

재귀적인 위치 정보 갱신을 통한 중첩된 이동 네트워크에서의 경로 최적화

조호식, 백은경, 최양희
서울대학교 컴퓨터공학부
{hscho, eun, yhchoi}@mmlab.snu.ac.kr

Recursive Binding Update for Route Optimization in Nested Mobile Networks

Hosik Cho, Eun Kyoung Paik, Yanghee Choi
School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

요 약

인터넷 프로토콜의 이동성 지원(Mobile IP)은 단말의 이동성(host mobility)뿐만 아니라 네트워크의 이동성(network mobility)까지도 지원하도록 확장되고 있다. 그러나 이동 네트워크(mobile network)의 내부에 이동 단말(mobile host) 또는 이동 네트워크가 존재하는 경우와 같이 중첩된 이동 네트워크(nested mobile network)의 경우 데이터가 전송되는 경로가 삼각형 또는 그 이상으로 복잡해지는 Triangular Routing 또는 Pinball Routing 문제가 발생하게 된다. 본 논문에서는 대응 단말(Correspondent node) 또는 Home Agent에서 위치 정보가 갱신(Binding Update)되는 과정을 재귀적으로 수행하게 함으로써 중첩된 이동 네트워크에서 최적의 경로로 데이터를 전달할 수 있도록 하는 방법을 제시한다.

1. 서 론

인터넷에 대한 무선 접속기술이 발달되고 널리 사용됨에 따라 인터넷 프로토콜의 이동성 지원(IP mobility support)이 중요한 문제로 부각되고 있으며 이에 대한 해결방안으로써 IETF(Internet Engineering Task Force)의 mobileip WG(Working Group)에서는 Mobile IP를 제안하고 있다.[1] 이들의 제안이 단말의 이동성(Host mobility)에 관심을 두고 있다면 IETF의 nemo WG은 단말이 아닌 하나의 네트워크를 이동의 단위로 생각하고 네트워크 단위의 이동성(Network mobility)에 초점을 맞추어 이를 지원하기 위해 기존의 Mobile IP를 확장하기 위한 논의와 연구를 진행하고 있다.[2,3] 예를 들어 비행기나 배 등의 내부에 있는 여러 단말로 이루어진 네트워크가 인터넷에 대한 접속 지정을 바꿔가면서 각 단말에 대한 영속적인 인터넷 서비스를 제공해주는 것이 이동 네트워크(mobile network)의 좋은 모델이 될 수 있다.[4]

이동 네트워크는 단순히 하나의 네트워크가 단위로 이동할 뿐만 아니라 중첩될 수도 있다. 예를 들어 비행기나 배 등의 운송 수단 내에 존재하는 개인 영역 네트워크(PAN, Personal Area Network)와 같이 이동 네트워크 내에 중첩된 하위 이동 네트워크나 이동 단말이 존재하는 경우이다. 중첩된 이동 네트워크에 기존의 Mobile IP를 그대로 적용할 경우 중첩의 단계가 깊어질 수록 대응 단말(CN, Correspondent node)에서 이동 단말(MN, Mobile Node)

까지의 경로가 복잡해지는 triangular 또는 pinball routing 문제가 발생하게 된다.

본 논문에서는 중첩된 이동 네트워크에서의 경로 최적화를 위한 방안을 제시하고자 한다. 이후 2장에서는 이동 네트워크에 대한 개요를 살펴보고 3장에서 중첩된 이동 네트워크에서의 pinball routing 문제, 4장에서 재귀적인 위치정보 갱신 방법과 5장에서 재귀적인 위치정보 갱신을 통한 라우팅을 알아보고 6장 결론과 향후과제로 논문을 마친다.

