한 노드 중에서 클러스터 헤드가 없는 경우에 헤드선출 알고리즘을 수행한다. 각 노드는 인접한 노드와의 Hello 메시지를 교환하면서 인접한 노드의 ID와 링크 정보를 획득한다. 동시에 자신의 ID와 비교하여 가장 작은 노드를 클러스터 헤드로 한다. 클러스터 헤드로 선출된 노드는 자신이 클러스터 헤드임을 인접노드들에게 광고한다.

인접한 헤드의 발견은 게이트웨이 노드를 통해서 이루어진다. 클러스터 헤드가 아닌 노드들중에서 두 개 이상의 클러스터 헤드 광고 메시지를 듣는 노드는 게이트웨이 노드가 될 수 있다. 클러스터 헤드들은 인접 클러스터 테이블(CAT: Cluster Adjacency Table)을 유지한다. 인접 클러스터 테이블에는 이웃 클러스터 헤드에 대한 모든 정보가 저장되어 있다[6].

라우팅은 라우트 발견, 라우트 응답, 라우트 유지의 절차로 이루어진다. 라우트 발견은 그림3에서 보는 것과 같이 소스 S는 목적지 D까지의 라우트 요청 메시지(RREQ: Route Request)를 클러스터 헤드1로 보낸다. 클러스터 헤드1은 목적지 D에 대한 정보가 없기 때문에 인접클러스터 헤드들에게 RREQ 메시지를 광고한다. 목적지 D에 대한 정보를 가지고 있는 클러스터 헤드8은 목적지 D로 RREQ 메시지를 보낸다. 목적지 D는 RREQ 메시지가 전과되어온 경로[3,1,8,11]의 반대로 라우트 응답(RREP: Route Reply) 메시지를 소스 S로 보낸다. 라우트 유지는 라우트 에러 감지, 로컬 라우트 수리 및 라우트 단축 등으로 이루어진다[6].

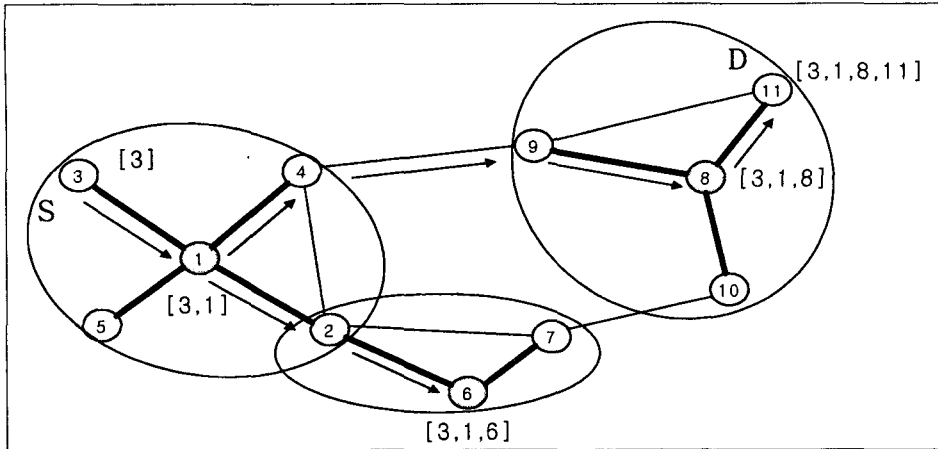


그림 113. CBRP의 라우터 발견절차

2.2 한국군 전술용 MANET

본 절에서는 전술 통신망(TCN: Tactical Communication Network)에 관한 운영구조와 체계구조에 대해서 설명한다. 그림 2는 [1]에서 제안된 전술용 기반망(T-BACKBONENET), 전술용 MANET (T-MANET) 및 전술 개인 통신망(T-PAN)의 세 개의 하부 네트워크를 가진 전술 통신망의 운영구조를 보여준다.

