

이동 에드혹 네트워크에서 다중전송률전송에 기반한 다중경로 라우팅 기법

Multipath Routing Protocol based on Multi-Rate Transmission in Mobile Ad Hoc Networks

이강건 · 박형근*

한국기술교육대학교 전기전자통신공학부

Kang-Gun Lee · Hyung-Kun Park*

School of Electric Electronic and Communication Engineering, Korea University of Technology and Education, Chungcheongnam-do, 330-240, Korea

[요 약]

이동 에드혹 네트워크에서는 소스 노드로부터 목적지 노드까지 데이터 전달을 위해 멀티 홉 전송방식을 사용하며 이때 전송경로를 설정하는 라우팅 기법이 중요한 기술적 이슈가 된다. 각 노드들의 위치 변경 및 채널환경의 변화에 따라 노드들 사이의 무선 링크가 불안정해 질 수 있으며 이는 링크에러를 증가시키게 된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 다중경로 라우팅기법이 제안되었다. 다중경로 라우팅은 데이터를 분산 전송하여 특정 링크에서의 혼잡을 줄이고 데이터의 전송효율을 증가시킬 수 있다. 그러나 다중경로 라우팅에서 각각의 경로는 서로 간섭을 야기할 수 있으며 이는 네트워크의 성능을 크게 저하시킬 수 있다. 본 논문에서는 이동 에드혹 네트워크에 적용가능한 다중경로 라우팅기법을 제안하다. 제안된 방식에서는 노드의 위치정보 없이도 경로 간 간섭을 회피할 수 있도록 설계되었다. 시뮬레이션을 통해 제안된 다중경로 라우팅 기법이 전송지연과 에러를 크게 감소시킬 수 있음을 확인하였다.

[Abstract]

In a mobile ad hoc networks, multi-hop transmission is used to transfer data from source node to destination node and the routing protocol is the one of the important technical issues. The links between nodes can be unstable due to the changes of node location and channel conditions, and it can induce link error. To solve this problem, multipath routing was proposed. Multipath routing can reduce the data congestion and increase data throughput. In the multipath routing, however, each path can be interfered by the other path, and it can aggravate network performance. In this paper, we propose the multipath routing technique in the multi-rate MANET. The proposed multipath routing can avoid interference without the knowledge of node location. Simulation results show that the proposed multipath routing can reduce transmission delay and error.

Key word : Ad hoc network, MANET, Multipath routing, Multi-rate, Multi-hop transmission,

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2014.18.3.236>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 2 June 2014; Revised 23 June 2014

Accepted (Publication) 20 June 2014(30 June 2014)

*Corresponding Author ; Hyung-Kun Park

Tel: +82-41-560-1176

E-mail: hkpark@koreatech.ac.kr

1. 서론

이동 에드혹 네트워크는 기존의 기간 망이 없이도 자율적이고 독립적인 네트워크를 구성할 수 있으며 단말은 참여와 이탈이 자유롭게 이루어질 수 있어 상황에 따라 신속하게 네트워크를 구성할 수 있는 장점을 갖는다[1]. 에드혹 네트워크에서는 일반적으로 단말의 송신전력에 제한이 있고 전송거리가 짧아 대부분 메쉬네트워크의 형태로 구성되며 멀티홉 전송을 통해 데이터를 전송하게 된다. 일단 네트워크가 구성된다 해도 단말의 이동에 따라 단말의 위치가 바뀌게 되면 새롭게 네트워크를 연결해야한다. 이와 같이 메쉬네트워크에서 노드가 이동성을 갖을 경우 노드의 위치변화에 따라 수시로 전송채널의 변화가 발생하므로 멀티홉 전송을 위해서는 네트워크에 상황에 맞게 적응적으로 경로를 설정할 수 있는 라우팅 기법이 요구된다.

