

## 무선 애드 혹 네트워크에서 가상위치정보 기반 라우팅 기법

윤 주 상\*

# Virtual Location Information based Routing Scheme in Wireless Ad-Hoc Networks

JooSang Youn\*

### 요 약

최근 무선 애드 혹 네트워크에서 경로 탐색을 위한 위치정보 기반 라우팅 프로토콜에 관한 연구가 활발히 진행 중이다. 위치정보 기반 라우팅 프로토콜은 모든 노드가 GPS 장치를 통해 자신의 위치정보를 습득하고 이를 이용해 제한적 영역으로만 플러딩을 수행한다. 따라서 기존 IP 기반 라우팅 프로토콜보다 라우팅 메시지 수를 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 이 프로토콜은 네트워크를 구성하는 모든 노드가 자신의 위치정보를 습득해야만 라우팅에 참여할 수 있도록 가정하고 있다. 하지만 최근 소형화 되고 있는 센서 노드의 경우 GPS 장치가 없는 경우가 있다. 따라서 자신의 위치정보가 없는 센서 노드의 경우 네트워크 구성 및 위치기반 라우팅에 참여가 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 GPS 기능을 가진 노드와 그렇지 않은 노드가 서로 공존하는 무선 애드 혹 네트워크에서 GPS 기능을 가지고 있지 않은 노드가 위치정보 기반 라우팅 프로토콜에 참여할 수 있는 가상 위치정보 기반 라우팅 프로토콜을 제안한다. 이 프로토콜은 위치정보를 획득할 수 없는 노드가 자신의 주위 노드의 위치 정보를 획득하여 자신의 위치정보로 활용할 수 있는 기법이다. 따라서 제안하는 프로토콜은 GPS 기능을 가지고 있지 않은 무선 노드가 애드 혹 네트워크 구성에 참여하여 위치정보 기반 라우팅에 참여 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

▶ Keywords : 무선 애드혹 네트워크, 위치정보 기반 라우팅, 플러딩

### Abstract

Recently, location information based routing protocol has been studied to estimate end-to-end path in wireless ad-hoc network. This protocol assumes all nodes can get their location information via GPS devices and floods only limited area with routing message through acquired location information. Therefore, this protocol has advantage that can reduce the number of routing message than the existing IP-based routing protocols. In addition, all nodes enabling this protocol must

• 제1저자 : 윤주상

• 투고일 : 2013. 1. 31. 심사일 : 2013. 2. 18. 게재확정일 : 2013. 2. 23.

\* 동의대학교 멀티미디어공학과 교수(The Department Of Multimedia Engineering, Dong-Eui University)

acquire their own location information to participate in the location-based routing. However, recent because of the miniaturization of sensor node, sensor node without GPS function has been launched. Therefore in case of the sensor node that does not know location information, it is impossible to participate in the ad hoc network configuration and location information based routing. In this paper, a virtual location information based routing scheme is proposed for wireless nodes without GPS function to be able to participate in location information based routing within ad hoc network environments consisting of wireless nodes with GPS function and wireless nodes without GPS function. Therefore, the proposed protocol has the advantage that a wireless node without a GPS function is able to participate in ad hoc network configuration and the location information based routing.

▶ Keywords : Wireless ad-hoc network, location information based routing protocol, flooding

## I. 서 론

최근 통신서비스 시장은 USN(Ubiquitous Sensor Network)를 통한 다양한 서비스 모델이 개발 중이다. 여기서 USN은 네트워킹 기능을 가진 중, 소형 장치들로 구성된 네트워크이며 이런 네트워크 내에서는 서로 통신을 하기 위해 무선 애드 혹 네트워크 기술이 적용되고 있다. 또한 USN 기술은 미래 유비쿼터스 정보서비스 사회로 진화하기 위한 필수적인 기술 요소이다. 따라서 오늘날 대부분의 네트워크 기반 응용 서비스들은 이와 관련 되어 있다. 예를 들어 transportation, health care, smart energy, city automation/manufacturing 등과 같은 다양한 응용들이 이 범주에 속한다. 최근 새로운 USN 응용 분야에서는 위치 정보기반 서비스 모델이 개발 중이다. 따라서 무선 애드 혹 네트워킹 기술 중에서 위치정보 기반 라우팅 프로토콜에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 무선 애드 혹 네트워크를 위한 대부분의 위치정보 기반 라우팅 프로토콜은 자신의 위치정보와 이웃한 노드의 위치정보를 통해 제한적 플러딩을 수행한다. 따라서 위치정보 기반 라우팅 프로토콜은 인터넷주소를 이용한 라우팅 프로토콜에 비해 라우팅 시그널링 메시지를 감소시킬 수 있기 때문에 라우팅 수행 시 발생하는 메시지 오버헤드를 줄일 수 있다. 위치정보 기반 라우팅 기법은 모든 노드가 GPS 장치를 가지고 있으며 이 장치를 통해 자신의 위치 정보를 알고 있다는 가정을 가지고 있다. 하지만 최근 소형화 되고 있는 센서 노드의 경우 GPS 장치가 없는 경우가 있으며

