

P2P와 브로드캐스팅을 이용한

도로 네트워크 상에서 이동 노드의 위치정보관리 및 질의 처리

Query processing moving objects on road network

by a hybrid approach P2P and broadcasting

김정수, 강혜영, 이기준

Jung-Su Kim, Hey-Young Kang, Ki-Joune Li

부산대학교 컴퓨터공학과

{jskim, hykang}@isel.cs.pusan.ac.kr, lik@pusan.ac.kr

요약

수많은 이동 노드가 존재하는 유비쿼터스 환경에서, 위치 인식(Location Awareness)은 중요한 요구조건 중에 하나이다. 위치 인식을 실현하기 위해서는 이동 노드에 대한 위치 정보관리 및 질의 처리가 필요하다. 이를 위해서 P2P를 이용한 다양한 방법들이 연구 되었지만, P2P를 이용한 질의처리에서 라우팅 비용이 매우 비싸고, 노드의 이동성은 고려되지 않았다. 이에 본 논문에서는 P2P와 브로드캐스팅 방법을 혼합하여, 이동성을 가지는 다량의 이동 노드의 위치 정보를 관리하고 각 노드가 요구하는 질의 처리를 위한 방법들을 제안하고자 한다. 이 방법은 브로드캐스팅을 이용하여 라우팅 비용을 거의 상수 값으로 줄이고, 노드의 이동성을 고려한다.

1. 서론

GPS(Global Positioning System)를 탑재한 모바일 단말기와 무선 통신망의 발달로 사람이나 자동차의 위치 파악이 쉬워짐으로써 위치 기반 서비스(Location-based Service)는 다양한 응용 서비스 영역으로 확대되고 있다. 이러한 위치 기반 서비스를 제공하기 위해서 위치 인식(Location Awareness)은 가장 중요한 요구조건 중에 하나이며, 위치인식을 위해서는 대량의 이동 객체들의 위치 정보 관리 및 공간 질의 처리를 위한 방법이 필요하다.

지금까지 위치 정보 관리 및 공간 질의 처리를 위한 방법은 주로 클라이언트-서버 환경을 기반으로 하고 있으나, 많은 수의 노드가 존재할 때 확장성 문제가 발생한다. 이러한 확장성 문제를 해결하기 위하여 P2P환경이 제안되었다.

P2P 환경에서의 질의 처리는 라우팅과 평가(Evaluation)로 이루어진다. 라우팅 단계에서는 해당 질의점에 존재하는 후보 노드를 찾고, 평가 단계에서는 후보 노드 중에서 질의 조건에 해당하는 노드를 검색한다. 질의 처리시 대부분의 비용(시간, 메시지수, 홉수)이 라우팅 단계에서 소요된다. 따라서, 라우팅 단계의 비용을 줄이는 것은 P2P환경을 이용하는 데 있어서 중요한 이슈이다.

이를 위하여, MANET에서는 지역화된 라우팅 방법(Localized Routing)을 제안하였다. 즉, 라우팅을 할 때 각 노드가 가지고 있는 이웃 정보들을 이용해서 라우팅하는 방법이다. 이를 위해서는 각 노드는 이웃 노드의 정보를 가지며, 네트워크 토폴로지(Topology)정보를 가져야 한다. 각 노드는 메시지 전송을 통하여 네트워크 토폴로지 정보를 유지하는데, 위치가 계속 변하는 이동 노드의 경우 더 많은 메시지 전송을 필요로 하게 된다. 또한, P2P환경만을 이용하여 라우팅 비용을 효과적으로 줄일 수 있는 방법은 없다.

이에 본 논문에서는 대량의 이동 노드가 존재하는 환경을 위한, 위치 정보 처리 및 공간 질의를 위한 시스템으로써, P2P와 브로드캐스팅을 이용한 혼합 시스템을 제안한다. 브로드캐스팅 방법은 P2P환경에서 대부분의 비용을 차지하는 라우팅 비용을 거의 상수 값으로 줄일 수 있다. 또한, 평가과정에 있어서 인프라를 이용한 P2P를 적용함으로써, 서버가 가지는 확장성 문제를 해결한다.