멀티홉 전송에 있어서 특정 링크의 품질이 저하되어 전송 지연이 발생한다던지 특정 노드의 배터리가 소모되어 전송이 불가능한 상황이 되는 경우 전체 경로에 대한 통신지연이 크게 발생하거나 통신이 중단되는 사태가 발생한다. 또한 멀티미디어 데이터의 전송에 있어서는 전송량의 증가로 인해 전송지연이 크게 발생할 수 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 이동 에드혹 네트워크를 위한 다양한 형태의 다중경로 라우팅기법들이 제안되었다[2][3]. 다중경로 전송은 네트워크의 트래픽 부하를 분산시켜 특정 구간의 오버플로우가 발생하는 것을 방지하며 트래픽의 혼잡을 제어할 수 있다. 또한 추가적인 전송패스를 확보함으로써 전송용량을 늘려 전송 대역폭의 제한을 극복할 수 있다. 이와같은 전송용량의 측면이외에도 경로 다이버시티의 효과를 통해 불안정한 무선링크로 인해 발생하는 패킷손실을 줄일 수 있다. 이와 같은 다중경로 라우팅프로토콜을 설계하는데 있어서 어떻게 다중경로를 찾아낼지, 그중에서 어떤 경로를 선택할 지 그리고 어떻게 다중경로로 부하를 분산시킬지를 결정하는 것은 중요한 설계 이슈가 되고 있다.

다중경로전송에 있어서 문제점으로는 경로 간 간섭이 존재하는 것이다. 단일경로전송의 경우에는 간섭의 영향이 없지만 다중경로전송의 경우 간섭으로 인한 성능저하가 크게 발생할 수 있다. 따라서 다중경로라우팅의 효과를 극대화하기 위해서는 각각의 경로들 간의 간섭이 최소화 되도록 다중경로를 설정해야한다. 또한 공간 다이버시티의 효과를 얻기 위해서는 신호 간 상관도가 낮아야하므로 경로간 일정거리이상 떨어져 있어야한다. 간섭을 회피하기 위해 GPS(global positioning system) 신호를 이용한 위치기반 다중경로 설정알고리즘들이 제안되었다[4]. 그러나 위치정보를 획득하기 위해서는 노드 내에 GPS 수신기 등 부가적인 장치들이 추가되어야 하므로 작고 싸게 개발되어야할 노드에 큰 부담이 될 수 있다.

따라서 노드의 위치정보를 갖지 않고서도 간섭을 회피할 수 있는 다중전송라우팅 기법이 필요로 된다. 또한 멀티미디어 전송을 위해 채널상태에 따라 전송률을 최적화하는 다중 전송률 전송에 있어서는 단순히 최소 홉에 의한 최단 라우팅 경로 설정

방식은 효율적인 라우팅방식이 되지 못한다. 따라서 다중 전송률 환경에서 라우팅 경로를 설정하는데 있어서 채널 환경에 따른 지연시간을 고려하여 전송효율을 높일 수 있고 다중경로 설정 시에 경로들 간의 간섭을 최소화할 수 있는 경로 설정 방식이 필요로 된다. 본 논문에서는 다중 전송율을 지원하는 이동 에드혹 네트워크에서 채널환경을 고려하고 경로 간 간섭을 회피할 수 있는 다중 전송률 기반의 다중경로 라우팅기법을 제안한다.

II. 본 론

2-1 다중전송률기반 라우팅기법

본 논문에서는 다중 전송률을 지원하는 IEEE 802.11b 기반의 전송방식을 사용한다고 가정한다. IEEE 802.11b인 경우에는 무선링크의 상태에 따라 1 Mbps, 2 Mbps, 5.5 Mbps, 11 Mbps 의 서로 다른 4가지의 전송률을 지원하고 있다. 기존 AODV 방식인 경우에는 경로설정에서 최소 홉 카운트만을 생각하기 때문에 동일한 채널상태 즉 동일한 전송률을 갖는 링크의 설정에는 적합하나 노드 간 무선링크의 상태에 따라 전송률의 차이가 발생하는 다중전송률 전송에서는 적합하지 못하다. 다중 전송률 전송에서 데이터전송에 걸리는 시간은 홉수에 비례하지 않으며 홉수가 많다고 하더라도 높은 전송률로 보낼 경우 전송지연이 더 작을 수 있다. 따라서 본 논문에서는 AODV (ad hoc on-demand distance vector) 프로토콜을 기반으로 하되 홉수에 따라 경로선택을 선택하는 것이 아니라 전송지연에 따라 경로를 선택하도록 하였다.