2. NEMO 개요

Mobile IP는 단말이 움직일 때에도 전송(transport) 계층 또는 그 상위 계층의 인터넷 연결을 유지시켜주는 것을 목적으로 한다. Home Agent의 Binding Cache는 현재 이동 단말의 위치를 유지하고 있으며 경로 최적화(Route Optimization)를 위해서 대응 단말 또한 Binding Cache를 가지고 있을 수 있다.[5] 이동 네트워크(NEMO)의 경우에는 이동 단말이 아닌 이동 라우터(MR, Mobile Router)가 이동의 단위가 되며 이동 라우터의 서브넷에는 여러 개의 이동 단말들이 존재할 수 있다. 기존의 Mobile IP를 이동 네트워크에 적용하게 되면 대응 단말에서 이동 라우터까지 데이터를 전달하는 데에는 지장이 없지만 이동 네트워크 내의 하위 단말들에게 데이터를 전달하는 경로를 알아낼 수 없게 된다. 그 이유는 Binding Cache에 갱신되는 위

치 정보가 이동 라우터의 정보일 뿐 이동 네트워크의 하위 단말에 대한 정보는 아니기 때문이다. 때문에 Mobile IP가 네트워크 이동성을 지원하도록 확장하기 위해서 Binding Cache와 Binding Update Message를 개선하여 Binding Cache가 이동 네트워크의 prefix(NEMO prefix)를 항목으로 가질 수 있도록 한다.

이동 네트워크 내부에 하위 이동 네트워크가 존재하는 중첩된 이동 네트워크의 경우에도 앞서 언급한 확장된 Mobile IP 프로토콜로 네트워크의 이동성을 보장할 수 있다. 그림1은 중첩된 이동 네트워크의 간단한 예를 보인 것이다.

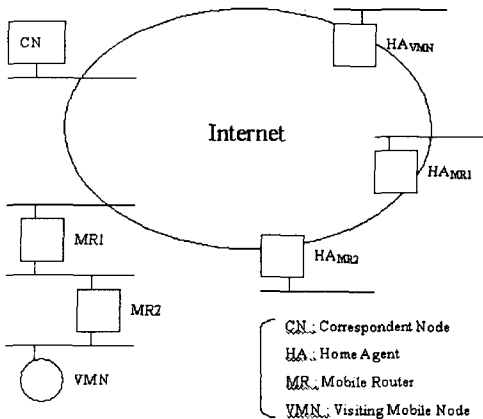


그림 1. Nested Mobile Network.

이동 라우터인 MR1과 MR2 그리고 이동 단말인 VMN은 각자 자신의 home link에 존재했으나 MR1이 새로운 foreign link에 연결되고 MR2가 MR1의 서브넷을 foreign link로 삼아 이동함으로써 중첩된 이동 네트워크를 형성하게 되었으며 VMN이 다시 MR2의 서브넷에 들어옴으로써 중첩의 깊이가 깊어지고 있음을 볼 수 있다.

3. NEMO에서의 pinball routing 문제

이동 네트워크는 매우 복잡한 형태의 계층을 가질 수 있다. 예를 들어 이동 네트워크 내에 중첩된 하위 이동 네트워크나 이동 단말이 존재하는 경우이다. 이러한 중첩된 이동 네트워크에서는 대응 단말(CN)에서 보낸 데이터가 중첩된 이동 네트워크의 계층을 구성하는 모든 이동 라우터(MR)의 Home Agent들을 방문하고 목적지에 도달하게 되는 pinball routing이 발생하며 이 현상은 각각의 Home Agent들 사이의 거리가 매우 먼 macro mobility의 경우에 더욱 심각한 문제가 된다.

그림2는 중첩의 깊이가 2인 중첩된 이동 네트워크의 경우 pinball routing이 발생하는 상황을 나타낸 그림이다. 대응 단말에서 이동 단말로 보내려는 데이터는 우선 VMN

의 Home Agent인 HA_{VMN} 으로 보내지게 된다. HA_{VMN} 의 Binding Cache에는 VMN이 MR2의 서브넷에 위치한다는 정보가 존재하기 때문에 데이터는 다시 한번 MR2의 Home Agent인 HA_{MR2} 로 보내지고 앞선 과정을 반복하여 결국 중첩된 이동 네트워크를 구성하는 모든 이동 라우터와 이동 단말의 Home Agent들을 거쳐서 목적지에 도달하게 된다.

