

# 하이브리드 무선 네트워크를 위한 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜

## (Routing Protocol Based on Zone Master for Hybrid Wireless Networks)

임 세 영<sup>†</sup>   김   훈<sup>†</sup>   유 명 식<sup>\*\*</sup>  
(Seyoung Lim)   (Hun Kim)   (Myungsik Yoo)

**요 약** 유비쿼터스 환경의 구현을 위한 핵심 기술 중 고정된 인프라의 지원 없이 무선 단말기들끼리 연결되는 애드 hoc 네트워크 기술이 큰 관심을 받고 있다. 이러한 애드 hoc 무선 네트워크에서는 무선링크의 높은 비트 오류 확률과 시변 하는 네트워크 토폴로지로 인하여 수신자와 송신자 간의 원활한 정보 교환을 위해 데이터 전송 경로를 효과적으로 제어할 수 있는 라우팅 프로토콜이 매우 중요한 역할을 수행한다. 하지만 기존의 애드 hoc 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜은 높은 오버헤드와 네트워크의 안정성 및 확장성 측면에서 많은 문제점을 안고 있다. 따라서 보다 효과적으로 전송 경로를 제어하고, 애드 hoc 무선 네트워크 환경의 안정성을 향상시키기 위한 해결 방법으로 본 논문에서는 하이브리드 무선 네트워크를 위한 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 라우팅 프로토콜의 성능 분석을 위해 모의실험을 수행하였으며, 그 결과 제안 라우팅 프로토콜이 다양한 무선 환경에서 기존의 라우팅 프로토콜보다 우수한 성능을 보임을 확인하였다.

**키워드** : 애드 hoc 무선 네트워크, 하이브리드 무선 네트워크, 라우팅 프로토콜, 존 마스터

**Abstract** Since being constructed without any infrastructure-based network, ad hoc network has been received much attention as a key technology for ubiquitous networks. Due to high bit error rate and dynamically changing network topology in ad hoc network, the routing protocol that provides stable multi-hop communication path is the one of the key issues to address. The previously proposed ad hoc routing protocols have their limitations on network overhead, stability, and scalability. In this paper, we consider hybrid wireless network, which can overcome shortcomings of ad hoc network, and propose a novel routing protocol called zone master-based routing protocol. We verify with computer simulations that the proposed routing protocol outperforms other existing routing protocols in the various wireless environments.

**Key words** : Ad hoc Wireless Network, Hybrid Wireless Network, Routing Protocol, Zone Master

### 1. 서 론

최근 정보통신 기술의 급속한 발전으로 인하여 언제 어디서나 사용자가 요구하는 고품질의 서비스를 제공할 수 있는 유비쿼터스 환경이 점차 현실로 이루어지고 있다. 이러한 유비쿼터스 환경의 구현을 위한 핵심 기술 중 고정된 인프라의 지원없이 무선 단말기들이 매쉬

(Mesh) 형태로 연결되는 애드 hoc 네트워크 기술이 큰 관심을 받고 있다. 이러한 애드 hoc 무선 네트워크에서는 무선링크의 높은 비트 오류 확률과 시변 하는 네트워크 토폴로지로 인하여 수신자와 송신자 사이의 원활한 정보 교환을 위해 데이터 전송 경로를 효과적으로 제어할 수 있는 라우팅 프로토콜이 매우 중요한 역할을 수행한다.

현재 애드 hoc 무선 네트워크를 위해 제안된 라우팅 프로토콜은 무선 단말기의 자유로운 이동으로 인해 각 노드의 라우팅 테이블을 유지하고 경로를 설정하는데 많은 어려움을 야기한다. 이러한 애드 hoc 무선 네트워크에서 라우팅 프로토콜의 안정성 제공을 위해 기지국 기반의 무선 셀룰러 네트워크와 애드 hoc 무선 네트워크를 결합한 하이브리드 무선 네트워크에 대한 관심이 고조

<sup>†</sup> 학생회원 : 송실대학교 정보통신공학과  
site30@ssu.ac.kr  
beoned@ssu.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 정 회 원 : 송실대학교 정보통신공학과 교수  
myoo@ssu.ac.kr

논문접수 : 2006년 8월 7일  
심사완료 : 2007년 5월 10일

되고 있다. 일반적으로 하이브리드 무선 네트워크는 중앙 통제 시스템 방식의 장점인 경로 설정의 중앙 집중화 및 효율적인 자원 관리와 애드 혹 무선 네트워크에서 사용자 단말기의 이동성 보장에 대한 장점들을 제공할 수 있는 차세대 통합형 무선 네트워크 구조이다[1].

