

유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 네트워크 이동성 관리 기술 현황[☆]

김도현* 안병구**

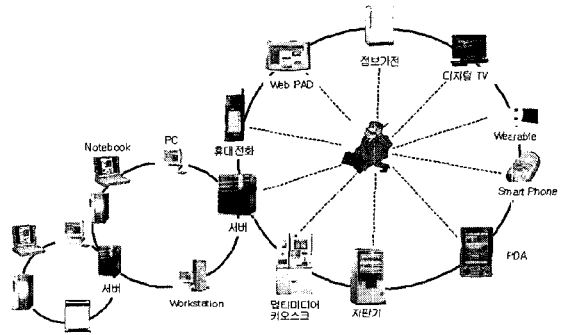
◆ 목 차 ◆

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| 1. 서론 | 3. 네트워크 이동성 지원 방안 |
| 2. IETF NEMO 워킹그룹의 동향 | 4. 결론 |

1. 서론

유비쿼터스(Ubiquitous)는 '언제 어디서나' '동시에 존재한다'는 뜻으로서 사용자가 컴퓨터나 네트워크를 의식하지 않는 상태에서 장소에 구애 받지 않고 자유롭게 네트워크에 접속할 수 있는 환경을 의미하는 이상적인 컴퓨팅 환경을 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)으로 정의하고 있다. 또한, PARC(Palo Alto Research Center)의 마크 와이저는 인간화된 인터페이스로서 눈에 보이지 않아야 하고, 가상공간이 아닌 현실세계의 어디서나 컴퓨터의 사용이 가능해야 하며, 장소, 장치, 시간, 온도, 명암, 날씨 등의 사용자 상황에 따라 서비스는 변해야 한다고 정의하고 있다. 따라서 유비쿼터스 컴퓨팅은 모든 컴퓨터가 서로 연결되고 이용자 눈에 보이지 않으며 어디서나 이용 가능하고 현실세계의 사물과 환경 속으로 스며들어 일상 생활에 통합되는 것을 기본 전제로 하고 있다.

현재 유비쿼터스 기반의 이동 정보 사회를 구현하기 위해 세계 각국의 기업들이 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 개발하고 있다. 노키아에서는 이동 단말기 중심의 무선 네트워크 기반의 이동 홈 네트워크 분야를 개발하고 있으며, 인텔에서는 Proactive 컴퓨팅 환경을 무선 통신 다기능 칩(Chip)을 중심으로 구현하고자 하고 있다. IBM 에서는



(그림 1) 유비쿼터스 네트워크 개념도

Pervasive 컴퓨팅 환경을 제공하는 네트워크를 통한 분산 처리 솔루션을 개발하고자 한다. 더불어 소니에서는 유비쿼터스 가치 네트워크(Ubiquitous Value Network)를 구현하기 위해 전자 가전제품을 이용하여 디지털 네트워크 기반의 엔터테인먼트를 개발하고 있다.

이러한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 제공하기 위해서는 유/무선 네트워크의 통합과 수많은 센서 네트워크의 구축으로 특정장소를 불문하고 동일한 통신 서비스 환경이 구축되어 일반 이용자가 느낄 수 없는 눈에 보이지 않는 유비쿼터스 네트워크(Ubiquitous Network)가 필요하다. 유비쿼터스 네트워크는 개인 컴퓨터 네트워크뿐만 아니라 휴대전화, 자동차 네비게이션, 센서 등 모든 정보 기기가 네트워크화되어 언제, 어디서나, 누구나 대용량의 네트워크를 사용할 수 있고 저렴한 비용으로 커뮤니케이션 할 수 있는 것을 가리키고 있다. 유비쿼터스 네트워크에서는 한 사용자가 여러 정보 가지고 있다.

* 제주대학교 통신컴퓨터공학부 조교수

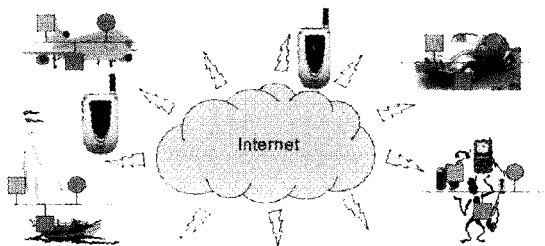
** 홍익대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수

☆ 본 연구는 한국학술진흥재단 지역대육성지원사업

(과제번호 : KRF-2004-002-D00376) 지원으로 수행되었음.

가장 대표적인 초기의 유비쿼터스 네트워크로는 무선 분산 센서망과 Ad Hoc 네트워크를 들 수 있다. 현재 분산 센서망은 미국의 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency) 주도하에 UC 버클리(picoradio), MIT(μ AMPS), 포틀랜드(PACMAN), UCLA(PADS) 대학을 비롯한 많은 연구기관에서 분산 센서망 기술을 개발 중이고 무선 HiDRA 기술을 비롯한 많은 산업체에서 일부 초기 제품을 선보이고 있는 실정이다. Ad Hoc 네트워크는 기존의 기지국이 유선 네트워크에 연결된 형태의 통신 인프라 기반과는 달리 모든 단말기가 이동하는 환경에서 서로 직접적인 무선 전송 범위에 위치하지 않은 노드간의 원활한 데이터 전송을 위해 다중 홉 무선 링크로 구성되어 여러 개의 중간 단말기들의 데이터 포워딩/경로설정(Forwarding/Routing)에 의존하게 되는 새로운 형태의 네트워크다. 대표적인 Ad Hoc 네트워크 모델로서 미국의 DARPA에서 추진해온 GloMo(Global Mobile Information System) 프로그램은 이러한 역할로서의 Ad Hoc 통신 망 개념을 잘 수용하고 있으며 최근에는 IETF의 MANET 작업반에서 Ad Hoc 네트워크에 적합한 프로토콜 연구 및 표준화 활동을 활발히 진행하고 있다.