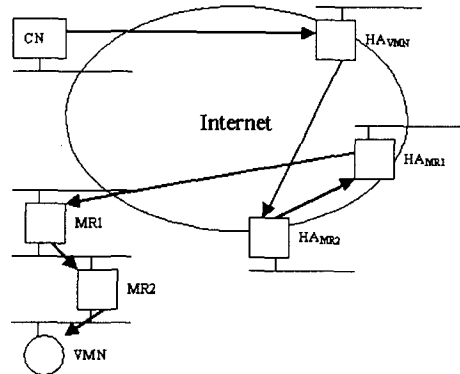


그림 2. Pinball Routing Problem.

4. 재귀적 위치정보 갱신

중첩된 이동 네트워크의 경우에 이동 단말(MN) 뿐만 아니라 이동 라우터(MR) 또한 대응 단말(CN)에게 Binding Update Message를 보낼 수 있다. 따라서 대응 단말(CN)의 Binding Cache에는 하나의 연결에 관련된 하나 이상의 binding entry를 가지게 된다. 이 여분의 정보를 이용하면 대응 단말에서 중첩된 이동 네트워크 내의 이동 단말까지의 최적의 경로를 알아 낼 수 있다.

예를 들어 어느 순간 대응 단말의 Binding Cache 내에 $A \rightarrow B$ 와 $B \rightarrow C$ 라는 binding entry가 존재하고 대응 단말이 A에게 데이터를 보내려 한다면 우선 Binding Cache를 검색해서 $A \rightarrow B$ 라는 항목을 찾아내고 B로 데이터를 보내게 될 것이다. 그러나 Binding Cache를 다시 한번 검색해서 B또한 자신의 Home network이 아닌 C에 있다는 $B \rightarrow C$ 라는 항목을 찾아내게 된다면 $A \rightarrow C$ 라는 새로운 항목을 유추할 수 있고 A로 가기 위한 최적의 경로를 찾을 수 있게 되는 것이다.

이러한 Binding Cache의 재귀적인 검색을 통한 방법은 중첩의 단계가 깊어질 수록 검색에 필요한 시간이 선형적으로 증가하게 되므로 비효율적이다. 때문에 Binding Cache를 검색하는 시점이 아닌 Binding Update를 하는 시점에 재귀적인 갱신을 통해 목적지에 대한 최적 경로를 유지할 수 있다. 다음은 재귀적 위치 정보 갱신의 알고리즘을 나타낸 것이다.

```

received BU(HoA:CoA)
foreach BE(HoA:CoA) binding entry in BC
    if BE.CoA equals BU.HoA
        BE.CoA ← BU.CoA
insert BU(HoA:CoA) to Binding Cache
    
```

Binding Cache(BC)의 각 항목(BE)과 Binding Update Message(BU)는 이동 단말 또는 이동 라우터의 Home Address(HoA)와 Care of Address(CoA)의 쌍으로 구성되어 있다. 새로운 BU를 받게 되면 BC내의 모든 BE에 대해 BE의 CoA가 새로운 BU의 HoA와 일치하는 것을 찾아낸 다음 BE의 CoA를 BU의 CoA로 갱신해주는 작업을 반복한다.

5. 재귀적 위치정보 갱신을 통한 라우팅

앞서 제안한 방법은 Binding Cache를 갱신하는 과정만 제외하고는 기존의 Mobile IP에 어떠한 변화도 필요하지 않다는 장점이 있다. 대응 단말(CN)에서 데이터를 보내기 시작 할 때 가장 처음에 출발한 패킷은 pinball routing의 경우처럼 모든 Home Agent들을 방문해서 목적지에 도달하게 된다. 이 과정에서 각 계층을 구성하는 이동 라우터(MR)들과 이동 단말(MN)은 각각에 대응되는 노드들에게 Binding Update Message를 보내게 되고 이 이후에 보내지는 데이터 들은 처음 패킷이 이동한 경로보다는 좀 더 효율적인 경로를 통해 목적지에 도달하게 된다. 그림3은 재귀적인 위치정보 갱신을 통한 라우팅 과정을 나타낸 그림이다. 이런 방식으로 약간의 수렴 시간(convergent time) 후에 대응 단말은 목적지로 가기 위한 최적의 경로를 알 수 있다.