본 논문의 구조는 다음과 같다. 2장에서 연구의 동기와 관련 연구에 대해서 알아본다. 3장에서 본 논문이 제안하는 시스템 구조에 대해서 설명한다. 4장에서는 실제 실험을 통해서

논문에서 제안한 방법을 평가하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

P2P에서 이동 노드에 대한 공간 질의처리는 라우팅(Routing) 단계와 평가(Evaluation) 단계로 이루어진다. 라우팅 단계에서는 질의 조건을 만족하는 노드를 찾기 위해 네트워크를 탐색하고, 평가 단계에서는 각 후보 노드들 중에서 질의 조건을 만족하는 노드들을 검색한다. 이와 같이 두 단계로 이루어지는 P2P에서 공간 질의처리는 대부분의 비용이 라우팅 단계에서 소요된다. 따라서, 효율적인 공간 질의 처리를 위해서는 효과적인 라우팅 방법이 필요하다. 하지만 기존의 P2P 환경에서 연구되었던 CAN[3]이나 Chord[4] 같은 경우에는 위치 기반이 아닌 내용 기반의 라우팅 방법으로, 일치 검색 및 키워드 검색을 하는 데에는 유리하지만 영역 질의를 처리 할 수 없다.

영역 질의가 가능하게 하기 위해서 MAAN[7] 과 PePeR[6] 같은 여러 확장 방법들이 연구되었지만, 이러한 방법들은 유클리디안 공간을 대상으로 하고 있고, 노드의 이동성을 고려하지 않는다.

내용 기반의 라우팅 방법 외에도 위치 정보를 기반으로 하는 라우팅 방법으로 지역화된 라우팅(Localized Routing) 방법이 연구 되었다. 이 방법은 메시지를 전달하기 위해서 다음 노드를 선택할 때 각 노드가 가지고 있는 이웃 노드의 위치 정보를 이용하는 방법이다. 이러한 지역화된 라우팅 방법을 이용하기 위해서는 각 노드들은 네트워크 토폴로지(Topology)정보를 유지해야 한다.

GPSR[1]에서는 두 가지 기본 지역화된 라우팅(Localized Routing) 방법을 적용하기 위한 토폴로지 관리를 위하여 Gabriel 그래프를 제안한다. Gabriel 그래프 외에 [5]에서는 들로니 삼각분할(Delaunay Triangulation)을 네트워크 토폴로지 정보를 관리하기 위하여 이용한다. 하지만 이러한 토폴로지를 관리하기 위해서, 특히 분산 환경에서는 각 노드들은 많은 메시지를 주고 받아야 한다. 특히 네트워크 토폴로지를 들로니 삼각분할을 이용하여 관리할 경우, 토폴로지가 변할 경우 모든 노드들의 위치를 고려해서 삼각분할을 재구성하여야 한다.

[2]에서는 들로니 삼각분할을 재구성하기 위한 오버헤드를 줄이기 위해서 지역적인 들로니 삼각분할(Localized Delaunay Triangulation)을 제안하였다. 이 방법은 각 노드들이 방송 영역 안에 해당되는 이웃 노드들끼리 지역적으로 들로니 삼각분할을 재구성하는 방법이다. 지역적인 들로니 삼각분할을 구성하기 위해서 각 노드들은 자신의 방송 영역 안에 존재하는 이웃 노드들에게 메시지를 전달한 후, 각 노드들은 지역적인 들로니 조건(Localized Delaunay

Rule)에 해당하는지 계산을 한다. 이 방법 역시 지역적인 들로니 삼각분할을 유지하기 위해서 노드간의 메시지 전달과 조건 검사 등의 계산과정이 필요하다. 메시지 전달과 복잡한 계산과정 등으로 인하여, 네트워크를 재구성하는데 있어서 오버헤드가 발생한다. 그러므로 도로네트워크에서 빠른 속도로 이동하는 노드에게 이러한 토폴로지 관리 방법을 그대로 적용시키는 것은 어렵다.

3. 기본 개념

P2P환경에서 공간질의는 라우팅 과정과 평가과정으로 이루어진다. 그러나, 앞서 살펴본 바와 같이 대규모의 분산환경에서 이동 노드간의 공간질의를 위해 P2P를 이용하는 방법은 라우팅 경로가 길고, 메시지 전달이 많은 단점이 있다.

