

중첩 NEMO 환경에서 트리 기반 라우트 최적화 기법[☆]

Tree based Route Optimization in Nested NEMO Environment

임 형 진* 정 태 명**
Lim Hyung-Jin Chung Tai-Myoung

요 약

이 논문은 인터넷으로 중첩 NEMO 네트워크가 연결될 때 최적화가 요구되는 두 가지 연결성을 고려하고 있다. 하나는 인터넷과 중첩 NEMO 네트워크 사이의 연결이고, 다른 하나는 중첩 NEMO 네트워크 내부의 MR간의 연결성이다. 이러한 연결성은 IPv6에 기반하고 있으며, 중첩 NEMO 네트워크는 NEMO를 인식하는 AR(Access Router)에 의해 구성될 수 있다. 특히 이 논문은 중첩 NEMO의 토폴로지 특성을 나타내는 트리 기반한 토폴로지 정보를 포함하고, 트리 구조를 가지는 주소 체계를 제안한다. 이 제안은 기존에 대표적인 RO(Route Optimization) 제안들과 비교할 때, MR 홈 네트워크로의 BU(Binding Update) 성능은 가장 효율적인 접근과 비슷하였고, 내부라우팅 효율은 가장 효율적으로 나타났다.

Abstract

This paper propose the issue of connecting nested NEMO (Network Mobility) networks to global IPv6 networks, while supporting IPv6 mobility. Specifically, we consider a self-addressing including topology information IPv6-enabled NEMO infrastructure. The proposed self-organization addressing protocol automatically organized mobile routers into tree architecture and configuration their global IPv6 addresses. BU(binding update) to MR own HA and internal routing, based on longest prefix matching and soft state routing cache, are specially designed for the IPv6-based NEMO. In conclusion, numeric analysis are conducted to show more efficiency of the proposed routing protocols than other RO (Route Optimization) approaches.

☞ keyword : Network Mobility, Route Optimization, Mobility Management

1. 서 론

이동성 네트워크(Network Mobility:NEMO)는 네트워크를 하나의 단위로 보고, 호스트와 같이 네트워크도 고정되어 있지 않고 이동하는 것을 말한다. 예를 들어 배, 비행기에 하나의 IP 네트워크가 구성되어 이것이 이동하면서 네트워크 서비스가 이루어지게 하는 것이다. 기본적인 이동성 네트워크(Network Mobility:NEMO)에 대한 접근은 이동 라우터(Mobile Router: MR)가 이동 중에도

세션을 유지하기 위해 각각의 이동 라우터(MR: Mobile Router)에 대한 HA(Home Agent)와 이동 라우터와의 사이에 양방향 터널링을 구성함에 의해 가능하게 하고 있다[1]. 호스트 기반의 이동성을 지원하는 모바일 프로토콜이 모바일 네트워크를 지원하는 기본 프로토콜이 된다. NEMO가 호스트 이동성의 확장이라고 하더라도, 이동 라우터는 이동 IP기술에 기반하여 동작하는 이동 노드(MN: Mobile Node)와는 다른 특징을 갖는다. 즉, 이동라우터는 이동 호스트와 게이트웨이 두 가지 기능을 수행하기 때문에 운영과 보안 측면에서 특별한 요구사항을 갖는다. 특히 이동 IPv6관점에서 NEMO가 가지는 새로운 이동성 측면은 중첩 네트워크 환경이다.

다양한 RO 해결안들이 IETF 문서와 논문을 통해서 제안되었[2]. 이러한 제안들은 대부분

* 정 회 원 : 금융보안연구원 인증관리팀 선임연구원
dream.hjlim@gmail.com

** 정 회 원 : 성균관대학교 컴퓨터공학과 교수
tmchung@ece.skku.ac.kr

[2007/07/23 투고 - 2007/07/25 심사 - 2007/08/30 심사완료]

☆ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음
(ITTA-2008-C1090-0801-0028)

IETF 워킹 그룹의 드래프트들을 확장하거나 개선하는 형태로 제안되었다. NEMO 영역에서 제안된 많은 RO 제안들은 편볼 라우팅의 오버헤드 경로를 축소하거나, RO 과정에서 발생하는 중첩 터널을 해결하기 위한 목적을 가진다. 그러나 이러한 대부분의 제안들이 바인딩 시간 축소의 문제들은 해결한다고 하더라도, NEMO 네트워크 안에서 MR들간의 경로 발견(route discovery) 문제, 상위 MR이동에 의한 네트워크 재설정 문제, 방문MN에 대한 NEMO 지원 문제[2]등 다른 문제들을 해결하기 위해 쉽게 적용되지 못하고 있다. 특히 기존의 NEMO 제안들은 시그널링 오버헤드와 최상위 레벨로의 트래픽 집중, 다중 터널에 대한 패킷 처리 오버헤드를 개선에 관련된 연구에 초점이 맞추어져 있었다. 기존의 개선된 RO 기법에 기반하여 내부 라우팅을 수행할 때, 중첩 NEMO의 HA를 거쳐 데이터를 포워딩하거나 최소한 루트 MR을 거쳐야하는 오버헤드가 발생하게 된다. NEMO의 이동 개체들이 위와 같은 서브 옵티멀한 환경에 직면했을 때 기존의 RO기법들은 상당한 시그널링 오버헤드와 전송 지연 및 루트 노드로의 트래픽 집중 등의 비효율성을 가질 수 있다. 우리는 중첩 NEMO의 RO 문제 뿐만 아니라 NEMO 내부의 라우팅 방안을 비롯한 로컬 서브 옵티멀 문제를 해결할 수 있는 개선된 RO 방안을 제안하고자 한다.

