

MANET에 대해 QoS를 지원하는 ZRP의 성능연구

정희원 권 오 성*, 정 의 현* 정희원 김 준 년*

Performance analysis of ZRP supporting QoS for Mobile Ad hoc networks

Oh-Seong Kwon* *Regular Memeber*, Eui-Hyun Jeong*, Jun-Nyun Kim* *Regular Member*

요 약

MANET(Mobile Ad hoc Network)에서는 이동 단말들이 기존에 설치된 구조물이나 운영자의 노력없이 스스로 임시망을 구성하여 통신을 하게 된다. ad hoc 망에서의 라우팅은 이동성이 많은 단말들이 임시로 망을 구성하기 때문에 망 자체가 유기적으로 자주 변하며, 이로 인해 잦은 연결실패로 인한 불안정한 환경이 조성되어 기존의 유선환경보다 좀 더 어려우며 유선망에서 쓰이던 라우팅 프로토콜들은 ad hoc 망에 적합하지 않게 된다. 본 논문에서는 ad hoc 망에 대한 전반적인 이해와 더불어 ad hoc 망에서 사용되는 여러 라우팅 프로토콜에 대해 알아보고, 그 중 hybrid 기법을 사용하는 ZRP(Zone Routing Protocol)의 성능을 분석하였다. ZRP 프로토콜의 경우 효율적인 사용을 위해선 최적의 존 반경을 사용하는 것이 필수적이다. 그렇지 않을 경우 IARP 또는 IERP 트래픽의 급증으로 인하여 패킷의 전송을 위해 필요로 하는 ZRP 트래픽의 오버헤드를 크게 증가시켜 전체적인 망의 성능이 저하됨을 모의실험을 통하여 확인하였다. 또한 ad hoc 망에서의 QoS 라우팅을 위한 in-band 시그널을 이용한 QoS 경로를 찾는 과정을 제시하였으며 QoS를 보장한 경로에 한하여 실시간 멀티미디어 서비스 등을 가능하게 하는 경로를 보장할 수 있었다.

ABSTRACT

MANET(Mobile Ad hoc networks) is a mobile, multi-hop, and wireless network which is bandwidth constrained, energy constrained, resource constrained, autonomous, and self operating systems with dynamic topology. These constraints make the routing between communicating nodes in ad hoc networks difficult. In this paper we survey several routing protocol for mobile ad hoc networks. Especially, we focus on Zone Routing Protocol, hybrid routing framework suitable for a wide of mobile ad hoc networks and analyze performance of ZRP. In the case of ZRP protocol, it is essential that the use of optimal zone radius for efficient use. Otherwise it was proved through an simulation that performance of whole network is rapidly decrease with greatly increasing overhead of ZRP traffic that need for transmission of packet by IARP or IERP traffic. Also we suggest the process of finding QoS path that use in-band signal for QoS routing in ad hoc network. This method guarantees route that make real time multimedia service for QoS enabled path.

* 중앙대학교 전자전기공학부 컴퓨터통신연구실(widetent@ee.cau.ac.kr)

논문번호 : 030074-0217, 접수일자 : 2003년 2월 17일

※본 연구는 한국과학재단 목격기초연구(R-01-2001-000-0303-0(2002)) 지원으로 수행되었습니다.

I. 서론

지난 수년 동안 통신과 네트워크 분야에 엄청난 발전이 있었으며 무선 환경에서의 이동통신 사용자들 간의 통신서비스는 점점 인기를 얻고 있다. 또한 랩톱(laptop) 컴퓨터 및 무선모뎀이나 무선 랜 장치의 발달에 힘입어 무선 데이터 통신 시장은 앞으로도 계속해서 발전할 것으로 예상되고 있다. 이러한 무선 데이터 통신의 발전은 새로운 분야의 발전 가능성을 제시하고 있으며 그 중 대표적으로 주목받고 있는 분야가 이동 Ad hoc 네트워크이다.(MANET : Mobile Ad Hoc Network).

무선 환경에서 두 사용자간에 통신을 할 수 있게 하는 방법은 두 가지가 있다. 첫 번째 방법은 기존 기반구조(infrastructure)를 이용한 방법으로 두 단말이 자신의 통신범위 안에 있는 가장 가까운 기지국(base station)을 찾아 접속후, 기지국에 연결되어 있는 유선망을 통해 통신하는 방법이다. 이러한 방법에서 제기되는 문제점은 대개 핸드오프(handoff)에서 나타난다. 두개의 기지국 사이를 짧은 지연과 패킷의 손실 없이 이동하는 것이 반드시 보장되어야만 하며, 이러한 동작을 위한 많은 기법이 연구 중에 있다. 또 다른 문제점은 이런 방식은 기존의 기반구조가 제대로 동작을 하는 곳에서만 사용자 단말의 정확한 동작이 보장된다는 점이다. 만약 기존 기반구조가 어떤 이유로는 동작을 하지 않는다면 단말들은 전혀 통신을 할 수가 없게 된다.

이와는 반대되는 개념으로 두 번째로 가능한 통신 방법은 기반구조가 없는 무선망을 사용하는 방법이다. 이러한 망을 ad hoc 망이라 부르며 이때에는 이동 단말들이 기존에 설치된 구조물이나 운영자의 노력없이 스스로 임시망을 구성하여 통신을 하게 된다. ad hoc 망은 기존의 기반구조가 어떠한 이유에서 사용할 수 없는 상황이 발생했을 때나 또는 통신 대역의 효율적 사용을 위해 지역적으로 임시망을 구성하여 통신하는 방법을 제공하여 기존의 통신방법의 보완책으로 현재 각광받고 있다.

ad hoc 망에서 각 이동 단말들은 단말의 역할뿐만 아니라 라우터로서의 역할도 필요하다.

하지만 이동성이 많은 단말들이 임시로 망을 구성하므로 망 자체가 유기적으로 자주 변하며, 이로인해 무선환경에서의 잦은 연결실패가 발생하여 불안정한 환경이 되기 때문에 기존의 유선환경에서 쓰이던 라우팅 프로토콜들은 ad hoc 망에 적합하지 않다. 따라서 적절한 경로를 찾고, 종단간 지연을 보장하여 QoS를 서비스할 수 있는 프로토콜이 필요하다. 본 논문에서는 ad hoc 망에 대한 전반적인 이해와 더불어 ad hoc 망에서 사용되는 여러 라우팅 프로토콜에 대해 알아보고, 그 중 hybrid 기법을 사용하는 ZRP(Zone Routing Protocol)의 성능을 분석하였다. ZRP 프로토콜의 경우 효율적인 사용을 위해선 최적의 존 반경을 사용하는 것이 필수적이다. 그렇지 않을 경우 IARP 또는 IERP 트래픽의 급증으로 인하여 패킷의 전송을 위해 필요로 하는 ZRP 트래픽의 오버헤드를 크게 증가시켜 전체적인 망의 성능이 저하됨을 모의 실험을 통하여 확인하였다. 또한 ad hoc 망에서의 QoS 라우팅을 위한 in-band 시그널을 이용한 QoS 경로를 찾는 과정을 제시하였으며 QoS를 보장한 경로에 한하여 실시간 멀티미디어 서비스 등을 가능하게 하는 경로를 보장할 수 있었다. 2장에서 MANET에 대한 특징과 라우팅 프로토콜에 대해 살펴보고, 3장에서는 ZRP (Zone Routing Protocol)^[1]에 대해 소개하고 프로토콜을 제안하며, 4장에서는 그에 대한 모의 실험 결과를 분석하고 5장에서는 결론과 향후 과제를 논한다.

