

MANET 환경에서 노드의 연결성을 고려한 그리드 기반 라우팅 기법

A Grid Based Routing Scheme Considering Node Connectivities in MANET Environments

윤수용*, 김재구*, 임종태*, 이석희**, 복경수*, 유재수*
충북대학교 정보통신공학과*, 동아방송예술대학교 뉴미디어콘텐츠과**

Soo-Yong Yoon(ysy@chungbuk.ac.kr)*, Jae-Gu Kim(kimjaegu@chungbuk.ac.kr)*,
Jongtae Lim(jtlim@chungbuk.ac.kr)*, Seok-Hee Lee(seoklee@dima.ac.kr)**,
Kyoungsoo Bok(ksbok@chungbuk.ac.kr)*, Jaesoo Yoo(yjs@chungbuk.ac.kr)*

요약

본 논문에서는 모바일 애드혹 네트워크에서 라우팅 비용 감소를 위해 위치 정보를 이용한 효율적인 그리드 기반 라우팅 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 헤더를 두지 않기 때문에 헤더 관리 비용이 감소하며 모든 노드가 메시지를 전송할 수 있다. 중간 노드들은 노드와 그리드간의 위치 관계에 기초하여 메시지를 중계하는 다음 홉을 결정한다. 각 그리드 영역의 좌표와 이웃 노드의 정보를 활용하여 노드의 방향성을 고려한 라우팅 경로 탐색을 한다. 또한, 노드들 사이의 연결성을 고려하여 라우팅 경로를 유지한다. 제안된 라우팅 기법의 우수성을 보이기 위해 성능평가를 통해 기존의 그리드 기반 라우팅 기법과 메시지 오버헤드, 전달 성공률을 비교한다.

■ 중심어 : | 모바일 애드혹 네트워크 | 그리드 기반 라우팅 | 위치 기반 라우팅 | 이동성 | 연결성 |

Abstract

In this paper, we propose an efficient grid based routing scheme using the location information in order to reduce the routing cost in mobile ad-hoc networks. In our proposed scheme, all nodes can be a candidate to forward messages to the specified destination node and reduce the management cost of head nodes because they do not exist. The intermediate nodes determine the next hop relaying messages on the basis of location relations between a node and a grid zone. The proposed scheme explores the routing path considering the direction of a node using the coordinate of a grid zone and neighbor node information. It also maintains the routing path considering connectivities among the nodes. In order to show the superiority of the proposed routing scheme, we compare it with the existing grid based routing scheme in terms of the overhead of message, the success rate of transmission.

■ keyword : | MANETs | Grid Based Routing | Location Based Routing | Mobility | Connectivity |

* 이 논문은 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학T연구센터육성 지원사업/IT융합고급인력과정지원사업 (NIPA-2014-H0301-14-1022), 2012년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(2012R1A1A2A10042015, 2012R1A1A2041898)과 2012년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

접수일자 : 2014년 09월 11일

심사완료일 : 2014년 10월 08일

수정일자 : 2014년 10월 08일

교신저자 : 유재수, e-mail : yjs@chungbuk.ac.kr

1. 서론

무선 통신 및 휴대용 컴퓨팅 장치가 발전하면서 모바일 기기 사용이 급증함에 따라 모바일 애드혹 네트워크(Mobile Ad-hoc Network : MANET)에 많은 관심을 모으고 있다. MANET은 모바일 P2P 네트워크 하위에 존재하는 네트워크이다[1]. MANET에서는 망 설치와 확장이 용이하고 멀티 홉(multi hop) 통신을 통해 넓은 범위의 통신이 가능하다. 이러한 특징을 갖는 MANET은 재해 지역, 군사 환경 등에서 다양하게 응용되고 있다. MANET은 예측 불가능한 이동성과 한정적인 전력 및 대역폭으로 인해 네트워크 토폴로지(network topology)가 역동적으로 변하는 특성이 있다. 이러한 특성으로 목적지까지 메시지를 전송하는 경로가 자주 끊어지게 되며 이로 인해 네트워크의 전체적인 성능이 저하된다. 따라서 이를 위해 MANET에서는 네트워크 변화에 효과적으로 대응할 수 있는 안정성이 우수한 다양한 라우팅 프로토콜이 활발히 연구되고 있다. 또한, 최근 스마트폰, 태블릿 PC 등의 사용이 증감됨에 따라 더 빠르고 안정적인 서비스 제공을 위한 MANET 연구가 진행되고 있다[2][3].

모바일 애드혹 네트워크 서비스를 제공하기 위해서는 노드 이동성에 따른 네트워크 토폴로지 변화에 적응적이며 소스 노드(source node)에서 목적지 노드(destination node)까지 안정적으로 데이터를 전달할 수 있는 라우팅 기법이 필요하다[4][5]. 최근 라우팅 관리 비용을 감소시키면서 라우팅 경로 탐색 비용을 향상시키기 위해 그리드 기반 라우팅(grid based routing) 기법이 제안되었다. 그리드 기반 라우팅은 물리적 영역을 논리 이차원(2D) 그리드로 분할하고 위치 기반 라우팅을 수행하는 기법이다. 통신은 경로 검색 후 소스와 목적지 노드를 연결하는 가장 그리드의 경로를 통해 수행된다. 각 그리드 영역에는 전송을 담당하는 헤드 노드(head node)가 존재한다.

기존 연구들은 라우팅 경로를 생성하고 유지하기 위해 전체 네트워크에 메시지를 전송하기 때문에 많은 통신비용이 요구되며 설정된 라우팅 경로를 통해 데이터 전송이 불가능할 경우 새로운 경로를 생성하기 위한 추

