

MANET에서 Power-Aware를 고려한 2계층 Zone기반 라우팅 프로토콜(ZTPA)

김소정*, 원수섭*, 박해웅*, 송주석*

*연세대학교 컴퓨터과학과

e-mail:sjkim@emerald.yonsei.ac.kr

A Zone-Based Two-Level Routing with Power-Aware (ZTPA) for MANETs

So-Jung Kim*, Soo-Seob Won*, Hae-Woong Park*, Joo-Seok Song*

*Dept of Computer Science, Yon-Sei University

요 약

MANET(Mobile Ad Hoc Network)이란 어떠한 기반 구조나 중앙의 관리없이 동적으로 임시 네트워크를 형성하는 무선 mobile node의 집합이다. 이 논문에서는 MANET에서 근원지 node가 목적지 node로의 route를 발견하기 위해 전체 네트워크를 대상으로 route request 패킷을 flooding 할 경우 결과적으로 네트워크의 성능을 저하시킨다는 점과 mobile node가 제한된 양의 power를 가지고 있다는 점에 초점을 맞추어 연구가 진행되었다.

다시 말해 이 논문에서 제안된 ZTPA 라우팅 프로토콜은 기존의 ZRP를 기본으로 서로 겹치지 않는 격자 모양의 zone으로 네트워크가 구성된다. 또한 proactive 라우팅이 이루어지는 IARP에서 route 설정 시 현재 node에 남아있는 power를 고려한 CMMBCR 라우팅 프로토콜이 사용되며 이와 더불어 두 개의 임계치(SVSZ, FVSZ)를 사용함으로써 설정된 route의 수명을 연장하고 신뢰성 있는 데이터 전송이 가능하여 전체적인 네트워크의 성능 향상을 야기할 수 있다.

1. 서론

최근 무선 통신이 광범위하게 사용되어짐에 따라 사용자들은 언제 어디서나 PDA나 laptop 같은 자신의 장비만을 가지고 인터넷에 접속하기 원한다. 즉, 사용자 장비(Mobile node)는 mobility가 지원 가능해야 하며, 이러한 mobility 서비스를 극대화하기 위해 MANET[1]이 등장하였다.

MANET(Mobile Ad Hoc Network)이란 어떠한 기반 구조나 중앙 집중적인 관리없이 동적으로 임시 네트워크를 형성하는 무선 mobile node의 집합이다. MANET에서 각각의 노드들은 그 자신이 라우터 역할을 수행하며 그들이 패킷이나 메시지를 전송하는데 필요한 route를 찾아준다.

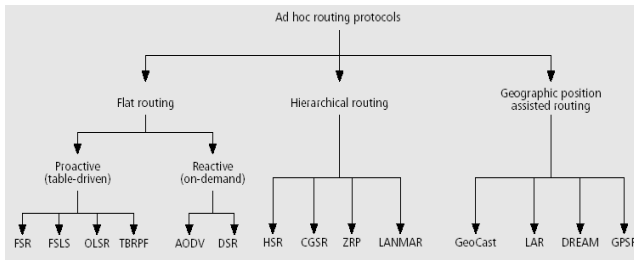
이 논문에서는 일반적으로 근원지 node가 목적지 node로의 route를 발견하기 위해 전체 네트워크를 대상으로 route request 패킷을 flooding 할 경우에 결과적으로 네트워크의 성능이 저하된다는 점과

현재 MANET에서의 중대 이슈 중 하나인 mobile node가 제한된 양의 power를 가지고 있다는 점에 초점을 맞추어 연구가 진행되었다.

따라서 이 두 가지 측면을 모두 고려하여 결과적으로 일단 설정된 네트워크 path의 주기를 연장시켜 전송된 패킷의 누락율을 최소화하기 위한 라우팅 프로토콜을 제안하고자 한다.

