

IEEE 802.11 PSM을 적용한 다중 홉 애드 혹 네트워크에서 우회경로의 최소화

황도현[†] · 이장수[†] · 김성천^{††}

요약

이동 애드 혹 네트워크는 기반 망의 도움 없이 모바일 노드의 자유로운 참여와 이탈에 의해 임시적인 네트워크를 구성하기 용이하다. 이러한 모바일 노드는 한정된 에너지에 의존한다. 그래서 무선 애드 혹 네트워크에서 에너지와 관련된 문제들이 중요한 연구과제로 다루어진다. 모바일 노드의 에너지 소비를 줄이기 위해 IEEE 802.11 PSM을 적용한 다중 홉 애드 혹 네트워크 모델에 대해서 최근 많은 연구가 이루어졌다. IEEE 802.11 PSM은 단일 홉 애드 혹을 가정하고 제안되었다. IEEE 802.11 PSM을 다중 홉 애드 혹 네트워크에 적용을 하게 될 경우 경로설정 메시지를 받지 못한 모바일 노드에 의해 우회하는 경로가 발생하게 된다. 우회하는 경로는 전송지연뿐만 아니라 모바일 노드의 에너지 소비를 증가시키게 된다. 본 논문에서는 경로 설정 메시지를 전송받지 못한 모바일 노드에 의해 발생하는 우회하는 경로를 최적의 경로로 재설정하는 알고리즘을 제안하였다. 모바일 노드는 자신의 송수신 범위에 있는 노드들의 데이터를 엿들을 수 있다. 무선 매체는 동일한 대역을 사용하는 모든 모바일 노드에 의해 공유되어진다. 이러한 매체의 특성을 이용하여 모든 모바일 노드들은 우회경로를 감시하고 우회경로가 발생하였을 경우 자신의 라우팅 테이블의 정보를 수정하거나 이웃한 모바일 노드에게 라우팅 업데이트 요청 메시지를 보내어 최적의 경로로 재설정하게 된다. 우회경로를 최적의 경로로 재설정함으로써 전송지연과 불필요한 에너지 소비를 줄일 수 있었다. 시뮬레이션을 통해 제안 알고리즘을 수행하기 위한 오버헤드는 무시할 수 있을 정도로 작다는 것을 알 수 있었다.

키워드: 무선 애드 혹 네트워크, 다중 홉 애드 혹 네트워크, 우회경로

Minimizing non-optimal paths in multi-hop ad hoc network adopted IEEE 802.11 PSM

Wang Do-Hyeon[†] · Lee Jang-Su[†] · Kim Sung-Chun^{††}

ABSTRACT

It is easy to implement a temporary network with a mobile ad-hoc network in which mobile nodes have without using a infrastructure network. They depend on their limited power. Recently, it is a hot issue to save the energy in a mobile ad-hoc network because a mobile nodes have a limited energy. Research of IEEE 802.11 PSM was proposed in a single hop ad-hoc assumption. If IEEE 802.11 PSM is applied to multi hop ad-hoc network, non-optimal paths will be generated by the mobile nodes which didn't receive a message of routing request. Non-optimal paths increase not only a network latency but also energy consumption of mobile nodes. Reconfiguring algorithm of non-optimal paths caused by the mobile nodes which didn't receive a message of routing request is proposed in this paper. A mobile node can overhear the data in his range. A wireless medium is shared by all mobile nodes using the same bandwidth. All mobile nodes look out the non-optimal paths with these properties of a medium, if non-optimal path is generated, optimal reconfiguring will be accomplished by modifying routing table of itself or sending a request message of routing update to nearby nodes. By reconfiguring the non-optimal paths to optimized ones, network latency and energy consumption was decreased. It is confirmed to ignore the overhead caused by a algorithm presented in this paper through the result of the simulation.