가적인 비용이 발생한다. 또한, 기존의 그리드 기반 라우팅은 각 영역에 헤더(header)를 두어 여러 정보를 유지하기 때문에 헤더의 관리 비용이 증가한다. 그리드 라우팅은 헤드 노드가 현재의 그리드 영역을 벗어나면 새로운 노드를 헤드 노드로 선택하기 위해 훨씬 더 많은 오버헤드(overhead)가 발생한다. 경로 검색 및 응답 절차, 경로 유지 보수, 라우팅 테이블 갱신 등의 많은 비용이 소요된다[6][7]. 단지 몇 개만의 헤드 노드가 메시지를 전달하기 때문에 네트워크 처리량이 매우 한정된다. 그리고 그리드 크기가 통신 범위보다 훨씬 작기 때문에 라우팅 비용 또한 증가한다. 따라서 그리드 기반 라우팅의 관리 비용과 라우팅 비용을 줄일 수 있는 기법이 필요하다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 헤더를 두지 않고 모든 노드가 메시지를 전송하기 위한 후보가 된다. 그리고 그리드 크기를 통신 범위보다 작게 설정하여 라우팅 비용을 줄인다. 제안하는 기법에서는 라우팅 방식을 선택적으로 적용하는 혼합형 라우팅(hybrid routing) 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 그리드 기반의 환경에서 연결성을 고려하여 라우팅 경로를 생성하고 유지하는 위치 기반 라우팅 기법을 수행한다. 목적지 노드의 위치 정보를 활용하여 목적지 노드 방향에 있는 일부 영역에만 메시지를 전송함으로써 라우팅 경로 생성을 위한 메시지 전송을 감소시키고, 소스 노드와 목적지 노드 사이에 연결성을 고려하여 안정된 라우팅 경로를 생성한다. 또한, 모바일 노드(mobile node)의 이동으로 메시지 전송이 불가능할 경우 문제가 발생한 노드의 바로 이전 노드에서 새로 목적지 노드에 대한 대체 경로를 생성하기 때문에 대체 경로 생성을 위한 비용을 감소시킨다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 기존 애드혹 라우팅 프로토콜에 대한 설명과 모바일 애드혹 네트워크에서 라우팅 경로를 생성하고 유지하기 위한 기존 기법에 대해 기술한다. 3절에서는 본 논문에서 제안한 모바일 애드혹 네트워크 환경에서 그리드 기반의 라우팅 경로 생성, 경로 선택, 경로 복구 기법을 소개한다. 4절에서는 시뮬레이션 환경을 설명하고 실험 평가를 통해 제안한 기법의 우수성을 입증한다. 마지막으로 5

절에서 본 논문의 결론을 맺고 향후 연구에 대해 설명한다.

II. 관련 연구

N. Bejar는 Proactive 방식과 Reactive 방식을 모두 사용한 혼합형 라우팅 기법을 제안하였다[8]. ZRP 라우팅은 경로의 홉 수(hop count)를 기준으로 특정 영역을 정의하고 특정 홉 이내에 존재하는 노드들의 라우팅 정보만을 관리한다. 영역 내의 노드들을 대상으로는 Proactive 방식을 영역 외의 노드들을 대상으로는 Reactive 방식을 선택적으로 적용하여 기존의 Proactive 방식과 Reactive 방식의 문제점을 해결하였다. ZRP는 주기적 정보 교환을 특정 영역 내에 위치한 근거리 목적지 노드들로 한정시킴으로써 경로 탐색을 위한 플러딩(flooding) 메시지 수를 감소시켜 오버헤드(Traffic overhead)를 저하시키는 효과를 제공한다. 하지만, 정해진 특정 홉 이내의 모든 노드를 대상으로 일괄적인 Proactive 방식을 적용함으로써, 실제 통신이 거의 일어나지 않는 노드의 정보를 저장하고 통신이 빈번한 노드의 정보가 저장되지 않는 문제가 발생할 수 있다.

W. H. Liao 등은 고정된 크기의 그리드로 네트워크 영역을 분할함으로써 경로 유지비용을 감소시키기 위한 기법을 제안하였다[9]. 그리드에서 중심에 있는 헤드 노드는 통과하는 모든 메시지를 중계한다. 각 그리드 영역에서 선출된 헤더와 노드는 목적지 노드의 위치를 발견하기 위하여 ID와 현재의 지리적 위치를 유지한다. 그리드 기반 라우팅은 라우팅 프로토콜의 확장성을 향상시키고 적은 수의 루트 발견 메시지가 발생한다. 또한 경로 파손의 가능성을 감소시킬 수 있고, 경로의 수명을 오래 유지할 수 있다.

H. Al-Maqbali 등은 인접하지 않은 이웃 셀(neighbor cell)에도 컨트롤 패킷(control packet) 및 RREQ 메시지를 전송하는 방식을 제안하였다[10]. 새로운 프로토콜은 새롭고 더 효율적인 셀 헤드 선정 방식을 사용하여 비 인접 셀에서 RREQ 패킷을 받는다. 따라서 패킷은 인접한 셀로의 이동에 제한 없이 다른 셀에서 셀로의

도약을 통해 소스에서 목적지까지 이동한다.

N. Arora 등은 네트워크를 그리드로 분할하여 각 영역에 Zone ID(ZID), Zone Incharge(ZI), Zone Members(ZM)을 유지하며 NNAT(Neighbor node Awareness Table) Intra-zone, NNAT Inter-zone, NZAT(Neighbor Zone Awareness Table) 3개의 테이블을 관리하는 기법을 제안하였다[11]. 네트워크의 각 노드에 존재하는 모든 노드는 목적지 노드의 위치를 사용하여 결정된 패킷 전송을 위해 자신의 위치와 목적지 위치와 방향을 결정하는 GPS 수신기가 있다. 소스 노드는 GPS를 이용한 패킷 전송을 위해 위치뿐만 아니라 목적지의 위치와 방향을 통지하고 목적지의 방향으로 인접한 존을 선택하여 라우팅한다. Current_ZI는 비콘 메시지(beacon message)를 보내고 이웃 NZAT과 NNAT 테이블을 갱신하기 위한 전체 영역에 대한 정보를 전송함으로써 이에 응답한다. 이 테이블은 모든 인접 노드와 목적지의 방향 3개 영역에 대한 정보가 포함되어 있다. 이러한 영역 중에서 목적지까지의 거리를 비교하여 최소 거리에 있는 ZI는 다음 전송 노드로 선택되어 Current_ZI은 해당 노드에 패킷을 전송하고 이를 위한 ACK를 제공한다. 다음 목적지 노드에 전달 될 때까지 위와 같은 방법으로 진행된다.

