

계층적 알고리즘을 적용한 중첩된 이동 네트워크에서의 경로최적화 프로토콜 설계

이동근^o 김기천^o
건국대학교 컴퓨터공학과
{dklee^o, kckim}@konkuk.ac.kr

Design of Nested Mobile Network Route Optimization Protocol based on the Hierarchical Algorithm

Dongkeun Lee^o Keecheon Kim^o
Dept. of Computer Science and Engineering, Konkuk University

요 약

인터넷에 이동성을 부여하기 위한 기술은 호스트 이동성을 넘어 네트워크 전체에 이동성을 부여하는 이동 네트워크 기술로 접어들고 있다. 네트워크 이동성은 Mobile IP 기술을 확장한 MR-HA 간 bidirectional 터널을 통해 지원될 수 있다. 그러나 다수의 이동네트워크가 중첩될 경우 각 네트워크의 MR-HA 터널이 중복되는 dog-leg routing 문제가 발생하게 되고, 이것은 결국 심각한 패킷 전송 지연과 네트워크 트래픽 증가, 불필요한 시그널 메시지 증가라는 문제를 발생시키게 된다. 따라서 본 논문에서는 Mobile IPv6 기반의 이동 네트워크에서 계층적 알고리즘을 적용하여 경로최적화를 하는 프로토콜의 설계에 대해 논하고자 한다. 계층적 접근방안은 중첩된 이동네트워크 구조와 잘 부합되며, 기존의 Mobile IPv6 기술을 사용하여 쉽게 구현될 수 있다.

1. 서 론

IETF의 NEMO WG에서 제안한 이동네트워크(Mobile Network : NEMO[1])는 네트워크 전체가 인터넷과의 연결을 유지하면서 이동이 가능한 네트워크를 말한다. 단일 호스트의 이동성만을 지원하는 Mobile IP[2]와는 달리, 이동네트워크는 네트워크내의 모든 호스트가 하나의 유닛으로써 이동이 가능하다. 또한, 이동네트워크의 호스트들은 현재 자신이 속한 네트워크의 이동성을 전혀 알지 못한다. 이동네트워크는 항공기나 선박, 기차와 같이 여러 호스트가 집단으로 이동하는 경우 매우 유용하다.

이동네트워크에서 인터넷과의 연결을 제공하며 default gateway 역할을 하는 라우터를 MR(Mobile Router)[1]이라고 하며, 하나의 이동네트워크에는 하나 이상의 MR이 있을 수 있다.

Network mobility를 지원하기 위해서 IETF에서는 Mobile IPv6을 확장한 프로토콜을 정의하고 있는데, 이 프로토콜은 MR과 MR의 홈 에이전트(MR-HA)간의 bidirectional 터널을 통해 이동네트워크의 트래픽을 송수신하는 방식을 사용하고 있다[3]. 또한 MR의 홈 등록 시 이동네트워크의 prefix를 HA에게 알려 이동네트워크내의 호스트들로의 패킷 전달이 가능하도록 한다.

Bidirectional 터널을 사용하게 되면, CN(Correspondent Node)에서 이동네트워크로 향하는 모든 패킷은 MR-HA를 경유하여 전송되고, 이동네트워크내부에서 외부로 향하는 모든 패킷들도 MR-HA를 경유해서 전송된다. 따라서 이동네트워크 내의 모든 노드들(MNN : Mobile Network Node)은 네트워크의 이동을 전혀 모르게 된다.

그러나, 이동네트워크 내에 또 다른 이동네트워크가 존재하는 중첩된 이동네트워크(Nested Mobile Network)의 경우, 패킷 전송 시 패킷의 전송경로에 존재하는 모든 MR의 HA를 거쳐 패킷이 전송되는 라우팅 문제가 발생한다. 현재 [3]에서 정의한 프로토콜은 이런 문제를 해결하는 route optimization을 지원하지 못하고 있다.

본 논문에서는 route optimization을 지원하기 위해 계층적 알고리즘을 적용한 프로토콜을 제안한다. 2장에서는 중첩된 이동네트워크에서의 라우팅 문제에 대하여 알아보고, 3, 4장에서는 route optimization을 위해 본 논문에서 제안한 알고리즘을 설명한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문에서 제시한 프로토콜의 성능을 평가하고 결론을 맺는다.