Key Words : Mobile ad-hoc network, Multi hop ad-hoc network, Non-optimal path

1. 서론

무선 다중 홉 애드 혹 네트워크는 기반 구조(infrastructure)

없이 모바일 노드 사이의 통신을 가능하게 만드는 시스템이다. 무선 송수신기의 전파 도달 범위에는 제한이 있으므로, 이러한 네트워크에서 무선 모바일 노드들 사이의 통신이 이루어지도록 하기 위해서는 반드시 이웃한 모바일 노드들을 거쳐야만 한다[1].

MANET(Mobile Ad Hoc Network)은 연구 초기에 무선

※ 이 논문은 2007년도 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었음.

† 정 회 원 : 서강대학교 공과대학 컴퓨터학과(공학석사)

†† 정 회 원 : 서강대학교 공과대학 컴퓨터학과 교수

논문접수: 2007년 2월 28일, 심사완료: 2007년 12월 13일

매체의 특징을 고려하여 보다 효율적인 매체 접근 방법 및 최단 경로 설정 기법에 초점을 맞추어 연구를 진행했다. 그러나 모바일 노드는 한정된 배터리를 갖고 있으며, 배터리 기술은 컴퓨팅과 통신기술만큼 발리 진보하지 못하고 있기 때문에 현재 MANET에서는 에너지 효율문제가 중요한 이슈로 부각되고 있다. 이러한 문제점 들을 해결하기 위해 크로스 레이어(Cross Layer)와 같은 연구가 진행되고 있으며, 이를 통해 다중 홉 애드 혹 네트워크를 구성한 각 모바일 노드들이 유희상태에서 소비하는 에너지를 절약하기 위해서 IEEE 802.11 Power Saving Mode를 적용한 네트워크 모델에 대한 연구를 하고 있다[2, 3, 4].

2. 관련 연구

무선 모바일 노드들의 에너지 소비를 줄이기 위한 애드 혹 네트워크에서의 ATIM을 사용한 전송 방식과 IEEE 802.11 PSM을 적용한 연구를 살펴보겠다.

2.1 ATIM

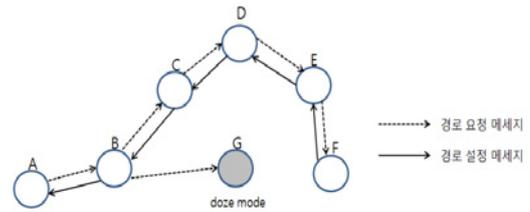
애드 혹 네트워크는 중앙 집중 관리자가 없기 때문에, 각 노드가 네트워크 망을 구성하는 주체가 된다. 따라서 각 노드는 서로간의 데이터 전송을 위한 통지 시간을 가지게 되는데, 이 시간을 ATIM window라고 부르며, 통지 메시지를 ATIM(Announcement Traffic Indication Message)라고 부른다. 각 노드는 ATIM에 따라 데이터의 수신 여부를 확인하게 되며, 받지 않을 경우 도즈 모드(doze mode)에 들어가 에너지를 절약하게 된다.

2.2 SPAN

SPAN 모델의 핵심 아이디어는 가상의 백 본(Back-Bone) 모바일 노드들을 선정하여 백 본을 통해서 통신이 이루어진다는 것이다. 백 본에 포함된 모바일 노드들은 항상 자신의 송수신기의 전원을 켜두고 데이터를 송수신할 수 있게 된다. 그 외에 백 본에 참여하지 않은 모바일 노드들은 IEEE 802.11 PSM을 사용하게 된다[2].

2.3 기존 네트워크 모델의 개선점

802.11 PSM을 다중 홉에 적용하게 될 경우 비콘 프레임의 동기화 문제가 발생한다[5]. 무선 네트워크에 있는 모든 모바일 노드는 같은 시간에 비콘 프레임 전송이 시작되어야 하는데, 비콘 시작 시간이 같지 않으면 이웃한 모바일 노드의 비콘 프레임과 ATIM 프레임을 수신하지 못하게 된다. 또한 802.11 PSM에서는 브로드캐스트되는 ATIM 프레임을 수신한 모바일 노드는 확인 응답 메시지를 전송하지 않는다[6].이 경우 (그림 1)과 같이 노드 G가 도즈 모드에서 경로 설정 메시지를 보내지 않아 우회하는 경로를 선택하는 경우가 발생한다.