현재 하이브리드 무선 네트워크를 위한 네트워크 구조와 라우팅 프로토콜에 대한 연구는 활발하게 연구 중이다. 이중 하이브리드 무선 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜은 애드 혹 무선 네트워크를 위해 연구되었던 기존의 Proactive 방식, Reactive 방식과 Hybrid 방식 등을 응용한 라우팅 프로토콜이 많이 연구되고 있는 중이지만[2,3], 이들은 기존 애드 혹 무선 네트워크에서 나타났던 라우팅 프로토콜의 문제점을 안고 있으며, 이에 대한 뚜렷한 해결책 또한 제시되지 않은 상태이다.

본 논문에서는 이러한 하이브리드 무선 네트워크 구조에 적합한 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜(Zone Master-based Routing Protocol : ZMRP)을 제안한다. 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜은 주변 노드 탐색, 경로 탐색, 경로 관리의 3단계로 구성되고 각 단계별 핵심 알고리즘을 통해 보다 안정적인 경로 설정과 데이터 전송을 보장한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 기존의 애드 혹 무선 네트워크와 하이브리드 무선 네트워크의 라우팅 프로토콜에 대한 동작 방법 및 문제점을 분석하고, 3장에서는 제안된 ZMRP의 특징 및 단계별 알고리즘을 설명한다. 이어 4장에서는 모의실험을 통해 도출된 결과를 바탕으로 ZMRP의 성능을 비교, 분석한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

본 장에서는 멀티 홉 기반의 애드 혹 무선 네트워크를 위해 기존에 제안된 라우팅 프로토콜에 대한 장단점을 분석하고, 하이브리드 무선 네트워크의 특성에 대하여 서술한다.

### 2.1 애드 혹 무선 네트워크의 라우팅 프로토콜

애드 혹 무선 네트워크에서는 중앙 통제 시스템 없이 네트워크를 구성하는 이동 노드들이 상호 라우팅 정보의 교환을 통해 분산적으로 라우팅을 수행한다. 이러한 애드 혹 무선 네트워크에서의 라우팅 프로토콜은 라우팅 정보 업데이트 및 유지 방법에 따라 Proactive, Reactive, Hybrid 방식으로 구분된다.

Proactive 라우팅 프로토콜(또는 Table-driven 방식)[4,5]은 주기적으로 또는 네트워크 토폴로지가 변화할 때 라우팅 정보를 교환함으로써 모든 노드가 항상 최신의 라우팅 정보를 유지하는 방식이다. 이러한 프로토콜들은 항상 최신의 라우팅 정보를 유지해야 하므로

네트워크상에 제어 메시지를 발생하므로 많은 오버헤드 발생을 필요로 한다는 단점이 있다.

Reactive 라우팅 프로토콜(또는 On-demand 방식)[6-8]은 주기적으로 라우팅 정보를 교환하는 Proactive 방식과 달리 송신 노드의 필요에 의해서만 라우팅 경로를 탐색한다. 이러한 Reactive 라우팅 프로토콜은 데이터 전송을 위해 별도의 경로 탐색 알고리즘을 수행하여야 한다. 또한 목적지에 대해서만 라우팅 테이블을 유지하므로 Proactive 방식에 비해서 라우팅 오버헤드가 매우 작다. 그러나 Reactive 방식은 노드의 이동으로 현재 유지하는 경로가 손실되는 경우에는 경로를 재탐색하므로 새 경로를 탐색하는 동안 데이터 전송 지연이 발생한다.

