

IPv6 환경에 기반한 가상 모바일 네트워크

*한진영, 박철현, 최양희, 권태경
*서울대학교

*jyhan, chpark@mmlab.snu.ac.kr, yhchoi, tkkwon@snu.ac.kr

Virtual Mobile Network under IPv6 environment

*Jinyoung Han, Chulhyun Park, Yanghee Choi, Taekyoung Kwon

*Seoul National University

요 약

가상화는 물리적인 자원과 논리적인 자원을 분리하여 시스템을 사용하는 사용자에게 실제로 물리적인 자원이 어떻게 구성되어 있는지에 대해서 숨기는 기술이다. 이러한 가상화는 오래 전부터 단일한 또는 한정된 자원을 여러 사용자나 프로세스 사이에서 공유해야 하는 운영체제 분야에서 연구되어 왔으나, 최근에는 인터넷을 통해 연결된 수많은 컴퓨팅 자원들을 이용할 수 있게 되면서 이러한 분산된 자원들을 어떻게 사용자에게 제공할 것인지를 해결하고자 하는 기술로 새롭게 주목받고 있다. 네트워크 분야에 대한 가상화의 시도로는 다양한 곳에 위치한 다양한 컴퓨터들을 서로 인터넷으로 연결하여 이 컴퓨터들의 자원을 이용하고자 하는 클라우드 컴퓨팅 또는 그리드 컴퓨팅 기술이 있고, 또한 물리적으로 이미 구성되어 있는 네트워크 상에서 가상의 네트워크 링크와 네트워크 노드를 구성하여 네트워크 위의 네트워크를 구성하는 오버레이 네트워크 기술에 관하여도 많은 연구가 이루어지고 있다. 한편으로, 네트워크를 구성하는 라우터와 링크, 센서 노드 및 단말까지 모든 네트워크 자원들을 가상화하여 이러한 가상화된 논리적 네트워크 자원들을 필요에 따라 새로 논리적인 네트워크를 구성하여 사용자에게 제공하는 가상 네트워크 기술이 GENI 테스트베드를 위하여 활발하게 연구되고 있다. 본 논문에서 제시하는 가상 모바일 네트워크 기술은 이러한 가상화 시도를 모바일 네트워크에 적용하고자 하는 기술로, 물리적으로는 하나의 모바일 라우터 아래에 속해 있는 다수의 단말이 모바일 네트워크를 구성하고 있지만, 논리적으로는 다수의 가상 모바일 네트워크가 존재하도록 구현하는 기술이다. 본 논문에서는 이러한 가상 모바일 네트워크의 개념과 함께, IPv6 환경 하에서 모바일 라우터가 해당 모바일 네트워크에 전송하는 Router Advertisement 에 담겨 있는 IPv6 네트워크 Prefix 를 이용하여 IPv6 NEMO 환경 하에서 Prefix 를 이용하여 가상 모바일 네트워크를 구현하는 방법을 제시한다.

1. 서론

컴퓨팅 자원의 증가에 따라서, 어떻게 사용자 여러 명이 하나의 장치 혹은 자원을 공유할지에 관한 문제는 이제 여러 개의 장치와 여러 사용자 사이에서 어떻게 자원을 사용자에게 분배해줄 것인가의 문제로 변화하였다. 가상화 기술은 물리적인 자원과 논리적인 자원을 분리하여 시스템을 사용하는 사용자에게 실제로 물리적인 자원이 어떻게 구성되어 있는지에 대해서 숨기는 기술이며, 이를 통해서 과거에는 단일한 또는 한정된 자원을 여러 사용자나 프로세스 사이에서 공유해야 하는 운영체제 분야에서 연구되어 이용되어 왔다.

최근에는 컴퓨팅 자원이 크게 증가하면서, 인터넷을 통해 연결된 수많은 컴퓨팅 자원들을 다수의 사용자가 어떻게 이용할 수 있도록 제공할 것인지를 해결하고자 하는 기술로 새롭게 주목받고 있다. 네트워크 분야에 대한 가상화의 시도로는 다양한 곳에 위치한 다양한 컴퓨터들을 서로 인터넷으로 연결하여 이 컴퓨터들의 자원을 이용하고자 하는 클라우드 컴퓨팅 또는 그리드 컴퓨팅 기술이 있고, 또한 물리적으로 이미 구성되어

있는 네트워크 상에서 가상의 네트워크 링크와 네트워크 노드를 구성하여 네트워크 위의 네트워크를 구성하는 오버레이 네트워크 기술에 관하여도 많은 연구가 이루어지고 있다.