2. 중첩된 이동네트워크에서의 Routing Problem

그림1은 중첩된 이동네트워크의 예를 나타낸다. 그림1에서 CNI [3]에서 명시한 방법으로 LFN1에게 패킷을 전송할 경우 다음과 같은 경로를 따르게 된다.

$CN \rightarrow MR3_HA \rightarrow MR2_HA \rightarrow MR1_HA \rightarrow MR1 \rightarrow MR2 \rightarrow MR3 \rightarrow LFN1$

즉, 패킷의 전송경로에 있는 모든 MR의 홈 에이전트를 경유해서 LFN1에게 패킷이 전송되는 라우팅 문제가 발생한다. 이 라우팅 문제는 각 HA들의 거리가 멀수록, 그리고 중첩된 단계가 깊을수록 더 심각해진다.

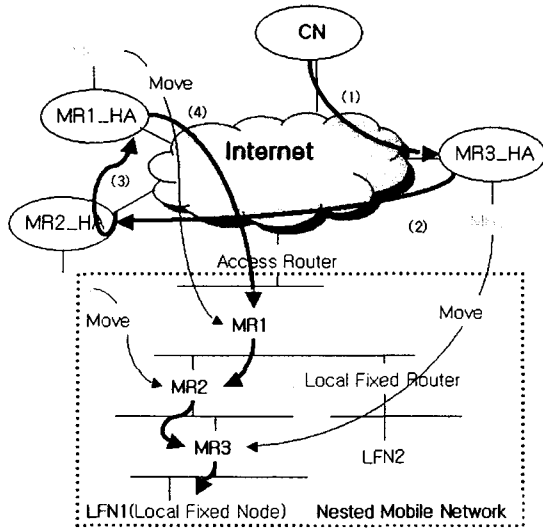


그림 1 중첩된 이동네트워크(Nested Mobile Network)

3. 계층적 Binding Update

본 논문에서 제안하는 프로토콜은 HMIPv6[4]에서 제안하는 계층적 이동성 관리 알고리즘에 기반을 두고 있다. 그림1에서 root-MR인 MR1이 HMIPv6의 MAP(Mobility Anchor Point)역할을 하여 중첩된 이동네트워크내의 모든 MR(MR2, MR3)의 지역적 HA기능을 수행한다. 즉, MR1은 자신의 홈 주소와 네트워크 prefix가 포함된 MAP 옵션메시지를 Router Advertisement 메시지를 통해 자신의 이동네트워크에 방송하고, 이 메시지를 받은 sub-MR과 LFR(Local Fixed Router)은 MR1의 MAP 옵션 메시지를 자신의 라우터 광고메시지에 포함하여 네트워크로 전파한다. 이런 방법으로 root-MR의 MAP 옵션 메시지는 중첩된 이동네트워크 전체로 전파된다. MAP 옵션을 받은 MR들은 메시지 전달과 동시에 자신의 RCoA와 LCoA를 등록하게 된다.

그림1처럼 MR3이 MR1의 영역으로 이동한 경우, MR2의 광고메시지에 포함된 MR1의 MAP 옵션 메시지를 받는다. 메시지를 수신한 후, MR3은 MR2의 네트워크 prefix를 기반으로 LCoA를 생성하고, MR1의 prefix를 기반으로 RCoA를 생성한다. 이후, HMIPv6에서 제안한 방법으로 RCoA와 LCoA를 MAP인 MR1에 등록을 한다. MAP 등록이 성공한 후, RCoA를 새로운 CoA로 하여 MR1_HA에 홈 등록을 한다. 이제, MR3이 MR1의 영역을 벗어나 새로운 MAP 영역이나 외부네트워크로 이동하는 경우에만 MR1_HA에 바인딩 업데이트를 하고, MR1의 영역 내에서 이동하는 경우에는 새로 얻은 LCoA로 MR1에만 바인딩 업데이트를 하게 된다. 그림 1에서 MR1 영역의 모든 MR이 등록을 마치면 MR1에는 표 1과 같은 Binding Cache 테이블이 생성된다.