이런 경우 자신의 위치정보를 알 수 없다. 따라서 이런 노드는 센서노드로 구성되는 애드 혹 네트워크에서 위치기반 라우팅 실행 시 네트워크 구성에 참여가 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 위치정보를 가지고 있지 않은 노드와 위치정보를 가지고 있는 노드들이 서로 공존하는 네트워크를 가정하고 위치 정보를 가지고 있지 않은 노드가 인접한 위치정보를 가진 노드의 위치 정보를 참고하여 위치 기반 라우팅에 참여할 수 있는 가상 위치정보 기반 라우팅 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 2장에서 기존연구를 기술하고 3장에서 본 논문에서 제안하는 가상위치정보 기반 라우팅 프로토콜을 제안한다. 4장에서는 성능분석을 하고 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 기존 연구

무선 애드 혹 네트워크에서는 전통적인 라우팅 프로토콜로 on-demand routing protocol이 사용되어 왔다. 이 방법은 IP 기반 라우팅 프로토콜로 라우팅 경로 결정을 위해 네트워크 전체에 경로요청 메시지를 플로딩 한다. 따라서 불필요한 위치까지 경로요청 메시지가 전달되는 단점을 가지고 있다. 따라서 이런 단점을 보완하기 위해 노드의 위치정보를 활용하는 위치정보기반 라우팅 프로토콜이 제안되었다(6, 7). 기존 위치정보기반 라우팅 프로토콜은 Location-Aided Routing (LAR)(1)와 Greedy Perimeter Stateless Routing (GPSR)(2)이 대표적이다. LAR은 소스 노드와 목적지 노드의 물리적 위치정보를 이용하여 제한된 지역 내에서만 플러딩을 수행하는 방식이다. 네트워크 내 모든 노드들은

GPS를 이용해 자신의 물리적 위치를 알고 있다는 가정을 가지고 있다. LAR은 Dynamic Source Routing(DSR)을 기반으로 동작하며 소스와 목적지 노드 사이에 expected zone과 request zone을 정의한다. 여기서 expected zone은 소스 노드 관점에서 목적지 노드의 특정 위치에 존재할 것으로 예상하는 원형의 범위로 정의되며 request zone은 소스 노드에서 expected zone을 포함하는 사각형 지역으로 실제적인 플러딩이 일어나는 지역으로 정의된다. LAR은 소스 노드와 목적지 노드 사이에 위치정보를 기반으로 expected zone을 설정하여 점진적으로 플러딩을 수행하는 영역을 줄여나가는 방식으로 동작한다. 따라서 LAR은 IP 기반으로 동작하는 라우팅 프로토콜보다 RREQ 메시지를 효과적으로 줄이는 장점을 가지고 있다. 이 때문에 LAR는 네트워크 자원 실제 데이터 전송에 더 많은 자원을 제공할 수 있다. 또한 경로 탐색 계산 방식이 간단하며 노드 밀집도가 높은 센서 네트워크 환경에 유리한 라우팅 프로토콜이다. 하지만 각 노드가 물리적 위치정보를 가지고 있어야만 하면 소스 노드와 목적지 노드가 수직 또는 수평으로 배치되어 있는 경우 request zone 내에서 플러딩이 이루어지지 못하는 단점을 가지고 있다.

GPSR은 자신의 물리적 위치 정보를 이용하여 자신의 전송범위에 있는 노드 중에 목적지 가장 가까이에 있는 노드를 선택하여 데이터를 전달하는 방식이다. 따라서 이 프로토콜은 소스 노드와 목적지 노드 사이에 가장 짧은 경로를 제공할 수 있다. GPSR은 다음과 같은 특징을 가지고 동작한다. 각 노드는 주기적으로 이웃노드 정보를 유지하기 위해 이웃노드 알람 메시지를 주위 노드에 전송하고 이웃노드 테이블을 구성한다. 이 테이블을 이용해서 데이터 전달 노드를 선택한다. GPSR은 greedy mode과 perimeter mode가 있다. Greedy mode는 소스 노드가 목적지 노드까지 데이터 전달을 위해 사용되는 중간 노드를 선택하고 데이터를 전달하는 동작이다. Perimeter mode는 만약 소스 노드나 중간 노드가 목적지를 향하는 주위 노드가 존재하지 않을 경우 Right-Hand rule등의 방법을 사용하여 데이터를 전달하는 동작이다. GPSR은 전체 네트워크의 토폴로지 정보가 아닌 전송범위 내에 있는 노드의 정보만을 구성하고 있다. 따라서 경로 탐색 시 네트워크 전체에 라우팅 메시지를 전송하지 않는 장점을 가지고 있다. 또한 소스 노드에서 목적지 노드까지의 shortest path를 제공한다. 하지만 GPSR은 location registration을 위한 데이터베이스 유지에 많은 오버헤드가 발생할 수 있으며 라우팅이 이루어지지 않는 사각지대인 void zone이 있을 경우 경로를 탐색하지 못하는 단점을 가지고 있다[3, 4].

