

도로 기반 이동 애드 혹 망에서 질의 처리 방법

황 소 영[†] · 김 경 숙^{**} · 이 기 준^{***}

요 약

최근 데이터 중심 라우팅 및 응용 분야에 기반한 라우팅 프로토콜이 이동 애드 혹 망에 다양하게 적용되고 있다. 본 논문에서는 이러한 이동 애드 혹 망에서 질의 처리를 위한 라우팅 기법을 제안한다. 이는 도로 네트워크를 기반으로 실시간 교통 정보를 획득하기 위한 라우팅 방법으로 중앙 서버 없이 도로 위를 움직이는 이동 노드들이 자율적으로 애드 혹 망을 형성하여 질의를 처리한다. 즉, 라우팅 메시지 내에 도로 연결성을 고려한 질의 속성을 포함시키고 도로 위를 순회하는 이동 노드들로부터 실시간으로 정보를 획득하는 것이다. 본 기법에서는 경로 설정 단계와 데이터 전달(질의 처리) 단계를 단일화 하고, 도로 정보를 이용하여 불필요한 라우팅 메시지의 전달을 줄이는데 초점을 두었다. 제안한 라우팅 기법의 응용을 위해 도착 시간에 의존한 최단 경로 검색 질의를 적용하였고 성능 평가를 위해 실제 도로 네트워크와 도로 위를 순회하는 이동 노드들로 구성된 시뮬레이션 환경을 구축하였다. 주요 측정 요소는 경로 선정 및 질의 처리에 필요한 메시지 수로 이는 에너지 효율성 및 무선 대역 효율성에도 영향을 미친다. 시뮬레이션 결과는 라우팅 메시지 수 감소에 도로 정보가 지배적인 요인이 됨을 보여준다.

Query Routing in Road-Based Mobile Ad-Hoc Networks

So-Young Hwang[†] · Kyoung-Sook Kim^{**} · Ki-Joune Li^{***}

ABSTRACT

Recently data centric routing or application dependent routing protocols are emerged in mobile ad hoc networks. In this paper, we propose a routing method for query processing in MANET(Mobile Ad hoc NETWORK) environment, called road-based query routing, with consideration on real time traffic information of large number of vehicles. In particular, we focus on the method that process arrival time dependent shortest path query in MANET without a central server on the road networks. The main idea of our approach lies in a routing message that includes query predicates based on the road connectivity and on data gathering method in real time from vehicles on the road by ad-hoc network. We unify route discovery phase and data delivery(query processing) phase in our mechanism and reduce unnecessary flooding messages by pruning mobile nodes which are not on the same or neighboring road segments. In order to evaluate the performances of the proposed method, we established a model of road networks and mobile nodes which travel along the roads. The measurement factor is the number of nodes to whom route request is propagated according to each pruning strategy. Simulation result shows that road information is a dominant factor to reduce the number of messages.

키워드 : 이동 애드 혹 망(Mobile Ad Hoc Network), 도로 네트워크(Road Network), 질의 처리(Query Process), 라우팅 알고리즘(Routing Algorithm)

1. 서 론

이동 애드 혹 망은 고정된 인프라 네트워크 없이 서로 통신하는 이동 노드들로 구성된 망이다. 이동 노드들은 망 내에서 필요에 따라 임의로 네트워크를 형성한다. 이동 애드 혹 망과 관련된 기술 분야로는 응용 소프트웨어, 라우팅, 전송 계층, 매체 접근 제어 및 다양한 응용을 위한 물리 계층 등으로 분류해 볼 수 있다. 특히, 효율적인 경로 탐색을 위해 여러 라우팅 프로토콜[1-7]이 제안되었는데, 이는 노드의 이동성과 제한된

무선 통신 능력으로 인한 잦은 토폴로지의 변화에 기인한 것이다. 텔레메틱스는 이러한 이동 애드 혹 망을 바탕으로 위치 기반 서비스를 제공하는 주요한 응용 분야 중 하나이다. 텔레메틱스 서비스는 이동 차량으로부터 실시간으로 교통 데이터를 수집하여 운전자 및 이용자에게 위치 정보, 교통 정보, 사고, 응급 상황, 최단 경로 등과 같은 정보를 제공한다[8-12].

본 논문에서는 도로와 이동 차량을 기반으로 한 이동 애드 혹 망에서 질의 처리를 위한 라우팅 기법을 제안한다. 이는 도로 네트워크를 기반으로 실시간 교통 정보를 획득하기 위한 라우팅 방법으로 중앙 서버 없이 도로 위를 움직이는 이동 노드들이 자율적으로 애드 혹 망을 형성하여 질의를 처리한다. 즉, 라우팅 메시지 내에 도로 연결성을 고려한 질의 속성을 포함시키고 도로 위를 순회하는 이동 노드들로부터 실시간으로

* 본 논문은 과학기술부 한국과학재단 지정 한국항공대학교 부산 인터넷정보검색 연구센터와 산업자원부 지역혁신 인력양성사업의 지원에 의한.

