

Nested Mobile Network에서 반복적 CoA 치환을 이용한 경로최적화방안 연구

김상복*, 최승원*, 김영범**

*건국대학교 전자·정보통신공학부 대학원

e-mail : *sangbok@swu.ac.kr*, *swchoi@konkuk.ac.kr*

**건국대학교 전자공학부

ybkim@konkuk.ac.kr

Route Optimization via Recursive CoA Substitution for Nested Mobile Networks

Sang-Bok Kim*, Seung-Won Choi*, Young-Beom Kim**

*Graduate School of Electronic Eng., Konkuk University

**Dept. of Electronic Eng., Konkuk University

Abstract

Mobile Network의 이동성에 대한 연구가 활발하게 진행되어 오면서, 이동네트워크의 복잡한 모델인 Nested Mobile Network에 대한 연구가 부각되고 있다. 이 Nested Mobile Network에 대한 연구에는 네트워크 내에 존재하는 노드와 외부의 CN(Correspondent Node)과의 패킷전송에서 경로최적화를 하기 위한 방법 등에 대한 연구가 진행되어 오고 있으며, Nested Mobile Network에서 Pinball routing문제 등으로 인해 경로최적화가 이루어지지 못하고, 이 문제가 일반적인 Nested Mobile Network에서 패킷사이즈의 길이를 지나치게 길어지게 함으로써 전송지연을 발생시키는 것이다. 본 논문에서는 반복적인 CoA(Care-of-Address)의 치환과정을 통해 Nested Mobile Network 상의 Pinball routing 문제를 해결하기 위한 효율적인 방안을 제안하고자 한다.

I. 서론

무선네트워크 제품과 서비스의 광범위한 확산에 의해 사용자들은 다수의 모바일기기를 휴대하게 될 것이고 그러한 모바일 장치들은 서로 다른 소규모 네트워크의 형태로 각각 연결되게 될 것이다. 예를 들어 선박, 기차, 버스, 비행기와 같은 대중 교통수단에서 대규모 모바일 네트워크에 접속할 수 있다.

일부의 경우에, 모바일 네트워크는 다른 모바일 네트워

크로 이동하여 접속할 수 있고, Nested Mobile Network이라 불리는 복잡한 수직구조의 네트워크를 구성할 수 있다. 이러한 Nested Network 형태의 네트워크는 임의의 nesting level이 추가 될 수도 있다.

Nested Mobile Network의 예로써, 버스나 선박, 비행 등의 승객이 노트북, 모바일 폰, PDA등과 같은 기기를 가지고 그 기기들이 PAN(Personal Area Network)을 구성한 형태로 이동하는 것을 말할 수 있다.

다음 그림 1은 Nested Mobile Network에 대한 예를 나타낸 것이다.

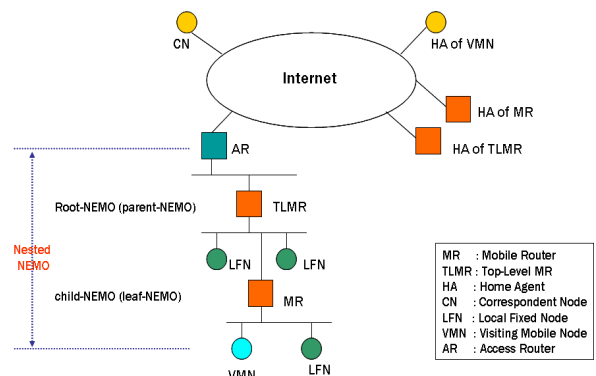


그림 1. Nested Mobile Network의 구조

그림 1과 같은 구조에서 Route Optimization(RO)과 관련된 여러 가지 routing문제가 나타나고 있다. 기본적으로 RO는 MR-HA터널이라 일컫는, MR과 HA간의 양방향터널에 의해 나타나게 되는 Pinball routing

문제와 같은 것을 해결하기 위한 방안이다. 최근 몇 년간 여러 관점에서 Nested Mobile Network의 RO 문제를 해결하기 위한 제안들이 제시되었다[5],[6],[7]. 이와 같은 논문 등을 통해 제안된 대부분의 모델들은 패킷전송에 대한 오버헤드를 가지는 한계를 가지고 있거나 RO를 처리하는 과정에서 패킷 헤더 사이즈가 커지는 문제가 있다.

