
네트워크 이동성 성능 향상을 위한 모바일 라우터 및 MR-MNN 프로토콜 설계

김남훈* · 강문수**

A Design of MR-MNN Protocol to Improve Mobile Router's Network Mobility

Namhoon Kim* · Moonsoo Kang**

이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단 박사 후 국외연수 사업의 지원을 받아 수행된 연구임. (과제번호: 2006-352-D00139)

요 약

네트워크 이동성은 모바일 라우터를 도입해 네트워크 내의 다수의 노드들에게 이동성을 지원하는 방법이다. 본 논문에서는 네트워크 이동성의 이점에 대해 기술하고, 이를 토대로 네트워크 이동성의 성능 향상을 위한 요구 사항을 제시하고, 네트워크 이동성을 구성하는 주요 통신 구간, 즉, 대응 노드와 홈 에이전트 간, 홈 에이전트와 모바일 라우터 간, 모바일 라우터와 모바일 노드 간을 살펴보고 성능 향상을 꾀할 수 있는 구간을 분석하여, 해당 구간에 적합한 프로토콜을 제안한다.

ABSTRACT

NEMO (NEtwork MObility) introduces the concept of mobile router in order to supply users with group mobility over wireless and mobile networks. This paper investigates the advantages and disadvantages of NEMO in terms of the overhead of group mobility management. This paper proposes the additional requirements to enhance NEMO performance. Moreover, we analyze the main communication paths, CN-HA, HA-MR, and MR-MNN, in the real NEMO testbed.

키워드

Mobile IP, Network Mobility, Group Mobility, and Mobile Router

* 삼성전자
** 조선대학교 컴퓨터공학부

I. 서 론

정보화 사회가 고도화 되면서, 인프라 중심의 컴퓨터 네트워킹 기술은 유비쿼터스라는 개념을 기반으로 하는 인간 중심의 기술로 진화하고 있다[1]. 차세대 네트워크 기술의 핵심이 될 유비쿼터스 네트워킹 기술은 언제 어디서나 사용자가 요구하는 서비스를 제공하기 위해 다양한 종류의 네트워크를 통합하며, 다양한 디바이스를 네트워크에 연결한다.

유비쿼터스 환경의 다양한 디바이스들에 IP기반 서비스를 지원하기 위해 기존의 인터넷 주소 체계(IPv4)를 넘어서는 차세대 인터넷 주소체계(IPv6)의 중요성이 부각되고 있다.[2]. 더욱이 장소와 관계없이 어디에서든 네트워크 서비스를 가능하게 하는 이동성 지원은 유비쿼터스 네트워킹 환경을 위해 강조되고 있다. 특히 개별 호스트 이동성 지원을 넘어 다수의 디바이스들에 이동성을 지원하는 네트워크 이동성(NEMO: Network Mobility)에 대한 연구는 현재 IETF의 워킹 그룹을 중심으로 연구 및 표준화가 활발히 진행 중이다[3][4].

본 논문은 현재 제안되어 있는 IPv6에서의 네트워크 이동성 지원 방법들을 분석하고, 네트워크 이동성이 차세대 인터넷에 적용되기 위해 갖추어야 할 요구 조건들을 NEMO의 테스트 베드 구축 및 실측을 통하여 제시하고자 한다. 즉, 송신자와 수신자 사이에 네트워크 이동성을 구성하는 세 구간 - 대응 노드(송신자, CN, correspondent node)와 홈 에이전트(HR, home agent) 구간, 홈 에이전트와 모바일 라우터(MR, Mobile Router) 구간, 모바일 라우터와 모바일 노드(수신자, MNN, mobile network node) 구간 - 을 살펴보고 성능 향상을 꾀할 수 있는 구간을 분석한다. 이 결과를 통해 모바일 라우터와 네트워크 노드들 간의 요구되는 새로운 프로토콜을 제안하고, 이를 지원할 모바일 라우터 구조를 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에는 네트워크 이동성 지원의 관련 연구에 대해 살펴보고, 3장에서는 네트워크 이동성 지원 방법의 성능 향상을 위한 요구 사항들을 기술한다. 이를 바탕으로 4장에서는 네트워크 이동성 지원 방법의 성능 향상이 가능한 네트워크 프로토콜을 제안하고, 이에 핵심 요소인 모바일 라우터 구조를 제안한다. 5장에서는, 제안된 구조의 효과를 보일 수 있는 네트워크 이동성 실측 실험에 대해 기술하고, 6장에서 결론을 기술한다.

II. 관련 연구

· 모바일 IP (Mobile IP)

인터넷에서 사용자의 단말(호스트)에게 이동성을 지원할 때 가장 큰 문제는 현재 인터넷의 주소 체계로 사용되고 있는 IPv4 주소 체계이다. IPv4 주소는 그 계층적 구조에서 볼 수 있듯이 호스트의 위치를 나타내 주면서 해당 호스트의 식별자(Identification)로써 사용된다. 따라서 호스트가 고정되어 있지 않고 움직이게 되면, 부여 받은 주소 체계가 깨지게 되어 해당 호스트로 라우팅하는데 문제가 생기고, 해당 호스트를 올바르게 식별하기 어렵다. 따라서 호스트 IP 주소를 적절하게 변경하고, 이를 해당 호스트와 연결을 원하는 네트워크의 다른 호스트들에게 알려주도록 관리해 주는 방법(프로토콜)이 요구된다. 그러나 호스트의 이동성을 관리하는 것, 즉 IP주소를 위치에 따라 변경해 주고, 변경된 주소를 관리하고 다른 호스트들에게 알리는 것은 어렵고 복잡한 프로세스를 거쳐야만 한다 [5].