이에, 본 논문에서는 도로 네트워크 상의 전체 이동 객체 중에서 노드를 샘플링하고, 샘플링 된 노드의 정보를 서버에서 무선 브로드캐스팅을 통하여 이동 노드에게 전달함으로써, 라우팅 경로의 길이를 상수 값으로 줄일 수 있는 방법을 제안한다. 제안한 방법에서 평가(Evaluation)과정은 인프라를 이용한 이동객체간의 P2P통신으로 이루어진다. 이를 위하여 우리는 다음과 같은 가정을 한다.

- 이동 노드는 고유한 IP주소를 가지며, 각 이동 노드는 IP를 이용하여 P2P통신을 할 수 있다.
- 이동 노드는 도로네트워크에 대한 정보를 가지고 있다.
- 이동 노드의 정보를 브로드캐스팅 하는 서버가 존재한다.
- 이동 노드는 도로네트워크 위에 존재한다.

각각의 이동 노드는 그림1과 같이 자신의 위치정보와 IP정보를 가진다. 이러한 이동 노드의 정보를 브로드캐스팅 하기 위한 서버가 존재하며, 서버는 전체 이동 노드 중에서 적절한 개수의 노드를 샘플링 하여 해당 노드의 정보를 브로드캐스팅 한다.

브로드캐스팅 서버로부터 전송되는 이동 노드의 정보는 도로 네트워크의 아이디와 슈퍼노드의 IP(그림2)이다. 또한 그림1에서 알 수 있듯이 샘플링 되는 노드는 슈퍼 노드으로써 자신의 정보 외에 자신이 속한 세그먼트 내에 있는 모든 이동 노드의 위치정보와 IP정보를 가진다. 그리고 자신이 이동할 때 자신의 이웃 정보를 넘겨준 새로운 슈퍼 노드의 IP정보와 도로 ID 정보를 유지한다.

예를 들어, 그림3과 같은 도로 네트워크가 있을때, 이동 노드 M_i 이 질의점 Q 에서 가장 가까운 노드를 찾겠다고 하면 우선 M_i 은 브로드 캐스팅 서버로부터 방송되는 메시지(그림 4)를

Node
IP, roadID, offset
of Neighbor Node
IP, offset
IP, offset
of Super Node
IP, roadID
IP, roadID

그림 1. 노드의 구조

...	bcast	road ID, IP	road ID, IP	...	road ID, IP
-----	-------	-------------	-------------	-----	-------------

그림 2. 브로드캐스팅 메시지의 구조

수신한다. 브로드캐스팅 메시지 중에서 질의점 Q와 가장 가까운 4번도로(Seg# 4)의 슈퍼노드(M_6) IP정보를 검색한다. 슈퍼 노드 M_6 의 IP를 이용하여, M_6 은 P2P통신으로 M_6 에게 질의를 전송한다. 질의처리 요청을 받은 M_6 은 본인의 이웃 노드 중에서 질의점 Q와 가장 가까운 곳에 위치한 이동 노드 M_6 번의 IP정보를 되돌려준다.

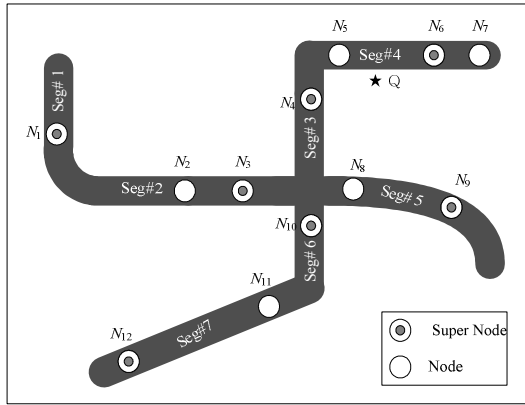


그림3. 도로 네트워크

bcast	Seg# 1, N_1	Seg# 2, N_2	Seg# 3, N_3	Seg# 4, N_4	...
-------	---------------	---------------	---------------	---------------	-----

그림4. 브로드캐스팅 메시지

3.1 슈퍼노드의 선정

본 논문에서 제안하는 P2P와 브로드캐스팅을 이용하는 하이브리드 방법은 도로네트워크 상에 존재하는 수많은 이동 노드들 중의 일부 노드의 정보를 서버가 브로드캐스팅하여, P2P 환경에서 발생하는 높은 라우팅 비용을 줄이고자 한다.