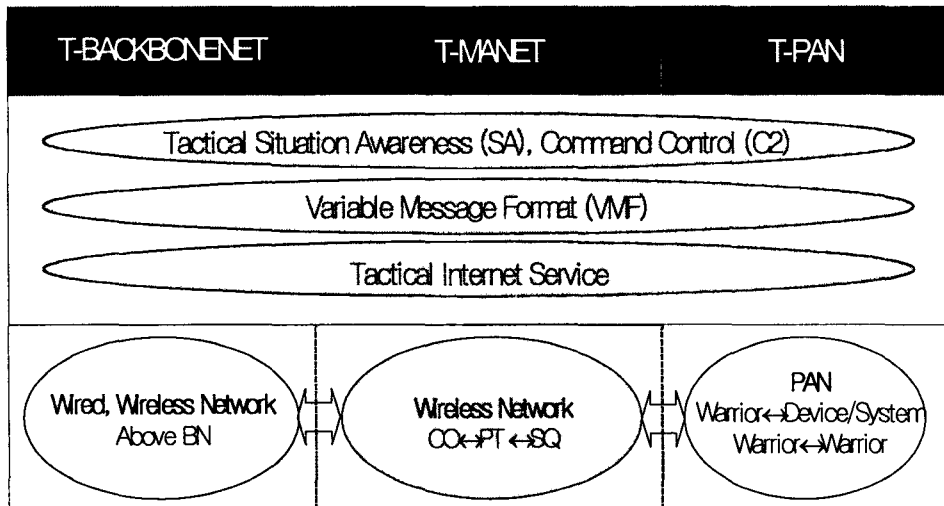


그림 114. 제안된 한국군 전술용 통신망의 운영구조

이러한 하부 네트워크는 대대(BN: Battalion), 중대(CO: Company), 소대(PT: Platoon) 및 분대(SQ: Squad)와 같은 제대의 조직구조에서 도출한 것이다. 특히, 전술용 MANET은 분대에서 중대까지의 범위를 포함한다. 응용 서비스는 위치 인식(SA: Situation Awareness), 지휘 및 통제(C2: Command and Control), 가변 메시지 형식(VMF: Variable Message Format) 및 전술 인터넷 서비스(TIN: Tactical Internet)이다.

그림 2의 운영구조는 그림 3과 같은 체계 구조로 다시 정의 된다. 전술용 MANET은 TCN을 통합하는 기반이 된다. 따라서 전술용 MANET은 1계층이 된다. 2계층은 1계층에서 특정된 노드의 집합이다. 또한 2계층은 1계층 하부 네트워크의 집합이다. 3계층의 전술 기반망은 유선과 무선 노드가 혼합되어 있으며, 하부 네트워크의 접속 부분이 된다. 1, 2, 3계층에 있는 노드는 각각 단위 노드(unit node), 섹터 노드(sector node), 지역 노드(regional node)라고 부른다. 전술 개인통신망은 개인 병사를 위한 특별한 통신망이다. 따라서 이 망을 피코 노드(pico node)들로 구성된 피코 네트워크(pico-network)라고 하며, 0계층으로 표현한다.

예를 들면, 피코 노드들은 헤드셋(headset)이나 무게가 가벼운 헬멧에 장착된 작은 비디오 화면, GPS 수신기, 장비에 부착된 무선 통신 안테나, 적외선 목표 지시기, 레이저 거리 측정기, 디지털 나침반, 소총에 장착된 비디오 화면 등이다. 여기서 GPS는 군사 작전 동안에 병사들이 나무, 참호 또는 건물 등에 자신을 숨기기 때문에 종종 위성 신호를 수신하지 못한다. 따라서 관성항법 시스템, 디지털 나침반, 대기압을 이용한 고도계 등이 취약한 상황에서 GPS 대신에 이용될 수 있다. 또한 센서 노드들은 움직임, 방향, 속도, 온도, 바람의 변화 등의 요소들이 무선 링크를 통하여 연결될 수 있다.

