

지향성 안테나 기반 공중전술네트워크를 위한 적응적 이웃노드 탐색기법

(An Adaptive Neighbor Discovery for Tactical Airborne
Networks with Directional Antenna)

이 성 원 [†] 윤 선 중 ^{**} 고 영 배 ^{***}
(SungWon Lee) (SunJoong Yoon) (YoungBae Ko)

요 약 네트워크중심전(NCW)은 현재 효율적인 전쟁수행을 위한 중요한 개념으로 자리잡아가고 있다. 이러한 네트워크중심전 개념에서 여러 전술, 전략 단위의 신뢰성 있는 고속 통신을 지원하기 위하여 지향성 안테나를 사용하는 공중전술네트워크가 형성될 전망이다. 이는 매우 동적인 이동성을 가지는 환경으로써 이러한 환경에 맞는 효율적이고 신뢰성있는 이웃노드 탐색 기법이 필요하다. 본 연구에서는 지향성 안테나를 사용하는 공중전술네트워크를 위한 적응적인 이웃노드 탐색기법을 제안한다. 이 기법은 모든 노드가 주기적으로 전송하는 HELLO 메시지의 오버헤드를 감소시키면서 고 신뢰성을 가지는 새로운 방식의 이웃노드 탐색을 수행하며 성공적인 데이터 전송에 기여한다. 본 제안 기법의 성능과 효율성 검증에 위하여 수학적 분석 및 Qualnet 4.5를 이용한 시뮬레이션을 수행하였다.

키워드 : 이웃노드 탐색기법, 전술항공망, 지향성 안테나

Abstract Network Centric Warfare(NCW) is becoming a prominent concept in the current trend of warfare. To support high quality communication between strategic/tactical units in the concept of NCW, Tactical Airborne Networks are likely to be constructed in the near future to take part in the NCW. In these Tactical Airborne Networks with dynamic topology variations due to very high mobility of participants nodes, more efficient and reliable neighbor discovery protocols are needed. This paper presents the adaptive HELLO message scheduling algorithm for Tactical Airborne Network using directional antennas. The purposed algorithm can reduce the overhead of periodic HELLO message transfer, while guaranteeing successful data transmission. We concluded a mathematical analysis and simulation studies using Qualnet 4.5 for evaluation the performance and efficiency of the proposed scheme.

Key words : Neighbor Discovery, Tactical Airborne Network, Directional Antenna

- 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업(NIPA-2009-C1090-0902-0003) 및 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0072709)
- 이 논문은 2008학계 컴퓨터통신 워크샵에서 '공중전술네트워크에서 지향성안테나를 사용하는 적응적인 이웃노드 발견기법'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

[†] 학생회원 : 아주대학교 일반대학원 NCW과
sun2015@uns.ajou.ac.kr

^{**} 학생회원 : 아주대학교 일반대학원 컴퓨터공학과
sungwon@uns.ajou.ac.kr

^{***} 정 회 원 : 아주대학교 정보통신대학 정보및컴퓨터공학부 교수
youngko@ajou.ac.kr

논문접수 : 2008년 9월 19일

심사완료 : 2009년 11월 3일

Copyright©2010 한국정보과학회: 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 정보통신 제37권 제1호(2010.2)

1. 서 론

네트워크중심전(NCW : Network Centric Warfare)은 전장의 제 전력요소들을 네트워크로 연결함으로써, 지리적으로 분산된 제 전력요소들이 전장의 상황을 상호공유 하여 전쟁을 효과적으로 수행하는 개념이다. 이를 위해서는 정확하고 적시성 있게 전장 상황을 지속적으로 제공받을 수 있는 정보수집, 처리, 저장, 전파, 활용의 절차와 수단 보유를 필수요건으로 한다. 이러한 고성능의 정보 인프라를 지휘통신체계가 제공할 수 있어야 하고 각 전투원은 임무수행을 위한 정보를 언제, 어디서나 접속하여 제공받을 수 있어야 한다. 전술네트워크는 이러한 NCW의 기능이 전장에 구현되는 네트워크로서 이중 공중전술네트워크는 전투기, 무인항공기(UAV), 수송기 등의 공중 플랫폼을 중심으로 구성되어 고속의

전송속도 보장, IP기반, Ad-hoc기능 적용 등 빠른 속도로 개발되고 있다. 미국에서 개발되고 있는 TTNT(Tactical Targeting Network Technology)[1], DirecNet[2] 등이 이러한 공중전술네트워크의 사례들이라 할 수 있다.