(그림 1) 우회하는 경로 설정의 예

3. 제안 기법

제안 기법의 핵심 아이디어는 802.11 PSM을 다중 홉 애드 혹 네트워크에 적용하면 우회경로가 발생하는데, 이를 해결하기위해 오버히어링(over hearing)을 통해 우회경로를 알고 있는 무선 모바일 노드가 경로를 최적으로 재설정하는 것이다. 자신을 거쳐 경로를 재설정하게 되었을 경우 홉 수를 줄일 수 있는 모바일 노드는 기존의 경로에 포함된 모바일 노드에게 이 사실을 알려 최적의 경로로 수정하게 된다.

3.1 Over Hearing

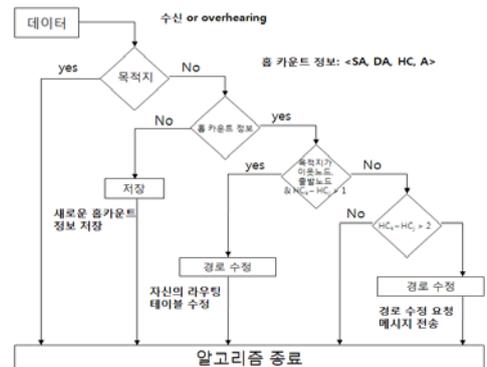
네트워크에 존재하는 모든 노드는 ATIM window시간 동안은 무조건 active상태에 있게 되며, 수신되는 모든 ATIM 프레임을 듣게 된다. 이 때 ATIM 프레임에 우회 경로를 판단하기 위한 홉 카운트 정보 프레임을 포함시켰고, 그 정보는 (그림 2)과 같다.

출발지주소	목적지주소	홉 카운트	자신의주소
SA	DA	HC	MA

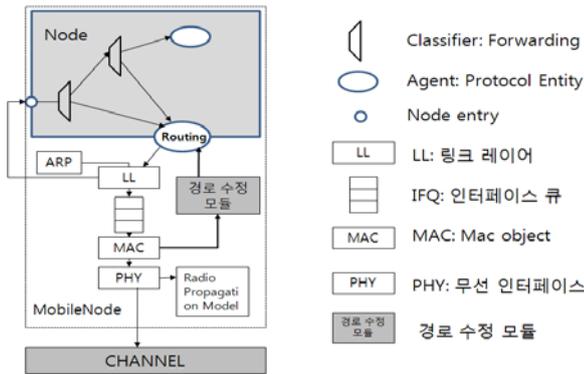
(그림 2) 우회경로 판단 정보 프레임

3.2 우회경로 최소화 기법

(그림 3)은 제안 알고리즘의 순서도이다. 모든 노드는 ATIM 프레임에 포함된 홉 카운트 정보를 저장하며 알고리즘을 수행한다. 알고리즘의 수행 시 자신이 목적지 노드일 경우에 종료가 되며, 그렇지 않을 경우 자신의 홉 카운트



(그림 3) 제안 알고리즘 순서도



(그림 4) 제안 기법 수행 모듈

테이블 정보와 현재 수신한 홉 카운트 정보를 비교하게 된다. 현재의 홉 카운트 정보가 존재하지 않을 경우 새로 저장을 하며 이미 있을 경우 이웃한 노드 리스트에 목적지 또는 출발지 노드가 있는지 체크를 한다. 만일 이웃한 노드 리스트에 목적지 노드의 주소가 있을 경우 자신의 라우팅 테이블을 검색하여 업데이트 한다.