† 정 회 원 : 부산대학교 전자계산학과 박사과정

** 준 회 원 : 부산대학교 전자계산학과 박사과정

*** 장 회 원 : 부산대학교 전자전기정보컴퓨터공학부 부교수

논문접수 : 2004년 11월 24일, 심사완료 : 2005년 2월 23일

교통 정보를 획득하는 것이다. 본 기법에서는 경로 설정 단계와 데이터 전달(질의 처리) 단계를 단일화 하고, 도로 정보를 이용하여 불필요한 라우팅 메시지의 전달을 줄이는데 초점을 두었다. 또한, 제한한 라우팅 기법의 응용을 위해 도착 시간에 의존한 최단 경로 검색 질의를 적용하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구를 정리하고, 3장에서 제한한 질의 라우팅 기법에 대해 기술한다. 4장에서 제안한 기법의 시뮬레이션을 통해 성능을 분석하고, 마지막 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

라우팅이란 네트워크상의 특정 목적지까지의 경로를 설정하는 것으로, 기존 유선 네트워크에서는 IP 주소와 같은 전역 주소를 중심으로 라우터를 통해 경로 설정이 이루어진다. 그러나, 이러한 인프라 네트워크 없이 서로 통신하는 노드들로 구성된 이동 애드 혹 망에서는 경로 설정에 관계하는 라우터가 없기 때문에 노드간 자율적인 협력을 통해 경로가 형성된다. 따라서, 이러한 이동 애드 혹 망에서 라우팅 성능 향상을 위한 다양한 연구가 제시되었으며, 이들은 여러 적용 기준에 따라 다양한 형태로 분류해 볼 수 있다. 이에 관한 한 분류 형태를 (그림 1)에 나타내었다. 각 분류로 나뉘어진 기법들 중에는 온전히 한 범주에만 속하는 것이 아니라 다른 분류 범위에 일부 속하는 것들도 있다. 이동 애드 혹 망의 라우팅 프로토콜은 크게 다음 4가지 분류 기준으로 나누어 볼 수 있다[13].

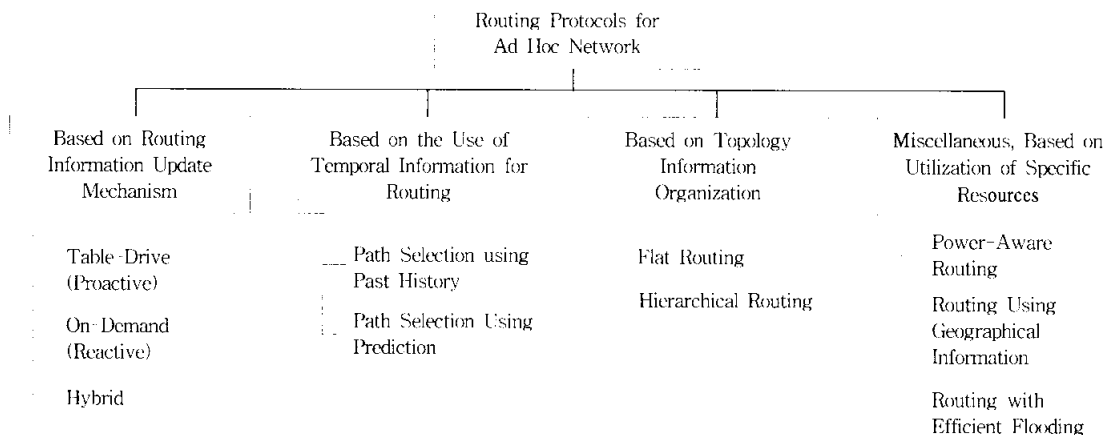
- 라우팅 정보 갱신 방법
- 라우팅 정보로 시간 정보 활용 방법
- 라우팅 토폴로지
- 특정 자원의 활용도

최근에는 이동 애드 혹 망에서 이동 노드의 지리적 위치 정보를 이용한 라우팅 기법 및 응용에 관한 연구가 급격히 증가하고 있다[4-7]. Location Aided Routing(LAR)이 그 중 가장

대표적인 예로써 이 기법은 애드 혹 망에서 라우팅 성능을 향상 시키기 위해 위치 정보를 활용하고 있다. LAR은 위치 정보를 바탕으로 탐색 영역(request zone)을 정의하고 경로 설정을 위한 탐색 범위를 탐색 영역 이내로 한정시킨다. 시뮬레이션 결과는 위치 정보의 활용이 이를 활용하지 않는 알고리즘에 비해 라우팅 부하를 크게 감소시킴을 보여준다[5].

이동 애드 혹 망 라우팅 기법의 또 다른 접근 분야로 데이터 중심의 라우팅 기법(data-centric routing)이 있다[14-17]. 이는 네트워크 상에서 특정 목적지로의 경로를 찾기 위해 IP 주소와 같은 전역 주소를 중심으로 경로를 설정하는 것과 달리 처리하고자 하는 질의의 조건을 중심으로 경로를 설정하는 기법이다. 즉, 특정 주소를 가진 노드로의 경로 설정 기법은 주소 중심의 라우팅, 주어진 질의를 처리하기 위해 질의 조건에 맞추어 경로를 설정하는 기법은 데이터 중심의 라우팅이 된다. 앞서 제시된 프로토콜은 주소 중심의 라우팅 기법에 해당하는 것들이다. 데이터 중심의 라우팅 기법은 현재 텔레메틱스 서비스를 중심으로 사고 발생 등과 같은 알람 메시지를 주변 차량에 전달하는 라우팅 프로토콜이 제시되고 있다[14-16].