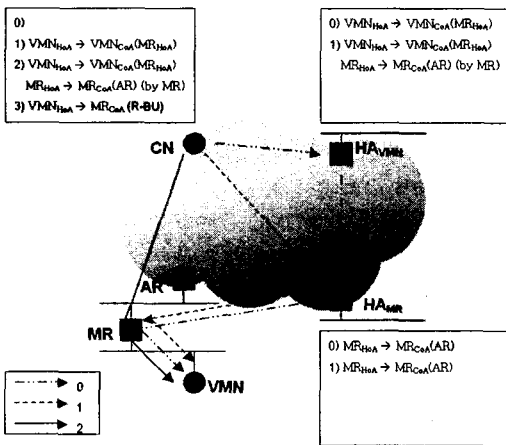


그림 3. Recursive Binding Update.

이 논문에서 이동 네트워크는 비행기나 배와 같은 대형 수송수단을 이용한 장거리의 이동을 고려하고 있다. CN에

서 HA까지 그리고 HA에서 MR이나 VMN 사이의 거리가 먼 경우, 예를 들어 서로 다른 나라를 가로지르는 경우에 재귀적인 갱신비용 대비 pinball routing 비용의 절감 효과가 있다. 또한 이 때 수렴 시간은 중첩의 깊이에 선형적으로 증가하게 되지만 pinball routing 문제는 앞서 언급한 바와 같이 macro mobility의 관점에서 다루어지므로 수렴 시간은 사소한 것이라 할 수 있다. 때문에 재귀적인 Binding Update를 위해 필요한 비용이나 수렴시간의 증가 비용은 pinball routing이 발생했을 때 감수해야 하는 비용보다 매우 적다.

6. 결론 및 향후 과제

무선으로 인터넷에 접속할 수 있는 기술이 더욱 발전하고 널리 사용됨과 동시에 InternetCar[6]와 같이 운송 수단이 이동성을 가지고 인터넷을 이용하려는 움직임이 활발해지고 있다. 이러한 환경에서 이동 네트워크가 중첩되게 존재하는 상황이 발생 할 수 있고 pinball routing과 같이 데이터 이동 경로가 복잡해지는 문제가 생기게 된다.

기존의 Mobile IP에서 Binding Cache를 갱신하는 과정을 개선함으로써 중첩된 이동 네트워크의 상황에서도 최적의 경로로 데이터를 전달하게 하는 것이 가능하며 최적의 경로를 가지기 위한 수렴 시간과 재귀적으로 Binding Cache를 갱신해야 하는 비용은 pinball routing에 드는 비용보다 저렴할 것이다.

향후과제로 하나의 Home Agent에 등록된 이동 단말과 이동 네트워크의 수가 증가하는 경우, 또는 이동 단말이나 이동 네트워크의 이동이 빈번할 경우를 위한 재귀적인 위치정보 갱신의 최적화 연구가 계속될 예정이다.

참고 문헌

[1] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", draft-ietf-mobileip-ipv6-20.txt

[2] Thierry Ernst, Alexis Olivereau, and Ludovic Bellier, "Mobile Networks Support in Mobile IPv6", draft-ernst-mobileip-v6-network-03.txt

[3] T. J. Kniveton, Jari T. Malinen, Vijay Devarapalli, and Charles E. Perkins, "Mobile Router Tunneling Protocol", draft-kniveton-mobtr-03.txt

[4] Thierry Ernst, and Keisuke Uehara, "Connecting Automobiles to the Internet", WIDE project, InternetCAR

[5] C. Perkins, and D. Johnson, "Route Optimization in Mobile IP", draft-ietf-mobileip-optim-11.txt

[6] InternetCAR web page at WIDE, <http://www.sfc.wide.ad.jp/InternetCAR/>