II. MANET

1. MANET의 특징

MANET이 기존의 망들과 다른 특징은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 동적인 망구성: ad hoc 망의 노드들은 이동성을 가지며 망에 동적으로 그리고 임의적으로 접속할 수 있다. 결과적으로 네트워크의 망구성은 시간에 따라 임의대로 바뀌며 예측할 수 없다. 이러한 특성은 노드를 다른 망으로부터 고립되어 분리시키거나, 심지어는 분할된 망으로 구성되게 한다. 또한 ad hoc 망 안에는 단방향과 양방향 경로가 혼재

하며 송신과 수신에 파라미터를 조정하는 것이 망구조의 변화에 영향을 주기도 한다.

- 자원 제약: 기존의 고정된 망에 비해 바로 활용 가능한 자원이 절대 부족하다. 이러한 제약은 링크 또는 호스트 노드에서 발생하며 아래와 같이 요약할 수 있다.
 - 대역폭 제한: 무선망의 대역폭은 기존에 비해 대폭적인 증가가 있었지만, 아직까지는 고정된 유선 망에서 사용가능한 자원에 비하면 무선 자원은 아직 많이 부족한 편이다.
 - 에너지 제한: 이동 노드들은 전원의 공급원으로 대개 배터리에 의존하므로 에너지 소비를 줄이는 것이 최우선 제한 사항이 된다. 이로 인해 시스템과 응용프로그램을 효과적으로 개발하는 것이 복잡해진다. 배터리 기술이 많이 발전되기는 하였지만 아직까지 무선환경에서 만족할 만한 성능을 내기에는 부족한 면이 많다.
 - 노드의 능력의 제한: 이동 ad hoc 망에서는 각 노드들의 프로세서들이 작은 크기의 단말에 장착되게 된다. 이는 프로세싱의 능력을 제한하고 또한 데이터 저장 공간도 제한하게 된다. 이러한 환경은 전통적인 클라이언트 서버 모델이나 여러 응용프로그램, 노드에서의 처리능력들이 다시 고려되어야 함을 의미한다.
- 제한된 물리적 보안장치: 이동 무선망은 장치의 분실 가능성 또는 데이터의 보안이 보장되지 않는 채널로의 전송 등으로 인해 기존의 유선망보다 안전하지 못하다. 이는 이동 ad hoc 망 자체가 동적으로 변하는 구조이므로 안전한 보안 알고리즘을 제공하기에는 적합하지 않을 뿐만 아니라 노드의 프로세싱 능력도 많은 제약이 있어 강력한 알고리즘을 사용하기 어렵기 때문이다.
- 자율적인 망 관리: 이동 ad hoc 망에는 중앙 집중적인 어떠한 관리 객체가 존재하지 않는다. 모든 노드들은 망 구성에 대해 스스로 관리해야 한다. 망은 기반구조 없이 스스로 동작한다.

2. MANET 라우팅 프로토콜

MANET은 앞 절에서도 설명했듯이 기존의 어떠한 기반구조도 사용하지 않고 스스로 망을 구성한다. 다음 그림 1은 전통적인 유선망과 MANET간의 차이를 보여준다.

전통적인 인터넷은 호스트 또는 라우터가 이동성이 적거나 없으며 안정적으로 동작을 한다. Mobile IP^[3]는 이러한 고정 인터넷에 좀더 유연한 이동성을 제공하고 하는 기법을 제공하지만 여전히 유선망과의 접속을 필요로 하고 있다. MANET은 모든 노드들이 이동성을 가지고 있으며, 동시에 라우터 역할을 하고 또는 일부는 유선망과 연결되어 있을 수 있다. 이러한 MANET에서 동작하는 통신 프로토콜은 적응적으로 동작하여야 하며 스스로 망을 구성하고, II.1절에서 설명한 바와 같은 여러 제한조건들을 충족시켜야만 한다. 유선망과 관련된 전통적인 라우팅 프로토콜은 MANET에서는 심각한 자원낭비와 망 변화에 대한 느린 적응성 때문에 제대로 사용될 수 없다.

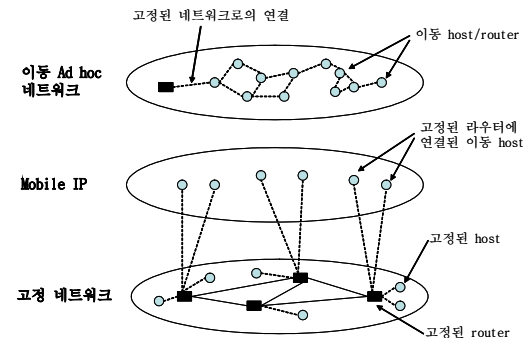


그림 5. MANET의 구조^[2]

2.1 MANET 라우팅 프로토콜의 요구사항

기존의 유선 라우팅 프로토콜은 ad hoc 망에서 제대로 동작하지 않기 때문에, 다음과 같은 특성을 가지는 라우팅 프로토콜이 요구된다.

- 분산된 동작: 프로토콜 설계시 각 노드의 동작은 분산적으로 동작하여야 한다. 즉, 중앙 집중적인 제어노드가 존재하지 않는다. 또한, 이동성을 가진 각 노드들에 대해 ad hoc 망으로의 진입과 탈퇴가 자유롭게 이루어져야 한다.