최근에는 공중전술네트워크에서 지향성안테나를 사용하여 넓은 전파 전송거리, 높은 자원 재활용, LPI/D(Low Probability of Interception/Detection) 등의 이득을 얻고자 하고 있다. 이러한 환경에서 각 노드들이 다양한 이동성을 가지게 되므로 효율적인 이웃 노드 탐색 기법이 필요하다. 본 논문에서는 지향성 안테나를 사용하는 공중전술네트워크에서 HELLO 메시지 주기를 조절함으로써 메시지 오버헤드를 줄이고 링크 단절을 줄일 수 있는 적응적 이웃 노드 탐색 기법을 제안한다.

2장에서는 관련연구로 공중전술네트워크의 개요 지향성 안테나의 특징, HELLO 메시지에 대한 운용방식에 대하여 알아본 후 3장에서는 적응적 이웃노드 탐색 및 발견기법에 대해 설명하도록 하겠다. 4장에서는 시뮬레이션을 통하여 비교분석하고 5장에서는 결론 및 향후 연구목표를 제시하도록 한다.

2. 관련연구

2.1 공중전술네트워크 개발 동향

공중전술네트워크는 시간 제약적인 목표물을 정확히 타격할 수 있도록 운용되는 공중네트워크이다. 예로서 현재 미군에서 2010년에 전력화를 목표로 개발 중인 TTNT를 살펴보면 단일 홉으로 최대 약 560Km의 거리에서 10Mbps의 전송률을 가능하도록 한다. 여기에서 사용되는 다중접속 계층에서의 스케줄링은 DAMA(De-

mand Assigned Multiple Access)기반 SPMA(Statistical Priority-based Multiple Access)로 데이터 전송 시 높은 우선순위 데이터를 먼저 전송하고, 낮은 우선순위의 데이터를 그다음에 전송을 고려하는 방식이다[1,9]. 그리고 네트워크 계층에서는 상용에서 표준으로 사용하고 있는 인터넷 프로토콜(Internet Protocol)을 적용하고, 기반체계가 없는 애드 혹(ad hoc) 망으로 운용되며, 공중노드들은 독립적인 라우터 기능을 수행하면서 요구 기반(On-demand) 멀티 홉 라우팅 방식을 사용한다. 어플리케이션으로는 비디오 스트리밍, VoIP(Voice over IP), 전술메시지, COP(Common Operation Picture)공유, 채팅, 화상회의 등이 있다. 이러한 데이터를 효과적으로 지원하고 LPI/D를 보장하기 위해 지향성 안테나와 무지향성 안테나를 혼합운용하는 것이 추진 중에 있다[1].

또 하나의 사례로서 2006년부터 미국 국방 관련 산업체들이 추진하고 있는 DirecNet이 있다. DirecNet은 그림 1과 같은 환경에서 지휘관 및 부대에 최고 1Gbps까지 전송속도를 보장하는 데이터링크를 제공하고, 보안성이 보장된 상태에서 임무 수행에 필요한 비디오, 이미지, 그리고 비디오 커뮤니케이션을 지원하도록 하는 체계이다. 2008년 7월까지 이와 관련된 기술의 표준 정립을 업체들이 추진하고 있다. 이 DirecNet의 주요특징 중에 하나가 바로 지향성안테나를 사용하여 자원 재사용성, LPI/D를 보장하는 것이다[2].

2.2 지향성안테나 적용 모델 연구

지향성 안테나에 활용에 대한 필요성이 증가하면서 많은 연구가 진행되어 왔고, 제품으로 개발되어지고 있다. 여기에서는 최근 부각이 되고 있는 지향성 안테나의 일종인 스마트 빔 안테나에 대해서 알아보도록 하겠다.

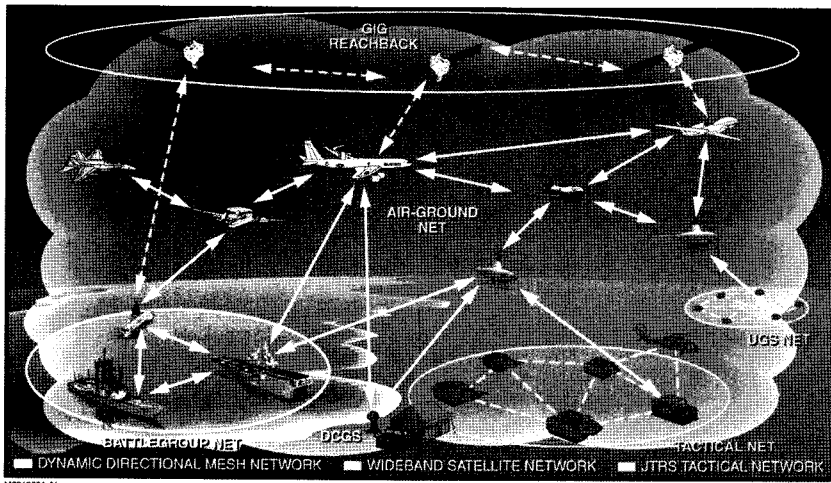


그림 1 DirecNet 운용도[2]