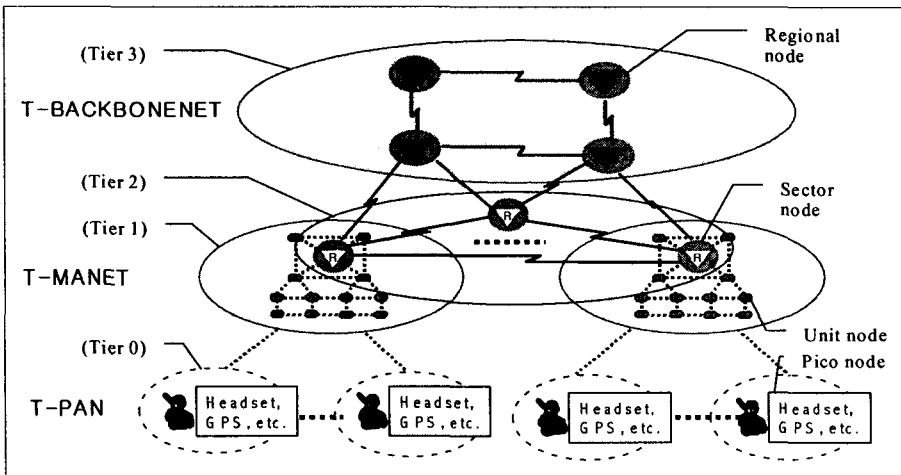


그림 115. 제안된 TCN의 체계 구조

III. CBRP-CHID

3.1 CBRP-CHID의 개요

본 논문에서 제안하는 CBRP-CHID는 기존에 있는 CBRP-LID를 수정한 것이다. 기존의 CBRP-LID는 클러스터헤드와 일반노드의 두 계층으로 구분된다. 따라서 여러 개의 계층으로 이루어진 대규모의 네트워크에 적합하지 않다. 군대조직은 이러한 여러 개의 계층으로 이루어진 대표적인 예이다. CBRP-CHID는 HC방식과 HID알고리즘을 이용하여 여러 개의 계층으로 구성된 대규모 네트워크에 적합하도록 설계한다.

CBRP에서 사용하는 LID는 클러스터 헤드의 이동으로 많은 오버헤드를 발생시킨다. 노드의 이동은 잦은 클러스터 헤드 변경을 발생시킨다. 클러스터 헤드의 변경은 링크의 단절을 의미한다. 따라서 많은 클러스터 헤드의 변경은 새로운 클러스터 형성을 위한 추가적인 라우팅 오버헤드를 유발한다. 링크 단절에 의해서 발생된 지연과 패킷 손실은 평면 라우팅 프로토콜보다 계층적인 라우팅 프로토콜을 비효율적인 것으로 만든다. CBRP-CHID는 HC방식과 HID알고리즘을 사용하여 이러한 문제점을 개선하였다.

3.2 HC방식과 HID알고리즘

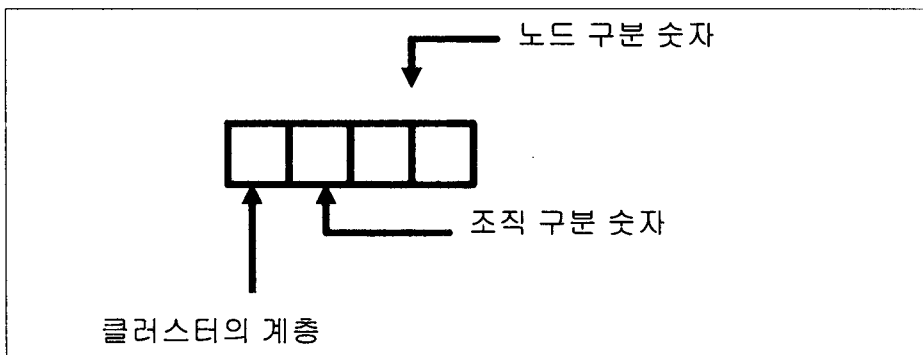


그림 116. HC방식의 주소 할당 방식

HC방식은 노드의 ID를 계층적으로 할당하는 것이다. 계층적인 노드ID는 HSR (Hierarchical State Routing)[9]에서 사용된 것을 수정한 것이다. HSR에서는 라우팅과정에서 계층적인 주소를 사용한다. 본 논문에서는 노드의 ID를 네트워크의 형성이전에 배포된 것으로 가정한다. 그림4는 본 논문에서 제안한 주소 할당 형식이다. 최상위 숫자는 클러스터의 계층을 의미한다. 1계층은 1, 2계층은 2, n계층은 n이 입력되며, 일반 노드는 0이 입력된다. 조직 구분 숫자는 조직의 우선 순위에 따라서 할당된다. 노드 구분 숫자는 선

착순으로 할당된다.

HID알고리즘은 LID알고리즘을 반대이다. 즉 노드 ID가 높은 노드가 클러스터 헤드로 선출되는 알고리즘이다. 단순한 HID의 사용은 LID의 사용과 큰 차이점이 없다. 그러나 HC와 HID를 함께 사용함으로써 클러스터 헤드의 변화를 크게 줄일 수 있다. 노드의 이동이나 새로운 노드가 추가될 경우 새로운 클러스터 헤드의 선출이 필요하다. 이때 기존에 있는 클러스터 헤드들은 일반노드보다 높은 노드 ID를 가지고 있기 때문에 일반노드와의 헤드 선출경쟁에서 클러스터 헤드로 계속 유지된다. 따라서 전체 네트워크에서 클러스터의 변경을 최소한으로 줄일 수 있다.