- 순환방지(loop free): 전체적인 망 성능을 향상시키기 위해 라우팅 프로토콜에서의 경로 설정이 순환방지 기능을 만족해야 한다. 이는 대역폭과 CPU의 낭비를 방지한다.
- 요구에 의한 동작: 망 관리의 오버헤드를 최소화하고 망의 자원의 낭비를 막기위해 프로토콜은 on-demand 방식으로 동작하여야 한다. 이는 프로토콜이 필요에 의해서만 동작을 하도록 하여 필요없는 브로드캐스팅을 최소화하여 무선 망의 자원을 낭비를 막는다.
- 단방향 경로지원: 노드들의 전송 거리의 차이 및 여러 무선 환경에 의해서 무선 망은 망의 여러 부분이 단방향 경로를 구성할 수 있다. 양방향 경로의 지원뿐 아니라 이러한 단방향 경로의 지원은 전체 라우팅 프로토콜의 성능을 높이는 역할을 한다.
- 보안성: 무선 환경은 보안상 여러 취약점을 지니며 특히 위장공격(impersonation attack)에 취약하다. 라우팅 프로토콜로부터 좀더 신뢰성 있는 전송을 보장하기 위해 일종의 예방적인 보안 메커니즘이 필요하다. 사용자 인증과 데이터의 암호화가 이런 문제를 해결할 수 있는 대안으로 제시 될 수 있지만 ad hoc 망 상에서의 키 분배과정이나 관리가 문제가 될 수 있다. 보안을 위한 또 다른 방법으로 IPsec과 같이 전송하는 모든 패킷에 대해 터널링을 이용하는 보안 기법도 논의되고 있다.^[4]
- 전력관리(Power Conservation): ad hoc 망 상의 모든 노드들은 랩탑 컴퓨터나 PDA 같은 제한된 배터리 용량에 의존하는 기기들이다. 따라서 망을 오래 지속시키기 위한 일종의 대기(stand-by) 상태를 지원해야 한다. 이를 위해 여러 기법들이 제안되고 있으며 라우팅 프로토콜에서도 sleep 모드를 지원할 필요가 있다.
- 다중경로 지원: 망 상태의 변화와 혼잡에 따른 연결 실패에 따른 프로토콜의 반응을 최소화하기 위해 다중 경로를 지원하는 프로

토콜이 장려된다. 하나의 경로가 제대로 동작하지 않을 시 새로운 경로를 찾는 과정없이 통신이 가능한 대체 경로를 통해 통신하도록 ad hoc 망의 효율성을 높일 수 있다.

- QoS 지원: ad hoc 망이 미래의 대안 통신으로 성공적으로 정착하고 효율적으로 사용되기 위해서는 QoS의 지원이 필요하다. 현재까지 어떤 ad hoc 라우팅 프로토콜도 QoS의 지원까지 고려되어 설계되고 있지는 않다. 하지만 현재 계속적으로 발전하는 멀티미디어 어플리케이션과 라우팅 프로토콜의 요구사항에 비추어 볼 때, 머지않아 QoS를 지원하는 ad hoc 라우팅 프로토콜이 제안될 것이라 생각된다.

2.2 MANET 라우팅 프로토콜의 분류

수많은 라우팅 프로토콜이 MANET을 위해서 제안되었다. 각각의 라우팅 프로토콜은 논리적 구조들과 연관된 문제들을 해결하기 위해 제안되었다. 모든 알고리즘은 초기 라우팅 테이블을 구성하기 위해 플러딩(flooding) 형태의 기법을 사용한다. 라우팅 정보를 갱신하는 방법에 따라 프로토콜은 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 중앙집중형과 분산형 (Centralized vs Distributed): 중앙집중형 알고리즘은 모든 경로설정이 망의 한 노드로부터 결정된다. 반대로 분산형 알고리즘은 경로설정에 대한 계산을 망 내의 모든 노드들이 분담해서 한다.
- 고정형과 적응형(Static vs Adaptive): 트래픽 입력 패턴에 따라 경로가 어떻게 결정되는지에 따라 고정형과 적응형 방식으로 프로토콜을 분류할 수 있다. 고정형 알고리즘은 트래픽의 상태와는 상관없이 경로가 발신지-목적지 쌍으로 구성된다. 이 경우에 경로가 변경되는 경우는 기존의 경로나 노드가 제대로 동작하지 않을때 뿐이다. 이런 형태의 알고리즘은 광범위하게 트래픽 입력이 변하는 망에서는 높은 처리량(throughput)을 낼 수 없다. 대부분의 패킷 망은 발신지-목적지 경로가 트래픽 혼잡의 상태에 따라 변할 수 있는 적응형 방식을 사용한다.

- 예비형과 반응형(Proactive vs Reactive): 일반적으로 기존에 사용되는 라우팅 프로토콜은 예비형과 반응형의 이 두가지 방법으로 분류될 수 있다. 예비형 프로토콜은 주기적으로 망 안의 경로정보를 갱신하며 따라서 현재 사용 가능한 경로정보가 다른 노드로 계속해서 전파된다. Wireless Routing Protocol(WRP)^[5], Destination-Sequenced Distance-Vector (DSDV)^[6] 같은 거리벡터 프로토콜 계열을 이러한 예비형 프로토콜의 예로 들 수 있다. 반응형 프로토콜은 이에 반대로 목적지에 대한 요구가 있을 때에만 경로설정 과정이 진행된다. 따라서 어떤 목적지에 대한 경로가 필요할 때에만 망 전체에 걸쳐 경로요구 같은 패킷이 전파된다. Dynamic Source Routing(DSR)^[7], Ad-hoc On demand Distance Vector Routing (AODV)^[8], Temporally Ordered Routing Algorithm(TORA)^[9] 같은 프로토콜을 플러딩 방식의 반응형 라우팅 프로토콜의 예로 들 수 있다.

본 논문에서는 이 두 가지 방식의 장점을 취한 ZRP에 대해 연구한다.

다음 그림은 ad hoc 망의 라우팅 프로토콜들을 정리한 것이다.

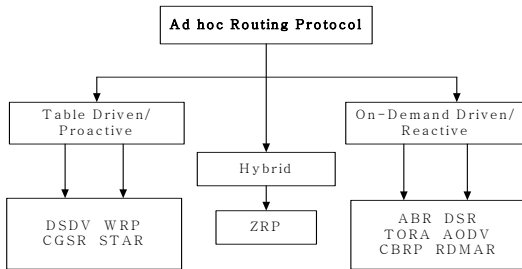


그림 8. ad hoc 라우팅 프로토콜의 분류^[10]

2.3. Zone Routing Protocol (ZRP)

예비형 방식의 장점은 어떤 목적지에 대한 경로가 요구될 때 바로 그 목적지에 대한 경로가 제공 될 수 있다는 점이다. 이와 반면에 반응형 방식은 즉각적으로 사용될 수 있는 경로가 없기 때문에 라우팅 요구, 라우팅 응답 등의 패킷 등을 망 전체에 전파시켜 경로를 찾으며 이에 따른 지연이 경우에 따라 상당히 커질 수 있다. 게다가 망 전체에 대한 패킷의 전파는 무

선자원의 낭비를 초래하게 되므로 이러한 긴 시간동안의 지연과 과도한 제어 패킷의 전송으로 순수한 반응형 라우팅 프로토콜은 실시간 통신에 적합하지 않게 되는 경우가 많다. 그러나 망 자체가 계속적으로 변하는 ad hoc 망의 특성상 순수 예비형 라우팅 방법을 사용할 경우 필요로 하지도 않는 노드에 대한 경로를 유지 위해 상당량의 제어 패킷의 교환이 일어나게 되며 이 또한 무선 자원의 심각한 낭비를 초래하게 된다. 따라서 ad hoc 망에 적합한 라우팅 프로토콜로 제안될 수 있는 라우팅 프로토콜은 on-demand 에 의해 필요한 노드에 대한 경로를 찾으며 경로설정 과정에 소비되는 비용을 최소화 하는 방법이라 말할 수 있다.