호스트에게 이동성 지원해 주는 방법들 중 가장 잘 알려진 해결책인 Mobile IPv4는 터널링 기법을 이용하여, 호스트에게 이동성을 제공하는 방법이다. IPv4의 경우에는 이동 호스트가 홈 에이전트나, 외부 에이전트에서 발생하는 주기적 메시지를 받아 자신이 홈 네트워크에 있는지, 외부 네트워크에 있는지 판단한다. 이동 호스트가 자신이 외부 네트워크에 있는 것을 발견하게 되면, Care-of-Address를 받아서 자신의 홈 에이전트에 자신이 외부 네트워크에 있음을 알려 자신의 새로운 주소를 등록한다. 이 과정은 외부 에이전트가 홈 에이전트에게 이동 호스트의 요청을 포워드 해줌으로써 이뤄진다. 이동 호스트와 상대 호스트 간의 터널링과 라우팅은 홈 에이전트와 외부 에이전트 간 연결을 통해 이뤄진다. 이때 패킷이 직접 전송되지 않기 때문에 트라이앵글 라우팅 문제가 발생한다. 이는 라우팅의 비효율성을 야기하기 때문에, 경로 최적화 방안이 요구된다. 경로 최적화는 호스트 이동성 지원에 있어서 가장 많이 연구되어 온 문제이기도 하다.

Mobile IPv6의 호스트 이동성 지원 방법은 Mobile IPv4 방법과 거의 유사하지만, 비효율성을 많이 개선하였고 또한 외부 에이전트 없이 그 기능을 라우터들이 대신하도록 고안되었다. 이는 IPv6의 주소 체계를 설계될 때 이동성 지원을 고려하였고, 자체로 주소 자동 설정 기

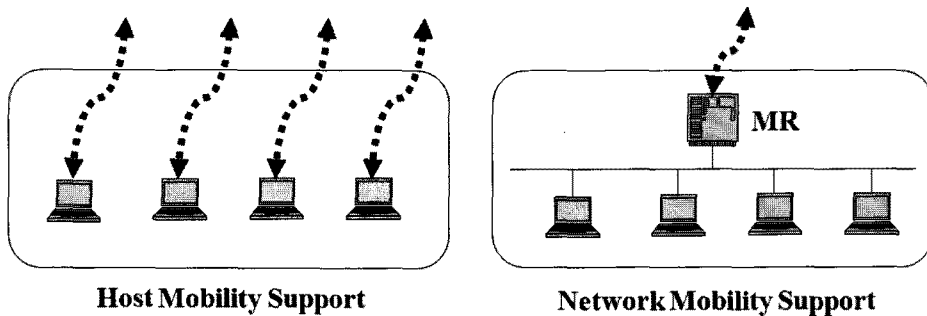


그림 1. 호스트 이동성 지원과 네트워크 이동성 지원 개요
 Fig 1. Host mobility vs. network mobility

능을 가지고 있기 때문에 가능하였다. 그러나 터널링을 기반으로 한 기본적인 Mobile IP 기법을 사용하기 때문에 핸드오프 시 지연 현상이 발생한다. 이를 개선하기 위해 micro-mobility 프로토콜들에 대한 연구가 주목을 받아왔다. 이런 프로토콜을 통해 패킷 손실을 최소화, 시그널링을 간략화, 에너지 효율성 증대 등의 효과를 얻을 수 있다.

· 네트워크 이동성 (Network Mobility)의 연구 이슈

개별 호스트의 이동성 지원에서는 각각의 호스트가 자신의 네트워크 연결을 관리하고 유지해야 하지만, 네트워크 이동성 지원에서는 모바일 라우터(Mobile Router)가 자신의 서브네트워크에 속한 호스트들을 대신하여 네트워크 이동성을 관리한다. 따라서 모바일 라

우터 안에 있는 호스트들은 모바일 라우터를 통해서만 네트워크 서비스를 받을 수 있다 [6]. [그림 1]은 호스트 이동성 지원과 네트워크 이동성 지원의 차이를 개념적으로 묘사한 것이다.

네트워크 이동성 지원의 기본적인 해결책은 Mobile IP와 마찬가지로 경로 최적화 없이 모바일 라우터와 홈 에이전트 간에 터널링을 만들어 주는 방법이다. 네트워크 이동성을 지원하게 되면 호스트 이동성만 지원하는 것에 대비하여 [표 1]과 같은 이익을 얻게 된다. (물론, 모바일 라우터가 동작하지 않을 경우 그에 속해 있는 모든 노드들이 네트워크 단절을 겪게 되는 구조적 문제를 안고 있다.)

네트워크 이동성 지원은 모바일 라우터를 도입함으로써 많은 장점을 얻을 수 있지만, 다음과 같은 문제들을 해결하고 연구해야 한다.