CBRP-CHID는 지휘통제를 위한 네트워크 제어를 중앙집중적으로 할 수 있다. 각 클러스터 헤드들은 자신의 클러스터에 대한 정보를 유지하고 있다. 최상위 클러스터 헤드는 전체 네트워크에 대한 정보를 가지게 된다. 또한 CBRP-CHID는 PKI 인증방식[] 등의 사용으로 네트워크 보안을 강화할 수 있다. 최상위 노드는 인증서버의 기능을 수행하며, 각 노드는 인증을 받은 후에 네트워크에 참여하게 된다.

IV. 성능 실험

4.1 실험환경 및 평가척도

본 실험은 CBRP-CHID의 성능 평가를 위해서 기존의 CBRP-LID, DSR, AODV와 비교한다. 인텔 기반의 LINUX 운영체제에서 NS-2[8]를 사용하였다. 네트워크는 50개의 노드로 구성하고, 각 노드의 이동은 랜덤하게 설정한다. 전송 단말의 개수는 10개이다. 단말의 대역폭은 2Mbps이다. 각 프로토콜의 성능 평가를 위해서 패킷 전송률을 2Kbps에서 10Kbps까지 증가시킨다. 트래픽 타입은 CBR(Constant Bit Rate)이다. 표2는 시뮬레이션 환경 변수를 정리한 것이다.

본 실험은 패킷 전송 성공률, 패킷 손실률 및 라우팅 로드를 평가 척도로 한다. 패킷 전송 성공률은 발생된 패킷이 소스에서 목적지까지 성공적으로 전파되는 비율을 말한다. 데이터 손실량은 목적지까지 전달되지 않은 패킷의 합을 말한다. 라우팅 로드는 생성된 모든 패킷의 총합이다. 실험 시나리오에는 군사적 환경에서 발생하는 트래픽 유형을 가정한다.

표 1. 시뮬레이션 환경 변수

환경 변수	값
전송 범위(m)	250
네트워크 크기(m ²)	1500 × 300
시뮬레이션 시간(초)	100
전체 이동 단말의 개수	50
전송 단말의 개수	10
대역폭(Mbps)	2
패킷 크기(byte)	512
패킷 전송률(Kbps)	2 , 4, 6, 8, 10
트래픽 타입	Constant Bit Rate

4.2 실험 결과

그림 5는 패킷 발생률의 변화에 따른 패킷 전송 성공률을 나타낸 것이다. 패킷 발생률이 증가함에 따라 CBRP-CHID의 패킷 전송 성공률이 95%이상으로 가장 높은 것을 알 수 있다. CBRP-LID와 DSR은 8Kbps부터 급격하게 나빠지는 것을 알 수 있다. AODV는 약 95%정도의 성공률을 패킷 발생률이 증가하더라도 유지하는 것을 알 수 있다.

그림 6은 패킷 발생률의 증가에 따라 데이터 손실량을 그래프로 나타낸 것이다. 패킷 발생률이 2Kbps일때 AODV의 데이터 손실량이 4682byte로 가장 많은 것을 알 수 있다. 패킷 발생률이 6Kbps까지 AODV의 데이터 손실량이 가장 많은 것을 알 수 있다. DSR와 CBRP-LID의 데이터 손실량이 패킷 발생률이 8Kbps부터 급격하게 증가함을 알 수 있다. CBRP-CHID의 데이터 손실량은 패킷 발생률이 8Kbps부터 발생함을 알 수 있다. 또 CBRP-CHID의 데이터 손실량이 가장 작은 것을 알 수 있다.