AODV에서는 가장 작은 홉 카운트를 가지는 경로를 설정을 하나, 앞에서 논의한 듯 다중전송률을 갖는 전송시스템에서는 최소 홉카운트의 라우팅 경로가 실질적으로 최소지연을 보장하지 못한다. 그림 1에서 보듯이 소스노드와 목적지노드사이의 라우팅 경로를 설정할 때 경로1의 경우는 최소 홉카운트를 갖는 경로이다. 그림에서 $R_{i,j}$ 는 i 번째 경로의 j 번째 링크에서의 전송률을 의미한다. 만약 전송속도는 $R_{1,1}$, $R_{1,2}$ 가 각각 다중전송률 중 가장 낮은 전송률인 1Mbps를 갖고 경로2의 모든 링크가 5.5Mbps이상의 전송률을 갖는다면 전체 경로의 홉 수는 경로1이 경로 2에 비해 작지만 각 링크의 전송률차이로 인해 경로 전체 전송률은 경로2가 훨씬 높게 나타나게 된다.

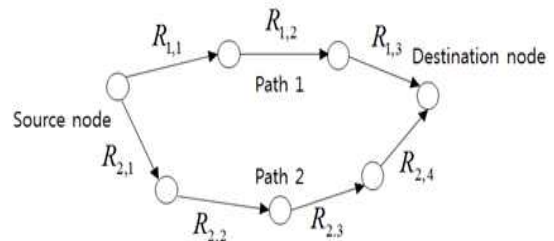


그림 1. 다중전송률 환경에서의 라우팅 경로
Fig. 1. Routing path in multi-rate.

본 논문에서는 기존 단일전송률기반의 네트워크에 적용되었던 AODV 라우팅 프로토콜을 개선하여 다중 전송률을 지원하는 네트워크에서 전송률을 높일 수 있는 라우팅 프로토콜을 사용한다. 이를 위해 본 논문에서 제시하는 알고리즘에 있어서는 홉 카운트를 통해서 경로를 설정 하는 것이 아니라, 실질적인 전송지연이 작은 경로를 라우팅 경로 설정한다. 다중전송률을 지원하기 위해서는 링크간 채널의 상태를 알아야하며 이를 위해 소스 노드에서 목적지 노드로 RREQ (route request)를 브로드캐스트를 할 때, RREQ를 수신한 노드들은 수신신호의 강도를 측정하고 수신 가능한 전송률을 결정하게 된다.

i 번째 경로의 j 번째 링크에서 수신 가능한 전송률 $R_{i,j}$ 가 결정되면 이 역수를 통해 전송지연시간 $D_{i,j} (= 1/R_{i,j})$ 를 계산할 수 있다. RREQ를 받은 노드는 지금까지의 전송지연에 $D_{i,j}$ 를 더한 j 링크까지의 총 지연시간 값 $T_{i,j}$ 을 RREQ에 실어 다시 전송한다. 이 RREQ를 수신한 노드는 홉 수가 아닌 총 지연시간을 비교하여 총 지연 시간이 낮은 RREQ를 받게 되면 이전에 설정된 경로를 폐기하고 새로운 경로를 설정한다. RREQ를 받은 노드는 앞에서와 마찬가지로 RREQ의 수신강도를 이용해 채널을 추정하고 총 전송률 $T_{i,j+1} = T_{i,j} + D_{i,j+1}$ 값을 RREQ를 통해 다음 노드로 전달한다. 이와 같은 과정을 반복하여 최종적으로 목적지 노드에 전달하게 되면 목적지노드는 전송지연이 가장 작은 경로를 최종경로로 선택하고 이 경로상의 릴레이 노드들의 정보를 RREP를 통해 송신 노드까지 전송함으로써 최종적인 경로설정을 완료하게 된다. 식(1)은 경로결정방식을 나타내며 이때 N_i 는 i 번째 경로의 홉수를 의미한다.

