

지리적 정보를 응용한 라우팅 테이블 관리 및 라우팅 기법

박철현^o, 권태경, 최양희

서울대학교

chpark@mmlab.snu.ac.kr^o, {tkkwon, yhchoi}@snu.ac.kr

Geographical Information-aided Routing Table Management and Routing Method

Chulhyun Park^o, Taekyung Kwon, and Yanghee Choi
Seoul National University

요 약

네트워크에 연결되는 장치의 개수가 늘어남에 따라서 각 장치에 패킷을 전달하는 경로 결정에 필요한 라우팅 정보의 양도 늘어나고 있다. 라우팅 정보의 양이 증가하여 라우팅 테이블의 크기가 커질 경우 패킷의 전달 경로를 결정하기 위한 테이블 검색 시간이 길어져 라우팅 성능이 저하될 수 있다. 본 논문에서는 지리적 정보를 이용하여 지리적 거리로 계산한 다음 홑 라우터와 네트워크 상의 라우팅 경로에서 계산된 다음 홑 라우터가 동일할 경우 해당 엔트리를 삭제하는 방법으로 라우팅 테이블의 크기를 작게 유지하는 한편 라우팅은 정상적으로 수행하는 기법을 소개하고자 한다.

1 서론

다양한 분야에서 인터넷이 보다 큰 비중을 차지하게 됨에 따라서, 인터넷에 접속하고자 하는 단말의 숫자도 점점 늘어나고 있다. 또한 단말뿐만 아니라 앞으로는 개인영역 네트워크(PAN, Personal area network)를 비롯하여 메쉬 네트워크, 센서 네트워크, 차량 네트워크 등 다양한 유형의 네트워크들 또한 인터넷에 접속하게 될 것으로 보인다. 이렇게 네트워크의 규모가 커짐에 따라서 네트워크에 패킷을 전달하는 경로를 결정하기 위한 정보인 라우팅 테이블에 저장되는 라우팅 엔트리의 개수도 점차 늘어나고 있다.

라우팅 테이블 내의 라우팅 엔트리의 개수, 즉 라우팅 테이블의 크기에 대한 문제점은 이미 상당히 큰 문제로 부각되어 있으며, 특히 BGP 엔트리의 개수가 증가하는 추세와 고성능 라우터에 사용될 하드웨어의 성능의 증가 속도를 비교해보았을 때 라우팅 엔트리의 개수가 증가하는 속도가 훨씬 빠름에 따라서 라우팅 시 검색할 라우팅 테이블의 크기가 커져서 머지 않아 라우팅의 성능이 크게 떨어질 것으로 예측된 바 있다 [1].

한편, BGP를 사용하는 라우터들 외에도 인터넷 서비스 공급자들의 네트워크 존재하는 라우터들도 접속하는 네트워크 및 단말의 개수가 증가함에 따라서, 역시 많은 숫자의 라우팅 엔트리를 저장하고 있을 필요가 있고, 이에 따라서 이들 라우터의 라우팅 테이블 크기도 커지게 된다.

본 논문에서는 이러한 라우팅 테이블 크기의 증가로 인한 라우팅 경로 검색 성능의 하락을 막고자 라우팅

테이블 크기를 작게 관리하는 기법을 소개하고자 한다. 2장에서는 관련된 연구를 간략히 소개하고, 3장에서는 지리적 정보를 이용하여 실제 라우팅 테이블을 어떻게 관리하는지에 관해 서술한다. 4장에서는 이렇게 축소된 라우팅 테이블을 통해서 라우팅을 수행하는 방법을 서술하고, 5장에서는 본 연구의 한계에 관하여 다루고 추후 작업에 관해 설명한다.

2 관련 연구

지리적 위치 정보를 라우팅에 응용하는 기법은 특히 센서 네트워크 분야에서 많이 연구된 바 있다. 지리적 정보를 바탕으로 한 라우팅은 네트워크의 각 노드가 네트워크 전체의 정보를 알 필요 없이 연결된 이웃 노드의 정보만 알면 되기 때문에 라우팅 테이블의 크기가 커질 필요가 없으며, 패킷의 경로를 결정하는 라우팅 과정도 복잡한 연산이 필요 없이 지역적으로 가장 최적화된 다음 단말로 패킷을 전달하는 것으로 수행되기 때문에 라우팅에 드는 비용도 적다는 장점이 있다. Geographical Perimeter Stateless Routing(GPSR) [2] 기법은 지리적 정보를 이용한 라우팅 기법 중에서도 가장 널리 알려진 연구로, 각 센서 단말들은 자신의 지리적 위치를 알고 있으며, 목적지에 도달하기 위해서 자신의 이웃 단말들 가운데 목적지에 가장 가까이 있는 단말로 데이터를 전달한다. GPSR은 또한 목적지에 가장 가까운 노드가 자기 자신이면서 더 이상 라우팅을 진행할 수 없는 경우, Face Routing 기법을 사용하여 이러한 Void를 피하는 방법을 포함한다.