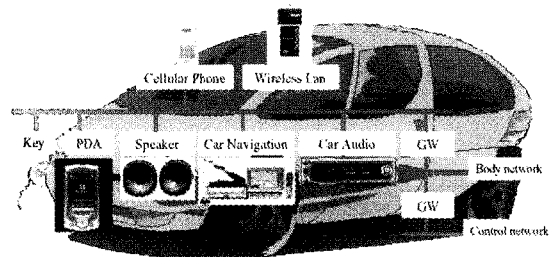
이러한 분산 센서망을 이용한 PAN(Personal Area Network)이나 Ad Hoc 네트워크는 그림 2와 같이 많은 호스트들을 가지고 있는 비행기, 기차, 자동차, 선박 등에 구축될 것이라 예상된다. 이들 선박, 기차, 비행기에서는 하나 혹은 여러 개의 서브넷으로 구성된 많은 호스트들이 같은 이동성을 가지고 전체가 동시에 이동하게 되는 경우가 발생한다. 이와 같이 호스트의 이동만이 아니라 하나의 네트워크 전체의 이동을 이동 네트워크라 말한다. 이 경우 이동 네트워크는 인터넷과의 접속점이 바뀌어 네트워크의 형태가 변형하게 된다. 대표적으로 비행기이나 선박 등에 분산 센서망으로 구성된 특정 그룹이 이동하는



(그림 2) 비행기, 기차, 자동차, 선박 등의 이동 네트워크

IPv6 기반의 이동 네트워크가 구현될 것으로 전망된다.

최근 네트워크 이동성 관리를 제공하기 위해 세계 각국에서 여러 프로젝트가 진행되고 있다. 일본 게이오 대학교 연구센터에서는 Internet Car(Internet Connected Automobile Researches) 프로젝트를 수행하고 있다. 이 프로젝트에서는 자동차 내부 수십 개의 CPU를 두어 멀티미디어 네트워크(Never lost 등), 자동차 Body 네트워크(전조등, 자동 창문 등), 제어 네트워크(엔진 등) 등의 3개의 클러스터 네트워크를 구축하여 인터넷 프로토콜을 적용한 멀티미디어 서비스를 제공하고자 한다. 무선랜을 포함한 다양한 통신 기기를 보유한 네트워크에 대해 멀티호밍(Multi Homing), 네트워크 이동성, 백워드 호환성(Backward compatibility) 등을 지원하는 기술을 연구하고 있다. 더불어 IST(Information Technologies Programmer)에서는 OverDRIVE (Over Dynamic Multi-Radio Networks in Vehicular Environments)와 MIND(Mobile IP based Network Developments) 프로젝트를 추진하고 있다. OverDRIVE 프로젝트는 차량과 같은 이동 단말에 멀티미디어 서비스를 지원하는 스펙트럼의 효과적인 공급을 위해 UMTS(Universal Mobile Telephone System)의 확장과 기존의 다양한 네트워크와의 연동 지원이 목표이다. OverDRIVE는 이를 위해 차량에서 스펙트럼의 효과적인 멀티캐스트, 유니캐스트 서비스의 전달에 관한 다양한 연구 및 실험을 수행하고 있다. 그리고, MIND에서는 Ad Hoc 네트워크에서 QoS, 라우팅 등을 연구하며 있으며, 최근 네트워크 이동성에 관련하여 멀티 호밍에 대해 연구하고 있다. 그림 3은 Internet Car의 구성도이다.



(그림 3) Internet Car 구성

최근 IETF에서는 특정 그룹이나 네트워크의 이동에 많은 관심이 집중되면서 네트워크 이동성 지원에 대해 표준화 작업이 활발히 진행되고 있다. 네트워크의 이동성 지원

을 위한 표준화는 NEMO(NEwork MObility) 워킹그룹을 중심으로 연구되고 있으며, 기본적인 네트워크 이동성 지원 방안 표준화 및 경로 최적화 문제와 핸드오프 성능 향상 방안의 표준화를 목표로 하고 있다. 현재는 이와 관련된 용어에 대한 정의와 요구사항에 대해 정의한 상태이다.

본 고에서는 IETF NEMO 워킹그룹의 표준화 동향을 살펴보고, 네트워크 이동성 지원 방안에 대해 고찰하고자 한다. 이를 위해 IETF NEMO 워킹그룹에서 진행되고 있는 기본 요구사항, 멀티호밍, 경로최적화 등을 중심으로 표준화 동향을 살펴본다. 그리고 기본적인 네트워크 이동성 지원 방안과 구성요소를 살펴보고, 중첩된 네트워크 환경으로 인해 요구되는 경로최적화 방안들을 고찰하고 상호 비교 분석한다.

2. IETF NEMO 워킹그룹의 동향

NEMO 워킹그룹은 BoF 회의 동안 작성된 기고서를 기반으로 워킹그룹 문서를 정리하였고, IETF 55차 워킹그룹 회의에서 정식 워킹그룹으로 가입하게 되었다. 현재 전문 용어와 요구사항에 대한 기고서의 새로운 버전을 발표하였다. 그리고, AAA에 대한 논의하였으며, MIPv6 기반의 이동 라우터를 위한 IPv4 변환, 양방향 터널링에서의 멀티호밍 이슈 등에 대해 발표하고 있다. 최근 서울에서 열린 59차 IETF 회의에서는 전체 NEMO 워킹그룹의 일정 조정과 NEMO 관련 용어, 목적, 요구사항, 그리고 NEMO 환경에서 멀티호밍 지원에 대한 논의가 있었다. 현재까지 네트워크 이동성에 관련된 용어 정의와 요구사항에 대한 논의가 이루어지고 있고, 기존의 Mobile IP 워킹그룹의 방안들을 대부분 수용하고 있다. 본 장에서는 지금까지 NEMO에서 논의된 내용을 중심으로 기본 요구사항과 기능, 경로 최적화 방안, 멀티호밍에 대한 표준화 동향을 살펴본다.