본 논문에서 Nested Mobile Network을 위해 새로운 RO 모델을 제안하고자 한다. 이 제안 모델은 Recursive Care-of-Address Substitution(RCS, 반복적 CoA치환에 의한 방법)이라 명칭하며, 앞서 기술한 기존 논문들의 모델들에 대한 단점을 효율적으로 보완하였다. 또한 이 모델을 적용하여 관련연구에서 기술하고 있는 Nested NEMO 내부의 RO문제(intra-NEMO RO 문제)도 해결 할 수 있음을 보여주고 있다.

본 논문의 구성으로는, 2장에서는 관련연구 관한 내용을 언급하였고, 3장에서는 제안모델을 설명하고 있다. 4장에서는 제안모델과 관련연구들로 언급된 모델들에 대해 비교하였고 수치적인 분석을 통해 제안모델에 대한 성능분석을 정리하였다. 그리고 5장에서 결론을 내리고자 한다.

II. 관련연구

대부분의 RO model들에서 경로최적화를 하기 위한 목적으로 제안 할 수 있었던 것들은 RO를 수행하고자 하는 노드들이 부가적인 정보교환을 하고 있다는 것이다[4]. 패킷 오버헤드로 인식되는 이와 같은 신호교환 비용은 매우 크며, 특히 Nested NEMO 환경에서는 본질적인 해결방법에 의존해 왔다는 것이다. 패킷오버헤드는 MN이 CN이나 HA에 Binding Update(BU)하는 과정에서 고려될 수 있다. 중요한 요인 중 하나는 지금까지 고려되어온 RO문제를 해결하기 위한 방법들이 "Binding Update Storm"현상을 보여준다는 것이다. 이것은 MR이나 MN이 이동하여 연결지점이 변경되었을 때 발생하는 BU 메시지에 대한 이슈들로 이것을 최소화해야 하는 것을 목표로 하고 있다. 고려되고 있는 다른 성능상의 이슈들은 패킷처리에 대한 부하와 프로토콜이 복잡해 진다는 단점을 가지고 있다.

몇 가지 제안된 모델에서 Nested Mobile Network에 대한 문제점을 지적하자면, Reverse Routing Header(RRH)[5]와 같은 제안 모델에서는 Nested Mobile Network 내부에 패킷 포워딩을 위해 source routing을 이용하는 형식을 사용하였다.

결론적으로 RRH는 Nested Mobile Network의 효율적인 패킷 전송을 위해서 Nested NEMO의 외부 방향으로 패킷을 전송할 때 경유하게 되는 Mobile Router의 CoA(Care-of-Address)들을 이 source routing 헤더에 기록한다는 것이다.

Recursive Binding Update plus(RBU+)[6]에서 제안된 메커니즘은 모바일 네트워크 내부의 VMN에 대한 패킷의 목적지를 유추 하기위해서, HA 또는 CN들이 경로상의 모든 노드들의 에 관한 정보를 TLMR(Top Level Mobile Router)에 수집된 정보를 활용하는 방법으로, MR과 VMN은 BU(Binding Update)메세지를 통해 AR또는 TLMR로 VMN의 HA정보를 전송하게 된다. 이 메커니즘에서 내부 Nested NEMO의 패킷 전송은 TDF(Table Driven Forwarding) 이나 RRB(Route Request Broadcast)와 같은 방법인 intra-NEMO routing에 의해 이루어지게 된다.

MANET을 이용한 접근 방법[7]은 MANET routing을 사용하여 동일 Mobile Network상의 특정 노드들간의 패킷전송이 이루어지게 된다. 이 제안 모델은 OLSR이라는 Ad-hoc 라우팅 프로토콜을 사용하여 Nested Mobile Network 안에서 Mobile Router(MR)들간의 최단 경로를 찾는 방법을 사용하고 있다.

III. 제안모델

본 논문에서 제안 하고자하는 모델은 반복적인 CoA치환을 이용하여 Route Optimization을 효율적으로 제공하기 위한 것이며, BU 메시지의 전송시 RO를 형성하는 특징을 가지고 있다. 그림 2는 해당 모델의 동작원리를 도식화 한 것이다.