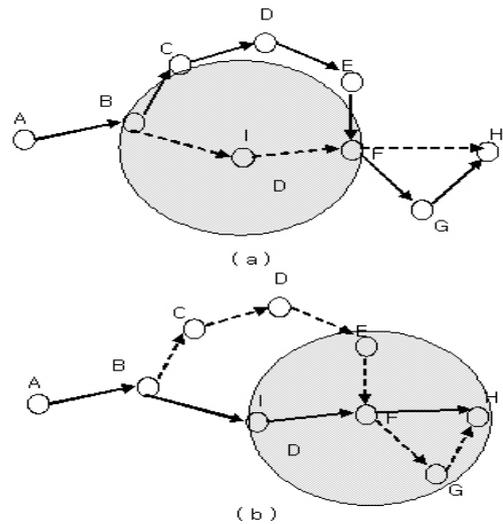
우회 경로의 발생은 자신이 저장하고 있는 홉 카운트 테이블에 저장되어 있는 홉 카운트와 ATIM 프레임을 통해 전달된 홉 카운트와의 차로 알 수가 있다. 만일 소스 노드에서의 홉 카운트 차가 2이상이거나, 그 외에서 홉 카운트의 차가 3이상일 경우 우회했다고 판단하며, 홉 카운트 정보의 네 번째 필드에 있는 노드, 즉 이전 홉의 노드에게 자신이 보다 짧은 경로를 가지고 있다고 라우팅 업데이트 요청 메시지를 보낸다.

(그림 4)는 우회하는 경로를 계산하고 재설정하기 위한 모듈을 나타낸 것이다. 제안한 모듈은 맥 레이어에 놓이게 된다. 맥 레이어에서 오버헤어링을 하여 우회경로가 발생하였는지를 계산하고 발견되었을 경우 네트워크 레이어의 라우팅 테이블을 업데이트한다.

제안된 알고리즘에 대해서 예를 통해 살펴보면, (그림 5)는 802.11 PSM에 의해 경로요청 메시지를 받지 못한 모바일 노드 I와 경로 설정 메시지의 전송을 늦게 받게 된 모바일 노드 H에 의해 경로가 A-B-C-D-E-F-G-H로 설정된 예를 보여준다.

(그림 5)의 (a)에서 모바일 노드 I의 전파 도달범위는 모바일 노드 B와 F까지이다. 모바일 노드 I는 자신의 전파 도달범위 안에 있는 모바일 노드 B와 F에 의해서 전송되는 데이터 패킷을 엿들을 수 있다. 모바일 노드 I는 자신을 경로에 포함시킬 경우 홉 수를 줄일 수 있다는 사실을 알 수 있다. 그래서 모바일 노드 I는 모바일 노드 B의 라우팅 테이블을 업데이트하기 위한 요청메시지를 유니캐스트 방식으로 전송하게 된다. 모바일 노드 B는 라우팅 테이블의 목적지 H에 대한 다음 홉을 모바일 노드 I로 재설정하게 된다.

(그림 5)의 (b)는 현재의 경로에 포함된 모바일 노드 F의 전파 도달범위에 목적지 모바일 노드 H가 존재함에도 불구하고 모바일 노드 G를 거쳐 우회하는 경로가 설정되어있는



(그림 5) 우회경로를 최단경로로 재설정하는 예

경우를 보여준다. H는 모바일 노드 F가 경로요청메시지를 보낼 때 전력절감 모드에 있기 때문에 그것을 전송받지 못하고 있다가 모바일 노드 G의 경로요청메시지를 전송 받게 되어 우회하는 경로를 설정한다.

모바일 노드 F는 이웃한 노드 리스트 정보를 검색하여 목적지 모바일 노드가 자신의 이웃한 노드 리스트 테이블에 존재할 경우 자신의 라우팅 테이블을 업데이트한다. 그렇게 하여 모바일 노드 G를 거치지 않고 목적지 모바일 노드 H에게 바로 전송하게 됨으로써 최적의 경로를 설정하게 된다. 이렇게 재설정 된 경로는 A-B-I-F-H가 된다. 처음의 경로 A-B-C-D-E-F-G-H에서 우회하는 모바일 노드 4개를 경로에서 제외함으로써 3홉을 줄일 수 있다.