2.1 NEMO의 기본 요구사항 및 기능

NEMO의 기본적인 기능으로 합의된 것에 대한 발표하였는데, 모두 13개 요구사항 항목으로 요약된다. 이 항목들을 기반으로 NEMO의 기본적인 기능을 제공할 표준문서를 개발할 예정이라고 한다. 기본적인 NEMO 제공을

위해 필요한 요구사항은 아래와 같다[1].

- 기본적인 기능은 IP 계층 레벨에서 구현함.
- MR(Mobile Router)과 MR의 홈 에이전트 사이의 양방향 터널 설정함.
- MNN(Mobile Network Node)와 인터넷에 위치한 상대 노드(CN : Correspondent Node) 사이에 교환되는 모든 트래픽은 양방향 터널을 통하여 전달함.
- MNN는 영구적인 IP 주소와 DNS 네임으로 접근 가능함.
- MR의 IP 핸드오프 이후 MNN과 상대 노드 사이의 유니캐스트나 멀티캐스트 세션을 유지해야 함.
- MR과 홈 에이전트를 제외한 다른 노드에게 수정을 요구해서는 안됨.
- 이동 네트워크에 위치한 모든 고정 노드, 이동 호스트, 이동 라우터에게 네트워크를 지원
- MIPv6-enabled MNN이 이동 네트워크 링크를 홈 링크나 외부 링크(Foreign link)로 사용할 수 있음.
- MIPv6의 동작을 그대로 지원해야 함.
- 여러 계층으로 존재하는 MR로 구성된 중첩된 이동 네트워크의 지원함.
- 멀티 호밍을 제공하는 이동 네트워크의 지원
- 홈에이전트와 MR 사이의 시그널링 메시지의 암호화됨.
- MR이 홈 네트워크와 떨어진 상황에서의 라우팅 및 관리의 투명한 연속성 제공함.

IETF NEMO 워킹그룹에서는 기본적인 NEMO 지원에 대한 논의 및 발표되고 있다. Ryuji Wakikawa는 NEMO의 기본적인 지원을 위한 새로운 해결책을 제시하였다. 이 기고서는 이동 네트워크가 홈에이전트로부터 자신이 사용할 네트워크 prefix를 동적으로 할당 받을 수 있다. 이 기고서의 기법은 홈에이전트에서 관리되는 기존의 MIPv6 바인딩 캐싱에 호스트 주소에 대한 바인딩과 더불어 prefix 바인딩을 동시에 운영하게 함으로써 MIPv6의 작은 수정으로 NEMO와 MIPv6를 동시에 지원할 수 있는 방법을 제시하였다. NEMO 워킹그룹의 의장인 TJ Kniveton은 워킹그룹 멤버들의 동의를 얻어서 MRTP(Mobile Router Tunneling Protocol)를 NEMO의 Basic Support 기본 문서로 채택하였고, MRTP는 MR에서 역방향 터널링 기법을 사용하여 사용자 모드(consumer mode)와 전 기능 모

드(fully enabled mode)로 나누어 라우팅을 지원하고 있다. 향후 기본적인 지원에 대한 워킹그룹 작업을 추진할 것이라고 했다.

2.2 이동 네트워크에서 경로 최적화 방안의 연구 동향

현재 NEMO 기본 방안의 개선에 대한 논의와 함께 특히, 경로 최적화 방안에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. NEMO 기본 방안은 이동성 기능이 없는 LFN (Local Fixed Node)과 상대 노드가 통신을 하는 경우에도 이동성을 지원하지만, 이동 네트워크 하부에 또 다른 이동 네트워크가 접속한 중첩된 이동 네트워크 환경(nested NEMO)에서는 경로 최적화를 지원하지 않는다. 또한 이동 네트워크 내부 및 외부의 동일한 구간에 대해 중첩된 터널을 형성하므로, 전송 시간이 지연되고 패킷이 다중 캡슐화 되는 pinball routing 문제가 발생한다. 경로 최적화를 지원하기 위해서는 데이터가 지나게 될 경로에 대한 정보를 관리하여야 한다. 홈 에이전트에서 경로 정보를 관리하는 RRH(Reverse Routing Header), NPI(secure nested tunnels optimization using Nested Path Information), ARO(securing nested tunnels optimization with Access Router Option) 방안의 경우, 인터넷 구간을 포함한 전체 구간에서 패킷의 오버헤드가 증가하며 이동 네트워크 내부 망의 구조가 변할 경우 경로 정보의 갱신이 늦어지는 단점이 있다. 그리고 경로 정보를 최상위 이동 라우터에서 관리하는 BHT(Bi-directional tunneling between Home agent and Top level mobile router), HMIP의 경우는 이동 네트워크 내부 구간인 무선 구간에서 패킷의 오버헤드가 증가하며, 전송 경로에 고정된 라우터가 있을 경우 경로가 최적화되지 않는 문제가 있다. 자세한 경로 최적화 방안은 3 장에서 살펴보고자 한다[2-8].