ZRP는 예비형과 반응형 방식이 혼합되어 사용되는 프로토콜로 ad hoc 망을 위한 최적의 라우팅 프로토콜로 제안되었다.

2.3.1. ZRP의 구조

그림 3은 ZRP의 구조를 나타낸다.

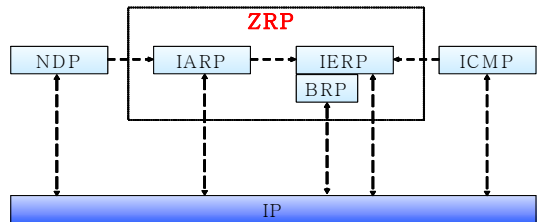


그림 9. Zone Routing Protocol의 구조

NDP(Neighbor Discovery Protocol)은 MAC(Media Access Control) 프로토콜로서 'Hello' 비콘 신호를 주기적으로 브로드캐스팅하고 이웃의 'Hello' 비콘 신호를 받음으로써 이웃 노드와의 연결 상태를 인지하는데 사용된다. 이 연결 상태 정보를 예비형 라우팅 프로토콜인 IARP(Intrazone Routing Protocol)^[11]에 전달하고 IARP는 존 반경(zone radius)이라는 파라미터 보다 크지 않은 홉 단위의 최소 거리의 노드들을 모아 라우팅 영역을 형성하게 된다. 망 내의 모든 노드들은 자신의 라우팅 영역을 유지하며 이웃 노드의 라우팅 영역과 겹쳐질 수도 있다. 즉 IARP는 자신의 영역내의 링크 상태 정보를 유지하여 영역 내의 패킷 전송을 실시간으로 담당하게 된다.

영역 내에 목적지 노드가 없을 시 IERP(Int

erzone Routing Protocol)^[12]을 사용하게 되는데, 경로발견을 위해 기존의 브로드캐스트 기반의 알고리즘을 사용하지 않고 BRP(Bordercast Resolution Protocol)^[13]라는 메시지 분산 서비스를 이용하게 된다. BRP는 기존의 이웃 노드에게 무조건 패킷을 브로드캐스트 하지 않고 라우팅 영역의 경계에 위치한 주변노드(peripheral nodes)에게 직접적인 질의(query)를 전달하는 방식이다. 이것을 보더캐스트(bordercast)라고 한다. 이 질의 제어 기법은 경로 질의 트래픽의 양을 줄이는 효과가 있다. IERP의 과정은 기존의 경로 발견 프로토콜의 경우와 거의 유사하다. 소스 노드는 질의 패킷을 생성하여 보더캐스트 알고리즘에 의해 결정된 이웃 노드를 통해 질의 패킷이 중계되고, 이 패킷을 받은 노드는 자신의 영역 안에 목적지 노드가 포함되어 있는지 검사한 후, 있다면 경로 응답 패킷을 발신지 소스에게 되돌려 보내어 경로를 설정하고 그렇지 않다면 다시 질의를 보더캐스트한다.

2.3.2 라우팅 존(zone)과 Intrazone Routing Protocol(IARP)

ZRP에서는 국소적인 목적지를 가진 노드에 대해서는 예비형 방법을 사용하여 경로를 관리한다. 즉 존 반경 파라미터 보다 크지 않은 거리에 존재하는 노드들의 집합을 라우팅 존으로 정의하고, 이러한 노드들에 한해서 예비형 방법을 사용하여 경로를 관리한다. 모든 노드들은 스스로 관리하는 자신의 라우팅 존을 가지고 있다. 라우팅 존은 이웃하는 노드들의 라우팅 존과 겹쳐질 수도 있다.

그림 4는 A를 중심으로 존 반경 2로 구성되는 라우팅 존을 그린 것이다. 여기서 노드 B부터 F까지는 A의 존에 속한다. 노드 G는 A의 라우팅 존 밖에 위치한다. A로부터 라우팅 존 반경인 2홉만큼 떨어져 있는 노드들을 주변노드(peripheral node)라 한다. 위의 예에서는 노드 D, F, E가 A의 주변노드들이다.

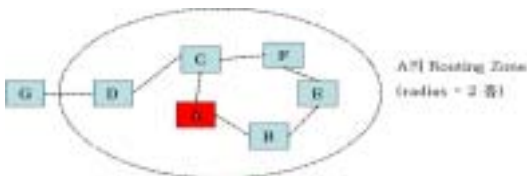


그림 10. IARP 존의 구성예

라우팅 존을 구성하기 위해서는 우선 각 노드들이 자신의 주변에 어떠한 노드들이 위치하고 있는지를 알 필요가 있다. 이러한 정보는 폴링(polling) 방식의 프로토콜을 사용할 경우에는 MAC (Media Access Protocol)을 통해서 바로 알 수 있으며, 그렇지 않을 경우에는 NDP (Neighbor Discovery Protocol)을 구현함으로써 얻을 수 있다.

2.3.3. Interzone Routing Protocol (IERP)

ZRP에서는 IARP로 관리되는 노드를 제외한 노드와의 통신을 위해서 IERP를 사용하여 경로를 찾는다. IERP는 반응형 프로토콜로서 목적지로 향하는 정보가 없을 경우에만 on-demand 방식으로 사용된다. 기존에 사용되는 어떤 반응형 프로토콜도 IERP를 위해 사용될 수 있다.

일반적으로 반응형 라우팅 프로토콜의 경로 발견은 경로요구와 경로응답 이렇게 두 가지 과정으로 나누어진다. 경로요구과정은 자신의 경로 테이블 안에 목적지에 대한 정보를 가지고 있지 않은 노드가 시작하며, 이 노드는 경로요구 패킷을 발생시켜 이웃 노드에게 전파시킨다. 이웃노드가 목적지로 향하는 경로를 가지고 있을 경우에는 그 경로를 발신노드에게 알려주며 그렇지 않을 경우에는 경로요구 패킷을 계속해서 전파시켜 나간다. 경로요구 패킷을 중계한 후 중계한 패킷과 같은 목적지를 향하는 경로요구 패킷을 수신하면 중복으로 간주하여 폐기한다. 최적화된 경로 탐색과정은 발신노드로부터 외부의 방향으로 퍼져나가며 이미 발견된 지역에 대한 탐색은 제외하는 방법이다. 이러한 경로탐색과정을 위해서 IERP는 BRP(Bordercast Routing Protocol)을 사용하여 경로탐색 과정을 최적화 한다.