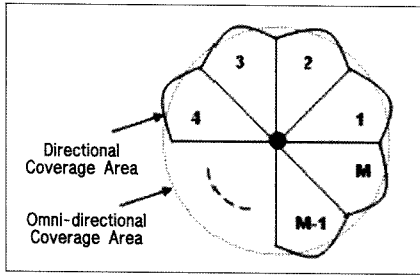


그림 2 스마트 빔 안테나 섹터구분

스마트 안테나는 배열된 안테나의 위상을 제어하며 원하는 방향으로 특정신호를 송수신하는 안테나로 송수신간에 독립된 빔을 제공하여 전파량을 원하는 방향으로 극대화하고 다른 방향에는 극소화하여 수신 신호의 잡음을 대폭 감소시킴으로써 통화품질향상과 통신용량 극대화의 효과를 가진다[3]. 그림 2는 지향성 안테나의 전송 범위를 무지향성 안테나의 전송 범위로 조절한 스마트 빔 안테나 모델의 섹터가 구분되는 모습을 나타낸 것으로 섹터는 360/M으로 나누어 원하는 섹터를 설정하여 전송할 수 있다[4].

2.3 MANET에서의 이웃노드 탐색 프로토콜

Internet Engineering Task Force(IETF)의 MANET Working Group에서는 MANET 이웃노드 탐색 프로토콜 연구가 진행 중에 있다[5]. 각 노드들은 일정한 주기로 HELLO 메시지를 사용하여 1홉의 이웃노드 및 양방향성(Symmetric)을 가지는 2홉의 이웃노드의 존재여부와 상태를 알 수 있게 한다. 이 정보는 MANET 라우팅 또는 토폴로지 제어 등의 다른 프로토콜에서 정보를 활용할 수 있도록 한다.

Gentian Jakllari[6] 등은 지향성 안테나를 사용하는 다중접속기술에서의 이웃노드 탐색 기법을 제시하고 있다. 이 기법은 일정 주기로 각 섹터를 폴링(Polling)하는 이웃노드 탐색 알고리즘을 제안하고 있지만 그 주기에 따른 성능분석이 이루어지지 않았다. 그리고 Ece Gelal [7] 등은 토폴로지 제어 기법과 함께 이웃노드 탐색 기술을 제안하고 있지만 각 이웃노드에 대한 이동성 추적에 초점을 맞추고 있어 상당한 오버헤드가 발생하는 문제점을 가지고 있다. Xueli An[8]은 각 섹터에서의 이웃노드 밀도를 기반으로 메시지교환(Handshaking) 방식으로 수행되는 것으로 특정 섹터에 노드가 없다면 HELLO 메시지를 보내지 않는 문제를 가지고 있다.

3. 지향성안테나를 활용한 적응적 이웃노드 탐색 프로토콜 제안

위의 2장에서 살펴보았듯이 공중전송네트워크에서 노드들은 자원재활용, LPI/D 등을 위해 지향성 안테나를

활용하여 데이터를 주고받도록 개발되고 있다. 공중전송 네트워크 특징으로 긴 전파전송거리(300nm, 약 560Km)를 가지고 작전영역에서의 수십대 동시운용(예: 200nm 내 60여대 운영[1])되는데, 이러한 환경에서 자원의 재사용률을 높여 HELLO 메시지 충돌 및 지연시간 감소를 위해 지향성안테나의 섹터 영역으로 HELLO 메시지를 전송하는 기법이 필요하다.