2.3 IPv6 기반의 멀티호밍 연구 동향

멀티호밍이란 하나의 단말기 또는 접속망(access network)이 물리적으로 여러 개의 사업자망에 연결되는 것을 의미한다. 멀티호밍은 물리적인 링크 중복성을 통해, 링크 장애에 쉽게 적응하여 통신중단이 발생하지 않

게 하며, 여러 링크로 부하를 분산함으로써 서비스 질을 향상시키는 등의 다양한 장점을 갖게 된다. 이러한 IPv6 멀티호밍은 초기에 IETF IPv6 워킹그룹의 한 이슈로 다루어졌으며 RFC 2260의 부분적인 집합을 채택한 RFC 3178이 임시적인 표준으로 제안되었다. 현재 새로운 워킹그룹인 IETF Multi6 워킹그룹을 구성하고, 이 문제에 대한 해결을 시도하고 있다.

이동 네트워크에서 멀티호밍이란 이동 라우터가 외부 망으로 둘 이상의 인터페이스를 가지거나 하나의 이동 네트워크에서 둘 이상의 이동 라우터가 다른 네트워크에 연결되어 있는 구조를 말한다. 현재 IETF NEMO 워킹그룹에서는 기본적인 멀티 호밍 지원 방안 또한 논의되고 있으며, 이슈로 제시되고 있다. 현재까지는 IETF NEMO 워킹그룹에서는 기존의 IPv6 의 멀티 호밍 지원 관련 워킹 그룹의 방안들을 고려하고 있다. 따라서 기존의 중복성을 지원하기 위해 멀티 호밍을 이동 네트워크에 적용하여 새로운 이동 네트워크에 적합한 멀티 호밍의 표준화 작업이 진행되고 있다. 최근 멀티호밍의 목적 및 장점, 분류와 고려 사항에 대해서 제시되고 있다[9].

3. 네트워크 이동성 지원 방안

3.1 기본적인 네트워크 이동성 지원 방안

이동 네트워크는 Mobile IP의 호스트의 이동성 지원의 확장된 개념으로 다수의 호스트가 이루는 네트워크 전체가 이동 하는 형태이다. 이러한 이동 네트워크의 예로는 많은 호스트들을 가지고 있는 기차, 비행기 선박 등이 있으며, 승객들이 소지한 핸드폰, PDA, 노트북 등은 이동 라우터에 접속된 호스트가 된다.

네트워크 이동성 지원은 네트워크 자체가 이동하면서 이동 네트워크 내의 각 호스트들에 대해 투명한 이동성 제공을 목표로 한다. 즉, 이동 네트워크 내 각 호스트들은 네트워크의 이동 사실을 인지하지 못하게 하면서 지속적인 인터넷 서비스를 유지할 수 있어야 한다.

네트워크 이동성 지원은 네트워크 자체가 이동하면서도 이동 네트워크 내의 각 호스트들에 대해 투명한 이동성을 제공하는 것을 목표로 한다. 즉, 이동 네트워크 내의 각 호스트들은 이동성 지원 프로토콜의 지원을 받지 않고

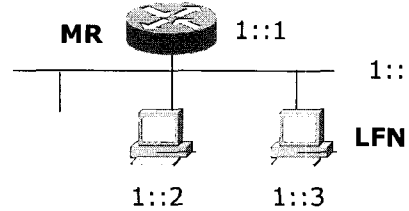
주소의 변화 없이 투명하게 이동성을 제공 받아야 한다.

ietf에 제시된 Mobile IP와 NEMO의 주요 구성 요소들과 기본 용어는 표 1과 같다[1]. 정의된 이동 네트워크 구성 요소들 중 홈 에이전트는 이동 노드와 이동 라우터에 대한 이동성 관리 및 패킷 전달 기능을 수행하며, 이동성 관리를 위해서 이동 노드의 위치가 변경될 때마다 등록 과정을 통해서 현재의 주소 정보를 유지하게 된다. 이 정

보를 바탕으로, 홈 망에서 외부 망으로 터널을 생성하여, 외부 망으로 이동한 노드에게 패킷을 전달한다. 이동성 바인딩과 캡슐화 및 터널링 기능을 통해 이동 노드가 동일한 IPv6 주소를 유지한 채 새로운 망으로 접속점을 바꾸더라도 지속적으로 패킷을 수신할 수 있고, 상위 프로토콜의 중단 간 세션을 유지할 수 있게 된다.

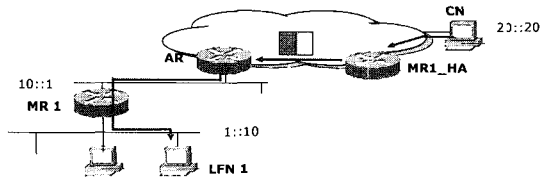
(표 1) NEMO 구성 요소 및 주요 용어

용어	내용
이동 라우터 (Mobile Router)	자신의 하부에 접속한 호스트에게 이동성을 지원하고 인터넷 연결을 유지시켜 주는 이동 가능한 라우터
고정 라우터 (Local Fixed Router)	이동 네트워크 내부에 고정되어 접속점을 변경하지 않는 라우터
고정 노드 (Local Fixed Node)	이동 네트워크 내부의 이동 라우터에게 접속되어 그 접속점을 변경하지 않는 고정 호스트
방문한 이동노드 (Visiting Mobile Node)	홈 링크가 이동 네트워크 외부에 있는 이동노드
상대 노드 (Correspondent Node)	통신을 행하고 있는 대상
홈 에이전트 (Home Agent)	이동 노드 또는 이동 라우터에 대한 주소정보를 바인딩하며 터널링을 통해 패킷을 전송하는 에이전트
홈 주소 (Home of Address)	이동 노드 또는 라우터에서 노드를 식별하고 세션 연결 및 유지를 위해 사용하는 주소로서, 이동 노드의 위치에 상관 없이 일정하게 유지됨
의탁 주소 (Care of Address)	현재 위치한 이동 노드 또는 라우터로 패킷전달을 위해 사용하는 주소 이동 노드의 접속점에 따라 변경 됨
이동성 바인딩 (Mobility Binding)	이동성 지원을 위하여 이동 노드에 대한 홈 주소와 CoA 정보를 유지 하는 것
터널링 (Tunneling)	이동 노드의 CoA로 캡슐화를 행한 홈 에이전트와 이를 역캡슐화한 이동 노드 사이의 논리적인 라우팅
캡슐화 (Encapsulation)	이동 노드의 현재 접속점으로 패킷을 전달하기 위해 홈 에이전트가 패킷 전체를 페이로드로 가정하여 새로운 패킷 생성 과정