한편으로, 네트워크를 구성하는 라우터와 링크, 센서 노드 및 단말까지 모든 네트워크 자원들을 가상화하여 이러한 가상화된 논리적 네트워크 자원들을 필요에 따라 새로 논리적인 네트워크를 구성하여 사용자에게 제공하는 가상 네트워크 기술이 GENI 테스트베드[7]를 위하여 활발하게 연구되고 있다.

본 논문에서 제시하는 가상 모바일 네트워크 기술은 이러한 가상화 시도를 모바일 네트워크에 적용하고자 하는 기술로, 물리적으로는 하나의 모바일 라우터 아래에 속해 있는 다수의 단말이 모바일 네트워크를 구성하고 있지만, 논리적으로는 다수의 가상 모바일 네트워크가 존재하도록 구현하는 기술이다. 본 논문에서는 이러한 가상 모바일 네트워크의 개념과 함께, IPv6 환경 하에서 모바일 라우터가 해당 모바일 네트워크에 전송하는 Router Advertisement 에 담겨 있는 IPv6 네트워크 Prefix 를 이용하여 IPv6 NEMO 환경 하에서 Prefix 를 이용하여 가상 모바일 네트워크를 구현하는 방법을 제시한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 우선 2장에서 가상화에 관련된 연구 내용, 특히 네트워크 가상화와 관련된 프로젝트에 관하여 간략하게 소개한다. 3장에서는 가상 모바일 네트워크의 개념과 사용 예시에 관해 기술하고, 4장에서 우리가 구현한 가상 모바일 네트워크 기술을 설명한다.

II. 관련 연구

가상화 기술은 네트워크보다는 실질적으로는 운영체제 분야에서 오랫동안 연구되고 또 발전되어 왔다.

일반적으로 가상화는 구현 방식에 따라서 크게 Full virtualization 과 Para-virtualization 의 두 가지 방식으로 나뉜다. Full virtualization 기술은 Virtual Machine Monitor (VMM)이 물리적 자원과 동일한 모습으로 동작하는 논리적 자원을 흉내내어, 각 사용자가 실행하는 Guest OS 는 물리적 자원을 이용하는 것과 차이가 없는 형태로 논리적 자원을 사용할 수 있고, 따라서 Guest OS 가 변경되어야 할 필요가 없다. 반면 Para-virtualization 은 VMM 이 특별한 System call 을 이용하여 자원간의 분리와 같은 가상화에 필요한 기능을 제공하고, 따라서 사용자가 사용하는 Guest-OS 는 이러한 VMM 의 특별한 System Call 들을 이용하기 위하여 적절히 변경되어야 할 필요가 있다. Full virtualization 기술을 이용한 가상화 소프트웨어로는 VMWare[1]가 널리 알려져 있다. VMWare 는 소프트웨어로 구현한 가상 머신 위에 Guest OS 가 수정 없이 동작할 수 있다. 가상화를 구현한 오픈 소스 프로젝트로는 Xen[2]과 VServer[3] 등의 기술이 있으며, Xen 과 VServer 는 모두 리눅스를 기반으로 System call 을 수정하여 각 Guest OS 에 제공되는 자원을 Isolation 하는 Para-virtualization 을 구현하였다.

PlanetLab[4]은 이러한 가상화 기술을 응용하여 오버레이 네트워크를 구성하여 연구자들이 사용할 수 있는 실험용 네트워크를 제공하고자 하는 프로젝트이다. PlanetLab 은 세계 각지에 흩어져 있는 PlanetLab Node 들을 VServer[3]에 기반한 가상화 기술을 이용하여 Slice 로 나누고, 나누어진 Slice 들은 PlanetLab 에 참여하는 연구자나 사용자, 또는 PlanetLab 을 이용하여 네트워크 실험을 하고자 하는 이들에게 할당된다. 이 Slice 끼리는 PlanetLab 상에서의 네트워크로 연결되어 있고, 실제로는 인터넷을 통하여 트래픽이 전송되고 그 위에 오버레이 네트워크 형태로 존재한다.