2. 관련 연구

최근 Mobile Ad Hoc Network 환경에서 서로 통신하고 있는 두 node 사이의 route를 효율적으로 찾기 위해 많은 라우팅 프로토콜들이 제안되었다. 이러한 라우팅 프로토콜들은 모두 기본적으로 동시에 높은 데이터 패킷 전송율과 낮은 라우팅 컨트럴 트래픽 제공을 고려하고 있으며, 다음 (그림1)과 같이 크게 세 가지 카테고리로 분류될 수 있다: Flat, Hierarchical, Geographic position[2].



(그림 1) Ad Hoc 라우팅 프로토콜의 분류

Flat 라우팅 프로토콜은 라우팅에 참여하는 각각의 node가 동등한 역할을 수행하며, 다시 proactive와 reactive 방식으로 분류되어진다.

Proactive의 경우 모든 네트워크 토폴로지 정보가 항상 모든 node들에게 완벽하게 제공되기 때문에 데이터 전송에 있어 거의 지연이 존재하지 않는다. 그러나 라우팅 테이블을 항상 최신 값으로 유지해야하므로 엄청난 양의 라우팅 트래픽이 발생한다. Reactive의 경우는 오직 요청이 있을 때에만 route가 제공된다. 즉, 요청된 route가 현재 사용불가능할 때 route query 단계가 초기화되며 route가 발견될 때까지 데이터 전송이 지연된다는 단점이 있다.

Flat 라우팅 프로토콜과 달리 Hierarchical 라우팅 프로토콜은 보통 네트워크에 존재하는 node들에게 서로 다른 레벨의 권한을 부여하며, Geographic position 라우팅의 경우에는 각각의 node들이 Global Positioning System(GPS)를 장착하도록 요구된다.

이 논문에서 제안된 ZTPA 프로토콜을 이해하기 위해 기본 바탕을 이루는 대표적 hierarchical 라우팅인 ZRP에 대해 자세히 알아보자.

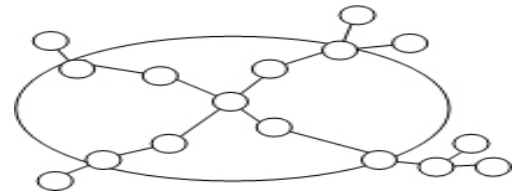
3. ZRP (Zone Routing Protocol) 개요

ZRP는 proactive와 reactive(on-demand)가 결합한 hybrid 형태의 라우팅 프로토콜로 두 프로토콜의 장점을 모두 가지고 있다[3, 4].

또한 ZRP는 zone의 반지름이 2 hop인 (그림2)와 같이 자신을 중심으로 hop 수에 기반한 최소 거리에 있는 모든 node들의 집합인 zone을 갖으며, zone 내에서의 라우팅과 zone 사이의 라우팅은 서로 독립적으로 운영된다. 다시 말해 ZRP는 크게 두 가지 프로토콜로 구성되어 있다: IARP, IERP.

IARP(Intra-zone Routing Protocol)는 제한된 범위 내의 프로토콜로 이 범위는 routing zone의 반지름으로 규정된다. 이 때 node X의 routing zone이란 X로부터 zone의 반지름보다 크지 않는 최소 거리에 있는 node들의 집합을 의미한다. IARP는 특정 프로

토콜이 정의되지는 않았지만 proactive 방식이 사용되어, zone 내의 모든 node들은 존재 가능한 모든 route를 알 수 있다.



(그림 2) 반지름이 2hop인 Routing zone

서로 다른 zone에서 reactive 방식으로 작동되는 IERP(IntEer-zone Routing Protocol)는 임의의 node가 사용가능하지 않은 route를 필요로 할 때 필요하다. 즉, IERP는 route discovery 프로세스를 초기화하고, request를 전체 네트워크에 flooding 하는 대신에 bordercasting을 사용하여 근원지 node는 같은 zone에 위치하지 않은 목적지 node를 찾을 수 있다.

