

차량 내 IPv6 네트워크를 위한 다중 이동 라우터 구조의 설계와 분석

Design and Analysis of Multiple Mobile Router Architecture for In-Vehicle IPv6 Networks

백은경*

(Paik, Eun-Kyoung)

조호식**

(Cho, Ho-Sik)

최양희***

(Choi, Yang-Hee)

요약

언제 어디서나 컴퓨터 통신을 제공하는 유비쿼터스 통신이 대두되면서 차량은 자체 센서 및 제어 기기를 통신 네트워크로 연결할 뿐 아니라 승객에게도 통신 연결을 제공하는 새로운 통신 플랫폼으로서 주목받고 있다. 모든 통신 네트워크를 IP로 연결하는 4세대 이동 통신으로의 전이를 위하여 차량 내 네트워크 또한 IP 연결이 요구된다. 네트워크 이동성은 이동 IPv6 기반의 개념으로서, 이동의 단위를 호스트가 아닌 네트워크로 하여, 차량과 같이 다수의 이동 통신 노드를 포함하는 경우에 동시에 다수의 이동성 관리를 처리하는 부담을 해결하기 위하여 등장하였다. 네트워크 이동성을 이용하면 이동 라우터가 인터넷과 차량 내 이동 노드들 사이에서 이동성 관리를 일괄하여 처리한다. 트래픽의 단일 통과 지점인 이동 라우터의 신뢰성은 전체 차량 내 IPv6 네트워크의 성능을 좌우하는 중요한 요소이며 단일 고장 지점이 된다. 본 논문에서는 차량 내 IPv6 네트워크의 신뢰성 향상과 충분한 데이터 전송률 제공을 위하여, 멀티호밍 기법에 의한 적응형 다중 이동 라우터 구조를 제안한다. 제안하는 다중 이동 라우터 구조는 차량의 종류에 따라 달라지는 이동성 특징을 이용하여 동적으로 무선 연결 상태가 변화하는 환경에 적용한다. 시뮬레이션 결과는 제안한 다중 이동 라우터 관리 구조가 기존의 단순 라우터 중복 구조에 비하여 세션 연결성을 증가시킴으로써 패킷 손실을 감소시키고 신뢰성을 높임을 보여준다. 또한 유효 도달 범위와 데이터 전송률이 서로 다른 액세스 기술이 혼재하는 통신 환경에서 세션 연결성을 보장하는 동시에 데이터 전송률 향상을 도모하는 적응성을 보인다.

Abstract

As the demand for ubiquitous mobile wireless Internet grows, vehicles are receiving a lot of attention as new networking platforms. The demand for 4G all-IP networks encourages vehicle networks to be connected using IPv6. By means of network mobility (NEMO) support, we can connect sensors, controllers, local servers as well as passengers' devices of a vehicle to the Internet through a mobile router. The mobile router provides the connectivity to the Internet and mobility transparency for the rest of the mobile nodes of an in-vehicle IPv6 network. So, it is important for the mobile router to assure reliable connection and a sufficient data rate for the group of nodes behind it. To provide reliability, this paper proposes an adaptive multihoming architecture of multiple mobile routers. Proposed architecture makes use of different mobility characteristics of different vehicles.

* 회원 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사과정

** 비회원 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 석사과정

*** 비회원 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 교수

† 논문접수일 : 2003년 8월 3일

Simulation results with different configurations show that the proposed architecture increases session preservation thus increases reliability and reduces packet loss. We also show that the proposed architecture is adaptive to heterogeneous access environment which provide different access coverage areas and data rates. The result shows that our architecture achieves sufficient data rates as well as session preservation.

Key Word : 차량 내 IPv6네트워크(in-vehicle IPv6 network), 네트워크 이동성(network mobility), 이동 라우터(mobile router), IPv6, 멀티호밍(multihoming)

I. 서 론

이동 통신이 생활화되고 텔레매틱스(telematics) 서비스가 시작되면서, 차량은 단순한 이동 수단일 뿐만 아니라 새로운 통신 플랫폼으로서 주목을 받고 있다. 즉 자체 이용을 위한 제어 기기와 센서 등을 지원하는 컴퓨팅 기반이 됨과 동시에, 이들 내부 기기 및 승객의 이동 기기에 통신 연결을 제공하는 기반이 되고 있다.

이동 통신은 고속 멀티미디어 통신을 지원하는 3세대 통신 서비스 시대를 넘어, 모든 통신 네트워크를 IP를 통해 연결하는 4세대 통신으로 향하고 있다. 4세대 이동 통신은 무선랜(Wireless LAN), 셀룰러망(cellular network), 위성망(satellite network) 등의 이종(heterogeneous) 네트워크들을 IP로 통합하고, 언제 어디서나 컴퓨터 통신을 가능하게 하는 유비쿼터스(ubiquitous) 통신을 제공한다. 그러므로 4세대 이동 통신의 실현을 위해서는 다양한 기기들 각각에 IP 주소를 할당할 수 있는 방대한 주소 영역을 갖는 IPv6[1]의 채택이 필수적이다.