*본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장핵심동력기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2007-F-038-02, 미래 인터넷 핵심기술 연구]

한편, 센서 네트워크를 벗어나서 일반적인 유선 네트워크에서 지리적 위치 정보를 라우팅에 응용하기 위한 연구도 진행된 바 있다. Reduced State Routing[7]에서는 링크 정보를 바탕으로 가상 주소 체계를 구성하고, 이 가상 주소를 바탕으로 라우팅을 수행하다가 더 이상 진행할 수 없는 상황이 되면 지리적 정보를 바탕으로 다시 라우팅을 수행한다. 이 때 수행하는 라우팅 또한 가상 주소나 지리적 정보를 바탕으로 계산한 목적지까지의 거리가 가장 가까운 이웃 노드에 패킷을 전달하는 방식이다.

3 지리적 정보를 이용한 라우팅 테이블 관리

3.1 총설

라우터들은 라우팅 경로를 생성하기 위해서 다른 라우터들과 라우팅 정보를 교환한다. 링크-상태 프로토콜(Link state routing protocol)을 이용하는 라우터들은 라우터와 라우터를 연결하는 각각의 링크에 대한 정보를 교환하고, 거리-벡터 프로토콜(Distance Vector Protocol)을 사용하는 라우터들은 네트워크 내의 목적지까지 도달하는데 들어가는 비용에 관한 정보를 교환한다.

사용하는 실제 프로토콜에 따라서 세부적인 정보는 달라질 수 있지만, 일반적으로 라우팅 테이블의 형태는 목적지, 목적지까지의 거리, 해당 목적지에 도달하기 위한 바로 다음 홉의 (Next hop) 인터페이스 혹은 라우터의 주소 이렇게 세 가지의 정보를 포함하고 있다. 이 때, 둘 이상의 목적지의 지리적 위치와 다음 홉 라우터의 지리적 위치가 동일한 방향일 경우, 라우팅 정보로 목적지의 주소의 접두어 (Prefix) 를 사용하게 되면 목적지의 접두어가 통합 (Aggregation) 되지 않는 이상 라우팅 테이블에서 둘 이상의 항목으로 존재하지만, 라우팅 정보로 지리적 위치를 응용할 수 있을 경우 같은 지역에 위치하였지만 서로 다른 주소를 사용하는 둘 이상의 목적지에 대한 라우팅 정보가 테이블 내에서 하나의 항목으로 관리될 수 있어 라우팅 테이블의 크기를 작게 할 수 있다.

3.2 지리적 정보

본 논문에서 소개하는 기법에서 지리적 정보는 해당 라우터가 지리적으로 어떤 위치에 존재하는지를 의미한다. 일반적으로 사용되는 (위도, 경도, 고도) 의 위치 정보를 이용할 수도 있지만, 본 논문에서 소개하는 기법을 이용하여 라우터를 관리하고자 하는 서비스 공급자 혹은 네트워크 관리자의 선택에 따라서 관리되는 라우터들의 지리적 위치는 달리 표현될 수도 있다.

라우터가 지리적 정보를 얻어내는 방법으로는

일반적으로 무선 단말들이 지리적 정보를 얻기 위해서 사용하는 GPS를 이용한 방법이 있고, 이렇게 직접적으로 단말의 위치를 알아내는 법 외에도, 이미 위치가 알려진 다른 단말들로부터 자신의 위치를 상대적으로 측정해 내는 방법도 존재한다[4].

본 논문에서 소개하는 기법 또한 각 라우터의 위치를 알아야 할 필요가 있으며, 위치 정보를 알아내는 방법에 있어서는 특별한 제한점은 없다. 액세스 네트워크의 라우터는 보통 실내에 위치하기 때문에 GPS를 이용하기 어려울 수 있지만 이 경우 라우터는 보통 정해진 위치에 고정되어 있기 때문에 해당 위치와 큰 오차가 나지 않는 실외의 위치를 GPS를 통해서 측정 후 이 정보에 약간 수정을 가하여 사용할 수 있다.