### III. 가상위치정보를 이용한 제한적 플러딩 기반 라우팅 프로토콜

#### 1. 개요

본 논문에서 제안하는 위치정보 기반 라우팅 프로토콜은 위치정보가 존재하지 않는 노드와 위치정보가 존재하는 노드가 함께 라우팅에 참여할 수 있는 가상위치 기반 라우팅 프로토콜이다. 제안하는 라우팅 프로토콜은 위치정보가 없는 노드의 1-hop 범위 내에 위치정보를 가진 노드가 존재할 경우 그 노드의 위치정보를 자신의 가상위치정보로 활용하여 자신과 목적지까지의 경로 탐색 시 자신의 위치정보로 활용한다. 이와 같은 방법은 위치정보가 없는 노드가 위치정보기반 라우팅에 참여할 수 있으며 또한 경로 탐색 시 생성되는 라우팅 메시지의 플러딩 범위를 제한하는 제한적 플러딩 기법을 통해서 경로 탐색이 이루어진다. 따라서 기존 플러딩에 의해서 수행되는 라우팅 메시지의 수를 감소시킬 수 있는 장점을 가지고 있다.

#### 2. 네트워크 모델

본 논문에서 그림 1과 같은 네트워크 모델을 가정하고 있으며 다음과 같은 무선노드 및 무선 환경을 가정한다.

- 네트워크는 정적 노드로 구성된 애드 혹 센서 네트워크임.
- 네트워크내의 노드는 위치정보를 가진 노드(location node)와 위치정보가 없는 노드(locationless node)가 공존하며 이들을 기반으로 네트워크 토폴로지를 구성함.
- 위치정보를 가질 수 있는 노드는 GPS 장치를 장착하고 있으며 위치정보를 가질 수 없는 노드는 GPS 장치가 장착되어 있지 않음.
- 모든 노드는 전송 매체가 공유됨.

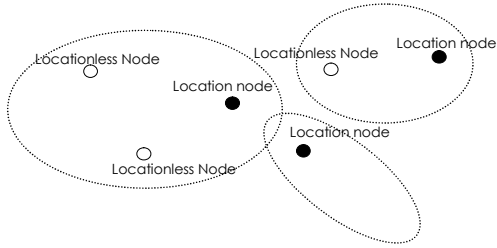


그림 1. location node와 locationless node로 구성된 네트워크 모델  
Fig. 1 Network model consisting of location node and locationless node

그림 1은 location 노드와 locationless 노드로 구성된 네트워크를 보여주고 있다. 그림에서 점선은 location 노드의 관리영역을 나타낸 것이다. 여기서 관리 영역은 센서노드들이 센서기능으로 인해 정의된 관리 영역으로 정의된다. 예를 들어 습도를 측정하는 센서노드의 경우 센서가 측정하는 센서 정보는 관리영역으로 정의된 영역의 습도 정보로 정의할 수 있다. 또한 locationless 노드는 자신을 포함하는 관리영역을 가진 location 노드에 의해서 관리 된다.

3. 제한적 플러딩 기반 라우팅 프로토콜

본 논문의 위치정보 기반 제한적 플러딩 기법을 이용한 라우팅 프로토콜은 그림 1에 도시한 위치정보 기반 센서 네트워크에서 경로 탐색에 필요한 과도한 경로 탐색 오버헤드를 줄여 네트워크 자원 사용률에 대한 효율성을 높이기 위한 라우

| Node ID                |       |
|------------------------|-------|
| Neighbor node ID       | ..... |
| Neighbor node position | ..... |
| Neighbor node coverage | ..... |
| Timestamp              | ..... |
| Node ID's Position     |       |
| Node ID's Coverage     |       |
| Timestamp              |       |

그림 2. 정규 업데이트 메시지 형태  
Fig. 2 Regular update message format

팅 프로토콜이다. 따라서 제안하는 라우팅 프로토콜은 각 노드의 위치정보를 경로 탐색 수행 시 사용하기 위한 라우팅 테이블이 필요하다. 이 테이블을 본 논문에서는 이웃노드 테이블로 정의한다. 이 테이블은 자신의 1-홉 내에 존재하는 노드들로 구성된 1-홉 이웃노드 테이블(1-hop neighbor node table)과 자신의 2-홉 내에 존재하는 노드들로 구성된 2-홉 이웃노드 테이블로 구성된다. 이 테이블들은 자신의 위치와 이웃 위치정보를 가지고 있으며 이를 이용하여 이웃 노드들과의 방향성을 식별할 수 있도록 구성된다. 각 이웃노드 테이블은 3개의 엔트리로 구성된다. 우선 1-홉 이웃노드 테이블 엔트리는 노드 ID, 위치(position), 노드 타입, next 노드 ID 등이다. 여기서 노드 ID는 자신의 고유한 ID 정보, 위치는 노드가 가진 위치 정보, 노드 타입은 location 노드 또는 locationless 노드 정의, next 노드 ID는 자신의 1-홉 노드들에 대한 ID 정보 등이다. 여기서 노드 ID는 노드의 고유한 식별자를 표시한다. 2-홉 이웃노드 테이블은 3개의 엔트리로