이동 IPv6[2]는 IPv6 주소를 이용하여 통신하는 노드의 이동을 지원하는 프로토콜로서, 이동 노드가 인터넷에의 접속 지점을 변경할 때마다 이동성 관리를 지원한다. 이동 IPv6를 차량의 통신 서비스에 이용할 경우 차량 내의 다수의 이동 노드가 동시에 인터넷에의 접속점을 변경하게 되므로, 동시에 다수의 이동성 관리를 해야 하는 부담 문제가 발생한다[3].

다수의 이동 노드가 동시에 이동할 때 이동성 관리의 폭발 문제를 해결하기 위하여 네트워크 이동성(NETwork MObility, NEMO) 지원 프로토콜이 등

장하였다[4]. 네트워크 이동성 지원 프로토콜을 이용하여 차량 내 이동 노드들을 네트워크로 연결하면 이동성 관리의 폭발성 문제를 해결할 수 있지만, 모든 통신 트래픽이 단일 이동 라우터를 통과함에 의한 신뢰성 문제와 부하 집중 문제가 발생한다[5].

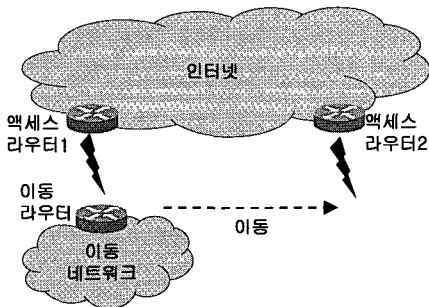
단일 이동 라우터 문제를 해결하기 위하여 다중 연결을 지원하는 멀티호밍(multihoming) 기법의 도입이 대두되고 있지만 이를 구현하려면 여러 가지 문제가 새롭게 발생한다[5-7]. 본 논문은 다중 이동 라우터를 이용하여 다중 연결을 제공하는 차량 내 IPv6 네트워크의 구조를 제안하고 그 성능을 분석한다. 제안하는 구조는 이동 라우터의 세션 연결성과 신뢰성을 증가시키면서 대역폭을 확보하는 것을 목표로 한다.

본 고의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서 네트워크 이동성 지원 프로토콜의 기본 개념과 동작 원리를 설명한다. 제 3장에서 문제를 제기한 후, 이의 해결을 위한 멀티호밍 개념과 구현 이슈를 설명하고, 다중 이동 라우터 구조의 장점을 분석한 다음, 다중 연결 관련 기존 연구를 고찰한다. 제 4장에서는 차량별 이동성 특성에 따라 적용하는 다중 이동 라우터의 신뢰성 향상 기법을 제안하고, 제 5장에서 제안하는 다중 이동 라우터의 구조를 설명한다. 제 6장에서 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 제안한 구조의 성능을 검증한 후, 제 7장에서 결론을 맺는다.

II. 이동 IPv6와 네트워크 이동성 개념

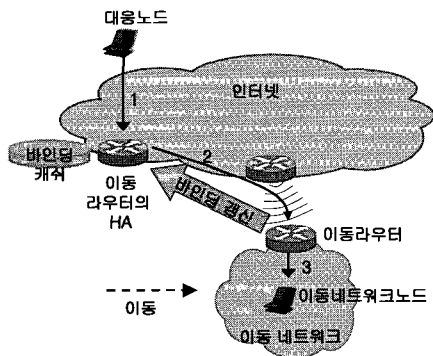
본 장에서는 본 논문의 연구 배경이 되는 네트워크 이동성의 개념에 대하여 설명한다. 이동 네트워크(mobile network)는 하나 이상의 IP 서브넷(subnet)

에 의하여 구성된 노드들의 집합으로서, 이동 라우터에 붙어서 하나의 이동 단위가 되는 네트워크를 일컫는다[8]. 이동 네트워크의 기본 개념은 <그림 1>과 같다. <그림 1>에서 이동 네트워크는 이동 라우터(mobile router, MR)를 통하여 인터넷에 접속하고, 이동하면서 인터넷 접속 지점인 액세스 라우터(access router, AR)를 변경하게 된다.



<그림 1> 네트워크 이동성 개념

네트워크 이동성 지원 프로토콜[4]은 이동 IPv6 [2]를 기반으로 하여 <그림 2>와 같이 동작한다. 128비트 주소 체계인 IPv6는 모든 노드가 사용할 수 있는 충분한 양의 IP 주소를 제공한다. 그러므로, 주소 영역 공급 부족 문제를 가진 기존의 이동 IPv4[9] 프로토콜에서처럼 이동 노드들이 방문한 외부 네트워크(foreign network)의 외부 에이전트(foreign agent, FA)로부터 IP 주소를 빌려서 CoA(care of address)로 공유하지 않는다.