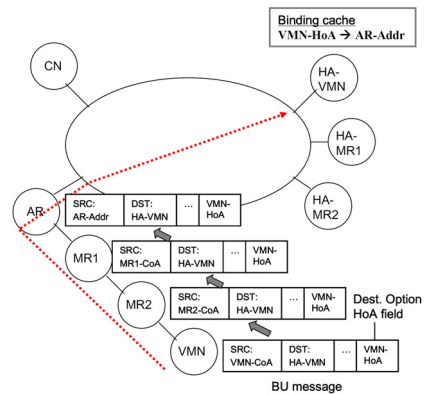


그림 2. 반복적인 CoA치환을 이용한 경로최적화방안의 동작원리

그림 2는 VMN과 VMN의 HA간의 RO(Route Optimization)과정을 나타내고 있다. MIPv6에 따르면 VMN은 이동이 가능한 이동 노드를 의미하며 VMN이 Nested NEMO 내부로 이동하게 되면 VMN은 자신의 HoA(Home of Address)와 자신이 이동 위치를 변경하여 새로운 MR로부터 부여 받은 CoA를 포함하여 VMN의 HA(Home Agent)인 HA-VMN으로 BU 메시지 패킷을 보낸다. VMN에서 AR(Access Router)로 BU 메시지 패킷을 보내는 경로에 위치한 MR(Mobile Router)은 VMN의 BU메세지 패킷을 상위 MR로 전송하는 과정에서 해당 BU메세지 패킷의 Source Address field에 각

MR의 CoA를 치환하며 전송하게 되고 이 패킷이 Nested NEMO를 벗어나 VMN의 HA에 전송이 될 때는 Source Address field는 VMN의 CoA가 아닌 AR의 CoA로 치환되어 전송되게 된다. CoA 치환 과정에서, 각 MR들은 BU패킷에 Destination Option field에 VMN의 HoA가 채워져 있는 패킷을 BU 패킷으로 분석하여 패킷 헤더의 Source Address field에 자신의 CoA로 치환하며, 포워딩 테이블에는 치환되기 이전의 Source Address로 라우팅 정보를 저장한다. 그림 3은 이 과정을 도식화 한 것이다.

Dest. Address	Next Hop	Interface No.
VMN-HoA	VMN-CoA	*
...

(a)

Dest. Address	Next Hop	Interface No.
VMN-HoA	MR2-CoA	*
...

(b)

Dest. Address	Next Hop	Interface No.
VMN-HoA	MR1-CoA	*
...

(c)

그림 3. MR2,MR1,AR에서 형성된 포워딩 테이블

이와 같은 과정으로 VMN의 Home Agent(HA-VMN)가 VMN으로부터 전송된 BU 메시지 패킷을 전송 받게 되면, HA-VMN의 Binding Cache Entry에 VMN의 패킷전달경로에 대한 정보는 AR의 CoA로 패킷 포워딩하는 경로가 저장되게 된다.

그림 4은 이와같이 저장된 정보에 의해 패킷이 전송되는 과정을 나타내고 있다.

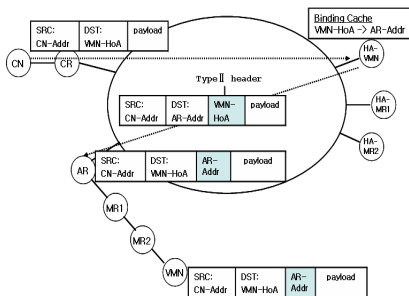


그림 4. 반복적 CoA치환을 이용한 모델의 패킷전송 과정

V. 성능비교

본 절에서는 패킷전송의 오버헤드, 노드간의 지연시간, 패킷의 헤더길이와 같은 성능분석을 위한 비교항목들로 성능분석을 하며, RRH, RBU+와 같은 제안 모델들과 비교하고자 한다.