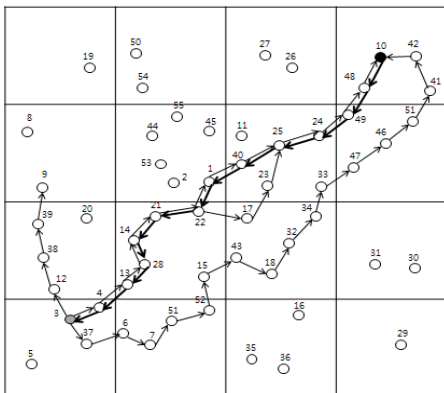
III. 제안하는 그리드 기반 라우팅 기법

1. 개요

본 논문에서는 모바일 애드혹 네트워크 환경에서 경로 생성을 위한 메시지 전송 비용을 감소시키고, 노드 관리 비용을 최소화하기 위한 라우팅 기법을 제안한다. 제안하는 그리드 기반 라우팅 기법은 동일한 그리드 영역 내의 노드에 대한 라우팅 정보를 Proactive 방식으로 관리하여 경로 탐색 메시지를 최소화하고 필요한 경우에만 Reactive 방식으로 인접한 그리드 영역의 노드와 연결된 통신 가능한 노드를 통해 최적 경로를 제공함으로써 주기적 갱신 메시지를 감소시킨다. 제안하는 기법은 헤드 노드가 존재하지 않기 때문에 경로상의 각 그리드의 모든 노드가 메시지를 전달하기 위한 후보가

될 수 있다. 각 중간 노드는 위치 관계와 그리드 구성을 기반으로 다음 홉을 결정한다. 메시지는 각 노드가 가지고 있는 라우팅 테이블을 통하여 지리적으로 원하는 그리드 영역에 가장 가까운 이웃 노드로 전달 될 수 있다. 제안하는 기법에서는 그리드 기반의 구조 안에 노드 정보를 유지한다는 측면에서 토폴로지를 구성하는 특정 노드의 변화에 큰 영향을 받지 않는 장점을 가진다.

[그림 1]은 제안하는 기법의 라우팅 수행 과정을 나타낸다. 라우팅 경로를 생성을 위해 소스 노드 3은 목적지 노드 10 까지 RREQ 메시지를 전송하고 목적지 노드는 이에 대한 응답으로 RREP 메시지를 소스 노드로 전송한다. 각 노드는 현재 자신의 위치 좌표와 목적지 노드의 좌표를 비교하여 목적지 방향에 있는 인접한 3개의 존에 RREQ 메시지를 전송한다. 즉, 소스 노드 3은 노드 12, 13, 6으로 RREQ 메시지를 전송하며 메시지를 받은 노드들은 위와 같은 방법으로 목적지 노드에 도달할 때까지 RREQ 메시지를 전송한다. RREQ 메시지를 받은 목적지 노드 10은 RREQ 메시지에 포함된 경로들 중에서 연결성과 홉 수를 고려하여 최적의 라우팅 경로를 선택하고, 생성된 경로를 통해 RREP 메시지를 소스 노드 3으로 전송한다. RREP 메시지를 받은 소스 노드 3은 RREP 메시지에 포함된 최적 경로를 통하여 목적지 노드로 실제 데이터를 전송한다. 실제 데이터는 소스 노드 3에서부터 노드 4, 13, 28, 14, 21, 22, 1, 40, 25, 24, 49, 48을 거쳐 목적지인 노드 10으로 전송된다.



● 소스 노드 → RREQ 메시지
● 목적지 노드 → RREP 메시지

그림 1. 라우팅 수행 과정

2. 위치정보 관리 기법

그리드 기반 라우팅 프로토콜의 성능에 영향을 미치는 변수 중 하나는 그리드 크기이다. 메시지는 현재 영역에서 다른 영역으로 이동해야 한다. 다른 그리드 크기는 메시지 수, 전달률, 지연시간 등과 같은 성능 파라미터에 영향을 미칠 수 있다. [그림 2]는 일반적으로 사용되는 그리드 크기를 나타낸다. [그림 2(a)]는 그리드 셀의 헤드 노드가 대각선으로 인접한 셀 이외의 주변에 있는 4개의 셀에 있는 노드와 통신한다. [그림 2(b)]는 셀 헤드 노드를 중심으로 이웃하는 8개 셀의 노드와 통신하며 [그림 2(c)]는 이웃하는 임의의 8개 셀의 노드와 통신한다. 그리드 크기 d 가 통신 반경 r 보다 클수록 라우팅 비용은 감소한다. 그러나 d 가 r 보다 너무 크면 전송할 수 있는 노드가 줄어들어 다른 그리드 영역에 있는 노드로의 전송이 어려워질 수 있다. 반대로 d 가 r 보다 작을수록 라우팅 비용은 증가할 수 있으나 다른 그리드 영역에 있는 노드로의 전송이 쉬워진다. 그러나 d 가 r 보다 너무 작으면 그리드의 개념이 사라지는 상황이 발생한다. 따라서 적절한 그리드 크기의 조정이 필요하다.

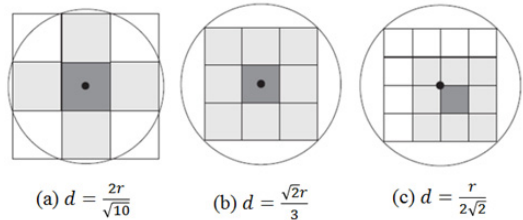


그림 2. 일반적으로 사용되는 그리드 크기

제안하는 기법에서는 노드의 통신 범위를 하나의 그리드 영역 크기보다 더 작게 설정한다. 따라서 라우팅 비용이 감소한다. 1-홉 정보는 모두 알고 있으므로 통신 범위가 그리드 크기보다 커야 할 필요가 없고, 그리드 크기가 크기 때문에 관리해야 하는 영역의 수가 적다. 헤더를 사용하지 않기 때문에 모든 노드가 메시지를 전송하는 후보가 될 수 있고 헤더 관리 비용이 발생하지 않는다. 따라서 노드 관리 비용을 감소할 수 있다. 또한 경로 탐색 시 통신 가능한 모든 노드에게 RREQ 메시지를 보내지 않기 때문에 메시지 오버헤드가 감소한다.

각 노드는 주기적인 갱신 메시지를 통하여 자신의 통신 범위 내에 존재하는 이웃 노드들에 대한 정보를 INNT(Intra Neighbor Node Table)과 NZNT(Neighbor Zone Node Table) 2개의 테이블로 유지한다. INNT은 현재 노드가 존재하는 그리드 영역 내에 존재하는 노드들을 관리하고, NZNT은 동일 좌표 영역 외에 존재하는 1홉 노드들을 관리한다. [그림 3]은 노드 4의 이웃 노드를 나타내며, [표 1]과 [표 2]는 노드 4의 INNT 과 NZNT을 나타낸다. 테이블에는 <Node_ID, X_Coordinate, Y_Coordinate, Node_Velocity> 구조로 저장된다. Node_ID는 노드 식별자이고 X_Coordinate와 Y_Coordinate는 그리드 영역의 x축, y축 좌표이다. Node_Velocity는 노드가 이동하는 속도이며 x축과 y축으로 이동하는 속도 (V_x, V_y)로 나타낸다. 이러한 메시지를 통하여 각 노드는 자신이 속해 있는 그리드 영역 내의 정보를 관리하는 INNT과 영역 외의 정보를 관리하는 NZNT을 유지한다.