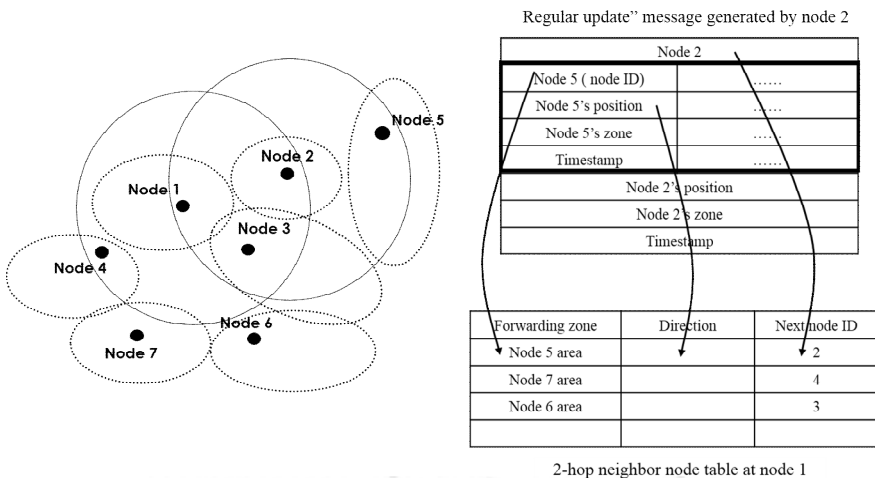


그림 3. 2-홉 이웃노드 테이블 구성  
Fig. 3 Configuring 2-hop neighbor node table

구성된다. 각 엔트리는 포워딩영역(forwarding zone), 방향성(direction), next 노드 ID이다. 여기서 포워딩영역은 2-홉 노드의 관리영역에 대한 내용을 포함하며, next 노드 ID는 2-홉 노드로 가기 위한 다음 홉에 대한 정보를 의미한다. 즉, 이 엔트리를 구성하기 위한 정보를 제공한 다음 노드를 의미한다. 방향성은 자신의 위치와 포워딩 영역을 관리하는 노드의 위치에 대한 방향을 나타낸다. 제안하는 프로토콜에서의 방향성은 크게 4 방향으로 구성하였다. 방향성에 대한 정의는 다음 서브 장에서 기술한다. 2개의 테이블 엔트리 값은 정규 업데이트 메시지 (Regular Update Message: RUM)를 이용하여 갱신된다.

RUM은 각 노드들이 라우팅에 사용될 정보를 전달하기 위해서 사용된다. 즉 각 노드들 간에 이웃노드 테이블 구성에 필요한 정보를 전달하기 위해 사용되는 라우팅 갱신 메시지도. 메시지 형태는 그림 2과 같다. 이 메시지에는 자신의 위치정보와 각 노드의 관리 영역을 포함하며 자기가 현재 구성하고 있는 1-홉 이웃노드 테이블에 대한 정보도 함께 포함하도록 구성된다. 또한 이 메시지는 주기적인 전달 방법을 통해서 지속적으로 자신의 이웃노드에 대한 정보를 전달 할 수 있다. 따라서 각 노드는 이 메시지를 통해서 주기적으로 이웃노드 테이블을 최신 정보로 갱신한다. Timestamp는 전달 시점의 시간을 표시하며, 최근 정보인지를 확인하기 위해서 사용된다. 또한 자신의 이웃 노드가 많을 경우에는 메시지 길이가 길어진다. 이 메시지는 브로드캐스팅 방법을 통해서 주위 노드에 전달되며, 또한 전달 주기는 네트워크 내에 있는 노드 이동성에 따라서 결정된다.

### 3.1 이웃노드 테이블 설정 및 갱신 절차

위에서 언급했던 것처럼 이웃노드 테이블의 각 엔트리 값은 RUM을 통해서 얻는다. 이웃노드 테이블 내 각 엔트리 값은 그림 3에 도시된 네트워크 토폴로지의 예를 통해서 설명한다. 그림 3에서 실선은 전송 범위를 의미하며 점선은 관리영역을 의미한다. 노드 1의 전송 범위 내에 있는 1-홉 이웃 노드들은 노드 2, 3, 4로 구성된다. 또한 노드 2에서 1-홉 이웃 노드들은 노드 1, 3, 5으로 구성된다. 따라서 노드 1에서 보면 노드 3은 1-홉 이웃노드 테이블 내 엔트리로 생성되며 노드 2를 통해서 도달할 수 있는 2-홉 노드이기도 하다. 하지만 노드 3은 노드 1의 1-홉 도달의 이웃노드이기 때문에 2-홉 이웃노드 테이블에는 생성되지 않는다. 이와 관련된 정보는 RUM를 통해서 전달 받아 각 엔트리 값이 생성 및 구성된다. 그림 3은 노드 1에서 2-홉 이웃노드 테이블을 구성에 관한 예를 보여 주고 있다. 위에서 언급했듯이 그림 3에서 보면, 노드 1의 1-홉 이웃노드 테이블의 엔트리는 노드 2, 3, 4를 구