2.3.4 BRP (Bordercast Resolution Protocol)

목적지에 대한 경로가 필요한 노드는 먼저 목적지가 자신의 라우팅 존안에 속하는지 확인한다. 만약 노드가 존 안에 있을 경우 더 이상의 경로 발견과정은 필요하지 않다. 이와 반대로 목적지가 자신의 존 안에 속하지 않는다면, 발신노드는 자신의 주변 노드로 보더캐스트 트리를 구성하여 주변노드로 향하는 이웃 노드에게 경로 질의 패킷을 전달한다. 경로 질의 패킷

을 수신한 노드는 자신이 이 질의에 대한 보더 캐스트 트리에 속하는 지 확인한다. 만약 자신의 보더캐스트 트리의 멤버가 아니라고 판명되면 간단히 질의의 수신을 기록하고 메시지를 폐기한다. 노드가 전달되는 노드의 보더캐스트 트리에 속할 경우에는 질의의 목적지가 자신의 라우팅 존 안에 속하는 지를 살펴서 목적지 방향으로 가는 경로가 있을 경우 경로 응답을 발신노드로 보내며, 그렇지 않을 경우에는 보더캐스트 트리를 구성하여 자신의 주변노드 계속해서 패킷을 전달한다.

2.3.5. 라우팅 존의 최적화

ZRP의 가장 큰 특징은 라우팅 존의 설정에 따라 커다란 차이가 있다는 점이다. 만약 라우팅 존이 1홉이라면 일반적인 플러딩 방식의 반응형 라우팅 프로토콜과 똑같은 방식으로 동작을 하게 된다. 일반적으로 라우팅 존의 범위가 클수록 부가적인 경로발견의 과정없이 바로 전송 가능한 노드의 수가 증가하여 전체적인 경로발견의 효율성이 높아지게 된다. 그러나 라우팅 존의 범위가 클수록 예비형 방식으로 관리해야 하는 데이터의 양이 많아져 노드에 큰 부담을 주게 된다. 경로발견의 효율성과 라우팅 존의 관리는 tradeoff 관계에 있으며 최적의 라우팅 존을 구성하는 것이 ZRP 구조의 핵심이라 말할 수 있다.

현재까지 최적의 성능을 위한 존 반경을 구하는 수학적인 공식은 알려진 바가 없다. 심지어 전체 망의 모든 파라미터 값을 알고 있다 하더라도 최적의 라우팅 존 반경을 구하는 직접적인 메커니즘이 존재하지 않는다^[14].

그림 5에서 보듯이 최적의 존 반경을 구하는 간단한 방법은 존 반경을 ZRP에 추가되는 트래픽의 양을 최소화하도록 설정하는 방법이다. 즉, 최적의 라우팅 존은 IARP와 IERP의 양이 1:1 이 되는 지점이라고 생각할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 점을 밝히기 위해 ZRP의 IARP, IERP 트래픽의 양을 측정하여 최적의 존 반경을 찾고, 그 효율성을 검증하고자 한다. 존 반경을 구하는 다른 방법으로는 최소검색(min-searching)과 트래픽 적응(traffic adaptive) 방법^[14] 등이 제시되어 있다.

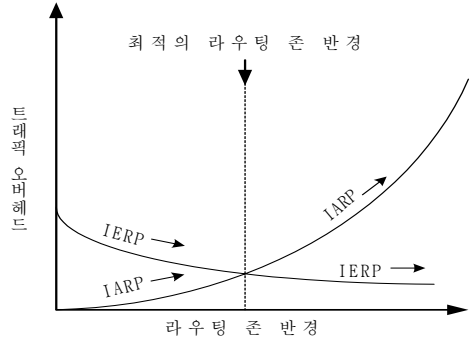


그림 13. 라우팅 존 최적화

2.3.6. ZRP에서의 QoS 라우팅

ad hoc 망에서 QoS를 보장하기 위해서는 QoS MAC 프로토콜, 자원예약, 스케줄링, 라우팅 프로토콜 등 여러 가지 사항이 고려되어야 한다. 그 중 라우팅 프로토콜에서 QoS 보장을 위해 가장 크게 할 수 있는 역할은 QoS 파라미터를 만족시키는 경로를 찾는 것이다. 이를 위해 IntServ^[15] 모델의 도입이 가장 근접한 대안으로 제시되지만 이동 ad hoc 망의 특징상 여기에는 몇 가지 제한이 따른다. 첫 번째로 IntServ 모델의 방대한 계산량과 저장 공간의 요구는 이동 노드들이 처리하기에는 큰 부담이 된다. flow의 양이 증가할수록 이러한 부담이 더 커지게 되므로 확장성에 문제를 야기하게 된다. 두 번째로 IntServ 모델을 사용하여 자원을 예약할 경우 추가적인 망 자원의 낭비를 가져오게 된다. 다시 말해 ad hoc 망에서 대역폭은 그리 충분하지 않은 한정된 자원인데 IntServ 모델의 자원예약과 확인 과정을 위해 추가적으로 발생하는 패킷이 오히려 대역폭의 낭비를 가져올 수 있다. 세 번째로 QoS 모델의 완성을 위해 분류(classification)와 스케줄링(scheduling)을 위한 CAC(Call Admission Control) 같은 메커니즘의 사용이 필요하지만 이 또한 심각한 망 자원의 낭비를 초래하게 된다.

따라서 본 논문에서는 ZRP의 QoS 라우팅을 위해 좀 더 간략화 된 메커니즘을 제안한다. 이것은 자원예약을 위한 부가적인 신호의 발생없이 in-band 신호를 이용하여 자원을 예약한다. 이는 기존의 IERP, IARP를 통한 경로 설정과정 중에 이루어 지게 되며 또한 MANET의 특성을 고려하여 그 기능을 유선망에서의 기능에

비해 매우 간략화 시켰다. 그리고 CAC 같은 메커니즘을 도입하지 않고 간략화 된 스케줄링 기법을 도입한다.

III. 제안하는 기법

앞에서 설명한 바와 같이 ZRP는 크게 IARP, IERP, BRP 이렇게 세 부분으로 구성이 된다. 각 노드가 관리하는 존의 범위 안에 있는 노드들은 IARP를 이용하여 패킷을 전달하며, 존 밖의 노드들은 BRP를 통해 IERP의 경로 요청, 응답 패킷을 주고 받아 경로를 찾아 패킷을 전달하게 된다. 각 노드들은 IARP, IERP 라우팅 테이블을 관리하며, IARP 라우팅 테이블의 정보는 IERP 라우팅 테이블에도 사용되게 된다. IARP를 위한 제어 패킷의 포맷은 다음 그림 6과 같다.