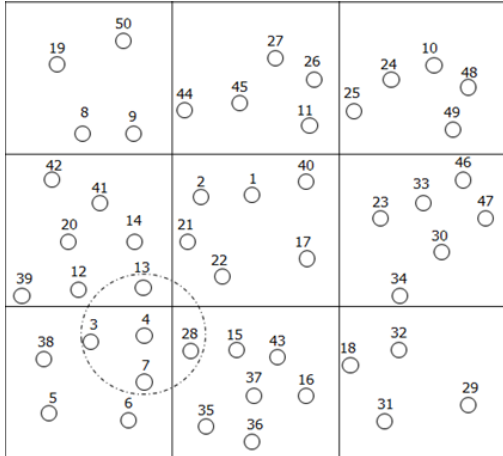


그림 3. 노드 4의 이웃 노드

표 1. 노드 4에 대한 INNT

Node_ID	X_Coordinate	Y_Coordinate	Velocity
3	1	1	0,1
5	1	1	2,3
6	1	1	2,1
7	1	1	-1,0
38	1	1	0,0

표 2. 노드 4에 대한 NZNT4

Node_ID	X_Coordinate	Y_Coordinate	Velocity
13	1	2	1,2
28	2	1	2,1

3. 위치정보 및 경로 요청 기법

소스 노드로부터 목적지 노드까지 실제 데이터를 빠르고 안정적으로 전송하기 위한 최적의 경로를 확립하고 선택하기 위해 경로 탐색 과정을 수행한다. 기존 모바일 애드혹 네트워크 환경에서의 라우팅 기법은 브로드캐스트(broadcast) 방식을 사용하여 RREQ 메시지를 목적지 노드까지 전송하고, RREQ 메시지를 수신한 목적지 노드는 소스 노드에게 응답으로 RREP 메시지를 전송한다. 그러나 이러한 방법은 전송해야 할 메시지 수가 기하급수적으로 증가하여 라우팅 비용이 증가한다. 또한, RREQ 메시지를 전송하는 과정에서 더 이상 메시지를 전송할 수 있는 노드가 존재하지 않을 경우에는 메시지를 우회하거나 중복 경로에 메시지를 전송하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 제안하는 기법에서는 경로를 탐색할 때 목적지 노드와의 방향성과 이웃 노드의 정보를 고려한다.

그리드 영역은 다음과 같이 C_zone (Current zone), DN_zone (destination zone), DV_zone (delivery zone) 3개의 존으로 분류한다. C_zone 은 현재 노드가 위치하고 있는 그리드 영역, DN_zone 은 목적지 노드가 위치하고 있는 그리드 영역, 그리고 DV_zone 은 현재 위치하고 있는 C_zone 의 노드가 메시지를 전달해야 하는 그리드 영역을 의미한다. 제안하는 경로 탐색 기법에서는 C_zone 의 좌표와 DN_zone 의 좌표를 비교하여 메시지를 전달할 DV_zone 을 선택한다. 현재 위치의 노드는 C_zone 의 좌표와 DN_zone 의 좌표를 비교하여 목적지 노드 방향에 있는 인접한 DV_zone 을 선택하여 RREQ 메시지를 전송한다.

[그림 4]는 C_zone 을 중심으로 이웃한 3개의 DV_zone 을 나타낸다. x_c 는 C_zone 의 x좌표, x_d 는 DN_zone 의 x좌표, y_c 는 C_zone 의 y좌표, y_d 는 DN_zone 의 y좌표를 의미한다. C_zone 에 있는 current node는 이웃한 3개의 DV_zone 에 모두 메시지를 전송

한다. [그림 4(a)]와 같이 C_zone의 x축 값이 DN_zone의 x축 값보다 크고, C_zone의 y축 값이 DN_zone의 y축 값보다 작거나 같으면 좌측 상단에 있는 3개의 영역이 DV_zone으로 선택된다. 그리고 [그림 4(b)]와 같이 C_zone의 x축 값이 DN_zone의 x축 값보다 작거나 같고, C_zone의 y축 값이 DN_zone의 y축 값보다 작거나 같으면 우측 상단에 있는 3개의 영역이 DV_zone으로 선택된다. 이와 마찬가지로 [그림 4(c)]에서 C_zone의 x축 값이 DN_zone의 x축 값보다 크고, C_zone의 y축 값이 DN_zone의 y축 값보다 작으면 좌측 하단에 있는 3개의 영역이 DV_zone으로 선택된다. 그리고 [그림 4(d)]에서 C_zone의 x축 값이 DN_zone의 x축 값보다 작거나 같고, C_zone의 y축 값이 DN_zone의 y축 값보다 크면 우측 하단에 있는 3개의 영역이 DV_zone으로 선택된다.

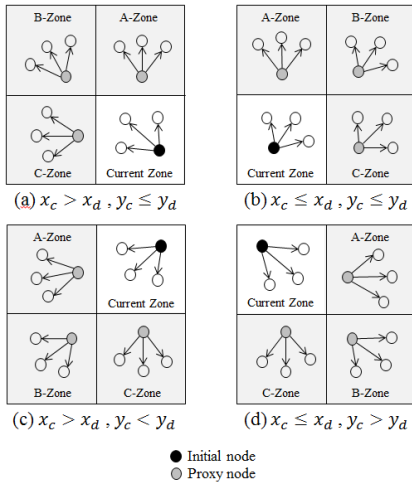


그림 4. 좌표를 통해 방향성을 고려한 경로 탐색

DV_zone으로 선택된 3개의 A-zone, B-zone, C-zone에서 가장 먼저 메시지를 수신한 노드 즉, 다른 C_zone으로부터 직접 메시지를 수신한 노드를 프록시 노드(proxy node)라 한다. 프록시 노드는 자신이 관리하고 있는 2개의 테이블을 검색한다. 먼저 NZNT를 검색하여 통신 가능한 이웃 존의 좌표가 존재하는지 확인한다. 좌표가 존재한다면 다음으로 INNT를 검색하여 이웃 존으로 전송 가능한 노드를 찾아 메시지를 전송한

다. NZNT에 노드에 대한 정보가 없어서 이웃 존으로 전송이 불가능한 경우에는 더 이상 메시지를 전송하지 않는다.