성되며 2-홉 이웃노드 테이블은 1-홉 이웃노드 테이블 내의 엔트리를 구성한 노드 2, 3, 4 중에서 노드 1의 이웃 노드에 포함되지 않은 2-홉 이웃 노드들로 구성된다. 따라서 그림 3을 가정하면 2-홉 이웃노드 테이블 내에 엔트리는 노드 5, 7, 6 이다. 테이블 구성 방법은 다음과 같다. 노드 1이 노드 2가 발생 시킨 RUM을 전송 받는다. 이때 노드 1은 자신의 1-홉 이웃노드 테이블에 노드 2의 이웃 노드들 중에서 같은 노드 ID가 존재 하는 지를 확인한다. 만약 있을 경우 노드 1은 이 노드를 2-홉 이웃노드 테이블에 생성하지 않는다. 그림 3에서 노드 3이 이에 해당된다. 하지만 테이블 내에 존재 하지 않는 노드 정보가 있을 경우 2-홉 이웃노드 테이블의 엔트리로 구성한다. 따라서 노드 5에 대한 정보를 노드 2가 노드 1에게 전달하였으므로 2-홉 이웃노드 테이블에 노드 5의 정보를 생성하고 next 노드에 노드 2를 색인한다. 이 과정은 노드 2에 의해 전송된 RUM 내의 모든 노드들에 대해서 수행된다. 또한 방향성(direction) 결정은 다음 서브 장에서 기술한다.

이웃노드 테이블 업데이트 주기는 RUM을 전달 받으면 수행된다. 메시지 생성 주기는 각 노드마다 임의로 설정한 시간에 따라서 주기적으로 수행된다. 또한 각 노드는 이웃 노드에서 전달된 메시지의 timestamp를 통해서 최근 정보를 유지한다.

### 3.2 방향성(Direction) 설정

모든 노드는 자신의 위치 정보와 다른 노드 및 목적 노드의 위치 정보를 가지고 방향성을 결정할 수 있다. 본 논문에서는 방향 값을 4개로 구분한다. 우선, 그림 4에서 좌표 (0, 0)을 기준으로 모든 노드는 자신의 절대적 위치 정보를 가진다. 방향성 결정은 소스 노드를 중심으로 목적 노드의 위치에서 자신의 위치정보를 뺀 값에서 (X, Y)의 양, 음 의 값으로 판단한다. 방향성에 대한 내용은 아래 그림 4에 표현되어 있다. 자신을 기준으로 특정 노드의 방향성은 (+, +)는 방향 1, (+, -)는 방향 2, (-, -)는 방향 3, (-, +)는 방향 4로 정의

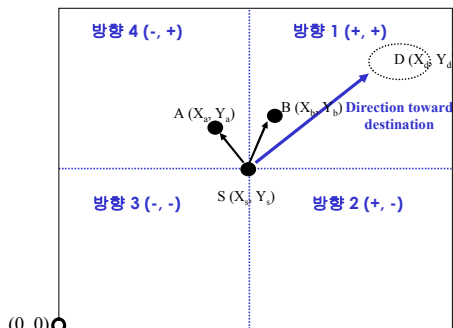


그림 4. 방향성 설정  
Fig. Direction set-up

한다. 예를 들면, 노드 S와 노드 B의 방향성 결정은 두 위치 정보를 통해서 결정된 방향성 결과가 (+, +)이며 따라서 방향 1에 있다고 결정된다. 또한 노드 S와 노드 A의 방향성 결정은 (-, +) 이다. 이 결과는 방향 4에 있다고 판단한다. 따라서 이 결과를 이용하여 노드 S는 자신의 위치를 기준으로 다른 상대적 노드의 방향성을 결정한다.

### 3.3 가상 위치 할당을 위한 Position Proxy Scheme(PPS)

본 논문에서는 위치 정보가 없는 노드가 위치 기반 서비스를 받기 위해서 이 노드에 가상의 위치 정보를 설정하도록 기능을 제공한다. 이 기능을 Position Proxy Scheme (PPS)라 한다. PPS는 주위 노드 중에서 자신과 물리적으로 가장 가까운 위치에 있는 위치 정보를 가진 노드의 위치 정보를 자신의 위치 정보로 설정한다. 이때 물리적 거리 측정은 이웃 노드와의 SNR 값으로 결정한다. 그림 3에서 보면 노드 3은 locationless 노드이다. 노드 3의 1-홉 이웃노드 중에서 물리적으로 가장 가까이에 있는 location 노드는 노드 6이며 노드 6에 대한 위치정보는 RUM를 통해서 수집된다. 따라서 노드 3은 노드 6의 위치정보를 자신의 가상위치정보로 설정한다. 이 기능은 locationless 노드가 위치 정보 없이도 위치 기반 라우팅에 참여 할 수 있게 하기 위함이다.