표 1. 네트워크 이동성의 장점
 Table 1. The advantages of network mobility

전송 파워 절약	이동 호스트들은 모바일 라우터와 통신하면 되므로, 상대적으로 전송 파워를 절약할 수 있다.
핸드오프 절차 감소	네트워크 전체가 이동하는 개념이기 때문에 모바일 라우터만 핸드오프에 참여하고 각 호스트들은 따로 핸드오프 절차를 겪지 않아도 된다.
복잡도 감소	핸드오프 절차 감소의 이유와 마찬가지로 각 호스트들이 해야 할 일들이 줄어들게 되므로, 복잡도도 자연 감소하게 된다.
대역폭 감소와 위치 업데이트 지연 감소	모바일 라우터만 홈 에이전트를 통해 위치를 업데이트 하므로, 전체적인 대역폭 감소 효과와 지연을 최소화 할 수 있다.
관리능력 향상	새로운 소프트웨어나 정책이 결정되었을 때, 모바일 라우터를 통해 쉽게 이를 적용할 수 있다.
간편한 과금 관리	실제로 네트워크 이동성을 상업화 할 경우 모바일 라우터를 통해 보다 간편하고 확실한 과금 관리할 수 있다.

- 라우팅 최적화: 모바일 라우터를 도입함에 따라, 중첩된(nested) 네트워크가 생성되어 경로를 최적화하는데 많은 연구가 집중되고 있다. 중첩되는 네트워크 개수가 점점 늘어나면 늘어날수록 핀볼 라우팅 문제가 야기된다. 이는 패킷의 크기가 커지게 되는 현상과 지연, 패킷 로스를 동반하게 된다. 이와 같은 단점을 극복하기 위해서 이동 노드와 무관하게 모바일 라우터와 기존 프로토콜을 고치는 방법들이 제안되거나 혹은 이동 노드의 참여를 통해 새로운 prefix를 얻어내는 방법을 제안한 방법들이 있다 [7].
- 모바일 네트워크의 Prefix Delegation: 네트워크 이동성 지원 프로토콜에서는 하나 혹은 그 이상의 네트워크 prefix가 요구되는 데, 현재는 모바일 라우터가 홈 에이전트로부터 고정된 prefix값을 받아 하부 이동 노드들에게 전달하는 방식을 사용하고 있다. 이는 DHCPv6를 이용해 자동으로 할당되고 관리된다. 그러나 모바일 라우터를 어떤 형태로 인증하여 prefix를 할당할지에 대한 문제는 아직 논의 중이다. 일반적으로 키를 분배한 후 인증을 하는 데, 키 분배 방식 또한 더 많은 연구가 요구된다[8].
- Multi-Homing: 모바일 라우터가 여러 개의 홈 에이전트와의 연결을 가진다면, 한 연결이 끊기더라도 지속적인 서비스를 받을 수 있고, 또한 네트워크 부하를 분산하여 한 네트워크로 패킷이 몰리는 현상을 해결할 수 있을 것이다. 또한 서비스 품질에 따라 사용자가 특정 연결을 선택하여 사용할 수 있다는 측면에서 QoS 관련 연구 분야에도 초점을 맞출 수 있다 [9].
- Security: IPv6 상에서의 네트워크 이동성 지원 기본 프로토콜에서는 시그널링 메시지를 보호하기 위해 IPsec을 사용한다. 주로 홈 에이전트와 모바일 라우터 간의 시그널링에 초점이 맞추어져 있고, 부가적으로 중첩된 이동성 설정 시 또한 보안이 유지되어야 할 지점이다 [10].

이밖에도 유럽에서는 네트워크 이동성을 기반으로 한 중단 사용자 서비스 개발, 관련 분야의 산업화 및 국제 연구 활성화를 위한 연구[11], 네트워크 이동성 테스트 베드 구축[12], [13], 효율적인 이동 멀티미디어 서비스를 지원[14]등을 목표로 여러 기관에서 대형 프로젝트들을 수행중이다. 지금까지의 연구는 기본적인 동작과

주로 경로 최적화 연구에 치우쳤다고 할 수 있는데, 본 논문에서는 경로의 최적화 이외에 다양한 사용자의 응용에 따른 명확한 네트워크 이동성의 요구 사항과 평가 항목을 제시하고 그에 따라 네트워크 이동성의 성능을 향상 시키기 위한 프로토콜과 모바일 라우터설계를 제안한다.

III. 네트워크 이동성 향상을 위한 요구 사항

네트워크 이동성은 모바일 라우터를 도입함으로써, 한번에 모바일 네트워크 내의 호스트들에게 이동성을 지원해 줄 수 있게 되었고, 기존의 모바일 IP보다 확장된 개념의 네트워크 연결성을 보장할 수 있게 되었다. 그러나 모바일 라우터를 도입하면서 모바일 라우터가 모든 패킷을 처리하기 때문에, 그에 따른 문제가 야기될 수 있다. 본 장에서는 네트워크 이동성 지원 방법의 문제점들을 기반으로 전체적인 성능 향상을 위해 필요한 요구사항들을 기술한다.