<그림 2> 기본 네트워크 이동성 지원 프로토콜의 동작

이동 IPv6에서는 IP 주소 자동 설정(auto-configuration)과 이웃 발견(neighbor discovery) 등을 통하여 독자적으로 임시 IP 주소를 설정하여 CoA로 사용한다. 이에 따라 이동 네트워크 내의 이동 노드로의 라우팅 문제가 발생한다[10]. 즉, 대응 노드(correspondent node, CN)가 이동 네트워크 내의 노드(mobile network node, MNN)로 패킷(packet)을 보내고자 할 때, 라우터는 이동 네트워크 노드 주소의 프리픽스(prefix)를 보고 그 노드의 한 홉(hop) 이전 라우터인 이동 라우터로 패킷을 보낸다. 이동 라우터로 전송되는 패킷은 이동 라우터의 홈 네트워크(home network)에서 홈 에이전트(home agent, HA)에게 가로채인다. 이동 라우터의 홈 에이전트는 바인딩 캐쉬(binding cache)에 이동 라우터의 CoA로 호스트 특정 라우팅(host-specific routing, HSR)을 하는 엔트리(entry)만 가지고 있으므로, 이동 라우터의 프리픽스를 대응시킬 엔트리를 찾지 못하고 디폴트(default) 라우터로 보낸다. 디폴트 라우터는 다시 이동 라우터로 보내기 위하여 이동 라우터의 홈 네트워크로 보내고 여기에서 홈 에이전트에게 패킷을 가로채이는 일이 반복되어 라우팅 루프(loop) 문제가 발생한다.

라우팅 루프 문제를 해결하기 위하여 이동 라우터는 외향 인터페이스(egress interface)와 내향 인터페이스(ingress interface)의 주소 설정을 독립시킨다. 인터넷에 연결하는 외향 인터페이스(egress interface)는 이동하면서 외부 네트워크에서 동적으로 CoA를 설정한다. 이동 네트워크 노드들과 연결하는 내향 인터페이스(ingress interface)는 이동에 독립적으로 IP 주소를 정적으로 유지한다. 이동 라우터는 이동할 때마다 외향 인터페이스의 CoA와 내향 인터페이스의 프리픽스(prefix) 사이의 바인딩을 갱신하여 홈 에이전트에게 알린다.

이동 라우터의 홈 에이전트와 이동 라우터 사이에는 터널을 설정하여 통신한다. 즉 모든 이동 네트워크 노드들은 이동 라우터 홈 에이전트와 이동 라우터 사이의 터널을 통하여 패킷을 송수신하게 된다. 결과적으로 이동성 관리를 이동 라우터가 대표하게 된다.

Ⅲ. 이동 라우터 신뢰성 문제와 멀티호밍

본 장에서는 차량 내 IPv6 네트워크의 이동 라우터에서 발생하는 신뢰성 문제를 기술하고, 이를 해결하기 위한 멀티호밍 기법의 개념과 구현 이슈를 설명한다. 이어서 차량 내 IPv6 네트워크에 다중 이동 라우터 탑재의 필요성과 다중 이동 라우터를 도입함으로써 얻는 이점을 분석한 후, 다중 연결과 관련된 기존 연구를 고찰한다.

1. 이동 라우터의 신뢰성 문제

차량 내 IPv6 네트워크에서는 모든 통신이 이동 라우터를 통하여 이루어지므로 이동 라우터의 고장은 전체 차량 내 IPv6 네트워크를 마비시킨다. 그러므로 전체 차량 내 IPv6 네트워크의 신뢰성은 이동 라우터의 신뢰성에 의존한다.

신뢰성을 보장하기 위한 요구 사항은 상호 통신 능력 유지(session preservation)와 패킷 손실(packet-loss) 예방을 들 수 있다. 이동 라우터의 처리 능력이 고려되지 않은 상태에서 도착하는 패킷들의 수가 증가하거나, 통신 불능 상태의 이동 라우터로 패킷이 전송되는 경우에, 패킷이 손실되고 상호 통신 능력이 소실되어 트래픽의 성능을 저하시키고 TCP의 혼잡제어를 유발한다.

이동 라우터는 유선에 고정된 라우터와 달리 무선 연결을 동적으로 변화하므로 물리적 원인으로 인한 무선 채널의 취약점[11]과 이동에 따른 실시간 변화를 고려하여야 한다. 이와 같은 이동 라우터의 취약점은 상호 통신 능력의 영속과 패킷 손실 예방을 통한 신뢰성 보장을 더욱 절실하게 요구한다.

2. 다중 이동 라우터 탑재의 필요성

차량은 자체 제어기와 센서 및 다수의 승객이 보유한 이동 기기들을 연결하여 차량 내 대규모 IPv6 네트워크로 구성한다. 또한 한 승객이 다수의 이동 기기를 소유할 수 있으므로 차량 내 IPv6 네트워크의 규모는 대형화 된다. 차량 내 IPv6 네트워크는 차량의 물리적 크기가 이동 라우터의 액세스 유효

범위를 초과한다는 이유로, 또는 차량 내의 승객의 수가 많아서 하나의 이동 라우터로 서비스 가능한 이동 노드의 수를 초과한다는 이유에 의하여, 다중 이동 라우터의 탑재를 요구한다. 그 밖에 기차와 같이 여러 객차로 구성되는 차량의 경우, 무선 전파의 물리적 한계로 인하여 각 객차마다 이동 라우터를 탑재해야 하는 경우가 발생한다. 예를 들어 802.11b 무선랜의 경우, 객차를 형성하는 소재를 통과하지 못하므로 각 객차마다 802.11b 액세스 포인트(access-point, AP)를 이동 라우터로 설치해야 한다. 이와 같은 이유로 차량 내 대형 IPv6 네트워크 구현을 위해 다중 이동 라우터 관리의 필요성이 대두된다.