브로드캐스팅을 통하여 도로 네트워크 상에 존재하는 모든 이동 노드의 정보를 방송하면

가장 큰 비용절감 효과를 나타낸다. 그러나, 서버에서 모든 이동 노드의 위치정보를 주기적으로 관리하는 것은 서버의 확장성 문제를 가져올 뿐만 아니라, 방송 주기가 길어져서 질의 처리시 부정확한 정보를 제공하게 된다. 따라서, 방송할 이동 노드(본 논문에서는 슈퍼 노드라 칭한다.)의 선정 기준과 개수는 본 논문에서 제안하는 방법의 성능에 영향을 미친다.

본 논문에서는 슈퍼노드를 다음과 같은 기준에 따라 선정한다.

- 이동 노드가 존재하지 않는 도로에 처음으로 진입한 이동 노드는 슈퍼 노드가 된다.
- 슈퍼 노드가 다른 세그먼트로 이동하면, 도로에 마지막으로 진입한 이동 노드가 슈퍼 노드가 된다.

본 논문의 가정에 따라, 이동 노드는 자신의 위치정보를 알고 있으며, 무선방송을 통해 서버에서 보내는 메시지를 들을 수 있다. 따라서, 이동 노드는 자신이 속한 세그먼트의 슈퍼 노드 존재 여부를 메시지를 통해 알 수 있으며, 위와 같은 선정방법에 의해 이동 노드가 스스로 슈퍼 노드인지 판단하여 서버에 등록할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 방법은 슈퍼 노드의 수에 따라 방송주기가 결정되고, 방송 주기에 따라 질의 처리시의 정보의 정확성이 달라진다. 슈퍼 노드를 많이 선출할수록 질의 처리시 라우팅 비용(흡수)을 줄일 수 있다. 그러나 슈퍼 노드의 수가 많으면 많을수록 방송주기가 길어진다. 예를 들어, 지상파 DMB를 통해 전송할 수 있는 데이터의 양은 하나의 데이터 채널당 최대 256Kbps이다. 따라서, 전송하는 이동 노드의 정보가 (도로 세그먼트 ID (4byte), 슈퍼 노드 IP(16byte)) 라고 하면 인덱스 없이 전송할 경우 초당 1600개의 이동 노드의 정보를 전송할 수 있다. 만약 슈퍼 노드의 수가 1,000,000개라고 하면 방송 주기는 625초가 된다. 이와 같이 방송 주기가 길어지게 되면, 방송 도중에 슈퍼 노드가 다른 도로 세그먼트로 이동할 확률이 높아지고, 슈퍼 노드의 위치정보가 정확하지 않아 질의를 처리하는데 오히려 더 많은 메시지를 발생시킨다.

이에, 본 논문에서는 슈퍼 노드의 개수를 최대 도로 세그먼트의 개수로 정한다. 하나의 세그먼트에 최소 하나의 이동객체 정보만 방송되어도 라우팅 비용은 충분히 줄일 수 있기 때문이다.

3.2 동적 네트워크 토폴로지 관리

본 논문에서는 무선 브로드캐스팅과 IP를 이용한 P2P를 통해 이동객체간의 공간 질의를 처리한다. 라우팅 경비 절감을 위해 슈퍼 노드 정보를 방송하는 무선방송 메시지를 이용한다. 그리고

슈퍼 노드는 동일한 세그먼트 내에 있는 이동 노드의 정보를 관리하여, 공간질의를 처리시에 지역서버(Local Server)와 같은 역할을 한다. 즉, 슈퍼 노드는 이동 노드의 이동에 따라 동적으로 변화하는 네트워크 토폴로지를 관리해야 한다.

이에 본 절에는 슈퍼 노드의 동적 네트워크 토폴로지 관리 방법에 대해 서술한다. 네트워크 토폴로지가 변화하는 경우는 조인/이탈/이동의 3가지 경우로 나눌 수 있다.