우리는 본 논문에서 NEMO의 이동 특성을 지원할 수 있는 트리 기반 토폴로지 정보에 기반한 향상된 라우팅 기법을 제안하는 것을 목표로 한다. 2절에서는 NEMO RO의 근본적인 문제와 기존에 제안된 다양한 NEMO RO 제안들의 특징을 살펴본다. 3절에서는 본 논문에서 제안하는 트리 기반의 라우팅 지원 방안을 기술한다. 4절에서는 본 논문의 제안 기법과 기존의 RO 제안들과의 성능을 비교 분석한다. 마지막으로 5절에서는 결론을 기술한다.

2. 중첩 NEMO에 대한 연구

NEMO RO에서 오버헤드 발생의 근본 문제는 서로 다른 홈 네트워크에 속하는 모바일 라우터가 중첩을 형성할 때 설정되는 CoA(Care of Address)가 바로 상위 액세스 라우터 혹은 모바일 라우터의 홈 네트워크 주소에 포함되기 때문이다. 이로 인해 패킷 전달시 인그레스 필터링 문제가 발생하게 되고, 이를 해결하기 위해 터널링 방식을 도입하거나, IPv6 확장헤더의 라우팅 헤더를 이용한 소스 라우팅 방식을 선택하게 되었다[8]. 최근에 C. J. Bernardos[3]는 NEMO RO의 근본적인 문제에 대한 해결책으로 토폴로지에 적합한 주소를 설정할 경우 위와 같은 문제가 해결될 수 있음을 보여주는 실험을 제시하였다.

NEMO 네트워크 내부에 라우팅 방안에 대한 문제로 인해 애드혹 라우팅 네트워크 기반의 NEMO를 제안한 연구들이 제안되고 있다. E. Baccelli[4]는 NEMO가 구성하는 네트워크에서 애드혹 라우팅 프로토콜을 사용하는 시나리오를 제안하여, NEMO 노드의 이동성과 라우팅의 효율성을 지원하였다. 그러나 NEMO의 RO를 가능하게 할 수 있기 위해서 필요한 글로벌 인터넷과의 연결을 위한 구체적인 인터넷워킹 방안을 제안하지 않았다. H. Park[5]의 경우 NEMO 네트워크에서 애드혹 라우팅과 트리 기반 라우팅 기법의 혼용하여 사용할 수 있음을 제안하였지만, NEMO 노드의 전송 패킷의 목적지에 따라 다른 라우팅 프로토콜을 선택적으로 사용해야하는 복잡성이 존재하고 있다. 또한 M. Jeong[6]는 대규모 NEMO 노드 환경에서 인터넷워킹을 고려한 계층적 트리 기반 NEMO RO방안을 제안하고 있지만, 단지 최상위 이동 라우터가 루트 노드의 기능을 함으로서 서브 옵티멀한 경우 토폴로지 재설정 오버헤드를 고려하고 있지 않다.

NEMO의 응용들은 일반적으로 글로벌 인터넷과 연결성을 요구하기 때문에 토폴로지에 적합하며, 글로벌 주소를 할당하는 것은 중요한 문제이다. 그러나 기존의 트리 기반 제안들은 특별히 주소 설정에 관련된 문제를 명시적으로 언급하지

않고 있다. 또한 트리 기반의 라우팅 접근은 트리 내부의 데이터 전송시 항상 루트 노드를 거쳐야 하기 때문에 인접한 노드와 통신시 불필요하게 긴 전송 패스를 구성할 수 있다. 마지막으로 R. Hwang[7]는 IPv6 기반 애드혹 네트워크 환경에서 자동적으로 트리 기반의 라우팅 및 어드레싱이 가능토록 지원해주는 메커니즘을 개발하였다. 특히 애드혹 노드의 다양한 이동성을 트리 라우팅과 소프트 스테이트 기반 라우팅을 혼용하여 적용함으로써 상위 루트를 거쳐야 하는 기존의 트리 기반 라우팅 프로토콜의 제약점을 개선하였다. NEMO는 차량(vehicular environment or transport system)등에서의 전송 서비스 뿐만 아니라 PAN(Personal Area Network) 중심의 애드혹 환경에서도 지원되어야 한다. R. Hwang의 제안은 소규모 네트워크 환경과 느린 이동성에 기반하며, NEMO가 아닌 이동 애드혹 노드에 초점을 맞춘 제안이다. 특히 이동 노드에 부여되는 CoA가 네트워크 프리픽스와 트리아이디로 구성되기 때문에 트리아이디가 변경되면 홈 네트워크로 바인딩 갱신을 매번 수행해야 하는 단점이 있다.

3. 트리 기반 라우트 최적화 기법

애드혹 네트워크를 구성하는 노드의 특성이 라우팅을 수행해야 한다는 기능적 측면에 있어서 NEMO의 모바일 라우터와 유사하다. 우리는 애드혹 노드의 이동성과 글로벌 연결성을 효과적으로 제공해주는 Ren-Hung Hwang의 프로토콜을 NEMO의 중첩 네트워크 환경에 확장 적용한다. NEMO의 모바일 라우터는 인터넷과의 글로벌 연결성을 유지해야 하며, 단일한 주소를 할당 받아야 한다. 또한 NEMO 내부 네트워크 간에 통신을 지원할 수 있는 효과적인 라우팅 방안을 필요로 한다. 우리는 이를 위하여 트리 토폴로지에 기반하고 소프트 스테이트 라우팅 캐쉬와 최상위 프리픽스 매칭 기법을 사용하는 NEMO 네트워크에 적합한 라우팅 프로토콜을 제안한다. 이로서 이

동 라우터는 글로벌하고 유일한 IPv6 주소를 자동적으로 설정하고 트리의 루트노드로서 AR을 경유하여 인터넷과의 연결을 수립할 수 있다. 중첩NEMO 네트워크의 이동 특성에 충분히 적합하고 소규모 및 대규모 네트워크에 응용 가능할 수 있다.