(그림 4) 기본적인 이동 네트워크 지원 구조

그림 4는 기본적인 이동 네트워크 지원 구조를 나타내고 있다. 이동 라우터 MR1(Mobile Router)에 의해 이동하는 이동 네트워크는 1::의 prefix를 가진다. 이 네트워크가 홈 영역을 떠나서 외부 영역으로 이동하면 MR1은 AR로 부터 CoA(Care of Address)를 할당 받아서 이동 라우터의 홈 에이전트에게 등록한다. 이때 이동 라우터는 AR (Access Router)에게 접속할 때 자신은 이동 라우터를 숨기고 이동 호스트인 것처럼 접속한다. 그러므로 이동 라우터가 자신의 홈 영역을 떠나서 외부로 이동하는 경우에는 양방향 터널을 설정하여 모든 패킷이 일단 홈 영역을 거쳐서 전달되는 구조가 된다.

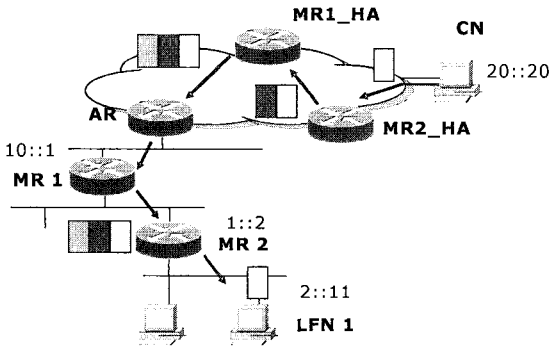


(그림 5) LFN에게 패킷이 전달되는 과정

이렇게 등록이 된 경우에 그림 5와 같이 상대노드가 이동 라우터 MR1에 접속된 고정 노드에게 패킷을 보내면, 이 패킷은 먼저 정상적인 라우팅을 통해 MR1의 홈영역에 도착하게 된다. 그러면, 홈에이전트가 이 패킷을 가로채어 MR1에게 터널링을 통해 전달하게 되고 다시 이동 라우터가 LFN에게 전달하게 된다. 이 때 사용되는 주소는

1::10 그대로이므로 CN은 이러한 네트워크의 이동 사실을 알지 못하게 된다. 그래서 패킷은 계속 홈 에이전트를 통해서 터널링되어 전달된다.

상대 노드가 MR2에 접속되어 있는 LFN1에게 패킷을 보내는 과정을 그림 6에서 나타내고 있다. 먼저 LFN1의 홈 주소로 패킷이 먼저 전달되면 MR2의 홈 에이전트가 이 패킷을 현재 MR2의 CoA인 1::2로 터널링하여 보내게 된다. MR1의 주소로 된 이 패킷은 다시 MR1의 홈 에이전트로 전달되고 MR1의 CoA인 10::1로 다시 한번 터널링되어 전달된다. 이런 과정을 거치는 동안 패킷은 인터넷을 총 세 번 지나게 되고 두 번의 터널링을 통해 전달된다. 이렇게 패킷이 인터넷을 지날 때 마다 지연이 발생하며, 지연변이가 발생할 확률도 늘어나게 될 뿐 아니라 터널링으로 헤더가 두 번 덧붙여지게 되므로 패킷의 길이도 커지게 된다. 이러한 오버헤드와 지연은 패킷이 수신하는 과정뿐만 아니라 전송하는 과정에서도 발생하게 된다. 그림 6에서 설명한 예는 MR1 밑에 MR2가 접속하여 길이가 작은 경우이지만, MR2 밑에 다시 이동 라우터가 계속적으로 접속하게 되면 이러한 문제는 더욱 더 커지게 된다. 이러한 경우를 이동 라우터가 중첩된 이동성이라 한다.

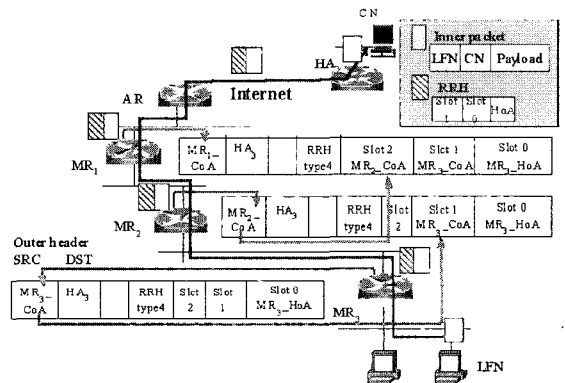


(그림 6) LFN에게 터널링되어 패킷이 전달되는 과정

3.2 중첩된 네트워크 환경에서 경로 최적화를 지원하는 방안

경로 최적화를 지원하는 기존 방안에는 라우팅 확장 헤더를 이용하는 RRH (Reverse Routing Header), NPI (secure nested tunnels optimization using Nested Path Information), ARO (securing nested tunnels optimization