라우팅의 최종 목적은 데이터의 전달 및 질의 처리에 있다. 따라서 질의 처리를 고려한 라우팅 기법이 요구된다. 뿐만 아니라 사용자는 특정 노드를 찾아내는 것 보다 처리해야 할 질의 속성에 더 큰 비중을 둔다. 또한, 실시간 교통 정보의 수집, 도착 시간에 근거한 최단 경로의 탐색 등과 같은 경우에는 라우팅 형성 단계에서 질의 처리가 이루어져야 정확한 결과를 얻을 수 있다. 본 논문에서는 도로와 이동 노드를 기반으로 한 애드 혹 망에서 질의 처리를 위한 라우팅 기법을 제안하고, 제안한 기법의 성능 향상을 위해 위치 정보를 적극 활용하였다. 이전의 연구에서는 유클리드 공간에서 목적지 주소에 기반한 라우팅 방법이 연구되었으며[4, 6], 사고 발생 등과 같은 알람 메시지 전달을 위한 라우팅 프로토콜이 대부분이었다[14-16]. 따라서 본 연구에서는 도착 시간 예측과 같은 질의 처리를 위해 유클리드 공간이 아닌 도로 네트워크를 중심으로 한 라우팅 기법을 고려하였다. 즉, 라우팅 메시지의 전달을 같은 도로와 인접한 도로 세그먼트 내로 제한함으로써 라우팅 성능을



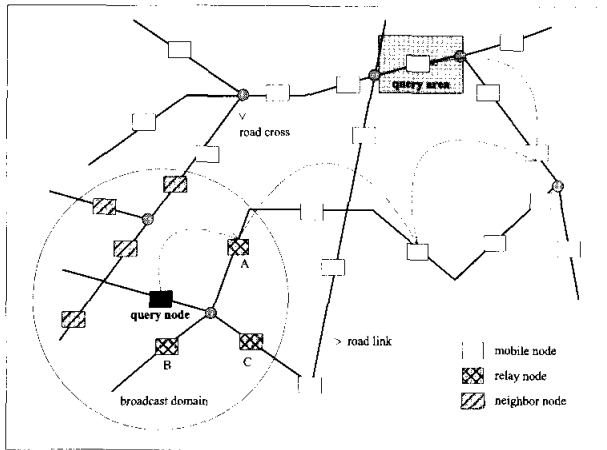
(그림 1) 애드 혹 망 라우팅 프로토콜 분류[13]

향상시킨다. 도로 기반 이동 애드 혹 망에서 교통 정보 수집 및 질의 처리는 도로를 따라 처리되지 않는 경우는 그 결과가 유효하지 않기 때문이다. 제한한 기법은 알람 메시지의 전달 뿐만 아니라 라우팅 메시지 내의 질의 속성 조정을 통해 도착 시간 예측을 포함한 다양한 형태의 질의를 처리할 수 있다. 다음 장에서 제안한 도로 기반 질의 라우팅에 대해 자세히 기술한다.

3. 도로 기반 질의 라우팅

3.1 기본 개념

도로 네트워크는 교차로에 의해 구분되는 도로 세그먼트의 집합으로 구성된다. (그림 2)는 도로 네트워크와 도로 위를 순회하는 이동 노드(mobile node)들로 구성된 애드 혹 망을 나타낸 것이다.



(그림 2) 도로 네트워크와 이동 노드들로 구성된 애드 혹 망

질의 처리는 다음과 같이 이루어진다. 주어진 질의는 “소스 노드로부터 대상 노드 혹은 질의 영역(query area)에 도달하기 까지 도착 시간에 근거한 최단 경로 탐색”이라고 가정한다. (그림 2)에서와 같이 질의 노드(query node)는 주어진 질의 조건을 포함한 경로 탐색(route request) 메시지를 발송한다. 질의 노드의 메시지 전달 범위(broadcast domain) 내에 포함되는 7개의 이웃 노드(neighbor node)는 질의 노드가 발송한 경로 탐색 메시지를 수신하고 해당 메시지의 재방송(re-broadcast) 여부를 결정한다. 유클리드 공간에서 동작하는 일반 라우팅 알고리즘을 따른다면 메시지를 수신한 모든 이웃 노드는 해당 메시지를 재방송한다. 그러나, 본 논문에서는 질의 노드와 같은 도로 또는 인접한 도로 위에 있는 이웃 노드들만이 메시지를 재전송하도록 하였다. 즉, (그림 2)에서 A, B, C 세 개의 이웃 노드만이 라우팅 설정에 참여하는 중계 노드(relay node)가 된다. 각 중계 노드들은 수신한 메시지를 재방송하기에 앞서 주어진 질의, 즉 자신이 포함된 도로를 이동하는데 걸리는 시간을 계산하여 질의 조건에 포함시키고, 이 질의 조건과 자신의 주소를 경로 탐색 메시지에 추가한 후 재전송한다.

이러한 작업은 질의 조건에 포함된 목적지에 도달하기까지 반복되며, 목적지에 해당 메시지가 도달하면 메시지에 포함된 주소의 역순으로 처리된 질의 결과를 되돌려준다.

이와 같은 질의 처리를 위한 라우팅 기법에는 다음의 가정이 필요하다. 첫째, 라우팅 경로 설정 및 질의가 처리되는 순간에는 노드의 이동이 없다. 둘째, 질의 노드와 메시지 전달 노드에 해당하는 중계 노드의 메시지 전송 범위 내에서 메시지를 수신하고 전달할 수 있는 적어도 하나 이상의 이웃 노드가 같은 도로 혹은 인접한 도로에 존재한다. 각 노드는 자신의 이웃 노드 정보를 유지하지 않고, 물리적인 메시지 전달 범위를 통해 이웃 노드를 선정하도록 한다. 즉, 임의의 두 노드 간 물리적인 무선 통신 링크가 형성될 때 두 노드는 서로 이웃한다고 정의한다. 메시지 전달 범위는 통신에 사용되는 무선 매체의 전달 범위에 의해 결정된다. 예를 들어, IEEE 802.11b 무선랜의 전송 거리는 실내에서 100m, 실외에서 300m 정도이며 이는 전력 제어, 안테나 성능 향상 등을 통해 확장될 수 있다. 마지막으로 각 이동 노드는 본 논문에서 제안하는 레이블러(labeler)에 의해 자신이 현재 이동하고 있는 도로의 정보를 획득한다. 레이블러는 각 도로 링크마다 존재하며 레이블러가 위치한 해당 도로의 링크 정보, 교차점 정보, 연결된 이웃 도로 정보를 유지, 관리한다. 즉, 이동 노드가 임의의 도로에 진입하게 되면 그 도로에 위치한 레이블러로부터 도로의 정보들을 전달받고 이를 라우팅 과정에서 활용하게 된다. 레이블러와 이동 노드에 대한 자세한 구조는 다음 절에서 설명한다.