마지막으로, Hybrid 라우팅 프로토콜[9]은 Proactive 라우팅 프로토콜과 Reactive 라우팅 프로토콜의 특징을 결합한 라우팅 프로토콜로서 두 라우팅 프로토콜의 장·단점을 상호 보완한다.

### 2.2 하이브리드 무선 네트워크

하이브리드 무선 네트워크는 애드 혹 무선 네트워크의 단점을 보완하기 위해 제안되었다. 이러한 하이브리드 무선 네트워크 모델은 셀룰러 네트워크와 애드 혹 무선 네트워크를 결합한 구조를 가지고 있다. 따라서 하이브리드 무선 네트워크의 라우팅 프로토콜은 중앙 제어 노드를 통하여 애드 혹 무선 네트워크에서 발생하는 이동 노드들에 대한 토폴로지 유지 및 라우팅 경로 설정을 수행한다. 이동 노드의 관리를 위해 중앙 제어 노드는 지속적인 전원을 공급받아야 하며, 데이터 처리를 위한 충분한 처리 능력을 가지고 있다. 따라서 하이브리드 무선 네트워크에서 라우팅 프로토콜은 애드 혹 무선 네트워크보다 멀티 홉 지연시간이 감소되며, 재전송에 소모되는 전력을 줄일 수 있다. 더불어 주기적인 네트워크 토폴로지의 관리를 통해 이동 노드들에 대한 네트워크 신뢰성을 향상시키며, 최종적으로 안정적인 네트워크 토폴로지를 유지할 수 있다[10,11]. 이러한 하이브리드 무선 네트워크를 위하여 초기 단계의 네트워크 구조 및 라우팅 프로토콜들이 제안되었다[12,13].

### 3. 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜

본 논문에서 제안하는 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜(ZMRP: Zone Master-based Routing Protocol)은 그림 1과 같이 멀티 홉 기반의 네트워크 환경을 기반으로 하고 있다. 하이브리드 무선 네트워크에는 중앙 제어 노드로 존 마스터(Zone Master)를 둔다. 이때 존 마스터에 의해 관리되는 서비스 지역을 존(Zone)이라 일컫는다. 존 마스터는 존을 구성하기 위해 전력 공급이 충분히 보장되어야 하며, 라우팅 테이블의 관리 및 업데이트

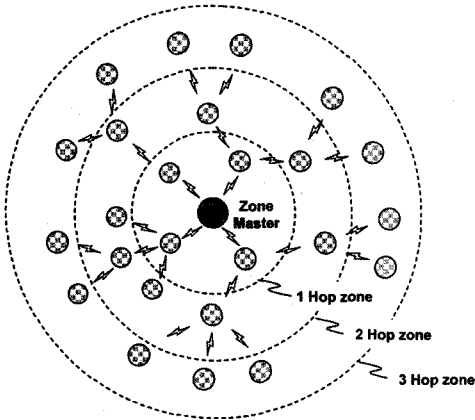


그림 1 하이브리드 무선 네트워크 모델

트를 위해 높은 데이터 처리 능력을 보장 받아야 한다. 제안하는 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜은 Intra-zone 라우팅 프로토콜과 Inter-zone 라우팅 프로토콜로 구분된다. Intra-zone 라우팅 프로토콜은 존 내부의 라우팅 기능을 수행하고, Inter-zone 라우팅 프로토콜은 존간 라우팅 기능을 수행한다. 본 논문에서는 Intra-zone 라우팅 프로토콜에 대해서만 언급한다.

존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜은 다음의 3가지 주요 알고리즘을 통해 동작한다.

**3.1 주변 노드 탐색**

주변 노드 탐색의 과정은 임의의 노드들에 대해 해당 노드와 존 마스터까지의 거리(홉 수)를 측정하기 위해 수행된다. 즉, 라우팅 테이블 정보(지리적 장소, 속도, 움직이는 방향, 이웃 이동 노드들에 대한 정보)를 통해 네트워크를 구성하고 있는 이동 노드와 존 마스터 사이의 거리를 결정하는 과정이다.