RRH, RBU+, RCS, MANET접근법과 같은 RO 모델들의 공통적인 특징은 패킷전송을 하는 과정에서 HA들을 거치지 않고 직접 전송하는 방안을 제안하고 있고, 이것은 BU메시지를 통해 TLMR의 CoA나 AR의 주소를 CN이나 HA에 바인딩 캐쉬 주소로 등록시킨 항목들로 TLMR 또는 AR로 전송시키는 것이다. 노드간의 패킷전송 지연에 대해서는 RRH는 전송되는 패킷 헤더에 소스라우팅 정보에 대한 헤더를 사용하여

Mobile Network 내부의 라우팅 정보를 전송하는 반면, RBU+ 나 RCS, MANET 접근방법들은 Mobile Network 내부의 라우팅 프로토콜에 의해 이러한 문제를 해결하고 있고 그러므로 인해 패킷의 헤더 사이즈를 줄일 수 있는 것이다. 하지만 RBU+의 경우에는 BU 메시지의 숫자가 CN과의 RO과정이 처리될 때 까지 모바일 노드와 각 MR들에서 CN으로 보내지는 것에 대한 것이 되며 이 BU 메시지의 총 교환 횟수는 Mobile Network의 nesting level 만큼 많아지게 된다. 반면에 MANET접근법에서는 모바일 노드들에 OLSR과 같은 Ad-hoc 라우팅 프로토콜 기능을 수행해야하는 부담을 가질 수 있다. 표1은 이와 같은 내용을 요약한 것이며, 비교항목은 라우팅 정보 교환량, RO처리과정마다 발생하는 BU 메시지 수, BU 메시지 패킷의 헤더 사이즈, 데이터 패킷의 헤더사이즈이다.

표 1. 성능비교결과 (N=nesting level)

	RRH	RBU+	RCS
Amount of Routing Info.	N	N	1
Number of BU Messages	1	N	1
BU Packet Header Size	N	1	1
Data Packet Header Size	N	1	1

위 표와 같이 RCS에 대한 모든 비교 항목들이 다른 제안 모델보다 간결하게 처리됨을 알 수 있다.

제안모델의 부가적인 장점중 하나는 MN이 Nested Mobile Network안에서 다른 MR로 이동하였을 때에도 TLMR이나 AR과 같은 gateway 주소와 MN의 CoA에 대한 binding 정보가 변동되지 않기 때문에 이러한 환경에서 HA나 CN은 Binding Update를 요구하지 않기 때문에 mobile network 외부로 바인딩 메시지를 전송할 필요가 없다는 것이다.

노드들 간의 전송지연에 관한 항목에서는 표1의 비교 대상인 세가지 모델들이 RO처리과정이 완료된 이후에 노드들 간의 전송지연이 비슷하게 발생하는 반면에 CN이 최적의 경로를 찾기까지 소요되는 시간을 고려한다면 RO가 완료될 때까지의 시간은 서로 다르게 된다.

이것은 RBU+에서 nesting level이 N인 Nested Mobile Network에서 CN에 RO를 처리하기 위해 요구되어지는 BU 메시지의 수는 최소 N개이기 때문에 RO가 완료될 때까지의 시간이 길어진다는 것을 쉽게 알 수 있다.

다음 그림5은 nesting level이 N인 mobile network를 나타낸 것이다.

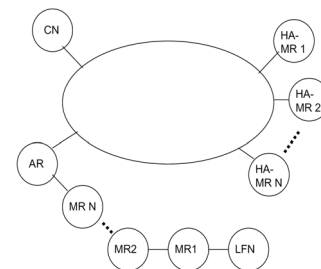


그림 5. nesting level이 N인 Nested Mobile Network

C_k : CN과 HA-MR_k 간의 전송지연시간
 L_k : HA-MR_k 와 HA-MR_{k+1} 간의 전송지연시간
 ($k=1, \dots, N$) 이며,
 T_{RBU} : RBU+ 에서의 RO 설정시간
 T_{RCS} : RCS 에서의 RO 설정시간
 으로 정의하고, 모바일 네트워크 내부에서의 전송지연 시간은 많은 차이가 없으므로 무시할 수 있으며, 각 링크에서 양 방향으로의 전송지연은 동일하다고 가정하여 RO 설정 시간을 수식화하면, T_{RBU} 는 식 1과 같다.

$$\begin{aligned}
 T_{RBU} &= (C_1 + \sum_{k=1}^N L_k + C_1 + \sum_{k=1}^N L_k) + \dots \\
 &+ (C_2 + \sum_{i=1}^N L_i + C_1 + \sum_{i=1}^N L_i) + (C_N + \sum_{k=1}^N L_k + C_1 + \sum_{k=1}^N L_k) \\
 &= NC_1 + \sum_{k=1}^N C_k + \sum_{k=1}^N (N+k)L_k.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