3.2 자료 구조

제한한 질의 라우팅 기법에 쓰이는 자료 구조로 레이블러와 이동 노드에 관한 2가지가 있다. 먼저 레이블러의 기능은 다음과 같다. 레이블러는 자신이 위치하고 있는 도로 정보와 그와 인접한 도로의 레이블러에 대한 리스트를 유지한다. 임의의 이동 노드가 해당 도로로 진입하면 레이블러는 자신이 유지하고 있는 정보를 이동 노드에 넘겨준다. 이를 통해 이동 노드는 도로 정보 및 도로 시작점으로부터 이동 거리를 계산함으로써 자신의 위치 정보를 관리할 수 있다. <표 1>은 레이블러의 자료구조를 나타낸 것이다.

<표 1> 레이블러의 자료구조

Labeler ID		
Road Information	Geometry	Coordinates
		Distance
	Topology	Start cross
		End cross
Adjacent Labelers ID list		

앞서 언급했듯이 이동 노드는 레이블러로부터 넘겨 받은 정보와 도로 시작점으로부터 이동한 거리를 계산함으로써 자신의 위치를 관리한다. 이동 노드는 새로운 도로 세그먼트로 진

입할 경우 이전 도로의 레이블러로부터 받은 정보를 새 도로의 레이블러로부터 받은 정보로 갱신한다. <표 2>는 이동 노드의 자료 구조를 나타낸 것이며 적용될 응용 분야에 따라 사용자 프로펠 및 부가적인 정보를 더 포함시킬 수 있다.

<표 2> 이동 노드의 자료 구조

Mobile node ID
Offset (Position)
Velocity
Direction
Labeler information

3.3 질의 라우팅 방법

본 논문에서 제안한 질의 라우팅 기법은 플러딩(flooding) 방법을 이용한 경로 탐색과 유사하다. 그러나, 도로 기반 이동에드 후 망에서 전송되는 메시지의 범람을 막기 위해 위치 정보와 도로 정보, 질의 조건을 활용한 것에 그 차이가 있다. 이는 도로 네트워크와 질의 조건에 기반한 일종의 플러딩 및 프루닝(flooding and pruning) 알고리즘의 하나이다. (그림 3)은 제안한 도로 기반 질의 라우팅 알고리즘을 나타낸 것이며 정

로 설정 및 질의 처리 과정은 (그림 4)에 나타내었다. 개별 라우팅 단계는 다음과 같다.

[단계 1] 목적지로 경로 탐색 및 질의 처리를 필요로 하는 소스 노드는 목적지의 위치 정보에 근거해 메시지의 범람을 막기 위한 탐색 영역(request zone)을 정의한다. 여기서 목적지는 목적 노드의 주소가 아닌 지리적 위치 정보로 주어지기 때문에 탐색 영역의 정의가 가능하다. 그리고, 소스 노드는 경로 탐색 및 질의 처리를 위한 경로 탐색(route request) 메시지를 생성한다. 이 메시지는 소스 노드의 정보(주소, 도로 정보, request zone), 목적지 정보, 사용자로부터 요구되는 질의 조건을 포함한다. 소스 노드는 생성된 경로 탐색 메시지를 자신의 이웃 노드에 방송한다. 소스 노드의 방송 범위는 물리 매체의 전송 거리에 해당하며 임의의 두 노드간 1홉(one hop) 무선 통신 링크가 형성될 때 두 노드는 서로 이웃 노드가 된다.

[단계 2] 경로 탐색 메시지를 수신하고 재전송을 담당하는

```

Road-Based Query Routing Algorithm
input
    m: received message
    N: information of current node

begin On_Receive_Procedure
    if detect multiple receptions of the same route request by m.sequence_number
        discard the message;          /* sequence number pruning*/

    if position of current node not contained in request zone by m.request_zone.contain(N.position)
        discard the message;          /* request zone pruning */

    if current node not on same or adjacent road of previous routed node's
        discard the message;          /* road information pruning */

    call Process_Query;                /* process query predefined by user */

    if position of current node is destination
        call Send_Reply;                /* find a match */

    else
        decrease TTL;                  /* prevent infinite flooding */
        if TTL equal to zero
            return;

        else
            add address of current node to payload by m.payload.add(N.id);
            /* a path traversed by the request */

            call Rebroadcast route request by Broadcast(m);
            /* rebroadcast route request message */

    end On_Receive_Procedure;
    
```