1) 노드 조인(Node Join)

새로운 노드가 도로 세그먼트에 진입하게 되면 슈퍼 노드에게 자신의 정보를 전송하고 등록하여야 한다. 이때, 새로운 노드는 슈퍼 노드의 정보를 브로드캐스팅 되는 메시지를 통해 알 수 있으며, 자신의 IP와 위치정보를 슈퍼 노드에게 전송하게 된다. 만약 세그먼트에 슈퍼 노드가 없으면, 자신의 IP와 위치정보를 서버에게 전송하고, 자신을 슈퍼 노드로 등록한다. 노드 조인 과정은 그림5와 같다.

```

Algorithm Join
begin
    super_node ← FindSuperNode();
    if super node is found, then
        RegistrtoSuperNode();
    else
        RegistrtoServer();
    endif
end

```

그림5. 노드의 조인

2) 노드 이탈 (Node Leave)

노드가 다른 세그먼트로 이동하거나, 사라질 경우에 네트워크의 토폴로지가 변하게 된다. 이 경우, 세그먼트를 떠나는 노드가 토폴로지 변경의 모든 책임을 가지게 된다. 슈퍼 노드가 도로를 벗어날 경우, 이웃 노드 리스트로부터 가장 마지막으로 도로에 진입한 노드의 IP를 찾는다. 마지막으로 진입한 이웃 노드에게 P2P통신을 통하여 자신이 가진 이웃 노드 정보를 모두 전송하고 새롭게 선정된 슈퍼 노드의 정보를 NextSuperNodeList에 저장한다. 이러한 정보는 슈퍼 노드의 속도가 빠를 경우 실제 브로드캐스팅 메시지에 나와있는 슈퍼 노드의 위치와 실제 슈퍼 노드의 위치가 다를 경우 이용된다. 그 다음 서버에게 세그먼트의 슈퍼 노드 정보 갱신을 요청한다. 슈퍼 노드의 이웃 노드 정보가 하나도 없을 경우, 서버에게 자신의 정보 삭제를 요청한다. 슈퍼 노드가 아닌 일반 노드가 도로를 벗어날 경우, 슈퍼 노드에게 정보삭제를 요청한다. 이와 같은 과정을 정리하면 그림6과 같다.

```

Algorithm Leave
begin
    if node type is super node then
        neighbor ← GetNeighborNode();
        if neighbor is found, then
            SendInfotoNeighbor();
            ChangeSuperNode();
            SaveNeiInfotoNextSuperNodeList();
        else
            DeregistertoSever();
        endif
    else
        DeregisitertoSuperNode();
    endif
end

```

그림6. 노드의 이탈

3) 노드 이동 (Node Move)

동일한 세그먼트 내에서의 노드의 위치정보 변화는 토폴로지의 변화를 가져온다. 슈퍼 노드는 자신의 세그먼트에 존재하는 모든 이동 노드의 정보를 관리하고 있어야 하므로, 이동하는 노드는 자신의 위치정보를 슈퍼 노드에게 주기적으로 갱신할 필요가 있다. 노드는 자신의 이전 위치 정보를 저장하고 있으며, 현재 위치정보는 GPS를 통해 받을 수 있다. 따라서, 현재 위치와 이전 위치가 다를 경우 슈퍼 노드에게 자신의 위치정보 갱신을 요청한다. 위치정보 갱신 방법은 그림 7과 같이 정리할 수 있다.

```

Algorithm Move
begin
    position ← GetCurrentLocation();
    if position ≠ past_position, then
        RequestUpdatetoSuperNode();
        past_position = position;
    endif
end

```

그림7. 노드의 이동

3.3 최근접 질의처리

본 절에서는 공간 질의 중에서 최근접 질의의 처리에 대해 설명한다. 우리가 제안하는 방법에서 최근접 질의는 노드가 최근접 질의를 요청하는 경우와 요청 받은 경우로 나누어 처리된다. 노드가 최근접 질의를 요청할 경우는 다음의 3단계로 수행된다.

- 단계 1: 브로드캐스팅 되는 메시지를 수신한다

- 단계 2: 수신한 메시지를 통해서 질의점과 가장 가까이에 있는 슈퍼노드를 찾는다.
- 단계 3: 슈퍼노드에게 최근접 질의처리를 요청하여 최근접 노드의 IP주소를 얻는다.