3. 차량 내 IPv6 네트워크에서 멀티호밍 개념과 구현 이슈

멀티호밍 기법은 인터넷에의 다중 연결을 제공함으로써 신뢰성을 증가시키고, 부하를 분산한다. 기존의 노드 단위의 멀티호밍 기술은, 노드에 다중 인터넷 주소를 할당 하거나, 다중 인터페이스를 구성 하거나, 다중 링크를 연결하는 방법을 취했다. 차량 내 IPv6 네트워크에서는 이동 라우터에 이러한 방법을 사용함으로써 멀티호밍을 구현할 수 있을 뿐 아니라, 이동 라우터를 복수로 적재하는 다중 이동 라우터 구조에 의하여 멀티호밍 효과를 얻을 수 있다.

이동 네트워크에 멀티호밍을 구현할 때, 설정에 따라 하나 이상의 홈 에이전트를 설정할 수도 있고, 하나 이상의 네트워크 프리픽스를 설정할 수도 있으며, 하나 이상의 이동 라우터를 설정할 수도 있다 [6]. 그러나 이와 같은 설정 구조를 구현하기 위해서는 해결해야 할 문제가 많다[5-7]. 특히, 멀티호밍은 복수의 연결을 지원하는 것이므로 송수신 되는 트래픽 플로우(flow)마다 어떤 연결을 선택할지 결정하는 문제를 해결하는 기법이 성능에 중요한 영향을 미친다.

4. 다중 이동 라우터 구조 도입의 이점

다중 이동 라우터 구조를 도입하는 동기는 크게 두 가지로 나눌 수 있다.

- 인터넷과의 상호 통신 능력 증가: 공간적, 시간적, 기술적 다중 연결에 의한 상호 통신 능력 증가
- 부하 공유: 질적, 부하와 양적 부하의 공유

인터넷과의 상호 통신 능력의 증가는 공간적, 시간적, 기술적으로 다중 이동 라우터를 활용함으로써 제공한다. 첫째로, 공간적으로 분산된 이동 라우터들은 한 이동 라우터가 무선 액세스 망의 유효 도달 범위 안에 있지 않아도 다른 이동 라우터가 유효 범위 내에 속할 확률을 증가시킴으로써 상호 통신 능력을 증가시킨다. 다중 이동 라우터는 또한 시간적으로 한 이동 라우터가 장애를 일으키는 동안 다른 이동 라우터가 이를 대리할 수 있게 함으로써 상호 통신 능력을 증가시킨다. 마지막으로 다중 이동 라우터들은 각각 다른 무선 액세스 기술에 접속함으로써 서로 다른 특징을 갖는 액세스 기술 중 한 기술이 인터넷 연결을 제공하기 어려운 경우에 다른 기술을 이용할 수 있게 함으로써 상호 통신 능력을 증가시킨다. 예를 들어 유효 도달 범위가 작은 무선 근거리망을 이용할 수 없는 경우에, 유효 범위가 큰 셀룰러망을 이용함으로써 연결성을 증가시킨다.

다중 이동 라우터 이용의 또 다른 이점은 여러 이동 라우터들이 양적, 또는 질적으로 부하를 공유할 수 있다는 점이다. 양적 부하 공유는 이동 라우터들에 트래픽을 분산한다. 예를 들어, 다른 이동 라우터들이 잉여 처리 능력을 가졌음에도 불구하고 특정 이동 라우터에 트래픽이 집중되어 패킷이 손실되는 상황을 예방할 수 있다. 질적 부하 공유는 QoS(Quality of Service)를 제공하는 수단으로서, 트래픽의 유형이나 우선순위 등에 따라 트래픽을 각 이동 라우터에 분리시킴으로써 실현 가능하다. 예를 들어, 신호나 실시간 트래픽에 높은 우선순위를 부여할 수 있으며, 가격이나 대역폭에 대한 사용자 요구에 대응하는 액세스 기술을 할당할 수도 있다.

위에 열거한 이점 중에서 기술적 다중 연결에 의한 상호 통신 능력 증가와 부하 공유는 단일 이동 라우터에 구현하는 다중 연결에 의해서도 가능하나, 다중 이동 라우터를 탑재함으로써 이중 네트워

크 사이의 핸드오프 지연을 감소시킬 수 있다. 공간적 다중 연결은 다중 이동 라우터 고유의 이점이며, 라우터의 물리적 고장을 대비하는 시간적 다중 연결 또한 다중 라우터를 탑재함으로써만 가능하다.

