

논문 2008-5-21

모바일 애드 혹 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 성능분석

Performance Comparison of Mobile Ad Hoc Multicast Routing Protocols

이주한*, 조진웅**, 이장연**, 이현석**, 박승권*

Joo-Han Lee, Jin-Woong Cho, Jang-Yeon Lee, Hyeon-Seok Lee
and Sung-Kwon Park

요약 애드 혹 네트워크는 인프라스트럭처를 가지지 않는 멀티 홉의 무선 모바일 노드들로 구성된다. 모바일 애드 혹 네트워크상의 노드들의 이동성 때문에 네트워크의 토폴로지는 빈번히 변화한다. 이러한 환경에서 멀티캐스트 프로토콜은 멀티 홉 경로 생성 및 대역폭 제한이라는 문제에 직면하게 된다. 많은 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들이 이미 제안되었다. 우리는 두 가지 애드 혹 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 - Serial Multiple Disjoint Tree Multicast Routing Protocol(Serial MDTRP)와 Adaptive Core Multicast Routing Protocol(ACMRP)의 성능을 비교분석하였다. 비교분석에 사용된 시뮬레이션툴은 GloMoSim을 사용하였다.

Abstract An ad hoc network is multi-hop wireless formed by mobile node without infrastructure. Due to the mobility of nodes in mobile ad hoc networks, the topology of network changes frequently. In this environments, multicast protocols are faced with the challenge of producing multi-hop routes and limitation of bandwidth. We compare the performance of two multicast routing protocols for mobile ad hoc networks - Serial Multiple Disjoint Tree Multicast Routing Protocol (Serial MDTRP) and Adaptive Core Multicast Routing Protocol (ACMRP). The simulator is implemented with GloMoSim.

Key Words : 애드 혹 네트워크, 멀티캐스트 라우팅 프로토콜, Serial MDTRP, ACMRP

1. 서론

모바일 애드 혹 네트워크(MANET) [9]는 베이스 스테이션 같은 설치된 인프라스트럭처를 사용하지 않고 노드들이 멀티 홉 무선 링크를 통해서 통신을 한다. 애드 혹 네트워크에서 각각의 노드들은 라우터 같은 역할을 한다. 애드 혹 네트워크 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 주 과제는 각각의 통신 노드들에게 멀티 홉 경로를 제공하는 방법이다. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 노드들의 높은 이동성으로 인한 빈번하고 예측불능한 네트워크 토폴로지의 변화에 대한 대응이 빨라야한다. MANET에서 유니캐스트 라우팅 프로토콜을 이용한 점대점 통신은 많은 연구가 되어왔다. 하지만 대부분의 MANET 어플리케이션들은 그룹 통신에서 동작한다. 그러므로 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이 필요하다. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 크게 트리 기반과 메쉬 기반 두 가지로 분류된다. 트리 기반 프로토콜은 유선네트워크 환경에 매우 정립된 방식이다. 유선 네트워크에서 멀티캐스트를 제공하기 위한 많은 방식들은 거의소스 기반 또는 공유 트리 기반이다. 트리 기반 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 예로는 Ad hoc Multicast Routing Protocol Utilizing Increasing ID Numbers (AMRIS) [10], Multicast Ad hoc On-Demand Distance Vector (MAODV) [11],

*정회원, 한양대학교 전자통신컴퓨터공학부

**정회원, 전자부품연구원 통신 네트워크 센터

접수일자 2008.9.11, 수정완료 2008.9.29

Bandwidth Efficient Multicast Routing Protocol (BEMRP) [12], Adaptive Demand-driven Multicast Routing Protocol (ADMR) [13], 그리고 Serial Multiple Disjoint Tree Multicast Routing Protocol (Serial MDTMR) [1] 등이 있다. 메쉬 기반 프로토콜은 소스와 목적지 간에 다중의 경로를 가진다. 멀티캐스트 데이터는 주 경로가 파손되었을 경우 대안의 경로를 통해서 목적지로 전송이 된다. 메쉬 기반 멀티캐스트 프로토콜의 예로는 On-Demand Multicast Routing Protocol (ODMRP) [14], Forwarding Group Multicast Protocol (FGMP) [15], Core-Assisted Mesh Protocol (CAMP) [16], Dynamic Core-based Multicast Protocol (DCMP) [17] 그리고 Adaptive Core Multicast Routing Protocol (ACMRP) [2] 등이 있다.