Link Source Address		
Link State Seq Num	Zone Radius	TTL
RESERVED	RESERVED	Link Dest Cnt
Link Destination 1 Address		
Link Destination 1 Subnet Mask (Optional)		
RESERVED	Metric Type	Metric Value
RESERVED	Metric Type	Metric Value
Link Destination n Address		
RESERVED	Metric Type	Metric Value
RESERVED	Metric Type	Metric Value

그림 15. IARP 패킷 포맷

제안된 알고리즘에서는 QoS 서비스를 제공하기 위해 각 노드는 IARP 패킷에 Metric Type, 과 Metric Value 부분에 QoS 관련된 파라미터 값을 저장한다. Metric Type의 종류에는 Bandwidth(0x31), Processing delay(0x32)가 있으며, Metric Value는 각 노드가 현재 해당 타입의 가용한 자원의 양을 표기한다. 노드들은 이러한 IARP 패킷을 주고받으면서 IARP 라우팅 테이블을 구성하며 해당 노드에 대한 경로정보 뿐만 아니라 해당 경로의 품질도 기록한다. 존의 범위를 벗어나는 패킷에 대해서는 IERP를 사용하여 경로를 찾는데 이때에는 그림 7과 같은 패킷을 사용한다.

0	4	8	2	6	0	4	8	1
Type	Length		Node Ptr	Metric Type				
Query ID				Request Metric Value				
Query/Route Source Address								
Intermediate Node (1) Address								
Intermediate Node (2) Address								
...								
Intermediate Node (N) Address								
Query/Route Destination Address								

그림 16. IERP 패킷 포맷

이 패킷을 보낼 때 해당 flow의 QoS를 보장해야 할 경우 해당 필드를 사용하여 지원되어야 하는 타입과 자원의 양을 정해서 패킷을 전송한다. 경로 요청을 전달하는 노드는 자신이 필요한 자원의 값에서 해당 Metric value 값을 차감하여 그 값이 0보다 작을 경우 더 이상 패킷을 전파하지 않고 경로 응답 패킷에 QoS 실패라고 표기하여 발신지 노드로 전송한다. 차감값이 0보다 클 경우에는 IERP를 사용하여 계속해서 목적지 노드까지 패킷이 전파된다. 그림 8은 이와 같은 과정을 나타낸 것이다.

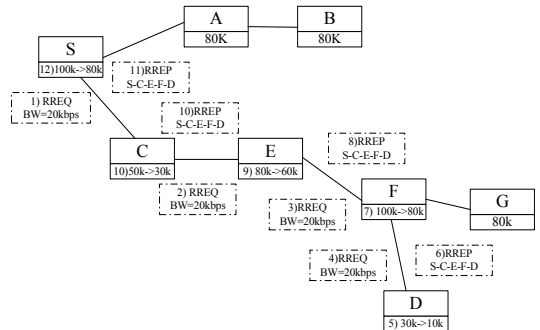


그림 17. QoS 플로우 예약과정

여기에 또 고려되어야 할 사항은 실제 IERP를 사용한 자원 예약이 실제 발신 노드에서 목적지 노드까지 전파되지 않고 자신의 존 범위 안에 있는 목적지로 가는 라우팅 정보를 가지고 있는 노드에 의해 경로 응답이 보내진다는 점이다. 따라서 실제 종단간 QoS를 보장하기 위해서는 목적지에 관한 정보를 가진 노드는 미리 경로 응답을 보내지 않고 목적지 노드까지 IERP를 전파하고, 목적지 노드가 경로 응답을 보내며 이 메시지를 받은 노드는 필요한 자원만큼 자원을 예약하게 된다.

IV. 모의실험

4.1 모의실험 환경 및 파라미터

ZRP의 성능을 측정하기 위해 OPNET modeler를 사용하였으며 Hass와 Perlman^[1]의 모델을 변형하여 모의실험에 사용하였다. 그림 9는 OPNET의 모의실험 모델이고 표 1은 사용된 파라미터의 값들이다.



그림 19. OPNET ZRP 모델

표 1. 모의실험 파라미터

항 목	값
네트워크 크기	1000 × 1000 m
노드의 수	30 개
모의실험 시간	600 sec
Zone 반경	1, 2, 3, 4, 5 (hop)
이동속도	5, 15, 25, 35, 45 (m/s)
노드의 전송반경	150, 250, 350 m
IARP 업데이트 주기	0.725 sec
비콘 주기	0.24 sec
세션간의 시간	5 sec
세션당 패킷 수	200
패킷 rate	30
링크계층 모듈레이션	BPSK
데이터 rate	10,000,000 (bps)

ZRP 모델의 링크 계층 복잡성을 줄이기 위해 비트 오류율, 전파지연, 안테나 이득, 채널 일치 등의 설정들을 생략했고, 전송거리 안에 있는 노드들에게 패킷이 실패 없이 직접 전송된다고 가정하였고, 관심 있는 파라미터 이외의 값들은 기본설정 값을 사용하였다. 노드의 전송 반경은 한 노드에서 발생된 패킷이 직접 전달될 수 있는 거리를 말하며, 세션은 한 노드에서 다른 임의의 노드로 연결을 맺고 전송하는 시간을 말한다.

모의실험은 컴퓨터 처리능력의 한계로 30개의 노드에 대해 10분 동안 실시하였으며, ZRP 트래픽의 양, 효율성, 패킷 전달 지연시간, 패킷 처리량 등에 관한 데이터를 모의실험과정을 통해 찾아보았다. 또한 QoS 알고리즘을 적용했을 경우의 처리량과 패킷 전달 지연시간도 알아보았다.

4.2 모의실험 결과

그림 10과 11은 모의실험 시간동안 발생한 IARP와 IERP 트래픽의 양을 나타낸다. IARP의 경우 존 반경이 커짐에 따라 그 발생양이 거의 지수함수처럼 증가하게 되며 IERP의 경우에는 이와 반대로 존 반경이 커짐에 따라 예비형 방식으로 처리하는 노드의 수가 많아져 그 양이 급격히 감소하게 된다.

그림 12는 모의실험 과정 중에 발생한 ZRP 제어 패킷의 평균 발생수를 나타낸다. 노드들의 이동성에 따라 약간의 차이는 있지만 모든 경우에 있어 존 반경이 2로 설정된 경우에 최소의 ZRP 트래픽이 발생하는 것을 확인 할 수 있다.

그림 13은 ZRP의 효율성을 나타낸다. 이 효율성은 다음과 같은 관계를 가진다.

$$E = D / (D + ZT)$$

D : 데이터 패킷의 수

ZT : 발생한 ZRP 트래픽의 양

E가 1인 경우는 아무런 제어 패킷 없이 데이터를 전송할 수 있는 이상적인 값을 나타낸다. 이 값은 존 반경 값이 2일 경우 최적의 효율성을 나타내었다.