(그림 3) 도로 기반 질의 라우팅 알고리즘

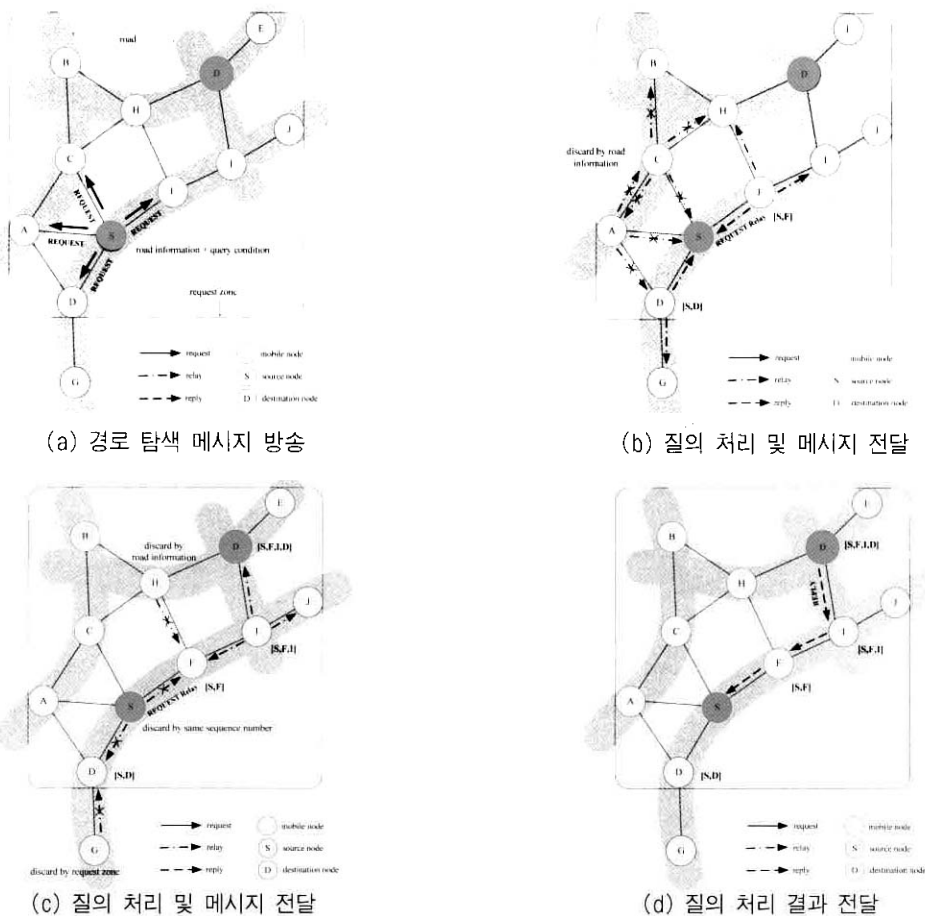
노드를 중계 노드(relay node)라 명한다. 경로 탐색 메시지를 수신한 중계 노드는 먼저 메시지의 식별자 번호(sequence number)를 비교하여 메시지의 중복 수신 여부를 파악한다. 그리고, 탐색 영역과 자신의 위치를 비교하여 탐색 영역에 포함되는지를 파악한다. 이러한 조건이 만족되면 중계 노드는 경로 탐색 메시지를 발송한 노드와 같은 도로, 혹은 인접한 도로에 있는지를 살펴보고, 이를 만족하면 주어진 질의를 처리한다. 이러한 질의 처리 결과는 동일한 식별자 번호를 가진 메시지를 동시에 수신하였을 때 어떤 메시지를 재전송할지 결정하는 선택 요소가 될 수 있다. 즉, 도착 시간에 근거한 최소 경로 탐색 질의가 주어졌을 경우 중계 노드는 수신한 여러 메시지 내 포함된 도착 시간 (이는 메시지가 전달되는 매 단계에서 계산되어 누적 합산한 결과이다.) 중 가장 짧은 시간을 가진 메시지를 선택하면 된다. 마지막으로 중계 노드는 자신의 위치 정보 및 도로 정보를 목적지 정보와 비교하여 해당 목적지인지 아닌지 판단한다.

[단계 3] 목적지와 비교하여 일치한다면 자신이 그 경로 탐

색 메시지의 목적지에 해당하며 응답 메시지를 순회한 경로의 역순으로 보낸다. 그렇지 않은 경우는 메시지의 TTL(Time To Live) 값을 하나 감소시키고, TTL 값이 0이 아닐 경우 자신의 주소들을 메시지에 추가하여 재전송한다. 목적지에 도달할 경우 이 주소 리스트가 응답 메시지를 전달할 경로가 된다. 여기서 TTL은 메시지의 무한한 전송을 막기 위해 메시지의 생존 기간을 정의한 것이다.

[단계 4] 목적지를 찾을 때까지 단계 2를 반복 수행한다.

이와 같은 방법으로 경로 탐색 및 질의 처리를 수행하는 중 경로 탐색 메시지가 목적지에 도달하지 못하는 경우도 발생할 것이다. 예를 들어 소스 노드로부터 목적지까지 경로 설정이 불가능한 경우이거나 전송 오류 등에 의해 메시지를 잃었을 경우에는 경로 탐색을 통하여 질의를 처리할 수 없다. 따라서, 이러한 경우 소스 노드가 경로를 재탐색할 수 있도록 경로 탐색 메시지를 전송하기 전에 응답시간에 대한 유효시간을 설정한다. 유효시간은 무선 매체에서 데이터 전달 속도, 전달 거리 및 질의에 포함된 지리적 위치 정보에 의한 메시지의 출발에서 도달 위치간 거리를 고려하여 설정한다. 주어진 유효시간



(그림 4) 도로 기반 질의 라우팅 기법의 경로 설정 및 질의 처리

내에 응답을 받지 못한 경우 소스 노드는 경로 탐색 메시지의 방송을 재시작하고 이전 메시지와 구분하기 위해 새로운 색별자 번호를 할당한다. <표 3>은 질의 라우팅을 위한 메시지 형식을 나타낸 것이다.