5. 다중 연결 관련 기존 연구

이동 IP에서 홈 에이전트나 프리픽스를 하나 이상 사용하는 설정은 네트워크 이동성이 아닌 호스트 이동성의 경우에도 발생한다. 그러므로 호스트에 이동 IP를 구현함에 있어서 다중 연결을 통하여 신뢰성을 보장하기 위한 연구들이 진행되고 왔다. [12]나 [13]과 같이 많은 연구가 홈 에이전트를 다중으로 관리함으로써 다중 연결을 제공하고 부하를 분산하는 기법을 제안하였다. 그러나 유선망에 위치하는 홈 에이전트는 무선망을 연결하는 이동 라우터와 같이 동적 채널 변화 문제를 다루지 않는다. 이동 라우터를 하나 이상 사용하는 설정에 대해서는, 구현을 위하여 선결해야 하는 문제 분석 및 해결 프로토콜에 대한 연구가 요구되고 있다[5-7].

IV. 이동 특성에 따른 이동 라우터 신뢰성 향상 기법

본 장에서는 인터넷과의 상호 통신 능력을 증가시키고 부하를 공유하기 위한 다중 이동 라우터 구조를 이동 특성에 따라 설정하는 방법을 제안한다. 차량의 종류에 따른 이동성의 특징을 <표 1>과 같이 분류할 수 있다. 그러므로 다중 라우터를 이에 따라 동적으로 구성함으로써 다중 연결의 성능을 높일 수 있다. 본 논문에서는 이동성 특성을 예측 가능 이동성과 임의의 이동성으로 나누고, 각각에 적용하는 다중 이동 라우터 관리 기법을 제안한다.

<표 1> 차량에 따른 이동성 특성

	기차, 지하철	자동차
도로 경로	예측 가능 경로	임의의 경로
이동 규칙성	규칙적 정차/출발	임의의 정차/출발
방향 다양성	저	고
이동 속도	중	중

1. 예측 가능 이동성과 다중 이동 라우터 구성

본 절에서는 기차나 지하철과 같이 예측 가능 이동성을 가진 차량의 다중 이동 라우터 구성 기법을 제안한다. 본 고에서는 예측 가능한 이동을 다음과 같이 정의한다.

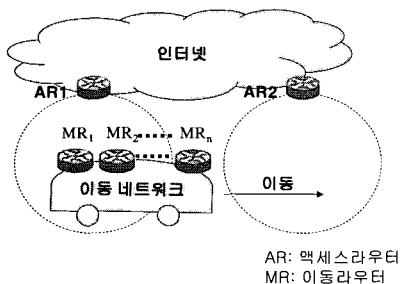
- 예정된 경로를 이동한다.
- 일정한 속도로 이동 및 정지한다.
- 일정한 방향으로 이동한다.
- 선형 이동한다.

기차나 전철과 같은 차량은 예정된 선로를 이탈할 수 없다. 또한 이들은 일정한 속도와 방향으로 이동하므로 - 비상사태 발생 경우를 제외하면 후진하지 않으므로-본 고에서는 이들의 핑퐁(ping-pong) 핸드오버(handover)를 고려하지 않는다. 그러므로 이러한 예측 가능한 이동성은 선형 이동 모델로 표현 가능하다.

<그림 3>은 예측 가능 이동성을 가진 차량이 액세스 라우터인 AR1의 무선 액세스 유효 도달 범위에서 AR2의 무선 액세스 유효 도달 범위로 이동하는 경우의 다중 이동 라우터들 사이의 관계를 보인다. <그림 3>에서 보듯이 예측 가능 이동성을 가진 차량에 탑재된 다중 이동 라우터는 다음과 같은 특징을 갖는다.

- 나중에 무선 액세스 유효 도달 범위에 들어온 이동 라우터의 인터넷 상호 통신 유효시간 잔여량은, 먼저 들어온 이동 라우터의 남아있는 인터넷 상호 통신 유효시간 잔여량보다 크다.

<그림 3>에서 이동의 방향이 미리 정해진 차량



<그림 3> 예측 가능 이동성을 가진 차량과 다중 이동 라우터

내 IPv6 네트워크에 탑재되어 AR1의 무선 액세스 유효 도달 범위에 먼저 들어 온 MRn보다 나중에 들어온 MR2가 인터넷과의 상호 통신 수명이 길다.

예측 가능성을 가진 차량에 탑재된 이동 라우터를 공간적 위치에 따라 관리함으로써 인터넷과의 상호 통신 능력을 증가시킬 수 있다. 본 논문은 공간적으로 분산 배치한 이동 라우터들 중에서, 시간적으로 인터넷 상호 통신 수명이 가장 긴 이동 라우터에 우선순위를 부여하는 위치 기반의 이동 라우터 선택 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 인터넷과의 상호 통신 능력을 증가시키기 위하여, 다중 이동 라우터의 위치를 대형 차량 내에 분산 배치하고 나중에 무선 액세스 유효 도달 범위에 들어온 이동 라우터에 우선 순위를 부여한다.