3.1 기본개념

이웃노드 탐색을 위해 각 노드들은 HELLO 메시지를 일정한 주기로 전송하게 되는데, M개의 섹터를 나누어 각 섹터에 HELLO 메시지를 보내게 된다. 공중노드들은 상당히 빠른 속도(Global hawk : 약 300m/s)로 이동하지만 긴 전파전송거리를 고려하면, 한 섹터 안에 존재하는 노드가 다른 섹터로 이동하는데 수분에서 수십분 이상이 소요된다. 이러한 환경을 고려하여 한 섹터 안에 노드가 인접섹터로 이동시 링크단절의 발생률을 줄이기 위하여 HELLO 메시지 전송을 효율적으로 하여야 한다. 만약, HELLO 메시지 주기를 짧게 정하면 링크단절은 줄지만 오버헤드가 많이 발생하게 되고, HELLO 메시지 주기를 길게 하면 오버헤드가 많이 줄어드는 대신에 링크단절이 많이 발생된다. 따라서 본 연구에서는 섹터영역을 일반섹터영역과 섹터경계영역으로 나누어 모든 이웃노드가 일반섹터영역에 존재하는 경우 메시지 주기를 길게, 어떠한 이웃노드가 섹터경계영역에 존재하는 경우 메시지 주기를 짧게 하는 적응적 HELLO 메시지 스케줄링 알고리즘을 제안한다. 그림 3은 섹터의 수가 8개인 경우에 대한 예시이다. 본 연구에서는 짧은 주기로는 MAC 계층의 이웃노드 탐색 주기인 0.1초를, 긴 주기로는 Routing 기법들의 HELLO 메시지 수준인 1초[11]를 사용하였다.

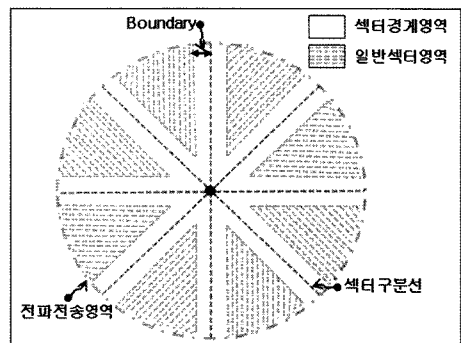


그림 3 섹터 및 경계영역 구조

3.2 지향성안테나를 활용한 이웃노드 탐색기법

공중전송네트워크에서 노드들은 스마트 빔 안테나를 사용하고 그 기준각은 항상 북쪽을 90°로 고정되어 있

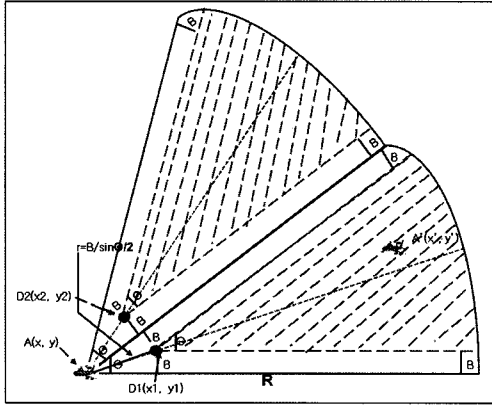


그림 4 섹터 내 세부 영역구분 구조도

으며, 동일한 고도로 이동하는 것을 가정한다.

그림 4는 섹터가 일반섹터영역과 섹터경계영역의 2가지 섹터영역을 나타낸 것이다. 그림에서 섹터는 $360^\circ/M$ 으로 나눈 것으로 1개 섹터각은 Θ 이다. $R(m)$ 은 섹터의 반지름 거리를 나타내는 것으로 전파 전송거리로 간주한다. $A, A', D1, D2$ 는 위치 좌표를 나타낸다. A 는 기준(본인)노드 위치, A' 는 상대(이웃)노드 위치, $D1$ 는 첫 번째 섹터에서 섹터경계선에서 섹터경계영역을 구분하는 일정거리가 떨어진 양쪽 라인이 만나는 좌표이고, $D2$ 는 두 번째 섹터에서의 값이다. 각각의 섹터에 $D1, D2$ 들의 값은 아래와 같이 일반화 될 수 있다.

$$D\# = (x+r*\cos((sec\#-1)*\Theta+\Theta/2)), \\ y+(r*\sin((sec\#-1)*\Theta+\Theta/2))$$

여기에서 $sec\#$ 는 섹터의 번호를 나타낸 것으로 0에서 7의 값을 가진다. r 은 $D1, D2$ 등의 노드까지의 거리로 $B/\sin(\Theta/2)$ 로 나타낼 수 있고, 각 섹터마다 동일한 값을 가지는 반지름 거리이다. R 은 섹터의 반지름을 나타내는 것으로 일반적으로 전파 전송거리로 정한 값이다. B 는 섹터 경계선에서 일반 섹터영역과 구분하는 섹터경계영역의 거리로, 노드들의 최대 상대속도인 평균속도 $\times 2$ 의 값이다.