$$Path = \min_i \sum_{j=1}^{N_i} D_{i,j} = \min_i \sum_{j=1}^{N_i} \frac{1}{R_{i,j}} \quad (1)$$

2-2 간섭회피를 위한 다중전송을 기반 다중경로설정

1) 전송범위와 간섭범위

멀티홉 이동 에드혹 네트워크에서 데이터 전송을 위해서는 송수신 노드가 일정범위 이내에 있어야한다. 전송범위는 노드가 오류 없이 성공적으로 데이터를 전송할 수 있는 범위를 의미한다. 간섭범위는 노드가 데이터를 전송할 때 다른 노드에 간섭을 야기할 수 있는 범위를 의미한다. 전송범위와 간섭범위는 채널환경에 따라 크게 달라 질 수 있으나 일반적으로 간섭범위는 전송범위의 약 1.8배로 간주된다[5].

전송거리와 간섭거리는 전파감쇠에 의한 수신전력에 의해 결정되며 다음과 같이 간단한 경로손실모델을 통해 개략적인 전송거리와 간섭거리를 계산할 수 있다.

$$P_r = KP_t \left(\frac{d_0}{d} \right)^r \quad (2)$$

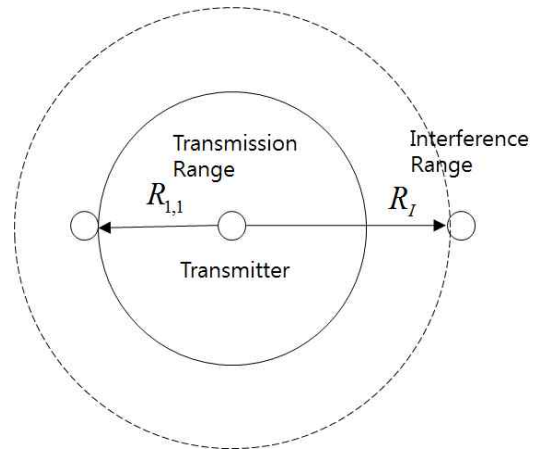


그림 2. 전송범위와 간섭범위
Fig. 2. Transmission range and interference range.

이때 d_0 는 안테나로부터의 기준거리이며 d 는 송수신 노드 사이의 거리 그리고 P_t, P_r 은 각각 송신 및 수신 전력이다. r 는 path-loss exponent 값을 의미한다. path-loss exponent 값은 채널 환경(channel environment)에 따라 다른 값을 가지나 LOS(line of sight)에서는 약 1.6~1.8 정도의 값을 갖는다. [6]

2) 간섭회피를 위한 다중경로 설정방식

첫 번째 패스가 설정되고 난후, 두 번째 경로를 설정하기 위해 첫 번째 경로설정과 마찬가지로 지연시간을 기준으로 하여 다중경로를 설정하게 되면 홉 카운트나 지연시간 면에서 작은 값을 갖는 경로를 다중경로로 선택하게 될 것이다. 그러나 두 번째 경로는 첫 번째 경로와의 거리가 작아 서로 간섭을 일으킬 수 있으며 이 경우 단일 경로 전송에 비해서도 성능이 떨어지는 결과를 낳게 될 것이다. 따라서 소스노드와 목적지노드를 우회 하더라도 첫 번째 경로에 대해 가장 간섭이 적은 경로를 다중경로로 선택해야 한다. 따라서 다중 경로 설정을 위해서는 처음 설정한 경로의 설정방식과는 다른 방식으로 경로가 설정되어야한다.