노드가 최근접 질의 처리를 요청 받은 경우에는 브로드캐스팅 된 노드의 위치와 실제 노드의 위치가 틀릴 경우를 고려해서 다음의 2단계로 수행된다.

- 단계 1: 현재 자신의 세그먼트가 질의 세그먼트와 동일한지 검사한다.
- 단계 2: 동일한 경우, 자신의 이웃 정보 중에서 질의점과 가장 가까운 객체의 IP를 돌려준다. 동일하지 않을 경우, 자신의 NextSuperNodeList 중에서 질의 세그먼트와 동일한 세그먼트 정보를 가진 노드를 검색하여 질의 메시지를 전달한다.

최근접 질의 처리 알고리즘은 그림 8과 같이 정리된다.

```

Algorithm NN-Query
begin
  if issued node then
    super_node ← FindNearestSuperNode();
    SendMessagetosupernode();
  else
    if destination super node then
      IP_address ← FindNearestNode();
    else
      super_node ← FindNextSuperNode();
      ForwardtoNextSuperNode();
    endif
  endif
end

```

그림 8. 최근접 질의 처리

4. 성능 평가

본 논문에서는 라우팅 비용 절감을 위한 브로드캐스팅 방법과 동적 네트워크 토폴로지 관리를 위한 방법을 제안하고 공간질의 처리 방법을 보였다.

본 장에서는 제안한 방법에서 질의 처리시 성능에 영향을 주는 요소들을 분석하고, 그에 따른 성능을 실험에 의해 평가한다.

P2P환경에서 성능을 측정하기 위하여 질의처리에 참여한 노드의 수(홉 카운트)와 전체 네트워크에 전달된 메시지의 수를 주로 이용한다. 본 논문에서는 라우팅 비용의 절감효과를 보이기 위하여, 홉 카운트를 성능평가의 기준으로 삼는다. 3장에서 제안한 혼합방법을 이용하여 질의를 처리할 경우, 질의처리 비용은 수식

(1)과 같다.

$$Cost_{NNQ} = Cost_{Routing} + Cost_{Evaluation} - (1) = 1 + Cost_{Missing} + 1$$

수식(1)에서와 같이 최근접 질의를 위한 비용은 라우팅 비용과 평가 비용으로 나누어지는데, 본문에서 제안하는 브로드캐스팅을 이용한 라우팅은 홉수가 1 + MissingCost이다. 여기서 1은 브로드캐스팅 메시지를 통하여 슈퍼노드를 찾아가는 비용이며, MissingCost는 슈퍼노드가 다른 세그먼트로 이동하였을 경우 질의처리를 위해 추가적으로 필요한 비용을 의미한다. 즉 슈퍼 노드의 속도가 빠를 경우 브로드캐스팅 메시지에 있는 슈퍼 노드의 위치와 실제 위치가 차이가 날 수가 있다. 이럴 경우 슈퍼 노드를 찾기 위한 과정이 필요한데 MissinCost는 이러한 비용이다.

MissingCost는 슈퍼노드의 속도와 질의 요청시간에 따른 함수이다. 즉, 슈퍼노드의 속도가 빠르면 빠를수록, 브로드캐스팅 메시지가 구성된 이후로부터 질의 요청까지의 시간이 길면 길수록 MissingCost는 증가하게 된다.

표1. 용어설명

기호	의미
N_{node}	전체 이동 노드의 개수
N_{road}	전체 도로 세그먼트의 개수
N_{super}	슈퍼 노드의 개수
$l_{segment}$	도로 세그먼트의 평균 길이
v	이동 노드의 평균 속도
T	브로드캐스팅 주기
d_{node}	하나의 이동 노드에 대해 전송되는 데이터의 양
BW	Bandwidth

1) 슈퍼노드의 개수와 주기에 따른 MissingCost
본 논문에서 제안하는 방법에 따르면 주기 T 는 수식 (2)와 같이 정의된다.

$$T = (N_{super} * d_{node}) / BW - (2)$$

가장 이상적인 경우는 $N_{super} = N_{node}$ 로 전체 이동 노드의 정보를 방송하는 경우이다. 그러나, 수식(2)에서 보는 바와 같이, N_{super} 의 값이 증가하면 증가할수록 주기 T 는 커지며, BW 의 값이 증가하면 증가할수록 주기 T 는 작아진다. 그러나, 무선랜을 이용할 경우 BW 의 값은 제한이 되어 있으므로, 실제로 주기 T 에 영향을 주는 요소는 N_{super} 이다. 따라서, N_{super} 의 값이 N_{node} 와 동일하게 되면 주기 T 는 매우 커지게 된다.