이를 기반으로 이웃노드 탐색 절차는 그림 5와 같은 알고리즘을 갖는다.

적용적 HELLO 메시지 스케줄링은 HELLO 메시지를 수신하거나 전송하는 두 경우에 수행되고, 이는 HELLO 메시지 발신을 위한 전송 타이머를 재설정하는 것으로 수행된다. 수신하는 경우, 발송한 노드가 섹터경계영역에 존재하는지 여부를 결정하고 그에 해당하는 HELLO 메시지 전송주기 값을 라우팅 테이블에 기록한다. 그리고 새로 계산된 전송주기 값에 따른 다음 HELLO 메시지 전송 시간이 기존에 스케줄링 되어있는 다음 HELLO 메시지 전송 시간보다 적다면 다음 HELLO 메시지의

적용적 HELLO 메시지 스케줄링 알고리즘
<pre> After HELLO 메시지 수신 do HELLO 메시지를 발송한 노드의 영역 결정 영역에 따른 주기 결정 및 라우팅 테이블 업데이트 기존의 스케줄링 시간과 계산된 주기를 비교 다음 전송 시간이 더 가까운 것으로 스케줄링 } </pre>
<pre> After HELLO 메시지 송신 do 해당 섹터에 대한 라우팅 테이블의 전송 주기 검색 가장 짧은 주기를 가지는 값을 선정 선정된 주기를 기준으로 스케줄링 } </pre>

그림 5 적용적 HELLO 메시지 스케줄링

스케줄을 재설정한다. 그리고 HELLO 메시지를 전송하는 경우, 전송 후에 해당 섹터에 대한 라우팅 테이블에서 가장 짧은 주기를 가지는 값을 탐색하여 그 값으로 다음 HELLO 메시지를 스케줄링한다. 만약, 해당 섹터에 이웃노드가 존재하지 않는다면 미리 정해진 긴 주기를 설정하여 새로운 이웃노드의 발견 또는 다른 섹터에 존재하는 이웃노드의 섹터 변화에 대응한다.

4. 성능분석

성능분석을 위하여 수학적 분석 및 시뮬레이션 도구인 Qualnet을 이용한 시뮬레이션을 통하여 그 성능을 분석하였다. 그 비교대상으로는 [6]에서 제안하는 알고리즘을 사용하였고 그 주기는 0.1초와 1초를 적용하였다.

4.1 HELLO 메시지 오버헤드의 수학적 분석

한 개의 섹터 안에 1개의 노드가 있는 경우를 고려하면 1초 동안 본인(A)노드가 해당 섹터에 발생하는 HELLO 메시지 수 H 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$H = P_b \times N_b + P_n \times N_n$$

여기서 P_b 는 섹터경계영역에 노드가 존재할 확률로써 섹터 전체의 면적과 섹터경계영역의 면적비로 그 값을 얻는다. 그리고 P_n 은 일반섹터영역에 노드가 존재할 확률로 P_b 와 같은 방식으로 그 값을 얻을 수 있다. 그리고 N_b 와 N_n 은 각각 섹터경계영역과 일반섹터영역에서 단위 시간당 발생하는 HELLO 메시지의 수를 뜻한다. 예를 들어 주기가 0.1초인 경우 각 섹터에서 HELLO 메시지는 1초에 10개가 발생하고 섹터의 수가 8개라면 1초에 총 80개의 HELLO 메시지가 발생하게 된다.

시뮬레이션 주요 변수를 적용하였을 때 긴 주기(1초)를 기준으로 하면, 제안 기법은 이론적으로 기준의 1.12배, 짧은 주기(0.1초)는 기준의 10배의 메시지 오버헤드가 예상되며, 짧은 주기를 기준으로 하면 제안 기법은 약 11.2% 수준의 메시지만을 발생하게 된다.