[그림 5]는 경로 탐색 과정을 나타낸 것으로 소스 노드 12로부터 RREQ 메시지가 전송되는 과정을 표현하였다. [표 3]과 [표 4]는 노드 12의 INNT 과 NZNT을 나타낸다. 검은색으로 나타낸 노드는 소스 노드이며 회색으로 표시된 노드가 프록시 노드이다. 각 노드들은 주기적인 갱신 메시지를 통하여 현재 자신이 속한 그리드 영역 내의 이웃 노드 정보를 공유한다. 따라서 소스 노드가 속한 그리드 영역 (1, 1)의 모든 노드는 같은 영역 내의 이웃 노드 정보를 알고 있고, 어떤 노드가 다른 그리드 영역의 노드와 연결 가능한지 파악할 수 있다. 노드 정보는 테이블로 관리되며 [표 3][표 4]와 같다. 먼저 소스 노드 12는 자신의 테이블을 검색하여 전송 가능한 노드가 있는지 확인한다. 이웃 영역으로 전송을 해야 하기 때문에 NZNT를 우선적으로 검색한다. 전송 가능한 이웃 영역의 노드는 [표 4]에서 볼 수 있듯이 노드 18, 23, 13 이 있다. 그 다음, [표 3]의 INNT를 검색하여 노드 18, 23, 13 과 연결 가능한 영역 내의 노드를 확인한다. 노드 22를 통해 노드 23, 18 로 전송 가능성을 알 수 있고, 노드 15를 통해 노드 13으로 전송할 수 있음을 알 수 있다. 결과적으로 소스 노드 12는 내부 영역에 있는 노드 20, 21, 9, 22를 통해 이웃 영역에 있는 노드 23, 18로 전송가능하며 노드 7, 15를 통해 노드 13으로 전송할 수 있다.

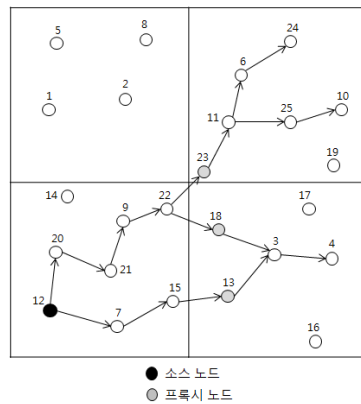


그림 5. 경로 탐색의 예

표 3. 노드 12의 INNT

Node_ID	X_Coordinate	Y_Coordinate	Velocity
12	1	1	0,0
7	1	1	0,1
20	1	1	1,0
14	1	1	0,2
21	1	1	1,1
9	1	1	2,1
22	1	1	1,1
15	1	1	1,0

표 4. 노드 12의 NZNT

Node_ID	X_Coordinate	Y_Coordinate	Velocity
18	2	1	1,-1
23	2	2	1,1
13	2	1	1,2

4. 경로 선택 및 등록 기법

라우팅 기법에서는 소스 노드에서 목적지 노드로 RREQ 메시지를 전송하고, RREQ 메시지를 받은 목적지 노드는 이에 대한 응답으로 RREP 메시지를 수신한다. 이 과정에서 데이터 전송이 가능한 다수의 경로가 존재할 경우 실제 데이터를 전송할 최적의 라우팅 경로를 결정하는 것에 따른 비용이 증가한다. 따라서 제안하는 기법에서는 연결 가능 시간과 홉 수를 고려하여 데이터를 전송할 최적의 라우팅 경로를 선택한다. 소스 노드에서 목적지 노드로 RREQ 메시지를 전송하고, RREQ 메시지를 받은 목적지 노드가 데이터를 전송할 최적의 라우팅 경로를 결정하고 이 정보를 RREP 메시지에 포함하여 선택한 경로를 따라 소스 노드로 전송한다. 연결 가능 시간을 고려함으로써 더 긴 시간 동안 연결이 가능한 노드와 통신하여 더 안정적인 라우팅을 할 수 있고, 홉 수가 작은 경로를 통한 전송으로 통신비용을 줄이고 데이터를 더 빠르게 전달할 수 있다.

소스 노드에서부터 RREQ 메시지를 전송하면서 연결 가능 시간과 홉 수를 계산한다. RREQ 메시지를 받은 목적지 노드는 메시지에 포함된 정보를 이용하여 데이터를 전송할 최적의 라우팅 경로를 결정하고, 그 정보를 RREP 메시지에 포함하여 소스 노드로 전송한다. 그리고 RREP 메시지를 받은 소스 노드는 수신한 메시지에 포함된 정보를 이용하여 목적지 노드로 데이터를 전송할 최적의 라우팅 경로를 생성한다. 데이터 전송 비용은 소스 노드에서 목적지 노드까지의 홉 수에 의해

결정된다. 각 노드들 사이에 통신 가능한 시간이 짧을 경우 데이터를 전송하는 과정에서 대체 경로를 생성해야 하는 추가 비용이 발생한다. 제안하는 기법에서는 경로 연결성과 홉 수를 모두 고려하여 실제 데이터를 전송할 라우팅 경로를 결정한다. 라우팅 경로는 식 (1)에 의해 결정되며 RSV(Route Selection Value)가 가장 큰 경로를 선택한다. RSV는 경로를 선택하는데 사용되는 값으로서 연결 가능 시간이 길고 홉 수가 작을수록 높은 값을 가진다. HC(Hop Count)는 홉 수를 의미한다.

$$RSV = \frac{RCT(R_i)}{HC} \quad (RCT(R_i) > HC) \quad (1)$$

경로 연결성은 라우팅 경로 상에 존재하는 노드들 사이의 최소 연결 가능 시간으로 정의한다. 소스 노드에서 목적지 노드로 데이터를 전송하기 위한 라우팅 경로 R_i 가 $\{N_i^1, N_i^2, N_i^3, \dots, N_i^k\}$ 라고 할 때, 경로의 연결 가능 시간 $RCT(R_i)$ 는 식 (2)와 같다. 식 (2)는 라우팅 경로 상에 존재하는 노드들 사이에 안정적으로 통신 가능한 시간을 계산한 것으로 이웃 노드들 사이에 통신 가능한 시간 CTI_i 의 최소값으로 계산한다. 식 (2)에서 CTI_i 는 라우팅 경로 상에 이웃한 두 노드들 사이의 최대 연결 가능 시간이다.

$$RCT(R_i) = \text{Min}(CTI_i), 1 \leq i \leq k-1 \quad (2)$$

[그림 6]은 경로 선택 과정을 나타낸 것으로 RREQ 메시지에 포함된 경로 정보는 [표 5]와 같다. 총 4개의 경로가 있으며 경로명, 노드 ID, 홉 수, 연결성으로 나타낸다. 목적지 노드는 식 (1)의 RSV를 계산하여 4개의 경로 중에서 데이터를 전송할 하나의 최적의 경로를 선택한다. RSV를 계산하였을 때, R1은 2.2, R2는 1.8, R3는 1.7, R4는 1.6이기 때문에 값이 가장 큰 R1이 최적의 경로로 선택된다. 그 다음, 목적지 노드는 선택된 경로 R1의 경로를 따라 R1의 경로 정보를 RREP 메시지에 포함하여 소스 노드로 전송한다. RREP 메시지를 받은 소스 노드는 이 경로를 따라 실제 데이터를 목적지 노드까지 전달한다. 즉, 소스 노드 12는 노드 20, 14, 53, 2, 1, 40, 23, 56, 25를 거쳐 목적지 노드인 노드 10으로 실제 데이터가 전송된다.

