

工學博士 學位論文

移動 Ad-hoc 無線網에서 效率的인

라우팅 알고리즘에 관한 研究

A Study on the Effective Routing Algorithm for Mobile Ad-hoc
Wireless Network

指導教授 金 基 文

2004年 2月

韓國海洋大學校 大學院

電子通信工學科

李 東 喆

工學博士 學位論文

移動 Ad-hoc 無線網에서 效率的인

라우팅 알고리즘에 관한 研究

A Study on the Effective Routing Algorithm for Mobile Ad-hoc
Wireless Network

指導教授 金 基 文

2004年 2月

韓國海洋大學校 大學院

電子通信工學科

李 東 喆

本 論文을 李東喆의 工學博士
學位論文으로 認准함.

委員長 梁 圭 植 (印)

委 員 金 東 逸 (印)

委 員 李 尙 培 (印)

委 員 林 宰 弘 (印)

委 員 金 基 文 (印)

2004年 2月

韓國海洋大學校 大學院

電子通信工學科 李 東 喆

< 목 차 >

Abstract	
제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 배경	1
1.2 연구의 목적 및 내용	3
제 2 장 Ad-hoc 무선망 라우팅 프로토콜	7
2.1 Ad-hoc 무선망의 특성	9
2.2 플러딩	19
2.3 테이블 기반 라우팅 프로토콜	21
2.4 요구자 기반 라우팅 프로토콜	27
제 3 장 제안된 클러스터링 기반 혼합 알고리즘	31
3.1 전송 관리 기반 클러스터링	32
3.2 백본 형태에 의한 클러스터링	35
3.3 라우팅 효율에 의한 클러스터링	42
3.4 클러스터링 상의 전송 게이트웨이	43
3.5 제안된 혼합 알고리즘	51
제 4 장 시뮬레이션 및 결과	58
4.1 시뮬레이션 환경	58
4.2 시뮬레이션 결과	62
제 5 장 결 론	78
참 고 문 헌	81

< 표 차 례 >

<표 2-1> 프로토콜에 따른 분류방법.....	17
<표 2-2> 무선 라우팅 프로토콜 테이블.....	26
<표 3-1> 혼합알고리즘.....	31
<표 3-2> 클러스터의 형성노드.....	33
<표 3-3> 클러스터 헤드의 알고리즘.....	33
<표 3-4> 클러스터 헤드의 비컨 특성.....	35
<표 3-5> 클러스터 형성 알고리즘.....	37
<표 3-6> 클러스터 헤드상태.....	38
<표 3-7> 최고연결 클러스터 알고리즘.....	56

<그림 차례>

<그림 2-1> Ad-hoc 경로설정 프로토콜의 분류.....	14
<그림 2-2> 계층 구조	18
<그림 2-3> 평면 구조	18
<그림 2-4> 노드 1에서 노드 8까지의 라우팅	24
<그림 2-5> AODV 경로설정	28
<그림 3-1> 링크 클러스터 구조	32
<그림 3-2> NTDR 네트워크 구조	36
<그림 3-3> 가상 서브네트 구조	39
<그림 3-4> 직접 라우팅	40
<그림 3-5> 장거리 라우팅	41
<그림 3-6> 동지형 클러스터 구조	43
<그림 3-7> 클러스터링 없이 패킷을 전송	44
<그림 3-8> 클러스터링을 통한 패킷 전송	45
<그림 3-9> 게이트웨이 포워딩	46
<그림 3-10> 선택된 순방향 게이트웨이	47
<그림 3-11> SGF의 예 클러스터 k	49
<그림 3-12> 게이트웨이 선택의 예	50
<그림 3-13> 이동 무선망의 클러스터 링크 구조	52
<그림 3-14> 중복/비중복된 경우 클러스터구조.....	53
<그림 3-15> 최저 ID 클러스터 형성의 예	54
<그림 3-16> 최고 연결 클러스터 형성	56

<그림 4-1> 시뮬레이션 모델	58
<그림 4-2> 이동노드의 성능별 구조도	59
<그림 4-3> DSDV 데이터 전송률.....	63
<그림 4-4> AODV 데이터 전송률	64
<그림 4-5> DSR 데이터 전송률	65
<그림 4-6> 라우팅 프로토콜 데이터 전송률 다이어그램	66
<그림 4-7> 라우팅 프로토콜 데이터 전송률	67
<그림 4-8> 라우팅 오버헤드	68
<그림 4-9> DSDV 라우팅 프로토콜	69
<그림 4-10> AODV 라우팅 프로토콜	70
<그림 4-11> DSR 라우팅 프로토콜	70
<그림 4-12> 노드수 증가 DSDV 데이터 전송률	71
<그림 4-13> 노드수 증가 AODV 데이터 전송률	72
<그림 4-14> 노드수 증가 DSR 데이터 전송률	72
<그림 4-15> 버퍼수에 따른 전송률	73
<그림 4-16> 최고연결 알고리즘의 노드상의 전송률	74
<그림 4-17> 최저연결 알고리즘의 노드상의 전송률	75
<그림 4-18> ENF상에서 패킷내 라우팅 변화량	76
<그림 4-19> ENF상에서 패킷내 링크 변화량	77

Abstract

The nodes of Ad-hoc network are made up of location registration for sending informations and a great number of packet transmissions to maintain routing route among the nodes. Under this environment, a huge number of traffics would be generated as mobility variable occurs more than in physical network. Hence, in this paper, focused on to study the relationship of nodes to analyze the extent of the traffic in order to control the traffics of the multi-hop in Ad-hoc. The two main nodes, source and destination node of a fixed network, consist of Ad-hoc network since they have some special features. The condition of nodes is changeable (for source or destination), all nodes can route. Every node has its routing ability. It means that nodes can communicate in cooperation with each other.

Though there are many ways for nodes to establish routes, the forward data packet has to be transmitted to the near node. This would be needed while setting routes up choosing unicast, multicast or broadcast for forms of transmission determines the degree of the networks traffic load and increased traffic load results from frequent overlapping information in nods. When broadcasting, it saves more time but increases far more traffic data. On the contrary, unicast and multicast need more time but reduces far more traffic. To make a node into the gateway and analyze the manners of transmission through clustering, it will improve its transfer efficiency in Ad-hoc network eliminating the phenomena, in this thesis.

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경

오늘날 국제환경은 WTO 체제아래 시장 확대, 자유경제의 신장, 국제 공동 질서의 확립 등을 통한 세계통신시장 질서가 조성되어 가고 있는 실정이다. 이러한 가운데 정보통신 분야는 다른 어느 분야보다도 국가의 경쟁력을 가지고 있는 지식 산업형 발전 분야로 자리매김 하고 있다.

정보통신 분야의 국제 경쟁력의 근간이 되는 기술개발의 고도화 및 선진화 추구는 전 세계적으로 표준화를 통한 기술의 확보, 정보통신 표준화 기구와의 국제공동 연구수행, 핵심기술 분야의 국제 표준화 및 제품 개발 그리고 이들이 필요로 하는 산업체간 상호 협력 등 점진적으로 해결하여야 하는 것과 그 맥락을 같이 하고 있다.

핵심기술의 발전으로 세계는 지금 어느 분야보다 정보통신 분야를 신기술 집약형으로 우선하여 각 분야별로 자국의 이권을 위한 경쟁상태로 새로운 개념으로 각 국가간 치열한 정보전쟁을 치르고 있는 실정이다.

우리나라에서는 이러한 신개념의 IT 신성장 동력의 일환으로 정보통신부에서는 새로운 IT산업의 비전과 전략을 내세워 정보통신 산업을 육성하고자 한다.

우리나라의 9대 IT 신성장 동력 발전전략을 살펴보면 지능형 서비스 로봇 분야, 홈 네트워크, 차세대 PC, 차세대 이동통신, 디지털 콘텐츠, IT SoC, 텔레매틱스, 임베디드(Embedded) S/W, 디지털 TV등 다양한 분야를 다루고 있다.

본 논문의 내용은 9대 IT 신성장 분야중 거의 전 분야에 응용 가능한 기술을 제시하여 새로운 패러다임을 구성하고, 세계최초로 개발 가능한 분야의 응용서비스를 제공하고자 한다. 또한 동 분야는 현재 각국에서 논의되고 있는 분야로 이동 Ad-hoc 무선망에서 효율적인 라우팅 알고리즘에 관한 연구로 향후 이용될 분야는 지능형 서비스 로봇분야, 홈 네트워크 분야, 차세대 PC분야, 차세대 이동통신 분야, 디지털 콘텐츠, 방송 분야 등에 응용될 수 있을 것이다.

경제적인 측면에서 유선 네트워크를 구성하기 어려운 위치에 있는 곳 또는 짧은 기간에 사용하는 장소에 네트워크를 구성하여 이용할 수 있는 방법을 제시한다. 특히 네트워크 노드는 이동성을 기반으로 하여 구성된 통신망이므로 이동성에 대한 제약이 상대적으로 적은 것이 장점이 있다.

이는 별도의 기간망이나 중앙 접속점이 없이도 구성이 가능하며, 기지국이 필요하지 않아 네트워크의 구성이 신속하고 통신망 구축비용이 저렴하여 향후 많은 분야에서 이용될 것으로 사료된다.

이러한 특성은 학교, 병원, 산업체, 전시장 등 매우 다양한 분야에 적용될 수 있으며, 특히 이동노드의 급증과 관련하여서는 새로운 서비스 및 콘텐츠를 개발하여 이용할 수 있을 것이다.

현재 IEEE 802.11과 블루투스, ITU-T SG 13 등 무선 LAN 및 초단파 통신 표준규격을 다루는 표준화 위원회 등에서도 향후 이를 보완한 표준규격을 논의 중에 있으며, Ad-hoc 방식의 네트워크 구성을 기본적으로 지원하고 있는 실정이다.

이것은 하부구조 네트워크 없이 데이터의 전송이 가능하다는 의미로 나타낸다. Ad-hoc 네트워크에서 라우팅은 라우팅을 결정하는 시기에 의

해 프리액티브와 리액티브로 분류된다. 노드는 네트워크에서 생각할 수 있는 발신 노드와 착신 노드로 분류된다.

이는 Ad-hoc 네트워크가 가지는 특성을 대변하는 의미이다. 네트워크를 구성하는 노드는 데이터를 무선자원을 이용해 이웃노드로 전송한다. 이것은 경로설정을 위해 필요한 요소이다. 전송의 형태를 유니캐스트(unicast), 멀티캐스트(multicast), 또는 브로드캐스트(broadcast)로 전송하느냐에 따라서 네트워크 상에 생기는 트래픽의 정도가 틀려지게 되며, 브로드캐스트로 전송할 경우 위치등록의 시간이 빠르겠지만 트래픽이 많이 발생하게 된다^[2].

트래픽이 많이 발생한다는 것은 노드에 중복되는 정보가 많다는 것을 의미한다. 반대로 유니캐스트나 멀티캐스트의 경우 트래픽은 보다 적게 발생하지만 시간상 지연이 된다는 것이 단점으로 나타나고 있다.

이러한 단점을 해소하기 위해서 본 논문에서는 클러스터링을 통해 게이트웨이를 설정하는 방식을 이용하여 Ad-hoc 무선망에서의 효율적인 라우팅 알고리즘을 실험하여 분석한 결과를 적용하여 연구의 결과로 제시하였으며, 이를 통하여 무선 망에서의 효율적인 이용을 위한 알고리즘을 제시한다.

1.2 연구의 목적 및 내용

연구의 목적으로는 핵심기술 확보, 세계시장 선점을 목적으로 하였으며, 핵심기술 확보에서는 이동통신 기술 선도를 위한 제4세대 이동통신 원천기술개발, 신규시장 창출을 위한 휴대인터넷 시스템 기술개발, 이동통신 산업 고부가 가치화를 위한 휴대 단말 및 핵심 부품개발을 세계시

장 선점으로는 휴대인터넷 등 새로운 서비스분야 응용을 목적으로 한다.

차세대 이동 통신 기술, 초고속 패킷 서비스를 위해 주도적으로 갖추어야 할 기본 기술분야로 신규 이동통신 시장 창출을 위한 기술개발 추진, 첨단 어플리케이션 서비스 제공을 위한 핵심부품개발, 신 개념의 휴대 단말기기 개발 등이 병행되어야 한다.

무선 통신 분야의 응용에 있어서 제한된 대역과 단말 기능에 있어서의 제약은 유선 환경에서 제공받는 멀티미디어 통신 서비스를 수용하는데 병목이 되고 있다. 이러한 병목의 해결 방안으로 무선 접속 기능을 향상하기 위한 근거리 사설 무선망이 최근 주목을 받고 있다. 이는 공용 주파수 대역에서 보편화된 저가의 장비로, 유무선 통신 인프라 접속과 기기 상호간의 통신 연결을 주 목적으로 하는 Ad-hoc 망을 기반으로 한다 [2].

이동 Ad-hoc 망은 고정 라우터나 호스트, 무선 기지국을 가지지 않는 무선 기반의 순수한 인프라 구조이다. 현재의 이동 통신망은 최종 단계인 이동 단말과 기지국 사이에서는 무선을 이용하지만 셀 간의 연결을 위해서 유선 인프라를 이용한다. 기존의 유선 인프라는 기반 구조의 구축에 많은 비용이 필요하며 기반 구조가 파괴되었을 때 서비스의 제공이 불가능한 단점이 있다.

그러므로 유선망의 구축이 힘들거나 비효율적인 곳, 재난 발생 지역 또는 누구나, 시간, 장소, 기기, 콘텐츠 등에 구애됨이 없이 기존의 통신, 방송, 인터넷 서비스가 동시에 이용 가능할 수 있도록 응용되어 무선으로만 이루어진 Ad-hoc 망의 구축이 필요하다.

이러한 Ad-hoc 망에서는 이동 노드간의 연결은 피어(peer) 레벨의 다

중 호핑 기술을 이용하여 이루어진다. 이것은 상호 연결하는 기술이 동적으로 변화할 수 있다는 것을 의미하므로 해결하여야 할 많은 문제점을 가지고 있다. Ad-hoc 망 환경에서 Ad-hoc 라우팅은 결정적인 중요성을 가지며 어떠한 응용이 Ad-hoc 이동 망에서 실행되기 전에 반드시 지원되어야 하는 부분이다^[2].

Ad-hoc 망은 중앙 집중화된 관리나 표준화된 지원 서비스의 도움 없이 임시 망을 구성하는 무선 이동 호스트들의 집합이다. 이러한 망은 백본 호스트나 다른 이동 호스트로의 연결을 제공하기 위한 고정된 제어 장치를 갖지 않으며, 각 이동 호스트가 라우터로 동작하여 이동 호스트로부터의 패킷을 다른 이동 호스트로 전달한다.

한 개 이상의 경로를 형성하는 이동 호스트가 다른 곳으로 이동함으로써 해당 경로를 무효화시키기 때문에 이러한 망에서의 통신 연결은 상당히 취약하다. 이동 호스트는 이동에 따른 루트의 계산과 수정에 많은 시간을 소비해서는 안 된다. 이렇게 되면 데이터 처리율이 낮아져서 비효율적이고 비현실적인 시스템이 되기 쉽다. 따라서 Ad-hoc 이동 호스트들 간에 높은 효율의 통신을 제공하기 위해서는 잘 정의된 라우팅 기법이 요구된다.

연구의 내용으로는 이동 Ad-hoc 무선망에서 효율적인 라우팅 알고리즘에 관한 연구를 위하여 다중 홉에서의 트래픽 제어를 위한 클러스터링 알고리즘을 통해 패킷 전송 효율을 분석하여 차세대 이동통신 분야에 적용하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 Ad-hoc 무선망 라우팅 프로토콜을 설명하기 위하여 Ad-hoc 무선망의 특성과 테이블 기반 라우팅 프로

토콜, 요구자 기반 라우팅 프로토콜에 대해서 분석 정리하였으며, 제3장에서는 제안된 클러스터링 기반 혼합 알고리즘의 제시를 위하여 전송관리 기반 클러스터링, 백본 형태에 의한 클러스터링, 라우팅 효율에 의한 클러스터링, 클러스터링 상의 전송 게이트웨이, 제안된 혼합 알고리즘 등에 대해 살펴보았다.

또한 제4장에서는 본 논문의 결과를 제시하기 위하여 시뮬레이션 환경 및 시뮬레이션 결과를 제안하였다. 그리고 제5장에서는 본 논문의 결과에 대한 결론을 맺었다.

제 2 장 Ad-hoc 무선망 라우팅 프로토콜

1980년대 무선망의 출현이후 컴퓨터 산업분야에서 문서작성, 인터넷 검색, 데이터관리 등 종합기기 개념의 PC와는 달리 정보이용 환경과 목적에 따라 특화된 기능과 형태를 가지는 네트워크 기반의 차세대 컴퓨터의 등장으로 PC 산업은 PC의 윈도우즈(MS), CPU(인텔)와 같은 시장 주도형 독점기술이 부재하여 지배적 경쟁 구도가 불명확하게 전개되어 왔다. 따라서 차세대 PC의 등장으로 개인 및 업무용으로 특화된 PDA, 전자북 및 착용형으로 개발된 이동성과 편의성이 강조된 시계, 의류형태와 고정형인 엔터테인먼트 서비스 제공을 위한 게임기 등의 제품으로 구분되어 발전되고 있다.

현재는 컴퓨터.통신.가전 등의 융합화 추세에 따라 사용자 중심의 서비스를 제공하고 편의성을 극대화시키는 착용형(Wearable) 컴퓨터 및 차세대 휴먼 인터페이스 기술 등을 포함하여 기술이 전개되고 있는 실정이다.

그리고 차세대 이동통신 분야에서는 정지 및 이동 중에 안테나를 통하여 음성, 문자, 동영상 등의 정보를 송수신하고 이를 원래의 정보로 검출하는 통신방식이 이용되고 있다. 차세대 이동통신은 음성은 물론 그림, 문자, 동영상 등의 멀티미디어 정보를 인터넷 망과의 연동을 통하여 고속, 고품질로 송수신하는 서비스를 말한다. 특성으로는 IMT-2000, 초고속 휴대인터넷 기술 등을 기반으로 브로드캐스팅 이동 멀티미디어 시스템의 구현 및 유.무선 통합화 구조로 진화되고 있다.

이러한 상황에서 전 세계적으로는 초고속 패킷 서비스를 위한

HSPDA(High Speed Downlink Packet Access)는 3GPP에서 표준화중이고, 에릭슨, 노키아, 노텔, 루슨트 등이 개발 중에 있으며, 2004년도 경에 상용화할 예정이다. 초고속 휴대인터넷(2.3GHz) 분야는 미국의 어레이콤사, 플라리온, Navini 등에서 초기시스템을 개발하여 시험운영 및 제한적인 상용서비스를 개시 중에 있으며, 국내에서는 삼성, SK텔레콤, KTF 등 100여개 업체에서 한국정보통신기술협회(TTA)를 통하여 사업권의 주도적인 역할을 수립하기 위하여 치열한 경쟁체제에 들어서고 있다.

이러한 핵심기술의 세계적인 추세에 맞추어 무선망 라우팅에 대한 응용분야가 폭발적으로 증가하게 되었다. 이동 노드는 기본 망의 통신 환경 내에서 가장 가까운 기지국(base station)에 통신을 하기 위해서 연결된다. 노드가 이동함에 따라 기지국 환경에서 다른 기지국으로 이동할 때, 이동 노드가 새로운 기지국에서 계속적으로 이음새 없이 통신을 하기 위하여 핸드 오프(hand-off)가 일어난다.

이러한 망의 전형적인 응용은 무선 구내 정보통신망(wireless local area)을 포함한다. 이동무선망의 기반 구조 이동망은 고정된 라우터를 가지지 않고 모든 노드들은 이동이 가능하고, 임의의 방법으로 동적인 접속이 가능하다. 이러한 망 형태의 노드들은 망에서 다른 노드들의 경로를 발견하고 유지하는 라우터 기능을 한다.

Ad-hoc 망은 빈번하게 위치의 변화가 가능한 노드들 사이에서의 상호 접속을 하는 독립적이고 독단적으로 위치하는 이동 노드들의 집합이다. 망 내에서 통신을 용이하게 하기 위해, 라우팅 프로토콜은 노드들 사이에서 경로들을 발견하기 위해 사용된다.

Ad-hoc 망에서의 라우팅 프로토콜의 주된 목적은 시기에 알맞게 메시

지를 전달하기 위해 노드들 간에 정확하고 효과적인 경로를 설정하는 것이다. 경로의 설정은 최소한의 오버헤드와 대역폭의 소비를 필요로 한다.

2.1 Ad-hoc 무선망의 특성

이동통신 기술은 1세대 아날로그 통신에서 2세대 디지털통신, 3세대 IMT-2000으로 진화되고 있다. 현재 IMT-2000의 성능개선과 4세대 통신의 개념 정립단계에 있다. 향후에는 언제 어디서나 최적의 무선망을 통하여 수 Mbps의 전송속도로 멀티미디어 서비스를 저렴하게 제공할 수 있고, 2006년경에는 HDTV급 고속 휴대인터넷 서비스 및 2010년경에는 입체 TV급 양방향 서비스가 가능한 100Mbps가 제공될 전망이다. 4세대 이동통신은 이동통신망, 고정무선망과 이동통신망간 연동기술 등을 중심으로 망간 통합 발전이 예상된다.

이동 Ad-hoc 무선망은 이동 플랫폼 또는 각각의 노드들이 자유롭게 움직이는 노드의 집합을 의미한다. 여기서 각 노드는 논리적으로 다중 호스트들과 다중 무선 통신 장치를 갖는 라우터로 구성된다. 이동 Ad-hoc 무선망은 노드 자체를 제외하고, 하부구조의 이점 없이 작동하는 분산화, 이동성, 무선 다중 망으로 표현된다. 현재 인터넷 분야에서 Ad-hoc 무선망의 확장은 하나의 이동노드가 고정된 유선 하부구조망에 접속되거나 지원되는 것을 말한다.