MR3이 MR3_HA에 바인딩 업데이트를 할 때에는 현재 MR3의 RCoA와 추가로 MR3의 MAP인 MR1의 홈 주소를 같이 알려주게 된다. 이 정보는 MR3_HA의 Binding

Cache에 저장되어, 패킷을 MR3으로 포워딩하는데 사용된다. 즉, MR3_HA의 Binding Cache 테이블은

MR3 홈주소 : MR3 CoA(RCoA) : MR1 홈주소와 같은 엔트리를 가진다.

| Node | RCoA | LCoA | Network Prefix |
|------|----------|----------|------------------------------|
| MR2 | MR2_RCoA | MR2_LCoA | Mobile Network Prefix of MR2 |
| MR3 | MR3_RCoA | MR3_LCoA | Mobile Network Prefix of MR3 |

표 1 MR1의 Binding Cache Table

4. 중첩된 이동네트워크에서의 Route Optimization

MR-HA 간 tunneling을 위해서, 본 논문에서는 [2]에서 제안한 Routing Header Type 2(RH2)를 확장하여 사용한다. 확장된 RH2는 [5]에서 제안한 것으로, 하나의 주소만을 가질 수 있었던 기존의 RH2를 확장하여 여러 개의 주소를 가질 수 있게 하였다. 확장된 RH2의 처리는 [6]에서 제안한 RH Type 0과 동일하며, 확장된 RH2의 마지막 엔트리는 반드시 이동노드(또는 라우터)의 홈 주소이어야 한다.

그림1에서 MR3과 MR3_HA간 bidirectional 터널이 설정된 후, MR3_HA에서 터널을 통해 MR3으로 전송되는 패킷은 그림2와 같이 MR1의 홈 주소가 목적지가 된다. 따라서 이 패킷은 MR3의 MAP인 MR1을 경유하게 된다.

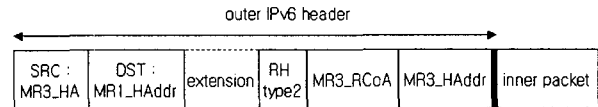


그림 2 MR-HA Tunneled Packet

MR1을 경유하는 패킷은 우선 MR1의 HA로 보내져서 MR1로 터널링된다. 만일 MR1이 [2]에서 제안된 route optimization이 가능하다면 MR3_HA와 바인딩 업데이트를 하여, 추후 MR3_HA로부터 전송되는 패킷이 MR1_HA를 거치지 않고 직접 MR1로 전송되도록 할 수 있다.

그림2와 같이 MR3_HA로부터 터널링된 패킷을 MR1이 수신하면, RH2 헤더를 처리하고(그림 3. a) 이 패킷의 목적지가 MR3임을 알게 된다. 이제, MR1은 이동네트워크의 MAP으로써, 패킷을 MR3의 LCoA로 보내기 위해 확장된 RH2 헤더를 가지는 새로운 IPv6 헤더를 패킷에 덧붙여 encapsulation을 한다.

MR1은 자신의 바인딩 캐시 테이블(표1)을 이용하여 다음과 같은 알고리즘에 따라 외부헤더의 확장된 RH2를 생성한다.

(1) 비어있는 스택을 준비한다.

- (2) 표1에서 MR3의 RCoA를 검색한 후, MR3의 RCoA와 LCoA를 차례로 스택에 삽입한다.
- (3) 검색된 LCoA의 prefix를 얻은 후, 표1의 Network Prefix 필드에서 일치하는 엔트리를 검색한다.
- (4) 검색된 엔트리의 LCoA를 스택에 삽입한다.
- (5) 더 이상 검색된 엔트리가 없을 때까지 (3), (4)의 과정을 반복한다.
- (6) 스택의 첫 번째 요소를 pop하여 외부 헤더의 목적지 주소로 한다.
- (7) 스택의 남은 크기만큼의 엔트리를 갖는 확장된 RH2를 준비하고 스택에서 pop한 순서대로 엔트리에 삽입한다. (그림 3. b)

MR1에서 encapsulation된 패킷은 그림2에서처럼 MR2의 LCoA로 전달되고, MR2는 확장된 RH2의 첫 번째 엔트리와 패킷의 목적지 주소를 치환한 후(그림 3. c), 다시 MR3으로 전달한다. MR3도 패킷의 목적지 주소와 확장된 RH2의 두 번째 엔트리를 치환한 후, 목적지 주소가 자신의 RCoA임을 확인하고 패킷을 decapsulation하여 처리하게 된다. 결국 패킷은 MR3-MR3_HA 터널(inner packet2)을 통과하여 LFN1로 전달되어진다.