- 지속적인 인터넷 연결을 보장하여 안정적인 패킷 전송이 가능해야 한다. 네트워크 이동성 프로토콜은 호스트 이동성 연구에서 지원하지 못했던 확장된 개념의 이동성을 지원하여 사용자가 중단 없는 네트워크 서비스를 지원받을 수 있도록 해야 한다.
- 모바일 라우터 시스템에 문제가 생겼을 때 대처 방안이 요구된다. 모바일 라우터가 다운되거나 문제가 생기면, 모바일 네트워크 내에 있는 노드들의 네트워크 서비스 속도가 저하되거나 통신이 단절되는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 경우 어떻게 모바일 라우터를 정상으로 복구하고 네트워크 서비스를 정상화하고, 기존의 세션들을 복구할 수 있는 방안이 요구된다.
- 모바일 라우터는 다양한 인터페이스를 장착하여 모바일 네트워크 내의 다양한 인터페이스를 장착하고 있는 이동 노드들을 지원할 수 있어야 한다. 이러한 다양한 인터페이스는 사용자가 요구하는 특정 인터페이스를 지원하게 하는 데도 이용될 수 있다. 모바일 라우터가 대중교통 수단에 탑재되는 시나리오를 가정할 때, 주로 거론되는 인터페이스는 무선 랜(802.11b)

이다. 그러나 사용자에 따라 고속 무선랜(802.11a, 802.11g, 802.11N), 2G/3G망, 근거리 연결(UWB, Bluetooth, Zigbee)을 이용하려는 사용자도 존재할 수 있다. 이는 사용자마다 연결 속도나 혹은 과금 문제로 인해 특정 인터페이스를 선호하는 경향을 나타낼 수 있으므로, 다양한 접속 형태를 제공한다는 차원에서 모바일 라우터는 다양한 인터페이스를 장착하고 이를 지원하는 것이 바람직하다.

- 네트워크 이동성 프로토콜이 운영되는 도중에 발생하는 오버헤드를 최소화하여 패킷의 손실이나 지연을 줄여야 한다. 특히, 트라이앵글 라우팅 문제나 핸드오프 문제로 인한 패킷의 지연과 손실 등에 대한 대비책이 있어야 한다.
- 전송되는 패킷들의 보안 문제가 고려되어야 한다. IPv6의 경우는 IPSec 사용할 수 있으므로 상대적으로 보안 문제가 크게 부각되지는 않을 수 있으나, 응용 프로그램에 따라 주의를 더 요구하는 경우가 있기 때문에, 간과해서는 안 될 요구 사항이다. 특히 모바일 네트워크는 인프라 네트워크에 비해 보안에 취약할 수 있는 구조이기 때문에, 보안 측면에 있어서도 MR의 역할이 매우 중요하다.

IV. 모바일 라우터 및 MR-MNN 프로토콜 설계

네트워크 이동성 프로토콜에 있어서 주요 통신 구간은 CN-HA, HA-MR, MR-MNN로 분류된다. HA-MR 구간은 프로토콜의 근간이 되는 경로이며, 병목 구간이 될 수 있는 지점이다. 따라서 대부분의 네트워크 이동성 연구들이 모바일 라우터와 홈 에이전트 사이의 load sharing, load balancing, flow control과 관련된 문제들을 주로 다루어 왔다.

CN-HA 구간은 이동 노드들의 패킷이 이동 노드들의 대상에게 전달되는 구간으로, 홈 에이전트의 성능이 매우 강조되고 중요한 구간이다. 네트워크 이동성 지원에 있어서 CN은 프로토콜의 외적인 요소이기 때문에, 성능 향상에 있어 제외한다. 따라서, 해당 구간의 성능은 홈 에이전트의 상태에 따라 결정된다. 홈 에이전트 또한 장애에 대비하여 여러 개를 두는 방안을 고려하기도 한다.

마지막으로 MR-MNN 구간은 많은 이동 노드(MNN)들이 모바일 라우터 뒤에 위치하여 네트워크 서비스를 받는다. 즉, 네트워크 이동성 지원을 받는 실 사용자는 모바일 네트워크 내에서 그들의 요구 사항들을 모바일 라우터를 통해 해결하고자 한다. HA-MR 구간이 시스템 측면에서 중요한 구간이라면, MR-MNN은 사용자 측면에서 매우 중요한 구간이라 하겠다. 그러므로 NEMO 환경에서 사용자에게 보다 좋은 서비스를 지원하기 위해서는, MR-MNN 사이의 프로토콜이 연구되어야 한다. 본 논문에서는 네트워크 이동성 프로토콜의 성능 향상을 위해 MR-MNN 구간에서 요구되는 프로토콜 설계와 모바일 라우터 구조를 제안 한다.

본 논문에서 제안한 MR-MNN 프로토콜에서는 모바일 라우터가 이동 노드에게 다음과 같은 정보를 전송한다.