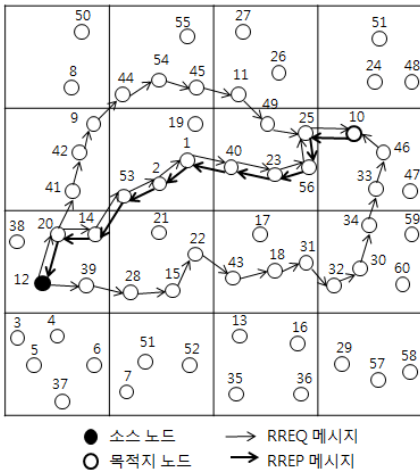


그림 6. 경로 선택의 예

표 5. RREQ 메시지에 저장된 경로

경로명	경로	홉수	경로 연결성
R1	12,20,14,53,2,1,40,23,56,25,10	10	22
R2	12,20,14,53,2,1,19,45,11,49,25,10	11	20
R3	12,20,41,42,9,44,54,45,11,49,25,10	11	19
R4	12,39,28,15,22,43,18,31,32,30,34,33,46,10	13	21

5. 대체경로 생성 기법

MANET 환경에서는 노드의 이동성으로 인하여 Hello 메시지를 일정시간 이상 보지 못하거나 이웃 노드가 다른 위치로 이동 등으로 인하여 초기 설정된 라우팅 경로로 데이터를 전송하지 못하는 경우가 빈번히 발생한다. 따라서 데이터 전송을 수행할 대체 경로를 생성해야 한다. 만약 데이터를 전송하는 과정에서 초기 라우팅 경로를 생성하는 것과 동일한 절차를 통해 대체 경로를 생성할 경우, 전송 지연은 물론 경로 요청 및 응답 메시지를 추가적으로 전송해야 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 제안하는 기법에서는 부분 경로 갱신을 사용한다.

기존 방법에서는 전송에 실패할 경우 에러 메시지를 소스 노드까지 보내고 메시지를 받은 소스 노드는 전송 가능한 경로를 다시 찾기 위해 경로 재탐색을 시작한다. 이로 인해 많은 시간과 추가적인 비용이 발생한다.

하지만 제안하는 기법에서는 문제가 발생한 노드의 바로 이전 노드에서 새롭게 목적지 노드에 대한 라우팅 경로를 찾기 때문에 기존 방법에 비해 빠르게 이루어진다. 이전 노드로 메시지를 다시 전달하여 라우팅을 다시 할 수 있도록 해주면 메시지 폐기가 감소될 수 있다. 이와 같은 재 경로 탐색에 적용되는 기법을 백오프(back off) 방법이라 한다. 백오프 방법에 의해 재전송되는 메시지를 다시 받은 이전 홉 노드는 기본 라우팅 방법에 의한 다음 홉 노드가 그 메시지 전송에 필요 없음을 표시해 두고 다른 이웃 노드를 그 메시지에 대한 다음 홉으로 검색해야한다.

[그림 7]은 부분 경로 갱신에 의하여 라우팅 경로가 새로 설정되는 절차를 나타낸다. [그림 7]에서 노드 1에 문제가 생겨 더 이상 그 라우팅 경로를 사용할 수 없게 되었다고 가정할 때, 노드 22에서 노드 1의 메시지를 더 이상 수신할 수 없게 되어 노드 1을 사용할 수 없다. 따라서 노드 1의 바로 이전 노드인 노드 22의 테이블에서 이웃 노드 1을 삭제하고 새로 라우팅 경로를 찾게 된다. 이러한 경우 노드 22에서 새로 갱신된 이웃 테이블을 사용하여 목적지 노드에 대한 홉 노드 2를 찾아서 메시지를 전달하게 된다. 그러면 노드 2에서 노드 53을 거쳐 목적지 노드로 메시지 전송이 이루어지게 된다. 따라서 본 논문에서 제안하는 경로 복구 방법을 사용하면 자신의 주변 노드 정보만을 이용하여 자율적으로 메시지를 전송할 수 있는 경로를 찾을 수 있다.

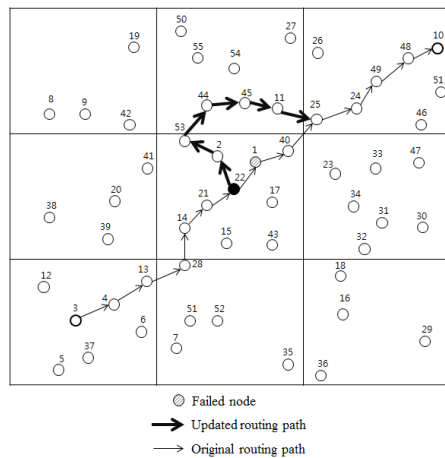


그림 7. 경로 복구의 예

IV. 성능 평가

제안하는 기법의 우수성을 보이기 위해 [8]에서 제안한 기법과 제안하는 기법을 동일한 환경에서 성능을 비교 평가하였다. 성능 평가는 노드 수와 노드 이동 속도를 변화해 가면서 요청 및 응답 메시지 수, 전달 성공률, 평균 지연시간을 비교하였다. 시뮬레이션 환경은 RAM 8GB, CPU Intel® Core(TM) i5-3570 3.40GHz, Windows 7 Ultimate K OS 컴퓨터 사양에서 Virtual Box에 Linux를 실행하여 네트워크 시뮬레이터 NS-2를 사용하였다. 시뮬레이션 파라미터는 [표 6]과 같이 1000m×1000m 환경에서 50~200개의 노드를 생성하고 노드들의 초기 위치를 랜덤하게 배치시킨다. 또한, 각 노드들의 통신 반경은 40m로 고정하고 노드의 이동 속도를 0ms~30m/s로 변화시키면서 라우팅 비용을 평가한다.