존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜에서 홉 수(Hop Count)는 이동 노드와 존 마스터 사이의 거리를 측정하

는 기준점으로 사용된다. 먼저 네트워크 구성을 위해 존 마스터는 자신의 홉 카운트 정보를 0으로 설정하며, 각 이동 노드들의 홉 카운트를 알기 위해 주기적으로 HOP\_Request 메시지를 주변 노드들에게 브로드캐스트 방식으로 전송한다. 메시지를 받은 이동 노드는 자신의 홉 카운트를 1로 설정하고, HOP\_Reply 메시지를 존 마스터에게 전송한다. 홉 카운트가 1로 설정된 이동 노드들은 주변의 이동 노드의 홉 카운트 설정을 위해 다시 HOP\_Request 메시지를 전송하게 되고, 메시지를 전송 받은 이동 노드 중 아직 홉 카운트가 정해지지 않은 이동 노드는 홉 카운트를 2로 설정한다. 이러한 과정은 네트워크 내의 모든 이동 노드에 대한 홉 카운트가 설정될 때까지 반복 수행한다. 그림 2는 이러한 주변 노드 탐색 과정을 거쳐 최종적으로 구성되는 네트워크 토폴로지를 나타내고 있다.

이러한 주변 노드 탐색 과정을 위해 모든 이동 노드들은 표 1과 같은 라우팅 테이블을 유지하며 관리한다. 라우팅 테이블을 통해 제공되는 정보는 이동 노드의 지리적 위치, 이동 속도와 방향, 주변 이동 노드들에 대한 홉 수나 대역폭 등과 같은 정보 등이 있다. 라우팅 테이블

표 1 라우팅 테이블 정보

Neighbor routing table of node N				
Node ID				
Hop				
Geographical Location				
Moving Speed				
Moving Direction				
Neighbor Nodes	Node ID	Hop	Bandwidth	Expiration Time
A	203.253.3.12	3	40	100
B	203.253.3.15	3	60	80
C	203.253.3.16	3	90	90
D	203.253.12.1	1	50	60

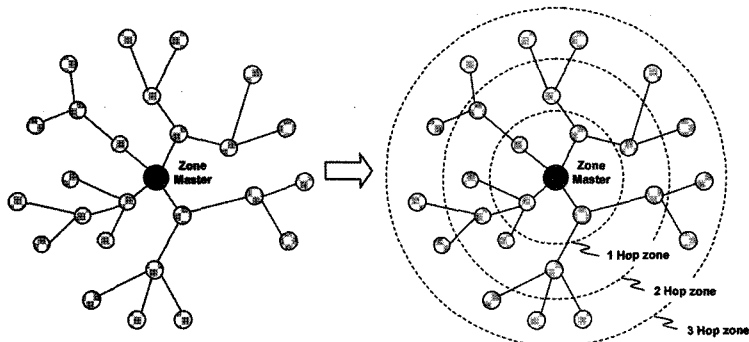


그림 2 주변 노드 탐색 과정 후 네트워크 토폴로지

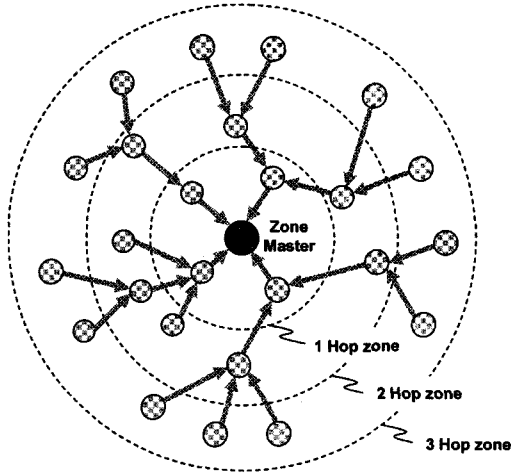


그림 3 라우팅 정보를 Zone Master에게 보고하는 과정

블에 대한 업데이트는 최적화된 경로를 제공하기 위해 매우 중요한 요소이기 때문에 주기적으로 이루어지며, 수시로 이동 노드의 변화가 발생할 때에도 수행된다. 그림 3은 주변 이동 노드들이 존 마스터에게 라우팅 정보를 전달하는 과정을 도시하고 있다.