한편, 무선 단말의 수신 신호세기를 바탕으로 위치를 측정하는 방법을 응용하여, 유선 네트워크 환경에서도 이웃한 각 라우터의 위치 정보와, 각 라우터까지의 전송 지연 시간 (latency)를 응용하여 자신의 위치를 계산하는 것도 가능하다.

3.3 논리적 정보

본 기법은 라우팅에 필요한 모든 정보를 지리적인 정보만으로 이용하고자 하는 것이 아니고, 기존의 네트워크 주소를 이용하는 라우팅을 수행하는 한편 각 라우터의 지리적 정보를 응용하여 라우팅 테이블의 크기를 작게 유지하고자 하는 것을 목적으로 한다.

따라서 일반적으로 사용하는 라우팅 정보인 네트워크의 각 라우터들이 갖고 있는 네트워크 주소를 비롯하여, 각 링크의 연결 상태 등의 논리적 정보 또한 사용된다. 네트워크 주소는 서비스 공급자가 상위 Internet Registry 혹은 상위 서비스 공급자로부터 할당받게 된다.

3.4 라우팅 정보 교환

라우팅 정보가 교환될 때, 각 라우터는 이웃 라우터에게서 받은 라우팅 정보를 바탕으로 자신의 라우팅 테이블을 구성한다. 액세스 네트워크에서 많이 사용되는 라우팅 프로토콜 중 하나인 OSPF의 경우 다음과 같은 방식으로 라우팅 정보를 교환하고 라우팅 테이블을 구성한다 [3].

1. 라우터가 처음 동작을 시작하면 자신의 인터페이스와 연결된 네트워크로 HELLO패킷을 보내서 이웃 라우터들을 감지한다.
2. 이웃 라우터와 라우팅 테이블을 동기화한다.
3. 라우팅 정보에 변화가 생기면 해당 정보를 Link State Advertisement (LSA)에 담아 이웃 라우터에 전달한다.
4. LSA가 네트워크 전체로 전달된다. 이에 따라

*본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장핵심동력기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2007-F-038-02, 미래 인터넷 핵심기술 연구]

모든 라우터가 변경된 네트워크 상태를 파악한다.

위에서 교환되는 라우팅 정보는 결과적으로 이웃 라우터와 연결되어 있는 각 링크의 상태가 된다 [6].

한편 본 기법에서는 HELLO패킷을 교환하는 등의 방법을 통하여 이웃 라우터를 감지할 때, 각 이웃 라우터가 자신의 지리적 정보를 함께 전달해 주어야 할 필요가 있다. 그 이외에는 기존의 라우팅 프로콜과 특별히 다른 정보를 교환하지는 않는다.

3.5 라우팅 테이블 관리

라우팅 정보를 전달받은 각 라우터들은 전달받은 정보를 바탕으로 자기 자신의 라우팅 테이블을 수정하여 라우팅 테이블을 최신의 상태로 유지한다. 또한 위에서 예시를 든 OSPF의 경우, 주소 통합(Address Aggregation)을 통해 라우터의 라우팅 테이블의 크기를 줄이고 라우팅 테이블 계산에 걸리는 시간을 줄이는 등 라우팅 테이블 유지에 필요한 자원을 절약하는 효과를 얻는다 [5].

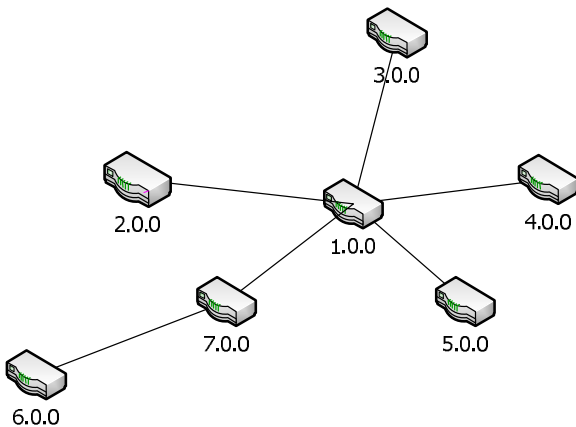


그림 1 네트워크 예시

목적지 주소	Next Hop 정보
1.x.x	1.0.0
2.x.x	1.0.0
3.x.x	1.0.0
4.x.x	1.0.0
5.x.x	1.0.0
6.x.x	6.0.0

표 1 라우터 7.0.0의 라우팅 테이블

목적지 주소	Next Hop 정보
2.x.x	1.0.0

표 2 지리적 정보에 의해 크기를 줄인 라우터 7.0.0의 라우팅 테이블

본 기법 또한 적절한 방식으로 라우팅 엔트리의 숫자를 줄임으로써 라우팅 테이블의 크기를 줄여서 검색 성능을 유지한다. 다만 본 기법에서는 여러 라우팅 엔트리를 하나의 엔트리로 통합하는 방법은 사용하지 않고, 그 대신 지리적 정보에 의해서 라우팅이 가능한 라우팅 엔트리들을 테이블에서 삭제하는 방식으로 라우팅 테이블의 크기를 줄인다. 구체적인 방법은 다음과 같다.