두 번째 패스를 설정하기 위해, 소스노드에서는 두 번째 RREQ를 보내게 된다. 하지만 이때에는 첫 번째 경로로 설정된 노드들은 이 두 번째 RREQ 신호를 무시를 하게 되며, 나머지 노드들만이 두 번째 RREQ들을 수신하게 된다. RREQ를 수신한 노드들은 자신의 주위에 있는 노드들로 RREQ를 보내게 되고, 이 과정을 반복을 통해 목적지 까지 도달하게 되면, 목적지노드에서는 RREP를 보내게 되어 두 번째 경로가 설정이 된다.

다중경로 라우팅을 위한 두 번째 경로 설정과정에 있어서 첫

번째로 설정된 경로와 두 번째 설정된 경로가 서로 간의 간섭을 일으키지 않도록 하기 위해서는 첫 번째 경로에 참여하고 있는 노드들의 간섭영역에 속한 노드들은 두 번째 경로설정에 참여하지 말아야한다. 그러나 각 노드들은 위치정보를 알지 못하기 때문에 자신이 처음 설정된 경로의 노드들로부터 간섭범위 내에 들어가는지를 알 수 없다. 따라서 본 논문에서는 처음 경로 설정 시에 목적지 노드로부터 최종 경로설정을 위해 전송되는 RREP 패킷을 이용하여 간섭범위 내의 노드들로 하여금 자신이 간섭범위 내에 들어갔음을 확인하게하고 다중경로 설정에 참여하지 않도록 함으로써 경로 간 간섭을 회피하려고 한다. 그런데 앞에서 언급한바와 같이 간섭거리는 전송거리보다 크므로 RREP를 수신하지 못했다하더라도 간섭범위 내에 들어있지 않다고 말할 수 없다.

따라서 간섭범위 내에 모든 노드들에서 첫 번째 경로정보를 제공하기 위해 RREP의 전송전력을 보다 높일 필요가 있다. 앞의 경로손실모델에서 보듯이 RREP를 간섭영역의 노드들에게 까지 전송하려면 더 높은 송신전력으로 패킷을 전송해야한다. 만약 수신기가 간섭범위의 가장자리에서 RREP를 받기 위해서는 수신전력이 전송범위의 가장자리에서와 동일해야하며 간섭 거리를 전송거리의 α 배로 가정했을 때 송신전력 P_t' 은 다음의 관계를 만족해야한다[6].

$$P_r = KP_t \left(\frac{d_0}{d} \right)^\alpha = KP_t' \left(\frac{d_0}{\alpha d} \right)^\alpha \quad (3)$$

따라서 간섭범위까지 패킷을 전송하기위한 송신전력은 다음과 같다.

$$P_t' = \left(\frac{1}{\alpha} \right)^\alpha P_t \quad (4)$$

간섭거리를 전송거리의 1.8배로하고 LOS환경에서 path-loss exponent를 1.6 으로 가정했을 때 약2.56배의 송신전력으로 패킷을 전송해야 간섭영역까지 RREP를 보낼 수 있다. 이 경우 RREP 패킷전송에 많은 전력을 소모하게 되나 실제 데이터전송에 있어서는 전력의 변화가 없으며 RREP의 전송에 있어도 데이터 전송에 비해 매우 작은 시간을 차지하며 경로설정단계에서 한번 전송되므로 송신전력증가는 크게 발생하지 않는다.

이와 같이 송신전력이 보정된 RREP 패킷을 이용하여 인접 노드들은 자신이 첫 번째 경로에 대해 간섭노드로 작용하게 되는지를 판단할 수 있게 되고 만약 간섭거리이내에 있다면 두 번째 경로설정에 참여하지 않음으로써 다중경로간의 간섭을 회피할 수 있게 된다.

III. 시뮬레이션 결과

본 장에서는 제안 알고리즘의 성능을 분석을 위해 시뮬레이션을 통해 패킷 지연시간을 측정 비교하였다. 시뮬레이션에서는 패킷의 크기는 512 kbyte로 가정하였고 IEEE802.11b의 표준에 따라 데이터 전송율은 1 Mbps, 2 Mbps, 5.5 Mbps, 11 Mbps의 4가지 전송율을 갖는 가변 전송률을 가정하였으며 하나의 노드가 전송 할 수 있는 최대 범위를 110 m로 가정하였다.