3.1 NEMO 트리 구성

이번 절에서 우리는 중첩 환경을 구성하는 NEMO 네트워크를 고려한다. 이 NEMO 네트워크는 AR을 경유해 인터넷과 연결되어 있다. 각 이동 라우터는 각기 다른 자신의 홈 네트워크로부터 이동해온 상태이다. 이 절에서는 이동 라우터가 설정하는 IPv6주소와 트리 오버레이 구성방안을 기술한다. 특히 이동 라우터의 트리 오버레이 추가, IPv6 주소 설정과 트리 오버레이 유지 방안을 기술한다.

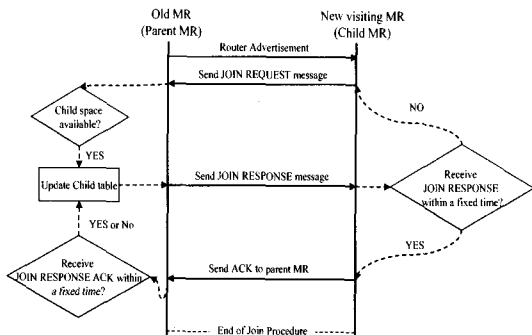
1) JOIN 절차

그림 1 는 새로운 방문 MR이 기존의 NEMO 트리로 JOIN 절차를 보여준다. 이동 라우터가 현재 NEMO 네트워크에 조인할 때 RA후 인접 이동 라우터들에게 요청(request) 메시지를 전송한다. 인접 라우터들은 이미 유일한 주소를 가지고 트리 토폴로지를 구성하고 있으며 새로운 이동 라우터로부터의 요청 메시지에 대한 설정할 주소를 선택하여 연결(Join) 메시지에 응답한다. 이 선택된 주소는 논리적인 주소로서 트리의 위치를 나타낸다.

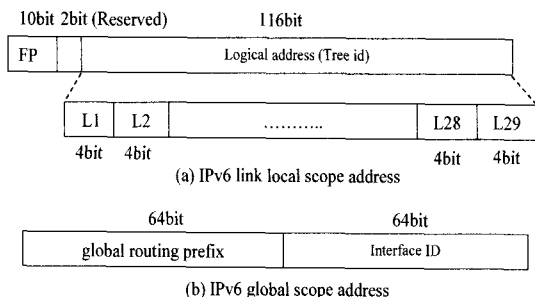
2) IPv6 주소 설정

NEMO 트리에 연결하는 MR은 상위의 라우터로부터 RA(Router Advertisement)를 수신한다. 이때 RA 메시지에는 상위 라우터의 프리픽스가 아닌 AR(트리의 루트)의 프리픽스가 전달된다. 이러한 접근은 R. Hwang[7]에서 고려했었던 접근으

로 기존 RA 기능에 대한 수정을 요구한다.



〈그림 1〉 트리 조인 절차



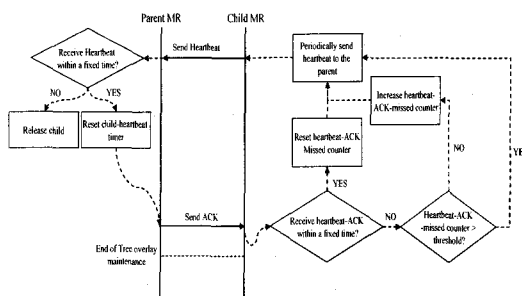
〈그림 2〉 IPv6 address configuration

각 이동 라우터는 인접 라우터로부터 수신된 논리주소에 따라 자신의 IPv6 주소를 구성한다. 이동 라우터는 64비트 네트워크 인터페이스 (Identificatin: id)와 네트워크 프리픽스를 접합함으로써 자신의 링크로컬 주소와 글로벌 주소를 설정한다. 그림 2에서는 이동 라우터의 논리적인 주소로서 할당되는 116bit 트리 id와 글로벌 스코프의 주소 설정을 보여주고 있다. 116bit tree id는 4비트씩 29레벨로 분할된다. 각 이동 라우터는 15개 까지 하위 레벨의 이동 라우터를 가질 수 있고, 29개의 트리 레벨을 구성할 수 있다. 예를 들어 논리주소가 1.1.1이라면 링크로컬 주소는 FE80::1110:0/64가 된다. IP 패킷의 헤더 크기를 고려할 때, NEMO에서 가능한 중첩 레벨 수는 이론적으로 40레벨 까지 가능하다. 우리는 트리 id를 4비

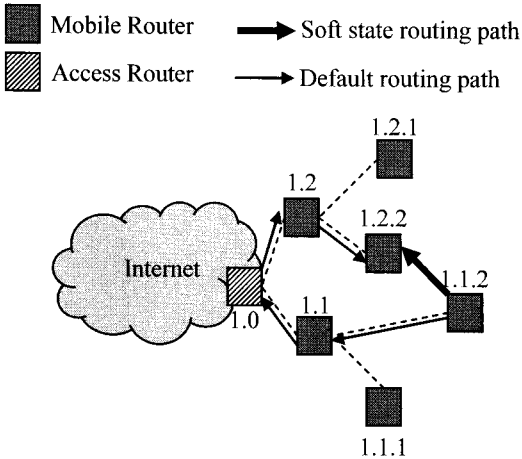
트씩 정의하였지만, 3비트씩 정의할 경우 라우터 당 8개의 하위 라우터와 39 중첩레벨까지 지원할 수 있다. 그러나 이 주소공간은 NEMO의 서비스 시나리오를 고려할 때 4비트 트리id의 경우에도 충분할 수 있다.