4.2 시뮬레이션 결과 분석

본 연구는 고속 기동을 하는 전투기보다는 좀더 안정적인 이동성을 가지고 이들의 통신을 연결해주는 전술 항공네트워크를 기반으로 환경을 구축하였고[9] 이에 따른 시뮬레이션 주요변수 및 환경 설정은 표 1과 같다. 주요 환경변수는 TTNT[1]에서 사용된 변수를 기반으로 하여 시뮬레이션 영역은 380km×380km 사각영역으로 하고 각 노드는 300m/s의 속도로 이동하며 8개의 섹터로 이루어진 약 200Km의 전송거리를 가지는 지향성 안테나로 통신을 한다. 이 전송거리는 중단간 데이터 전송률이 1Mbps가 가능하도록 하는 값이다[1]. 각 노드는 네트워크 전체의 연결성을 위하여 일정 영역을 기준으로 선회하는 원형 이동성을 가지는 것으로 가정하여 임의의 위치에서 임의의 범위를 선회하도록 시나리오를 구성하였다. 그리고 기본적으로 전송되는 메시지간의 충돌은 존재하는 것을 가정하였고 HELLO 메시지를 포함하는 모든 데이터 통신은 전송 주기에 0.8에서 1.0사이의 임의의 값을 곱함으로써 이러한 메시지 충돌을 피하고자 하였다.

제안하는 기법의 성능의 평가는 다음의 세 항목에 따라 이루어진다.

- HELLO 메시지 오버헤드
- 노드당 링크 단절 횟수 및 재설정 성공률
- 데이터 전송시 실패횟수

각 항목은 500초의 시뮬레이션 시간을 가지는 5개의 임의의 시나리오를 시뮬레이션하여 그 결과를 평균화하였다.

표 1 시뮬레이션 환경

구분	내용
시뮬레이션 영역	380 km × 380 km
노드수	10, 20, 30
전파전송거리	약 200Km
노드 이동속도	300m/s
섹터내 경계영역거리	B=600m
안테나섹터구분	8개(45°)
시뮬레이션 타임/회수	500s/5회
HELLO 메시지 주기	1s, 제안기법, 0.1s
이동 모델	원형 이동성

4.2.1 노드별 발생된 HELLO 메시지 수량

시뮬레이션 환경의 노드 수량에 따른 메시지 전송 수는 그림 6과 같다. 이론적으로 전체노드가 10개인 환경에서 1초주기로 메시지를 전송하는 경우, 한개 노드가 시뮬레이션 동안 보내는 HELLO 메시지 수는 4,000개이고, 0.1초 주기로 전송하는 경우는 40,000개이다. 시뮬레이션 결과에서 보여주는 오버헤드는 이보다 10%정도

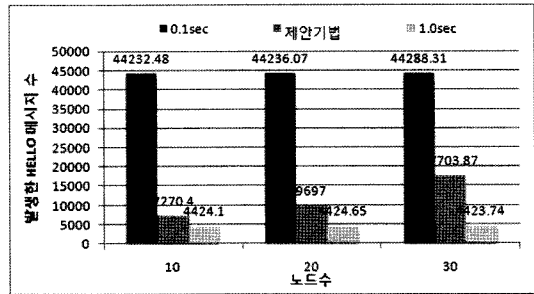


그림 6 노드당 평균 HELLO 메시지 발생량

더 높은 수치를 보여주는데 이는 패킷 충돌을 회피하기 위하여 적용된 기법 때문이다. 전체노드가 10개인 환경에서 제안된 알고리즘을 적용하였을 때 발생하는 HELLO 메시지 수량은 약 7,270개로 0.1초 대비 16%수준의 HELLO 메시지가 발생하였다. 전체노드가 20개, 30개인 경우에는 각각 9,697개, 17,704개로 0.1초 대비 약 22%, 약 40%의 비율로 메시지 수량이 발생되었다. 이는 앞의 수학적 분석의 결과보다 높은 수치를 보여주는 것으로, 시뮬레이션에서는 각 섹터에 여러 이웃노드가 존재하고 이동성 또한 고려되므로 섹터경계영역에 이웃노드가 존재할 확률이 더욱 높아지기 때문이다.

4.2.2 노드당 링크 단절 횟수 및 재설정 성공률

본 연구에서 사용한 시뮬레이션 도구인 Qualnet에서 고려되는 링크 단절이 발생하는 시간은 802.11b 기준으로 약 140ms이다. 어느 순간 이웃노드의 섹터 변화가 발생하였을 때부터 이 시간간격 안에 섹터의 변화를 업데이트하지 못하는 경우 링크단절을 선언하도록 하였다. 이는 데이터 전송에 따른 링크 단절을 보여주는 것이 아니라 신뢰성있는 이웃노드의 이동성 관리 수준을 보여주기 위한 것이다.