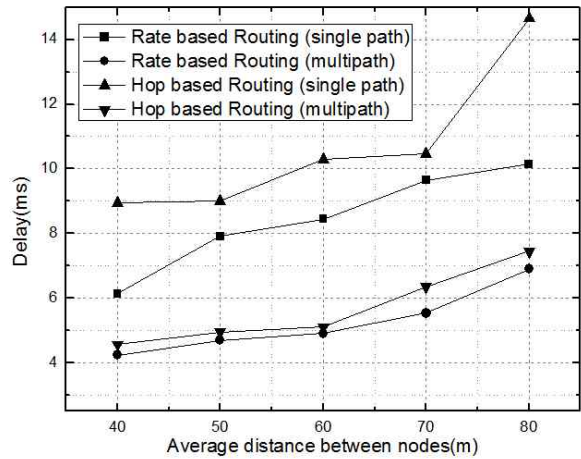


그림 3. 노드간 평균거리에 따른 전송지연시간
Fig. 3. Transmission delay according to the average distance of nodes.

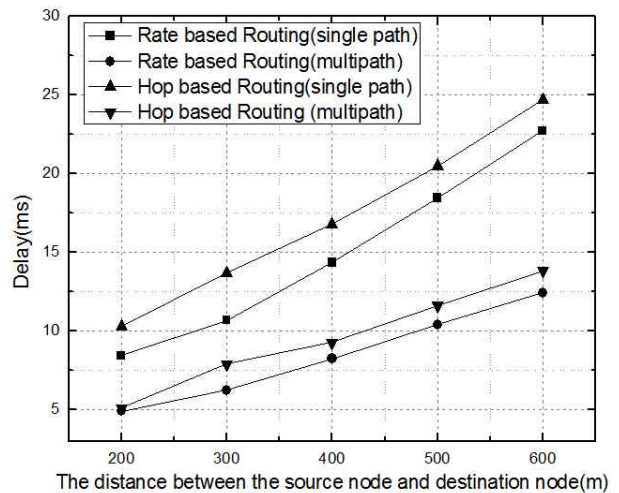


그림 4. 소드노드와 목적지 노드간 거리에 따른 전송지연시간
Fig. 4. Transmission delay according to the distance between source and destinations node.

전송률에 따른 송수신 가능거리를 R1영역과 R2영역으로 나누었는데 R1 영역(80 m까지)은 전송 속도가 11 Mbps와 5.5 Mbps로 송수신이 가능하며, R2 영역 (80~110 m)까지는 2 Mbps와 1 Mbps로 전송율로 송수신이 가능하다. 이와 같은 전송율과 송수신거리와의 관계는 semi-open 환경을 기준으로 측

정을 하였다[7]. 노드들은 1000 m × 1000 m인 환경에서 균일하게 배치를 하였다. 매 링크마다 링크설정을 위한 시간이 필요하며 링크가 설정되기 까지 한 홉당 1.04 msec의 MAC (medium access control) 지연시간을 고려하였다[8].

시뮬레이션을 통해 노드의 밀도에 따른 라우팅성능을 비교하였다. 이를 위해 노드간의 평균거리 40 m ~ 80 m로 달리 해주면서 라우팅 기법에 따른 전송지연을 비교하였다. 성능 비교를 위해 제안한 전송율기반 라우팅 알고리즘과 홉수에 기반한 라우팅 방식을 단일경로와 다중경로에 대해 각각 비교하였다. 그림 3에서 보듯이 다중전송률에 기반한 라우팅 기법의 경우 기존 AODV방식의 홉수기반 라우팅기법에 비해 전송지연이 크게 개선됨을 볼 수 있다. 다중경로 방식보다는 단일경로인 경우 지연특성의 차이가 크게 발생했다. 그림 4에서는 소스노드와 목적지 노드간의 거리에 따른 전송지연시간 성능을 살펴보았다. 소스와 목적지가 멀어질수록 열악한 채널이 나타날 확률이 증가하여 다중경로 라우팅과 단일경로 라우팅의 지연성능차이가 더욱 커짐을 볼 수 있다. 또한 전송률기반의 라우팅기법이 홉수기반의 라우팅기법보다 전반적으로 낮은 전송지연시간을 갖음을 알 수 있다.