우리의 목적은 애드 혹 네트워크의 두 가지 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 성능을 비교분석하는 것이다. 우리는 노드의 이동 속도 변화를 통해 이동성의 효과를 살펴봤다. 이 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 다음 장에서는 Serial MDTMR과 ACMRP에 대해 기술하여 설명한다. 3장에서는 시뮬레이션 환경과 두 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 성능 분석을 포함하고 있다. 마지막으로 4장에서는 결론을 내린다.

II. 멀티캐스트 프로토콜

1. Serial Multiple Disjoint Multicast Routing Protocol (Serial MDTMR)

Serial Multiple Disjoint Multicast Routing Protocol (Serial MDTMR)은 다중의 멀티캐스팅 스트림을 위해 두 개의 디스조인트한 멀티캐스트 트리를 구성한다. Serial MDTMR은 두 개의 트리의 디스조인트함을 유지함으로써 합당한 연결성을 유지한다. 기본 프로토콜은 다음과 같다. 먼저 가장 짧은 경로의 멀티캐스트 트리를 구성한다. 그 다음 첫 번째 트리의 중간 노드들과 겹치지 않게 다른 짧은 경로의 두 번째 트리를 구성한다. 두 트리가 중간 노드들을 공유하지 않기 때문에 두 트리는 서로 디스조인트하다.

ODMRP와 유사하게, Serial MDTMR의 그룹 멤버십과 멀티캐스트 트리는 소스의 요구에 의해 구성되고 업데이트 된다. 멀티캐스트 소스가 패킷들을 전송 할 때, 멀

티캐스트 트리 구성/ 재구성 두 단계를 시작한다. 첫 번째 단계에서 소스는 전 네트워크에 트 ID를 포함한 JOIN REQUEST 메시지를 브로드캐스트 한다. 노드가 첫 번째 트리를 위한 중복되지 않는 JOIN REQUEST 메시지를 수신하면 상향 노드 ID를 저장하고 그 패킷을 다시 브로드캐스트 한다. JOIN REQUEST 메시지가 멀티캐스트 리시버에 도착하면 리시버는 자신의 멤버 테이블에 소스 엔트리를 생성 또는 업데이트한다. 그리고 리시버는 JOIN ACK 메시지를 가장 짧은 역 경로를 통해 멀티캐스트 소스에 유니캐스트 한다. 역 경로 중의 중간 노드가 중복되지 않는 JOIN ACK 메시지를 수신하면, 포워딩 테이블에 거기에 상응하는 포워딩 상태를 업데이트하고 자신의 상향 노드로 그 메시지를 포워드 한다. 트리의 각 중간 노드는 트리 형성 사이클 동안 오직 한번만 JOIN ACK 메시지를 포워드 한다. 그러므로 두 트리는 중간 노드들을 공유하지 않게 된다.

첫 번째 JOIN ACK 메시지를 수신하면 멀티캐스트 소스는 두 트리의 디스조인트함을 위해 두 번째 JOIN REQUEST 메시지를 브로드캐스팅하기 전에 짧은 시간 동안 대기한다. 노드가 중복되지 않은 JOIN REQUEST 메시지를 수신하면 첫 번째 트리의 중간 노드를 제외한 다른 노드들에게 그 패킷을 포워드 한다. JOIN REQUEST 메시지가 리시버에 도착하면, 리시버는 두 번째 트리 형성을 위해 JOIN ACK를 유니캐스트 한다.

그림 1은 트리 형성의 전 과정을 보여주고 있다. 점선은 네트워크의 아래에 깔려 있는 토폴로지를 나타내고 있고 실선 화살표는 두 트리를 나타내고 있다. 멀티캐스트 트리 형성에 사용되지 않는 엑스트라 컨트롤 패킷은 이 그림에 나타나 있지 않다. 첫 번째 단계로 Serial MDTMR은 2, 4, 5 노드를 중간 노드들로 하고 첫 번째 트리를 구성하였다. 두 번째 단계에서 2, 4, 5 노드는 그들이 수신하는 모든 JOIN REQUEST 메시지를 폐기하므로 두 번째 트리 형성에 참여하지 않는다. 두 번째 트리의 중간 노드는 1과 3 노드이다. Serial MDTMR은 두 트리간에 중간 노드들을 공유하지 않는 것은 보장하지만 각각의 리시버들이 두 트리에 연결되어 있다는 것을 보장하지 않는다는 점을 주의해야 한다.