가장 최근에 주목받고 있는 GENI 테스트베드 프로젝트[7]는 이러한 가상화 기술을 PlanetLab 과는 다르게 네트워크에 연결된 노드뿐만이 아니고 네트워크를 구성하는 모든 장치들에 적용하였다. 이를 통하여 사용자는 원하는 기술을 이용한 링크와 원하는 위치에 있는 노드와 라우터의 가상화된 자원 조각(Slice)를 할당받아서, 필요한 형태로 가상 네트워크를 구성할 수 있다. 각 가상 네트워크 상에는 사용자가 구현하거나 실험하고자 하는 응용 프로그램 또는 프로토콜을 설치하여 실행해 볼 수 있으며, GENI 프로젝트는 이러한 가상화된 테스트베드 환경을 기반으로 미래의 인터넷에서 사용될 수 있는 여러 가지 아키텍처와 프로토콜들을 구현하고 실험하는 것을 목표로 하고 있다.

네트워크 자원 중 링크에 관한 가상화 기술은 주로 다중접속 기술을 이용하여 구현될 수 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 무선 네트워크에서의 가상화는 일반적인 유선 네트워크 장비를 가상화하는 것에 비해 어려운 점이 있는데, 특히 무선 자원의 물리적인 동작을 강제하는 것이 어렵기 때문에 문제가 된다. [8]에서는 GENI 테스

트베드에 포함되는 무선 네트워크의 가상화를 위한 가상화 방안을 제시하고 있으며, 이는 해당 무선 네트워크 상에서 어떠한 실험을 수행하는지, 혹은 어떤 프로토콜을 구현할 것인지에 따라 SDMA, TDMA, FDMA, CDMA, Frequency Hopping 등의 다중접속 기술을 복합적으로 이용해야 한다고 제안하고 있다.

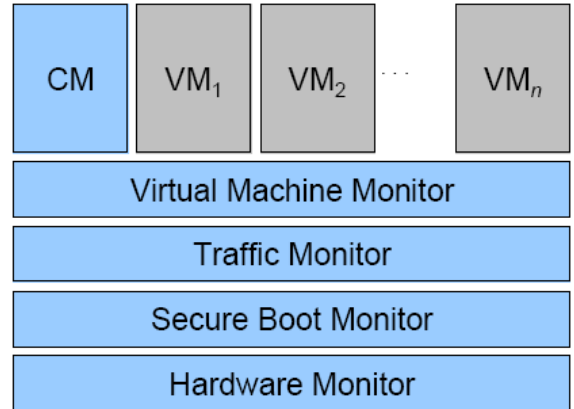


그림 1 GENI Programmable Edge Node

III. 가상 모바일 네트워크 및 응용 시나리

앞서 기술한 바와 같이, 최근의 네트워크 가상화는 물리적인 네트워크 자원, 즉 라우터, 링크, 혹은 단말을 각각 가상화하고, 이들간의 적절한 관리를 통하여 물리적인 네트워크 위에 가상의 네트워크를 구성하는 방향으로 발전하고 있다. 한편으로는 IEEE 802.11 기술의 Access Point 가 송신하는 Beacon 메시지에 한 개 혹은 그 이상의 SSID 를 담아 전달하여 한 AP 가 생성하는 802.11 BSS 가 하나 이상이 되도록 구현하는 Virtual AP 기술이 존재하고[5], 다수의 인터페이스를 갖고 있는 모바일 라우터가 역시 다수의 접속 네트워크에 멀티호밍 상태로 접속해 있는 경우 모바일 네트워크 내의 트래픽을 외부로 전달하기 위해서 어떤 접속 네트워크를 사용할 것인지를 각 접속 네트워크의 Prefix 를 선택함으로써 결정하는 Prefix 선택 기술을 사용하여 IP 계층에서 가상 모바일 네트워크를 구현하는 기술도 연구된 바 있다[6]. 우리는 특히 Prefix 선택 기술을 이용한 가상 모바일 네트워크를 이용하여 모바일 네트워크 내에 다수의 가상 모바일 네트워크가 존재할 때 각 단말이 가상 모바일 네트워크를 이용하는 기술을 구현하였다.

IPv6 환경에 기반한 가상 모바일 네트워크는 해당 모바일 라우터가 몇 개의 네트워크 인터페이스를 통해 하나 또는 그 이상의 접속 네트워크에 연결하는 형태에 따라서 두 가지 형태로 구분된다. 즉 Single-Homed 모바일 라우터에서의 가상 모바일 네트워크와, Multihomed 모바일 라우터의 가상 모바일 네트워크로 구분될 수 있고, 각각의 형태는 아래 그림과 같다.