표 6. 시뮬레이션 파라미터

구분	내용
실험 환경	1000m × 1000m
노드 수	50, 100, 150, 200
노드 속도	0 m/s to 30 m/s
통신 반경	40m
패킷 크기	1024 bytes

효율적인 라우팅 비용과 연결성을 확인하기 위해 전체 네트워크의 노드 수의 변화에 따른 총 메시지 수와 전송률, 지연 시간을 측정하였다. 노드의 평균 이동 속도는 10m/s로 설정하고 실험을 진행하였다. [그림 8]은 전체 노드 수에 따른 전체 네트워크의 총 응답/요청 메시지 수를 비교한 것이다. 실험 평가 결과 노드 수의 변화에 따라 메시지 오버헤드가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 노드 수가 증가하면서 전송 가능한 노드의 수가 많아져서 메시지 수가 증가하기 때문이다. 제안하는 기법은 위치 정보를 활용하여 목적지 노드 방향에 존재하는 노드에게만 RREQ 메시지를 전송한다. 또한 그리드 크기가 통신 범위보다 크기 때문에 전송할 메시지의 수가 적다. 이로 인해 제안하는 기법이 전체 네트워크에 메시지를 전송하는 기존 기법에 비해 우수한 성능을 나타내었다. 메시지 오버헤드는 제안하는 기법이 기존 기법에 비해 22% 감소되었다.

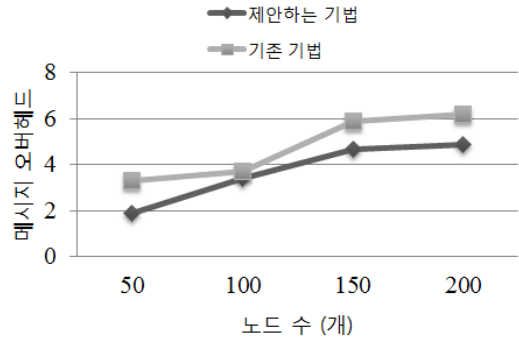


그림 8. 노드 수에 따른 메시지 오버헤드

[그림 9]는 노드 수에 따른 전송 성공률을 비교 평가한 것이다. 실험 평가 결과 노드 수가 증가함에 따라 전달 성공률도 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 노드 수가 증가함에 따라 전송할 수 있는 노드의 수가 증가하므로 목적지까지 안전하게 전송할 수 있기 때문이다. 제안하는 기법의 전달 성공률은 노드 150개 이상에서 거의 100%에 가까운 결과를 보였다. 연결 가능시간을 고려하여 안정적인 전송이 가능하기 때문에 제안하는 기법이 더 우수한 성능을 나타내었다. 제안하는 기법은 기존 기법에 비해 전송 성공률이 약 5.6% 향상되었다.

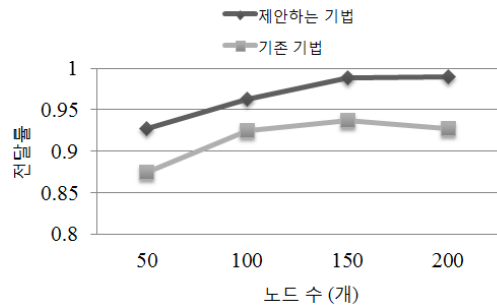


그림 9. 노드 수에 따른 전달 성공률

전체 네트워크의 노드 수의 변화에 따른 실험뿐만 아니라 노드 이동 속도에 따른 총 메시지 수와 전송률도 측정하였다. 전체 네트워크의 메시지 수는 100개로 고정하고 실험을 진행하였다. [그림 10]과 [그림 11]은 노드 이동 속도에 따른 메시지 오버헤드와 전송 성공률을 비교한 것이다. 노드 이동 속도가 증가할수록 네트워크

가 불안정해지고 안정적으로 전송 가능한 노드가 많지 않기 때문에 대부분의 성능이 저하됨을 알 수 있다.

[그림 10]은 전체 노드 이동 속도에 따른 전체 네트워크의 메시지 오버헤드를 비교한 것이다. 실험 평가 결과 노드 수의 변화에 따라 메시지 오버헤드가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 노드 이동 속도가 증가하면서 토폴로지가 불안정해지고 전송 가능한 노드 수가 감소하여 요청 메시지 등의 컨트롤 메시지가 수가 증가했기 때문이다. 기존 기법은 노드 이동 속도 20m/s 이상에서 급격히 상승하는 변화를 보였다. 제안하는 기법은 그리드 영역의 위치 정보를 활용하여 목적지 노드 방향에 존재하는 노드에게만 RREQ 메시지를 전송한다. 이로 인해 제안하는 기법이 우수한 성능을 나타내었다. 메시지 오버헤드는 제안하는 기법이 기존 기법에 비해 약 35.8% 감소되었다.

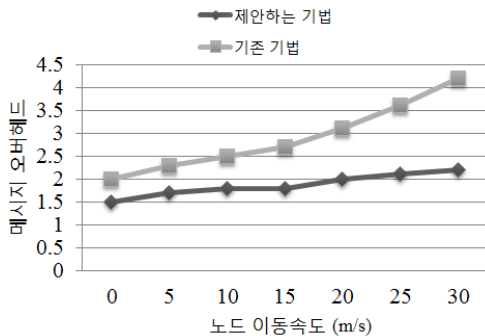


그림 10. 노드 이동 속도에 따른 메시지 오버헤드

[그림 11]은 노드 이동 속도에 따른 전송 성공률을 비교 평가한 것이다. 실험 평가 결과 노드 이동 속도가 증가할수록 전달 성공률은 감소하는 것을 확인할 수 있다. 노드 이동 속도가 증가함에 따라 노드는 존을 빠르게 벗어나고 진입하며 이동하기 때문에 안정적으로 전송할 수 있는 노드의 수가 감소하기 때문이다. 제안하는 기법은 모든 노드가 메시지 전송이 가능하고 연결 가능시간을 고려하여 안정적인 전송이 가능하기 때문에 기존 기법에 비해 우수한 성능을 보인다. 제안하는 기법의 전달 성공률은 노드 이동속도 30m/s 이상에서 급격히 하락하였으며, 기존 기법에 비해 전송 성공률이 약 12.3% 향상되었다.