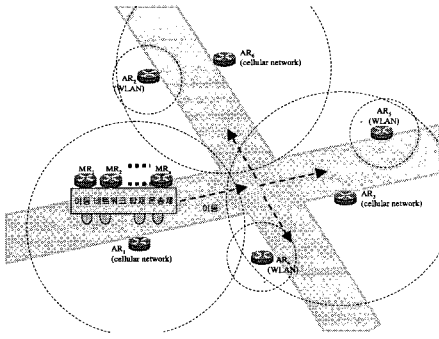
2. 임의의 이동성과 다중 이동 라우터 구성

본 절에서는 자동차와 같이 임의의 이동성을 가진 차량의 다중 이동 라우터 구성 기법을 제안한다. 본 고에서는 임의의 이동성을 다음과 같이 정의 한다.

- 제한된 경로 상에서 자유롭게 이동한다.
- 이동 속도의 변화를 예측할 수 없다.
- 이동 방향을 예측할 수 없다.
- 2차원 공간 이동한다.

자동차와 같은 차량은 전용 도로 상에서 이동하지만 방향, 속도 등의 선택이 가능하다. 이러한 임의의 이동성은 2차원 공간 모델로 표현한다. 임의의 이동성을 갖는 경우에는 시간적, 공간적 이동성 예측에 의한 이득을 기대할 수 없으므로 이중 무선 액세스 기술과 다중 이동 라우터를 대응시킴으로써 인터넷과의 상호 통신 능력 증가 및 데이터 전송률 증가를 추구한다. 각 이동 라우터가 서로 다른 무선 액세스 기술에 접속하게 함으로써, 다중 이동 라우터를 탑재한 차량내 IPv6 네트워크는 이중 액세스 기술을 동시에 이용할 수 있다. 이 기법을 이용하면 별도의 설정 변경 없이 이동 라우터의 추가만으로 이중 무선 액세스가 가능하다.

<그림 4>는 이중 무선 액세스 환경에서 방향과 속도의 임의성을 갖는 차량의 예를 나타낸다. 무선



〈그림 4〉 임의의 이동성을 가진 차량과 다중 이동 라우터

액세스 기술은 <표2>와 같이 종류에 따라 유효 액세스 범위, 가격, 데이터 전송률 등에서 상대적 차이를 보인다. 본 고에서 제안하는 기법은 다중 이동 라우터를 이들 각각에 연결하고 선택 가능하게 함으로써 최적화된 유효 액세스 범위와 데이터 전송률을 획득한다.

〈표 2〉 무선 액세스 기술별 특징.

기술	무선랜	셀룰러망
유효 액세스 범위	소	대
데이터 전송률	고	저
가격	저	중

V. 다중 이동 라우터 관리 구조

II장에서 설명한 바와 같이 이동 라우터는 이동할 때마다 방문한 외부 네트워크에서 CoA를 설정하여 자신의 홈 네트워크에 바인딩 갱신을 한다. 다중 이동 라우터를 탑재한 차량 내 IPv6 네트워크의 경우에는 각 이동 라우터가 CoA를 설정하므로, 하나의 차량 내 IPv6 네트워크에 대하여 다수의 이동 라우터 CoA가 존재하게 된다. 본 논문에서는 한 차량 내 IPv6 네트워크 프리픽스에 대하여 다수의 CoA 바인딩을 수신한 홈에이전트가 최적의 이동 라우터를 선택하도록 한다.

예측 가능 이동성을 갖는 차량의 경우에는, 바인딩 순서에 따라 바인딩 캐쉬 내의 엔트리를 유지함으로써 기존 프로토콜을 수정하지 않고도 홈에이전

트가 최적의 이동 라우터를 선택할 수 있다.

임의의 이동성을 갖는 차량의 경우에는, 동적으로 변화하는 이동 라우터 상태 정보를 갱신하기 위하여 <그림 5>와 같이 바인딩 갱신 포맷에 선택 옵션 P를 추가하여 확장하였다. <그림 5>의 각 필드는 <표 3>에서 설명하는 바와 같은 역할을 한다. 새로 추가한 P 필드는 각 이동 라우터의 수신 능력 정보를 홈 에이전트에게 전달하는 역할을 한다. P 필드를 포함하는 바인딩 갱신 메시지를 수신한 홈 에이전트는 여러 이동 라우터 중에서 현재 수신 능력이 좋은 라우터를 선택하여 패킷을 전송한다.

							Sequence Number
A	H	L	K	R	P	Reserved	Life time
Mobility Options							

〈그림 5〉 바인딩 갱신 메시지 포맷

〈표 3〉 바인딩 갱신 메시지 필드

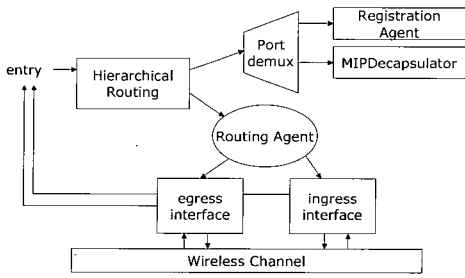
필드	내용
Sequence Number	바인딩 갱신의 순차 번호
A	이 플래그가 세트(set)되면 에이전트가 확인 메시지를 보내야 함
H	바인딩 갱신이 홈 에이전트에 전송될 때 세트되는 비트
R	바인딩 갱신이 차량 내 IPv6 네트워크 프리픽스를 전송할 때 세트되는 비트
P	이동 라우터 선택을 위한 옵션
Lifetime	바인딩 갱신의 유효시간

VI. 시뮬레이션

본 장에서는 제안한 기법의 성능 평가를 위하여 시뮬레이션 한 결과를 제시한다.