4. MANET에서 Power-Aware를 고려한 2계층 Zone기반 라우팅 프로토콜 (ZTPA)

4. ZTPA의 기본 구조

(1) Zone

앞서 살펴본 바와 같이 ZRP는 hop수에 기반하여 최소 거리안의 모든 node 집합을 zone이라 한다. 이와 달리 ZTPA는 전체 네트워크가 서로 겹쳐지지 않은 격자 모양의 zone으로 구성되어 있다. 또한 zone 내의 각각의 node들 역시 GPS를 통해 자신의 NODE ID, 현재 위치를 통한 ZONE ID, Power 값을 알 수 있다고 가정된다.

이 때 zone 파티션은 크게 지리적 방식과 라디오 전파 방식을 사용할 수 있는데, frequency 재사용을 고려할 경우 라디오 전파 방식이 좀 더 정확하다. 그러나 실제 Ad hoc 환경이 전쟁과 같이 위급한 상황에서 통신할 경우 전파를 측정한다는 것이 불가능하므로 이 논문에서는 지리적인 위치에 따라 zone을 나누었다[5].

(2) 2계층 구조

ZTPA는 ZRP의 특성상 크게 2계층으로 구성된다. 즉, zone 내의 node들을 물리적으로 연결하는 node-level(low-level)과 서로 다른 zone을 연결하는 gateway node 사이의 가상적인 연결인 zone-level(high-level)로 구성되어 있다.

이를 위해 분산된 node들의 identity와 라우팅을 위한 테이블로 NODE ID, power, 인접한 ZONE ID를 속성으로 하는 node-SRT(State Routing Table)와 각각의 zone과 이와 인접한 zone의 ID로 구성된 zone-SRT가 존재한다.

4.2 Power-Aware Routing Protocol 개요

오늘날 MANET 환경에서 대부분의 mobile host들은 power를 사용하여 작동된다. 그 만큼 네트워크에서의 power 소모를 줄여 전체 네트워크의 수명을 연장시키는 것이 중요한 문제로 부각되고 있다. 기존의 Power-Aware 라우팅 프로토콜로는 크게 세 가지가 있다: MTPR, MMBCR, CMMBCR.

MTPR(Minimum Total Transmission Power Routing)은 전체 데이터 전송에 있어 패킷마다 소모되는 전송 power를 감소하기 위한 것으로 기본적으로 요구되는 전송 power는 d^α 에 비례한다. (d : 두 노드 사이의 거리, α : 2와 4 사이의 거리)

MMBCR(Min-Max Battery Cost Routing)은 각 node의 수명을 연장하고자 node에 남아있는 power가 더 많은 경우 라우팅에 좀 더 많이 참여된다. 그러나 목적지 node까지 가능한 route 중에서 가장 많은 여분의 power를 가진 route가 설정되기 때문에 최소 전송 거리를 보장해 주지는 못한다.

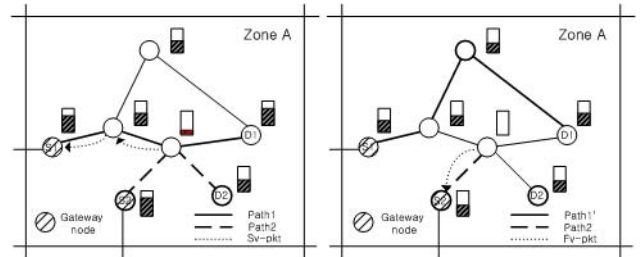
CMMBCR(Conditional Max-Min Battery Capacity Routing)은 MTPR과 MMBCR의 hybrid 형태로 전송 power와 node에 남아있는 power를 고려한 route 설정이 가능하다. 즉, node에 남아있는 power가 임계치 ν 보다 큰 경우 중에서 최소 전송 power를 가지는 route가 선택된다.