Ad-hoc 무선망은 신속하게 전개될 수 있고 통신망 노드의 이동성 유형이나 트래픽의 전달 상황에 잘 적응할 수 있는 조직 가능한

(self-organizing) 망 구조이다. Ad-hoc 무선망은 고정된 기반구조에 대한 필요성 또는 응용 소프트웨어, 라우팅, 전송계층, 매체 접근 제어, 물리계층 등의 내용으로 구성되며 이동 라우팅과 MAC(Medium Access Control), 물리계층 등이 무선 Ad-hoc 무선망 구성의 핵심 기술 사항으로 들 수 있다. 또한 이러한 망의 디자인 시 망 크기, 연결성, 망 구조, 사용자 트래픽, 작동환경, 에너지, 규제, 그리고 궁극적으로 Ad-hoc 무선망 설계가 이루어진다면, 가격대 성능 비교도 고려해야 될 사항이다^[3].

본 장에서는 Ad-hoc 무선망의 일반적인 특성을 알아보려고 한다.

2.1.1 Ad-hoc 망의 일반적 특성

Ad-hoc 망은 이동성을 고려한 무선 통신망을 구성하기 위해 개발된 기술이다. 이동 Ad-hoc 네트워크는 하부 네트워크의 지원 없이 무선 인터페이스를 가진 이동 노드들 간에 자율적으로 구성되는 임시적인 네트워크이다. 마넷(MANet)에서 정의된 노드의 특성은 무선 인터페이스를 가지는 라우터로 정의된다. 각 노드는 노드만을 구분할 수 있는 식별자를 가지며 이러한 식별자에 의해 라우팅 되는 패킷을 구분하는 기준이 된다.

이동 Ad-hoc에서 사용하는 무선 인터페이스는 한정된 대역의 주파수를 사용하기 때문에 이 대역을 통해 보낼 수 있는 데이터 전송률에 제한이 있을 뿐만 아니라, 이를 다수의 노드들이 서로 공유하여 사용하기 때문에 노드 수가 많을수록 각각의 노드가 평균적으로 사용할 수 있는 전송 대역폭이 줄어들게 된다. 대역폭의 사용 제한으로 인해 노드들 간

의 라우팅을 위한 프로토콜 알고리즘이 중요한 작용을 한다^[3].

무선 Ad-hoc 망 구성기술과 관련된 국외의 동향을 살펴보면, 무선 인터넷 표준 제정을 위한 국제기구인 인터넷 엔지니어링 태스크 포스(Internet Engineering Task Force : IETF)의 경우 MANet의 목표는 무선 Ad-hoc 망에서의 인터넷 프로토콜 지원 및 효과적인 라우팅 지원 방안의 표준화이며 이를 위하여 세계 각 대학과 연구기관, 산업체들로부터 초안을 지원받고 있다. 현재까지의 제안된 연구내용은 라우팅과 관련된 것이 대부분이다.

미국국방부고등연구계획국(Defence Advanced Research Project Agency : DARPA)에서 지원하고 있는 GloMo(Global mobile Information System) 프로그램의 경우, 군용 무선 Ad-hoc 망 구축을 위한 어플리케이션, 라우팅, MAC, SDR(Software Defined Radio)모뎀 및 안테나 등에 관한 연구를 통하여 군용 무선 Ad-hoc 망 구성 요소들의 프로토타입 개발을 수행하고 있다. 현재 GloMo 프로그램은 CMU, MIT, Rutgers, Stanford, UC Berkeley, UCLA, Kansas, Virginia Tech 등의 우수한 미국 내 대학들과 Raytheon System Company, Rockwell International 등의 기업들이 참여하고 있다^[4].

최근에는 군용, 재난 지역의 임시 망 이외에 구내 통신망에 무선 Ad-hoc 망을 적용하기 위한 기술 개발과 연구가 활발하게 진행되고 있다^[5]. 일반 가정의 PC 및 주변기기, 전화와 휴대폰 등의 통신기기 및 가전제품 등을 단일 프로토콜로 제어하기 위한 개념에서 출발한 구내 무선 통신망 기술은 미래의 정보 통신 분야를 선도할 첨단 기술로 인식되고 있다.

이에 따라 Microsoft, IBM, Intel, Nokia, Ericsson, HP, AT&T, Cisco 등 통신/정보 장비, 서비스, 통신 업체 등이 연구그룹을 결성해 사설 무선 근거리 통신망 기술 개발에 적극적으로 참여하고 있다. 블루투스(Bluetooth: BT)는 최근 군사용 이외에 가정 및 사무실내 통신 및 정보 가전용 통신망에 이동 Ad-hoc 망을 적용하기 위한 시도의 좋은 예이다.

블루투스는 Nokia, Ericsson, Toshiba, IBM, Intel 등에 의하여 추진되고 있는 다국적 상업 프로젝트이다. 블루투스는 이동 PC, 이동 전화, PAD등과 같은 다양한 휴대 장비들과 고정 장치들을 저비용의 단거리 무선 링크를 통해 연결하여 통신할 수 있는 기술 표준을 의미한다^[6].

블루투스에서는 이와 같은 표준을 이용하여 각 단말이 자동으로 상호 무선으로 연결되어 통신할 수 있고 인터넷 등의 기존 망과도 연동되는 새로운 망의 구축을 목표로 하고 있으며, 1999년 규격이 제정되어 PC와 전화기에 장착된 시제품이 출시되었다.

이외에도 HRFWG(Home Radio Frequency Working Group)에서는 가정의 개인용 컴퓨터나 전화를 연결하기 위한 무선전송용 통신규약 SWAP(Shared Wireless Access Protocol)라는 무선 접속 프로토콜을 정의하고 이를 이용한 무선 Ad-hoc 망 및 무선 접속 장치를 지원하는 것을 목표로 한 Home RF 표준을 제정하였다.

Home RF에는 3Com, Apple Computer, IBM, Microsoft, Motorola, Siemens, Sony 등의 세계의 정보, 통신, 가전 관련 업체의 지원을 받는 국내 무선 망 구성 기술 관련 다국적 상업 프로젝트이다.

1998년 5월에는 전송속도 1Mbps, 전송거리 50m, 음성과 데이터를 모두 취급하는 프레임구조, 스펙트럼 확산기술 채용 등을 주 내용으로 하

는 규격 "SWAP 0.5"를 마련하고, 1999년 1월에는 전송속도가 1Mbps와 2Mbps로 다를 뿐 나머지 조건은 0.5 버전과 거의 같은 "SWAP 1.0"을 내놓았다.

가장 고전적 의미의 Ad-hoc 망으로서 Lucent Bell Labs와 Sun Microsystem의 브로드캐스트 Ad-hoc 무선 비동기 전송방식 (Asynchronous Transfer Mode : ATM) 근거리 통신망을 위한 BAHAMA(Broad-band Ad-hoc ATM Anywhere) 프로젝트 역시 현재 연구 중인 무선 Ad-hoc 망의 다른 예이다. BAHAMA 프로젝트가 제안하는 망은 무선 근거리 통신망 구축을 위하여 백본망 및 기지국 없이 이동 호스트 간의 통신이 가능한 무선 구내정보통신망(Local Area Network : LAN)을 구축할 수 있다.

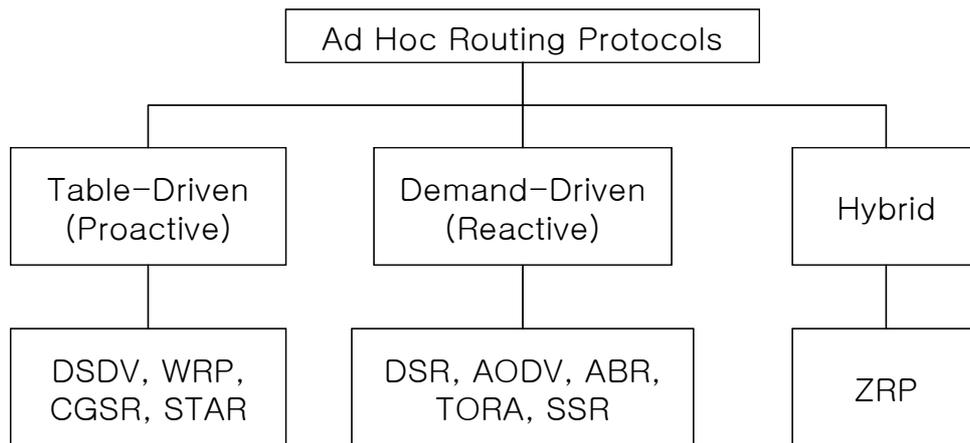
이외에도 CMU의 이동 네트워크 구조(Mobile Networking Architecture: Monarch : MNAM) 프로젝트와 같은 무선 Ad-hoc 망과 관련된 프로젝트들이 대학을 중심으로 활발히 진행 중에 있다^[1]. 이러한 기술을 접목시키기 위해서는 휴대인터넷용 무선접속규격기술과 휴대 인터넷용 무선 접속 모델설계 기술이 동시에 이루어 져야 한다. 이는 년차 별로 단계적으로 연구기관, 정부관서, 산업계 등과 협력하여 이루어져야 할 것이다.

2.1.2 경로 설정 프로토콜 구분

모든 경로 설정 프로토콜의 가장 큰 목적은 네트워크 안에 있는 소스 노드와 목적 노드간의 정확하고 최적화된 경로를 찾는 것이다.

Ad-hoc환경의 경우 제한된 공유 자원을 가지고 이루어져야 하므로 오버헤드 및 대역폭 소모를 최소화하여야 한다.

Ad-hoc 프로토콜은 전달 구조의 형태에 따라 하나의 전달 경로를 통해 데이터가 전송되는 유니캐스트 기반 방식과 하나 이상의 전달 경로가 존재하는 멀티캐스트 또는 브로드캐스트 기반 방식으로 분류할 수 있으며, 경로 결정을 하는 시점에 따라 데이터의 실제적인 발생과 관계 없이 전달 구조를 구성하는 테이블 기반과 데이터 발생에 의해 전달 구조를 구성하는 요구 기반 방식 그리고 이들의 혼합 방식인 하이브리드 방식으로 분류할 수 있다^[5].



<그림 2-1> Ad-hoc 경로설정 프로토콜의 분류

<Fig. 2-1> Classification of Ad-hoc routing protocol

1) 테이블 기반 라우팅

테이블 기반(Table-Driven) 방식은 연속적으로 경로 탐색 작업을 수행하며, 각 노드로부터 모든 다른 단말로 가는 모든 경로 설정 정보를

항상 유지하고 있다. 이것은 네트워크내의 각 노드가 다른 모든 노드들에게 갱신(up-to-date)이라는 라우팅 정보를 보냄으로, 구조를 유지관리하게 되는 것이다. 이러한 방식의 예로는 거리벡터 계열의 프로토콜들을 들 수 있다. 벡터계열 프로토콜들은 Destination-Sequenced Distance-Vector Routing(DSDV), Cluster-head Gateway Switch Routing(CGSR), Wireless Routing Protocol(WRP), Ad hoc Multicast Routing Protocol(AMRoute)^[6] 등을 들 수 있다. 이러한 부류의 프로토콜들은 라우팅 정보를 저장할 수 있는 하나 또는 더 많은 테이블(up-to-date : 정보 테이블)을 각 노드로 요청하고, 일정하게 네트워크를 유지 관리함을 보이기 위해 경로 업데이트를 효율적으로 네트워크로 전파하여 네트워크 토폴로지 변화에 빠르게 대응하는 특징이 있다^[7].

예를 들면, 경로가 설정될 때까지 지연시간이 작다는 장점이 있지만, 유한한 자원을 가지고 통신을 해야 하는 Ad-hoc 환경에서는 경로 설정 정보 유지를 위해 소모되는 과도한 네트워크 용량을 감당할 수가 없는 단점을 가지고 있다. 따라서 이러한 단점을 보완하여 초고속 네트워크를 할 수 있는 기반 구조가 이루어 져야 하겠다.

현재 세계적인 추세로 보아서는 2006년 정도면 개발이 가능할 것으로 보인다. 이러한 개발에 맞추어 2007년경에는 Ad-hoc 무선망을 이용한 현재 시장 규모가 비교적 작은 이동 콘텐츠, e-Learning 등이 높은 성장을 이룰 것으로 전망한다.

2) 요구자 기반 라우팅

요구자 기반(on demand-driven) 라우팅은 소스 노드에 의해 경로 설

정 요구가 들어올 때에 경로 설정 정보를 갱신하여 경로를 설정하는 방식이다. 각 노드는 목적 노드까지 경로 설정의 요구가 들어오거나 생성되었을 경우에만 경로 탐색 과정을 시작한다. 노드가 목적지 경로를 요구할 때 네트워크 내에서 경로 설정을 시작한다. 경로가 생성되거나 설립되었으면, 목적지가 소스로부터 모든 경로를 따라 접근하기 어렵게 될 때까지 또는 그 경로가 더 이상 필요 없을 때까지 경로는 보수 절차에 의해서 유지된다.

이러한 요구자 기반 라우팅의 예는 Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing(AODV), Dynamic Source Routing(DSR), Lightweight Mobile Routing(LMR), Temporally Ordered Routing Algorithm(TORA), Associativity-Based Routing(ABR) 등이 있다. 또한, 경로 설정요구가 들어올 때마다, 새롭게 경로 설정 정보를 갱신해서 찾아가므로 목적지까지 경로를 설정하는데 걸리는 지연이 상대적으로 크다. 결과적으로 이러한 라우팅 프로토콜은 실시간 통신상에서는 적합하지 않다.

3) 하이브리드 라우팅

하이브리드 경로 설정 방식은 테이블 기반과 요구자 기반 방식의 장점을 혼합한 방식으로 구역 라우팅 프로토콜(Zone Routing Protocol : ZRP)과 같은 프로토콜이 있다. 이 방식은 크게 두 단계로 나누어진다. 우선 각 단말은 자신의 이웃 정보를 가지고 있고, 이러한 이웃들은 이른바 구역(zone)이라는 하나의 클러스터로 묶이게 된다.

첫 단계로 같은 구역에 존재하는 단말에 대한 경로 탐색 과정이 테이블 기반 방식에 의하여 수행되고, 구역 외부로 정보를 전송하기 위해서

구역의 최외각에 있는 단말로 경로 설정 정보를 전달하게 된다. ZRP는 망의 전역이 아닌 구역으로 국한시켜서 과도한 자원소모를 줄일 수 있다. 따라서 ZRP는 구역의 크기에 따라 많은 변화가 나타나게 된다^[7].

2.1.3 각 프로토콜의 비교

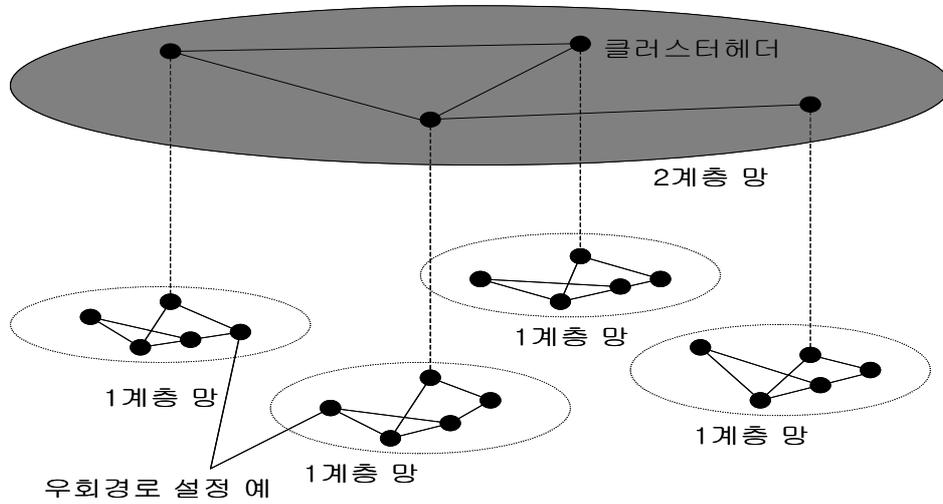
지금까지 설명한 라우팅 방식은 테이블 기반 방식의 경우 무선의 제한적인 영역에서는 적합하지 않으며, 요구자 기반 방식은 실시간 전송에 문제점을 가지고 있다. 또한 혼합 방식인 하이브리드 방식의 경우 다양한 트래픽 속성에 대한 고려가 전혀 없는 실정이다.

무선의 형식을 따르는 통신의 규모가 커지면서 가정용, 사무용 이동성을 띠는 네트워크에 그대로 적용할 경우, 다양한 데이터 트래픽의 속성에 맞는 차별화된 서비스를 제공할 수 없을 것이다. <표 2-1>은 기존의 경로설정 프로토콜을 간단히 표로 정리한 것이다^[8].

<표 2-1> 프로토콜에 따른 분류방법

<Table 2-1> Classification of protocol methode

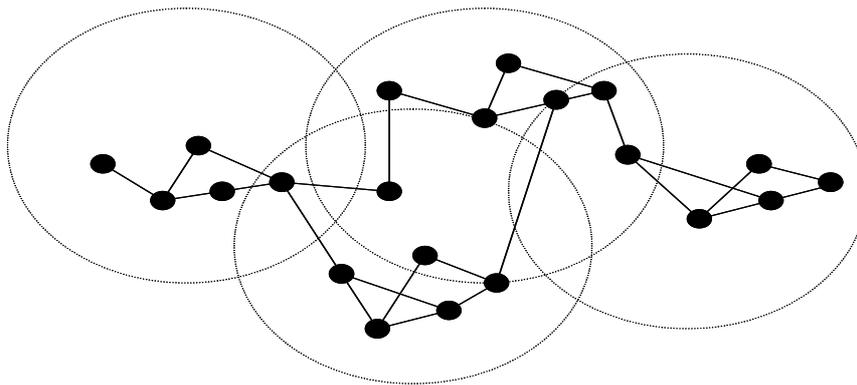
프로토콜 명	구조	방식	멀티캐스트	적용범위
ZRP	계층	하이브리드	X	대규모 망
CBRP	계층	테이블	X	큰 부하
OLSR	계층	테이블	X	동적 망
AMRoute	계층	테이블	O	멀티캐스트
IMEP	평면	테이블	O	링크 상태 감지
DSR	평면	디멘드	O	동적 망
AODV	평면	디멘드	O	동적 망
TORA	평면	디멘드	X	고밀도 망



<그림 2-2> 계층 구조

< Fig. 2-2> Hierarchy structure

<그림 2-2>에서는 Ad-hoc 네트워크 상에서의 클러스터 헤드를 기반으로 하여 계층구조를 상세하게 나타낸 것이다.



<그림 2-3> 평면 구조

<Fig. 2-3> Plane structure

<그림 2-3>은 Ad-hoc 네트워크상의 평면 구조를 클러스터를 중심으로 상세하게 나타낸 것이다.

2.2 플러딩

일반적으로 고정 네트워크에서의 플러딩은 패킷이 노드에 도착했을 때를 기준으로, 수신한 하나의 링크를 제외하고 모든 외부 링크로 패킷을 전송하는 방법이다. 무선 환경에서의 플러딩은 가상으로 링크를 설정하고 수신링크를 제외한 가상 링크로 이웃 노드를 설정하여 패킷을 전송을 형태를 취하게 된다. 통신에 에러가 없다면 노드가 모든 이웃을 패킷을 플러딩 함으로써 데이터가 전달되어 경로의 갱신이나 경로설정을 하게 된다. 무선 환경은 노이즈가 많고, 수신자의 상태가 불량하거나 충돌 등이 전송할 때 포함되기 때문에 항상 안전하다고 할 수는 없다. 플러딩은 자체적으로는 제어 메커니즘이 없기 때문에 이러한 상황에서는 플러딩에 의한 패킷의 복사본이 수도 없이 많이 발생하게 된다. 이러한 중복은 플러딩이 Ad-hoc 네트워크에서 라우팅 정보를 전송하거나 목적지까지의 수행 가능한 경로를 찾기 위하여 사용되어지는 한 방법으로 사용하는데 한 장애가 된다.

또한 네트워크가 밀집되어 있는 형태일 때는 노드 상에서 같은 패킷의 중복이 일어나게 되고 넓게 퍼져 있을 경우에는 시간차에 의한 중복이 생겨날 수 있는 환경이 된다. 이러한 플러딩에 의한 문제점을 클러스터의 한 방법으로 포워딩되어 도달하는 노드들의 가상링크를 지정함으로써 플러딩에 의해 생기는 복사 패킷의 수를 감소시키는 방안으로 제

시한다. 또한 중복되는 지점의 근거리 노드들의 전송을 막기 위하여 가중치에 대한 노드의 선택으로 다시 한번 패킷의 복사수를 줄이기 위한 방법을 제시하여야 한다.

이 방법으로는 복사된 패킷을 찾아서 각 수신 노드와 무한 루핑을 회피하는 방식으로 처리되어 진다. 또 다른 제어 메커니즘은 Time To Live(TTL)를 사용하는 방법이다. 플러딩 패킷은 패킷이 횡단할 때 최대 홉을 나타내는 것을 TTL 필드로 운송하는 것이다.

이 방법은 플러딩 패킷을 수용하면, 패킷을 다시 브로드캐스트(TTL은 감소)하기 전에 TTL 필드를 체크하여 폐기하거나 또는 드롭을 체크한다. 플러딩 패킷의 운행경로는 메커니즘 제어로 할 수 있다.

노드의 경로리스트는 플러딩 패킷이 찾아온 노드의 리스트를 검사하여, 중계하는 노드는 되돌아온 패킷의 직접적인 드롭핑과 운행기록의 ID를 검사함으로써 루프를 쉽게 회피한다. 설명한 제어 메커니즘에도 불구하고, 플러딩은 각 노드로 도착한 패킷은 이웃으로부터 각각 수신되기 때문에 보통 중복되기 쉽다. 그래서 오버헤드는 시스템내의 노드들의 총수뿐만 아니라 연결로도 증가한다. 플러딩 탐색은 다중 프로토콜과 요구자 기반 라우팅의 극치이다. 이것은 필요한 때에 가장 적절한 라우팅을 얻기 위해 필요하다. 이런 프로토콜은 주어진 요구자 기반 상에서 경로를 찾는데 필수적이다^[9].