### 3.4 경로 탐색 절차(Route Discovery Procedure)

각 노드에서 라우팅 요청 메시지(RREQ message)를 이용한 경로 설정 과정은 다음과 같다. 우선 소스 노드는 목적지 영역의 위치 정보를 가지고 있다고 가정하고 이 정보를 이용하여 경로를 탐색한다. 제안된 라우팅 프로토콜은

proactive 방식과 reactive 방식을 혼합한 형태이다. proactive 방식은 모든 노드가 제안한 테이블 구성을 위해 미리 주기적 RUM을 주고받아 테이블을 구성하며 경로 탐색을 위해 라우팅 메시지로 RREQ/RREP 메시지를 사용하며 이 메시지 내에 목적지 정보를 위치정보로 색인한다. 경로 탐색 절차는 다음과 같다. 우선, 그림 5에 도시된 것처럼 소스 노드 위치를 중심으로 목적지 영역까지의 방향값 설정 절차정을 거친다. 여기서 목적지 노드의 위치정보와 일치하는 노드가 1-홉 이웃노드 테이블에 존재할 경우 유니캐스트 방식으로 경로 탐색 절차 없이 데이터를 직접 전송한다. 만약 1-홉 내에 목적지 노드가 존재하지 않을 경우 결정된 방향값을 중심으로 2-홉 이웃노드 테이블에서 결정된 방향 값을 이용하여 같은 방향 값을 가진 노드만을 검색한다. 이때 노드는 RREQ 메시지를 탐색된 노드에게만 멀티캐스트 방식을 이용하여 전달한다. 그림 5의 예를 보면, 만약 1-홉 영역에 목적 노드가 존재 하지 않으며 2-홉 이웃노드 테이블을 통해서 결정된 방향에 존재하는 2-홉 노드를 선택한다. 즉, 노드 5, 6만을 선택하고 다른 방향을 가진 노드 8은 선택하지 않는다. 이때 RREQ 메시지는 노드 5, 6에게만 전달된다. 위 과정이 RREQ를 전달 받은 노드들에게 목적노드에 도착할 때까지 반복 수행되며 목적 노드는 가장 먼저 들어온 RREQ에 대해서만 RREP를 전송한다. Location 노드와 locationless 노드로 구성된 네트워크에서의 경로 탐색 절차는 다음과 같다.

1. 우선 소스 노드는 목적지 노드의 위치 정보를 이용해서 방향성을 결정한다. 여기서 locationless node는 PPS를 통해서 가상위치정보를 가지고 있다.

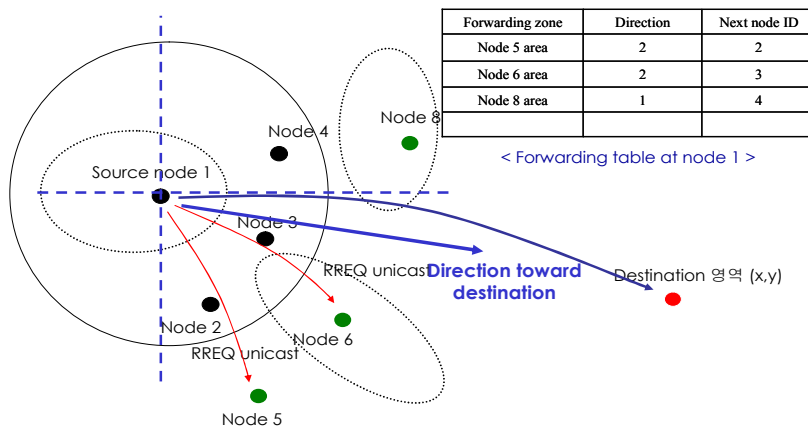


그림 5. 경로 탐색 절차에 관한 예  
Fig. 5 Route discovery procedure

2. 2-홉 이웃노드 테이블에서 같은 방향성을 가진 노드를 선택하여 RREQ 메시지를 전달한다.
3. RREQ 메시지를 전달받은 2-홉 노드는 RREQ 메시지 내에 있는 목적지 위치 정보를 이용하여 자기를 중심으로 방향성을 결정한다.
4. 결정된 방향성을 이용하여 자신의 2-홉 이웃노드 테이블에서 relay 노드의 역할을 수행할 수 있는 2-홉 노드를 선택하여 RREQ 메시지를 전달한다.
5. 위 방식을 목적지 영역을 가진 노드에 전달할 때까지 수행된다.
6. 목적지 노드가 RREQ를 받으면 RREQ 전달 절차를 중단한다.
7. 목적지 노드는 여러 개의 RREQ 메시지에서 홉 수가 가장 작은 경로를 선택해서 RREP를 전송한다.

위 경우는 목적지 영역을 가진 노드까지 RREQ 메시지 전달 과정에서 목적지 노드까지 경로가 존재하지 않음을 스스로 인지할 수 있다. 따라서 본 논문에서 제시한 라우팅 알고리즘은 경로가 존재 하지 않음을 인지하지 못하고 소스와 목적지 사이에 불필요한 RREQ 전달이 수행되는 기존 방식의 문제점을 개선할 수 있으며 또한 미리 불필요한 라우팅 메시지 전달을 차단할 수 있는 방법이다.