- 가능한 네트워크 인터페이스 (Possible Network Interfaces): 최근 다양한 네트워크 인터페이스가 개발되고 상용화되는 추세이고, 모바일 네트워크에 참여하게 되는 이동 노드들의 네트워크 인터페이스가 다양해질 수 있기 때문에, 모바일 라우터 또한 다중 네트워크 인터페이스 장착이 요구된다. 모바일 라우터가 다양한 네트워크 인터페이스를 갖는 것은 이동 노드에게 다양한 형태의 네트워크 연결 서비스를 제공할 뿐만 아니라 네트워크 트래픽을 분산시킬 수 있는 이점까지 추가로 얻을 수 있다. 또한 이동 노드들도 다중 네트워크 인터페이스를 갖추는 추세이기 때문에, 모바일 라우터가 다중 네트워크 인터페이스를 갖추어야만 각 이동 노드들이 선호하는 네트워크 연결 서비스를(빠른 연결 서비스 혹은 가격 경쟁력이 있는 연결 서비스) 제공할 수 있다. 그러므로 모바일 라우터가 다중 인터페이스를 장착하고 있을 시 모바일 라우터는 자신이 지원하는 네트워크 인터페이스 정보를 모바일 네트워크에 브로드캐스팅 해야 한다.
- 네트워크 설정 정보(Network Configuration Information): 이동 노드들은 모바일 네트워크에 참여할 때, 해당 모바일 네트워크의 정보를 받고, 모바일 라우터로부터 CoA(Care of Address)를 받아야 한다. 모바일 라우터가 IPv6 모드 상에서 동작하면 네트워크 자동 설정 모드로 동작하기 때문에, 주소와 네트워크

크 prefix 등의 관련 네트워크 설정 정보들을 받을 수 있다. 만일 모바일 라우터가 IPv6상에서만 동작하는 것이 아니라면, DHCP 프로토콜을 탑재하고 있어야 한다. 그러나 이 모든 것이 이동 노드들의 설정이 자동 설정이 되어 있다는 가정 하에서 동작하는 것이다. 진화된 자동 네트워크 설정이라면, 모바일 라우터가 권장하는 모바일 네트워크로 이동 노드가 들어오면 사용자의 기존 설정을 보호하면서, 사용자의 설정 모드에 관계없이 모바일 라우터가 권장하는 설정이 가능하도록 하는 프로토콜이 요구된다고 할 수 있다. 이러한 네트워크 설정에 관한 연구는 NEMO 환경뿐만 아니라, 모바일 애드 hoc 네트워크(Mobile Ad hoc Network, MANET), 유비쿼터스 네트워크에서도 활용될 수 있는 연구 분야이다.

- **가용 대역폭 정보 (Available Bandwidth Information):** 궁극적으로 이동 노드들은 모바일 네트워크 상에서 자신이 원하는 네트워크 서비스를 받는 것이 목적이다. 사용자가 네트워크 서비스에서 가장 중요하게 생각하는 두 가지 핵심 요소는 사용료와 속도이다. 따라서 모바일 라우터는 이동 노드들에게 어느 정도의 속도를 보장할 수 있는 지, 즉 가용한 네트워크 대역폭 정보를 전송해야 한다. 이동 노드들은 이 정보를 기준으로 자신이 원하는 어플리케이션의 구동이 가능한 지 여부를 판단할 수 있다. 만일 모바일 네트워크에 여러 개의 모바일 라우터가 존재하는 경우라면, 이동 노드들은 자신이 원하는 대역폭을 제공할 수 있는 모바일 라우터를 선택할 수 있다.
- **관리 정보 (Management Information):** 모바일 라우터는 모바일 네트워크를 관장하는 네트워크 시스템이기 때문에, 이동 노드들이 자신이 관장하는 모바일 네트워크에서 정상적으로 동작할 수 있도록 지원해야 한다. 따라서, 모바일 라우터는 이동 노드들에게 관리 정보를 전송해야 한다. 관리 정보는 flow control 정보, congestion control 정보, 긴급 메시지를 등을 포함한다. 예를 들면, 모바일 라우터는 현재 외부 네트워크의 연결이 단절되면 network failure 메시지 혹은 이와 유사한 긴급 상황을 이동 노드들에게 알려줘야 한다.
- **가능한 서비스 (Possible Services):** 모바일 라우터는 자신의 모바일 네트워크 내에서 가능한 서비스들을 이동 노드들에게 알려주기 위해 하나의 디렉터리 서

버와 같은 역할을 할 수 있다. 모바일 네트워크는 서브넷이자 일종의 커뮤니티를 형성한 것이기 때문에, 이동노드들은 정보, 파일, 서비스를 서로 주고받을 수 있다. 이러한 경우 모바일 라우터는 중앙 집중형 디렉터리 서버가 되어 어떤 이동 노드가 어떤 정보, 파일, 서비스를 가지고 있는지를 관리하고 이를 다른 이동 노드들에게 알려줄 수 있는 역할을 할 수 있다. 더불어 모바일 네트워크 내에서 이용할 수 있는 서비스들을 추가로 이동 노드들에게 알려줄 수 있다. 예를 들어, 모바일 네트워크 내에 네트워크 프린터나 팩스가 존재한다면, 이를 이동 노드들이 이용할 수 있도록 관련 정보를 제공하거나 혹은 모바일 라우터가 직접 이를 중계하는 매개체 역할을 수행할 수 있다.