**3.2 경로 탐색**

경로 탐색 과정은 송신 노드부터 수신 노드까지의 최적의 경로를 탐색하기 위해 수행된다. 이러한 최적의 경로 설정은 존 마스터를 통해 탐색되는데 경로 탐색 과정은 다음과 같다.

먼저 송신 노드가 데이터를 전송하고자 할 때 라우팅 테이블 정보를 사용하여 존 마스터에게 경로 탐색 요청 메시지인 RREQ(Route Request)를 전송한다. RREQ 메시지를 받은 존 마스터는 해당 노드가 요청한 최적의 경로 설정을 위해 최신의 네트워크 토폴로지를 유지해야 하는데, 이는 주기적이며 네트워크 토폴로지의 변화가 생겼다는 정보를 수신할 때마다 이루어진다. 경로 탐색 과정을 거쳐 송신 노드로부터 수신 노드까지의 최적의 경로가 설정되면 존 마스터는 송신 노드에게 전송 경로 정보가 담긴 RREP(Route Reply) 메시지를 전송한다. RREP 메시지를 받은 송신 노드는 메시지내의 전송 경로에 통해 데이터를 전송하게 된다.

**3.3 경로 관리**

마지막으로 경로 관리 과정에서는 경로 탐색 과정에서 결정되었던 송신 노드와 수신 노드 사이의 최적 경로를 기반으로 소스 라우팅을 수행하고, 네트워크 토폴로지가 변화할 때마다 관련 메시지를 통해 최신의 네트워크 토폴로지를 유지하는 기능을 수행한다. 이러한 경로 관리 과정에서의 존 마스터는 송신 노드에게 Error Report 메시지를 부여하여, 경로 탐색이 실패하거나 노

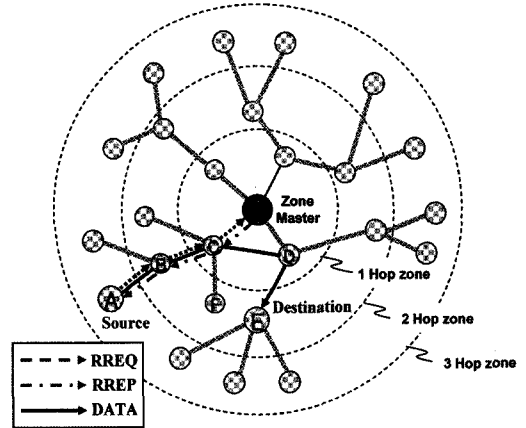


그림 4 경로 탐색과 경로 관리 과정

드의 이동에 따른 전송 경로가 끊어질 때를 대비한다. 그림 4는 경로 탐색 과정을 포함한 경로 관리 과정을 도시하고 있다.

이러한 경로 관리 과정에서 존 마스터는 전송 경로의 재설정을 위해 소요되는 시간을 최소화하기 위해 링크 끊김 예측 알고리즘을 사용할 수 있다. 이러한 링크 끊김 예측 알고리즘은 이동 노드의 홉 카운트, 지리적 위치, 이동 속도와 방향을 참조하여 결정한다. 링크 끊김 예측 알고리즘의 예로 그림 4와 같은 네트워크 토폴로지에서 존 마스터는 송신 노드 A에게 수신 노드 E까지의 최적 경로(A-B-C-D-E)를 RREP 메시지를 통해 알려준다. 만약 데이터 전송 도중에 이동 노드들의 이동 속도와 방향을 예측하여 B 노드의 링크가 끊어질 것을 미리 예측을 하게 된다면 존 마스터는 B 노드의 링크가 끊어지기 전에 송신 노드 A에게 새로운 경로(A-B-C-F-E) 정보를 홍보하여 패킷 전송이 끊임없이 계속될 수 있도록 한다.