1. 시뮬레이션 환경

본 고에서는 시뮬레이션 도구로 NS-2[14] 버전 2.26을 사용하였으며, 이동 IPv6를 구현한 Mobi-WAN[15]의 이동 노드를 확장하여 <그림 6>과 같이



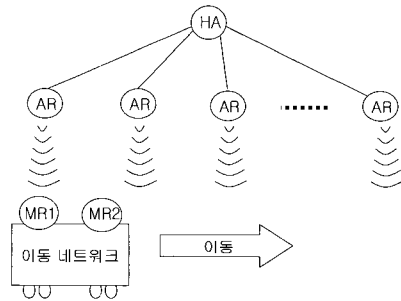
<그림 6> NS-2 시뮬레이션을 위한 이동 라우터 구조

이동 라우터를 구현하였다. <그림 6>에서 entry로 패킷이 들어오면, Hierarchical Routing에서 목적지 주소를 분류한다. 목적지 주소가 이동 라우터 자신 이면 Port demux를 통하여 MIPDecapsulator로 보내고, 여기에서는 홈 에이전트에서 수행된 캡슐레이션을 해제함으로써 패킷을 수신한다. Registration Agent는 바인딩 갱신 작업을 한다. 목적지 주소가 자기 자신이 아닌 다른 곳이면, Routing Agent로 보내어 내향 인터페이스와 외향 인터페이스 중 적절한 곳을 통하여 전송한다. 이동 라우터는 기존의 이동 노드나 유선 라우터의 시뮬레이션에서와 달리 외향 인터페이스와 내향 인터페이스의 두 가지 서로 다른 무선 인터페이스를 가지므로 이를 시뮬레이션 할 수 있도록 구현하였다.

2. 시뮬레이션 결과

1) 예측 가능 이동성을 위한 위치 기반 이동 라우터 선택 시뮬레이션

<그림 7>은 위치 기반의 이동 라우터 선택에 의한 성능을 실험하기 위한 네트워크 토폴로지이다. 예측 가능 이동성을 갖는 기차나 지하철의 경우를 시뮬레이션 하기 위하여 한 객차의 길이가 200 미터이고 90km/h의 속도로 달리는 경우를 모델링 하였다. 선로에는 무선랜 액세스 포인트(Access Point, AP)를 500 미터 간격으로 설치하였다. 각 무선랜 액세스 포인트의 액세스 범위는 지름 250 미터이다. 대용량 FTP 트래픽을 적용하기 위하여, 640바이트 크기의 패킷을 0.05초 간격의 CBR(Constant Bit

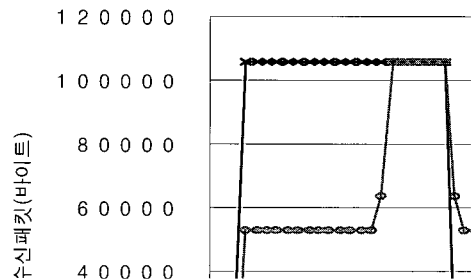


HA : 홈 에이전트, AR : 액세스 라우터, MR : 이동 라우터

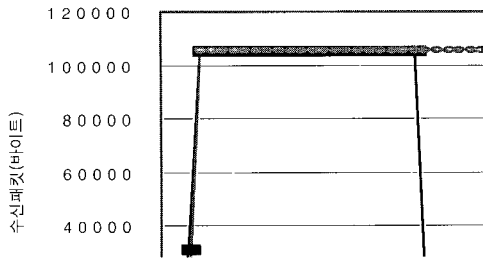
<그림 7> 위치 기반 이동 라우터 선택 실험 토폴로지

Rate) 트래픽으로 전송하였다. 벤치마크 기법으로는 라운드 로빈(round robin) 기법을 사용하였다.

먼저 다중 라우터의 공간적 분산 배치가 성능에 미치는 영향을 제안한 기법과 벤치마크 기법에 대하여 각각 실험하였다. 이를 위하여 두 이동 라우터를 동일 위치에 배치한 경우와 분산 배치한 경우의 패킷 처리량을 비교하였다. 처리량은 이동 네트워크 노드에서 수신한 패킷의 양으로 표시하였다. <그림 8>은 벤치마크 기법인 라운드 로빈 기법에 대한 다중 라우터의 분산 배치 결과이다. 분산 배치가 상호 연결 시간을 증가시켰지만, 전체 패킷 수신량에서는 이득이 없음을 알 수 있다. <그림 9>의 결과는 제안한 위치 기반 기법을 사용한 결과이다. 이동 라우터의 위치를 분산시켰을 때 상호 연결 시간을 증가시키면서, 전체 패킷 손실도 감소시킬 수 있음을 보인다. 이러한 위치 분산 효과는 액세스 포인트의 유효 도달 범위에 비하여 차량 내 IPv6 네트