2.2.1 플러딩 효과

일반적으로 플러딩은 Ad Hoc 네트워크에서 라우팅 정보를 광고하거나 목적지까지의 수행 가능한 경로를 찾기 위해 사용된다. 네트워크가

한 곳에 밀집되어 있는 상태일 때, 플러딩 검색 패킷은 패킷을 중계하는데 있어서 전체적으로 모든 노드가 필요한 것은 아니다. 중계 하는 동안 노드는 일정 부분집합으로 묶어서 사용하는 것만으로도 충분히 이용할 수 있다. 따라서 노드의 중계방식에 따라서 묶어서 보낼 것인가 아니면 별도로 보낼 것인가에 대해서도 분석하여야 할 항목이다. 이는 다음항에서 논의된다.

노드의 포워딩을 위하여 노드의 참여 수를 감소시키는 방법은 많이 제시되어 있다. 주요한 집합을 선택하는 모든 접근 장치들을 최소의 서브네트로 노드를 구성하여 재전송하는 시스템으로 다른 모든 노드로 플러딩 패킷을 전달하기에 충분하다.

2.3 테이블 기반 라우팅 프로토콜

테이블 기반 라우팅 프로토콜(Table-Driven Routing Protocol)은 망내의 각 노드에서 모든 다른 노드들의 일관된 up-to-date 라우팅 정보를 유지한다. 이러한 프로토콜들은 각 노드에게 하나 이상의 테이블에 라우팅 정보를 저장하기를 요구하고, 망 상태를 계속 유지하기 위하여 망을 통하여 전파된 갱신정보에 의해 망 토폴로지의 변화에 응답한다^{[4],[7],[8]}.

다음에 설명되는 내용은 기존의 테이블 기반에 의한 Ad-hoc 라우팅 프로토콜에 대해서 연구한 결과를 설명한다.

2.3.1 착신 순차 거리 벡터 라우팅

착신 순차 거리 벡터 라우팅(Destination-Sequenced Distance-Vector

Routing : DSDV) 프로토콜은 전통적인 Bellman-Ford 라우팅 메커니즘을 기반으로 하는 테이블 기반 알고리즘에 의한 알고리즘이다. 망의 모든 이동 노드는 망 내의 모든 전달 가능한 목적지와 각 목적지들에서의 홉 수가 기록되는 라우팅 테이블을 유지한다. 라우팅 테이블의 각 엔트리는 목적지 노드에 의해 할당하게 되는 연속되는 수로 표시된다. 연속되는 수는 새로운 경로와 쓸모없는 경로의 구별이 가능하게 하므로 라우팅 루프의 형성을 피하게 한다. 라우팅 테이블의 최신 정보들은 일관성을 유지하기 위해서 망을 통해 정기적으로 전송되어 진다^[10].

이러한 갱신 정보들이 생성하는 망의 잠재적인 큰 트래픽을 감소하는 것을 돕기 위해, 경로 최신 정보들은 2개의 패킷을 사용한다. 첫 번째 패킷은 "full dump" 이다. 이 타입의 패킷은 모든 이용 가능한 라우팅 정보를 나르고, 다중망 프로토콜 데이터 유니트(multiple network protocol data units : NPDUs) 자료들을 필요로 한다. 이동이 일어나는 기간동안 패킷들은 부정기적으로 보내진다.

브로드캐스트 전송이 되는 각각의 NPDU는 표준크기에 맞아야 하며, 그에 따라 생성되는 트래픽이 양을 감소시킨다. 이동 노드들은 증가된 경로정보 패킷을 보낸 추가 테이블을 유지한다. 새롭게 브로드캐스트 전송이 되는 경로는 목적지의 주소, 목적지에 도달하기 위한 홉 수, 목적지에 대해 수신되는 정보의 연속 수를 포함한다. 가장 최근의 연속되는 수와 함께 라벨을 붙인 경로가 항상 사용되며, 이동노드들은 또한 경로들의 설정시간과 평균시간을 지속적으로 얻는다. 설정 시간의 길이에 의해 라우팅 갱신의 브로드캐스트 전송을 늦추게 함으로써, 이동 노드들은 망 트래픽을 감소시킬 것이며, 만일 가까운 미래에 더 최적의 경로가 발견

되면 브로드캐스트 전송을 제거하여 경로를 최적화 할 것이다.

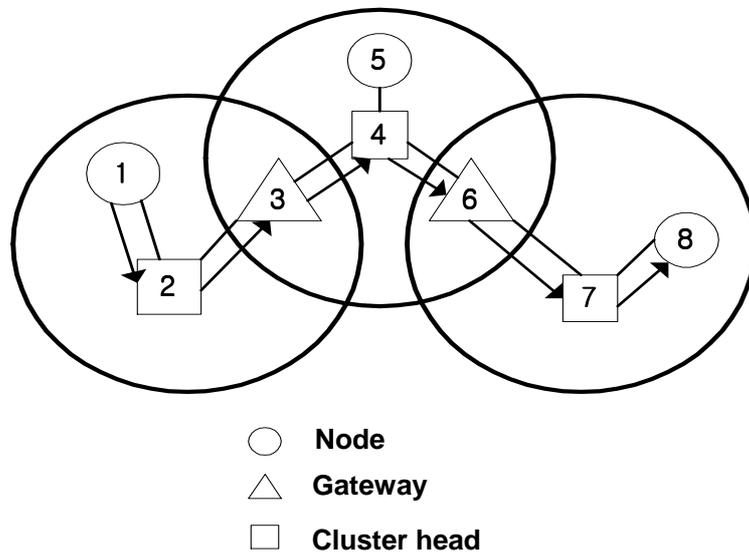
2.3.2 클러스터 헤드 게이트웨이 스위치 라우팅

클러스터 헤드 게이트웨이 스위치 라우팅(Clusterhead Gateway Switch Routing : CGSR) 프로토콜은 주소와 망 조직 계획에 있어서 이전의 프로토콜과는 차이가 있다. 'flat'망 대신으로 CGSR은 여러 개의 경로 구조를 가지는 다중 홉 이동 무선 망이다^[4].

최초 상태는 클러스터 헤드에 의해 Ad-hoc 노드들의 그룹을 제어하고, 클러스터 헤드에 의해 코드분리, 채널접근, 라우팅과 대역폭 할당이 이루어진다. 클러스터 헤드 선택 알고리즘은 클러스터 내에서 분배 알고리즘을 사용하여 클러스터 헤드를 정하기 위해 사용되어 진다. 클러스터 헤드 구조를 사용함에 있어, 단점은 빈번한 클러스터 헤드의 변화로 노드들이 패킷을 전달하는 것 보다 클러스터 헤드 선택에 더 사용됨으로써 라우팅 프로토콜 성능에 영향을 끼칠 수도 있다는 것이다.

그러므로 클러스터 헤드 재 선택을 수행하는 대신에 집단 회원이 바뀔 때 마다 Least Cluster Change(LCC) 클러스터링 알고리즘이 사용된다. LCC를 사용함으로써, 클러스터 헤드는 단지 두 개의 클러스터 헤드가 만나거나, 또는 모든 다른 클러스터 헤드들이 나갈 때 변한다. CGSR은 근본적으로 DSDV 라우팅 구조를 사용하여, DSDV와 마찬가지로 많은 오버 헤드를 가진다. 그러나 CGSR은 소스로부터 목적지까지 계층적 클러스터 헤드 대 게이트웨이를 사용하여 DSDV를 보완한다. 게이트웨이 노드들은 2개 혹은 그 이상의 클러스터 헤드들의 통신범위 내에 있다.

노드는 먼저 클러스터 헤드에 패킷을 보내고 이는 다른 클러스터 헤드에 연결되어 있는 게이트웨이로 보내지고 차례로 목적지 클러스터 헤드까지 전달되어 목적지까지 보내진다. <그림 2-4>은 이것의 예를 나타낸 것이다. 그림에서는 노드, 게이트웨이, 클러스터들이 각각 노드 1에서 8까지 라우팅하는 내용을 설명하였다.



<그림 2-4> 노드 1에서 노드 8까지의 라우팅

<Fig. 2-4> Routing of node 1 to node 8

이러한 기법은 각 노드는 반드시 망내의 각 이동 노드에 대한 목적지 클러스터 헤드가 저장되어 있는 클러스터 회원 테이블(cluster member table)을 유지하여야 한다.

클러스터 회원 테이블은 DSDV 알고리즘의 사용으로 주기적으로 각 노드에 의해 브로드캐스트로 전송된다. 노드들은 이웃노드 테이블을 수신

해서 클러스터 회원 테이블은 갱신된다. 또한 목적지에 도달하기 위해 다음 홉을 결정하는 경로 테이블도 유지되어야 한다.

노드들의 움직임과 게이트웨이의 움직임, 클러스터 헤드들의 움직임에 따라서 라우팅 됨으로써 각 노드들은 이웃 노드 테이블을 수신하여 클러스터 회원 테이블이 변경되는 것이 확인되었다.

2.3.3 무선 라우팅 프로토콜

무선 라우팅 프로토콜(Wireless Routing Protocol : WRP)은 Ad-hoc 프로토콜중 하나로 루프에 대해 자유로운 구조중 하나로 알려져 있다. WRP에서 무선망 안에서 라우팅 노드들은 각 목적지 두 번째에서 마지막 홉까지의 거리와 정보를 교환한다. WRP 중요한 개념은 경로 탐색 알고리즘 클래스에 있다. 이것은 무한연산 문제를 회피하는 방법이다. 모든 이웃노드들은 강제적으로 전임자의 정보를 입력받아 일관성 있게 체크를 수행한다. 이때 링크 실패 이벤트가 생길 경우에는 가장 마지막에 루핑 형태를 제거하고, 노드에 이르는 가장 빠른 경로집합을 제공하게 된다.

WRP안에서 노드는 인식표시와 메시지로 그들 노드의 이웃노드들의 존재에 대해 학습하게 된다. 노드가 패킷을 보내지 않으면, 특정한 시간에 접속 지향적 정보를 적절히 반사하는 형태로 HELLO 메시지를 보내게 된다.

다시 말하면, 노드로부터 메시지의 결핍은 무선링크의 실패를 의미하고, 실패를 알리는 것이 될 것이다. 새로운 노드로부터 HELLO 메시지를

수신한 이동은 새로운 노드 정보가 이동 경로 테이블에 추가되고, 이동망은 경로 테이블 정보를 카피하여 새로운 노드로 보내게 되는 것이다.

WRP는 4개의 테이블로 관리되어 진다. 내용은 <표 2-2>와 같다.

<표 2-2> 무선 라우팅 프로토콜 테이블
<Table 2-2> Wireless routing protocol table

무선 라우팅 프로토콜	테이블 내용
- 거리 테이블	- 거리테이블은 노드와 목적지간의 노드의 수를 나타낸다.
- 라우팅 테이블	- 라우팅 테이블은 다음 홉의 노드를 가리킨다.
- 링크 코스트 테이블	- 링크 코스트 테이블은 개별적 링크 연결상의 지연을 나타낸다.
- 메시지 재 전송 리스트 테이블	- MRL은 업데이트된 메시지의 연속 수열을 포함하여 재 전송 횟수, 응답 표시 벡터를 요구하며, 업데이트된 리스트를 갱신 메시지로 보낸다. MLR은 이웃 노드들에게 재 전송하는 것을 인정해야 할 때, 데이터가 갱신되어 갱신 메시지가 전송을 필요로 할 때 기록된다.

경로 정보는 정확성을 보증하기 위하여 이동들은 같은 시간대에 그들의 이웃 노드들에게 갱신 메시지를 보내게 된다. 갱신 메시지는 갱신 리스트 즉, 목적지, 목적지 거리, 목적지의 전임자를 포함할 뿐만 아니라, 이동망에 대해서 갱신을 인정하는 응답 까지 포함되어야 한다. 이동망은

링크의 변화를 인식하였을 때나 이웃으로부터 갱신을 처리한 후 갱신 메시지를 보낸다. 링크 실패의 이벤트일 경우, 노드들은 실패를 찾아서 이웃들에게 갱신 메시지를 보내고, 이들의 이웃들이 그들의 거리 테이블 입력부에 설명하여 다른 노드들을 통해 새로운 가능 경로를 찾는다^[15].

2.4 요구자 기반 라우팅 프로토콜

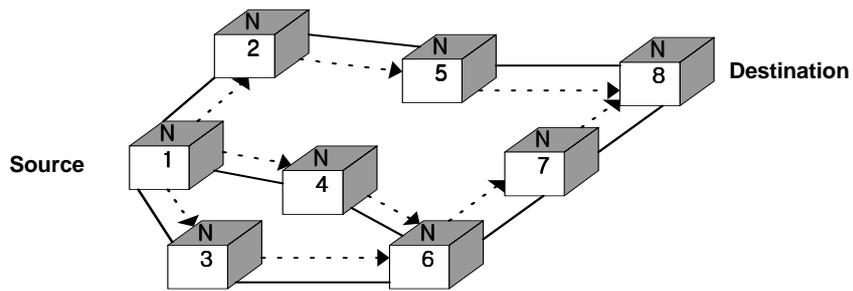
테이블 기반 라우팅(table-driven routing)으로부터 다른 접근 방식은 요구자 기반 라우팅을 의미한다. 임의의 시점에 Ad-hoc 망에 속한 노드들의 전체에 대한 경로 값을 가지고 있지 않고 데이터를 전송하기 위해서 캐쉬 내에 유효한 경로가 존재하는지를 살펴본 후, 기존에 설정된 경로가 없을 때 목적 노드로 경로를 설정하는 방식이다^{[4],[7]}.

경로 배정의 형태는 오직 소스 노드에 의해서 요구될 때 경로를 생성한다. 노드가 목적지 경로를 요구할 때 망 내에서 경로발견을 시작한다. 일단 경로가 발견되거나 모든 전달 가능한 경로의 순열이 조사되면 이 실행은 완료된다. 일단 경로가 설립되었으면, 이는 목적지가 소스로부터 모든 경로를 따라 접근하기 어렵게 될 때까지 또는 그 경로가 더 이상 필요 없을 때 까지 경로는 보수 절차에 의해서 유지된다. 다음은 기존의 요구자 기반 방식의 Ad-hoc 라우팅 프로토콜에 대해서 설명한다.

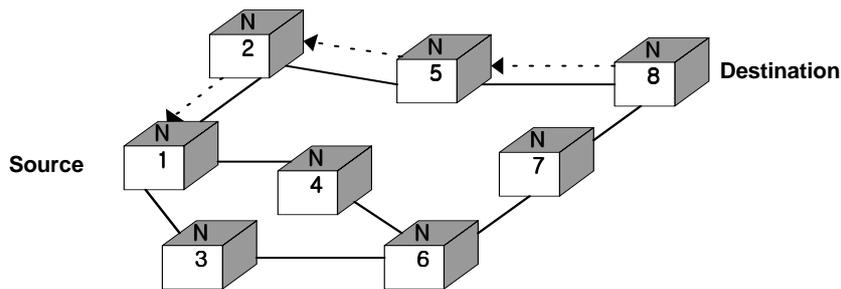
2.4.1 Ad-hoc 요구자 거리 벡터 라우팅

Ad-hoc 요구자 거리 벡터 라우팅(Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing : AODV) 프로토콜은 이전에 기술한 DSDV 알고리즘을 기본으로 하고 있다^[4]. AODV는 DSDV 알고리즘이 완벽한 전체 경로를

유지하는 것에 비해, 요구자 기반 기반에 의해 경로를 만들어 일반적으로 요구되는 브로드캐스트 전송 수를 최소화 하기 때문에 DSDV의 개선형이다. 경로 정보를 유지하지 않거나, 경로 테이블 교환에 참여하지 않고 선택되었던 경로가 없는 노드들은 순수 요구자 기반 경로 획득 시스템에 의해 AODV 구분이 시작된다. 소스노드가 유효한 경로를 가지지 않은 목적지에 메시지를 보내려고 할 때 다른 노드의 위치 결정을 하는 경로 탐색 과정을 시작한다. 소스의 이웃노드 또는 요청을 하는 중간 노드까지 라우터 요구 패킷(Route Request Packet : RREQ)을 브로드캐스트 전송 한다.



(a) Propagation of the RREQ



(b) Path of the RREP to the source

<그림 2-5> AODV 경로 설정

<Fig. 2-5> Flow for AODV routing

<그림 2-5(a)>는 망을 통해 브로드캐스트로 전송되는 RREQs의 전파를 묘사한다. AODV는 모든 경로들이 loop-free와 가장 최근의 경로정보를 포함할 수 있도록 목적지 연속수를 이용한다. 각 노드는 자신의 연속수 뿐만 아니라 브로드캐스트 전송 ID도 유지한다. 노드가 시작하는 모든 RREQ에 대해 브로드캐스트 전송은 증가하고, 노드의 IP 어드레스와 함께 유일한 RREQ를 확인한다. RREQ를 포워딩시키는 동안 중간 노드들은 수신된 브로드캐스트 전송 패킷의 첫 사본의 이웃 노드 주소들을 자신의 경로 테이블에 기록한다. 만약 나중에 같은 RREQ의 추가 사본을 받게 되면 이 패킷들은 버려지게 된다. 일단 RREQ가 목적지나 새로운 경로를 가지는 중간 노드에 도착하면, <그림 2-5(b)>와 같이 처음 RREQ를 받았던 이웃노드들을 거슬러 route reply (RREP)패킷을 유니캐스트 하게 된다. 즉 목적지에 대한 새로운 경로를 구성하고 전송 중인 데이터를 현재 위치에 포워딩 한다.

2.4.2 동적 소스 라우팅

동적 소스 라우팅(Dynamic Source Routing : DSR) 프로토콜은 라우팅 소스를 기반으로 한 요구자 기반 라우팅 프로토콜이다. 이동 노드들은 노드가 알고 있는 소스 경로들을 포함한 경로 캐쉬들을 유지한다. 경로 캐쉬 입력 값들은 새로운 경로들이 바뀔에 따라 지속적으로 갱신된다^[11].

프로토콜은 경로 범위와 경로 유지보수의 2개의 주요한 단계들로 이루어진다. 이동망 노드가 어떤 목적지로 보낼 패킷이 있을 때는, 경로를 검토해 그 경로가 목적지까지 이미 성립되어 있으면 경로 캐쉬를 저장

한다. 만약 저장되어 있는 경로가 목적지까지 유효한 값이라면, 이 경로로 패킷을 보내는데 사용할 것이다.

만약 노드가 그러한 경로를 가지지 않는다면, 경로 요구 패킷을 브로드캐스트 전송에 의해 경로 범위를 시작한다. 이 경로 요구는 목적지 주소, 소스 노드의 주소, 그리고 유일한 식별 인자를 포함한다. 각 노드는 목적지의 경로를 아는지를 패킷을 받음으로써 조사한다.

만약 그렇지 않으면 자신의 주소를 패킷 경로 기록에 추가하고 그리고 나서 출 중계 링크를 따라 패킷을 순방향 시킨다. 노드의 출 중계 링크에서의 경로 요구의 전파의 수를 제한하기 위해서, 이동망은 만약 이동망에 의해 요구를 보이지 않거나, 이동망 주소가 경로 기록에 나타나 있지 않는다면 경로 요구를 포워드 시킨다.

경로 중계는 경로 요구가 목적지에 도달하거나 목적경로가 유효한 경로 캐쉬를 포함하는 중간 노드에 도달했을 때 발생된다. 패킷이 목적지나 그런 중간 노드에 도달했을 때에는 그에 해당하는 홉 수를 포함한다.

제 3 장 제안된 클러스터링 기반 혼합 알고리즘

Ad-hoc에서 네트워크 성능을 통제하기 위해서 2가지를 고려해야 한다. 첫 번째는 현재 네트워크 상태에 대한 네트워크 동작을 적응시킬 때 신속, 정확하게 응답해야 한다는 것이고, 두 번째는 네트워크의 패킷의 전달, 처리, 저장 자원들의 소비를 최소화하여야 한다는 점이다. 이는 무선 망에서의 정보 전송을 위해 꼭 필요한 조건들이다.

Ad-hoc 네트워크에서는 클러스터를 사용하여 이러한 목적을 수용할 수 있게 된다. 이러한 클러스터를 기반으로 하는 제어 구조를 사용하여 다음과 같은 요인으로 자원의 효율성을 향상시킬 수 있다.

<표 3-1> 혼합 알고리즘

<Table 3-1> Mixed algorithm

순번	혼합 알고리즘 자원의 효율성
1	- 다중 노드의 채널 경쟁을 줄이는 무선전송 관리
2	- 네트워크 반경을 줄이는 라우팅 백본 형태
3	- 양과 가변성을 줄이는 네트워크 주요 정보 추출

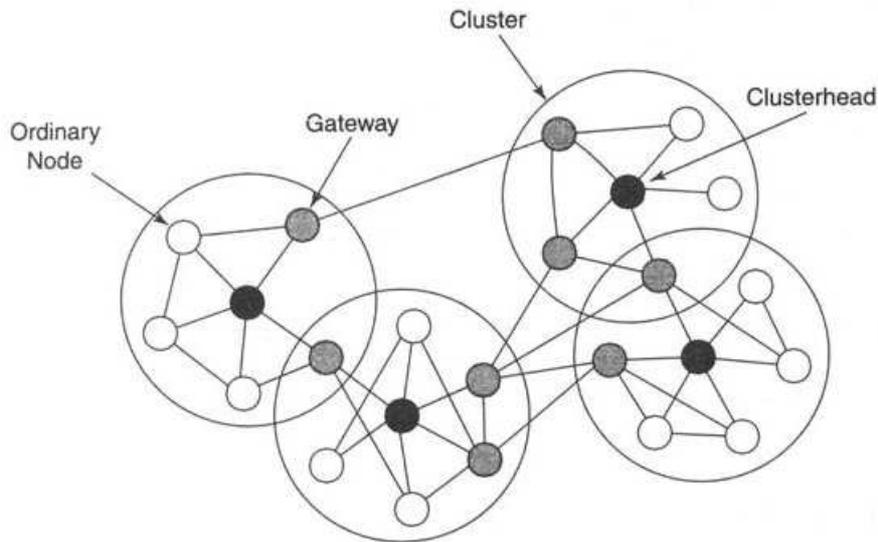
클러스터링은 규모가 클 때 노드들을 효율적으로 이용할 수 있다. 물리적 네트워크를 클러스터로 상호 연결하는 가상 네트워크로 구성하여 이를 구현한다. 각 클러스터는 클러스터 회원을 제어하기 위해 하나 이상의 제어를 갖게된다.