<표 3> 도로 기반 질의 라우팅의 메시지 형식

Message type	Sequence number	TTL
Address (broadcast address or popped up address from payload)		
Request zone		
Destination information: Query condition		
Source information		
Intermediate or final result of query condition		
Payload (a path traversed by the request)		

4. 성능 평가

본 논문에서 제안된 질의 라우팅 기법의 성능 평가를 위해 실제 도로 네트워크를 기반으로 도로 위를 순회하는 이동 노드를 생성하여 실험을 수행하였다. 이동 애드 혹 망에서 라우팅 기법의 성능 평가 요소로는 에너지 효율성, 전달되는 메시지의 수, 무선 매체 대역 점유율, 메시지 전달 지연 등이 있다. 본 논문에서는 전달되는 메시지 수에 초점을 맞추어 제안된 라우팅 방법의 전달 메시지 감소량을 살펴보았다. 왜냐하면 발생하는 메시지의 수가 많을수록 에너지 효율성을 저하시키고, 무선 대역의 확보 및 전달 지연에도 악영향을 끼치기 때문이다.

4.1 시뮬레이션 모델

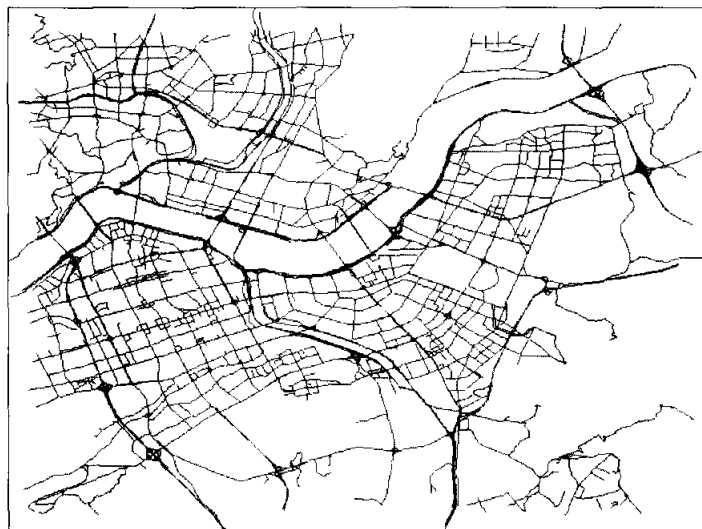
(그림 5)는 실험에서 사용된 도로 네트워크로 서울시의 일부 지역을 나타낸 것이다. 해당 도로 네트워크의 도로망은 15,290개의 도로 세그먼트로 구성되어 있으며, 실험에서는 각

도로 세그먼트가 3개 이상 만나는 지점을 중심으로 도로 링크를 재구성하였다. 이러한 도로 네트워크를 순회하는 이동 노드는 Brinkhoff가 제시한 도로 기반 이동객체 생성기[18]를 이용하여 10,000개의 이동 노드를 생성하였다. 실험에서 생성된 이동 노드는 질의 처리가 수행되는 순간에는 정적 상태이며, 같은 도로 위를 움직이는 이동 노드들의 속도는 동일한 것으로 가정하였다.

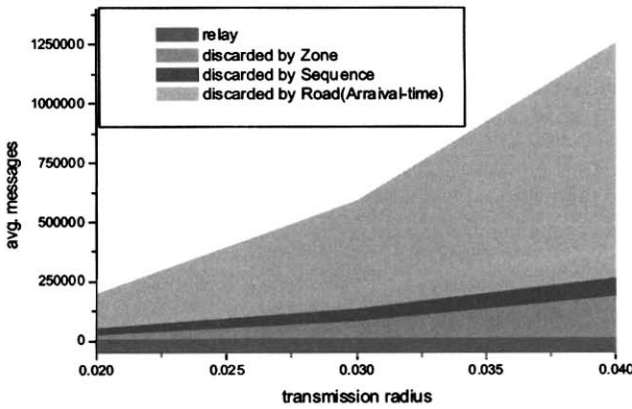
본 실험에서 이동 노드들이 서로 통신할 수 있는 전송 범위(반지름 길이)는 대상 도로 네트워크 전체 영역 가로 길이의 0.02%, 0.03%, 0.04%가 되도록 설정하였고, 메시지의 TTL은 임의로 30홉을 지정하였다. 일반적으로 TTL 값은 노드의 수가 많고 밀집되어 있는 경우 큰 값으로 설정된다. 도착 시간을 고려한 최단 경로 탐색 질의를 수행하기 위해 소스 노드와 목적지를 임의로 생성하여 질의 처리를 적용하였으며 시뮬레이션은 100회 수행되었다. 마지막으로 모든 이동 노드의 정보를 중앙 서버에 저장하여 질의를 처리하도록 한 경우와 본 논문에서 제안한 이동 노드간 자율적인 협동을 통해 처리한 결과를 비교하였다. 본 실험에서 네트워크와 관련된 전송 및 충돌 등에 대한 고려는 하지 않았다.