가상 모바일 네트워크는 단일 모바일 네트워크 내에서 사용자들을 분리하거나 구분해야 할 필요가 있을 경우에 응용될 수 있으며, 특히 Multihomed 모바일 라우터에서 구현된 가상 모바일 네트워크는 모바일 라우터가 접속해 있는 Access Network 와 모바일 라우터 내의 가상 모바일 네트워크 사이의 매핑을 관리하여, 각 가상 모바일 네트워크는 특정 Access Network 를 이용하여 인터넷과 통신하도록 할 수 있다. Prefix Selection[6] 기술을 응용하여 가상 모바일 네트워크의

트래픽을 특정 Access Network 로 전달할 수 있게 되면 해당 가상 모바일 네트워크에 속해 있는 단말들이 필요로 하는 QoS 요구사항(Delay, Latency 등)을 만족시키는 Access Network 를 통해서 해당 단말의 트래픽을 전달하여 보다 향상된 성능을 제공하는 것이 가능하다.

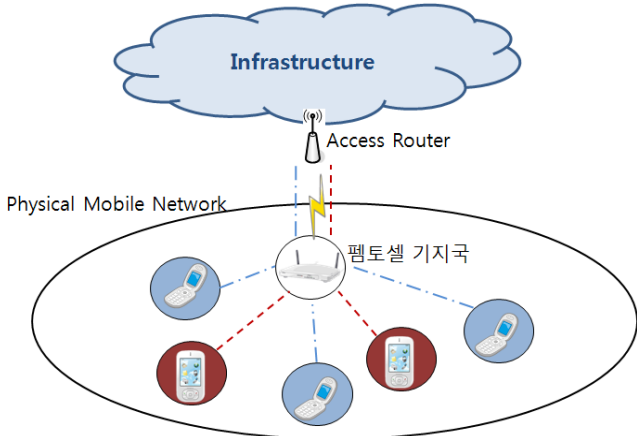


그림 2 Single-Homed 가상 모바일 네트워크

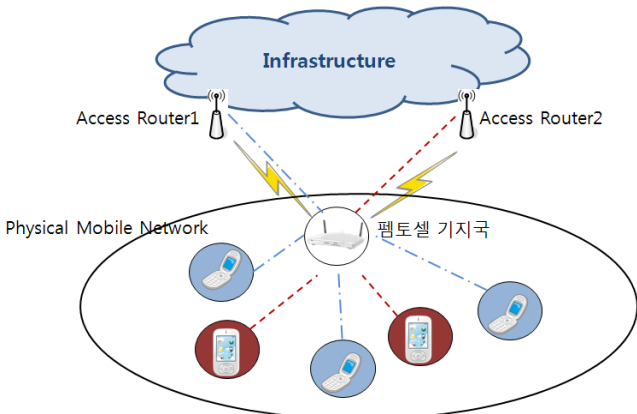


그림 3 Multi-homed 가상 모바일 네트워크

IV. 구현

우리는 가상 모바일 네트워크를 구현하기 위하여 IETF RFC3963 Nemo Basic Support[9] 표준에 기반한 모바일 네트워크 환경을 구축하였다(그림 4). 이 환경 하에서 모바일 네트워크 내에 모바일 라우터는 다수의 Mobile Network Prefix 를 전송하고, 모바일 네트워크에 속한 각 단말은 해당 Prefix 중 어떤 것을 선택하는지에 따라 서로 다른 가상 모바일 네트워크에 속하게 된다. 구현을 위해서 우리는 모바일 네트워크가 설치된 지역에 해당 모바일 네트워크의 관리자와 사용자용 가상 모바일 네트워크가 각각 따로 존재하여, 관리자는 모든 가상 모바일 네트워크를 모두 이용할 수 있는 반면 사용자는 사용자용 가상 모바일 네트워크만을 설치할 수 있는 시나리오를 설정하였다.