3.1 전송 관리 기반 클러스터링

3.1.1 클러스터 링크 구조

클러스터 링크 구조는 자유 경쟁 방식으로 스케줄 될 수 있는 노드들을 별개의 클러스터 형태로 다중 접속 환경을 만들어 간섭을 줄이는 네트워크 제어구조이다. 인접해 있는 클러스터들에서의 전송은 각 클러스터에서 다른 확산 코드(spreading code)들을 사용하는 대역 확산(spread-spectrum)으로 다중 액세스에 의해 독립적으로 운용될 수 있다.

클러스터는 <그림 3-1>에서 나타낸 것과 같이 클러스터 헤드와 하나 혹은 그 이상의 게이트웨이, 클러스터 헤드나 게이트웨이가 아닌 노드는 정상 노드로 구성된다.



<그림 3-1> 링크 클러스터 구조

<Fig. 3-1> Link-clustered structure

<표 3-2> 클러스터 형성노드

<Table 3-2> Cluster formation node

순번	클러스터의 형성 노드 내용
1	- 클러스터 헤드: 전송을 예정하고, 클러스터내에서 자원을 할당
2	- 게이트웨이: 인접한 클러스터나 non-leaf 노드와의 접속을 위해 사용 전송을 중계한다.
3	- 정상 노드: 클러스터 내에서 게이트웨이나 클러스터 헤드가 아닌 나머지 노드를 모두 이른다.

이러한 클러스터를 형성하기 위해 노드들은 <표 3-2>와 같은 특징을 갖는다. 1번째로는 이웃들로부터 브로드캐스팅된 데이터를 수신하면 수신되어진 이웃들의 리스트를 브로드캐스팅에 의해 양방향성의 연결성을 갖는다. 2번째로는 클러스터 헤드의 채택과 클러스터를 형성하여야 한다. 3번째로는 클러스터사이에 게이트웨이를 동의해야 한다.

1) 클러스터 헤드

클러스터 헤드는 클러스터 구조를 이루기 위해 다음 <표 3-3>과 같은 2가지 알고리즘을 가지고 있다.

<표 3-3> 클러스터 헤드 알고리즘

<Table 3-3> Cluster head algorithm

순번	알고리즘 명
1	- 식별자 기반 클러스터링
2	- 연결 기반 클러스터링

이 두 가지 알고리즘은 집중성과 배포성을 기준으로 설명하면 집중성으로 볼 때 식별 기본 클러스터링은 최저 또는 최고로 표현가능한 식별

자로 구분하고, 연결기반 클러스터링은 이웃 노드의 수에 의해 영향을 받는다. 두 번째로 2가지 알고리즘을 배포하는 상태로 해석하면, 식별자 기반은 식별자가 최저나 최고이냐에 따라서 클러스터 헤드를 선정한다. 연결기반은 모든 이웃들 중에서 가장 높은 연결이 된다면 클러스터 헤드가 되는 것이다.

2) 게이트웨이

한 개 이상의 클러스터와 연결된 어떠한 노드들은 이러한 클러스터들의 연결에서 게이트웨이 후보가 될 수 있다. 만약 노드가 이웃으로 2개의 클러스터 헤드를 가지면, 후보 게이트웨이는 2개의 겹쳐지는 클러스터를 연결하는 매체가 된다.

3) 내부 노드 이동성

노드들이 네트워크를 이동함에 따라 클러스터 회원쉽은 적합한 전달 예정을 보장하기 위해서 갱신되어야 한다. 그리고 통신의 가능성을 최대한으로 하기 위해 모든 노드들은 만약 그렇게 하도록 된다면 클러스터 헤드나 게이트웨이 기능들을 수행한다. 연결성의 변화는 식별자 기반 클러스터링 보다는 연결 기반 클러스터링이 더 빈번하게 일어난다. 그 결과로써 링크 클러스터된 구조에서 식별자를 기본으로 한 클러스터링의 패킷 수가 많아지고 변화에 대한 재정비가 많아진다.

4) 라우팅

클러스터 링크된 구조는 클러스터 헤드와 게이트웨이 그리고 이들 사이의 링크로 구성되어 있는 라우팅 백본을 제공한다. 모든 트래픽을 클러스터헤드를 가로질러 가는 것은 네트워크의 효율을 감소시킬 수 있다.

3.2 백본 형태에 의한 클러스터링

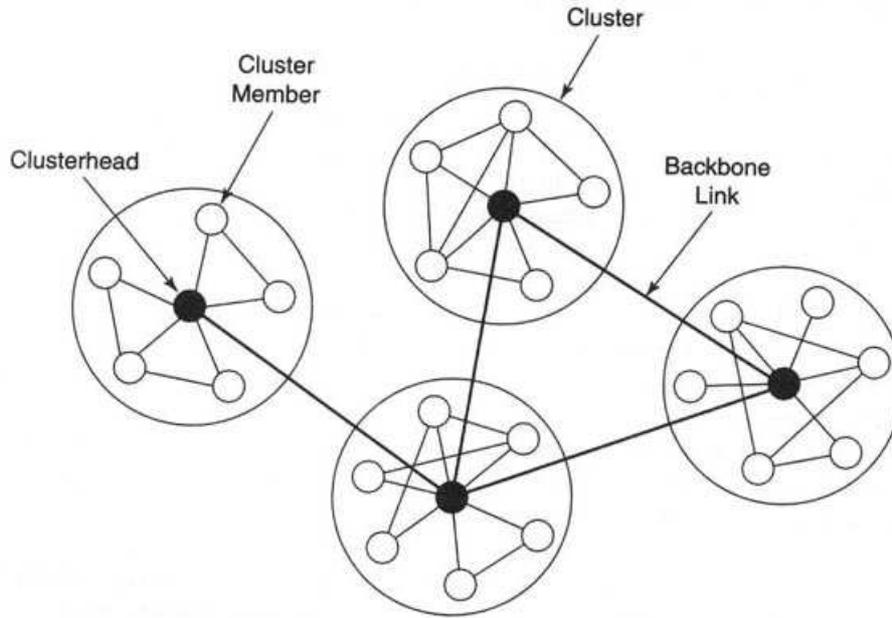
3.2.1 근거리 디지털 무선 네트워크

근거리 디지털 무선 네트워크(Near-Term Digital Radio : NTDR) 알고리즘은 이동 간의 통신을 지원하기 위해 설계되었다. NTDR은 클러스터를 형성하고, 클러스터 형성은 클러스터 헤드를 포함하여 게이트웨이와 내부 노드, 클러스터의 원소를 설정한다. 이는 <그림 3-2>에서 보는 바와 같이 라우팅 백본 형태로 연결되어 있다. NTDR 클러스터들은 각 클러스터 헤드의 1홉 내의 노드들로 구성된다. 다른 클러스터와는 클러스터 헤드만이 직접 연결이 가능하고 게이트웨이 기능을 한다. 각 노드는 주기적으로 브로드캐스팅 비컨(beacons)을 수신함으로써 이웃 노드들을 추적한다. 클러스터 헤드 비이컨은 <표 3-4>와 같은 특징을 가진다.

<표 3-4> 클러스터 헤드 비이컨 특성

<Table 3-4> Specificity of cluster head beacon

순번	알고리즘 명
1	- 클러스터 헤드는 조직적으로 정보를 전송한다.
2	- 클러스터 회원들의 리스트를 가진다.
3	- 클러스터 헤드에 의해 측정된 각 회원으로부터 링크를 보장한다.
4	- 클러스터 헤드의 파워레벨(power level)을 전송한다.



<그림 3-2> NTDR 네트워크 구조

<Fig. 3-2> NTDR network structure

다음에 설명한 내용은 근거리 디지털 무선 네트워크에서의 노들의 역할을 설명한 것이다.

1) 클러스터 헤드 역할

NTDR 노드는 만약 그 인접에서 클러스터 헤드를 찾지 못하면, 그 자체를 클러스터 헤드로 하거나, 만약 찾아가면 네트워크 구분(partition)을 해결 할 수 있다. NTDR 클러스터링 알고리즘은 동시에 클러스터 헤드가 되려는 노드의 수를 한정하기 위해서 2가지의 메커니즘을 따른다. 첫 번째는 클러스터 헤드가 되기 위한 2개의 조건 중 1개를 찾는 각 노

드는 짧은 랜덤 한 시간 간격을 기다리고 그 다음 조건을 다시 시험한다. 두 번째는 각 새로운 클러스터 헤드는 즉시 그 상태를 선언하고 빠른 전달을 하게된다.

2) 클러스터 합병 방법

클러스터 합병은 클러스터 헤드와 예견된 클러스터 회원들을 포함하여 이루어진다. 다음은 클러스터를 형성시켰을 때의 알고리즘들이다.

<표 3-5> 클러스터 형성 알고리즘
<Table 3-5> Type of cluster algorithm

순번	알고리즘 내용
1	- 클러스터 손실과 클러스터 헤드는 같은 조직에 속한다.
2	- 클러스터 헤드로부터의 신호를 저 전력으로 전송하거나 강하게 수신한다.
3	- 결과적으로 클러스터 크기는 상대적으로 작게 된다.

클러스터 헤드는 노드로부터 가입요구를 거절할 권리를 가지고 있지만 한번 가입된 것을 허용하면 그것은 모든 다른 클러스터 헤드의 최신의 클러스터 회원이 된다. 클러스터 회원은 다음 중 하나가 일어날 때까지 그 선택된 클러스터 헤드에 소속되어있는 상태이고, 다음의 상태가 될 때 다른 가입을 찾는다.

3) 라우팅

군거리 디지털 무선라우팅(NTDR) 네트워크에서 클러스터 헤드는 라

우팅 백본 유지에 대한 책임과 모니터링, 백본에서 일어나는 변화에 대한 정보를 분배한다.

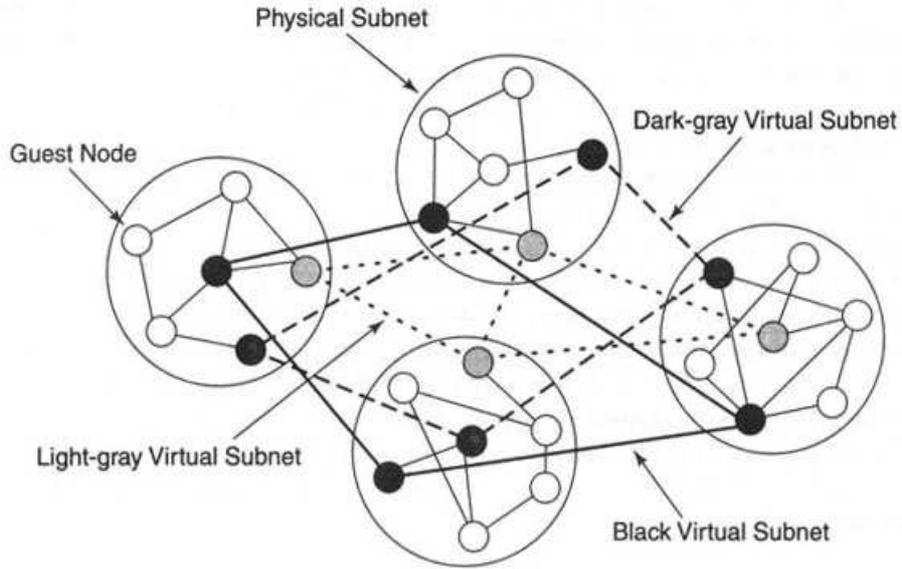
<표 3-6> 클러스터 헤드 상태

<Table 3-6> State of cluster head

순번	알고리즘 내용
1	- 클러스터 헤드가 그 역할을 포기할 때;
2	- 클러스터 헤드가 더 이상 이동 리스트를 비컨하지 않거나 또는 노드가 클러스터 헤드와의 링크 품질을 받아들이기 어렵게 되었을 때;
3	- 클러스터 헤드로부터의 신호의 세기가 수신하기 어려울 때;

3.2.2 가상 서브네트 구조

가상 서브네트 구조는 다중 홉 이동 무선 네트워크에서 고장 방지 연결성과 부하 균형(load balancing)을 제공하는 하나가 아닌 여러 개의 분리된 라우팅 백본이다. 최초 네트워크는 분리된 클러스터로 나누어지고, 이는 노드 이동성에 기반으로 한 물리계층의 서브네트라 한다. 서로 다른 물리계층의 서브네트 회원은 가상 서브네트 형태로 서로 연결되고, 각각은 물리계층 서브네트에 포함된다. 이는 떨어진 노드 간의 통신경로를 제공한다. 노드는 패킷의 주소 접두에 물리계층 서브네트를 표현하고, 접미에는 가상 서브네트를 표현한다.



<그림 3-3> 가상 서브네트 구조

<Fig. 3-3> Virtual subnet structure

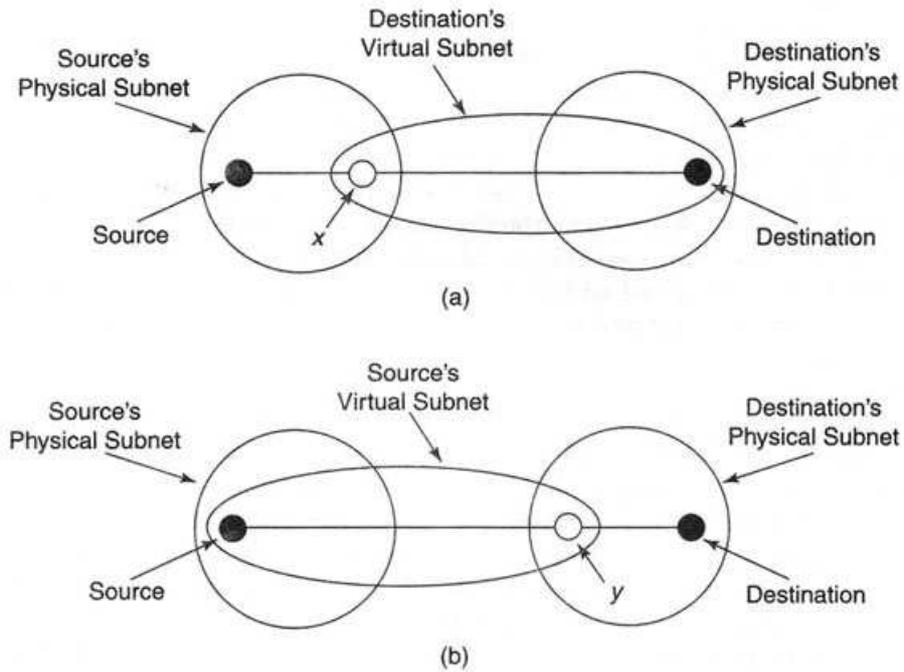
1) 노드 이동성

하나의 지리적 위치에서 다른 곳으로의 이동은 노드가 이제 더 이상 물리계층 서브네트의 회원이 아닐 수도 있으며, 다른 물리계층 서브네트들의 네트워크에 접속된 채 남아 있어야 한다. 이것은 노드가 항상 물리계층 서브네트의 일원이 되어야 함을 말하며 그렇지 않을 경우 클러스터의 헤드가 되어야 한다.

2) 라우팅

<그림 3-4(a)>에서는 가상 부분집합(링크)이 소스노드의 게이트웨이를 통과하고 있고 <그림 3-4(b)>에서는 목적 노드의 게이트웨이를 지나는

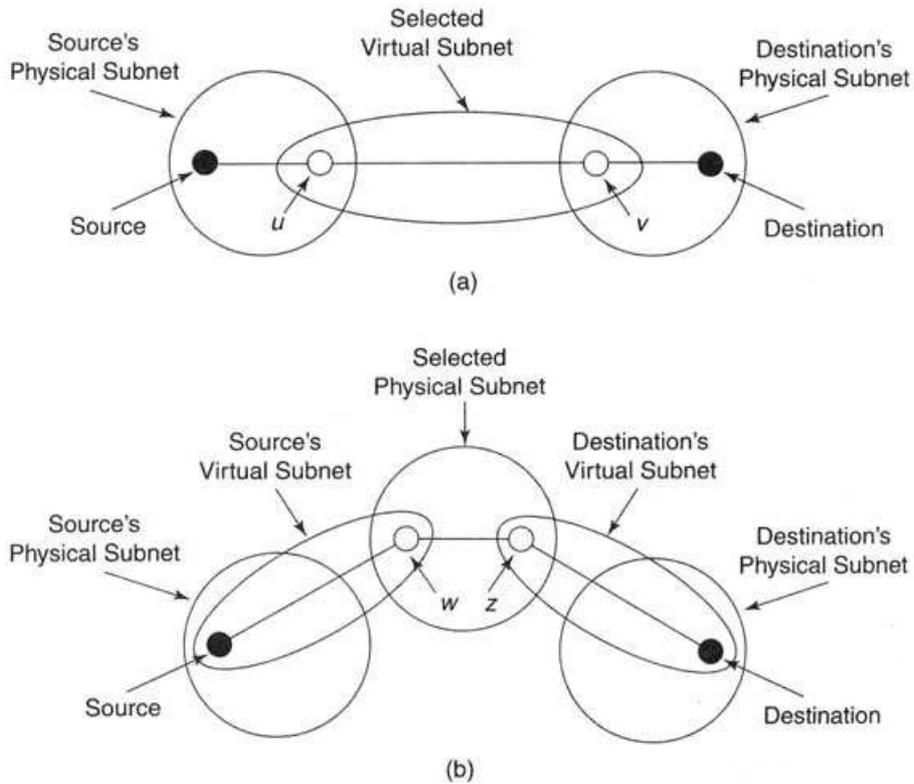
경로를 보여주고 있다. 여기서 소스의 가상 부분집합에 의한 경로가 다르게 되어 있다. 이 두 가지의 링크는 비슷하나 게이트웨이를 선택함에 있어서 라우팅의 정보가 변화함을 보여주고 있다.



<그림 3-4> 직접 라우팅

<Fig. 3-4> Direct routing

<그림 3-4(a)>는 소스노드에서 게이트웨이 x를 지나 목적노드로 가고 있다. <그림 3-4(b)>는 목적노드에서 게이트웨이를 지남을 나타낸 것이다.



<그림 3-5> 장거리 라우팅

<Fig. 3-5> Long-path routing

<그림 3-5>에서는 가상의 부분집합(경로)을 두 개의 링크를 경유하여 전송되는 것을 보여주고 있다. <그림 3-5(a)>는 클러스터 두 개를 연결함에 있어 소스노드와 목적노드의 게이트웨이를 경유하여 전송되는 경로이다. <그림 3-5(b)>는 제 3의 클러스터를 경유하여 목적 노드로 전송되는 것을 나타내었다.

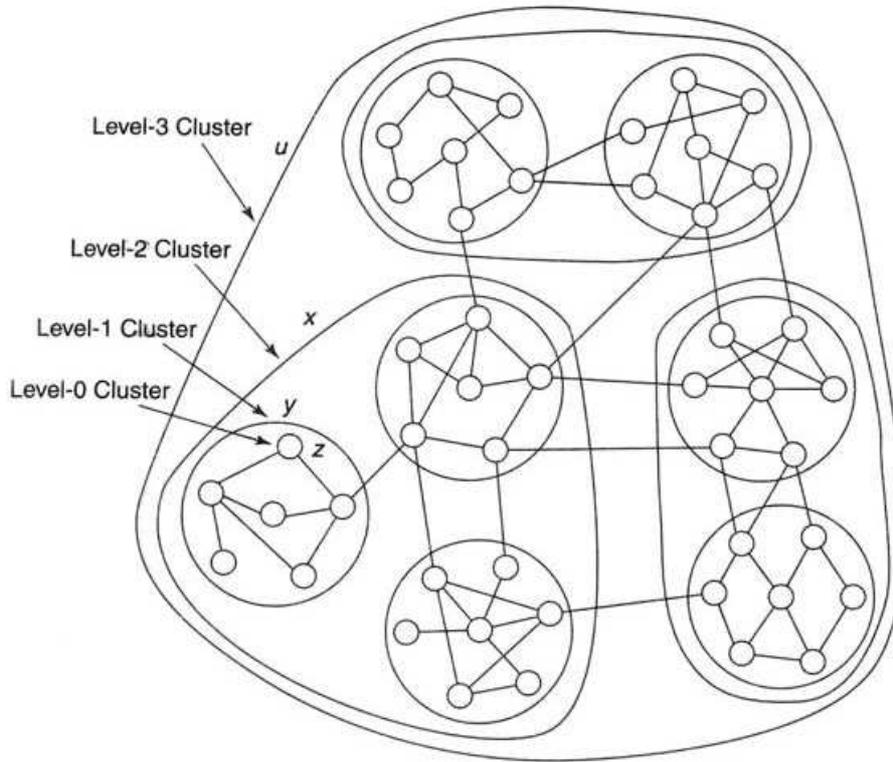
3.3 라우팅 효율에 의한 클러스터링

노드의 이탈, 유입, 트래픽, 패킷의 손실, 재설정에 있어서 라우팅 변화 정보는 제어에 의해 브로드캐스트 되고 응답이 이루어 진다. 라우팅 정보의 정확성을 가지기 위해 응답과 넓이, 시간에 의한 변수의 효율적인 제어에 관해 설명한다. 클러스터 기반의 계층적 제어 구조에 대해 설명한다.