4.2 시뮬레이션 결과

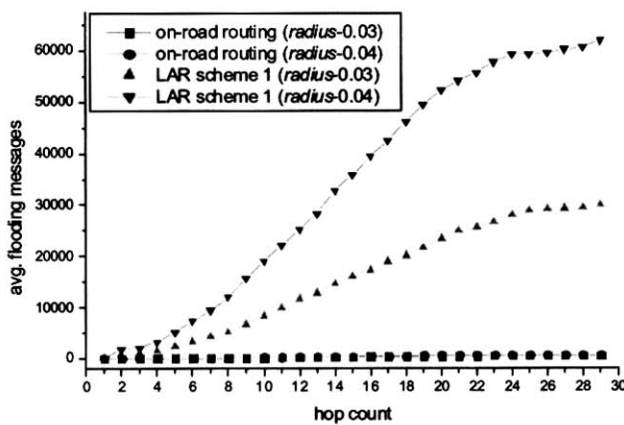
본 실험에서는 제안한 질의 라우팅 기법의 개별 전략에 의해 불필요한 메시지의 전달이 얼마나 감소되는지에 초점을 두었다. 메시지의 발생량을 줄이기 위해 제안한 기법에서는 노드의 지리적 위치 정보, 도로의 연결 정보 및 질의 조건을 활용하였다. (그림 6)은 질의 라우팅 기법의 개별 전달 메시지 억제 전략에 의해 감소되는 메시지량을 나타낸 것이다. 이동 애드 혹 망에서 라우팅을 위해 기본적으로 플러딩되는 메시지에서 탐색 영역에 의한 억제, 메시지 식별자 번호에 의한 중복 메시지 전달 억제, 도로의 연결성을 고려하여 메시지 전달을 억제함으로써 실제 전달되는 메시지 수는 중계(relay)로 나타나는 부분이다. 실험 결과에서 나타난 것처럼 메시지 발생량을



(그림 5) 실험에 사용된 도로 네트워크 - 서울시 일부 지역



(그림 6) 질의 라우팅 기법에 의해 감소되는 메시지 전송량



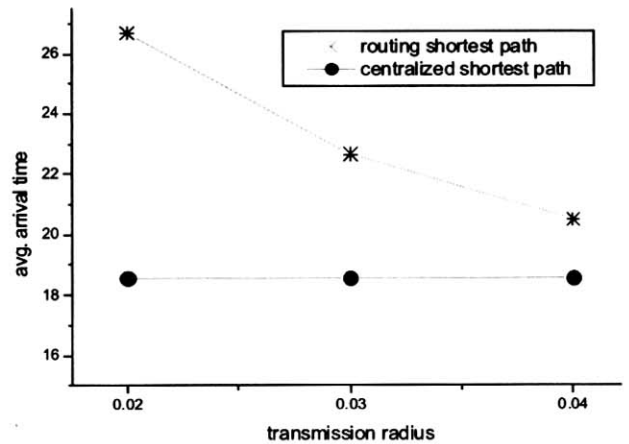
(그림 7) 제안된 기법과 LAR scheme-1 성능 비교

가장 크게 감소시키는 요소는 도로 정보에 의한 것임을 알 수 있다.

(그림 7)은 탐색 영역을 설정하여 메시지를 플러딩하는 LAR scheme-1을 이용하여 질의를 처리한 결과와 본 논문에서 제안한 질의 라우팅 방법을 이용하여 처리한 결과를 나타낸 것이다. 본 논문에서 제안한 방법은 도로의 정보를 전달되는 메시지에 포함시킴으로써 메시지 전송 노드가 같은 도로 혹은 인접한 도로에 있는 이동 노드에만 메시지를 전달한다. 따라서, 전송 범위내에 있는 모든 노드가 아니라 도로 조건을 만족하는 일정 수의 이동 노드에만 메시지가 전달되어 무선 대역폭의 활용 효율성 제고 및 메시지 전달 지연 감소에 도움을 줄 수 있다. 뿐만 아니라, 본 논문에서 처리하고 있는 도착 시간을 고려한 최단 경로 탐색 질의와 같은 형태의 도로 기반 질의는 실제 응용에서 도로의 연결성을 고려하지 않고서는 질의 결과에 대해 의미가 없다. 따라서, 서로 연결된 도로 상에 존재하는 이동 노드를 통하여 라우팅하고 질의를 처리하는 것이 바람직하다.

(그림 8)은 중앙 서버를 이용해 질의를 처리한 경우와 이동 애드 혹 망에서 이동 노드간 자율적인 협동을 통해 처리한 결과를 비교한 것이다. 결과에서처럼 모든 이동 노드의 정보를 저장 관리하는 중앙 서버의 경우는 주어진 질의의 최적 결과를 찾아내는 반면 제안한 방법의 경우는 메시지 전달 거리를

확장 시킴에 따라 최적 값에 근접해 감을 알 수 있다. 즉, 이동 애드 혹 망에서는 각 노드가 통신할 수 있는 영역의 한계에 의해 국소적인 최적 경로를 계산하게 되며 통신 범위는 사용하는 매체의 물리적 특성이나 프로토콜 등에 의해 축소 혹은 확장될 수 있다. 중앙 서버 방식의 경우, 주어진 질의의 최적 결과값을 구할 수 있고 실제 질의를 처리하기 위한 메시지 전달은 적다. 그러나, 질의를 처리하기 위해서는 중앙 서버가 매우 많은 수의 이동 노드 정보를 실시간으로 저장하고 갱신해야 하므로 이에 따른 서버의 처리 부하 및 통신 부하에 대한 고려가 추가적으로 필요하다.