메시지 주기가 0.1초인 경우에 시뮬레이션 동안 노드당 링크 단절 횟수는 노드가 10개, 20개, 30개일 때 각각 0.12개, 0.14개, 1.29개가 발생되었고, 제안한 방식의 경우에는 3.24개, 2.96개, 3.04개가 발생되었으며, 1초 주기인 경우 15.94개, 21.64개, 44.09개의 수량이 발생되었다. 제안 기법의 링크단절 횟수는 주기 1초 대비 19%, 12%, 6%로 평균적으로 12%의 수준에 불과한 결과를 보여주고 있다. 그림 7은 이러한 데이터를 통하여 0.1초 주기와 제안 기법의 각 메시지 주기와 전체 노드 수에 따른 링크 재설정 성공률을 보여주고 있다. 여기서 제안 기법이 전체노드수가 적을수록 그 성능이 낮게 보여진다. 전체노드가 낮을수록 각 노드가 가지는 이웃노드의 수는 적어지기 때문에 어떠한 섹터에 대해 이웃노드가 존재하지 않을 확률이 높아지는 것을 의미하고 이러한 섹터에서는 HELLO 메시지 전송주기는 1초로 설정된다.

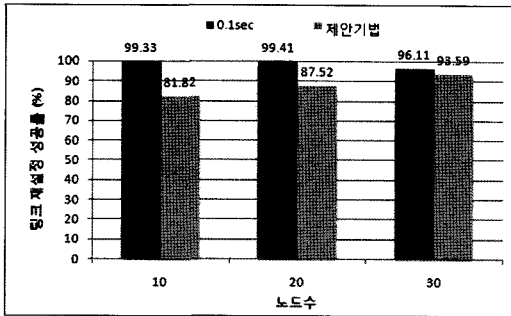


그림 7 링크 재설정 성공률(%)

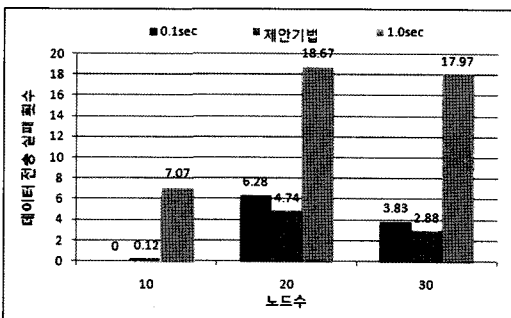


그림 8 데이터 전송 실패 횟수

이러한 이유로 어떠한 노드가 이웃노드가 존재하지 않는 섹터로 이동하는 경우 그 정보가 갱신되는데 약간의 지연시간이 발생하기 때문이다.

그림 8은 제안한 이웃노드 탐색 기법의 데이터 통신에 대한 영향을 측정하기 위한 것으로 각 노드사이에 CBR을 통한 1홉간 통신을 설정하여 시뮬레이션 시간동안 측정된 데이터 전송 실패 횟수를 보여준다. 데이터 전송 실패는 목적 노드가 1홉 거리에 있지만 존재하는 섹터 정보가 갱신되지 못하여 일어나게 된다. 제안 기법은 거의 0.1초 주기와 유사한 성능을 보이고 있고, 0.1초 주기가 오히려 제안 기법보다 데이터 전송 실패하는 횟수가 많은 이유는 0.1초 주기에 의해 발생하는 잦은 HELLO 메시지 패킷이 데이터 패킷과 충돌하기 때문으로 분석되었다.

HELLO 메시지 오버헤드와 링크 재설정 성공률에 대한 시뮬레이션 결과들은 주기가 1초인 환경보다 약간의 추가적인 오버헤드를 유발한다. 그러나 주기가 1초인 환경은 이웃노드 탐색 수준을 보여주는 링크 재설정 성공률이 약 2%수준에 불과하지만 본 제안기법은 주기가 0.1초인 환경에서 보여주는 이웃노드 탐색 수준을 보여주고 있다. 이는 적응적 이웃노드 탐색 기법이 네트워크에 부담을 주지 않으면서 신뢰성있게 수행되고 있음을 증명한다.

5. 결론 및 향후 연구과제

네트워크중심전(NCW)을 구현하기 위한 한 분야로 공중전송네트워크에 대한 연구개발이 활발히 진행 중이다. 공중전송네트워크에 관한 여러 연구들은 네트워크의 처리량을 향상시키면서 무선통신상의 보안적 요소도 고려하고자 한다. 지향성 안테나는 사용자가 원하는 방향으로만 전파를 발생시킴으로써 무선자원 재사용성을 높여 전체적인 네트워크 처리량을 높일 수 있고, 다른 방향의 사용자에게 대해서는 무선통신의 보안을 지키는 LPI/LPD를 보장한다. 이러한 이유로 공중전송네트워크에서는 지향성 안테나를 적용하여 다양한 환경에서 사용하고자 한다.