<그림 3-6>은 클러스터를 계층적으로 구성하여 다중 홉 다중 경로를 통해 외부의 클러스터로 전송하는 것을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 클러스터 레벨이 0에서부터 올라감에 따라 라우팅을 설정하고 있다. 계층구조는 최소 0의 수준에서 최대 m까지의 수준사이에 생성될 수 있다.

$0 \leq i \leq m$: <그림 3-6>과 같은 형태이고 m-1개의 수준을 갖는다.

예를 들면 u집단의 x. y. z는 u집단에서 z노드의 위치를 표시한 노드 자신을 나타낸다, 하나의 레벨은 소속 노드를 포함하고 주소는 자연스럽게 계층적 위치에 관계되어 만들어진다. 주소는 m-1개의 계층구조와 관계되어 나타난다.



<그림 3-6> 등지형 클러스터 구조

<Fig. 3-6> Ground type cluster structure

3.4 클러스터링 상의 전송 게이트웨이

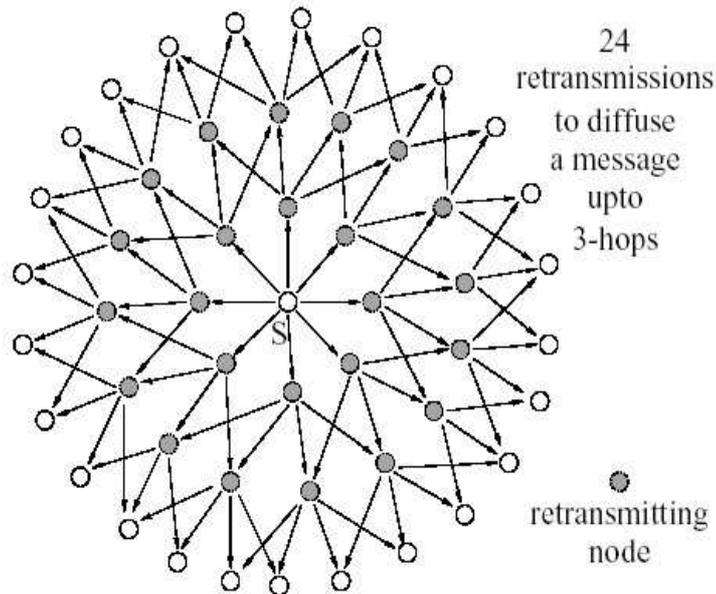
3.4.1 개별 노드 포워딩(ENF)

개별 노드 포워딩은 소스 노드가 주위의 모든 노드들에게 패킷을 보냄으로 플러딩(flooding)을 시작하는 방법이다. 플러딩 자체가 링크상의 수신 링크를 제외한 모든 노드로 전송하는 방법이기에 때문에 포워딩 하

는 ENF로 표현될 수 있다.

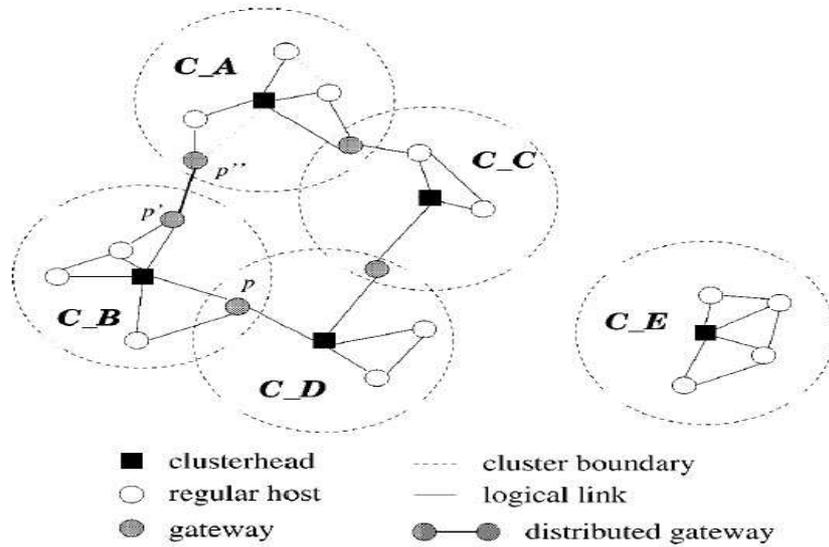
이것은 클러스터링을 형성하거나 형성하지 않더라도 목적노드까지 가는 패킷의 양은 유사 할 것이다. 하지만 클러스터링을 한 것과 하지 않은 것과의 차이는 클러스터링을 했을 경우에는 클러스터링 제어를 위한 패킷이 추가되는 것이다. 두 가지 모두 게이트웨이나 내부 노드 모두에게 패킷을 송신한다.

<그림 3-7>은 클러스터링 없이 전송하는 경우이다. <그림 3-8>는 클러스터링을 형성한 후 패킷을 주위의 노드로 전송하는 것을 도시화해 주고 있다.



<그림 3-7> 클러스터링 없이 패킷을 전송

<Fig. 3-7> Without clustering of packet transmission



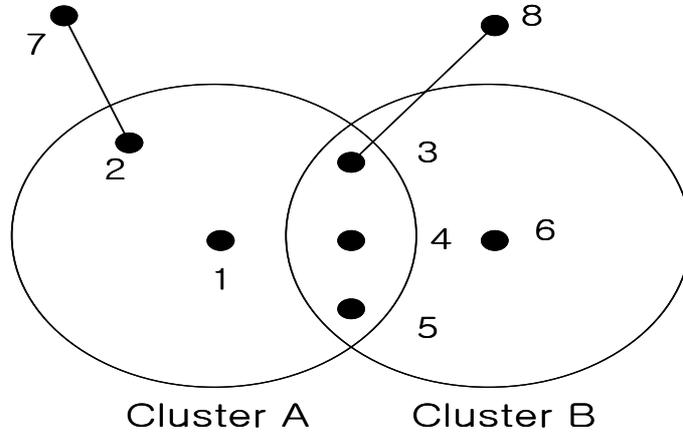
<그림 3-8> 클러스터링을 통한 패킷의 전송

<Fig. 3-8> Clustering of packet transmission

3.4.2 게이트웨이 포워딩

게이트웨이 포워딩(Gateway Forwarding : GWF)은 클러스터 내부에서 클러스터가 형성되어 있을 때 이를 위한 제어패킷이 생성되고, 제어를 위한 패킷은 노드가 이동함에 따라 증가하게 된다. 이것은 처음위치에서 위치등록을 하고 이후에 이동에 의한 노드의 위치를 변화에 따른 갱신 정보가 필요하기 때문이다.

GWF은 클러스터의 요소와 비(non) 클러스터 모두에게 플러딩을 한다. <그림 3-9>과 같이 2번 노드와 3, 4 및 5번 노드는 클러스터 A의 게이트웨이이고, 이중 2번 노드는 외부의 비(non) 클러스터 회원인 7과의 연결을 위한 게이트웨이가 된다.



● Flooding nodes

<그림 3-9> 게이트웨이 포워딩

<Fig 3-9> Gateway forwarding

클러스터 B의 게이트웨이는 3, 4 및 5번 노드이고, 3번 노드는 외부로
의 8번 노드와 통신을 위한 게이트웨이가 된다. 게이트웨이 포워딩 알고
리즘은 클러스터를 형성하였을 때, 내부의 노드를 먼저 인식한다.

그 후 게이트웨이가 될 노드들을 선택 하고 게이트웨이로부터 수집한
외부로의 경로가 저장되게 된다. 이는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

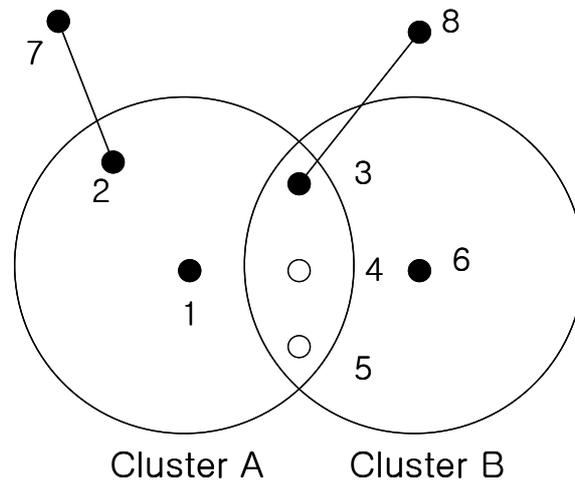
$$N = \sum_{k=1}^r m_k$$

여기서, N : 클러스터내의 노드의 총 수

m_k : 클러스터 k의 내부 노드의 수, 클러스터 헤드와
게이트웨이를 제외한 클러스터 k의 노드들이다.

3.4.3 선택된 순방향 게이트웨이

선택된 순방향 게이트웨이(Selected Gateway Forwarding : SGF)은 GWF의 확장된 형태로서 <그림 3-10>에서 보는 것과 같다. 게이트웨이는 외부로의 연결을 해주는 통로로써 게이트웨이 모두에게 flooding을 하게 되면 게이트웨이에서 전송된 패킷이 중복되는 경우가 생기게 된다. 이러한 중복은 Ad-hoc 네트워크상의 혼잡이 될 수 있다. 이러한 게이트웨이에서의 패킷전송의 중복을 최소화하기 위해 다음의 과정을 거친다.



● Flooding nodes ○ Unselected gateway

<그림 3-10> 선택된 순방향 게이트웨이

<Fig. 3-10> Selected gateway forwarding

클러스터의 헤드가 정해지고 임의의 클러스터 k의 전송범위가 정해진다.

단계 1 : 클러스터의 헤드에서 클러스터내에서 선정된 모든 게이트웨이로 메시지(peer-cluster-head-request)를 보낸다.

단계 2 : 만일 게이트웨이 i 가 인근 클러스터들로 하나의 링크나 두 개의 링크를 거쳐 다른 클러스터의 헤드로부터 ID들의 리스트를 클러스터 k 로 되돌려 보낸다.

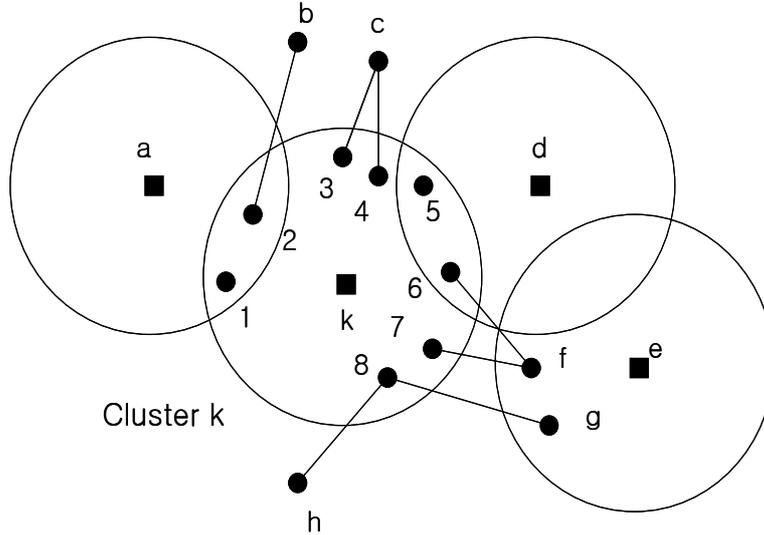
단계 2에서 게이트웨이는 다른 클러스터 헤드로의 두개 링크 경로가 존재함을 구분하여 기록한다(ID들의 변화를 클러스터 헤드들에 만든다). 리스트에는 게이트웨이 j 로부터 수신된 하나의 링크로 연결된 non-cluster 노드와 하나 또는 두 개의 링크로 연결된 다른 클러스터 헤드로부터 수신한 peer cluster head ID를 추가한다.

단계 3 : 클러스터 헤드 k 를 기준으로 non-cluster 노드들과 peer 클러스터 헤드들을 기록한다.

단계 3에서의 결과를 <그림 3-11>에서 보여준다. 왼쪽은 게이트웨이 리스트들이다. 오른쪽은 peer 클러스터 헤드들과 non 클러스터 노드이다.

단계 4 : 클러스터 헤드 k 가 플러딩 노드를 행동으로 대변하여 게이트웨이들을 선택하여 알려준다.

단계 4에서 선택된 게이트웨이가 응답으로 메시지에 근처 클러스터 ID를 포함한다. 게이트웨이들을 선택하여, 게이트웨이들 쌍의 하나로 메시지를 재전송하는 클러스터로 플러딩 하게 된다.



<그림 3-11> SGF의 예 클러스터 k

<Fig. 3-11> Example for cluster k

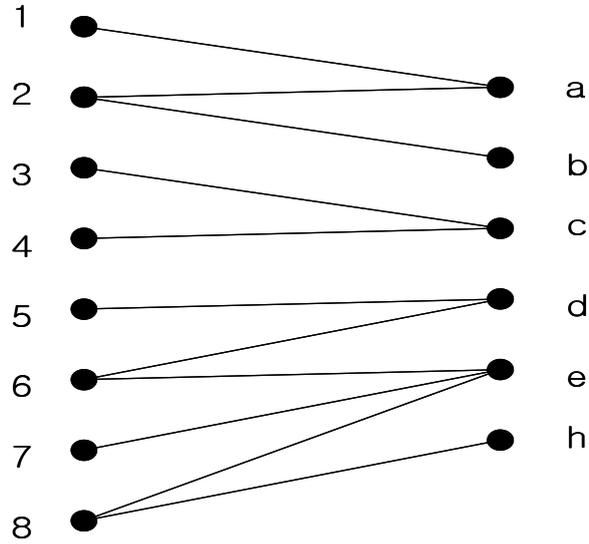
앞에서 설명한 단계에 대해서 단계별 수식으로 표시하면 다음 단계 식으로 나타낼 수 있다.

- 단계 1 : S_i : 게이트웨이로부터 peer-cluster-head-request 메시지를 응답한다.

- 단계 2 : $S_1 = \{a\}$, $S_2 = \{a, b\}$, $S_3 = \{c\}$, $S_4 = \{c\}$, $S_5 = \{d\}$,
 $S_6 = \{d, e\}$, $S_7 = \{e\}$, $S_8 = \{e, h\}$

- 단계 3 : $A_k = \{1, 2, 3, \dots, 8\}$, $\bigcup_{i=1}^8 S_i = \{a, b, c, d, e, h\}$

- 단계 4 : $B_k = \{2, 3, 6, 8\}$, $S_2 + S_3 + S_6 + S_8 = \bigcup_{i=1}^8 S_i$



<그림 3-12> 게이트웨이 선택의 예

<Fig. 3-12> Example of gateway selection

$$N = \sum_{k=1}^r m_k - \left| \bigcup_{k=1}^r A_k \right| + \left| \bigcup_{k=1}^r B_k \right|$$

여기서, N은 클러스터내의 노드의 총수

m_k : 클러스터 k의 내부의 inner 노드의 수, 클러스터 헤드와

게이트웨이 수를 제외한 클러스터 k의 노드들

A_k : 클러스터 K의 게이트웨이의 집합

B_k : SGF의 클러스터 k의 선택된 게이트웨이의 집합으로
표시된다.

3.5 제안된 혼합 알고리즘

3.5.1 최저 연결 알고리즘

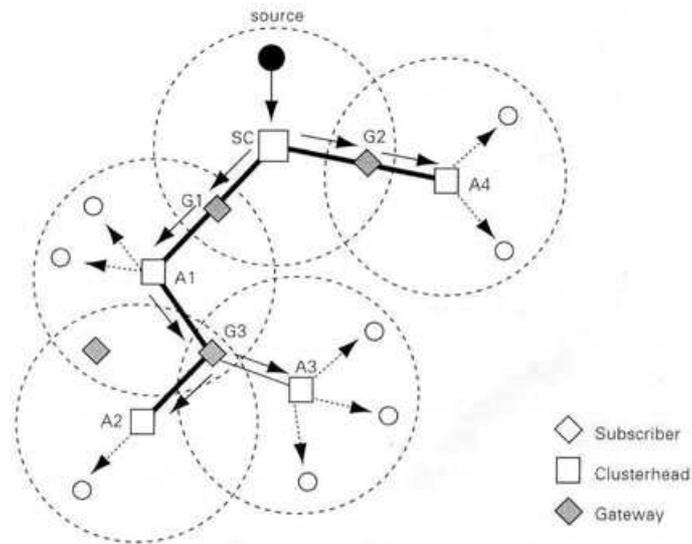
최저 연결 알고리즘(Lowest Connection Algorithm : LCA)에서 Ad-hoc 네트워크의 각 노드들이 가지고 있는 특성을 정의해보면 다음과 같다. 링크를 찾아내는데 노드는 개방적이며, 이를 바탕으로 하는 정보를 전송한다. 그리고 노드들은 항상 쌍을 이루어 통신이 이루어진다. 이것은 노드가 어디에도 속하지 않는 노드는 존재하지 않는 것을 의미한다. 위상의 변화와 노드 또는 링크의 손실에도 노드의 기능에 손상을 입지 않도록 알고리즘을 구현한다. 다르게 말해 충분히 분배되는 형태로 시작되는 구조 프로세스를 요구한다.

이동무선망의 클러스터 링크구조는 <그림 3-13>에서 보여주는 것 같이 각각이 링크되어 있는 노드들은 클러스터들의 구성으로 되어 있다. 클러스터에서 노드는 3가지의 규칙을 가정한다.

먼저 노드는 클러스터 헤드, 게이트웨이 또는 내부 노드가 될 수 있다. 두 번째는 각 노드는 클러스터 헤드를 가짐으로 구성되거나, 다른 클러스터 헤드 노드들의 통신 범위에 있을 수 있다. 세 번째로는 클러스터 헤드는 클러스터에 속하는 모든 노드들을 근거리 제어기 처럼 행동한다.

예를 들어, 클러스터 내에서 통신은 비경쟁 방식의 통신으로 클러스터 헤드가 폴링 시스템의 대리자처럼 행동하여 제어되거나, 경쟁기반 모드에서 통화중(busy tone)을 방출하는 것처럼 제어할 수 있다. 클러스터 헤드 노드들의 규칙의 잠재적인 특징은 단순하지 않다. 클러스터 헤드는

필요하다면, 네트워크 상에서 연결을 제공하여 게이트웨이를 통해 링크를 확장하기도 한다. 클러스터 헤드와 게이트웨이와의 백본 네트워크로부터 연결이 링크될 수 있다.



<그림 3-13> 이동 무선망의 클러스터 링크 구조

<Fig. 3-13> Cluster link structure of mobile wireless network

LCA 기반 원리는 초기 통신 오버헤드를 클러스터 구조로 자유롭게 연구해야 하는 것이다. Ad-hoc 네트워크에서 LCA는 두 가지 논리적인 절차로 구성되어 있다. 이는 연산(computation) 부분의 알고리즘을 구성한다. 알고리즘의 부분을 실행하므로, 연산을 수행하여 필요한 데이터베이스를 모으는 수단으로 사용한다. 수신하는 노드를 허용하는 확실한 짧은 메시지를 노드로 브로드캐스트 하는 동안 연산 할 필요가 있다. 논리

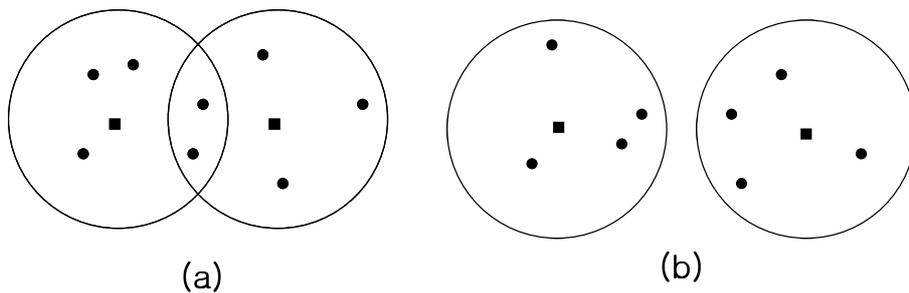
적으로 편리한 연산 부분을 먼저 설명한다.

1) 연산 부분

연산부분은 클러스터 형성과 결합 부분을 말한다. 연산부분은 입력된 네트워크 위상이 중앙 제어기와 통신 범위가 모든 노드들이 반지름 R로 고정적일 때를 예시로 가장 잘 설명할 수 있다.

중앙 제어기는 임의의 한 노드를 선택하여 노드와 선언된 모든 노드들을 첫 번째 클러스터로 시작하여 원을 그리며 영상화하여 반지름 R의 주위로 원안의 노드를 클러스터링으로 형성한다. 여러 노드들이 클러스터를 형성하면, 중앙 제어기에서 다음 클러스터 헤드가 될 최소 ID 노드를 임의로 선택한다. 제어기는 새로운 클러스터 헤드 주변을 반지름 R 범위로 원을 그린다.

두 번째로 둘째 클러스터의 회원으로서 첫번째 클러스터 내에 미리 없는 것으로 인정한 새로운 노드로 선언한다. 프로세스는 모든 노드가 클러스터를 형성될 때까지 반복한다. 일반적으로 네트워크 구조를 결정하는 절차는 형성을 설명하는 것이 중요하다.