3) 트리 토폴로지 구성과 관리

두 이동 라우터 사이에 연결 상태를 확인하기 위해서 자식 노드는 heartbeat를 사용하고, 부모노드는 child timer를 사용한다. 트리구조의 유지와 라우팅의 효율성을 만들기 위해서 각 노드는 네트워크에 조인한 이후에 규칙적으로 자신의 부모 노드와 heartbeat를 전송한다. 그림 3에서는 부모와 자식 노드간에 트리 정보를 유지하는 절차를 보여주고 있다. 각 노드가 정상적인 상태에서는 heartbeat에 대하여 부모노드로부터 확인 응답 (ACK)를 받아야한다. 자식 노드가 정해진 시간 안에 ACK 메시지를 받지 못한다면 1씩 heartbeat-ACK-missed 카운터를 증가한다. 이 카운터가 정해진 임계치 보다 커진다면 부모 노드가 붕괴되었거나 이동했다고 판단한다. 이 경우에 노드는 연결 절차를 다시 수행해야한다. 즉 자식 노드로부터 heartbeat를 받았을때 부모노드는 해당 child-heartbeat timer를 리셋 한다. 만약 자식 노드가 오랜기간동안 heartbeat를 전송하지 않는다면 child-heartbeat timer는 종료하게 될 것이다. 이 경우 부모노드는 자식 노드가 이동했거나 crash되었다고 가정한다.



〈그림 3〉 트리 구조 유지 절차



〈그림 4〉 NEMO 내부 라우팅 방안

3.2 라우팅 프로토콜

각 이동 라우터는 트리를 구성하는 두 노드 사이에 최소 하나의 경로가 존재해야 하기 때문에 디폴트 라우팅을 위한 자식 노드와 부모노드의 정보를 가지고 있다. 가장 긴 프리픽스(Longest prefix) 매칭방식은 목적지로 패킷을 어떻게 포워딩할지를 결정한다. 트리 구조에 의한 계층적인 경로를 설정하기 때문에 물리적으로 인접해 있다고 하더라도 상위 루트 노드를 거치는 경로를 선택할 수 있다. 소프트 스테이트 라우팅 캐쉬는 이 문제를 해결할 수 있다. 그림 4에서 1.1.2노드는 1.2.2로 패킷을 전송하고자 한다. 이때 디폴트 라우트 경로만을 사용할 경우, 트리의 루트(1.0)을 거쳐 전송되어야 한다. 하지만 소프트 스테이트 라우팅 캐쉬는 이 문제를 개선시켜줄 수 있다.

각 이동 라우터는 라우팅 캐쉬로 인접 노드에 대한 정보를 추가함으로써 라우팅 효율성을 향상할 수 있다. 각 이동 라우터는 무선으로 감지되는 한 홉 거리의 인접노드에 대한 정보를 모을 수 있다. 따라서 한 홉 이웃의 라우팅 캐쉬 정보는 부가적인 라우팅 정보 교환 없이 만들어 질 수 있다. 이동 라우터의 이동성으로 인해 라우팅 캐쉬의 각 엔트리는 에이징 타이머(age timer)를 가

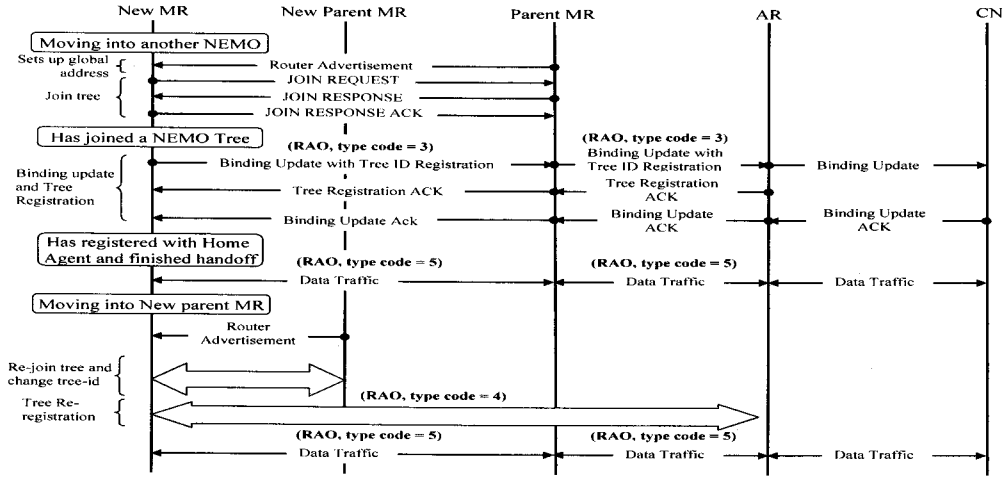
질 수 있다. 그래서 애매한 오래된 정보는 삭제될 수 있다. 따라서 이 캐쉬를 소프트 스테이트 캐쉬라 한다. 이러한 환경에서 라우팅은 longest prefix 매칭 방식에 기반하여 라우팅되며 라우팅 테이블은 라우팅 캐쉬를 통해 확장된다. 따라서 비록 트리 기반 라우팅 기법을 사용한다고 하더라도 반드시 루트를 경유하는 우회 경로를 선택하지 않는다. 따라서 그림 4에서 1.1.2는 1.2.2로 직접 패킷을 전송할 수 있다.