한편 RCS의 경우 VMN에서 CN으로 하나의 BU 메시지만 보내면 되는데 이는 $C_1 + \sum_{k=1}^N L_k$ 의 시간이 사용되며, 반면 CN에서 보낸 첫 번째 패킷이 LFN에 도착하는 과정은 C_1+l 의 시간이 사용된다. 그 이유는 패킷이 도착할 시간에 HA-MR1은 이미 AR로 패킷을 재전송할 바인딩 정보를 갖고 있기 때문이다. 이 정보들을 종합하면 식 2와 같다.

$$T_{RCS} = 2C_1 + l + \sum_{k=1}^N L_k.
 \tag{2}$$

그림 6은 $C_1=C_2=\dots=C_N=100ms$ 이라 하고, $L_1=L_2=\dots=L_N=l=50ms$ 이라 할 때, RO setup과정동안에 총 RO setup 시간(그림 6(a))과 노드들 간의 평균 전송지연 시간(그림 6(b))들에 대해 RBU+와 RCS를 비교한 것이다.

V. 결론

Nested Mobile Network에서 경로최적화 문제는 패킷의 길이가 길어지고 전송지연이 발생함으로 인해 일반적인 pinball routing 문제를 악화시키는 경향이 있다. 본 논문에서 제안된 Nested Mobile Network에 대

한 경로최적화 모델은 Recursive Care-of-Address Substitution(RCS)라고 명명한 방법에 의해 Pinball routing 문제를 해결 할 수 있음을 보여주고 있다.

정성적이고 수치적인 분석을 통해 제안된 모델이 패킷 전송에 대한 오버헤드와 요구되어지는 BU 메시지의 전송횟수, RO setup 시간과 노드들 간의 전송지연시간을 감소시킬 수 있음을 분석하였다. 앞으로 추가적인 연구는 Multi-homing에 한 분야로 확장하고자 한다.

참고문헌

1. D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", draft-ietfmobileip-ipv6-24.txt, June 30, 2003
2. Devarapalli, V., Wakikawa, R., Petrescu, A. and P. Thubert, "Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol", RFC 3963, January 2005.
3. Vijay Devarapalli, Ryuji Wakikawa, Alexandru Petrescu, and Pascal Thubert, "Nemo Basic Support Protocol", draft-ietf-nemo-basic-support-02.txt, December 2003
4. P. Thubert et al. "Taxonomy of Route Optimization models in the Nemo Context", Internet Draft (draft-thubert-nemo-ro-taxonomy-02), Internet Engineering Task Force, February 2004.
5. P. Thubert et al. "IPv6 Reverse Routing Header and its application to Mobile Networks", Internet Draft (draft-thubert-nemo-reverserouting-header-05), Internet Engineering Task Force, June 2004.
6. Hosik Cho, Eun Kyoung Paik, and Yanghee Choi, "RBU+: Recursive Binding Update for End-to-End Route Optimization in Nested Mobile Networks", Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Springer-Verlag, pp.468-478, June 2004.
7. E. Baccelli, T. Clausen, R. Wakikawa, "Route Optimization in Nested Mobile Networks (NEMO) using OLSR," NCS 2005.

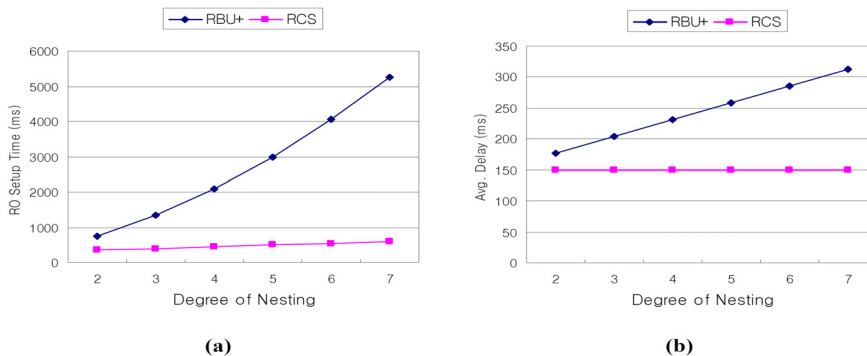


그림 6. RBU+ 와 RCS의 성능 비교 결과