1. 일반적인 방법으로 라우팅 테이블을 계산한다.
2. 이후 단일 혹은 다른 라우터로부터 전달할 패킷이 도착하면, 라우팅 테이블에서 해당 패킷의 목적지를 검색하여 다음 홉의 라우터를 결정한다.
3. 결정된 다음 홉의 라우터의 지리적 위치와 자기 자신의 지리적 위치, 그리고 목적지의 지리적 위치로부터 거리를 계산하여 다음 홉에서 목적지까지의 거리가 자기 자신부터의 거리보다 더 가까운 경우 해당하는 라우팅 엔트리를 삭제한다.

요약하자면, 논리적인 라우팅 테이블에 의해서 결정된 다음 홉의 라우터가 실제 지리적으로 목적지로 향하는 경로에 있는 이웃 라우터일 경우, 이에 해당하는 논리적 라우팅 테이블의 항목은 필요가 없어지기 때문에 라우팅 테이블에서 삭제하여 라우팅 테이블의 크기를 줄일 수 있다.

이에 관한 예시로 그림 1을 보면, 그림 1의 네트워크는 1.0.0 주소를 가진 라우터에 6대의 다른 라우터가 연결되어 있고, 7.0.0 라우터에는 1.0.0과 6.0.0 라우터가 연결되어 있다. 일반적인 라우팅 테이블 형태는 표 1과 같지만, 본 기법을 통해서 필요없는 라우팅 엔트리를 삭제하는 경우 표 2와 같이 라우팅 테이블의 크기가 줄어들게 된다. 이 때, 2.x.x로 향하는 패킷의 경우는 실제 지리적 거리는 다음 홉 라우터인 1.0.0보다 자기 자신이 더 가깝기 때문에 이러한 라우팅 엔트리는 따로 보관해야 패킷을 전달할 수 있다. 한편 나머지 목적지인 1.x.x 네트워크와 3.x.x부터 6.x.x 네트워크까지는 논리적 라우팅 테이블 상에서의 다음 홉과 지리적 거리로 결정한 다음 홉이 동일하기 때문에 라우팅 테이블에서 삭제된다.

한편, 라우팅 엔트리의 삭제를 결정하기 위해서 모든 라우터의 위치 정보를 저장해 두는 또 다른 테이블이 필요하다는 단점이 존재할 수 있다. 그러나 이 테이블의 크기는 아무리 크더라도 라우터의 개수 이상으로 늘어나지는 않으며, 또한 이 테이블을 검색하는 일은 해당 목적지로 가고자 하는 패킷의 경로를 결정하는 최초 한 번만 이루어지며 그 이후에는 이 테이블을 검색해야 할 필요가 없기 때문에 이 테이블의 크기가 커지면서 검색 성능이 감소하게 되는 부작용은 없다.

*본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장핵심동력기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2007-F-038-02, 미래 인터넷 핵심기술 연구]

4 라우팅

3.5장에서 설명한 방식으로 라우팅 테이블이 구성되어 있는 경우에는 전달하고자 하는 패킷의 목적지가 라우팅 테이블에 모두 들어 있지 않기 때문에 다른 방식의 라우팅 기법이 필요하다.

라우팅을 수행하기 위해서는 테이블을 두 번 검색해야 한다. 우선 목적지의 논리적 주소를 바탕으로 라우팅 테이블을 검색한다. 이 때 해당하는 라우팅 엔트리가 존재할 경우, 3.5에서 서술한 바와 같이 목적지까지의 거리를 바탕으로 해당 라우팅 엔트리는 삭제될 수도 있다. 목적지의 논리적 주소에 의한 검색을 통해서 라우팅 테이블에서 해당하는 엔트리를 찾지 못했을 경우, 목적지의 위치를 바탕으로 라우터는 자신의 이웃 라우터들 가운데 목적지에 가장 가까운 라우터로 해당 패킷을 전달한다.

