Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 16, No. 8 pp. 5559-5564, 2015

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.8.5559
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

이동성 모델에 따른 다중경로 소스 라우팅 프로토콜의 성능평가

김수선[1*], 김문정[2]
[1]한양여자대학교 컴퓨터정보과, [2]영동대학교 스마트IT학과

Performance Evaluation of Multi-path Source Routing Protocol according to Mobility Model

Su-Sun Kim[1*], Moon Jeong Kim[2]
[1]**Department of Computer Information, Hanyang Women's University**
[2]**Department of Smart IT, Youngdong University**

요 약 이동 애드-혹 네트워크 환경을 위해 다양한 라우팅 프로토콜이 제안되고 있다. 이동 애드-혹 네트워크는 기존 유선 하부구조에 도움 없이 동작하는 일시적으로 구성되는 임시적인 네트워크이다. 제안된 프로토콜은 이동 애드-혹 네트워크 내에서 이동 호스트들 간에 끊김없는 통신 서비스를 제공한다. 특히, 우리의 프로토콜은 각 이동 호스트에서 다중 경로를 유지함으로써 더 빠른 경로 재설정이 가능하도록 해 주고 또한 이 프로토콜은 신뢰할 수 있는 통신 환경을 제공한다. 본 논문에서는 RWP 모델과 LW 모델과의 성능을 비교한다. 본 논문은 단일 경로와 노드의 중복을 허용하는 다중 경로를 사용하는 경우의 평균 이동속도에 따른 전달률의 변화를 이동성 모델에 따라, 그리고 노드의 수에 따라 보인다.

Abstract A variety of routing protocols targeted specifically at mobile ad-hoc network environments have been developed. Mobile ad-hoc network is a self-organizing temporary network, operating without the aid of any established wired infrastructure. The proposed protocol supports seamless communication services between the mobile hosts within a mobile ad-hoc network environments. In particular, our protocol makes faster route re-establishment possible by maintaining multiple paths in each mobile host, and also, the protocol provides reliable communication environments. We compare the performance of RWP model with that of LW model. This paper shows delivery ratio with single path and non-disjoint multiple path according to mobility model and node numbers.

Keywords : Mobile Ad-Hoc Network, Multi-path Source Routing Protocol, Levy Walk Mobility Model, Random Way Point Mobility Model

1. 서론

애드-혹 네트워크(MANET : Mobile Ad-hoc NETworks)는 기존의 유선 하부구조 없이 이동 호스트들만으로 구성되는 일시적인 네트워크를 말한다. 이동 애드-혹 네트워크에서는 기존의 유선 하부구조를 이용할 수 없기 때문에, 이동 호스트가 스스로 라우터의 역할도 수행해야 한다는 특성을 갖는다[1,2,8].

본 논문에서 제안하는 라우팅 프로토콜은 요구 기반 라우팅 프로토콜로, 간단한 알고리즘을 이용하여 링크 또는 중간 호스트의 중복을 허용하는 다중 경로를 설정 및 유지하는 기법이다. 다중 경로를 유지함으로써 경로가 단절된 경우 빠른 경로 재설정을 제공하여 출발지와 목적지간 데이터 패킷 전송 지연을 줄이는 기법을 제안한다. 특히 본 논문에서는 제안하는 기법의 성능평가를 위해 이동 애드-혹 네트워크 환경에서 가장 많이 사용하

본 논문은 한양여자대학교 2012년 2학기 교내연구비로 수행되었음
*Corresponding Author : Su-Sun Kim(Hanyang Women's University)
Tel: +82-10-2290-2209 email: sskim@hywoman.ac.kr
Received July 8, 2015 Revised July 20, 2015
Accepted August 6, 2015 Published August 31, 2015

는 이동성 모델인 RWP 모델과 최근 가장 인간의 이동 패턴과 유사하다고 인정되는 LW 모델을 사용하였다.

본 논문의 2절에서는 이동 애드-혹 네트워크 환경을 위한 라우팅 프로토콜과 이동성 모델에 대해 소개하고, 3절에서는 제안 프로토콜의 개요와 기본 동작을 소개한다. 4절에서는 제안 기법에 대한 성능 평가를 보이며, 5절에서 결론을 맺는다.

2. 라우팅 프로토콜과 이동성 모델

이동 애드-혹 네트워크 환경을 위한 라우팅 프로토콜과 이동 노드들의 이동성 모델에 대해 간단히 소개한다.