#### IV. 성능 측정

본 연구의 성능을 검증하기 위해 NS-2 Simulator[5]를 이용하여 제안한 프로토콜을 구현하였다. 본 실험에서 성능 측정 파라미터는 경로 탐색 시 success rate, end-to-end delay, RREQ 발생률 등이다. 또한 기존 방법인 location-aided routing (LAR) 기법과 비교 실험하였다. 실험 환경은 500m\*500m square region에서 노드의 수를 50, 100, 150개로 구성하였다. 소스 노드와 목적지 노드는 랜덤 하게 선택하면 경로 요청 수는 모든 실험에서 100회 발생시켰다. 그림 6과 그림 7은 경로 요청에 대한 성공률(success rate) 및 단대단 지연에 관한 실험 결과이다. 기존 LAR 방식에 비해 향상된 결과를 보여주고 있다. 성능 개선 이유는 존(ZONE)을 형성하여 경로요청 메시지를 플러딩하는 기존기법과 다르게 제안하는 방법은 이웃노드 테이블을 기반으로 경로가 존재하는 노드를 위치정보를 기반으로 선택하기 때문에 경로 탐색 과정에서 발생하는 오버헤드인 PREQ/RREP 메시지 감소 효과와 함께 빠르고 정확하게 경로를 탐색하는 효과를 가지고 있기 때문이다.

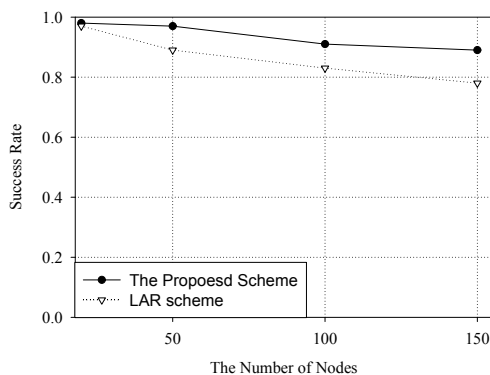


그림 6. 성공률 대 노드 수  
Fig. 6 Success rate vs. the number of nodes

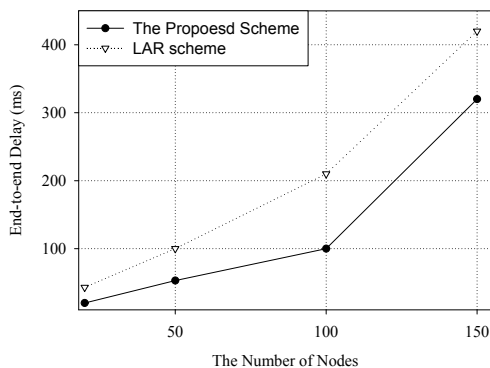


그림 7. 단대단 지연 대 노드 수  
Fig. 7 End-to-end Delay vs. the number of nodes

다음 실험은 고정된 500m\*500m square region내 150개 노드에서 source-sink pairs의 수를 변화 시켰다. 이 실험은 경로 요청 변화에 대한 제안 방식의 성능을 보기 위함이다. 본 실험에서는 소스 노드와 싱크 노드 선택을 랜덤하게 선택하도록 설정하였으며 5번의 다른 실험을 통해서 얻은 결과를 평균한 값이다. 결과는 그림 8와 9에 도시하였다. 실험 결과는 기존 LAR 방식 보다 성능 향상을 보이고 있다. 이유는 앞 실험 결과처럼 제안한 방법이 경로 탐색 과정에서 발생하는 오버헤드인 PREQ/RREP 메시지 감소 효과와 함께 빠르고 정확하게 경로를 탐색하는 효과를 가지고 있기 때문이다.

다음 실험은 고정된 500m\*500m square region내에 location node와 locationless node로 구성된 네트워크 토폴로지를 구성하여 성능 평가를 실시하였다. 우선, 총 노드 수는 150으로 고정하였으며 그 중에서 locationless node의 수를 변화 시켰다. 소스 노드와 싱크 노드를 랜덤 하게 선택

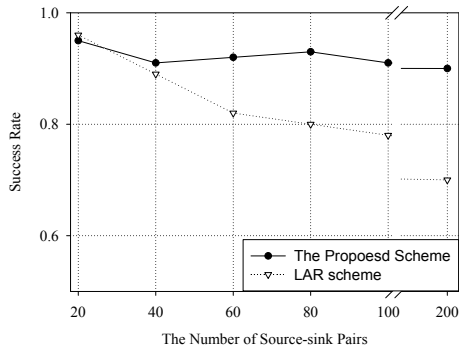
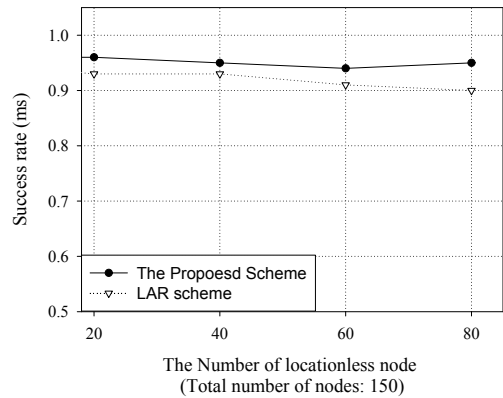


그림 8. 성공률 대 소스-싱크 수  
Fig. 8 Success rate vs. the number of source-sink pairs



(a)