이동 노드 M 가 속도 v 로 $l_{segment}$ 길이의 도로 세그먼트를 지날 때 소요되는 시간은 $l_{segment}/v$ 이다. 주기 T 가 이 값보다 클 경우 브로드캐스팅 메시지에 의해 전달되는 슈퍼노드의 정보를 이용하여 질의 처리를 할 경우, 슈퍼노드가 이미 다른 세그먼트로 이동했을 확률이 높다. 즉, 새로운 방송 $bcast$ 가 시작한 후 질의요구까지의 시간 t 에 따라서 슈퍼노드가 다른 세그먼트로 이동했을 확률이 결정되고, 그에 따라 $MissingCost$ 가 발생할 수 있다.

따라서, 적절한 슈퍼노드의 개수 N_{super} 를 결정하고 주기 T 를 정하는 것은 본 논문에서 제안하는 방법의 성능을 평가하는데 있어서 중요한 매개변수이다.

2) 실험에 따른 $MissingCost$ 계산

실험을 위해서 도로 네트워크는 21,000개의 에지로 구성된 부산 도로네트워크를 이용하였으며, 이동객체 10만개를 임의 생성하였다. 또한, 브로드캐스팅하는 슈퍼노드의 갯수는 각 도로 세그먼트당 하나로 제한한다. 데이터 생성기를 통해 생성한 이동객체의 평균이동 속도는 40km 이고, 총 300개의 타임 슬라이스를 가진다. 브로드캐스팅 주기는 10초로 하였다. 각 타임 슬라이스 마다 임의의 객체 1000개에서 질의를 수행하였다.

본 장에서 살펴본 바와 같이 질의 처리시 라우팅 비용을 줄이기 위하여 브로드캐스팅을 이용할 경우, 새로운 $bcast$ 가 방송되기 시작한 후 질의처리까지의 시간 t 에 따라 $MissingCost$ 가 추가적으로 발생하게 된다.

본 실험에서는 $bcast$ 이후 질의처리까지의 시간 t 에 따른 $MissingCost$ 비용이 얼마나 되는지 알아보았다. $MissingCost$ 비용은 질의 시작 노드에서 질의조건에 해당되는 노드까지의 길이 즉, Hop수를 기준으로 한다.

그림 9는 방송 후 경과 시간에 따른 슈퍼노드의 $MissingRate$ 를 나타낸 것이다. 가로축은 방송 후 경과시간이고, 세로축은 전체 1000개의 질의 중 한번 이상의 홉으로 슈퍼노드를 찾는 비율이다. 이와 같이 주기가 길면 길수록 $MissingRate$ 는 증가한다.

그림 10은 슈퍼노드를 찾을 때, 한번의 홉으로 실패할 경우, 원하는 슈퍼노드를 찾을 때 추가로 발생하는 비용에 대한 것이다. 가로축은 방송 후 경과시간이고, 세로축은 질의를 했을 경우 실제 위치에 해당되는 노드를 찾아가는데 드는 비용이다. 방송이 시작된 직후($t=1$)일 경우에는 추가적이 비용 없이 슈퍼노드를 찾아가 수 있으나, 이 역시 시간이 갈수록 부가적으로 드는 비용은 증가한다.