4. 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 알고리즘을 평가하기 위해서 NS-2(Network Simulator)시뮬레이터를 사용한다[7]. 네트워크 모델은 IEEE 802.11 PSM을 적용한 On-demand Power Management Framework를 사용하였다. 본 논문에서 사용한 시뮬레이터의 버전은 NS-2.1b1이다. 제안한 아이디어를 평가하기 위해서 우선 802.11 PSM을 다중 홉 애드 혹 네트워크에 적용하였을 경우 발생하게 되는 우회경로를 시뮬레이션을 통해서 살펴 볼 것이다. 그리고 우회경로를 최적의 경로로 재설정함에 따라 발생하는 결과 값들을 본 장에서 비교 분석 할 것이다.

4.1 시뮬레이션 모델

제시한 알고리즘을 평가하기 위해 무선 모바일 노드는 CMU의 Monarch Research Group에서 개발한 모듈을 사용하여 무선 환경을 설정하였다[7, 8]. 설정 환경은 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 무선 애드 혹 네트워크 실험 환경

channel type	Channel
ratio-propagation model	Propagation / TwoRayGround
antenna type	Antenna / OmniAntenna
link layer type	LL
interface queue type	PriQueue
max packet in interface queue	50
network interface type	NetIf / ShareMedia
MAC protocol type	Mac / 802_11

<표 2> 무선 네트워크 인터페이스 카드를 통한 에너지 소비 모델

Transmit	1400mW
Receive	1000mW
Idle	830mW
Sleep	130nW

표에서 제시한 것처럼 무선 애드 혹 네트워크 환경에서 사용되는 무선 매체는 무선 채널과 무선 인터페이스를 사용한다. 무선 매체를 통한 전파 방식은 Two-Ray Ground reflection 모델을 이용했다. 이 모델은 무선 모바일 노드간의 직접적인 전파 경로와 지면에 반사되는 전파 경로까지 고려한다. 그리고 무선 안테나는 방향성이 없는 Omni-Antenna로 설정하였다. 큐잉 모델은 우선순위 큐를 사용하였다. 에너지 소비 모델은 다음 <표 2>와 같이 실제 네트워크 인터페이스 카드를 참조하였다.

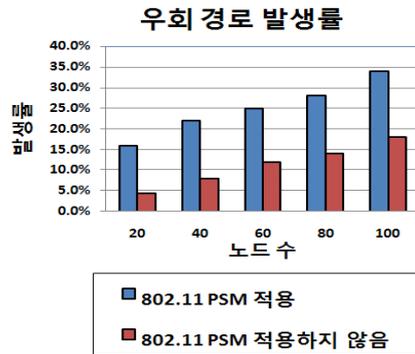
실험에 사용하는 토폴로지 모형과 트래픽 패턴은 랜덤하게 형성하였다. 실험 환경의 크기는 1000m x 1000m 이다. 트래픽 발생은 CBR(Constant Bit Rate) 모델을 사용하였으며 패킷의 크기는 512byte로 설정하였고, 초당 50개의 패킷이 발생하도록 하였다.

4.2 시뮬레이션 결과 분석

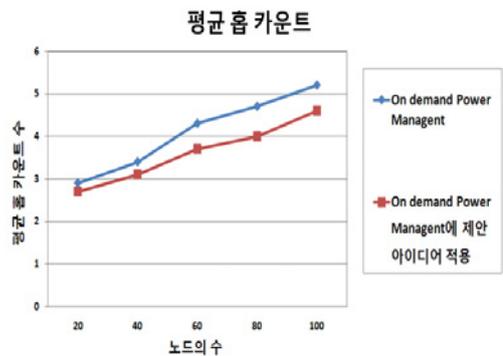
(그림 6)은 노드 수에 따른 우회경로 발생률을 보여주고 있다. 우회경로의 발생률은 노드의 수가 증가함에 따라 증가하게 된다. IEEE 802.11 PSM을 적용한 경우와 그렇지 않은 경우를 (그림 6)에서 보여 주고 있다. 발생률은 평균 우회경로 발생수를 전체 링크의 수로 나눈 값이다. 링크는 (출발지 노드, 목적지 노드)로 표현 되었다. 802.11 PSM을 적용하지 않은 경우에도 노드의 수가 증가함에 따라서 우회하는 경로가 발생한다는 것을 알 수 있다. 노드의 수가 100개 일 경우에는 우회하는 경로의 발생률이 평균 30%를 넘는다.