3.3 글로벌 연결성과 NEMO 동작

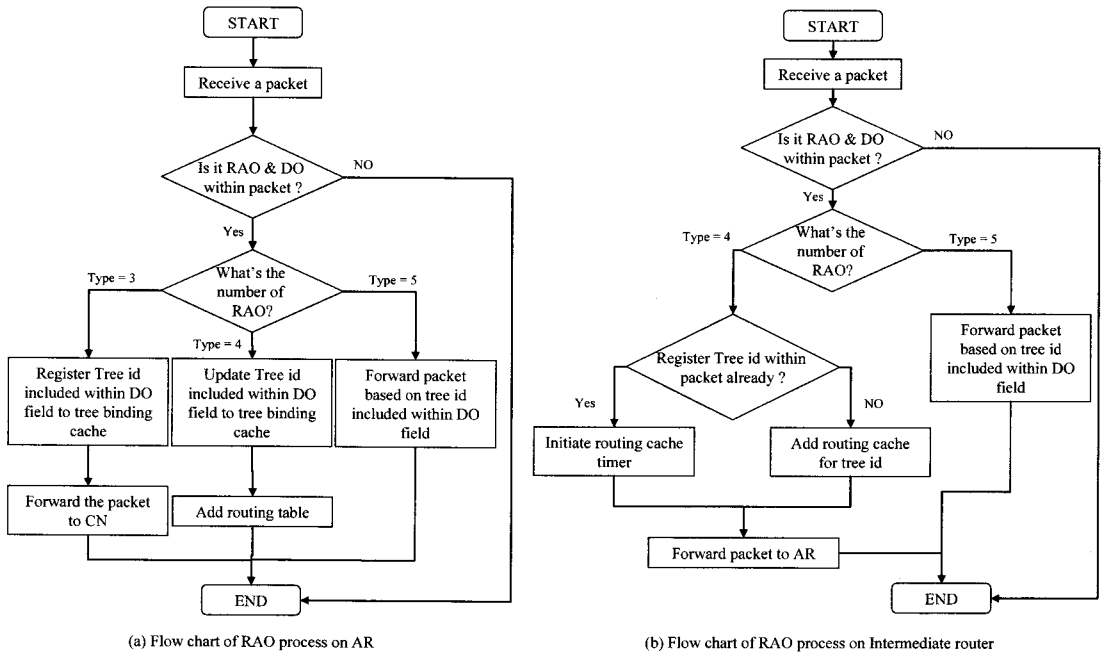
이동 라우터의 글로벌 IPv6 주소는 RA 메시지에서부터 얻어지는 글로벌 프리픽스와 논리 주소를 통해 생성한다. 예를 들어 AR의 글로벌 프리픽스가 "3ffe:302:11:1::/64"이라고 한다면, 노드의 논리 주소 1.2.2에 대해서 "fe80::1220::0"이 될 것이고, 글로벌 주소는 "3ffe:302:11:1:1220:0:0"으로 구성된다. 이 글로벌 주소는 이동 라우터의 CoA 역할을 하게 된다. 그림 5에서 보여주는 바와 같이 이동 라우터가 AR로부터 RA 메시지를 수신하였을 때 얻어지는 네트워크 프리픽스를 통해 CoA를 생성한다. 그 후에 이동 라우터는 트리에 연결 절차가 완료되어 논리 주소를 할당받은 이후에 자신의 홈 에이전트로 바인딩을 수행한다.

우리의 NEMO RO 및 트리 기반 라우팅을 위해서 IPv6 라우터 얼럿 옵션과 목적지 옵션 헤더를 사용한다[8]. NEMO 트리를 구성하는 모든 이동 라우터는 패킷 전송시 목적지 헤더 옵션에 트리 id로 구성된 링크로컬 주소를 전송한다. 따라서 라우터 얼럿 옵션(3,4,5)과 목적지 옵션 헤더를 가진 패킷은 트리 기반의 라우팅을 수행해야 한다. 표 1에서는 라우터 얼럿 옵션의 타입과 라우터에서 요구되는 처리 내용을 보여주고 있다. 라우터 얼럿 옵션을 인식하지 못하는 노드는 이 옵션을 무시하고 단순히 패킷 포워딩만을 수행한다.

이동 라우터가 바인딩 갱신 메시지를 전송할 때 패킷헤더에 라우터 얼럿 옵션(타입 3)을 마킹



〈그림 5〉 바인딩 갱신 절차



(a) Flow chart of RAO process on AR

(b) Flow chart of RAO process on Intermediate router

〈그림 6〉 Procedure of Router Alert Option process

〈표 1〉 Type and Special processing of Router Alert Option

RAO TYPE	Required special processing	Router recognizing RAO type
03	Add tree id and forward BU to CN	AR
04	Update tree id	AR
05	Route packet based on tree id	Routers along with path in NEMO networks

하여 전송한다. 이를 수신한 AR은 트리 id를 바인딩 캐쉬에 등록하고 이동 라우터로 확인 응답 메시지를 전송과 함께 CN으로 등록 메시지를 포워딩한다(그림 6,a). 만약 이동 라우터가 트리의 루트 범위 내에서 이동한다면, 자신의 네트워크 프리픽스는 변경하지 않고 트리 id만 변경된다. 이때 이동 라우터는 라우터 얼럿 옵션 타입 4를 사용하여 AR이 트리 바인딩 캐쉬를 갱신하도록 한다 (그림 6. a). 그림 6에서는 라우터 얼럿 옵션 옵션에 따른 AR과 이동라우터들의 처리 절차를 나타내고 있다.

4. 성능 평가 및 분석

우리는 트리 기반 NEMO 제안의 RO 성능을 기존 RO의 제안들과 비교하여 수치적 결과를 평가할 것이다. 기존 RO는 IETF NEMO 기본 프로토콜, RRH, TCA 제안들에 대하여 함께 평가할 것이다. 그림 7에서는 성능 평가를 위한 시스템 모델과 그에 따른 통신 지연이 분석될 것이며, 사용될 파라미터들에 대하여 기술 하고 있다.