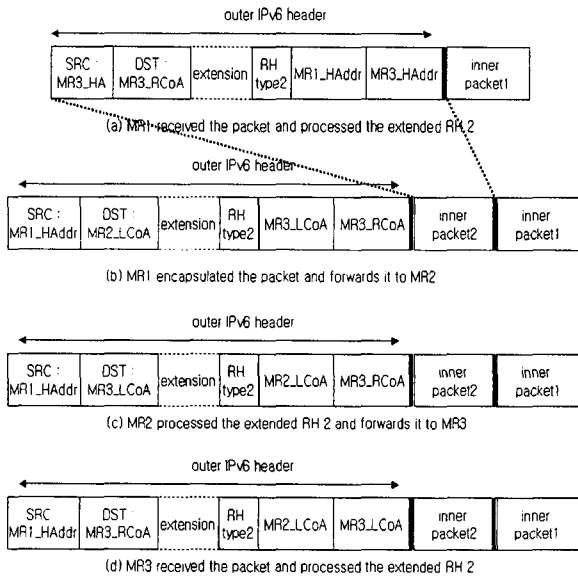


그림 3 중첩된 이동네트워크에서의 확장된 RH2 처리

그림1에서 LFN1이 CN으로 패킷을 전송하는 outbound packet의 경우에는, MR3은 패킷의 source address를 MR3의 RCoA로 하여 MR3_HA로 터널링한다. 이때, MR3에서 MR1(MAP)까지 패킷의 전송경로에 있는 모든 MR들은 패킷의 source address가 자신과 같은 MAP 영

역에 속해 있다면, 그 패킷을 자신의 HA로 터널링하지 않고 일반적인 라우팅 방법으로 패킷을 전송한다. 그리고 MAP인 MR1은 패킷의 목적지인 MR3_HA에 대한 바인딩 캐쉬 엔트리가 존재한다면, 엔트리에 있는 주소로 바로 전송하고, 그렇지 않다면 MR1_HA로 터널링한다. 이와 같은 방법으로 outbound packet에 대한 route optimization이 이루어지게 된다.

5. 결론

본 논문에서 제안된 Route Optimization 방법은 handoff delay와 packet 전송 delay를 측정하기 위해 아래의 (1), (2)와 같은 수식이 사용된다.

$$T = \sum_{i=1}^n (tMRi + Lwi) + Lha + tHA_MR \quad (1)$$

$$T = \sum_{i=1}^n (tMRi + Lwi) + Lha + tHA_MR + Lcn \quad (2)$$

(n : level of mobility, tMR : processing delay of MR, Lw : latency of wired link, Lha : latency of wireless link to HA, tHA_MR : processing delay of MR_HA, Lcn : latency of link from CN to HA)

수식에서 보듯이, delay의 상당부분이 중첩된 이동네트워크 내에서의 라우팅에 관계되고, 각 중간 단계의 MR의 HA는 관여하지 않으므로, 선박이나, 열차, 비행기와 같이 sub-MR들이 일정영역에서만 이동하는 중첩된 이동네트워크에 매우 효과적이다. 이동네트워크내의 구성 정보가 외부에 유출되지 않아 [2][3]에 정의되지 않은 새로운 security 문제를 발생시키지 않는다. 또한, MR이 중첩된 이동네트워크 내에서만 이동할 경우 MAP_MR에만 새로운 LCoA를 등록하고 MR_HA의 바인딩 정보는 변하지 않으므로 자연스럽게 Micro Mobility가 지원된다. 일반적으로 중첩된 이동네트워크의 구조는 계층적 구조를 가지게 되므로 본 논문에서 제안한 프로토콜이 효과적으로 적용될 수 있다.

참고문헌

- [1] Thierry Ernst 외, "Network Mobility Support Terminology", Internet Draft, IETF, 2003.5, Work in progress.
- [2] C. Perkins 외, "Mobility Support in IPv6", Internet Draft, IETF, 2003.6, Work in progress.
- [3] Vijay Devarapalli 외 "Nemo Basic Support Protocol", Internet draft, IETF, 2003.6, Work in progress.
- [4] Hesham Soliman 외, "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management (HMIPv6)", Internet draft, IETF, 2003. 6, Work in progress.
- [5] P. Thubert 외, "IPv6 Reverse Routing Header and its application to Mobile Networks", Internet draft, IETF, 2003. 6, Work in progress.
- [6] Deering, S. 외, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", RFC 2460, December 1998.