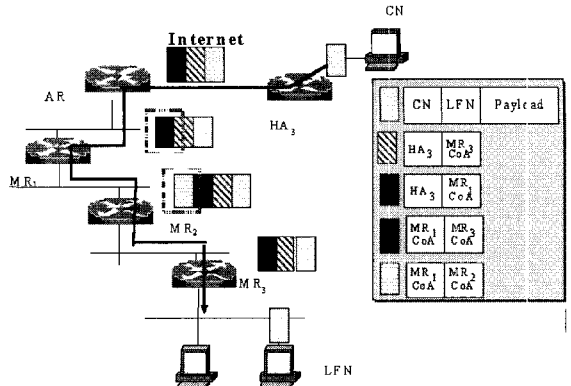
with Access Router Option) 방안과 IP 캡슐화를 이용하는 BHT (Bi-directional tunneling between Home agent and Top level mobile router), HMIP-based 방안 등이 있다. RRH, NPI 및 ARO 방안은 라우팅 확장 헤더를 이용하며, BHT 및 HMIP-based 방안은 이동 네트워크 내부 구간에서 다중 캡슐을 생성하는 공통점이 각각 있다. 따라서 이 항에서는 위에서 언급한 방안들 중 대표적인 경로 최적화 방안인 RRH와 BHT 등의 동작 과정을 분석하여 기존 제안된 방안들의 특징을 살펴보고자 한다.



(그림 7) RRH를 이용한 패킷 전송

RRH는 중첩의 깊이를 확장된 라우터 광고 메시지를 통해 알아낸다. 그림 7과 같이 이동 라우터에서 패킷을 전송할 때 빈 슬롯에 자신의 중간 단에서 지나게 될 라우터의 주소를 저장할 공간(type-5)을 확보한 후 상향으로 패킷을 전송한다. 각 라우터를 지날 때 마다 해당 라우터는 자신의 주소를 소스 주소로 기입하고 원래의 소스 주소는 빈 슬롯으로 이동시키는 과정을 거쳐 홈 에이전트까지 도착한다. 홈 에이전트에서는 패킷의 외부에 있는 라우팅 헤더(type-5)에 저장된 라우터 주소들을 바탕으로 type-2 라우팅 헤더를 사용하여 해당 패킷이 순차적으로 방문해야 할 모든 라우터를 명시하는 방법으로 이동 네트워크를 지원한다. 그러나, 전송할 모든 패킷에 경로상의 모든 라우터 정보가 포함되어야 하며, 계층의 깊이에 따라서 라우팅 헤더의 크기가 증가하는 문제가 있으며, 이동 네트워크의 계층정보가 변경되더라도 계층정보가 즉각적으로 반영되지 않고, 이동 라우터와 홈 에이전트 왕복거리에 해당하는 전송시간만큼 패킷 손실이 발생한다.

NPI는 RRH와 유사한 동작을 한다. RRH가 계층의 깊이 정보만을 받아 그 수만큼 빈 슬롯을 만들어서 패킷을 보내는 반면에, NPI는 최상위 이동 라우터까지 점유하게 될 모든 이동 라우터의 CoA를 직접 연결된 상단으로부터 광고 받는다. 이 정보들을 패킷을 보낼 때부터 확장된 헤더(type-6)의 슬롯에 채워서 보내는 방식이며, 홈 에이전트와 이동 라우터간의 전송경로와 기본적인 특성은 RRH와 동일하다.

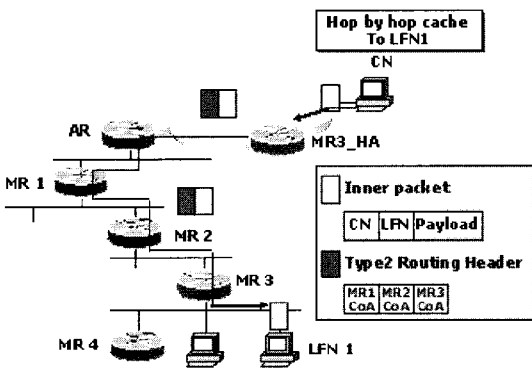


(그림 9) 다중 캡슐화를 통한 패킷 전송

전송과정은 THB와 동일하므로 THB를 설명하기로 한다.

THB는 MR-HA, MR-TLMR, TLMR-HA를 양단으로 하는 최소한 3개의 터널을 통해 패킷을 전송하며 위의 그림 9와 같이 다중 캡슐이 생성된다. 최상위 이동 라우터에서 하부에 속한 라우터들의 계층 정보를 관리하며 각 이동 라우터들은 최상위 이동 라우터의 CoA와 자신의 CoA를 추가적으로 광고한다. 하위에 접속하는 이동 라우터들은 최상위 이동라우터에게 자신의 HoA와 상위 이동 라우터의 CoA를 함께 등록하며 패킷 전송은 다중 캡슐을 사용한다. 홈 에이전트와 이동 라우터간의 캡슐화가 되며, 홈 에이전트와 최상위 이동 라우터, 최상위 이동라우터와 이동 라우터간에 또다시 캡슐화 한다. 이동 라우터에서 홈 에이전트로 향하는 패킷을 전송하려면, MR-HA간을 터널링하는 캡슐을 만든 다음, 다시 MR-TLMR과 캡슐을 만들어 상향으로 전송한다. 다음 단계에서는 그 전체 패킷을 또다시 최상위 이동라우터 까지 이르는 캡슐을 만드는 과정을 반복하여 최상위 이동라우터에서 MR-HA간의 캡슐을 제외하고 모두 역캡슐화 한 뒤, 홈 에이전트까지 이르는 캡슐을 생성하여 전송한다. 홈 에이전트에서 이동 라우터로 보내는 역방향의 경우, 최상위 이동라우터 에서 계층 정보를 보고 목적지까지 다중 캡슐을 생성한 뒤, 각 단을 거치면서 한번씩의 역캡슐화하여 목적지로 전송한다.