2.1 라우팅 프로토콜

이동 애드-혹 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜을 Fig. 1에서와 같이 구분할 수 있다[3,9].

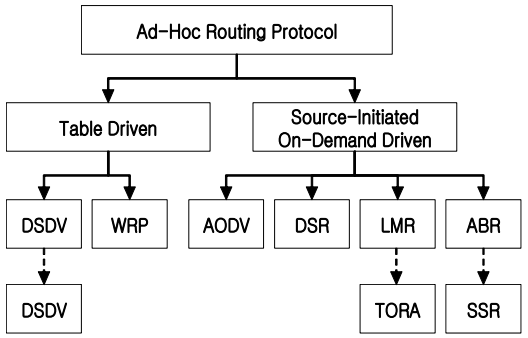


Fig. 1. Classification of Ad-hoc Routing

그림1에서 보이는 바와 같이, 이동 애드-혹 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜은 테이블기반 라우팅 프로토콜과 요구기반 라우팅 프로토콜로 구분된다. 본 논문에서는 이동 애드-혹 네트워크의 특성 상 가장 많이 이용되는 요구기반 라우팅 프로토콜 중 DSR 프로토콜과 다중 경로로 확장된 MDSR 프로토콜에 대해 간단히 소개한다.

2.1.1 DSR 프로토콜

DSR(Dynamic Source Routing) 프로토콜은 연결 지향 패킷 포워딩 기법을 사용하며, 라우팅 정보를 주기적으로 전달하지 않는다. DSR 프로토콜의 동작 방법은 크게 경로 설정 단계와 경로 유지 단계로 구분될 수 있다[4,10].

DSR 프로토콜은 라우팅 정보를 주기적으로 방송하지 않으므로 네트워크의 대역폭 낭비를 줄이며, 배터리 전력이 절약된다. 사용하지 않는 경로는 계산하지 않으며, 호스트간 전송이 양방향이어야 할 필요가 없다. 또한, 네트워크 변화에 적응성을 갖는다는 장점을 갖는다.

2.1.2 MDSR 프로토콜

MDSR(Multipath DSR) 프로토콜은 DSR 프로토콜의 다중 경로 확장 기법이다[5,11]. 다중 경로를 설정하는 경우 목적지 호스트는 다중 경로에 대해 응답한다. 소스 호스트는 처음 도착한 경로를 주 경로(primary route)로 하여 데이터를 전송한다. 그 외의 경로는 예비 경로(alternate route)로 유지하여 주 경로가 단절되는 경우에 사용하게 되며, 이는 Fig. 2에서 보인다.

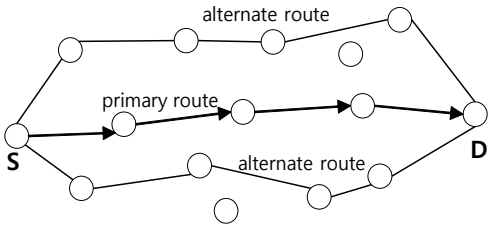


Fig. 2. Effect of Disjoint Route

Fig. 2에서 보이는 바와 같이, 목적지는 전혀 중복이 없는(disjoint) 경로를 발견하는 작업을 수행해야 한다. MDSR 프로토콜에서는 선택되는 다중 경로의 수를 제한하고 있지 않으므로, 센서 네트워크 환경 등 노드들이 밀집된 환경에서는 매우 많은 다중 경로를 유지하게 되는 단점을 갖는다. 특히, 전혀 중복이 없는 경로를 선택하기 위해 중간 호스트들은 경로 요청 패킷의 중복성을 확인하지 않기 때문에 매우 많은 네트워크 오버헤드를 초래하게 된다.

본 논문에서 제안하는 방법은 DSR에 중간 노드의 중복을 허용하는 다중 경로를 유지하는 기법으로, 다중 경로 수를 제한함으로써 네트워크의 오버헤드를 줄이는 효과를 가진다.

2.2 이동성 모델

현재, 이동 애드-혹 네트워크에서 인간 이동성을 시뮬레이션 하기 위해 다양한 모델에 대한 연구가 진행되고

있다. 본 논문에서는 이동성 모델 중에서 가장 많이 사용되는 RWP 모델과 LW 모델에 대해 소개한다[6].

2.2.1 RWP 모델

RWP(Random Way Point) 모델은 기존 이동 애드-혹 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜의 성능분석에 가장 많이 사용되는 이동성 모델이다.