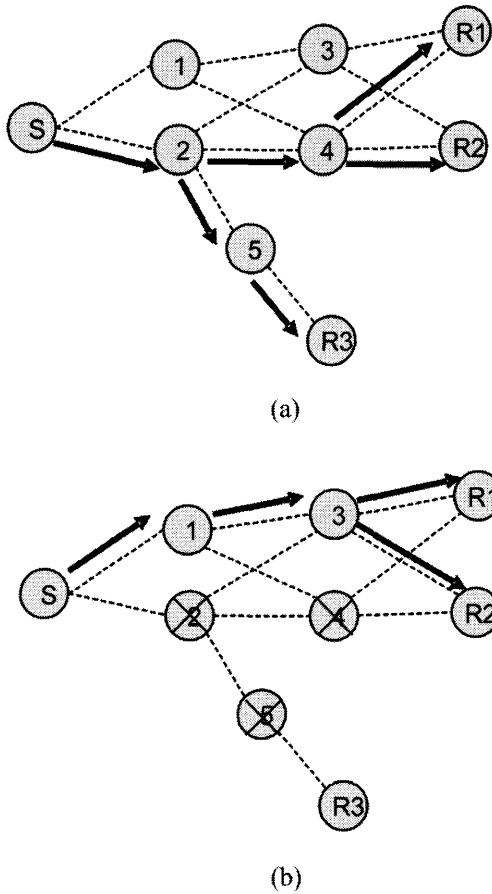


그림 1. Double Disjoint 트리 형성 과정
 (a) 첫 번째 트리 (b) 두 번째 트리
 Fig. 1. Double Disjoint Tree Construction
 (a) the first tree (b) the second tree

2. Adaptive Core Multicast Routing Protocol (ACMRP)

Adaptive Core Multicast Routing Protocol (ACMRP)는 애드 혹 네트워크상에서 멀티캐스트 패킷 전송을 지원하기 위해 디자인되었다. ACMRP는 메쉬 기반의 멀티캐스트 프로토콜이고 매우 적응성이 강한 코어의 동작에 주로 의존하고 있다. 그림 2는 ACMRP의 매커니즘을 두 흐름 차트로 간단하게 보여 주고 있다. 그림 2 (a)에서는 소스에서 리시버로 어떻게 멀티캐스트 데이터가 전송되는지를 보여 주고 있다. 그림 2 (b)에서는 코어의 동작과 어떻게 메쉬가 형성되고 재구성되는지를 나타내고 있다.

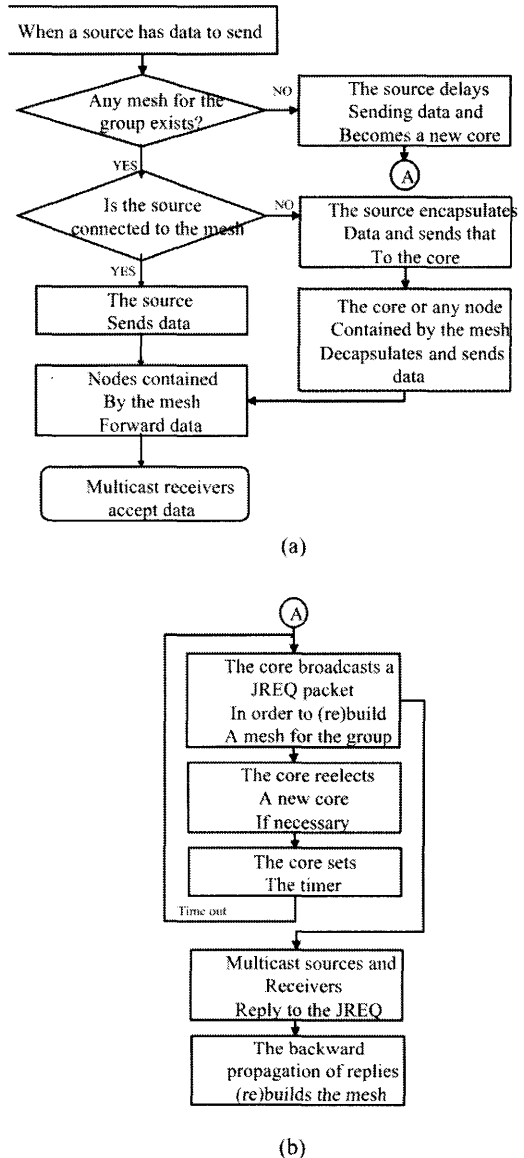


그림 2. ACMRP 매커니즘
 (a) 소스에서 멀티캐스트 리시버로의 데이터 보급
 (b) 코어의 동작 및 메쉬 형성

Fig. 2. ACMRP mechanism
 (a) Data dissemination from a source to multicast receivers (b) Core's operation and mesh construction