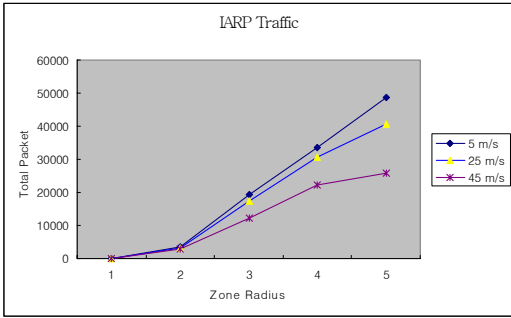


그림 20. IARP 트래픽

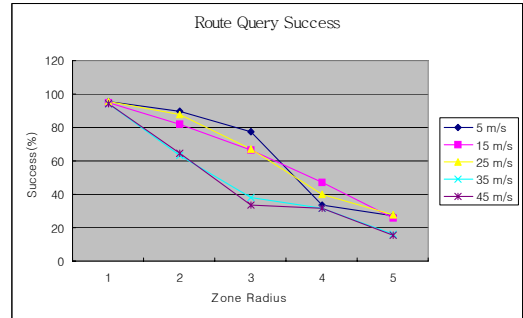


그림 24. IERP의 경로설정 성공률

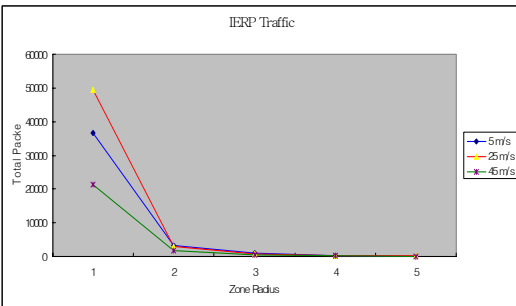


그림 21. IERP 트래픽

그림 14는 경로발견과정을 위한 IERP RREQ의 성공률을 나타낸 그림이다. IARP의 경우에는 경로설정을 위한 데이터를 사전에 가지고 있기 때문에 경로발견과정이 필요 없으나, IERP의 경우 존의 반경이 커짐에 따라 IERP를 사용하여 경로를 찾는 노드의 홉수가 증가함에 따라 경로설정의 실패율이 점점 더 높아지게 된다.

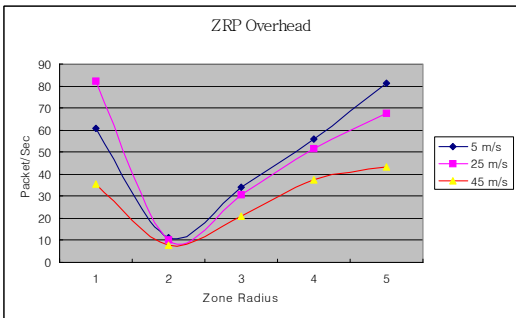


그림 22. ZRP 오버헤드

그림 15는 ZRP의 존 반경 설정에 따른 패킷 처리량의 결과를 보여준다. 앞의 모의실험에서 존 반경이 2인 경우 ZRP 트래픽의 양을 최소로 만들고 최적의 효율성을 제공함을 확인하였다. 이번 결과도 이러한 사실을 반영하며 존 반경이 2인 경우에 가장 높고 또 일정한 처리량을 보여줌을 확인할 수 있었다.

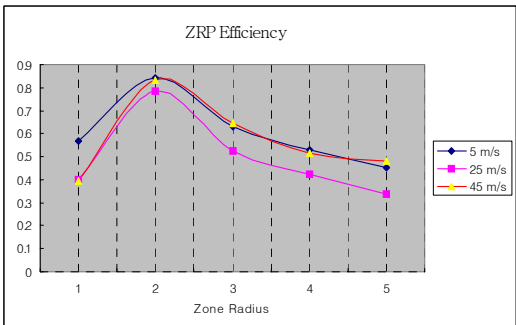


그림 23. ZRP 효율성

그림 16은 QoS를 적용한 경우의 ZRP 처리량을 나타낸다. QoS 알고리즘을 적용하기 위해 각 노드들에 일정한 범위 안에서 처리지연시간을 주고 전체 노드 중 10개의 노드에 대해 QoS 라우팅을 설정하도록 하였다. QoS 라우팅을 설정한 경우가 조금 처리량이 저하되는 결과를 보여주었다. 이는 QoS 파라미터를 만족시키지 못하는 경로의 경우 경로설정 및 패킷전송의 지연을 발생하기 때문에 전체 처리량의 저하를 야기하였다 생각한다. 그러나 그 차이가 크지 않음을 볼 수 있다.

그림 17은 QoS 알고리즘을 적용할 경우와 그렇지 않을 경우의 패킷전송 지연시간을 보여준다. 노드의 처리시간은 각 노드별로 일정 시간 안에서 임의의 값을 선택하도록 하였다. 그림에서 보듯이 QoS 라우팅을 적용한 경우 전송지연 시간이 25ms 이하의 값에서 발생함을 확인하였다.