IV. 결 론

다양한 사물간 통신서비스가 발달함에 따라 이동 에드혹 네트워크에서 라우팅기법이 중요한 기술적요소가 되고 있으며 특정 링크에서의 트래픽의 폭주, 채널의 열화와 같은 문제들을 해결하기 위해 트래픽을 분산시키거나 공간다이버시티 이득을 얻을 수 있는 다중경로 라우팅기법이 중요한 기술적 요소로 주목받고 있다. 본 논문에서는 이동 에드혹 환경에서 기존 홉수에 기반한 라우팅기법을 개선하여 채널환경에 따른 경로설정을 지원할 수 있는 다중전송률에 기반한 라우팅기법을 제안하고 이를 다중경로 라우팅기법에 적용하였다. 제안된 라우팅기법에 대해 시뮬레이션을 통하여 그 성능을 비교분석하였으며 기존의 홉수기반 라우팅 및 다중경로 라우팅기법에 비하여 보다 우수한 지연성능을 보임을 확인하였다.



이 강 건 (Kang-Gun Lee)

2008년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 정보통신공학과
*관심분야 : 위성통신, 마이크로파 회로해석 및 설계, 계측제어

참고문헌

- [1] S. Basagni, M. Conti, S. Giordano, and I. Stojamenovic, *Mobile Ad Hoc Networking : The cutting Edge directions*, 2nd ed. Hoboken, NJ: John Willey&Sons, 2013.
- [2] M. Tarique, K. E. Tepe, S. Adibi, and S. Erfani, "Survey of multipath routing protocols for mobile ad hoc networks," *Journal of Network and computer applications*, Vol. 32, Issue 6, pp. 1125-1143, 2009.
- [3] E. S. Alwadiyeh and A. F. A. Aburumman, "Interference-aware multipath routing protocols for mobile ad hoc networks," in *Proceeding of the IEEE 38th Conference on Local Computer Networks Workshop*, Sydney: Australia, pp.980-986, 2013.
- [4] H. Heo, J. Hwang, and M. Yoo "Interference-free multipath routing protocol for M2M wireless network to enhance packet delay performance" *Journal of Korea information and communications society*, Vol. 35, No. 12 pp. 1859-1866, 2010.
- [5] K. Xu, M. Gerla, and S. Bae, "How effective is the IEEE 802.11 RTS/CTS handshake in Ad Hoc networks?", in *Proceeding of the 21st Global Telecommunication Conference*, Taipei: Taiwan, pp. 72-77, 2002.
- [6] T. S. Rappaport, *Wireless Communications*, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hal, 2002.
- [7] Y. Seok, J. Park and Y. Choi, "Multi-rate aware routing protocol for mobile ad hoc networks", in *Proceeding of the 57th Vehicular Technology Conference*, Jeju: Korea, pp. 1749-1752, 2003.
- [8] R. Kumar, M. Misra, A. K. Sarje, "A simplified analytical model for end-to-end delay analysis in MANET," *International Journal of Computer Applications*, Special Issue on MANETs, No.4, pp. 195-199, 2010.



박 형 근 (Hyung-Kun Park)

1995년 2월 : 고려대학교 전자공학과 (공학사), 1997년 2월 : 고려대학교 전자공학과 (공학석사)

2000년 8월 : 고려대학교 전자공학과 박사

2000년 9월 ~ 2001년 8월 : Univ. of Colorado at Colorado Springs, PostDoc.

2001년 9월 ~ 2004년 2월 : 현대시스콤 선임연구원, 2010년 8월 ~ 2011년 7월 : Georgia Tech 방문교수

2004년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 부교수

※ 관심분야 : 인지무선통신, 무선자원관리, 센서네트워크