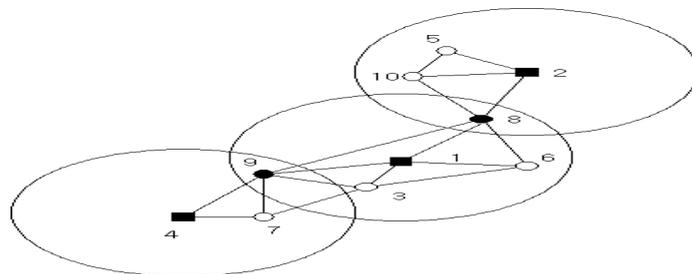
<그림 3-14> 중복/비중복인 경우 클러스터 구조

<Fig. 3-14> Case of overlap and non-overlap cluster structure

중앙 제어기 없이 고정된 통신 반지름 R 을 가정하지 못하며, 이것은 또한 규모에 따라 전체 연결 지식을 가지고 있다고 가정하지 않는다. 어떻게 클러스터 헤드가 제공되는지를 나타내었고, 통신되는 부분의 알고리즘을 설명한 것이다. 일단 클러스터 헤드를 결정되면, 게이트웨이 노드들을 설계한다. 게이트웨이 선정은, <그림 3-14(a)>처럼 중복되는 클러스터 회원 또는 이웃 한 때에 게이트웨이가 된다. 비 중복 클러스터(그림 3-14(b))를 고려한다. 게이트웨이는 클러스터가 중복되는 경우 하나의 게이트웨이가 필요하다. 다른 경우는 게이트웨이를 선택한 것을 부분 집합으로 표현할 수 있다.

예를 들면, <그림 3-14(a)>에서처럼 두 개의 클러스터의 교차점에 있는 노드는 최소 ID 수가 선택되었으면, <그림 3-14(b)>의 노드들은 ID 번호가 게이트웨이를 선택했던 것 같이 최소가 된다. 선택적으로, <그림 3-14(a)>에서 보여주었던 클러스터의 교차점의 노드들의 모두가 게이트웨이이고, <그림 3-14(b)>에서는 2개의 클러스터들이 서로 링크하는 게이트웨이를 나타낸 것이다.

<그림 3-15>는 최저 ID 클러스터 형성의 예를 나타낸 것으로 노드는 모두 쌍을 이룬다. 배포하는 것에 흥미로운 것은 도구화와 리드하는 쪽으로 통신을 달성하는데 필요하고, 클러스터 형태의 프로세스를 설명하는 요구만 기록된다.



<그림 3-15> 최저 ID 클러스터 형성의 예
 <Fig. 3-15> Example for lowest-ID cluster

각 노드는 직접링크로 이웃노드들에게 연결된다. 후보 노드들의 집합으로 클러스터 헤드를 선택하는 법칙이다. 클러스터의 형태를 이루는 주파수의 특별성과 후보 노드들의 그룹화로 게이트웨이가 선택된다. 외부로 나갈 때와 같이 각 노드를 분배하는 방법은 도구로 멀리 있는 두 개의 홉을 연결하는 정보를 얻어서 이러한 절차를 수행한다.

2) 통신 부분

각 노드는 탐색하는 프로세서에 의해 이웃들이 누구인지 찾아낸다. 탐색 메시지가 브로드캐스트되고 이러한 브로드캐스트의 응답으로 정보데이터가 소스 노드로 다시 돌아오게 된다.

즉, 모든 노드들은 브로드캐스트된 패킷을 받았을 때 탐색 노드로 응답하게 된다. 노드 상에서 돌려받은 응답 패킷을 기반으로 경로 설정 데이터베이스를 만들게 되고 이러한 데이터베이스는 노드의 이동이나 상태에 대한 응답으로 갱신된다.

3.5.2 최고 연결 알고리즘(HCA)

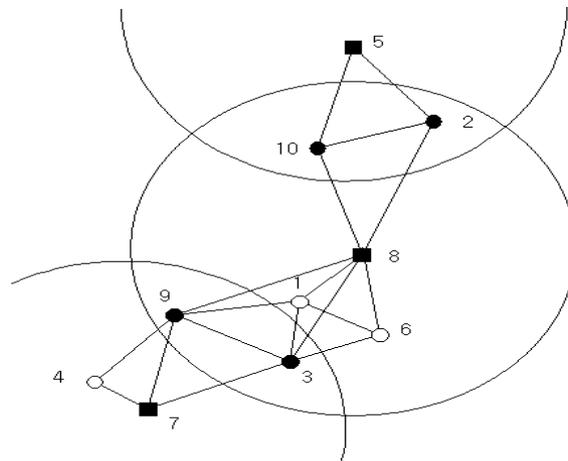
최고 연결 알고리즘(Highest Connectivity Algorithm : HCA)은 최저 연결 알고리즘과 클러스터 헤드를 선택하는 알고리즘이 다르다. 최고 연결 알고리즘은 “uncovered”한 이웃노드를 변수로 사용하여 클러스터 헤드를 설정하는 알고리즘이다. 다음은 최고 연결 알고리즘을 나타낸다.

각 노드는 수신한 패킷을 기반으로 노드들의 리스트를 브로드캐스트하는 것을 가정한다.

<표 3-7> 최고 연결 클러스터 알고리즘

<Table 3-7> Highest-connectivity cluster algorithm

순번	알고리즘 내용
1	- "uncovered"한 이웃노드들 모두를 가장 빨리 연결하는 노드를 클러스터 헤드로 선정한다.
2	- "covered"노드였던 것과는 다르게 "uncovered" 노드는 클러스터 헤드로 아직 선출되어있지 않은 노드이다.
3	- 클러스터 헤드 범칙에 의해 클러스터 헤드를 노드가 포기하는 것은 다른 노드가 클러스터 헤드로 선출되어 있는 경우이다.



<그림 3-16> 최고 연결 클러스터 형성

<Fig. 3-16> Type of highest-connectivity cluster

위에 나타난 알고리즘과 같이 클러스터 헤드를 선정하는 방법이 LCA와 다르게 진행된다. 이 알고리즘은 이론상 LCA보다는 트래픽이 많이 걸릴 것으로 예상된다.

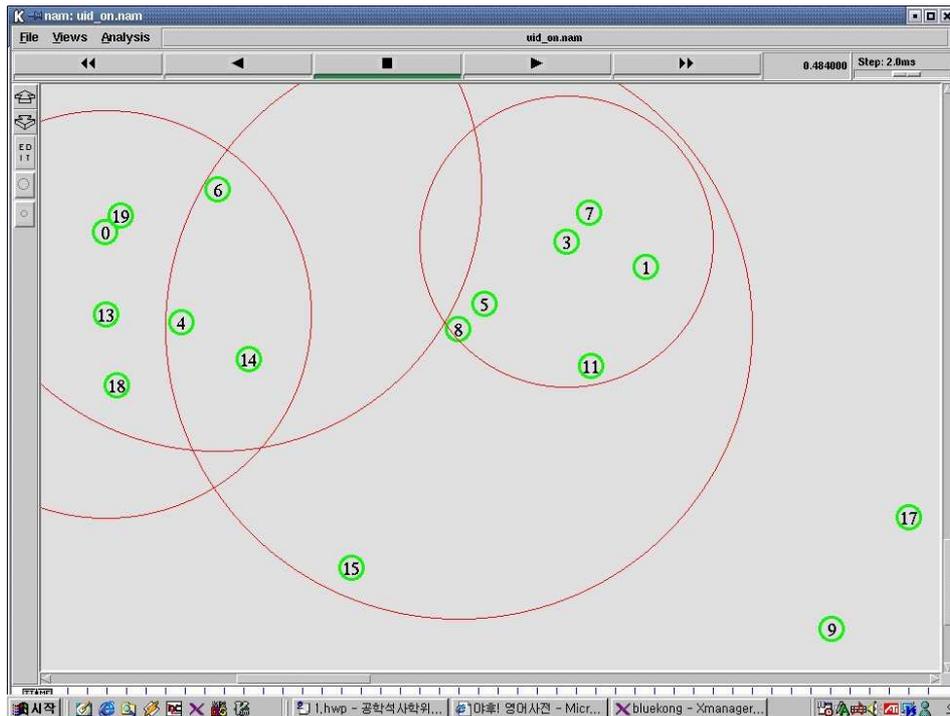
클러스터에 헤드들이 없으면 노드들 간에 직접링크가 성립된다. 클러스터 내에서 어느 두 노드들은 클러스터 헤드가 클러스터 내의 모든 다른 노드에게로 직접 링크되어 있을 때까지 두 홉 이상 떨어져있지 않는다.

클러스터링 알고리즘에서 제안된 것은, 각 노드는 노드자신이 클러스터 헤드나 노드로 직접 연결되었거나 더 많은 클러스터 헤드들 중에 하나가 되는 것이다. 클러스터에는 하나의 클러스터 헤드가 존재하도록 허가된다. 클러스터링 알고리즘은 대부분은 가능하면 빨리 수행되어야 하고, 각 클러스터 헤드는 회원을 조절하여 유지관리와 현상을 유지한다.

제 4 장 시뮬레이션 및 결과

4.1 시뮬레이션 환경

시뮬레이션은 리눅스를 기반으로 하여 네트워크 시뮬레이션-2 (NS-2)를 사용하였다. 시뮬레이션을 원활히 하기 위해 시뮬레이션을 수행하기에 앞서 NS-2의 무선 환경과 MAC 전송 방법에 대해 알아보고자 한다.

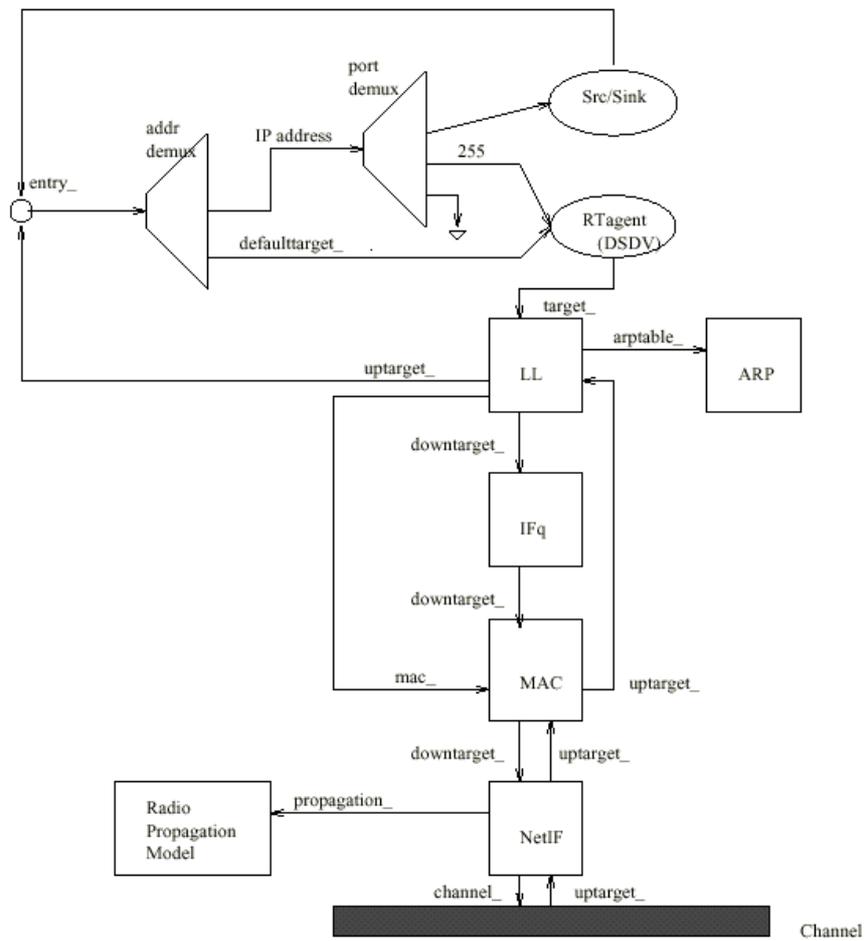


<그림 4-1> 시뮬레이션 모델

<Fig. 4-1> Simulation model

4.1.1 Ad hoc 네트워크 환경

기본적인 성능평가를 위한 Ad-hoc 네트워크의 일반적인 노드설정은 다음과 같이 하고 있다.



<그림 4-2> 이동 노드의 성능별 구조도

<Fig. 4-2> Configuration for mobile node type of CMU wire extended model

1) 연결 계층(Link Layer : LL)

모든 링크 계층의 특성을 포함하며, 이동 노드에 대한 일반적인 링크 계층의 유일한 차이는 모든 출력 패킷에 대한 하드웨어 주소 변환을 위해 주소 해결 프로토콜(Address Resolution Protocol : ARP) 모듈과 연결되었다는 점이다. 일반적으로 채널로 나가는 모든 패킷들은 라우팅 에이전트에 의해 LL의 아래 방향인 인터페이스 Q(Interface Queue : IFQ)로 이동되며, 채널에서 수신된 패킷은 MAC 프로토콜을 통해 노드 엔트리까지 상위 방향으로 이동한다.

2) 주소 해결 프로토콜

주소 해결 프로토콜(ARP) 모듈은 링크 계층으로부터 질의를 받는다. 만약 ARP가 목적지에 대한 하드웨어 주소를 가지고 있다면, 그 하드웨어 주소를 패킷의 MAC 헤드에 신고, 그렇지 않다면 패킷을 임시로 캐쉬에 저장하고 브로드캐스트 한다. 또한 이미 알고 있던 주소가 질의된 경우는 이전에 기록된 주소를 제거하고 일단 패킷의 다음 홉 하드웨어 주소를 알면, IFQ로 보내진다.

3) IFQ

인터페이스 Q(Interface Queue : IFQ)는 라우팅 프로토콜 패킷에 우선 순위를 주어 Queue의 헤드에 포함되도록 한다. 특별한 주소를 위한 필터 기능과 특별한 목적지 주소를 제거할 수 있는 기능을 제공하는 우선순위 방식을 사용하기도 한다.

4) MAC 계층

IEEE 802.11 distributed coordination function(DCF) Mac 프로토콜은 CMU에 의해 사용되어져 왔다. 이는 모든 유니캐스트 패킷들이나 간단하게 보내지는 모든 브로드캐스트 패킷들에 대해 RTS/ CTS/ DATA/ ACK 패턴으로 사용된다. 작동요소로는 물리계층, 가상 반송 센스가 사용된다.

5) 네트워크 인터페이스

네트워크 인터페이스(Network Interface : NIF)는 채널에 접속을 위한 하드웨어 인터페이스로 패킷 충돌에 민감하며, 특히 전송 모델을 이용하여 수신된 패킷의 전력이나 과장을 통해 수신 가능, 포착 가능, 그리고 탐지 가능성을 결정한다.

6) 무선 전파 모델

무선 전파 모델(Radio Propagation Model : RPM))은 물리 계층에서 동작하는 Two ray Ground 감쇠 모델로써 비교적 근거리에서는 $1/r^2$ 에 비례하며, 원거리는 근사적으로 $1/r^4$ 에 비례한다. 여기서 r 은 거리를 의미한다.

4.1.2 이동성

시뮬레이션의 모든 노드는 NS-2에서 제공하는 랜덤함수에 의해 위치를 설정하였으며, 위치의 선정과 별개로 이동성은 로그함수를 기본으로 이동방향을 임의로 정하였다.

4.1.3 랜덤 함수

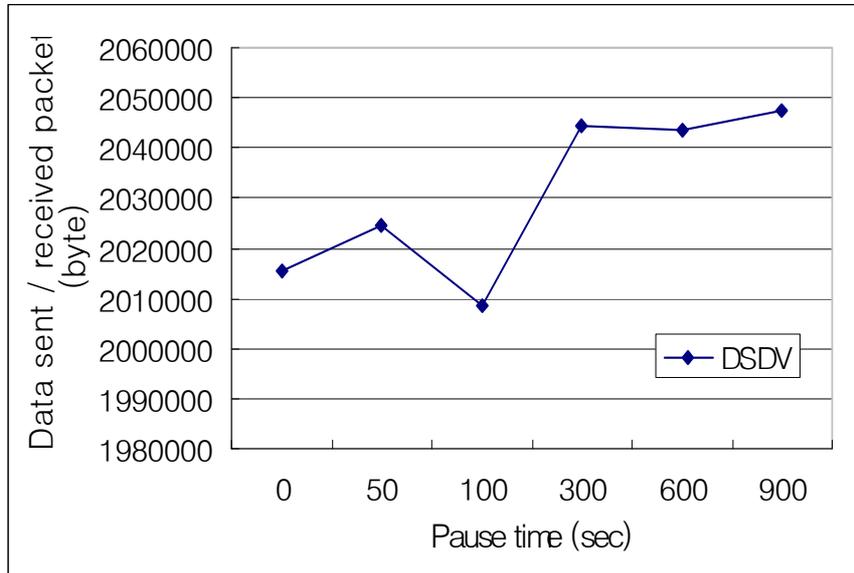
NS-2에서 랜덤함수는 RNG(Random Number Generate)라는 프로그램을 따로 생성해두고 있다 이것은 랜덤함수를 사용해야 할 때마다 호출하여 사용하고 있다. 랜덤함수는 기본적으로 가우시안 함수를 사용하고 있으며, 이렇게 생성된 값을 기본으로 노드들의 위치를 나타낸다.

4.1.4 Queue

NS-2에서는 Queue를 패킷이 서비스되었거나 Drop되었을 때를 선택하기 위해 사용되는 프로세서이다. 이것은 특정 queue를 선점하는 방법을 이용하는 방식으로 관리되어진다. 또한 FIFO를 이용한 Drop-tail queueing과 우선순위와 round-robin 스케줄러를 이용하는 CBQ등 몇 가지를 더 지원한다.

4.2 시뮬레이션 결과

시뮬레이션에는 리눅스를 기반으로 하는 NS-2를 사용하였다. 크기는 1,000m * 1,000m상의 정방형 크기를 정하여 공간 안에서 랜덤 하게 위치하도록 하였고, 노드들의 특성을 살리기 위해 20m/sec로 움직이는 것으로 하였다. 시뮬레이션 시간은 20초로 하였으며, 큐의 길이는 50으로 하였다. 노드의 위치는 NS-2에서 제공하는 랜덤 프로그램을 이용하여 랜덤하게 하였다. 3차원좌표에서 z는 1.5m의 높이에 위치하게 하였다.

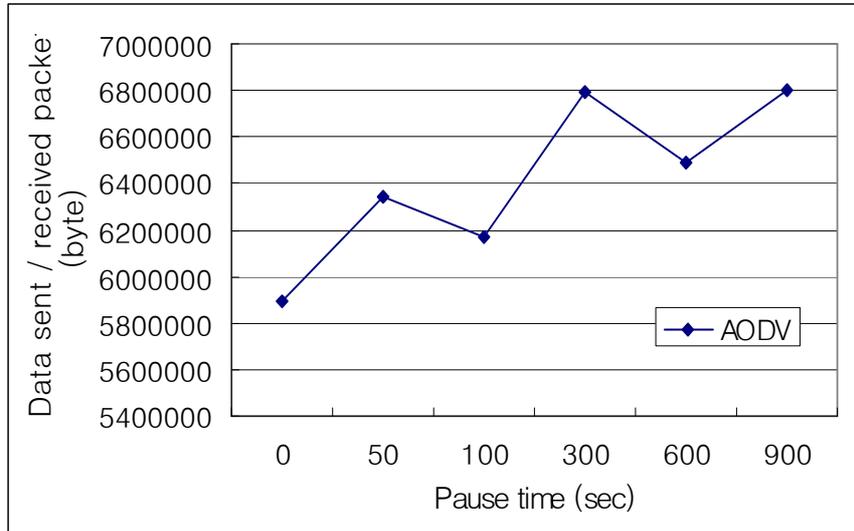


<그림 4-3>. DSDV 데이터 전송률

<Fig. 4-3> Data transmission rate of DSDV

<그림 4-3>는 DSDV에 대한 데이터 전송률을 나타낸 것이다. 그림에서 나타내듯이, 이동노드의 pause time 즉, 정지시간이 100초 이하, 즉 상대적으로 움직이는 시간이 많은 경우에는 데이터 전송률이 낮음을 보여주고, 정지시간이 300초 이상부터는 보다 많은 데이터 전송량을 나타낼 뿐만 아니라 안정되게 일정한 전송률을 유지함을 볼 수 있다. 정지시간이 100초일 때와 600초일 때 불안정하게 데이터의 감소를 보여주고 있다. 그래프 상에서는 100초일 때가 특이하게 더 많은 차이가 남을 보여주고 있다.

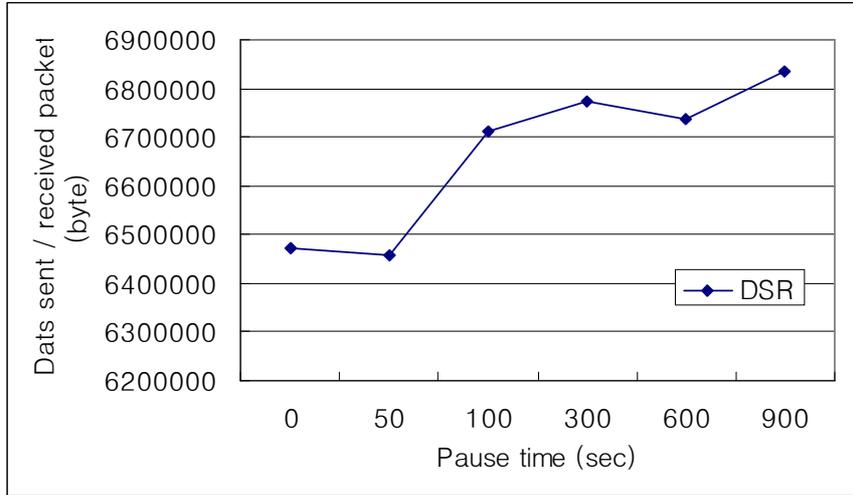
<그림 4-4>는 같은 환경에서의 AODV에 대한 데이터 전송률이다.