**4. 모의 실험**

**4.1 모의실험 환경**

본 논문에서 제안하는 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜의 성능을 평가하기 위해 다음과 같은 모의실험을 수행하였다. 그림 5는 모의실험에서 사용된 네트워크 토폴로지를 도시하고 있으며, 모의실험 환경은 C++ 프로그램 언어를 사용하였다. 그림 5에서와 같이 존 마스터는 네트워크 중심에 위치하고 있으며, 이동 노드는 1.5km 반경 내에 70개 정도가 존재한다. 이때 홉 카운트는 최대 5홉까지로 설정하였다. 또한 모의실험을 위해 사용된 관련 파라미터는 표 2와 같다. 한편, 모의실험을 통한 비교는 하이브리드 무선 네트워크에 AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector)를 적용한 경우와

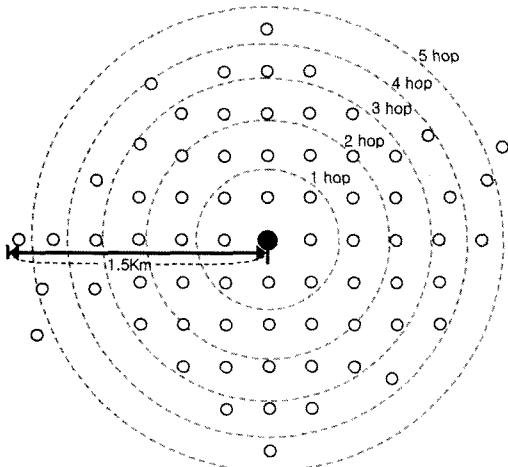


그림 5 시뮬레이션 토폴로지

표 2 시뮬레이션 파라미터

Parameter	Value
Number of Nodes	30~70
Link Bandwidth [Mbps]	1
Packet Size [Byte]	100
Buffer Size [Mbyte]	1
Mobility [Km/h]	0~25
Simulation Time [Sec]	500

제안한 존 마스터 기반 라우팅 프로토콜을 적용한 경우를 고려하였다. 비교 성능 지표로 평균 제어 메시지 오버헤드, 평균 경로 설정 지연 시간, 수율(Throughput)과 데이터 전송 성공률을 고려하였다.

4.2 모의실험 결과 및 분석

그림 6은 토폴로지 내의 이동 노드 수를 10개 단위로 증가시켰을 경우, 경로를 획득하는데 소모되는 제어 메시지의 수와 평균 경로 설정 시간을 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 AODV 방식을 사용하여 라우팅 프로토콜을 수행할 경우 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜을 사용할 경우 보다 매우 많은 제어 메시지를 사용한다는 것을 알 수 있다. 즉 AODV 방식을 사용할 경우 다수의 제어 메시지가 필요로 하게 되고, 이는 네트워크 자원의 소모가 급격히 증가하게 되어 데이터 전송이 불안정하게 된다. 또한 평균 경로 설정 시간에서도 이동 노드의 수가 증가할수록 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜이 AODV 방식보다 더 낮은 평균 경로 설정 시간이 걸린다. 즉, AODV 방식은 송신 노드와 수신 노드 간의 홉이 증가할수록 경로 설정 시간이 증가하지만, 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜에서는 존 마스터를 이용하여 최적의 경로를 설정하기 때문에 네트워크 내에 이동 노드가 증가하여도 매우 빠르게 경로를 설정할