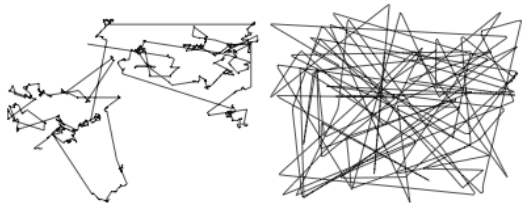
RWP 모델에서, 노드는 특정 장소에서 얼마간의 정지 시간 뒤에 분포 지역 내 임의의 다음 장소를 선택한 후 임의로 선택된 속도에 의해 다음 장소로 이동한다.

2.2.2 LW 모델

LW(Levy Walk) 모델은 최근에 실제 인간의 이동 패턴과 가장 유사하다고 발표된 모델이다. 자신의 활동 영역 내에서 반복적인 생활을 하는 인간 이동성 패턴과 유사한 모델이다.

LW 모델에서, 노드는 일정한 분포지역 내에서 임의로 선택된 초기 위치에서 분포지역에 맞게 선택된 flight length와 direction(Θ)을 계산하여 다음 위치로 이동한다.

RWP 모델과 LW 모델의 추적샘플을 Fig. 3에서 보인다.



(a) Levy walk (b) Random way point

Fig. 3. Sample Trajectories

Fig. 3에서 보이는 바와 같이, LW 모델에서는 이동 노드의 확산 패턴을 다양하게 생성해 낼 수 있다.

3. 다중경로 소스 라우팅 프로토콜

본 논문에서 제안하는 라우팅 프로토콜의 기본 동작은 경로 설정 단계와 경로 유지 단계로 구성되며, 경로 설정 단계는 경로 요청 단계와 경로 응답 단계로 구성된다.

3.1 경로 설정 단계

이동 애드-혹 네트워크 내의 이동 호스트가 다른 이동 호스트로 데이터 패킷을 전송하고자 하는 경우, 우선 경로 요청 단계를 거치게 된다. 이동 호스트 S가 이동 호스트 D로 데이터 패킷을 전송하기 위해 경로를 요청하는 과정을 Fig. 4에서 보인다.

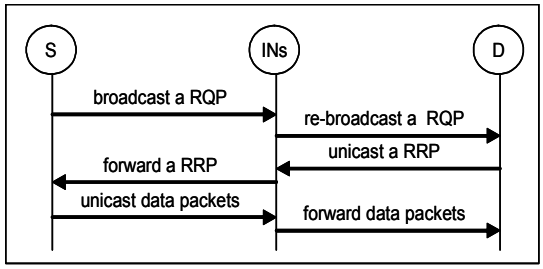


Fig. 4. Route Discovery Process

이동 애드-혹 네트워크 내에서 데이터 패킷을 전송하고자 하는 출발지 호스트(S)는 경로 요청 단계에 진입하여, 먼저 자신의 RC(Routing Cache)를 확인한다. 만일 자신의 RC 내에 목적지 호스트(D)로의 경로가 존재한다면 해당 경로를 헤더에 추가하여 데이터 패킷을 D로 전송하게 된다. 그렇지 않다면, Fig. 4에서 보이는 바와 같이, 자신의 주소와 제한된 방송 주소(255.255.255.255)를 IP 헤더에 포함하고 목적지 호스트의 주소를 Target Address에 포함하는 RQP(Route reQuest Packet, 경로요청 패킷)를 생성하여 이동 네트워크를 통해 방송(broadcast)하게 된다. 이를 수신한 중간 호스트는 자신이 목적지 호스트가 아닌 경우, 해당 RQP 헤더의 끝에 자신의 주소를 추가하여 다시 방송하게 된다. 이 때 중간 호스트들은 수신 RQP 정보를 일정 시간 동안 유지하여 중복 처리를 방지하게 된다. 만일 RQP를 수신한 호스트가 D인 경우라면 경로 응답 단계에 진입하게 된다.

목적지 호스트는 동일한 출발지 호스트로부터 여러 개의 RQP를 수신할 수 있으며, 이 중 도착한 순서에 따라 해당 프로토콜 내에서 제한하는 수만큼의 RRP(Route Reply Packet, 경로응답 패킷)를 생성하여 전송할 수 있다.