<그림 4-4> AODV 데이터 전송률

<Fig. 4-4> Data transmission rate of AODV

전반적으로 DSDV보다 데이터 전송률이 아주 많이 증가한 것을 볼 수가 있다. 하지만 시뮬레이션 시간동안 항상 노드가 움직이는 정지시간 0초와 노드가 계속 정지해 있는 900초의 데이터 전송률이 상당히 많은 차이를 보여주고 있다. 또한 정지시간이 늘어남에 따라 이론상으로는 일정하게 전송률이 늘어나야 되는데, 정지시간 100초와 600초 일 때에 불안정하게 데이터양의 감소를 보여준다. <그림 4-5>은 DSR의 데이터 전송률을 보여준다.

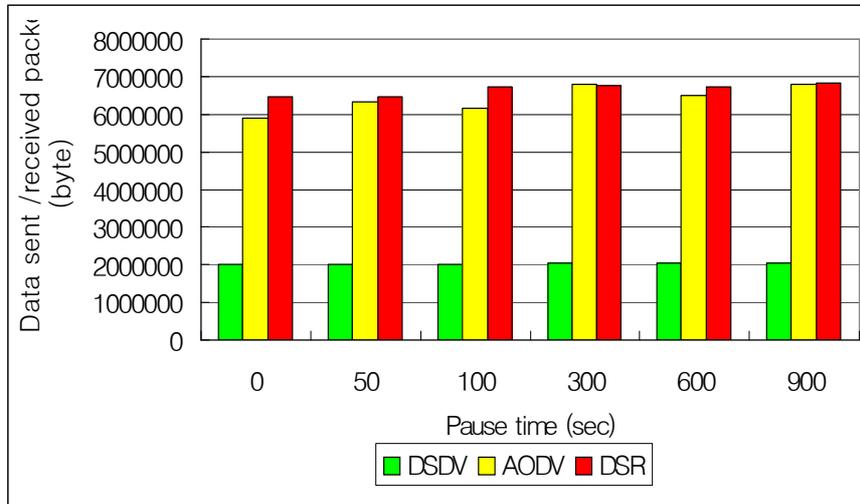


<그림 4-5> DSR 데이터 전송률

<Fig. 4-5> Data transmission rate of DSR

앞에서 살펴본 DSDV보다 약간 많은 데이터 전송률을 보여주고 있다. 또한 데이터 전송률의 편차도 AODV보다 줄어들었으며, 정지시간이 늘어나면서 약간의 데이터 전송률의 감소가 보이는 부분도 있으나, AODV 보다는 그 폭이 크지 않으며, 전반적으로 증가함을 보여주고 있다. 또한 DSR에서는 정지시간이 50초일 때 데이터 량이 불안정하게 적음을 보여주고 있으며 600초일 때 또한 증가하다가 비정상적으로 데이터 량이 감소했음을 보여준다.

다음 <그림 4-6>는 이러한 각각의 라우팅 프로토콜의 데이터 전송률을 함께 비교한 결과이다.

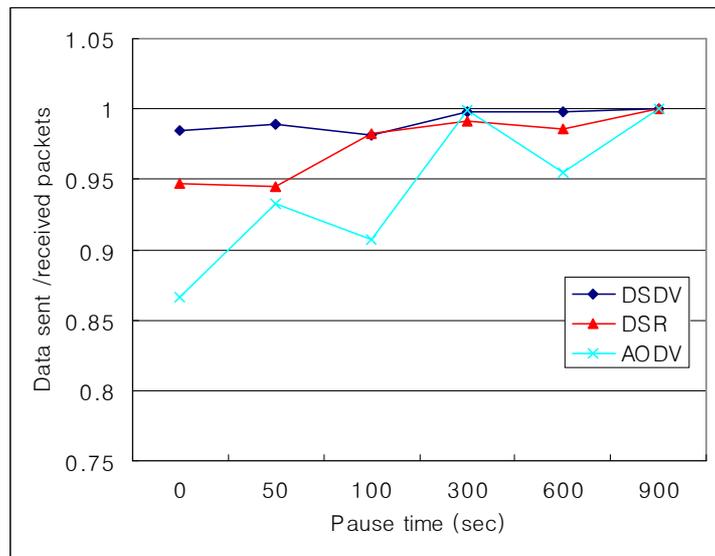


<그림 4-6> 라우팅 프로토콜 데이터 전송률 다이어그램

<Fig. 4-6> Routing protocol data transmission rate diagram

<그림 4-6>에서 나타내듯이 DSDV 라우팅 프로토콜은 다른 라우팅 프로토콜보다 상대적으로 데이터 전송률이 상당히 적음을 보여준다. 다음으로 AODV 프로토콜과 DSR 프로토콜을 거의 비슷하나, DSR 라우팅 프로토콜이 좀더 많음을 알 수가 있다.

다음은 각각의 라우팅 프로토콜의 데이터 전송률을 정지시간 900초일 때의 전송률을 기준으로 각각의 정지시간과의 전송률을 비교해 보았다.

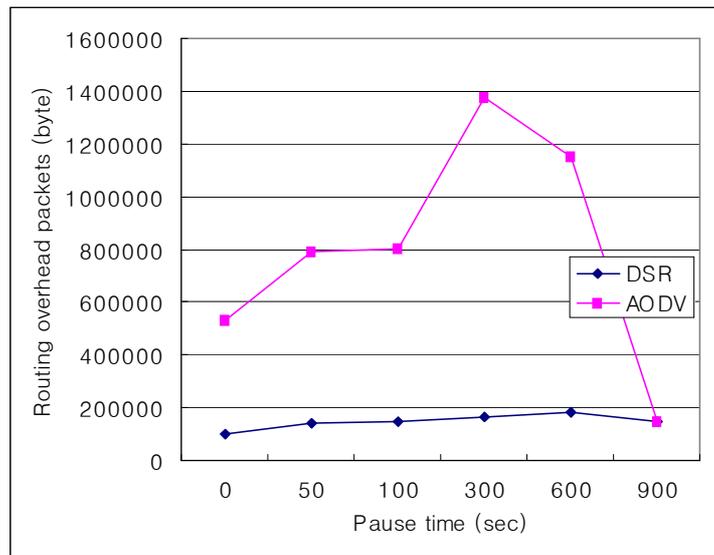


<그림 4-7> 라우팅 프로토콜 데이터 전송률

<Fig. 4-7> Routing protocol data transmission rate

<그림 4-7>는 각각의 라우팅 프로토콜의 각 정지시간에 따른 데이터 전송률을 보여준다. 그림에서 나타내듯이 DSDV 라우팅 프로토콜은 정지시간에 상관없이 거의 95% 이상의 전송률을 보여주고 있으며, AODV만이 정지시간에 따라 약간 큰 편차를 보여준다.

다음은 같은 환경에서 각각의 라우팅 프로토콜이 데이터를 전송할 때, 생성되는 제어신호, 즉 라우팅 오버헤드에 대해서 살펴보기로 한다. <그림 4-8>는 각각의 라우팅 프로토콜에 대한 오버헤드 패킷의 양을 보여 준다.

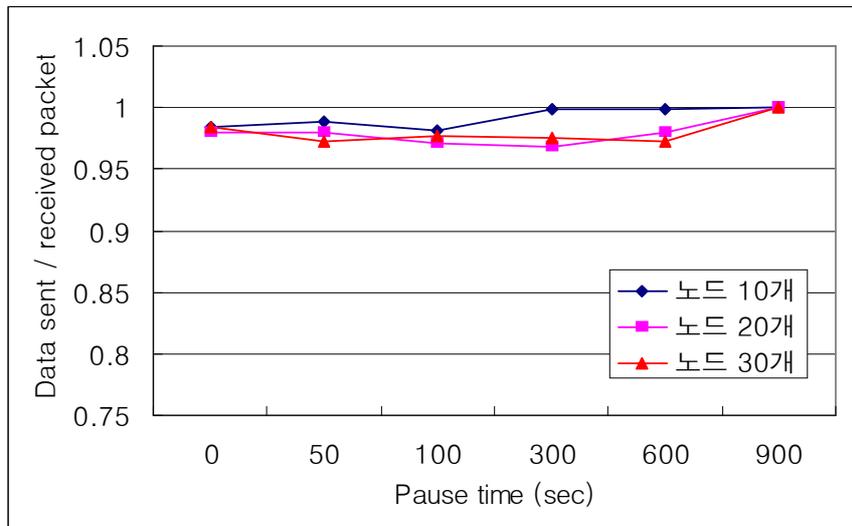


<그림 4-8> 라우팅 프로토콜에 대한 오버헤드

<Fig. 4-8> Data rate depend on the routing protocol overhead

다음으로는 AODV의 라우팅 오버헤드가 많으며, DSR의 오버헤드 양이 가장 적음을 알 수가 있다. 데이터 전송면에서 DSR이 AODV보다 약간의 많은 데이터를 전송하고도 적은 라우팅 오버헤드를 발생시킴을 알 수 있었다.

다음은 각각의 라우팅 프로토콜에 대한 이동노드의 증가로 인한 데이터 전송률을 비교하고자 한다. 먼저 앞에서 비교한 동일한 조건에서 데이터를 주고받는 노드의 수를 증가시켰다. 즉, 동일하게 10개, 20개, 30개로 증가시켜 그때의 데이터 전송률을 보고자 한다.

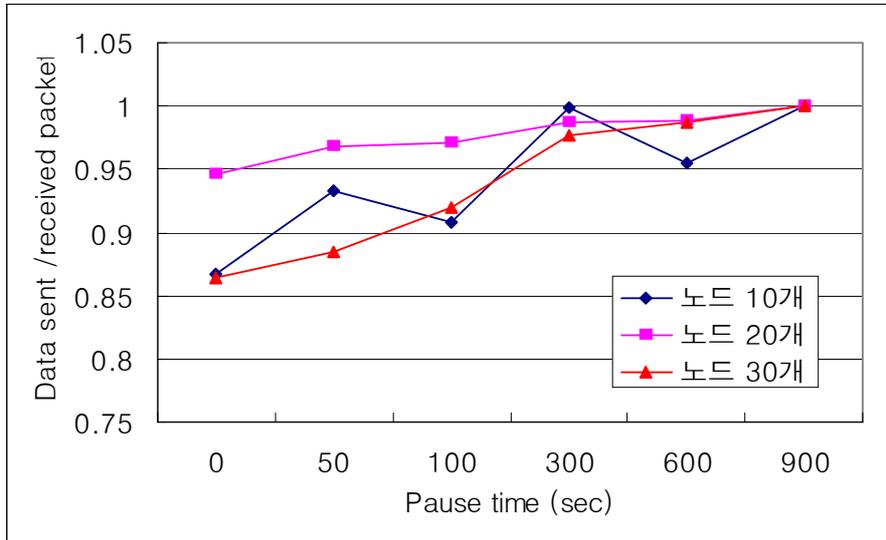


<그림 4-9> DSDV 라우팅 프로토콜에 대한 데이터 전송률

<Fig. 4-9> Data transmission rate on the DSDV routing protocol

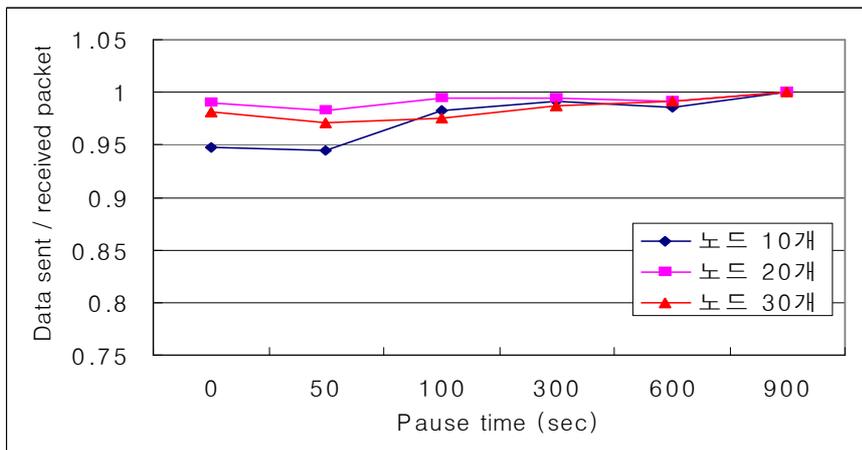
<그림 4-9>은 DSDV 라우팅 프로토콜에서 노드의 증가시 데이터 전송률을 보여준다. 그림에서 나타내듯이 이동노드의 정지시간에 상관없이 전체적으로 좋은 데이터 전송률을 보여주나, 노드 수의 증가로 정지시간이 300초 이상에서는 노드의 수가 증가함에 따라 데이터 전송률이 약간 감소함을 나타내었다.

<그림 4-10>과 <그림 4-11>은 AODV 라우팅 프로토콜과 DSR 라우팅 프로토콜에서 노드의 증가시 데이터 전송률을 보여준 것이다.



<그림 4-10> AODV 라우팅 프로토콜에 대한 데이터 전송률

<Fig. 4-10> Data transmission rate on the AODV routing protocol



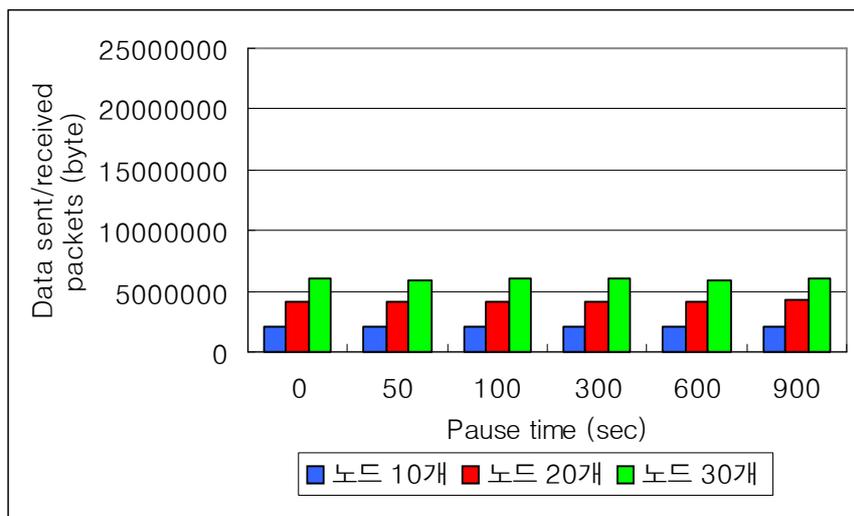
<그림 4-11> DSR 라우팅 프로토콜에 대한 데이터 전송률

<Fig. 4-11> Data transmission rate on the DSR routing protocol

먼저 <그림 4-10>는 AODV 라우팅 프로토콜의 전송률을 보여주는데, 전체적으로 노드의 수에 상관없이 이동노드가 시뮬레이션 시간동안 계속 움직일 때와 항상 정지해 있는 사이의 데이터 전송률의 차이가 큼을 알 수 있다. 또한 노드와 정지시간이 증가할 때 데이터 전송률의 향상을 볼 수 있다. 다음으로, <그림 4-11>은 DSR 라우팅 프로토콜의 전송률을 나타내며, AODV보다 전송률의 편차도 적으며, 노드의 증가와 정지시간에 상관없이 안정된 데이터 전송률이 나타났다.

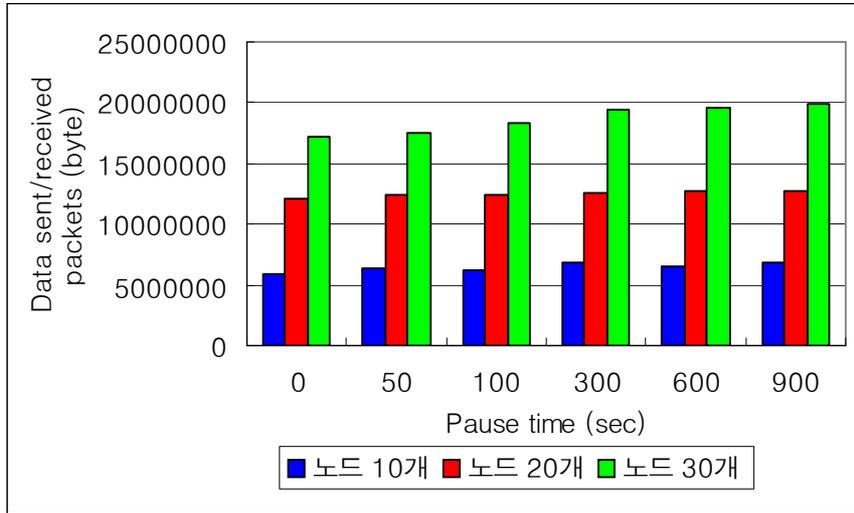
다음은 노드수 증가에 따른 각 라우팅 프로토콜의 전송률을 살펴보고자 한다.

<그림 4-12>, <그림 4-13>은 순서대로 DSDV, AODV, DSR 의 노드 수 증가에 대한 데이터 전송률의 다이어그램을 나타낸 것이다.



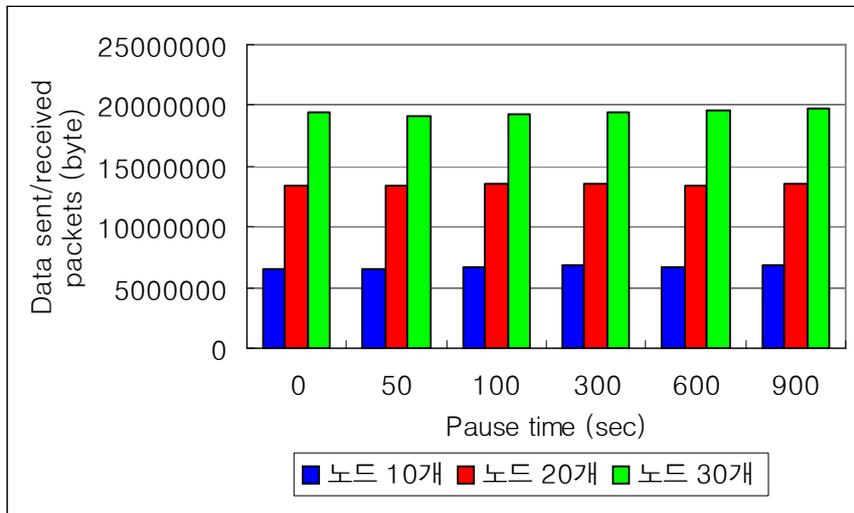
<그림 4-12> 노드수 증가 DSDV에 대한 데이터 전송률

<Fig. 4-12> Data transmission rate on the DSDV node increase



<그림 4-13> 노드수 증가 AODV 데이터 전송률

<Fig. 4-13> Data transmission rate on the AODV node increase



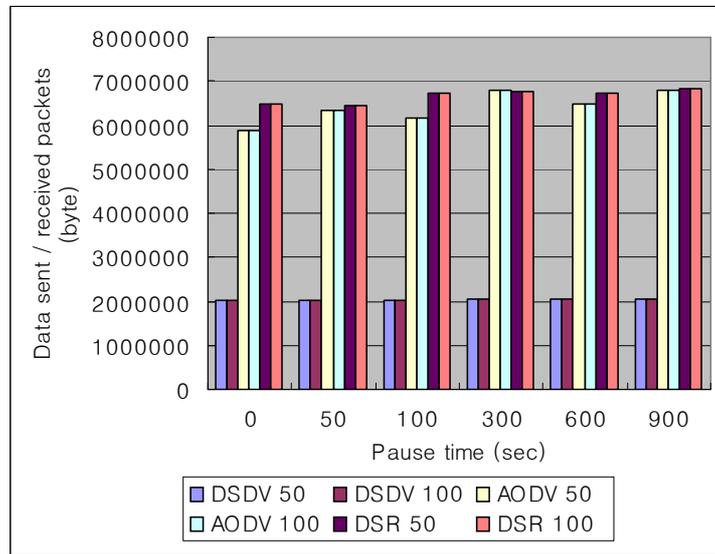
<그림 4-14> 노드수 증가에 따른 DSR 데이터 전송률

<Fig. 4-14> Data transmission rate on the DSR node increase

테이블 기반의 DSDV 라우팅 프로토콜은 데이터를 주고받는 노드수의

증가에 따라 일정하게 거의 2배씩 데이터의 양이 증가하였다. AODV와 DSR 라우팅 프로토콜은 노드가 증가함에 따라 많은 데이터의 증가가 발생하였으며, 노드 30개인 경우 이동시간이 긴 경우 AODV보다는 DSR의 전송률이 많음을 볼 수가 있다.

마지막으로 이동노드의 버퍼수의 변화에 대한 각 라우팅 프로토콜의 전송률을 비교하고자 한다.



<그림 4-15> 버퍼수에 따른 전송률

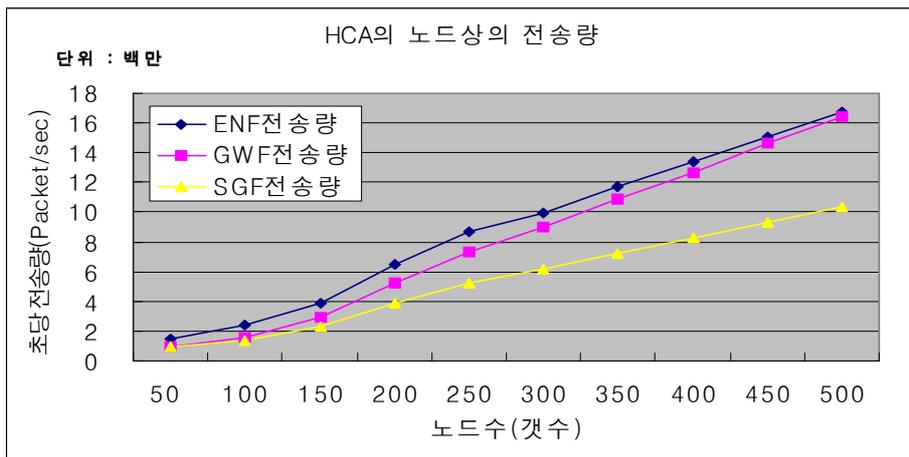
<Fig. 4-15> Transmission for buffer number

<그림 4-15>에서 각 라우팅 프로토콜의 버퍼의 변화에 대한 전송률을 보여주고 있다. 그림에서 나타내듯이 버퍼의 증가에도 불구하고 데이터의 전송률은 거의 일정함을 볼 수가 있다.