MR-MNN 프로토콜의 정보들은 이벤트 기반 브로드캐스팅 방법을 통해 전송된다. 이를 통해 모바일 네트워크 내의 불필요한 제어 패킷 양을 줄이고, 네트워크 이동성 프로토콜의 목표인 “지속적인 네트워크 서비스를 보장”이 가능하다. 더불어 정확한 정보 전송 주기를 결정하는 문제를 피할 수 있다는 장점도 있기 때문이다.

제한한 MR-MNN 프로토콜을 수행하기 위해서는 모바일 라우터가 중추적인 역할을 수행하여야 한다. 그러므로 제안된 프로토콜을 수행하기 위해서 모바일 라우터 또한 추가적인 기능이 필요하다. 본 논문에서는 제안된 MR-MNN 프로토콜을 위해 다음과 같은 모바일 라우터 구조 또한 제안한다. [그림 2]는 제안하는 모바일 라우터의 구조도이다. 각 구성 요소들의 주요 역할은 다음과 같다.

- **Routing Protocol:** 이동 노드들의 패킷을 원하는 목적지까지 효율적으로 보내는 모듈이다. 바인딩 리스트 관리가 필요하며, 트라이앵글 라우팅과 같은 비효율적인 요소들을 제거할 수 있어야 한다. 특히 모바일 네트워크 내의 노드 간 통신이 이루어질 때 효율적으로 대처할 수 있어야 한다.
- **Network Manager:** 모바일 네트워크를 관리하는 모듈로, 네트워크 장애 및 네트워크 플로우와 혼잡 제어에 대한 처리, 이상 현상을 보이는 노드를 모니터 하는 역할을 수행한다.

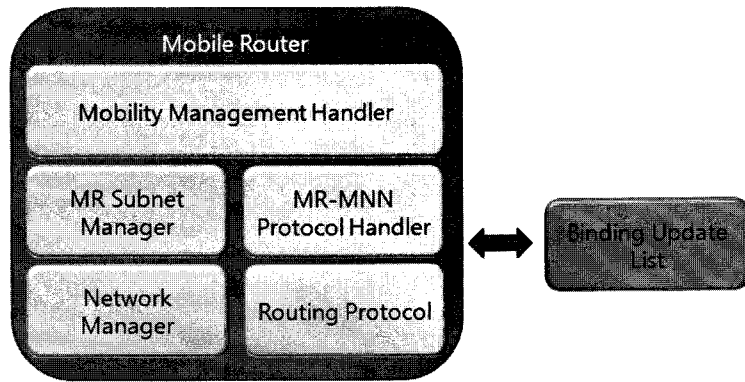


그림 2. 제안된 모바일 라우터의 구성도
Fig 2. Mobile router's internal structure

- **MR-MNN Protocol Handler:** 이동 노드와 모바일 라우터간의 정보 전송 프로토콜을 책임지는 모듈이다. 이동 노드들에게 필요한 정보와 사용자 요구 사항들을 처리하는 역할을 담당한다.
- **MR Subnet Manager:** 모바일 네트워크 설정에 필요한 정보 전송 기능을 담당하고, 이동 노드의 모바일 네트워크 참여를 돕는 기능을 담당한다.
- **Mobility Management Handler:** 홈 에이전트와 제어 패킷을 주고 받는 모듈로써, 전체적으로 네트워크 이동성 지원에 필요한 시스템 자원을 관리하고, 네트워크 이동성 프로토콜 전환을 관리하는 역할을 수행한다.

V. 네트워크 이동성 성능 실험

본 논문에서는 IPv6 네트워크 상에서 성능 실험을 수행하였으며, [그림 3]과 같은 테스트 베드를 구축하였다. 구성도에서 HA1은 모바일 라우터와 MIP1의 홈 에이전트이며, HA2는 MIP2의 홈 에이전트가 있음을 가정한다. 테스트 베드를 구축하기 위해서, 외부 네트워크 연결에 필요한 액세스 라우터(AR, Access Router)와 네트워크 이동성 프로토콜의 핵심인 두 서버, 모바일 라우터와 홈 에이전트가 필요하다. 액세스 라우터(AR), 홈 에이전트(HA), 모바일 라우터(MR)의 운영체제는 Ubuntu 6.06 (Kernel Version, 2.6.15)을 사용하였고, 네트워크 이동성 프로토콜은 Nautilus6에서 개발 및 관리중인 NEPL 1.7을

기반으로 사용하였다 [15].

모바일 라우터는 다양한이동 노드들을 위해 다중 인터페이스는 설치하였다. 이더넷 인터페이스(802.3)는 물론, 무선 랜 인터페이스(802.11), 그리고 GPRS 폰을 인터페이스도 추가적으로 설치하였다. 다양한 인터페이스를 지원함에 따라 멀티 인터페이스를 가진 사용자는 각각 원하는 인터페이스를 통해 네트워크 이동성을 지원 받을 수 있는 테스트 베드를 구축하였다. 실험은 iperf 프로그램을 이용해, UDP, TCP 패킷에 대한 실험을 시도하고 이를 측정하였다. 실험은 LFN과 MIP1 사이의 테스트와 LFN과 MIP2 사이의 테스트를 측정하였고, 이를 비교하였다. 실험한 네트워크는 10M ethernet 환경이다. 실험을 통해 MR-MNN 프로토콜이 네트워크 이동성 향상에 필요한 요소임을 역설하고자 한다.