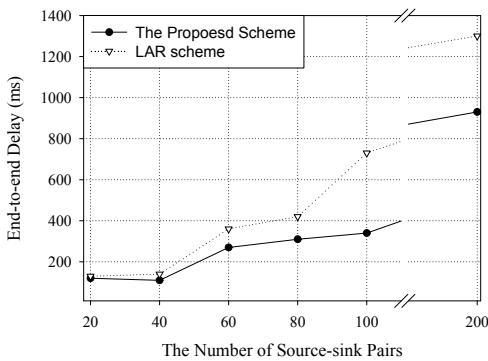
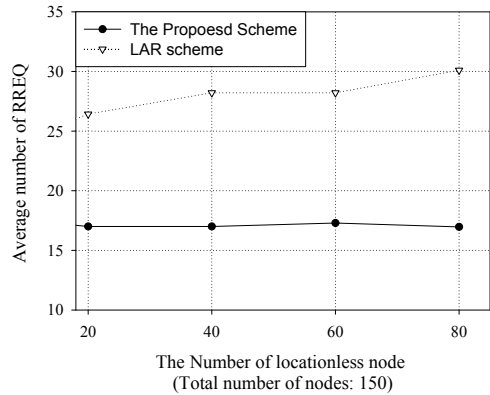


그림 9. 단대단 지연 대 소스-싱크 수  
Fig. 9 End-to-end Delay vs. the number of source-sink pairs



(b)

그림 10. 실험결과: (a) 성공률 대 locationless 노드 수 (b) 평균 RREQ 수 대 locationless 노드 수

Fig. 10 The simulation results of (a) Success rate vs. the number of locationless nodes and (b) average number of RREQ vs. the number of locationless nodes.

한다. 이 실험의 목적은 Position Proxy Scheme의 성능을 보는 데 있다. 그림 10에 보이는 것처럼 실험 결과는 기존 LAR 방식에 비해 경로선택 성공률이 향상됨을 보이고 있다. Locationless node가 증가하여도 경로 요청 성공률은 0.95 이상을 유지하고 있다. 또한 RREQ 메시지의 평균 발생 수가 17로 유지되고 있다. 하지만 LAR 방식은 locationless node 증가에 따른 성공률의 감소와 RREQ 메시지의 평균 발생 수가 증가함을 보인다. 따라서 본 실험을 통해서 제안한 기법이 위치정보를 가지고 있지 않은 노드들도 위치정보기반 라우팅에 참여할 수 있는 기법임을 확인할 수 있다.

### V. 결론

기존 애드 혹 네트워크를 위한 위치정보기반 라우팅 프로토콜은 네트워크를 구성하는 모든 노드가 위치 정보를 가지고

있어야만 네트워크에 참여 할 수 있도록 가정하고 있다. 그러나 이런 가정은 소규모의 특정 목적을 가진 애드 혹 기반의 센서 네트워크에 한정될 수 있다. 본 논문에서는 위치정보를 가진 노드와 위치정보가 없는 노드가 서로 공존하는 네트워크 환경에서 모든 노드가 위치정보기반 라우팅에 참여할 수 있는 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 또한 제안된 위치정보기반 라우팅 프로토콜은 위치기반 서비스를 제공하기 위해 필요한 네트워크 계층 관점에서의 위치정보기반 경로 탐색 서비스를 제공할 수 있는 방법을 제공할 수 있다.

본 연구에서는 고정된 무선 노드를 가정하여 설계되었으나 추후 연구로 이동성 환경에서 사용할 수 있는 위치정보기반



라우팅 프로토콜로 확장을 할 예정이다.

## ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2011학년도 동의대학교 교내연구비에 의해 연구되었음(2011AA202)

## 참고문헌

- [1] Young-Bae Ko, Nitin H. Vaidya, "Location-aided routing (LAR) in mobile ad hoc networks," Wireless Networks , Vol. 6 No 4, pp. 307-321, July 2000.
- [2] Brad K. and H. T. Kung, "GPSR: greedy perimeter stateless routing for wireless networks," Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile Computing and Networking, pp. 243-254, 2000.
- [3] Witt, M. and V. Turau., "The Impact of Location Errors on Geographic Routing in Sensor Networks," Proceedings of the International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology, pp. 76, 2006.
- [4] Chia-Chang Hsu and Chin-Laung Lei, "Firework Search for Location Aided Routing Enhancement in Mobile Ad-Hoc Networks," Proceedings of the 8th ACM International Workshop on Mobility Management and Wireless Access, pp. 121-124, 2010.
- [5] NS Project, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [6] Eun-Young Kang, "Node ID-based Service Discovery for Mobile Ad Hoc Networks," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 14, No. 12, pp. 109-117, Dec. 2009.
- [7] Jae Soo Kim and Jeong Hong Kim, "Distance Ratio based Probabilistic Broadcasting Mechanism in Mobile Ad Hoc Network," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 15, No. 12, pp. 75-84, Dec. 2010.

## 저 자 소 개



윤 주 상

2001: 고려대학교  
전기전자전파공학부 공학사.

2003: 고려대학교  
전자공학과 공학석사.

2008: 고려대학교  
전자컴퓨터공학과 공학박사.

현 재: 동의대학교  
멀티미디어공학과 조교수.

관심분야: 이동통신, 사물지능통신

Email : jsyoun@deu.ac.kr