위와 같이 이미 MTPR, MMBCR, CMMBCR 등 power를 고려한 프로토콜이 소개되어 이를 활용한 라우팅 방법들이 제안된 바 있다[6, 7]. 이 논문에서는 node의 power를 고려하는 CMMBCR과 두 개의 임계치를 ZTPA의 IARP에 적용하는 새로운 라우팅 프로토콜을 제안한다.

4.3 ZTPA의 Routing 방법

ZTPA의 IARP에서는 기존의 reactive 라우팅 프로토콜이 사용되나 근원지에서 목적지로의 route 설정시 중간 node들을 기록하지 않는다. 즉, 오직 근원지 NODE ID, 해당 ZONE ID, 목적지 NODE ID, ZONE ID(미정)으로만 라우팅이 이루어지므로 노드들의 미세한 이동에는 영향을 받지 않는다.

그러나 IARP에서는 Power를 고려한 수정된 라우팅 프로토콜이 사용되며, 기본적으로 각각의 노드들이 서로의 node-SRT를 주고받아 node-level 라우팅 테이블이 형성된다. 이 때 ZRP 특성상 부가적인 오버헤드가 발생하지 않는다. 다음 (그림3)은 IARP에서 라우팅이 이루어지는 과정을 나타낸 것이다.



(그림 3) IARP에서의 라우팅 과정

(1) Route Discovery

Route request가 들어오면 근원지는 같은 zone 내에 목적지가 존재하는지 node-SRT를 통해 확인한다. 만약 존재할 경우 node의 남아있는 power를 기반으로 CMMBCR 라우팅 프로토콜을 사용하여 route가 설정된다.

즉, IARP에서의 라우팅은 기본적으로 서로 다른 zone을 연결하는 gateway node로부터 시작되며, 이 때 zone 내의 모든 노드가 주기적으로 broadcast하여 업데이트된 node-SRT에 기반하여 노드의 위치와 power를 고려한 라우팅 path가 설정된다.

(2) Route Maintenance

Route가 설정된 후에도 실제 MANET 환경에서 mobile node들은 모두 제한된 양의 power를 가지고 있기 때문에 route 손실이 발생한다. 이를 해결하고자 CMMBCR이 사용되었지만 이것 역시 처음 route를 생성할 때 남아있는 node power만을 고려한 것이므로 실제 데이터가 전송되고 있는 동안 node의 power 소모는 반영되지 않았다.

이러한 상황에서 route 수명 연장과 패킷의 누락을 최소화 등 신뢰 있는 라우팅을 위해 두 개의 임계치가 사용된다: SVSZ(Selective-Victim-Search-Zone), FVSZ(Forced-Victim-Search-Zone)

SVSZ는 node의 power가 낮지만 아직은 데이터 전송이 가능하므로 적절한 대체 경로를 찾으라는 경고에 해당하며, 이 때 아무런 대안이 제시되지 않으면 결국 더 이상 데이터 전송을 하지 않는 FVSZ 상태에 돌입하게 된다. 즉, node에 남아있는 power

가 SVSZ에 도달시 해당 node는 route의 근원지에게 경고 패킷(Sv-pkt)을 전송하게 되고, 근원지는 좀 더 소모가 많은 route의 경로를 재설정한다.

때로 대체 경로가 제공되어도 변경되지 않은 기존 route의 계속되는 데이터 전송은 node의 power 소모를 야기할 수 있다. 이 때도 마찬가지로 node는 FVSZ 상태에 도달하게 되며, 해당 노드는 SVSZ와는 달리 더 이상 데이터 전송이 이루어지지 않은 채 route의 근원지에게 대체 경로를 찾으라는 강제 패킷(Fv-pkt)을 전송한다.

이와 같은 방법을 통해 ZTPA는 ZRP의 hybrid 성격에 Power-aware 라우팅인 CMMBCR과 두 개의 임계치를 사용하여 데이터 전송이 있을 때에도 가능한 오랫동안 route의 손실이 발생하지 않는다.