4.1 시스템 모델 및 성능 분석

$$BNEMO = L \times Ld_{MR-MR} + L \times (d_{AR-HAn} + d_{HA1-HAn}) \quad \text{식(1)}$$

$$RRH, TCA, H.Lim = L \times d_{MR-MR} + d_{AR-HAn} \quad \text{식(2)}$$

$$d_{MR-MR}(BNEMO) = L_p + ((S_{bu} \sum_{i=1}^L i + 2S_c) / R_{bw}) \quad \text{식(3)}$$

$$d_{MR-MR}(RRH) = L_p + ((S_{bu} + S_c \sum_{i=1}^L i) / R_{bw}) \quad \text{식(4)}$$

$$d_{MR-MR}(TCA) = L_p + (2(S_{bu} + S_c) / R_{bw}) \quad \text{식(5)}$$

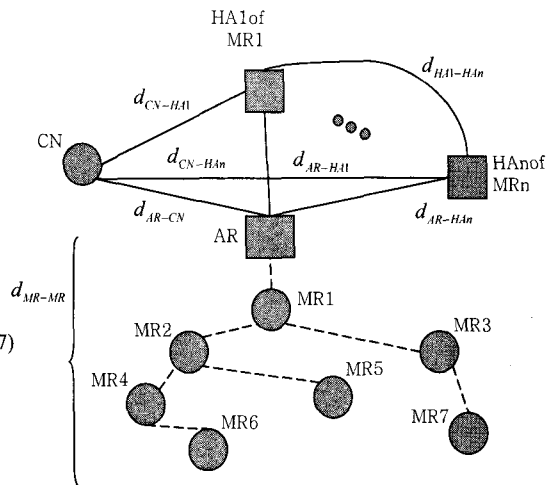
$$d_{MR-MR}(H.Lim) = L_p + ((S_{bu} + S_c) / R_{bw}) \quad \text{식(6)}$$

$$d_{AR-HAn}(BNEMO) = (L_p + ((LS_{bu} + 2S_c) / R_{bw})) \times C_{hopcount} \quad \text{식(7)}$$

$$d_{MR-MR}(RRH) = L_p + ((S_{bu} + LS_c) / R_{bw}) \times C_{hopcount} \quad \text{식(8)}$$

$$d_{MR-MR}(TCA) = L_p + (2(S_{bu} + S_c) / R_{bw}) \times C_{hopcount} \quad \text{식(9)}$$

$$d_{MR-MR}(H.Lim) = L_p + ((S_{bu} + S_c) / R_{bw}) \times C_{hopcount} \quad \text{식(9)}$$



〈그림 7〉 성능 평가를 위한 네트워크 토폴로지

모든 노드의 처리 우리는 트리 기반 NEMO RO 제안의 성능을 기존 RO의 제안들과 비교하여 평가할 것이다. 우리는 특정 MR의 바인딩 업데이트 시간과 내부 라우팅에 요구되는 지연 시간을 IETF NEMO 기본 프로토콜(BNEMO), RRH, TCA 제안들에 대하여 함께 평가할 것이다. 우선 MR이 L레벨로 중첩된 네트워크로 이동하였을 때 HA로의 BU에 대한 시간에 대해서 그림 7에서 함께 나타내고 있다.

BNEMO의 경우는 MR 자신의 HA로의 경로 최적화가 수행되지 않는 경우이다. 그러나 나머지 제안들은 상위 MR의 중첩과 상관없이 자신의 MR로 직접 BU를 수행한다. 여기서 전송되는 BU 패킷은 RO메커니즘에 따라 상이한 차이가 발생한다. 특히 우리는 AR부터 MR의 HA사이, CN과 HA사이, 그리고 HA들사이 전송 홉은 동일한 수준으로 가정한다. 또한 무선과 유선의 전송 대역폭, 전이 시간이 동일하다고 가정한다. 따라서 d_{HAx} 은 이들의 지연 값을 대표한다. 이를 그림 7에서는 보여주고 있다. 내부라우팅의 효율을 평가하기 위해서 특정 MR이 같은 중첩 NEMO 네트워크의 다른 MR로 패킷을 전송할 때 발생하는 지연 시간을 고려하기로 한다.

$$BNEMO = 2 \times d_{MR-MR} + L \times (d_{AR-HA_n} + d_{HA1-HA_n}) + 2 \times d_{HAx} \quad \text{식(11)}$$

$$RRH, TCA = 2 \times d_{MR-MR} + 2 \times d_{AR-HA1} \quad \text{식(12)}$$

$$H.Lim = 2 \times d_{MR-MR} \quad \text{식(13)}$$

(표 2) 성능 평가에 사용된 파라미터

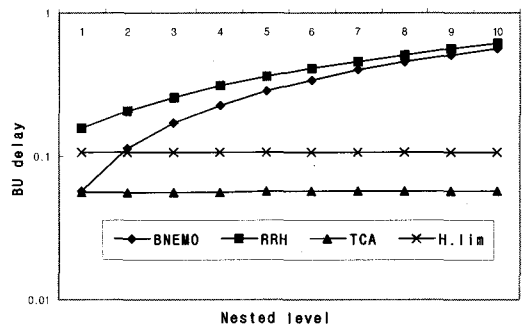
파라미터 설명		파라미터 설명		실험값	
R_{bw}	전송 대역폭	최대 100Mbps, 최소 1Mbps	$C_{hopcount}$	홉에이전트간 홉카운트	고정: 10, 변동값: 2~20
L	중첩 레벨	1~10	L_p	네트워크 전송 지연	0.5msec
S_{bu}	BU메시지 크기	40byte	S_c	확장헤더 엔트리	16byte

예를 들어, MR7이 MR6와 통신을 하고자 할 경우 BNEMO의 경우는 경로 최적화가 되지 않았기 때문에 MR6로의 패킷은 상위 MR들의 HA들로 중첩 헤더를 형성하고 MR7까지 거친 후 MR6의 HA에 도달하게 된다. 이때 MR6의 HA는 현재의 중첩 NEMO 네트워크에 MR6가 있다는 것을 알려주고 해당 패킷을 포워딩하게 된다. 따라서 식(11)과 같은 분석 결과를 얻을 수 있다. 그러나 식(12)와 같이 RRH와 TCA 경우는 우선 MR6의 HA로 직접 도달한 후 현재 MR6가 위치한 NEMO 네트워크로 포워딩 된다. 그러나 식(13)과 같이 우리의 제안 경우 AR에서 현재 NEMO 네트워크에 해당하는 정보를 보유하고 있기 때문에 AR에서 직접 패킷을 해당 트리 가지로 포워딩하게 된다.