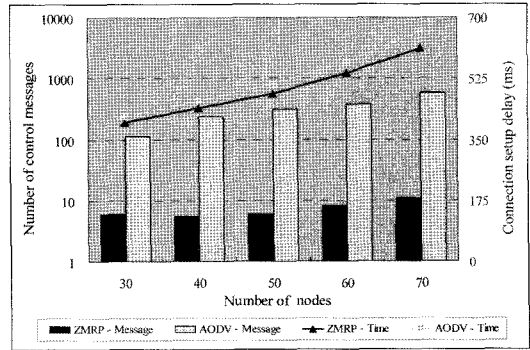


그림 6 이동 노드 수에 따른 제어 메시지 수와 평균 경로 설정 시간

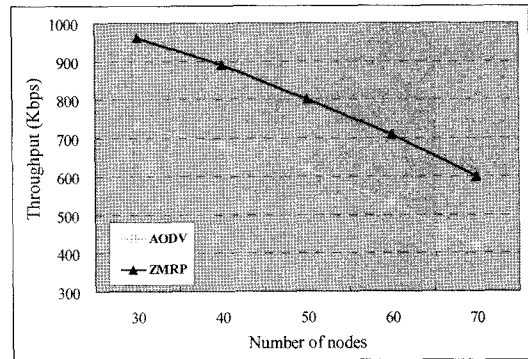


그림 7 이동 노드 수의 변화에 따른 데이터 처리량 비교

수 있게 된다.

그림 7은 이동 노드 수의 변화에 따른 데이터 처리량을 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜을 사용할 경우 AODV 방식보다 매우 높은 데이터 처리량을 보이고 있다. 이는 최적의 전송 경로 설정과 경로 끊김 예측 알고리즘을 통해 경로 재설정 시간을 줄여 데이터를 보다 많이 처리할 수 있기 때문이다.

그림 8은 노드의 이동 속도 변화에 따른 데이터 처리량을 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 노드의 이동 속도가 작을 경우 두 방식의 성능 차이는 없으나 이동 노드 속도가 증가할수록 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜이 AODV 보다 많은 데이터를 처리하는 것을 알 수 있다.

그림 9는 이동 노드 수가 40개 일 때 이동 노드의 속도의 변화에 따른 데이터 전송 성공률을 나타내고 있다. 그림에서와 같이, AODV 방식을 사용한 경우 노드의 이동 속도가 10Km/h 이상으로 증가할 경우 80% 이하의 데이터 전송 성공률을 보이는 반면 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜을 사용할 경우 노드의 이동 속도에

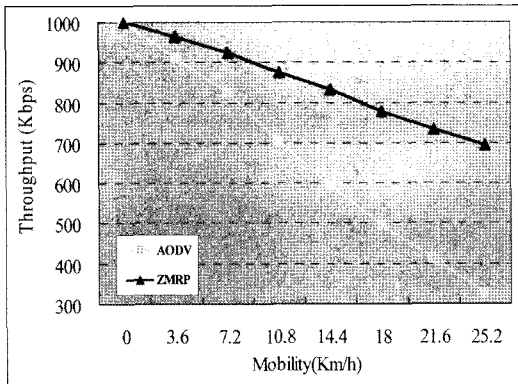


그림 8 이동 노드의 속도 변화에 따른 데이터 처리량 비교

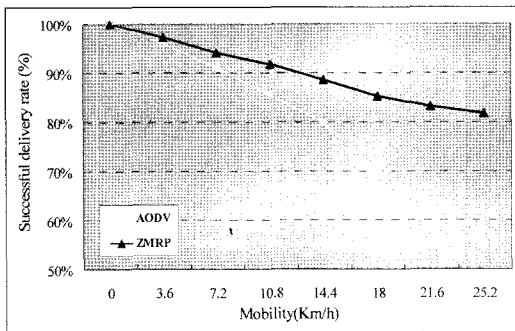


그림 9 이동 노드의 속도 변화에 따른 전송 성공률 비교

변화에도 80% 이상의 데이터 전송 성공률을 유지할 수 있음을 알 수 있다. 즉, 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜은 존 마스터로부터 획득하는 최적의 경로를 통해 매우 안정된 데이터 전송이 가능하다.

### 5. 결론

본 논문에서는 기존 애드 혹 네트워크 라우팅 프로토콜의 문제점 극복을 위하여 하이브리드 무선 네트워크에서의 존 마스터 기반 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜에서는 급격하게 변화하는 네트워크 토폴로지를 존 마스터가 빨리 감지할 수 있으며, 이를 통해 최신의 네트워크 토폴로지를 유지한다. 이를 기반으로 애드 혹 네트워크를 위해 제안된 기존의 라우팅 프로토콜에 비해 보다 안정적이며 효율적인 라우팅 과정을 수행할 수 있었다. 모의실험 결과, 다양한 무선 네트워크 환경에서 존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜은 노드 수의 증가나 노드의 이동 속도의 급격한 변화에도 안정적인 데이터 전송이 가능하였으며, 데이터 전송 성공률 측면에서도 매우 우수한 성능을 확인할 수 있었다.