THB는 이동 네트워크 내부의 토폴로지가 변할 경우, RRH가 계층정보를 홈 에이전트까지 보낸 그 다음 돌아오는 패킷부터 정상적으로 수신할 수 있는데 비해서, 정보를 최상위 이동 라우터에게 등록을 하는 순간부터 홈에서 보낸 패킷을 정상적으로 수신할 수 있으며 이동 시에만

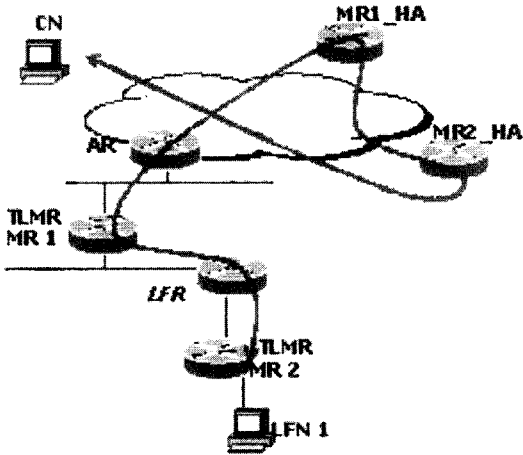


(그림 8) type-2 라우팅 헤더를 이용한 패킷 전송

ARO의 경우, 패킷 전송경로에 LFR이 존재할 경우에도 경로최적화를 지원한다. 이를 위해서 hop-by-hop 라우팅 헤더에 옵션을 추가하여 다음 단계에서 해당 패킷을 포워딩할 것인지, 터널링 할 것인지를 표시한다. 그러나 전송에러 발생시 icmp 에러 메시지가 반환될 원래의 소스 주소가 보존되지 않으며, 경로 상의 모든 이동 라우터들이 각각 새로이 접속한 이동 라우터의 홈 에이전트와 바인딩 업데이트 과정을 거쳐야 한다. 더욱이 RRH, NPI와 마찬가지로 각 이동 라우터들이 보낸 바인딩 업데이트를 바탕으로 홈 에이전트에서 계층정보를 관리하고, 그림 8과 같이 라우팅 헤더(type-2)를 사용하여 패킷을 전송하므로 ARO역시 같은 문제점을 가진다.

HMIP는 단말의 이동성을 제공하기 위해 Mobile IP 워킹그룹에서 제안되어온 프로토콜로서 호스트의 이동성만을 표준화를 진행하다가, 최근에 별도의 문서로 NEMO를 지원하는 방안이 제시되었다. 이동 단말과 이동 라우터에 대한 최적화를 다루고 있으며 이동 네트워크의 계층 정보를 MAP에서 관리한다. MAP는 위치에 따라서 외부 혹은 최상위 이동라우터(TLMR)가 될 수 있으며 기본적인

계층정보를 등록하는 장점이 있다. 그러나 등록 메시지가 반드시 최상위 이동라우터에게 전달되어야 하며, 경유하는 모든 이동라우터에서 여러 번의 캡슐/역캡슐화 과정을 거치므로 계층의 깊이에 따라 패킷의 크기가 증가하며, 그림 10과 같이 LFR이 경로에 포함될 경우 경로최적화가 되지 않으며, 목적지가 이동 네트워크 내부의 다른 계층에 있는 경우에도 외부의 홈 에이전트를 반드시 방문해야 하는 문제점이 있다.



(그림 10) LFR에 의한 경로우회

그 외에 nd-proxy, prefix delegation 등의 방법이 있다. 이 방법들은 proxy, 혹은 서브네팅을 이용하여 AR 또는 최상위 이동 라우터에서 사용하는 주소를 접속하는 이동 라우터에게 분배하여 이동 네트워크 내부에서는 논리적으로 하나의 계층만이 존재하는 방법이다. 그러나 이 방법은 접속하는 이동 라우터가 관리하는 모든 LFN의 수만큼 최상단에서 추가적인 주소를 할당해야 하므로, 보다 큰 규모의 이동 라우터가 하부로 접속할 수 없는 한계가 있으며, prefix 의 길이가 다른 경우 CoA 할당 시에 빠른 주소 중복검사와 구체적인 prefix 분배방법이 연구되어야 한다.

표 2에서는 중첩된 이동성과 함께 경로최적화를 지원하는 기고서를 분류하고 있다. 이런 방안들은 중첩된 이동 라우터들에 대한 정보가 관리되는 위치와 터널링 구간에 따라, 홈 에이전트에서 관리하는 방안, 최상위 이동 라우터에서 관리하는 방안으로 구분할 수 있다.

이상과 같이, 기존의 이동 네트워크 경로최적화 방안들이 갖는 특징과 문제점들을 간략히 살펴보았다. 기존의 중첩된 이동 네트워크를 지원하는 방안들은 중첩의 깊이가 커질 때마다 패킷의 오버헤드가 증가하는 문제가 있다. 더욱이 홈 에이전트에서 토폴로지 정보를 관리하는 방안들은 type 2 라우팅 헤더를 사용함으로써 중첩 깊이가 커질수록 인터넷 구간에서 헤더로 인한 오버헤드가 증가한다. 또한 이동 네트워크 내부에서 일어나는 구조 변경에 따른 갱신 정보가 인터넷 망을 통하여 전달되는 만큼의 시간지연이 발생하므로 홈 에이전트에서 패킷이 전송되는 동안 이동 네트워크의 구조가 변경되면 해당 패킷은 손실된다. 그리고 최상위 이동 라우터에서 관리하는 방안들은 최상위 이하 내부의 이동 라우터로 패킷을 전달하기 위해 여러 번 캡슐화하여야 하며, 고정 라우터 하부에 이동 라우터가 접속할 경우 해당 라우터들 모두가 최상위 이동라우터로 인식하여 각각의 홈 에이전트로 패킷을 터널링하므로 경로가 최적화되지 않는 문제가 있다.