그러나 빠르게 변화하는 공중전송네트워크에서 지향성 안테나의 사용은 무지향성 안테나의 사용과는 다르게 각 이웃노드의 위치 정보를 더욱 신뢰성 있게 유지, 관리하여야 한다. 이러한 신뢰성 있는 이웃노드 위치정보는 지향성 안테나의 방향 설정이 더욱 정확하게 하여 섹터변화가 발생하여도 공중전송네트워크 구성원간의 무선통신이 끊김없이 이어지도록 할 것이다.

본 연구에서는 이러한 측면에서 지향성안테나를 사용하는 공중전송네트워크 환경을 위한 효율적이고 신뢰성 있는 이웃노드의 위치정보를 유지, 관리하는 것을 목표로 하였다. 이를 위한 잦은 HELLO 메시지의 전송은 전체 네트워크의 성능을 저하시키므로 HELLO 메시지의 오버헤드 역시 고려하였다. 이를 위하여 섹터를 일반 섹터영역과 섹터경계영역으로 나누어 HELLO 메시지 주기를 조절하는 적응적 이웃노드 탐색 기법을 제안하였고, 수학적 분석 및 시뮬레이션을 통한 분석은 그 효율성과 신뢰성을 보여주었다.

향후 연구과제로 라우팅, 망 제어 기법 등의 프로토콜과 연계하여 메시지 오버헤드를 고려하여 더욱 신뢰성 있는 기법을 연구, 적용하고자 한다.

참고문헌

- [1] <http://www.darpa.mil/ipto/programs/tnt/docs/TTNT-Overview.ppt>
- [2] DirecNet Task Force Open Session, The Open Group, 2007. 1.
- [3] <http://www.terms.co.kr/>
- [4] Vivek jain, "On-demand medium access in multihop wireless networks with multiple beam smart antennas," *IEEE transactions on parallel and distributed systems*, 2008. 3.
- [5] draft-ietf-manet-nhdp-06
- [6] M. Takai, J. Martin, R. Bagrodia, and A. Ren, "Directional virtual carrier sensing for directional antennas in mobile ad hoc networks," in *Proc. ACM MobiHoc*, June 2002.

- [7] Gentian Jakllari, Wenjie Luo, and Srikanth V. Krishnamurthy, "An Integrated Neighbor Discovery and MAC Protocol for Ad Hoc Networks Using Directional Antennas," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol.6, no.3, March 2007.
- [8] Ece Gelal; Gentian Jakllari; Srikanth V. Krishnamurthy; Neal E. Young, "An Integrated Scheme for Fully-Directional Neighbor Discovery and Topology Management in Mobile Ad hoc Networks," *IEEE International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems*, Oct. 2006.
- [9] "Airborne Network Architecture System Communications Description and Technical Architecture Profile," Version 1.1, Prepared by HQ ESC/GIGSG/NA for the USAF Airborne Network Special Intersect Group, dated 7 October 2004.
- [10] Arianne M. Lewis, "Quality of service for tactical data links : TDMA with dynamic scheduling," *milcom*, 2005.
- [11] RFC 3561 - Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing.



이 성 원

2007년 아주대학교 정보및컴퓨터공학부 졸업(공학사). 2009년 아주대학교 정보통신전문대학원(공학석사). 2009년~현재 아주대학교 일반대학원 컴퓨터공학과 박사과정. 관심분야는 Mobile Ad Hoc Networks, Wireless Mesh Networks, 군

전술 네트워크 등



윤 선 중

1997년 숭실대학교 컴퓨터학부(공학사) 2004년 국방대학교 전산정보학과(공학석사). 2008년~현재 아주대학교 일반대학원 NCW공학과 박사과정. 관심분야는 군 전술네트워크(TICN, 전술데이터링크), 지오캐스팅, 무선 메쉬 네트워크, MANET

등



고 영 배

1991년 아주대학교 전자계산학과 졸업(공학사). 1995년 아주대학교 경영정보학과 석사(MBA). 2000년 텍사스 A&M 대학 컴퓨터공학과 박사(공학박사). 2000년~2002년 미국 IBM T.J 왓슨 연구소 전임연구원. 2002년~현재 아주대학교

정보및컴퓨터 공학부 부교수. 관심분야는 Mobile Ad Hoc Networks, Wireless Mesh Networks, Wireless Sensor Networks, Wireless LAN, WiBro, Mobile Computing, Power-line Communication, 군 전술네트워크 등