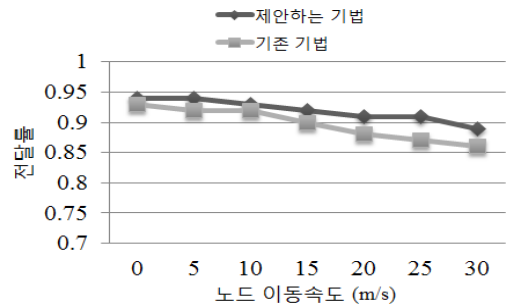


그림 11. 노드 이동 속도에 따른 전달 성공률

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 MANET 환경에서 라우팅 경로 생성 비용 및 관리 비용을 감소시키면서 안정적인 라우팅 경로를 유지하기 위한 새로운 그리드 기반의 라우팅 기법을 제안하였다. 제안하는 기법은 위치 정보를 활용하여 목적지 노드 방향에 존재하는 노드에게만 RREQ 메시지를 전송하고, 그리드 크기가 통신 범위보다 크기 때문에 메시지 오버헤드가 감소하였다. 또한 연결성을 고려하여 안정적인 전송이 가능하기 때문에 전달 성공률이 증가하였다. 성능 평가 결과에서 제안하는 기법이 기존 기법에 비해 평균 메시지 수는 약 29% 감소, 전송률은 9% 상승하였다. 제안하는 라우팅 기법은 모바일 환경에서 이동 단말기를 활용한 P2P 네트워크 구축에 활용될 수 있으며 차량 간 통신, 위치 기반 서비스, 소셜 네트워크 서비스 등에 적용할 수 있다. 향후 연구로 이동성 및 토폴로지 환경 변화에 따른 다양한 실험을 추가적으로 실시할 예정이며, 라우팅 기법 최적화를 위한 연구를 수행할 예정이다.

참고 문헌

[1] 북경수, 조미림, 유재수, “모바일 P2P 네트워크에서 효율적인 콘텐츠 검색을 위한 데이터 배포 기법”, 한국콘텐츠학회논문지, 제12권, 제8호, pp.37-46, 2012.
 [2] L. Junhai, X. Liu, and Y. Danxia, “Research on

multicast routing protocols for mobile ad-hoc networks,” Computer Networks, Vol.52, No.5, pp.988-997, 2008.

[3] I. Chlamtac, M. Conti, and J. J. Liu, “Mobile ad hoc networking: imperatives and challenges,” Ad Hoc Networks, Vol.1, No.1, pp.13-64, 2003.

[4] M. Abolhasan, T. Wysocki, and E. Dutkiewicz, “A Review of Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks,” Ad-Hoc Networks, Vol.2, No.1, pp.1-22, 2004.

[5] 김경자, 한상훈, 구현우, “MANET에서 네트워크 수명 연장을 위한 라우팅 프로토콜”, 한국콘텐츠학회논문지, 제10권, 제2호, pp.120-129, 2010.

[6] C. M. Chao, J. P. Sheu, and C. T. Hu, “Energy-Conserving Grid Routing Protocol in Mobile Ad Hoc Networks,” Proc. of International Conference on Parallel Processing, pp.265-272, 2003.

[7] Z. Wu, H. Song, S. Jiang, and X. Xu, “A Grid-based Stable Routing Algorithm in Mobile Ad Hoc Networks,” Proc. of IEEE Asia International Conference on Modeling and Simulation, pp.181-186, 2007.

[8] N. Beijar, Zone Routing Protocol (ZRP), Licentiate course on Telecommunications Technology, Ad Hoc Networking, 2002.

[9] W. H. Liao, Y. C. Tseng, and J. P. Sheu, “Grid: A Fully Location-Aware Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks,” Telecommunication Systems, Vol.18, No.1, pp.37-60, 2001.

[10] H. Al-Maqbali, K. Day, M. Ould-Khaoua, A. Touzene, and N. Al-Zidi, “Efficient Grid-Based MANET Routing Protocol,” International Journal of Computer Science and Telecommunications, Vol.4, No.7, pp.14-22, 2013.

[11] N. Arora and A. Jangra, “GLAAR: Geographic Location Aware Adaptive Routing in Mobile Ad Hoc Networks (MANETs),” International

Journal of Computer Applications, Vol.50, No.22, pp.14-22, 2012.

저 자 소 개

윤 수 용(Soo-Yong Yoon)

준회원



- 2013년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 석사과정

<관심분야> : 모바일 P2P 네트워크, 데이터베이스 시스템, 위치 기반 서비스, 빅데이터, 센서 네트워크 등

김 재 구(Jae-Gu Kim)

준회원



- 2013년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 석사과정

<관심분야> : 모바일 P2P 네트워크, 위치 기반 서비스, 클라우드 컴퓨팅, 데이터베이스 시스템 등

임 종 태(Jongtae Lim)

정회원



- 2009년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2011년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 박사과정

<관심분야> : 데이터베이스 시스템, 시공간 데이터베이스, 위치 기반 서비스, 모바일 P2P 네트워크, 빅데이터 등

이 석 희(Seok-Hee Lee)

정회원



- 1994년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 1998년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2001년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학박사)

▪ 2000년 3월 ~ 현재 : 동아방송예술대학교 뉴미디어 콘텐츠과 부교수

<관심분야> : 정보검색, 데이터베이스, 이동객체, SNS, 센서네트워크 등

북 경 수(Kyoungsoo Bok)

중신회원



- 1998년 2월 : 충북대학교 수학과(이학사)
- 2000년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2005년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학박사)

▪ 2005년 3월 ~ 2008년 2월 : 한국과학기술원 전산학과 Postdoc

▪ 2008년 3월 ~ 2011년 2월 : (주)가인정보기술 연구소

▪ 2011년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 초빙부교수

<관심분야> : 데이터베이스 시스템, 위치 기반 서비스, 모바일 P2P 네트워크, 소셜 네트워크 서비스, 빅데이터 등

유 재 수(Jaesoo Yoo)

중신회원



- 1989년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 1991년 2월 : KAIST 전산학과(공학석사)
- 1995년 2월 : KAIST 전산학과(공학박사)

▪ 1995년 3월 ~ 1996년 8월 : 목포대학교 전산통계학과(전임강사)

▪ 1996년 8월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학부 및 컴퓨터정보통신연구소 교수

▪ 2009년 3월 ~ 2010년 2월 : 캘리포니아주립대학교 방문교수

<관심분야> : 데이터베이스시스템, 빅데이터, 센서 네트워크 및 RFID, 소셜 네트워크 서비스, 분산 객체컴퓨팅, 바이오인포매틱스 등