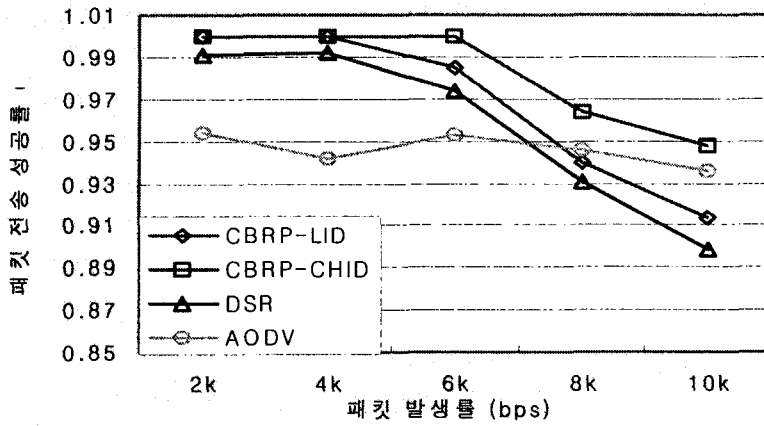


그림 117. 패킷 전송 성공률 그래프

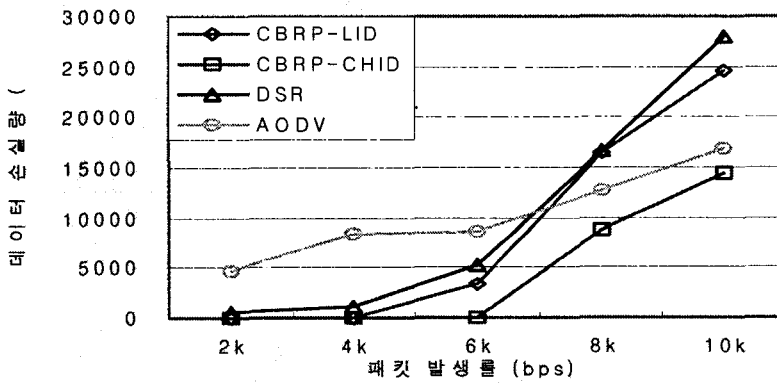


그림 118. 데이터 손실량 그래프

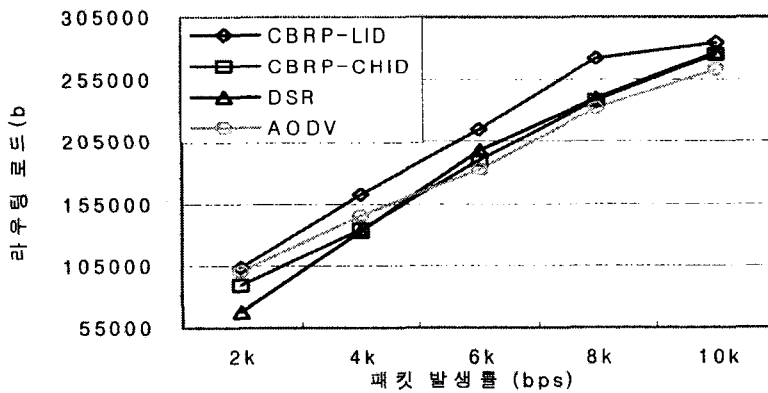


그림 119. 라우팅 로드 그래프

그림 7은 패킷 발생률에 따른 라우팅 로드를 그래프로 나타낸 것이다. 패킷 발생률의 증가에 따라 CBRP-LID의 라우팅 로드가 가장 큰 것을 알 수 있다. CBRP-CHID는 DSR과 비슷한 수준을 보인다. DSR은 패킷 발생률이 2Kbps일때 가장 작은 값을 나타낸다. 패킷 발생률이 6Kbps부터는 AODV의 라우팅 로드가 가장 작은 것을 알 수 있다.