UDP 성능 실험은 iperf의 -b 옵션을 가지고 실험한 결과이다 ([그림 4] (a)). 그림에서 y축은 대역폭을 의미하며 단위는 Mbps이다. x축은 전송 rate (Mbps)를 의미한다. LFN-MIP1 실험은 local address와 home address를 사용한 경우를 구분하였다.

한 서브넷 내에서의 패킷을 주고 받은 결과가 MR-HA를 거쳐 전송되는 경우보다 자명하게 빠를 수밖에 없는데, 이는 home address를 사용하면 패킷이 HA로 갔다가 다시 되돌아와야 하기 때문이다. 외부의 HA를 가진 MIP2의 경우가 가장 낮은 성능을 보이고 있는데, 이는 헤더가 증가하고 모바일 라우터의 HA가 아닌 자신의 HA를 거쳐서 오기 때문이다.

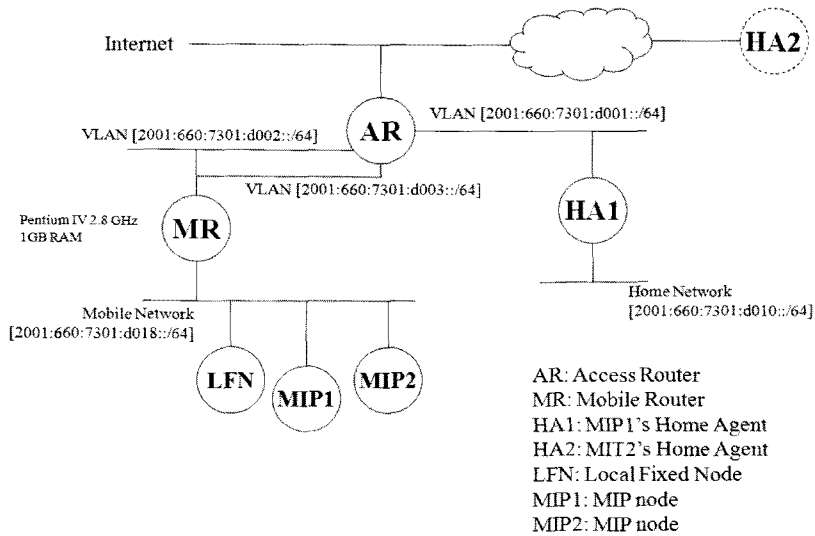


그림 3. 네트워크 이동성 실험 구성도

Fig 3. Network topology of experimental testbed for network mobility

LFN-MIP1(local addr)의 경우는 네트워크에서 사용할 수 있는 대역폭을 거의 사용하고 있는 성능을 보이지만, 서로 다른 네트워크를 거쳐야 하는 LFN-MIP1(home addr)과 LFN-MIP2는 전송율이 4M가 넘어가거나 패킷 사이즈가 커져 fragmentation이 일어나야 하는 구간이 지나게 되면 성능이 많이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 두 가지 실험을 통해서 볼 수 있듯이, 네트워크 이동성 프로토

콜의 성능은 몇 개의 네트워크를 거치는 지, 몇 번의 헤더가 덧붙여지는가에 따라 좌우된다고 볼 수 있다. 따라서 모바일 라우터는 이동 노드들이 자신의 모바일 네트워크에 함께 위치하고 있는 다른 이동 노드들을 자신의 CN으로 생각하고 연결하고자 할 때, 이를 MR-HA의 터널을 통해 보내야 하는지, 자신의 모바일 네트워크로 직접 보내야 하는지를 정확하게 판단할 수 있다면, 성능 향

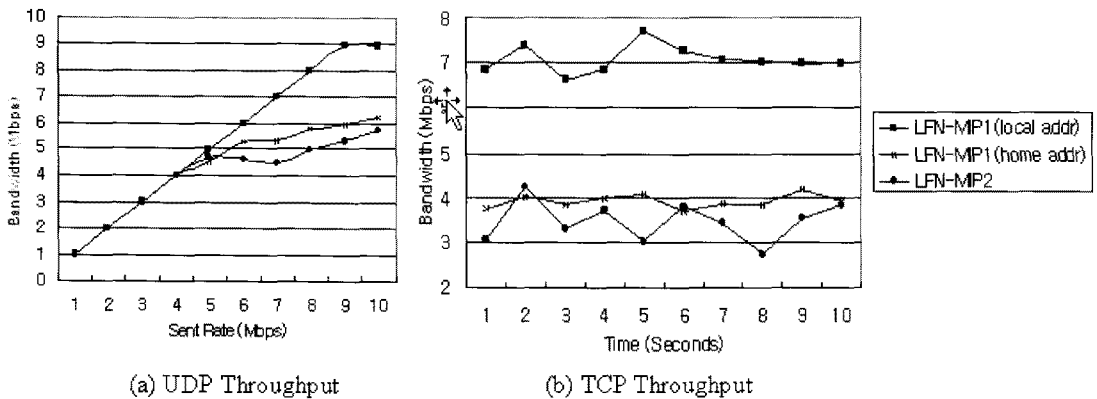


그림 4. 네트워크 이동성에 의한 UDP, TCP의 성능 변화

Fig 4. Comparison of UDP and TCP performances after invoking network mobility

상을 피할 수 있을 것이다. 즉, 모바일 라우터가 모바일 네트워크 관리를 통해서, 네트워크 내에 위치한 노드들끼리 패킷 전송을 시도하면, 이를 감지하여, home address를 사용하더라도, 이를 HA로 보내지 않고 직접 전송해주는 route 최적화가 요구된다. 이러한 기법은 MR-MNN 간 프로토콜에 모듈로써 장착되어 운영되어야 한다. 이러한 정량적인 이유 외에, 사용자의 다양한 요구를 반영하기 위해서도 MR-MNN 프로토콜은 중요하다.