가. 코어 셋업

첫 번째 소스가 전송할 멀티캐스트 패킷이 있다면 새로운 코어가 생성된다. 소스가 그룹에 멀티캐스트 데이터를 전송하기 전에 먼저 그 네트워크에 다른 코어가 존재하는지를 확인하기 위해 그 지역의 JREQ 캐시를 체

크한다. JREQ 캐쉬는 최근에 수신한 JREQ들의 리스트이다. 만약 최근에 그 그룹의 코어에서 JREQ를 수신하였다면 멀티캐스트 메쉬가 형성되었다고 가정할 수 있다.

그러면 소스는 데이터를 전송할 수 있다. 만약 그러지 못한다면 소스는 새로운 코어가 되고 메쉬를 형성한다. 이러한 방식으로 멀티캐스트 메쉬가 필요하다면 새로운 코어가 생성된다.

만약 코어 고장이 일어나면 소스들 중 하나가 새로운 코어가 되고 필요에 따라 메쉬를 형성하게 된다. 적응성이 강한 코어의 셋업은 자동적으로 코어의 노드의 고장 및 코어 주변의 링크 고장으로 인한 코어 고장을 처리할 수 있다. 반면에 멀티캐스트 메쉬가 사용되지 않는다면 코어는 사라진다. 이 동작은 타이머 만기를 통해 관리된다. 멀티캐스트 패킷을 수신할 때마다 이 타이머를 업데이트한다. 멀티캐스트 데이터 보급이 일시중단되면 불필요한 컨트롤 트래픽은 제거된다. 코어는 필요에 따라 형성되고 사라진다.

만약 동일한 멀티캐스트 그룹 내에 다중의 코어가 존재한다면 멀티캐스트 패킷은 끊임 없이 전송될 수 있을 것이다. 하지만 컨트롤 오버헤드는 코어의 수와 프로토콜의 복잡성의 증가와 같이 증가하게 될 것이다. 이러한 이유로 ACMRP는 오직 하나의 코어만 존재하도록 제한하고 있다. 코어의 충돌은 다음과 같은 두 가지 경우가 있다. 첫 번째로 다수의 소스들이 동시에 코어가 되는 경우이다. 두 번째는 분할된 네트워크 세그먼트들이 하나로 합병되고 따라서 각 세그먼트에 존재하는 코어들이 서로 충돌을 일으키는 경우이다. 코어 충돌이 발생할 경우 다양한 풀리쉬를 적용할 수 있다. 예를 들어 상대적으로 낮은 IP 주소를 가진 코어, 많은 가입자를 보유한 코어 또는 긴 히스토리를 가지는 코어를 유일한 코어로 선택한다. 각 코어들은 다른 코어가 보낸 JREQ를 수신함으로써 코어 충돌을 발견한다. 그러면 코어는 코어 충돌을 처리하기 위해 자신의 IP 주소, 가입자 수, 또는 코어 동작 기간 같은 정보를 전송한다. 다른 코어들은 그 패킷을 수신하고 자신이 코어로 남을지를 결정한다. 그 결과 오직 하나의 코어만이 코어의 동작을 계속해서 수행해 나가게 될 것이다.

나. 멀티캐스트 메쉬 형성 및 유지

각 코어는 멀티캐스트 메쉬를 형성하고 업데이트하기 위해 주기적으로 "Join Request" 패킷 (JREQ)를 브로

드캐스트 한다. JREQ는 그룹 주소, 코어 주소, 시퀀스 번호, 상향 노드 주소, 홉 카운트 등의 필드를 포함하고 있다. 첫 번째 세 필드는 코어에 의해 결정되고 나머지 두 필드는 노드들에 의해 업데이트 된다. 노드가 새로운 JREQ를 수신하면 패킷을 자신의 JREQ 캐쉬에 넣고 코어에 대한 경로를 업데이트한다. 그리고 패킷 내부의 "상향 노드 주소"를 자신의 주소로 바꾸고 패킷을 재전송한다. 그룹 멤버들은 중복되지 않는 JREQ 패킷을 수신하면 그들의 상향 노드들에 "Join Reply" 패킷 (JREP)를 전송한다.