### 참고 문헌

- [1] Joseph, Macker, Scott and Corson: Mobile Ad-hoc Networks (MANET), IETF Working Group Charter, <http://www.ietf.org/html.charters/manet.charter.html>
- [2] C. Siva Ram Murthy and B. S, Manoj, Ad Hoc Wireless Networks Architectures and Protocols, Prentice Hall PTR, New Jersey, 2004.
- [3] B. S. Manoj, R. Ananthapadmanabha and C. Siva Ram Murthy, "Multi-Hop Cellular Networks: The Architecture and Routing Protocol for Best-Effort and Real-Time Communication," in Proc IRISS' 2002, Bangalore, India, Mar. 2002.
- [4] C. E. Perkins and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination Sequenced Distance-Vector (DSDV) Routing for Mobile Computers," Proceedings of ACM SIGCOMM, pp. 234-244, Aug. 1994.
- [5] T. H. Clausen, G. Hansen, L. Christensen and G. Behrmann, "The Optimized Link State Routing (OLSR) Protocol, Evaluation Through Experiments and Simulation," Proceedings of IEEE Symposium on Wireless Personal Mobile Communications, Sep. 2001.
- [6] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," Proceedings of IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp. 90-100, Feb. 1999.
- [7] I. Chakeres and C. Perkins, "Dynamic MANET On-demand (DYMO) Routing : draft-ietf-manet-dymo-04," IETF MANET Working Group, Mar. 2006.
- [8] D. B. Johnson and D. A. Maltz, "Dynamic Source Routing (DSR) in Ad Hoc Wireless Networks," Mobile Computing, Kluwer Academic Publishers, vol. 353, pp. 153-181, 1996.
- [9] Zygmunt J. Haas, Marc R. Pearlman and Prince Samar, "The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks," Internet-draft, raft-ietf-manet-zone-zrp-04.txt, 2002.
- [10] V. Sekar, B. S. Manoj and C. Siva Ram Murthy, "Routing for a Single Interface MCN Architecture and Pricing Schemes for Data Traffic in Multi-Hop Cellular Networks," in Proc ICC'2003, vol. 2, pp. 969 - 973, May. 2003.
- [11] B. S. Manoj and C. Siva Ram Murthy, "A High-Performance Wireless Local Loop Architecture Utilizing Directional Multi-Hop Relaying," Technical Report, Department of Computer Science and Engineering, Indian Institute of Technology, Madras, India, Jun. 2002.
- [12] Y. D. Lin. And Y. C. Hsu, "Multi-Hop Cellular: A New Architecture for Wireless Communications," Proceedings of IEEE INFOCOM 2000, pp. 1273-1282, Mar. 2000.
- [13] R. Ananthaphdmanabha, B. S. Manoj, and C. S. Murthy, "Multi-Hop Cellular Networks: The archi-

ecture and routing protocol," Proceedings of IEEE PIMRC 2001, vol. 2, pp. 78-82, Oct. 2001.



임 세 영

2005년 숭실대학교 정보통신전자공학부 졸업(학사). 2007년 숭실대학교 정보통신공학과 졸업(석사). 2007년~현재 숭실대학교 정보통신공학과 박사과정. 관심분야는 애드 혹 네트워크, QoS, 멀티캐스트 라우팅 프로토콜



김 훈

2006년 숭실대학교 정보통신전자공학부 졸업(학사). 2006년~현재 숭실대학교 정보통신공학과 석사과정. 관심분야는 애드 혹 네트워크, QoS



유 명 식

1989년 고려대학교 전자전산공학과 졸업(학사). 1991년 고려대학교 전자공학과 졸업(석사). 2000년 SUNY at Buffalo, Dept. of EE (박사). 2000년 9월~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 조교수. 관심분야는 WDM 광 네트워크, 가입자망, 애드 혹 네트워크, 무선 MAC, USN