위의 결과에서도 알 수 있듯이 우회경로의 발생은 802.11 PSM을 다중 홉 애드 혹 네

트워크에 적용했을 경우에만 발생하는 것이 아니라는 것 또한 알 수 있다. 따라서 제안한 아이디어는 우회경로의 발생률이 높은 노드밀집도가 큰 네트워크 모델에서 효율적인 성능을 발휘할 수 있다.



(그림 6) 우회 경로 발생률

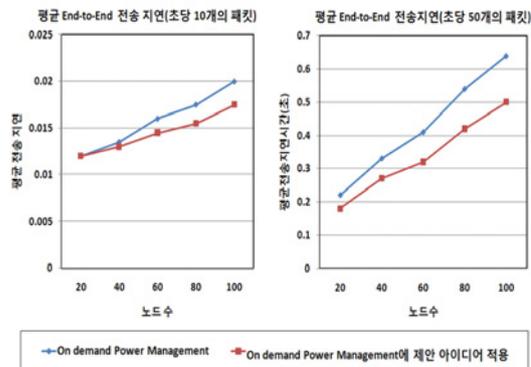


(그림 7) 평균 홉 카운트의 수

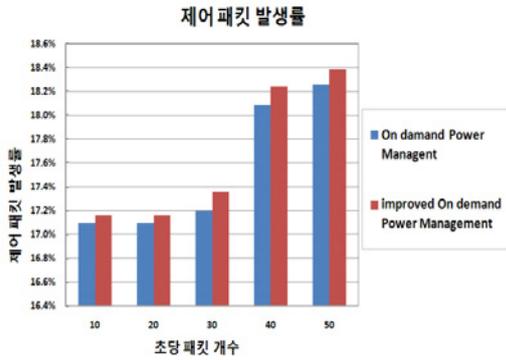
(그림 7)은 노드의 수를 변화시키면서 그에 따른 평균 홉 카운트를 보여주고 있다. 노드의 수가 많아질수록 우회하는 경로가 발생할 가능성이 커지게 되어 제안 알고리즘이 더 좋은 성능을 보일 수 있다.

(그림 8)에서 보여주는 평균 전송 지연시간은 단순히 홉 카운트의 증가에 따른 전송 지연시간을 보여준다. 제안한 아이디어를 적용한 경우 평균 홉 카운트의 수가 감소하기 때문에 end-to-end 전송 지연 또한 감소하게 된다.

(그림 9)는 노드의 수를 60개로 고정하고 패킷 발생률에 따른 제어 메시지의 비율을 보여준다. 초당 발생하는 패킷의 수



(그림 8) 평균 전송 지연시간



(그림 9) 제어 패킷 발생률

가 늘어남에 따라 제어 메시지의 수는 증가하지만 제안 알고리즘을 적용하였을 때와 그렇지 않은 경우에 발생하는 제어 메시지의 수는 크게 차이 나지 않음을 확인할 수 있다.

5. 결 론

시뮬레이션 결과에 따라 다음과 같은 분석을 하였다. 첫째, 네트워크의 크기와 모바일 노드의 수에 따라 다르지만 평균 25%의 우회경로가 발생함을 알 수 있었다. 둘째, 제안한 알고리즘을 적용하였을 경우 평균 0.6홉을 감소할 수 있음을 보였다. 홉 감소율은 무선 애드 hoc 네트워크에 존재하는 모바일 노드의 수가 증가함에 따라 커짐을 알 수 있었다. 셋째, 제안한 알고리즘은 우회경로를 재설정하기 위해 제어 메시지의 증가를 최소화하였다. 우회경로를 재설정하기 위해 평균 0.1%의 제어메시지가 증가한다는 것을 알 수 있었다. 마지막으로 우회경로를 발견하여 최단경로로 재설정함으로써 평균 홉 카운트 수를 감소시켜 end-to-end 전송지연 시간을 감소시켰다. 전송지연시간은 네트워크의 트래픽이 증가할 경우 더 큰 감소를 얻을 수 있었다. 초당 50개의 트래픽이 발생하는 네트워크에서 21.6%의 전송지연시간의 감소를 보였다.