(그림 8) 전송 범위에 따른 예측 도착 시간의 변동

5. 결 론

본 논문에서는 도로 기반 이동 애드 혹 망에서 질의 처리를 위한 라우팅 기법에 대해 제시하였다. 기존의 GPSR이나 LAR과는 다르게 라우팅 및 질의의 메시지 전달 영역을 같은 도로 혹은 인접한 도로를 순회하는 이동 노드로 한정하였다. 이는 처리하고자 하는 질의가 도로 네트워크에 기반된 질의의 형태로, 본 논문에서는 도착 시간을 고려한 최단 경로 탐색 질의를 적용하였다. 이러한 질의를 처리하기 위해서는 이동 노드의 정보 뿐만 아니라 도로에 대한 연결성도 고려되어야 한다. 따라서, 본 논문에서 제안한 질의 라우팅 기법은 라우팅 메시지 내에 도로의 연결 정보와 질의의 조건을 포함시켜 도로 위를 순회하는 이동 노드간 자율적인 협동을 통해 실시간 교통 정보를 획득, 중앙 서버 없이 질의를 처리할 수 있게 하였다. 또한, 실험을 통해 기존의 지리적 위치 정보를 이용한 라우팅 기법 중 하나인 LAR scheme-1과 제안한 도로 기반 질의 라우팅 방법의 성능을 비교, 분석하였다. 실험 결과는 전달 메시지 수의 감소에 도로 정보가 지배적인 요소임을 보여주었다.

향후 연구 과제로 동적인 TTL값 생성을 통해 보다 효율적인 질의 처리가 가능하도록 하며 도로 기반 이동 애드 혹 망에서 응용 분야에 따라 불필요한 메시지 전달을 줄일 수 있는 요소를 제안한 질의 라우팅 기법에 유연하게 통합할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] Z. J. Haas and M. R. Pearlman, "The performance of query control schemes for the zone routing protocol," *IEEE/ACM Transactions on Networking* 9(4), pp.427-438, 2001.

[2] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing," *Proceedings of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, pp.90-100, 1999.

[3] D. B. Johnson and D. A. Maltz, "Dynamic Source Routing in Ad Hoc Networks," *Mobile Computing*, Kulwer Academic Publishers, Vol.353, pp.152-181, 1996.

[4] B. Karp 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.

[5] Y.-B. Ko and N. H. Vaidya, "Location-aided routing (LAR) in mobile ad hoc networks," *Wireless Networks* 6(4), pp.307-321, 2000.

[6] Y.-B. Ko and N. H. Vaidya, "Using location information in wireless ad hoc networks," *IEEE 49th Vehicular Technology Conference*, Volume 3, pp.1952-1956, 1999.

[7] M. Mauve, J. Widmer, H. Hartenstein, "A Survey on Position-Based Routing in Mobile Ad-Hoc Networks," *IEEE Network*, 15(6), pp.30-39, 2001.

[8] H.-D. Chon, D. Agrawal, A. E. Abbadi, "FATES: Finding A Time dEpendent Shortest path," *Proceedings of the 4th International Conference on Mobile Data Management*, pp.165-180, 2003.

[9] G. Trajcevski, O. Wolfson, B. Xu, P. Nelson, "Real-Time Traffic Updates in Moving Objects Databases," *Proceedings of the 13th International Workshop on Database and Expert Systems Applications*, pp.698 - 704, 2002.

[10] O. Wolfson, L. Jiang, A. P. Sistla, S. Chamberlain, N. Rishe, M. Deng, "Databases for Tracking Mobile Units in Real Time," *Proceedings of the 7th International Conference on Database Theory*, pp.169-186, 1999.

[11] F. B. Zhan, "Three Fastest Shortest Path Algorithms on Real Road Networks: Data Structures and Procedures," *Journal of Geographic Information and Decision Analysis* 1(1), pp.69-82, 1997.

[12] R. K. Ahuja, K. Mehlhorn, J. Orlin, R. E. Tarjan, "Faster algorithms for the Shortest Path Problem," *Journal of Association of Computing Machinery* 37(2), pp.213-223, 1990.

[13] C. Siva Ram Murthy, B.S. Manoj, "Ad Hoc Wireless Networks: Architectures and Protocols," Pearson Education, 2004.

[14] A. Bachir, A. Benslimane, "A multicast protocol in ad hoc

networks inter-vehicle geocast," *Proceedings of the 57th IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference*, Volume 4, pp.2456-2460, 2003.

[15] A. Bachir, A. Benslimane, "Towards supporting GPS-unequipped vehicles in intervehicle geocast," *Proceedings of the 28th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks*, pp.766-767, 2003.

[16] T. Kosch, C. Schwingenschlogl, Li Ai, "Information dissemination in multihop intervehicle networks," *Proceedings of the IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp.685-690, 2002.

[17] B. An, S. Papavassiliou, "An architecture for supporting geomulticast services in mobile ad-hoc wireless networks," *IEEE Military Communications Conference, Communications for Network-Centric Operations: Creating the Information Force*, Volume 1, pp.301-305, 2001.

[18] T. Brinkhoff, "A framework for generating network-based moving objects," *GeoInformatica* 6(2), pp.153-180, 2002.

황 소 영



e-mail : youngox@pusan.ac.kr
 1999년 부산대학교 전자계산학과(학사)
 2001년 부산대학교 전자계산학과(석사)
 2001년~현재 부산대학교 전자계산학과
 박사과정
 관심분야 : 시각동기, 센서네트워크, 임베
 디드시스템, GPS응용

김 경 숙



e-mail : ksookim@pusan.ac.kr
 1999년 부산대학교 전자계산학과(학사)
 2001년 부산대학교 전자계산학과(석사)
 2001년~현재 부산대학교 전자계산학과
 박사과정
 관심분야 : 이동객체DB, GIS, Telematics

이 기 준



e-mail : lik@pusan.ac.kr
 1984년 서울대학교 계산통계학과(학사)
 1986년 서울대학교 계산통계학과(석사)
 1992년 프랑스 국립응용과학원 전자계산
 학과 전산학박사
 1993년~현재 부산대학교 전자전기정보컴
 퓨터공학부 부교수

관심분야 : 공간DB, 시공간DB, GIS, Telematics 및 Ubiquitous Computing