다음으로는 본 논문에서 적용한 HCA와 LCA 알고리즘을 ENF,

GWF, SGF환경에서 전송률의 변화를 비교하였다.

<그림 4-16>은 ENF, GWF, SGF상에서 HCA 알고리즘의 전송률을 비교한 것이다. 플러딩 량을 노드의 개수별로 도시화한 것으로 ENF와 GWF는 같은 공간에 노드수가 증가함에 따라 비슷한 량을 보여주고 있으나 ENF환경에서 약간 더 전송률이 나옴을 알 수 있다. 또한 SGF경우는 선택된 게이트웨이에서만 플러딩이 이루어지기 때문에 트래픽의 발생이 적음을 볼 수 있다. 따라서 HCA 알고리즘을 적용한 경우 ENF 환경이 타 경우보다 성능이 더 우수함을 알 수 있다.



<그림 4-16> 최고연결 알고리즘의 노드상의 전송률

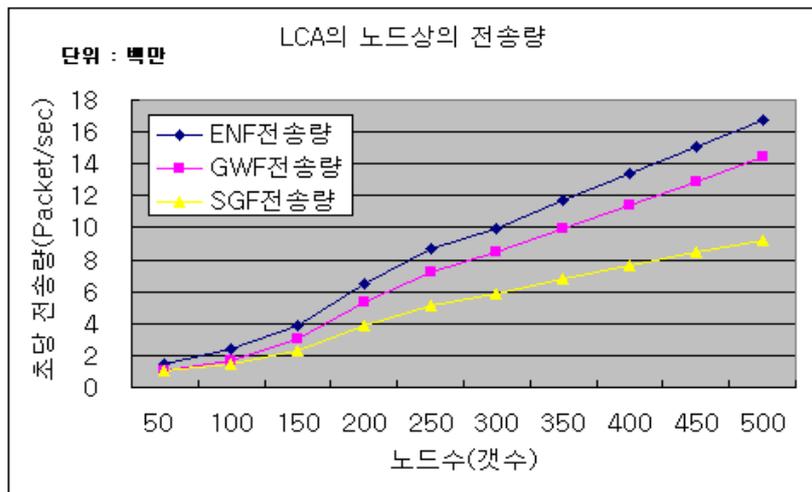
<Fig. 4-16> Transmission rate of HCA

<그림 4-17>은 ENF, GWF, SGF상에서 LCA의 전송률을 비교한 것이다.

그림은 노드 1개 당 플러딩 량을 LCA에서 수행한 것을 보여준다. <그림 4-16>과의 차이는 GWF에서 전송률이 500개 노드상에서 적었으며,

SGF는 완만한 곡선을 그리고 있음을 볼 수 있다. 그리고 LCA 알고리즘에서도 ENF가 GWF, SGF 보다 성능이 더 우수함을 알 수 있다.

따라서 환경적인 측면에서는 HCA, LCA 두 알고리즘을 비교한 결과 두 알고리즘에서 동일하게 ENF가 타 환경보다 성능이 더 우수함을 알 수가 있었다.



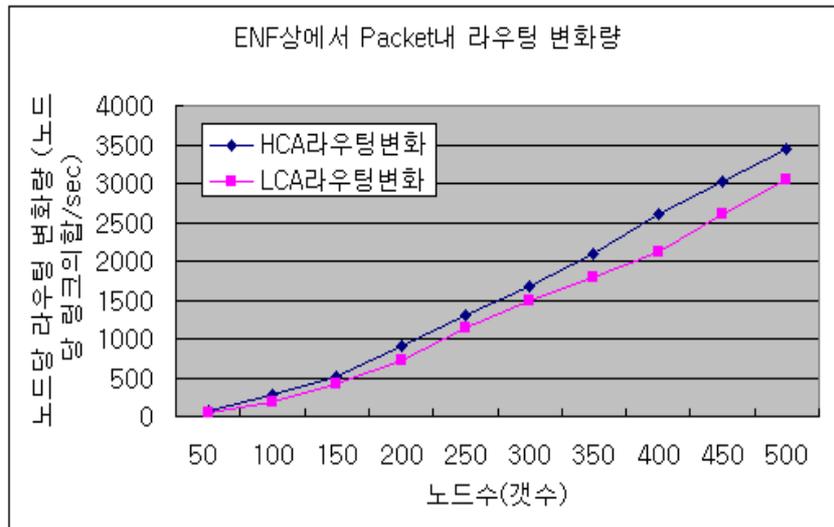
<그림 4-17> 최저연결 알고리즘 노드상의 전송률

<Fig. 4-17> Transmission rate of LCA

<그림 4-18>, <그림 4-19>는 타 방식보다 성능이 우수한 ENF 환경에서 본 논문에서 제안한 HCA와 LCA알고리즘의 라우팅 성능을 비교한 것이다.

<그림 4-18>은 ENF상에서 패킷의 전송이 이루어지는 과정에서 변화한 라우팅을 노드의 숫자 별로 그래프화한 것이다. 그림 상에서는 HCA 라우팅 변화가 LCA 라우팅 변화보다 많음을 볼 수 있다. 변화량은

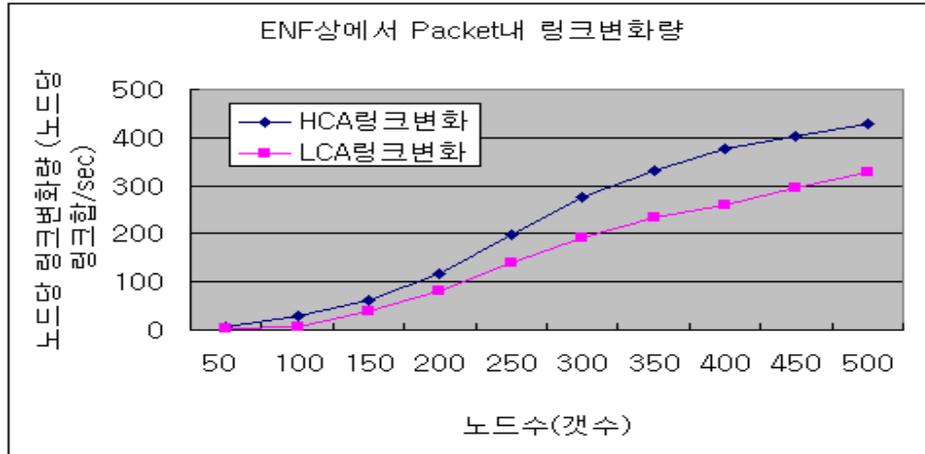
HCA가 많은 반면 기울기는 LCA보다 더 기울어짐이 나타나는 것을 측정결과를 볼 수 있었다.



<그림 4-18> ENF상에서 패킷내 라우팅 변화량

<Fig. 4-18> Conversion rate of ENF

<그림 4-19>는 ENF상에서의 HCA와 LCA에 따른 패킷내 라우팅 변화량을 나타내고 있다. 링크의 변화는 노드의 이동에 따라 똑같이 나올 것으로 보았으나, HCA와 LCA의 알고리즘 차이를 보이는 것은 HCA상에서 노드 대 노드간의 링크 연결이 많은 변화를 보여주고 있음을 확인할 수 있었다.



<그림 4-19> ENF상에서 패킷내 링크 변화량

<Fig. 4-19> Link conversion rate of ENF

이 두 결과에서 동일한 ENF 환경에서 HCA와 LCA 알고리즘의 라우팅 성능을 비교한 결과 HCA가 LCA 알고리즘보다 성능이 더 우수함을 알 수 가 있다.

따라서 LCA가 HCA 보다는 플러딩이 일어나는 양이 적음을 확인 할 수 있었고, 클러스터링 알고리즘에 따라 플러딩이 일어나는 양이 다름을 확인 할 수 있었다. 또한 HCA와 LCA에서 소스에서 목적지까지의 라우팅이 HCA 경우 더 많음을 확인 할 수 있었고, 노드와 노드의 링크변화 또한 HCA가 더 많이 발생함을 확인하였다.

제 5 장 결 론

현재 이동통신을 기반으로 하는 3세대 통신으로 IMT-2000을 비롯하여 차세대통신망(Next Generation Network : NGN) 또한 무선통신을 기반으로 하고 있다. 이러한 현시점에서 무선망의 트래픽과 전송효율을 측정하는 것은 계속되어야 하며, 이러한 측정을 기반으로 무선통신의 특징을 최대한 살려야 할 것이다.

본 논문에서는 무선망을 기반으로 하는 Ad-hoc 네트워크에 대한 라우팅 알고리즘에 대하여 알아보았다.

Ad-hoc 네트워크에서는 알고리즘의 효율성에 의해 패킷을 전송함으로써 노드의 발견과 노드간 peer-to-peer 전송에 많은 영향을 받는다.

또한 노드간 전송은 peer-to-peer를 기반으로 유니캐스트, 멀티캐스트 또는 브로드캐스트 하는 방법이 있다. 유니캐스트는 라우팅의 효율성이 떨어지는 반면 브로드캐스트는 무선 자원을 많이 사용하게 된다. 또한 멀티캐스트는 중복이 발생할 가능성을 가지고 있다.

이러한 전송방법은 라우팅 알고리즘을 관리하는데 필수적인 요건이 된다. 이러한 것은 위상변화가 심한 무선 네트워크상에서 참조될 수 있는 내용이다. 이러한 기술은 Ad-hoc 네트워크상에서 뿐만 아니라, 무선망을 이루는 노드들과의 경우에도 해당된다. 현재 이동 IP의 경우 홈 에이전트를 기본으로 하여 위치등록과 핸드오버(handover), 로밍을 하고 있다. 망을 이루고 있는 원소들 또한 무선 상에서 peer-to-peer로 전송되기 때문에 Ad-hoc 네트워크의 장점을 도입할 수 있을 것이다. 이러한 차원에서 트래픽 제어와 라우팅 알고리즘의 효율적인 관리는 필요할 것이다.

이러한 패킷 라우팅 알고리즘을 기반으로 Ad-hoc 네트워크 상에서의 트래픽을 줄이기 위해 클러스터링 알고리즘과 전송의 방법을 달리한 것을 토대로 시뮬레이션을 하였다.

Ad-hoc 무선망 라우팅 프로토콜들 중에서 테이블 기반 경로설정 프로토콜인 DSDV와 요구자 기반 경로 설정 프로토콜인 AODV, DSR에 대한 성능을 시뮬레이션을 통해서 살펴보았다. 라우팅 프로토콜을 이동노드의 수, 그리고 pause time에 따라서 라우팅 프로토콜의 성능을 같은 환경하에서의 데이터 전송률, 데이터 전송률, 라우팅 오버헤드의 양, 또한 이동노드의 증가시 변하는 데이터 전송률, 이동노드 버퍼의 크기에 따른 전송률을 조사하였다. 앞에서 살펴본 바와 같이, 같은 환경하에서의 데이터 전송률에 있어서 테이블 기반의 경로설정인 DSDV보다는 요구자 기반에 의한 경로설정 방식인 AODV가 많음을 알 수가 있었다.

라우팅 오버헤드는 AODV 라우팅 프로토콜이 더 작음을 알 수 있었다. 또한 이때의 데이터 전송률도 AODV를 제외하고 나머지 라우팅 프로토콜들은 정지시간에 상관없이 거의 95% 이상의 안정된 전송률을 보여주고 있다.

다음으로 이동노드의 증가시 각 라우팅 프로토콜의 전송률을 비교해보았는데, AODV는 정지시간에 따라 약간의 편차를 가지며, DSDV는 이동노드의 증가에도 변함없이 일정한 데이터 전송률을 보여줌을 알 수가 있었고, 이동노드의 증가에 따라 각 라우팅 프로토콜의 전송률이 증가함을 알 수 있었다. 마지막으로 각 이동노드의 버퍼의 변화에서는 버퍼가 커지더라도 전송률의 변화가 없음을 알 수 있었다.

HCA의 연결을 효과적으로 하기 위해 외부에서 유입되었거나 생성되었을 경우 등에 빠른 접속을 이룰 수 있는 노드들의 특징을 주는 방법과, LCA에서 전원레벨이나 메모리의 용량 등의 가중치를 주는 방법을

모색하여 실험을 수행하고, 이러한 라우팅 알고리즘들을 실질적인 구현을 통해 전송의 특징과 전송상의 문제점을 제거하는 점을 비교하는 연구를 하였다.

시뮬레이션 결과와 같이 플러딩을 통한 전송은 전송대상과 전송하는 상태에 따라 변수로 작용함을 알 수 있었다. 이것은 Ad-hoc 네트워크상에서 전송 경로를 설정하는 프로토콜에 고려되어야 할 것이다. 시뮬레이션을 통해 GWF가 SGF보다 복사되는 패킷의 양이 500개의 노드 상에서 약 2,700,000회수로 약 30~32%정도 많음을 확인할 수 있었다.

따라서 본 논문에서 적용한 HCA와 LCA 알고리즘의 성능을 비교해보면 효율적인 라우팅을 위해서는 ENF환경 구축이 선행되어야 하며 이러한 환경 아래에서는 HCA 알고리즘이 LCA 알고리즘보다 라우팅 성능이 타 방식보다 더 우수하며 전송률도 더 우수함을 알 수 있었다.

향후 연구과제로 노드이동의 스케일 등 다양한 측면에서 라우팅 알고리즘의 분석이 필요하며, 본 논문에서 다루지 못한 그 외 라우팅 프로토콜, 예를 들면, Temporally ordered Routing Algorithm(TORA), Dynamic Source Routing(DSR), Signal Stability Routing(SSR), Associativity-Based Routing(ABR) 등도 그 성능을 비교하여 항목별로 연구하여야 할 과제이다. 따라서 본 논문의 결과를 가지고 이동 Ad-hoc 망을 적용하여 산업화 할 필요성이 있다.

참 고 문 헌

- [1] E. M. Royer and C. K. Toh, "A Review of Current Routing Protocol for Ad Hoc Mobile Wireless Networks", IEEE Vol No. 2, pp.46-55, April, 1999.
- [2] Z.J. Haas and S. Tabrizi, "On Some Challenges and Design Choices in Ad-hoc Communications", Proceedings of IEEE MILCOM'98, pp.1-6, 1998.
- [3] 신재욱, 권혜연, 남상우, 인선배 "이동 Ad Hoc 네트워크 실현을 위한 무선 접속기술", SK Telecom, 제12권 3호, pp.43-45, 2002.
- [4] C.K Toh, "Ad Hoc Mobile Wireless Networks", Prentice Hall, Inc. pp.46-55, 2002.
- [3] Josh Broch, David A. Maltz, David B. Johnson, Yih-Chun Hu, Jorjeta Jetcheva, "A Performance Comparison of Multi-Hop Wireless Ad-hoc Network Routing Protocols."
- [4] 김동완, 이성식, "이동 Ad Hoc망 기술 개요" 정보통신연구 제14권 제 1호, pp.17~27, 2001.6.
- [5] 정희영, 오행석, "MANET 라우팅 프로토콜 연구 동향" 제2권 3호 한국전자통신연구원 동향분석지, pp.22~32, 2002.
- [6] Charles E. Perkins, "AD HOC NETWORKING", Addison Wesley, pp.18~47, 2001.
- [8] Josh Broch, David B, Johnson, and David A. Maltz, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks." Internet-Draft, draft-ietf-manet-dsr-00.txt, pp.15~

25, 1998.

- [9] V.D. Park and M. S. Corson, "A Highly Adaptive Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Network", pp.17~22, 1995.
- [10] M. Scott Corson and Anthony Ephremides. "A distributed routing algorithm for mobile wireless networks", *Wireless Networks*, p.167, 1995.
- [11] Theodore S. Rappaport. "Wireless Communication, Principles and Practice, p.334, 1996.
- [12] R.E. Bellman, *Dynamic Programming*, Princeton University Press, Princeton, NJ, pp.10~20, 1957.
- [13] A.S. Tanenbaum, *Computer Networks*, 3rd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, Mar. p.177, 1996.
- [14] C-K. Toh and George Lin, "Implementing Associativity-Based Routing for Ad Hoc Mobile Wireless Networks", Unpublished Article.
- [15] L. R. Ford Jr. and D. R. Fulkerson, "Flows in Networks." Princeton N.J, p.223, 1962.
- [16] Elizabeth M. Royer and Chai-Keong Toh, "A Review of Current Routing Protocols for Ad-hoc Mobile Wireless Networks", *IEEE Personal Communication*, vol 6, no.2, pp.46-55, April, 1999.
- [17] Zygmunt J.Hass and M. R. Pearlman, "The Zone Routing

- Protocol (ZRP) for Ad-hoc Networks”, IETF Internet Draft, August pp.17~27, 1998.
- [18] Sander van Valkenburg, Asko Vilavaara and Ramjee Prasad, “The Implementatio of a Mobile Ad-hoc Network Routing Protocol”, Proc. of WPMC '99, pp.324-330, 1999.
- [19] Taek Jin Kwon “Efficient Flooding in Ad Hoc Networks” sktelecommunications review 제12권 3호, pp.336-350, 2002.
- [20] 이동전화서비스 이용자 피해실태조사 연구 최종보고서, 한국전자통신연구원, 소비자 문제를 연구하는 시민의 모임, pp.72-79, 2000.12.
- [21] 이동철, 김기문, 국내이동통신 사업자의 이동전화 서비스 품질평가 제도에 관한 연구, 한국해양정보통신학회 논문집, pp.1031-1037, 2001.11.
- [22] 김기문, 임건, 송중호, 이동철, 정인명 공저 “전파관계법규해설” 효성출판사, pp.71-198, 2001.8.
- [23] 이동철, 양성현, 김기문, Self Similar특성을 이용한 이동전화 데이터트래픽 특성, 한국컴퓨터산업교육학회논문집, pp.916-918. 2002.8.
- [24] 김동완, 이성식, “이동 Ad-hoc망 기술 개요, “정보통신연구 제14권 제 1호, pp.34~54, 2001.
- [25] Charles E. Perkins, “Ad-hoc NETWORKING”, Addison Wesley, 2001.
- [26] Elizabeth M. Royer, C-K Toh, “A Review of Current Routing Protocols for Ad-hoc Mobile Wireless Networks”, pp.56~58, 2003.

- [27] C.E. Perkins and P.Bhangwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing(DSDV) for Mobile Computers", pp.33~47, 1994.
- [28] M. Scott Corson and Anthony Ephremides. "A distributed routing algorithm for mobile wireless networks", Wireless Networks, pp.223~227, 1995.
- [29] Theodore S. Rappaport. "Wireless Communication, Principles and Practice", pp.177~180, 1996.
- [30] R.E. Bellman, Dynamic Programming, "Princeton University Press, Princeton", NJ, pp.111~113, 1957.
- [31] A.S. Tanenbaum, Computer Networks, 3rd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, Mar. pp.222~273, 1996.
- [32] C-K. Toh and George Lin, "Implementing Associativity-Based Routing for Ad-hoc Mobile Wireless Networks", Unpublished Article, pp.13~27, March,1998.
- [33] L. R. Ford Jr. and D. R. Fulkerson, Flows in Networks. Princeton N.J, pp.127~129, 1962.
- [34] Jyoti Raju and J.J Garcia-Luna-Aceves, "A Comparison of On-demand and Table-driven Routing for Ad-hoc Wireless Network" in Proceedings of IEEE ICC, pp.17~27, June, 2000.

감사의 글

본인이 지금까지 학문의 길을 가게 인도하여 주신 아버님, 어머님께 먼저 감사를 드립니다. 제일 먼저 대학원박사 과정에 입학하여 우리집안에서도 공학박사가 탄생할 날이 얼마 남지 않았다고, 좋아하시던 아버님이 그 끝을 못 보시고 돌아가셔서 서운하지만 제일 먼저 이 논문을 아버님께 გადა 드리겠습니다.

본 논문을 처음부터 세심하고 자상하게 지도하여 주시고 많은 격려와 충고의 말씀으로 대학원 생활을 이끌어 주신 김기문 지도교수님께 무어라 말 할 수 없이 감사드립니다.

또한 예리한 판단으로 논문을 심사 및 보완하여 주신 한국해양대학교 양규식 교수님과 임재홍 교수님, 이상배 교수님, 동의대 김동일 교수님께도 진심으로 감사를 드립니다.

본 연구의 실험을 위하여 실험실을 이용할 수 있도록 지원하여 주신 교수님과 논문작성에 어려운 일들을 도맡아 수고하신 대학원 후배 진성호 연구원, 정창우 학우에게도 심심한 감사를 표하며 전자통신공학과 학형들과의 동고동락한 일들을 잊지 못할 추억으로 간직하겠습니다.

그리고 어려운 환경속에서도 학비지원 및 성우, 혜수를 훌륭하게 키워준 아내 홍현주에게도 감사하다고 이 논문을 통하여 전하고 싶습니다. 멀리 하와이에서 동생이 잘되길 기원하는 이애순 누님과 동생 동식이와 복순이 그리고 장모님에게도 고마움을 전하고 싶습니다.

끝으로 본 논문이 밑거름이 되어 더욱더 연구에 정진하여 보다 나은 성장을 위해 노력 할 것을 믿으시고 도와주신 한국전자통신연구원(ETRI) 임주환 원장님과 한국정보통신기술협회(TTA)의 표준화본부 진병문 본부장님, 표준지원부 이종호부장님께 감사를 드리며, 20년 동안 동고동락을 같이하여 석·박사를 모두 마칠 수 있도록 허여한 ETRI와 박사학위를 받을 수 있도록 시간을 할애하여 준 TTA 직원여러분에게 감사를 드립니다. 그리고 앞으로 열심히 업무에 종사하여 보답할 것을 약속드립니다.

2004년 2월
이동철 책임연구원 드림