본 논문의 시뮬레이션 결과에 의해 알 수 있듯이 무선 네트워크 망이 커질수록 제안 알고리즘의 성능이 좋아진다는 것을 알 수 있으며 이는 곧 모바일 노드수가 증가 할수록 우회하는 경로를 통해 통신하는 경우가 많아진다는 것을 의미한다. 네트워크가 커지고 네트워크에 존재하는 모바일 노드의 수가 증가하면 우회경로를 검색하기 위한 오버헤드가 커진다. 하지만 우회경로를 통해 데이터를 전송하게 될 경우에 발생하는 end-to-end 전송지연과 불필요한 에너지의 소비를 줄일 수 있다는 장점이 있다.

참 고 문 헌

[1] C. E. Perkins and E. M. Royer, and S. Das, "Ad hoc on demand distance vector (AODV) routing," draft-ietf-man-

et-aodv-0.7.txt, 2000

[2] B.Chen,K and Jamieson, "SPAN: An energy-efficient coordination algorithm for topology maintenance in ad hoc wireless networks" in Proc. Of ACM/IEEE 7th Int'l Conf. On MobiCom 2001. pp. 85-96

[3] L. M. Feency and M. Nilsson, "Investigating the energy consumption of a wireless network interface in ad hoc networking environment" INFOCOM 2001. Proceedings. IEEE, Volume:3, 22-26 April 2001 pp. 1548-1557

[4] Rong Zheng and Robin Kravets, "On-demand power Management for Ad hoc Networks" INFOCOM 2003. IEEE, Volume: 1, 30 March-3 April 2003 pp. 481 -491

[5] Yu-Chee Tseng and Chih-Shum Hsu, "Power-Saving Protocols for IEEE 802.11-Based Multi-Hop Ad Hoc Networks" INFOCOM 2002. IEEE , Volume: 1 , 23-27 June 2002 pp. 200-209

[6] Mike Loukides, "802.11 Wireless Networks The Definitive Guide", O'REILLY, 2000

[7] NS-2 Manual, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

[8] C.Gui, and P.Mohapatra, "A Self-Healing and Optimizing Routing Technique for Ad Hoc Networks" In proceedings of the forth ACM international symposium on Mobile ad hoc networking&computing 2003, pp.279-290

항 도 현

e-mail : jangso417@sogang.ac.kr

2003년 서강대학교 컴퓨터학과(학사)

2005년 서강대학교 컴퓨터학과대학원(공학석사)

관심분야: 무선네트워크(센서, 애드hoc, 셀룰러 네트워크),

자원할당최적화, WDM 네트워크

이 장 수

e-mail : jangso417@sogang.ac.kr

2005년 서강대학교 컴퓨터학과(학사)

2007년 서강대학교 컴퓨터학과대학원

(공학석사)

관심분야: 무선네트워크(센서, 애드hoc, 셀룰러

네트워크), 예측 알고리즘(칼만필터),

자원할당최적화





김 성 천

e-mail : ksc@arqlab1.sogang.ac.kr

1975년 서울대학교 공과대학공업교육학
전기전공(학사)

1979년 Wayne State Univ.컴퓨터공학
(공학석사)

1982년 Wayne State Univ.컴퓨터공학
(공학박사)

1982년~1984년 캘리포니아주립대 조교수

1984년~1985년 금성반도체(주) 책임연구원

1985년~현재 서강대학교 공과대학 컴퓨터학과 교수

관심분야: 병렬처리시스템, WDM technology를 이용한 cluster
system, 유비쿼터스 컴퓨팅