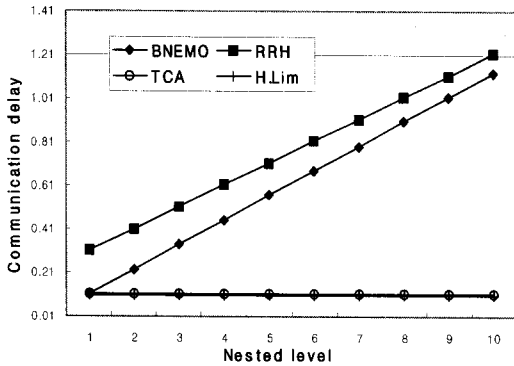
접근 방식에 따라 중첩 레벨 증가시 인터 AR 통신의 경우 지연 시간을 보여주고 있다. 이 경우 특정 MR이 임의의 중첩 NEMO 네트워크에 접촉하였을 때 BU 지연 시간을 평가하였다. 우리의 제안(H.lim)의 경우 TCA 방식보다 많은 지연 시간을 요구하고 있다. 이는 라우팅 확장 헤더와 라우터 얼럿 옵션의 사용으로 인한 메시지 전송 지연 비용 및 처리 지연에 의한 결과이다. BNEMO의 경우 중첩 레벨 만큼 엔캡슐레이션 되는 터널로 인한 처리 비용을 의미한다. RRH 경우에 H.lim과 같이 라우팅 확장 헤더를 사용하지만 이 방식의 경우 중첩 레벨의 증가에 따라 경로 상의 상위 MR에 대한 정보를 전송 패킷의 확장 헤더에 포함해야 하기 때문에 더 많은 지연을 보여주고 있다.

4.2 성능 분석

표2에서는 사용된 파라미터에 사용된 값을 나타내고 있다. 트리기반 접근과 다른 RO 접근들의 성능을 비교하기 위해서 인트라 AR 및 인터 AR 두 가지 통신 시나리오를 사용하였다. 인트라 AR 통신의 경우 중첩 NEMO 네트워크 안의 두 MR 사이에 통신시 전송 패킷에 대한 지연을 평가하였으며, 인터 AR의 경우 MR이 AR 사이를 이동하였을 때 자신의 HA로 BU 패킷을 전송하는데 소요되는 시간을 평가하였다. 그림 8에서는 RO

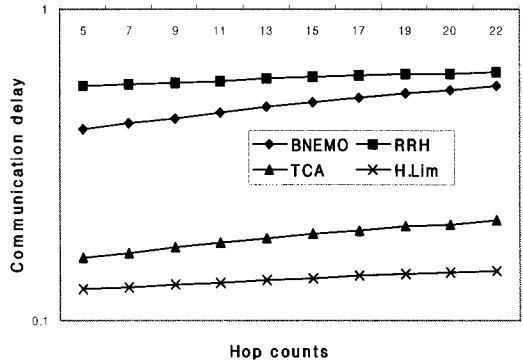


(그림 8) 중첩 레벨 증가시 인터 AR 통신의 경우 지연 시간



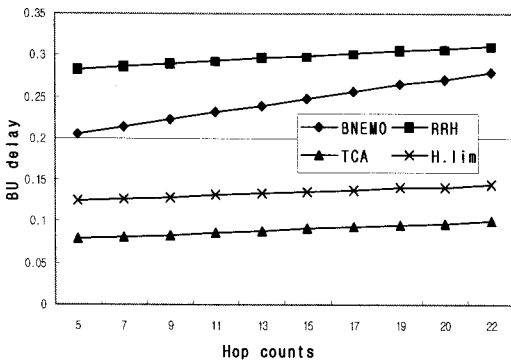
(그림 9) 중첩 레벨 증가시 인트라 AR 통신의 경우 지연 시간

그림 9의 경우 중첩 NEMO 내부에서의 통신 지연을 보여주고 있다. 우리는 두 개의 서로 다른 MR이 통신하는 경우를 가정하였다. 예를 들면 그림 7의 MR7과 MR4 사이 통신 지연을 예로 들 수 있다. 이 경우 우리가 주목할 부분은 TCA와 H.lim의 지연 비용이 가장 적게 나타난다는 것이다. 특히 TCA 경우는 NEMO 네트워크에서 내부 라우팅을 위해 자신의 홈 네트워크까지 경유 한 이후에 목적지 MR에 전송됨에도 불구하고, H.lim 과 비슷한 지연을 갖는 다는 것이다. 그림 8과 9 에서는 전송 대역폭이 매우 높은 경우를 예로 들고 있기 때문에 이와 같은 결과를 보여주고 있다.