각 모바일 네트워크의 단말에는 netfilter 유틸리티가 설치되어 있어서, 모바일 라우터가 전송하는 Router Advertisement 패킷 속에 있는 모바일 네트워크 Prefix 를 검사한다. 이 때, 해당 단말이 관리자용 단말일 경우에는 특별한 처리 없이 종료되나, 해당 단말이 사용자용 단말일 경우에는 사용할 수 없는 가상 모바일 네트워크에 해당하는 Prefix 를 삭제하고, 나머지 Prefix 만을 상위

계층으로 올려보내어 처리한다. IPv6 address autoconfiguration 을 통해서 해당 Router Advertisement 가 처리될 때, 사용자용 단말에서는 정해진 가상 모바일 네트워크에 할당된 Prefix 만을 보고 주소를 설정하여 해당 가상 모바일 네트워크에 연결하게 된다.

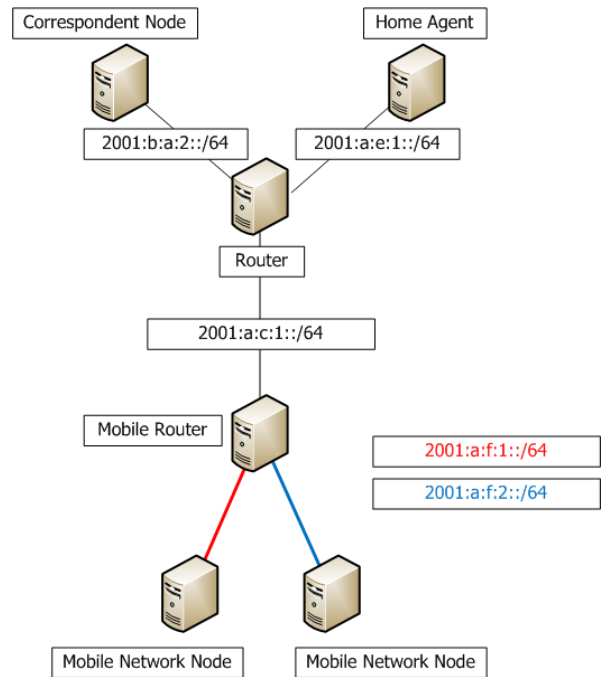


그림 4 테스트베드 구성

V. 결론

본 논문에서는 최근에 주목받고 있는 연구 주제인 가상화 기술과, 이를 네트워크 분야에 적용하고자 하는 다양한 노력에 관하여 간략하게 알아보고, IPv6 환경 하에서 Prefix 선택 기술을 응용한 가상 모바일 네트워크의 응용 시나리오와 구현에 관하여 기술하였다. 모바일 라우터는 둘 혹은 그 이상의 Prefix 를 모바일 네트워크 내에 Router Advertisement 메시지를 통해 전달하고, 모바일 네트워크 내의 각 단말은 이동 모바일 네트워크의 응용 시나리오에 따라서 각각 적절한 가상 모바일 네트워크에 접속하게 된다. 모바일 라우터는 각 응용 시나리오에 따라 적절한 방식으로 트래픽을 인터넷으로 전송하거나 차단하며, 멀티호밍 상태에 있는 경우에는 각각의 가상 모바일 네트워크별로 서로 다른 접속 네트워크를 통해 트래픽을 전달한다. 이러한 가상 모바일 네트워크의 가능성을 시험하기 위해서 본 논문에서는 간단하게 관리자-사용자로 이루어진 가상 모바일 네트워크 응용 시나리오에 맞추어 관리자는 관리자용 가상 모바일 네트워크와 일반용 가상 모바일 네트워크 양 쪽에 접속하는 한편 사용자는 일반용 가상 모바일 네트워크만을 접속하는 시나리오를 구현하여 시험하였다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장 동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2007-F-038-02, 미래 인터넷 핵심기술 연구] 이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터연구소에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] <http://www.vmware.com>
- [2] <http://www.xen.org>
- [3] <http://linux-vserver.org>
- [4] <http://planet-lab.org>
- [5] B. Aboba, “ Virtual Access Points” , IEEE 802.11-033/154r1
- [6] C. Park, N. Choi, E. Paik, T. Kwon, Y. Choi, “ Multiple Interface/Prefix Selection for Virtual Mobile Networks” , Proc. of IEEE ICACT 2008
- [7] <http://www.geni.net>
- [8] S. Paul, S. Seshan, “ Technical Document on Wireless Virtualization” , Geni Development Document 06-17
- [9] V. Deverapalli, R. Wakikawa, A. petrescu, P. Thubert, “ Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol” , IETF RFC 3963