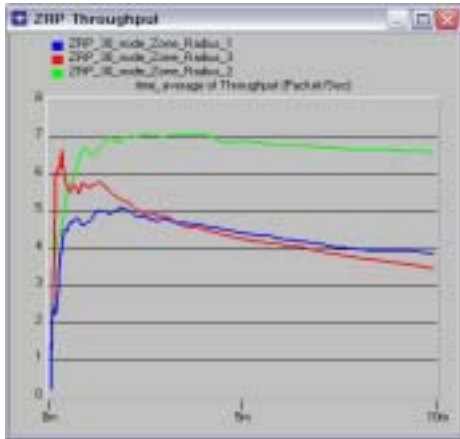


그림 26. ZRP의 존 반경에 따른 처리량

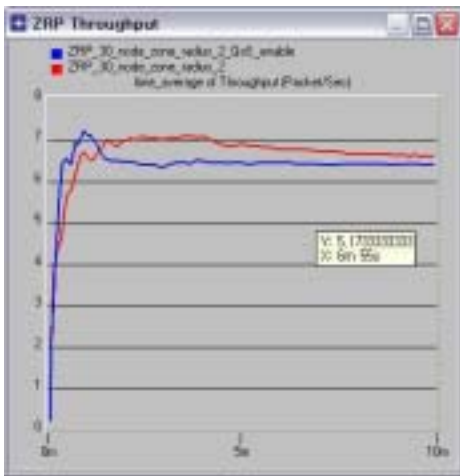


그림 27. QoS를 적용할 경우의 ZRP 처리량

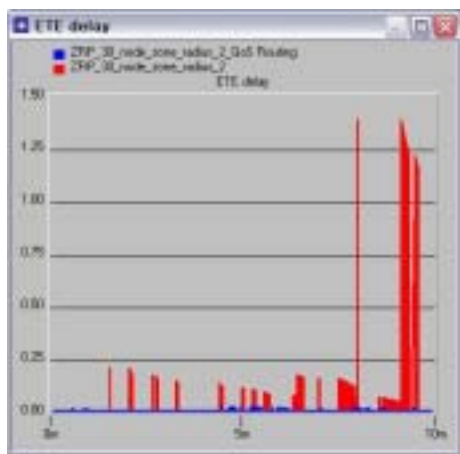


그림 28. 패킷의 전송지연 값

V. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 기존의 기반구조를 사용하지 않고 분산된 노드들이 자율적으로 망을 구성하는 ad hoc 망의 이해와 ad hoc 라우팅 프로토콜에 대해서 알아보았고, 그 중 하이브리드 기법을 사용하는 라우팅 프로토콜인 ZRP의 성능을 분석하였다. ZRP 프로토콜의 경우 효율적인 사용을 위해선 최적의 존 반경을 사용하는 것이 필수적이다. 그렇지 않을 경우 IARP 또는 IERP 트래픽의 급증으로 인하여 패킷의 전송을 위해 필요로 하는 ZRP 트래픽의 오버헤드를 크게 증가시켜 전체적인 망의 성능이 저하됨을 모의실험을 통하여 확인하였다. 모의실험 결과 최적의 존 반경을 2홉으로 설정하는 것이 가장 효율적이었으며 노드의 이동성과는 크게 관계가 없음을 확인하였다. 컴퓨터처리능력의 한계로 더 방대한 망 환경과 좀 더 밀집된 노드들의 환경에 대해 실험을 해 보지 못해 망의 크기, 노드의 밀집성과 최적의 존 반경과의 관계를 구하는 것은 향후과제로 남는다.

또한 ad hoc 망의 성공적인 도입을 위한 ad hoc 망에 적용될 수 있는 QoS 보장 방안에 대해 알아보고 ZRP 모델에 적용해 보았다. 기존 RSVP와 같은 자원예약 프로토콜을 ad hoc 망에 맞게 IERP 제어패킷을 이용한 in-band 시그널링으로 대체하였으며, 이를 통해 flow 별 QoS를 보장하였다. 모의실험 결과 전체적인 망의 성능은 약간 저하되지만 패킷의 End-to-End 전송지연은 크게 낮아짐을 확인하였다.

ad hoc 망에서 QoS 보장을 위해 각 노드에서 행해져야 하는 적절한 큐 스케줄링 알고리즘을 찾고 이를 적용한 방식에 대해 향후과제로 연구해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Z Hass and M. pearlman, " The Zone Routing Protocol(ZRP) for Ad Hoc Networks" in *IETF MANET Draft*, July 2002
- [2] Corson, Scott S., Macker, J., "Mobile Ad hoc Networking(MANET) : R

outing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations," *RFC 2501*, January 1999.

[3] Charles Perkins, "IP Mobility Support", *Internet RFC 2002*, October 1 1996.

[4] S. Kent, R. Atkinson, "Security Architecture for the Internet Protocol" *RFC 2401*, November 1998.

[5] Murthy, S., and Garcia-Luna-Aceves, J.J., "An Efficient Routing Protocol for Wireless Networks," *MONET*, vol. 1, no. 2, pp. 183-197, October 1996.

[6] Perkins, C.E., and Bhagwat, P., "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSRV) for Mobile Computers," *ACM SIGCOMM*, vol.24, no.4, October 1994.

[7] Johnson, D.B., and Maltz, D.A., "Dynamic Source Routing in Ad-Hoc Wireless Networks," in *Mobile Computing*, edited by T. Imielinski and H. Korth, chapter 5, pp. 153-181, Kluwer, 1996.

[8] Perkins, C.E. and Royer, E.M., "Ad-Hoc On-Demand Distance Vector Routing," *IEEE WMCSA '99*, New Orleans, LA, Feb. 1999

[9] Park, V.D., and Corson, M.S., "A Highly Adaptive Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Networks," *IEEE INFOCOM '97*, Kobe, Japan, 1997.

[10] C.K Toh, "Ad hoc Mobile Wireless Networks : Protocols and Systems, page 58 ", Prentice Hall RTR, 2002.

[11] Hass, Z.J. , Pearlman, M.R. Samar, P., "Intrazone Routing Protocol (IARP)", *IETF Internet Draft*, July 2002.

[12] Hass, Z.J. , Pearlman, M.R. Samar, P., "Interzone Routing Protocol

(IERP)", *IETF Internet Draft*, July 2002.

[13] Hass, Z.J. , Pearlman, M.R. Samar, P., "Bodercasting Resolution Protocol (BRP)", *IETF Internet Draft*, July 2002.

[14] Hass, Z. J., Pearlman, M.R. "Determining the Optimal Configuration for the Zone Routing Protocol", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol 17, pages 1-16, August 1999.

[15] R. Braden and et al., 'Integrated Services in the Internet Architecture : An Overview', *IETF RFC 1633*, June 1994.

권오성(Oh-Seong Kwon)

정회원



1994년 2월: 중앙대학교

전자공학과(공학사)

1996년 2월: 중앙대학교

전자공학과(공학석사)

1996년 3월~현재:

중앙대학교 전자전기공학부

박사과정

<주관심분야> Multimedia Multicast QoS, Wireless Network, 3G and beyond

정의현(Eui-Hyun Jeong)

정회원



2002년 2월: 중앙대학교

전자전기공학부(공학사)

2002년 3월~현재:

중앙대학교 전자전기공학부

석사과정

<주관심분야> Sensor Network, Ad-hoc Network

김 준 년(Jun-Nyun Kim) 종신회원



1978년 2월: 서울대학교
전자공학과(공학사)
1986년 8월 아이오와 주립대
학교 컴퓨터공학(공학석사)
1987년 12월 아이오와 주립
대학교 컴퓨터공학(공학박사)

1988년~현재: 중앙대학교 전자전기공학부 교수
1993년~1996년: 한국통신학회 데이터통신망연구
회 전문위원장
1993년~1999년: ISO/IEC JTC1/SC6(정보통
신 국제표준기구) 제1실무위원장
1999년~현재 : ISO/IEC JTC1/SC6 (정보통신
국제표준기구) Chairman
1996년~1997년: 한국통신학회 논문지 편집위원
회 편집위원
2002년~현재: 개방형컴퓨터통신연구회 회장
1997년 1월~12월 : 대한전자공학회 통신연구회
전문위원장
1998년 현재: 외교통상부 통상교섭 기술표준 자문
위원
2000년 9월~현재: IBS(Intelligent Building
System) Korea 부회장

<주관심분야> 네트워크 성능분석, Multimedia
a QoS, 표준화