(그림 11) 중첩 레벨 증가시 인트라 AR 통신의 경우 지연 시간

그림 10과 11의 경우는 전송 및 패킷 지연의 성능이 RO 메커니즘에 영향을 미칠 경우의 성능 비교를 보여주고 있다. 그림 10에서는 인터 AR의 경우 여전히 TCA가 가장 낮은 비용을 보여주고 있다. 그러나 그림 11에서 인트라 AR통신의 경우, TCA방식이 H.Lim 방식보다 많은 지연시간을 보여주고 있다. 이것은 TCA 접근이 패킷당 처리 및 지연 영향이 적다하더라도 특정 MR로의 내부 라우팅을 위해서는 자신의 HA를 경우 한 이후에 목적지에 도달 할 수 있기 때문에, 전송 효율이 영향을 미치는 환경에서는 비효율적인 효율을 가 질 수 있음을 보여주고 있다.



(그림 10) 중첩 레벨 증가시 인터 AR 통신의 경우 지연 시간

5. 결론

본 논문에서는 중첩 NEMO 네트워크 환경에서 기존의 RO 성능의 향상 뿐 만이 아닌 내부라우팅의 효율을 높일 수 있는 기법을 다루고 있다. 제안 기법은 중첩 NEMO 네트워크를 구성하는 토폴로지를 트리정보로서 TLMR이 접촉하고 있는 AR에서 유지한다. 또한 이동 라우터의 CoA 주소의 구성에 트리 정보를 포함함으로써 주소 구성 및 라우팅 정보를 제공하는 역할을 할 수 있도록 하였다. 따라서, 기존의 NEMO RO 접근들이 내

부 라우팅을 위해서 해당 MR들의 홈 에이전트를 경유하고 나서야 내부의 다른 MR에 도달하게 되는 오버헤드를 감소할 수 있었다. 제안 기법에서는 AR에서 내부 이동 라우터로의 패킷을 감지하고 해당 이동 라우터로 포워딩 할 수 있다. 우리는 향후 연구로서 NEMO의 이동성으로 인해 AR에서의 트리 정보가 재구성 되어야하기 때문에 트리 메커니즘의 재구성 기법을 향상에 대한 연구를 진행할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] V. Devarapalli, R. Wakikawa, A. Petrescu, and P. Thubert, "Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol", IETF, RFC3963.
- [2] H. Lim, D.Lee, T.Kim, and T. Chung, "A Model and Evaluation of Route Optimization in Nested NEMO Environment", IEICE Trans. on Communication Vol. E88-B, No. 7, July 2005.
- [3] M. Calderon, C. J. Bernardos, M. Bagnulo, I. Soto, and A. de la Oliva, "Design and Experimental Evaluation of a Route Optimization Solution for NEMO", IEEE Journal on Selected Areas in Communicatin (J-SAC), Vol. 24, NO.9, September 2006.
- [4] C. Adjih, E. Baccelli, and P. Jacquet, "Link State Routing in Wireless Ad-hoc Networks", IEEE MILCOM'03, 2003.
- [5] Hyemee Park, Tae-Jin Lee, and Hyunseung Choo, "Optimized Path Registration with Prefix Delegation in Nested Mobile Networks", MSN 2005, LNCS 3794, pp. 327-336, 2005.
- [6] Moon-Sang Jeong, Jong-Tae Park, and Yeong-Hun Cho, "HMNR Scheme Based Dynamic Route Optimization to Support Network Mobility of Mobile Network", EUC 2005, LNCS 3824, pp.673-682, 2005.
- [7] R. Hwang, C. Wang, C. Li, and Y. Chen, "Mobile IPv6-based Ad Hoc Networks: Its Development and Application, " IEEE Journal on Selected Areas in Communications (J-SAC), Vol. 23, No. 11, November 2005.
- [8] C. W. Ng, and T. Tanaka, "Securing Nested Tunnels Optimization with Access Router Option", Internet Draft (expired), [Http://www.mobilenetworks..org/nemodrafts/draft-ng-nemo-access-router-option-01.txt](http://www.mobilenetworks..org/nemodrafts/draft-ng-nemo-access-router-option-01.txt), January 2005.

● 저자 소개 ●



임형진(Lim Hyung-Jin)

1998년 2월 한림대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)

2001년 8월 성균관대학교 정보통신대학원 정보통신공학과 졸업(석사)

2006년 8월 성균관대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(박사)

2007년 8월 성균관대학교 BK21 Post-Doctor

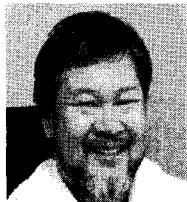
2007년 10월~현재 금융보안연구원 인증관리팀 선임연구원

2008년 1월~현재 한국인터넷정보학회 논문지편집위원

2008년 1월~현재 한국정보보호학회 논문지편집위원

관심분야 : IP 이동성 관리 기술 (Netlmn, Network Mobility, Ad-hoc Mobility 등), VPN 기술 (MPLS, IPSec, SSL 등), AAA(Authentication, Authorization and Accounting) 및 접근제어, 키 관리 및 인증 프로토콜, 강한 사용자 인증 기술(One Time Password 및 Multi-factor Authentication)

E-mail : dream.hjlim@gmail.com



정태명(Chung Tai-Myoung)

1981년 2월 연세대학교 전기공학과 졸업(학사)

1984년 6월 일리노이 주립대학 전자계산학과 졸업(학사)

1987년 12월 일리노이 주립대학 컴퓨터공학과 졸업(석사)

1995년 8월 퍼듀 대학 컴퓨터공학 (박사)

1995년 9월~현재 성균관대학교 컴퓨터공학과 교수

2005년~2007년 OECD 정보보호작업반(WPISP1) 부의장

2007년 ~현재 한국CPO포럼 의장

2000년~현재 한국침해사고대응팀협의회(CONCERT) 위원장

관심분야 : 실시간시스템, 네트워크 관리, 네트워크 보안, 시스템 보안, 전자상거래 보안

E-mail : tmchung@ece.skku.ac.kr