JREP를 수신하면 상향 노드는 그 그룹 주소를 미래에 멀티캐스트 패킷 포워드 목적지 주소로 저장한다. 이 노드를 포워딩 노드라 한다. 포워딩 노드는 그룹 주소 짝을 포워딩 그룹 테이블에 삽입한다. 그리고 자신의 상향 노드에 JREP를 전송한다. 마침내 JREP는 코어에 도착한다. JREP 전파의 역 경로는 그룹 멤버와 코어간의 멀티캐스트 경로가 된다. 결과적으로 멀티캐스트 코어가 구성된다.

가끔 짧은 시간 동안 노드가 여러 개의 JREP를 수신하는 경우가 있다. 멀티캐스트 경로 형성에는 오직 하나의 JREP만으로 충분하기 때문에 우리는 노드가 JREQ당 하나의 JREP 만을 전송하도록 제한하고 있다. JREP 플레그는 그 노드가 최근에 JREP를 전송했는지 안 했는지를 나타낸다. 노드는 JREP를 전송하기 전에 JREP 플레그를 먼저 체크한다. 만약 플레그가 세트되지 않았다면 노드는 reply 패킷을 전송하고 플레그를 세트한다. 그 노드는 코어로부터 새로운 JREQ 메시지를 전송받으면 플레그를 리셋한다.

III. 실험 및 결과

1. 시뮬레이션 개요

본 논문에서는 Global Mobile Simulation (GloMoSim) [6] 라이브러리를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. GloMoSim 라이브러리는 PARSEC [7]이 제공하는 이산 사건 시뮬레이션 성능을 이용하여 무선 네트워크 시스템을 위한 시뮬레이션 환경을 제공한다.

시뮬레이션 모델은 1000m×1000m의 영역에 무작위로 분산된 50개 노드로 이루어진다. 노드는 random waypoint mobility 모델[8]에 따라 이동한다. MAC 계층

프로토콜로는 2Mbps 에서 IEEE 802.11b이 사용되었으며, 전송 범위는 250m이다. 각 시뮬레이션은 310초간 지속되었다. 각각의 소스는 초당 20개의 멀티캐스트 데이터 패킷을 보내며, 각 패킷은 512byte 길이를 갖는다. 각각의 리시버는 멀티캐스트 그룹 멤버이나, 각각 그룹 멤버에 전송하지는 않는다. 멀티캐스트 멤버들은 균등 확률에 따라 랜덤하게 선정되었다. 시뮬레이션 결과는 다른 seed 값으로 7번 이상 결과의 평균을 기초로 얻어냈다.

다음의 판단 기준이 시뮬레이션에서 사용되었다.

1) 패킷 전달률(Packet Delivery Ratio : PDR): 수신된 패킷 수와 수신될 것으로 기대한 패킷 수의 비율이다. 따라서 비율은 수신된 패킷의 총 수를 그룹 크기와 발생된 패킷의 곱로 나눈 값이다.

2) 종단간 지연(End-to-End Delay): 종단간 지연은 패킷이 보내진 시간과 패킷이 성공적으로 전달된 시간 사이의 차이로 정의된다. 만일 이용가능한 경로가 없다면, 경로를 생성하면서 소비되는 시간(예를 들어, 경로 탐색 지연)이 종단간 지연에 포함된다. 이 값은 모든 패킷과 모든 수신자들의 평균값이다.

2. 시뮬레이션 결과

그림 3은 노드 이동 속도에 따른 Serial MDTMR과 ACMRP의 패킷 전달률(PDR) 값을 보여준다. Serial MDTMR과 ACMRP에서는, 경로 연결이 끊어졌을 때 데이터 패킷은 다음 그룹 노드들로 형성된 다른 잔여 경로에 의하여 수신자에 도달할 수 있다. 그러나, PDR 시뮬레이션 결과는 ACMRP가 Serial MDTMR의 PDR보다 더 높은 패킷 전달률(PDR)이 측정되었음을 가리킨다.