3.2 경로 유지 단계

이동 애드-혹 네트워크 내에서 능동 경로 및 수동 경로에 포함되는 각 호스트들은 경로 상의 인접 호스트들과의 연결 상태를 항시 모니터링하게 된다. 만일 자신의 RC에 유지하고 있는 경로 중에 자신과 인접한 호스트와의 연결이 단절된 경우, 이를 발견한 호스트는 자신의

RC 정보를 참조하여 단절된 방향과 반대 방향으로 연결이 단절되었음을 알리는 패킷(REP)을 전달하고 자신의 RC 정보에서 해당 경로를 제거하게 된다. 이와 같은 작업으로 인해, 출발지 호스트가 가진 RC는 항상 최신 정보를 유지하게 된다.

또한, 데이터 패킷 전송 도중에 연결이 단절되었음이 발견되는 경우, 이를 발견한 호스트는 데이터 패킷의 출발지 호스트에게 REP를 전달하게 되며, 역시 자신의 RC에서 해당 정보를 제거하게 된다. REP를 수신한 출발지 호스트는 자신의 RC를 참조하여 해당 목적지로의 다른 수동 경로가 있는 경우 이를 사용하여 데이터 패킷을 재전송하게 된다. 그렇지 않은 경우 다시 새로운 RQP를 생성하여 방송함으로써 경로 요청 단계에 다시 진입하게 된다.

4. 성능 평가

4.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 C 언어로 구현된 시뮬레이션 라이브러리인 Simlib을 사용하였다[7]. 본 논문에서 제안하는 프로토콜은 이동 애드-혹 네트워크 내에서 이동 호스트들의 통신을 위해 dynamic source routing 기법을 사용하면서 노드 중복을 허용하는 다중 응답을 받고, 하나 이상의 경로를 유지할 수 있는 기법이다. 시뮬레이션을 위한 환경은 Table 1에서 보이는 바와 같다.

Table 1. Simulation Environment

factor	value
Network size	1000 m * 1000 m
Transmission range	250 m
Data Sending Rate	250 = 4 packets/s
Simulation time	1180000 ms
Data Sending Time	180000 ms(3 min)
Delay per one hop	30 ms
Number of node	40, 80 nodes
pause time	0
node speed	4, 8, 12, 16, 20 m/s

제안 프로토콜의 성능 평가를 위하여 총 시뮬레이션 시간은 1180초로 하고 처음 1000초 후에 180초 동안 데이터 패킷을 전송하였다. 본 시뮬레이션을 위해 이동 호스트들의 이동 모델은 RWP와 LW 모델을 적용하였으며, pause time은 '0'으로 하였다. 데이터 패킷은 512 bytes CBR(Constant Bit Rate)로 가정하였으며, 초당 4개의 패킷을 전송하고, 홉 간의 전송 지연 시간은 30ms라 가정하였다.

성능평가 분석을 위한 요소는 다음과 같다.

$$\text{output} = \frac{\text{총수신데이터수}}{\text{시뮬레이션시간}*1000}$$

$$\text{delivery ratio} = \frac{\text{총수신데이터수}}{\text{총송신데이터수}}$$

$$\text{overhead} = \frac{\text{총제어패킷수}}{\text{총수신데이터수}}$$

$$\text{end-to-end delay} = \frac{\text{총송수신간지연시간}}{\text{총수신데이터수}}$$

본 논문에서는 DSR 프로토콜과 같이 단일 경로를 사용하는 경우와 중복을 허용하는 다중 경로를 사용하는 프로토콜의 경우를 RWP 모델과 LW 모델을 사용하여 성능을 평가하여 비교하고자 한다. 이를 위해 본 논문에서는 성능평가의 요소 중 가장 중요한 요소인 전달률(delivery ratio)에 대한 결과를 비교 분석하였다. 다른 요소들에 대해서는 향후 연구를 진행하고자 한다.

4.2 시뮬레이션 결과

시뮬레이션을 위한 네트워크 크기는 1000m * 1000m, 전송가능 범위는 250m로 가정하였다. 또한, 하나의 출발지호스트가 하나의 목적지호스트로 데이터를 보내는 것으로 가정하였다. 각 시뮬레이션은 총 50회 시행하여 평균을 계산하였다.

네트워크 범위 내에 40개의 노드가 있으며 DSR 프로토콜과 같이 단일 경로를 사용하는 경우, 평균 이동속도 증가에 따른 전달률의 변화를 Fig. 5에서 보인다.