5. 결론

이 논문에서 제안된 ZTPA 프로토콜은 기존의 ZRP를 기본으로 한다. 즉, proactive와 reactive의 hybrid한 형태로 zone 내부의 IARP에서는 proactive한 모드로 작동되며, 서로 다른 zone 사이의 IERP에서는 reactive(on-demand) 모드로 라우팅이 이루어진다.

하지만 기존의 hop 수 기반의 zone이 아닌 서로 겹치지 않는 격자 모양의 zone 형태를 갖는다. 이를 통해 ZRP의 문제점 중 하나였던 zone의 서로 겹치는 부분의 경우 양쪽 zone의 라우팅에 모두 참여함에 따라 어떤 측면에서는 무의미할 수 있는 자원이 사용되는 것을 막을 수 있고, 이와 더불어 zone에 포함되지 않는 범위가 발생하는 것과 같은 최악의 경우도 존재하지 않는다.

ZTPA는 이에 그치지 않고 한 가지 측면을 더 고려하여 제안된 라우팅 프로토콜이다. 즉, route discovery는 물론 실제적인 데이터 전송이 이루어질 때에도 네트워크에서의 패킷 전송 power는 물론 그때 route discovery에 참여 가능한 후보자 node의 남아있는 power를 고려한다. 이를 위해 IARP에서의 라우팅 프로토콜로 CMMBCR과 두 개의 임계치(SVSZ, FVSZ)를 사용하여 주기적으로 node의 상태를 broadcast 받는다. 물론 이 때 발생하는 주기적인 broadcast는 최근 대중적으로 사용되는 reactive(on-demand) 라우팅 프로토콜의 경우 오버헤드로 작용될 수 있지만, ZTPA에서는 오히려 IARP에서의 라우팅 프로토콜이 proactive한 성격을 갖는다는 특별한 특성으로 인해 전체 네트워크의 성능에는 큰

영향을 미치지 못한다.

물론 이와 같이 ZTPA 방식으로 route를 설정할 경우 기존의 최단 거리 라우팅 방식이 아닌 node에 남아있는 전력을 고려한 route가 설정되기 때문에 node에 참여하는 hop의 수는 증가할 수 있다. 그러나 ZTPA는 이를 고려하지 않은 경우보다 실제적인 데이터를 전송하는 네트워크의 수명이 연장되고 전체적으로 전송된 패킷의 양이 증가함은 물론 빈번한 route 설정에 걸리는 오버헤드의 감소로 전체적인 성능은 급격히 향상될 수 있다.

참고문헌

- [1] Internet Engineering Task Force, "Manet working group charter", <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>.
- [2] X. Hong, K. Xu, and M. Gerla, "Scalable routing protocols for mobile ad hoc networks", IEEE Network magazine, vol 16, no. 4, 2002
- [3] Z.J. Haas and M.R. Pearlman, "The Zone Routing Protocol(ZRP) for Ad Hoc Networks", Internet Draft, draft-ietf-manet-zone-zrp-02.txt, June 1999.
- [4] XiaoFeng Zhang, Lillykutty Jacob, "Adapting Zone Routing Protocol for Heterogeneous Scenarios in Ad Hoc Networks", In Proc. ICPP-03, Taiwan, October 2003.
- [5] M. Joa-Ng and I.-T. Lu, "A Peer-to-Peer Zone-Based Two-Level Link State Routing for Mobile Ad Hoc Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Special Issue on Wireless Ad Hoc Networks, vol.17, no.8, pp.1415-1425, August 1999.
- [6] CK Toh, "Maximum Battery Life Routing to Support Ubiquitous Mobile Computing in Wireless Ad hoc Networks", IEEE Communication Magazine, June 2001.
- [7] Dongkyun Kim, Jaewoo Park, CK Toh, and Yanghee Choi, "Power-aware Route Maintenance Protocol for Mobile Ad Hoc Networks", ICT, Papeete, French Polynesia, vol.1, pp.501-506, Feb. 2003.