5 한계점 및 추후 연구

5.1 추가 정보 저장에 필요한 오버헤드

패킷 라우팅을 위해 검색해야 하는 라우팅 테이블의 크기는 본 기법을 사용하지 않을 경우 '전체 목적지의 개수'로 결정되지만, 본 기법을 적용할 경우 '이웃의 개수 + 지리적 위치에 의해 통합되지 않는 목적지의 개수'로 줄어든다. 한편, 이러한 라우팅 작업을 수행하기 위해서는 네트워크의 모든 라우터들이 관리하고 있는 서브넷의 주소 범위와 각 라우터들의 지리적 위치를 알아야 하는 번거로움이 있다. 이는 위에서 서술했듯 검색 시간의 증가로는 이어지지 않지만, 라우팅 정보 교환시에는 일종의 오버헤드로 작용할 수 있다.

5.2 라우터의 물리적 배치

그림 1과 같이 네트워크가 구성된 경우는 본 기법의 장점이 크게 드러날 수 있는 형태의 구성의 한 예시로, 네트워크에 분산되어 있는 라우터들이 계층적으로 연결되어 있는 경우에 중앙 라우터에 연결되어 있는 지역 라우터들과, 지역 라우터에 연결되어 있는 최종 라우터들의 지리적 위치가 그림과 같이 트리 형태로 구성될 경우 본 기법의 장점이 극대화될 수 있다.

그러나 네트워크에 따라서는 라우터들의 위치가 반드시 분산되어 계층적으로 구성되지 않을 수도 있고, 한편으로는 계층적으로 네트워크가 구성되어 있다 하더라도 지리적으로 적절하지 않은 위치에 있음에 따라서 라우팅 테이블의 크기를 줄이는 효과가 크지 않을 수 있다. 따라서 실제 서비스 공급자가 배치한 라우터의 위치와 그 라우팅 테이블의 정보를 통해서

실제로 이 기법이 얼마나 효율적으로 라우팅 테이블의 크기를 줄일 수 있는지에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

6 결론

본 논문에서는 증가하는 네트워크와 단말의 숫자에 따라서 네트워크의 라우터들이 관리해야 할 라우팅 테이블의 숫자가 증가하는 문제에 대응하기 위해서 지리적 정보를 응용하여 라우팅 테이블의 크기를 작게 유지하면서 패킷 라우팅은 정상적으로 동작하도록 하기 위한 라우팅 테이블 관리 기법과 라우팅 기법을 소개하였다. 일반적으로 사용되는 방식과 동일하게 라우팅 테이블을 생성한 이후에, 실제 패킷을 전달할 때 패킷의 목적지에 해당하는 라우터로 향하는 경로상의 다음 홉이 지리적 거리를 바탕으로 선택한 다음 홉과 논리적 주소를 통해 계산한 다음 홉이 동일한 경우 라우팅 테이블 상에서 해당 항목을 지우는 방식으로 라우팅 테이블의 크기를 작게 유지할 수 있다. 한편 라우팅을 수행하기 위해서는 우선 라우팅 테이블을 검색하여 해당 목적지로 패킷을 전달할 정보가 있는지 확인한 후, 있으면 그 정보를 이용하여 패킷을 전달하고, 없을 경우는 목적지의 지리적 위치를 바탕으로 자신의 이웃 가운데 가장 가까운 이웃 라우터로 해당 패킷을 전달한다.

7 참고 문헌

- [1] D. Meyer, L. Zhang, K. Fall, "Report from the IAB Workshop on Routing and Addressing" RFC 4984, IETF, September 2007.
- [2] B. Karp, H. T. Kung, "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks", in Proc. of Mobicom 2000, August 2000.
- [3] Cisco Systems, "Internetworking Technologies Handbook 4th edition, Chap. 46" Cisco Press, 2003.
- [4] H. Akcan, H. Bronnimann, "GPS-Free Node Localization in Mobile Wireless Sensor Networks," in Proc of MobiDE06, June 2006..
- [5] A. Shaikh, D. Wang, G. Li, J. Yates, C. Kalmanek, "An Efficient Algorithm for OSPF Subnet Aggregation," in Proc. of 11th ICNP03, 2003.
- [6] J. T. Moy, "OSPF: anatomy of an Internet routing protocol," Addison-Wesley, 1998.
- [7] R. Gummadi, R. Govindan, N. Kothari, B. Karp, Y. Kim, S. Shenker, "Reduced State Routing in the Internet," In Proceedings of ACM HotNets III Workshop, November 2004.

*본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장핵심동력기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2007-F-038-02, 미래 인터넷 핵심기술 연구]