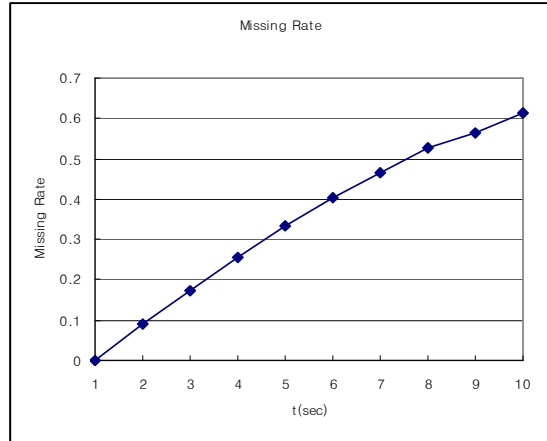


그림 9. 시간에 따른 슈퍼노드 MissingRate

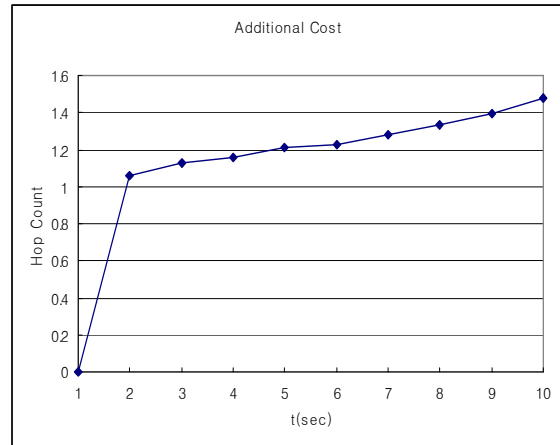


그림 10. 시간에 따른 슈퍼노드 발견에 필요한 AdditionalCost

5. 결론

본 논문에서는 P2P와 브로드캐스팅 방법을 혼합하여 도로네트워크 상에서 이동하는 노드들에 대한 공간 질의 처리 방법을 제안하였다. P2P에서 연구되었던 방법들과 달리 본 논문에서는 각 노드들이 이동성을 가지고 위치가 자주 바뀌는 경우에도 효율적인 위치 정보 관리 및 공간 질의 처리를 할 수 있다.

우선 전체 노드들의 위치 정보 관리를 위해 각 슈퍼노드들이 자신의 이웃 노드에 대한 처리를 함으로써 서버에 집중되는 부하를 분산 시켰다. 또한 공간 질의 처리를 위해서 라우팅을 할 때 브로드캐스팅을 이용함으로써 질의 요청 노드로부터 질의 점에 해당되는 후보 노드까지의 메시지 전달 비용을 크게 줄였다.

본 논문의 향후 연구 과제는 다음과 같다. 본 논문에서 제안한 방법을 이용해서 질의 처리를 할 경우 가장 중요한 요소는 브로드캐스팅

주기이다. 즉 브로드캐스팅 주기에 따라서 질의 처리 비용이 결정된다. 그러므로 브로드캐스팅 주기에 영향을 미치는 다양한 요소들에 대한 연구가 필요하다. 또한 이러한 요소들을 고려하여 가장 적절한 브로드캐스팅 주기를 찾는 연구가 필요하다.

6. 참고문헌

- [1] Brad Karp and Hsiang-Tsung Kung, "GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks", In *Proceedings of Mobile Computing and Networking*, pp.243-254, 2000.
- [2] Xiang-Yang Li, Gruia Calinescu and Peng-Jun Wan, "Localized Delaunay Triangulation with Application in Ad Hoc Wireless Networks", In *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 14(10), pp.1035-1047, 2003.
- [3] Sylvia Ratnasamy, Paul Francis, Mark Handley, Richard Karp and Scott Shenker, "A Scalable Content Addressable Networks", In *Proceedings of ACM SIGCOMM*, pp.161-172, 2001.
- [4] Ion Stoica, Robert Morris, David Karger, M. Frans Kaashoek and Hari Balakrishnan, "Chord: A Scalable Peer-to-Peer Lookup Service for Internet Applications", In *Proceedings of ACM SIGCOMM*, pp.149-160, 2001.
- [5] Prosenjit Bose and Pat Morin, "Online routing in triangulations", In *Proceedings of International Symposium on Algorithms and Computation*, pp.113-122, 1999.
- [6] Shahram Ghandeharizadeh, Antonios Daskos and Xinghua An, "PePeR: A Distributed Range Addressing Space for Peer-to-Peer Systems", In *Proceedings of Databases, Information Systems, and Peer-to-Peer Computing*, pp.200-218, 2003.
- [7] Jinbo Chen, Min Cai, Martin Frank and Pedro Szekely, "MAAN: A MultiAttribute Addressable Network for Grid Information Services", In *Proceedings of Grid Computing*, pp.184-191, 2003.