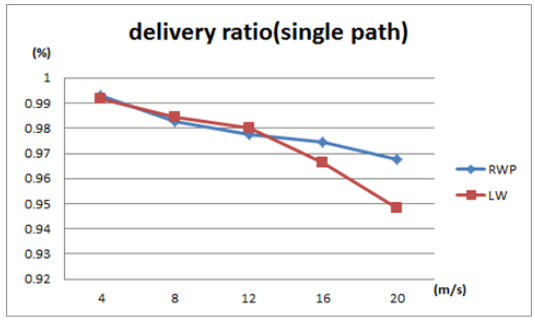


Fig. 5. Delivery Ratio with Single Path

Fig. 5에서 보이는 바와 같이, 단일경로를 사용하는 경우는 노드들의 평균 이동속도가 높아질수록 RWP 모델에 비해 LW 모델의 전달률이 더 급속히 낮아짐을 알 수 있다.

단일경로와 노드 중복을 허용하는 다중경로를 사용하는 경우, 평균 이동속도에 따른 전달률의 변화를 Fig. 6에서 보인다.

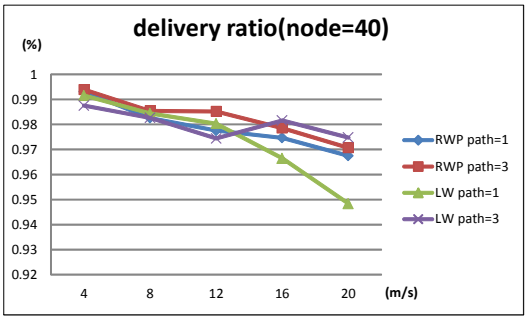


Fig. 6. Delivery Ratio (40 nodes)

Fig. 6에서 보이는 바와 같이, LW 모델을 이용하며 다중경로를 사용하는 경우 이동속도에 따른 변화가 크지 않음을 알 수 있다.

네트워크 내에 80개의 노드가 존재할 때, 단일경로와 노드 중복을 허용하는 다중경로를 사용하는 경우, 평균 이동속도에 따른 전달률의 변화를 Fig. 7에서 보인다.

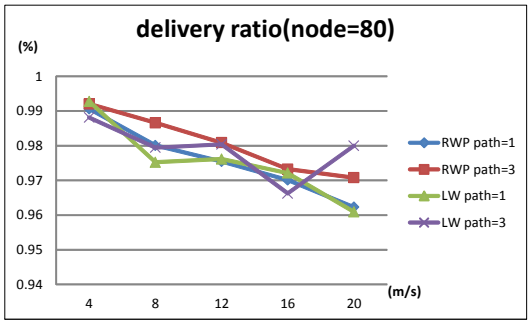


Fig. 7. Delivery Ratio (80 nodes)

Fig. 6과 Fig. 7에서, RWP 모델의 경우는 평균 이동속도가 높아질수록 전달률이 일정하게 낮아지는 반면, LW 모델의 경우에는 비교적 전달률이 일정함을 보인다.

네트워크 내에 10개의 노드가 존재할 때의 결과를 Fig. 8에서 보인다.

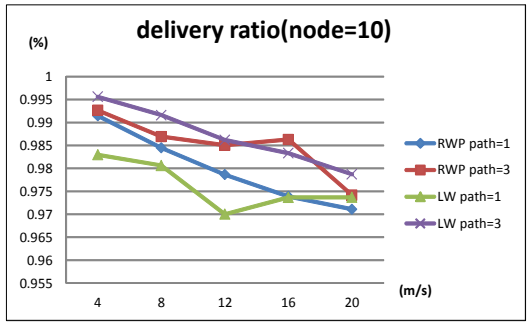


Fig. 8. Delivery Ratio (10 nodes)

Fig. 8에서와 같이, 네트워크 내에 노드의 수가 적은 경우에는 평균 이동속도가 높아질수록 전달률이 낮아지지만, 단일경로에 비해 다중경로를 유지하는 경우가 전달률이 높으며, RWP 모델에 비해 LW 모델이 다양한 이동성향을 만들어 시뮬레이션 결과가 역시 다양해지는 것을 알 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 이동 애드-혹 네트워크를 위해 노드의 중복을 허용하는 다중경로 소스 라우팅 프로토콜을 제안하며 이동성 모델 중 이동 애드-혹 네트워크 환경에서 가장 많이 사용하는 RWP 모델과 최근 인간 이동패턴과 가장 유사하다고 발표된 LW 모델을 이용하여 노드들의 이동 속도에 따른 전달률을 비교하였다.