(표 2) 중첩된 네트워크에서 제안된 경로 최적 방안

이동 네트워크의 계층정보 관리	제안된 방안	특 징
홈 에이전트	RRH NPI ARO	- MR-HA간의 터널링 기반 - 홈 에이전트에서 계층정보를 관리, 멀티 홈을 지원하는 새로운 라우팅 헤더를 정의
TLMR 또는 MAP	THB HMIPv6	- MR-TLMR간 터널링과 TLMR-HA간의 터널링을 기반 - TLMR또는 MAP에서 계층정보 관리, MR-TLMR간은 중첩 캡슐
하나의 논리계층	nd-proxy prefix-delegation	- 공통적으로 관리되는 주소를 모든 계층에게 할당 - 서브네팅 또는 프락시를 이용하여 최상위 망에서 관리되는 주소 분배

4. 결 론

최근 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 초기 네트워크는 무선 분산 센서망, PAN 및 Ad Hoc 네트워크 등이 될 전망이다. 이들 네트워크의 특정 그룹이나 서브넷과, 인터넷 차량, 항공기 등의 이동 네트워크의 끊임없는 인터넷 접속

을 지원하기 위해서 그룹에 대한 이동성을 제공하는 네트워크 이동성 관리 기술에 대한 연구가 진행되고 있다.

본 고에서는 IETF NEMO 워킹그룹의 표준화 동향을 살펴보고, 네트워크 이동성 지원 방안을 살펴보았다. 세부적으로 IETF NEMO 워킹그룹에서 진행되고 있는 기본 요구사항, 멀티호밍, 경로최적화 등을 중심으로 표준화 동향을 고찰하였다. 더불어 기존의 네트워크 이동성 지원 방안을 살펴보고, 중첩된 네트워크 환경으로 인해 요구되는 경로최적화 방안들을 고찰하고 분석하였다.

참 고 문 헌

- [1] T. Ernst and H-Y. Lach, "Network Mobility Support Terminology," Internet draft, draft-ietf-nemo-terminology-01.txt, Feb. 2004.
- [2] P. Thubert, M. Molteni, "IPv6 Reverse Routing Header and its application to Mobile Networks," Internet Draft, draft-thubert-nemo-reverse-routing-header-02.txt, June 25, 2003.
- [3] Jongkeun Na, Seongho Cho, Chongkwon Kim, Sunjin Lee, Hyunjeong Kang, Changhoi Koo, "Secure Nested Tunnels Optimization using Nested Path Information," Internet Draft, draft-na-nemo-nested-path-info-00.txt, September 2003
- [4] C. W. Ng, T. Tanaka, "Securing Nested Tunnels Optimization with Access Router Option," Internet Draft, draft-ng-nemo-access-router-option-00.txt, October 2002
- [5] Hyunsik Kang, Keecheon Kim, Sunyoung Han, Kyeong-Jin Lee, Jung-Soo Park, Route "Optimization for Mobile Network by Using Bi-directional Between Home Agent and Top Level Mobile Router," Internet Draft, draft-hkang-nemo-ro-tlmr-00.txt, June 2003
- [6] Castelluccia, C., Malki, K., Soliman, H. and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management (HMIPv6)," Internet Draft, draft-ietf-mobileip-hmipv6-08.txt, June 2003
- [7] Jae-Hoon Jeong, Kyeong-Jin Lee, Jung-Soo Park, Hyoung-Jun Kim, "ND-Proxy based Route Optimization for Mobile Nodes in Mobile Network," Internet Draft, draft-jeong-nemo-ro-ndproxy-02.txt, Feb. 2004
- [8] Kyeong-Jin Lee, Jae-Hoon Jeong, Jung-Soo Park, Hyoung-Jun Kim, "Network Mobility Support in IPv6," Internet Draft, draft-leekj-nemo-ro-pd-00.txt, June 2003
- [9] C. Ng, J. Charbon, E. K. Paik and T. Ernst, "Analysis of Multihoming in Network Mobility Support," Internet Draft, draft-ng-nemo-multihoming-issues-03.txt, Feb. 2004.

◎ 저 자 소개 ◎



김도현

1988년 경북대학교 전자공학과 학사
1990년 경북대학교 대학원 전자공학과 공학석사
2000년 경북대학교 대학원 전자공학과 공학박사
1990년~1995년 국방과학연구소 연구원
1999년~2004년 천안대학교 정보통신학부 조교수
2004년 9월~현재 제주대학교 통신컴퓨터학부 조교수
관심분야 : 센서 네트워크, 이동성 관리, 유비쿼터스 서비스



안병구

1988년 경북대학교 전자공학과 학사
1990년 경북대학교 대학원 전자공학과 석사
1996년 (미)Polytechnic University, Electrical and Computer Engineering (MSEE)
2002년 (미)New Jersey Institute of Technology, Electrical and Computer Engineering (Ph.D)
1990년~1994년 포항산업과학연구원(RIST), 선임연구원
1997년~2002년 New Jersey Institute of Technology, RA, TA, Lecturer
2002년~현재 홍익대학교 전자.전기.컴퓨터공학부 교수
관심분야 : Wireless Networks, Multicast Routing Protocols, QoS, Location-Based Technology