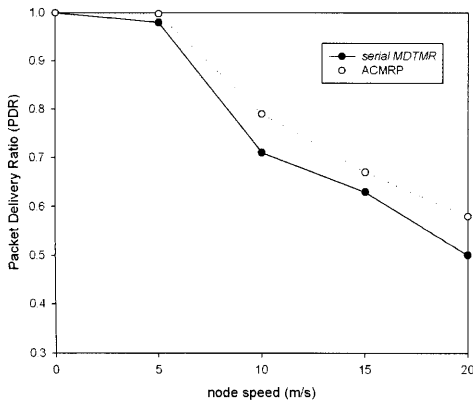


그림 3. 패킷 전달률
Figure 3. Packet Delivery Ratio

그림 4는 노드 이동 속도에 따른 Serial MDTMR과 ACMRP의 종단간 지연시간을 보여준다. 앞서 설명한 바와 같이 종단간 지연은 이용 가능한 경로가 없을 때 경로 생성에 소비되는 시간을 포함한다. 결과적으로 그림 4와 같이 ACMRP는 Serial MDTMR 보다 더 작은 종단간 지연시간을 갖는다.

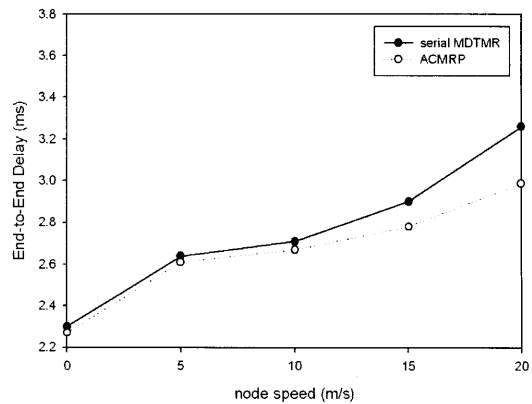


그림 4. 종단간 지연
Figure 4. End-to-End Delay

IV. 결론

우리는 Serial MDTMR과 ACMRP 두 가지 애드 혹 네트워크 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 성능을 비교분석하였다. Serial MDTMR과 ACMRP는 모두 on-demand 경로 발견 방식이지만 서로 다른 기반을 가지고 있다. Serial MDTMR은 트리 기반이고 ACMRP는 메쉬 기반의 프로토콜이다. 두 프로토콜의 시뮬레이션 결과 ACMRP가 노드 이동 속도에 따른 패킷 전달률과 종단간 지연 시간에서 Serial MDTMR 보다 나은 성능을 보여줬다. ACMRP는 만약 네트워크 상에서 노드의 수가 증가하게 되면 컨트롤 패킷의 수가 가파르게 증가한다는 단점이 있다. 그러므로 추후 과제로 트리와 메쉬 구조의 장점을 모두 가지는 하이브리드 방법에 대해 연구해 볼 것이다.