4.3 평 가

앞의 실험 결과에서 패킷 발생률의 증가에 따라서 가장 좋은 성능을 보였다. 특히 그림 6에서 CBRP-CHID의 데이터 손실량이 가장 작았다. 이것은 CBRP-LID가 LID알고리즘을 사용으로 인한 클러스터 헤드의 변화가 많은 반면에, CBRP-CHID는 HC방식과 HID알고리즘의 사용으로 클러스터 헤드의 변화를 줄였기 때문이다. 이러한 데이터 손실량의 감소는 그림 5의 패킷 전송 성공률에 영향을 주었다. 그림 7에서 라우팅 로드는 네트워크에서 발생하는 모든 패킷의 양을 합한 것이다. 실험에서 모든 프로토콜에 동일한 트래픽을 입력하였기 때문에 라우팅 로드가 크다는 것은 제어 메시지가 많이 발생했다는 것을 의미한다. 패킷 발생률이 2Kbps일때 CBRP-LID와 AODV의 라우팅 로드가 가장 크다. CBRP-LID는 클러스터 유지를 위한 제어 메시지가 많이 생성되었기 때문에 라우팅 로드가 높게 나타났다. AODV는 데이터 손실량이 많이 때문에 라우팅 로드가 높게 나왔다. AODV의 라우팅 로드는 데이터 손실량이 낮아짐에 따라서 낮은 값을 나타낸다. DSR은 패킷 발생률이 2Kbps인 경우에는 가장 낮은 라우팅 로드를 나타내지만 패킷 발생률이 증가할수록 높은 데이터 손실량으로 인하여 높은 라우팅 로드를 나타낸다. 전체적으로 CBRP-CHID가 가장 좋은 성능을 보였다. 이것은 CBRP가 클러스터 내부와 외부에서 다른 알고리즘을 사용하기 때문이다. 클러스터 내부에는 요구 기반 라우팅 방식을 사용하여 라우팅 제어 메시지를 최소화하였다. 클러스터 외부에서는 클러스터 단위로 네트워크 정보를 유지해서 불필요한 라우팅 제어 메시지의 플러딩(flooding)을 최소화하였다. 그러나 CBRP-LID는 클러스터 헤드의 이동으로 인한 링크 단절 현상이 발생한다. 이것은 CBRP-LID의 성능을 저하시키는 원인이 된다. CBRP-CHID는 이러한 클러스터 헤드의 변화를 최소화한 것을 실험을 통하여 알 수 있었다.

V. 결 론

지금까지 한국군 전투 무선체계에 적합한 CBRP-CHID알고리즘에 대해서

살펴보았다. 한국군 전투 무선체계는 여러 계층 구조로 되어 있다. 그리고 현재 다양한 MANET 라우팅 프로토콜들이 개발되어 있지만 계층적인 구조에는 평면 라우팅 방식보다 계층적인 라우팅 프로토콜이 효율적인 것을 알 수 있었다. CBRP-LID는 계층적 라우팅 알고리즘으로 다른 MANET 라우팅 프로토콜에 비해서 한국군 전투 무선체계에 적합하다고 볼 수 있다. 그러나 CBRP-LID는 노드의 이동시 클러스터 헤드 변화가 발생하고 이것은 많은 링크 단절 현상을 발생시킨다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선한 HID알고리즘을 이용한 CBRP-CHID를 소개하였다. NS-2를 이용한 실험결과 CBRP-CHID의 성능이 기존의 프로토콜들보다 좋은 것으로 확인되었다. 본 논문에서는 트래픽 증가에 따른 성능 평가하였다. 향후 연구에서는 네트워크의 확장에 따른 CBRP-CHID의 성능 평가가 필요하다.

참고문헌

- [1] 이길섭, 김호, 조재규, 이승종, "이동 Ad-hoc 망 기술을 이용한 한국군 전투통신체계 발전방안", 제 7차 통신/전자/CAISR 학술대회, pp.7-12, 2003.
- [2] B.M. Leiner, R.J. Ruth and A.R. Sastry, "Goal and Challenges of the DARPA Glomo Program," IEEE Personal Communications, no. 6, 1996, pp. 34-43.
- [3] C.E. Perkins, 'Ad Hoc Networking,' New York: Addison-Wesley, 2001.
- [4] C. E. Perkins, E. M. Belding-Royer, and S. R. Das, "Ad-hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing", IETF Internet Draft, draft-ietf-manet- aodv-13.txt, 2003.
- [5] D. B. Johnson, D. A. Maltz and Y. Hu, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad-Hoc Networks (DSR)", IETF Internet Draft, draft-ietf-manet- dsr-08.txt, 2003.
- [6] Mingliang Jiang, Jinyang Li, Y. C. Tay, "Cluster Based Routing Protocol(CBRP)", IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-cbrp-spec-1.txt, 1999.
- [7] S.R. Das, C.E. Perkins and E.M. Royer, "Performance Comparison of Two On-Demand Routing Protocols for Ad Hoc Networks," in Proc. of IEEE INFOCOM 2000, no.1, 2000, pp.3-12.
- [8] USC Information Science Institute, NS-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [9] Yang Peng, 'Scalable Routing in MANETs,' Nanyang

Technological University, 2003.

- [10] Y.J. Liu, C. Li and C. Cruz, "Performance Optimization for A Mobile Small-Unit Operation Situational Awareness (SUO- SAS) Radio Networks," in Proc. of IEEE MILCOM 2003, no. 1, 2003, pp.192-197.