본 논문에서 시뮬레이션을 통해, DSR 프로토콜과 같이 단일경로를 유지하는 경우보다 다중 경로를 유지하는 경우에 성능이 좋음을 알 수 있었다. MDSR 프로토콜과 같이 노드의 중복성을 허용하지 않는 다중경로를 유지하는 경우보다 노드의 중복을 허용하는 다중경로를 유지하는 경우에 보다 좋은 성능을 보인다는 것은 이미 연구된 바 있다. 본 논문에서는 RWP 모델을 적용한 경우 시뮬레이션 결과가 일관성을 갖는 반면, LW 모델을 적용한 경우는 비교적 일관성이 없음을 알 수 있었는데 이는 LW 모델이 보다 다양한 이동성향을 만들기 때문인 듯 하다.

본 논문에서는 노드의 중복을 허용하는 다중 경로 라우팅 프로토콜의 성능을 RWP 모델과 LW 모델을 이용하여 비교하였다.

References

[1] G. H. Forman and J. Zahorjan, "The Challenges of Mobile Computing," IEEE Computer, Apr. 1994. DOI: http://dx.doi.org/10.1109/2.274999

[2] K. Weniger and M. Zitterbart, "Mobile Ad Hoc Networks - Current Approaches and Future Directions," IEEE, Network, Vol. 18, No. 4, pp. 6-11, Jul. 2004. DOI: http://dx.doi.org/10.1109/MNET.2004.1316754

[3] M. N. Mohamed, A. A. Ayoob, G. M. Abdulsahib, O. I. Khalaf, and H. A S. Ahmed, "A Comparative Performance Analysis of AODV and DSR Routing Protocol for Mobile Ad-hoc Network," International Journal of Digital Content Technology and its Applications(JDCTA), Vol. 9, No. 1, Feb. 2015.

[4] D. Johnson, Y. Hu, and D. Maltz, " The Dynamic Source routing Protocol(DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4," Internet Draft, Mar. 2001.

[5] A. Nasipuri and S. R. Das, "On-Demand Multipath Routing for Mobile Ad Hoc Networks," International Conference on Computer Communications and Networks, Oct. 1999. DOI: http://dx.doi.org/10.1109/icccn.1999.805497

[6] S. I. Hong and S. J. Kim, "Human Mobility Model for Wireless Ad-Hoc Network Simulation," Information and Communications Magazine, vol. 30, No. 7, pp. 63-73, Jun. 2013.

[7] M. Law, W. D. Kelton, Simulation Modeling and Analysis, 3rd ed. McGraw-Hill, 2000.

[8] Hunju Lim, Sookyoung Joung, Sungwha Lee, Inkap Park, "MAC Aware Multi-Channel Routing Protocol for Multi-Interface Ad-Hoc Wireless Networks," *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol. 13, No. 5, pp. 249-258, October 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2013.13.5.249

[9] Sun-Jin Oh, "Design and Evaluation of Fuzzy-Logic based Quorum System considering the Gravity of Locality of Mobile in MANETs," T*he Journal of The Institute of Webcasting, Internet Television and Telecommunication,* Vol. 8, No. 2, pp. 9-14, 2008.

[10] Xiao-Lei Zhang, Ye Wang, Jang-Geun Ki and Kyu-Tae Lee, "Analysis of MANET Protocols Using OPNET," The Journal of The Institute of Webcasting, Internet Television and Telecommunication Vol. 9, No. 4, pp. 87-97, 2009.

[11] Chan-Sook, Sung-Hyun Cho, "Multipath Overlay Routing for Reliability," *The Journal of The Institute of Webcasting Internet Television and Telecommunication,* Vol. 7, No. 6, pp. 17-24, 2007.

김 수 선(Su-Sun Kim) [정회원]

- 1984년 2월 : 서울과학기술대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 1986년 8월 : 한양대학교 산업대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
- 1997년 2월 : 아주대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
- 1991년 3월 ~ 현재 : 한양여자대학교 컴퓨터정보과 교수

<관심분야>
이동컴퓨팅, 모바일시스템, 멀티미디어

김 문 정(Moon Jeong Kim) [정회원]

- 1998년 2월 : 성균관대학교 정보공학과(공학사)
- 2000년 2월 : 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학과(공학석사)
- 2005년 2월 : 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학과(공학박사)
- 2006년 7월 ~ 2007년 11월 : 고려대학교 정보보호대학원 연구교수
- 2007년 12월 ~ 2009년 2월 : 성균관대학교 정보통신공학부 연구교수
- 2009년 3월 ~ 현재 : 영동대학교 스마트IT학과 교수

<관심분야>
이동컴퓨팅, 무선애드-혹네트워크, 유비쿼터스컴퓨팅