참고 문헌

[1] W. Wei and A. Zakhor, "Multipath unicast and

- multicast video communication over wireless ad hoc networks," in Proc. Int. Conf. Broadband Networks (Broadnets), San Jose, CA, Oct. 2004, pp. 496-505.
- [2] S. Park and D. Park, "Adaptive core multicast routing protocol," *Wireless Netw.*, Vol. 10, no. 1, pp. 53-60, Jan. 2004.
- [3] J.J. Gracia-Luna-Aceves and E.L. Madruga, "A multicast routing protocol for ad-hoc networks," in: Proceedings of IEEE INFOCOM'99, New York, NY (March 1999) pp. 784 - 792.
- [4] S.-J. Lee, M. Gerla and C.-C. Chiang, "On-demand multicast routing protocol," in: Proceedings of IEEE WCNC'99, New Orleans, LA (September 1999) pp. 1298 - 1304.
- [5] S.-J. Lee, W. Su, J. Hsu, M. Gerla and R. Bagrodia, "A performance comparison study of ad hoc wireless multicast protocols," in: Proceedings of INFOCOM 2000 (March 2000).
- [6] [1] UCLA Parallel Computing Laboratory, "Glomosim," [Online]. Available: <http://pcl.cs.ucla.edu/projects/glomosim>.
- [7] R. Bagrodia, R. Meyer, M. Takai, Y. Chen, X. Zeng, J. Martin, and H.Y. Song, "PARSEC: A Parallel Simulation Environment for Complex Systems," *IEEE Computer*, vol. 31, no. 10, Oct. 1998, pp.77-85.
- [8] S.-J. Lee, W. Su, and M. Gerla, "Ad hoc Wireless Multicast with Mobility Prediction," In Proceedings of IEEE ICCCN'99, Boston, MA, Oct. 1999, pp. 4-9.
- [9] Internet Engineering Task Force (IETF): "Mobile Ad Hoc Networks (MANET) Working Group Charter," [Online]. Available: <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter>
- [10] C. Wu and Y. Tay. "AMRIS: A multicast protocol for ad hoc wireless networks", in Military Communications Conference Proceedings. 1999, vol. pp. 25-29. New York: IEEE, 1999.
- [11] E. M. Royer and C. E. Perkins, "Multicast Operation of the Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing Protocol," ACM MOBICOM, Aug. 1999, pp. 207 - 18.
- [12] T. Ozaki, J.B. Kim and T. Suda, "Bandwidth-efficient multicast routing protocol for ad-hoc networks," in: Proceedings of IEEE ICCCN'99, Boston, MA (October 1999) pp. 10 - 17.
- [13] S. Lee, M. Gerla, and C. Chiang. "On-Demand Multicast Routing Protocol", Proceedings of IEEE WCNC'99, New Orleans, LA, Sep. 1999, pp. 1298-1302.
- [14] M. Gerla, S.-J. Lee, and W. Su. "On-Demand Multicast Routing Protocol (ODMRP) for Ad Hoc Networks," Internet draft, draft-ietf-manet-odmrp-02.txt, 2000.
- [15] C.-C. Chiang, M. Gerla, and L. Zhang, "Forwarding Group Multicast Protocol (FGMP) for Multihop, Mobile Wireless Networks," *AJ. Cluster Comp*, Special Issue on Mobile Computing, vol. 1, no. 2, 1998, pp. 187 - 96.
- [16] J. J. Garcia-Luna-Aceves and E.L. Madruga, "The Core-Assisted Mesh Protocol," *IEEE JSAC*, Aug. 1999, pp. 1380 - 94.
- [17] S.K. Das. B.S. Manoj. and C.S.R. Murthy, "A Dynamic Core Based Multicast Routing Protocol for Ad hoc Wireless Networks." *Proc. ACM MOBIHOC'02*. Lausanne, Switzerland. June 2002.

※ 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스컴퓨팅네트워크 원천기반기술개발사업의 08B3-B2-21T 과제로 지원된 것임

저자 소개

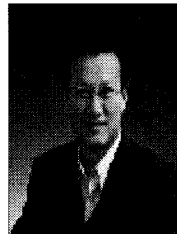
이 주 한(정회원)



- 2006년 한양대학교 전자전기컴퓨터 공학부 학사 졸업.
- 2008년 한양대학교 전자통신컴퓨터 공학부 석사학위.
- 2008년 현재 한양대학교 전자통신 컴퓨터공학부 박사과정.

<주관심분야 : 통신, 방송, 네트워크, TV>

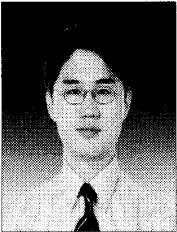
조 진 응(정회원)



- 1986년 광운대학교 전자통신공학과 학사 졸업.
- 2001년 광운대학교 전자통신공학과 석사 및 박사 졸업.
- 2008년 현재 전자부품연구원 통신 네트워크 센터장

<주관심분야 : Binary CDMA, 무선 PAN 통신 시스템, 통신 SoC>

이 장 연(정회원)



- 1996년 한양대학교 전자통신공학과 학사 졸업.
- 2000년 삼성전자 주임연구원
- 2002년 한양대학교 전자통신전파 공학 석사 졸업
- 2002년 현재 전자부품연구원 선임 연구원

<주관심분야 : 무선통신 (WPAN, WLAN), H/W 보드 설계>

이 현 석(정회원)



- 2000년 한양대학교 전자통신전파 공학과 학사 졸업.
- 2002년 한양대학교 전자통신전파 공학과 석사 졸업.
- 2002년 삼성전기 주임연구원
- 2008년 현재 전자부품연구원 선임 연구원

<주관심분야 : 무선통신 시스템 (MAC, Network Layer)>

박 승 권(정회원)



- 1982년 한양대학교 전자통신과 학사 졸업.
- 1983년 Stenvens Institute of Technology 전자공학과 석사 졸업.
- 1987년 Rensselaer Polytechnic Institute 전자공학과 박사 졸업

- 2008년 현재 한양대학교 전자통신컴퓨터공학부 정교수.

<주관심분야 : 통신, 방송, 네트워크, TV>