V. 결론 및 향후 연구 방향

지금까지 네트워크 이동성 방법에 대한 실제 성능 측정 실험과 성능 향상을 위한 요구 사항 기술을 통하여, 모바일 라우터와 이동 노드들 사이의 프로토콜 개발의 중요성에 대해서 기술하였다. 또한 CN-HA, HA-MR 구간을 중심으로 route 최적화나 홈 에이전트 혹은 모바일 라우터를 여러 개 두는 등에 초점을 맞추어 연구되어 온 지금까지의 연구와 달리, 네트워크 이동성의 성능을 향상을 위한 주요 통신 구간을 분석하여, MR-MNN 사이의 구간에 초점을 두고 그에 필요한 네트워크 프로토콜과 모바일 라우터를 제안하였다. 모바일 라우터에 보다 지능화되는 프로토콜을 탑재함으로써, 사용자(이동 노드)가 원하는 서비스를 인지하고 사용자 서비스의 최적화를 위해 네트워크 설정 자동화, 경로 최적화, 다양한 네트워크 인터페이스 제공, 다양한 서비스 제공 등을 통해 네트워크 이동성의 성능 향상을 꾀할 수 있을 것이라 생각된다. 향후 본 논문에서 구체적으로 다루지 않은 Security 문제를 해결 할 수 있는 방안을 프로토콜에 반영할 예정이다.

감사의 글

본 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 지원으로 한국학술진흥재단 박사 후 국외연수 사업의 지원을 받아 수행된 연구임.
(과제번호: 2006-352-D00139)

참고문헌

- [1] Mark Weiser, Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing, Communications of the ACM, Vol. 36, No. 7, pp. 75 - 85, Jul. 1993.
- [2] IPv6, <http://www.ipv6.org/>
- [3] C. Perkins, IP Mobility Support, RFC 2002, Oct. 1996.
- [4] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, Mobility support in IPv6, RFC 3775, June, 2004.
- [5] C. Perkins, Mobile IP, Communications Magazine, IEEE, Vol. 35, Issue 5, pp. 84-99, May 1997.
- [6] V. Devarapalli, R. Wakikawa, A. Petrescu, P. Thubert, Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol, RFC3963, Jan. 2005.
- [7] Cho, H.; Kwon, T.; Choi, Y., Route Optimization Using Tree Information Option for Nested Mobile Networks, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Volume 24, Issue 9, Sept. 2006 Page(s): 1717 - 1724
- [8] P. Thubert, T.J. Kniveton, Mobile Network Prefix Delegation, IETF internet draft, draft-ietf-nemo-prefix-delegation-02.txt. Aug. 2007.
- [9] K. Nagami, S. Uda, N. Ogashiwa, H. Esaki, R. Wakikawa, H. Ohnishi, Multi-homing for small scale fixed network Using Mobile IP and NEMO, RFC 4908, June, 2007.
- [10] Tat Kin Tan; Samsudin, A, Efficient NEMO security management via CAP-KI, ICT-MICC 2007, May 2007 Page(s): 140 - 144
- [11] REMORA Project, <https://www.labo4g.rennes.enstbretagne.fr/twiki/bin/view/Remora/RemoraHome>
- [12] ANEMONE Project, http://www.ist-anemone.eu/index.php/Home_Page
- [13] 6NET, <http://www.6net.org/>
- [14] Mobility issues in OverDrive, ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/ist/docs/ka4/mob_11th_sb3g_mobility_overdrive.pdf
- [15] NEMO Platform for Linux (NEPL) Howto. Web page.

저자소개



김남훈(Namhoon Kim)

1996년 숭실대학교 전자계산학과
(학사)

1998년 숭실대학교 컴퓨터학부
(석사)

2006년 한국정보통신대학교(ICU) 공학부 (박사)
2000년~2003년 펜타시큐리티시스템 주임연구원
2006년~2007년 ENST-Bretagne, France, post-doc 연구원
2007년~현재 삼성전자 책임연구원

※ 관심분야: MANET, NEMO, ContextAware Network
& Computing, 모바일 시스템, 정보보호 등



강문수(Moonsoo Kang)

1998년 한국과학기술원(KAIST)
전산학과 (학사)

2000년 한국정보통신대학교(ICU)
공학부 (석사)

2007년 한국정보통신대학교(ICU) 공학부 (박사)
2007년~현재 조선대학교 컴퓨터공학부 조교수
※ 관심분야: Congestion Control, VANET, 병렬시스템
등