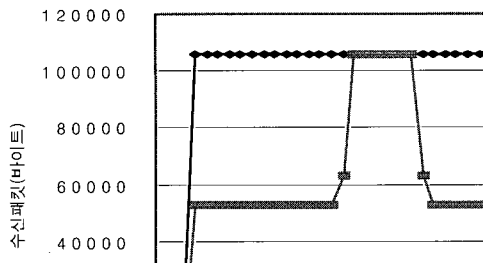
<그림 8> 라운드 로빈 기법과 다중 이동 라우터의 위치 분산



<그림 9> 위치 기반 이동 라우터 선택 기법과 다중 이동 라우터의 위치 분산

워크의 물리적 길이가 긴 경우에 더 큰 영향을 받는다. 즉 무선랜과 같이 유효 도달 범위가 작은 액세스 기술 환경에서, 기차나 전철과 같이 길이가 긴 차량이 이동할 때 보다 높은 성능을 얻을 수 있다.

<그림 10>은 이동 라우터의 위치를 분산시킨 환경에서, 본 논문에서 제안한 위치 기반 이동 라우터 선택 기법과 라운드 로빈 기법의 패킷 처리량을 비교한 결과이다. <그림 10>에서 보듯이 위치 기반의 이동 라우터 선택 기법은 단순한 라운드 로빈 기법에 의하여 이동 라우터를 선택했을 때보다 상호 연결성을 증가시킴으로써 패킷 손실을 감소시킨다.

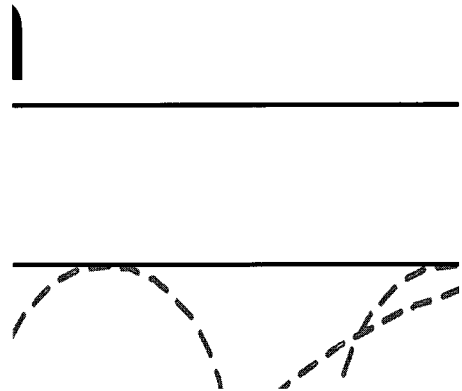


<그림 10> 위치 기반 이동 라우터 선택과 벤치마크 기법의 비교

2) 임의의 이동성을 위한 대역폭 기반 이동 라우터 선택 시뮬레이션

차량 내 IPv6 네트워크가 광역에서 임의의 방향으로 임의의 거리를 이동할 경우에는 어떤 무선랜 액세스 포인트 또는 셀룰러망 기지국에 접속할지 예측할 수 없으므로 앞 절에서 제시한 위치 기반 이동 라우터 선택 기법의 효율이 저하된다. 그러므

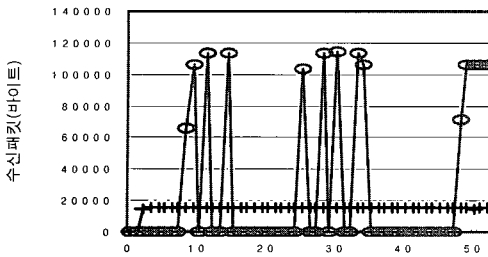
로 임의의 이동성을 갖는 차량의 다중 이동 라우터는 상호 통신 능력의 증가와 부하 공유를 위하여 대역폭 활용을 극대화 하는 이동 라우터를 선택하는 기법을 적용한다. 본 절에서는 이중 액세스 네트워크가 존재하는 환경에서 각각 다른 액세스 네트워크에 연결하는 이동 라우터들 사이의 선택에 의한 효율성 실험 결과를 제시한다.



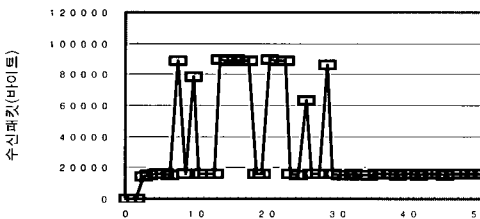
<그림 11> 이중 액세스 기술 선택 실험 토폴로지

<그림 11>은 임의의 이동성을 위한 대역폭 기반 이동 라우터 선택 기법 성능을 시뮬레이션 하기 위한 네트워크 토폴로지를 나타낸다. 2km X 2km 크기의 영역에 4개의 셀룰러 기지국과 64개의 무선랜 액세스 포인트를 설치하고, 이들 기지국과 액세스 포인트가 액세스 라우터로 작동한다고 가정하였다. 무선랜은 11Mbps의 데이터 전송률을 제공하는 반면, 셀룰러망은 500Kbps를 제공하며, 각각의 액세스 범위는 반경 62m와 500m로 하였다. 즉 셀룰러 망은 거의 모든 범위에서 액세스 가능하게 한 반면, 무선랜은 비 연속적으로 배치하였다. 응용 트래픽으로는 앞의 시뮬레이션에서와 같이 FTP를 적용하기 위하여, 640바이트 크기의 패킷을 0.05초 간격의 CBR(Constant Bit Rate) 트래픽으로 전송하였다.

임의의 이동성은 네 개의 임의의 값인 x축 방향, y축 방향, x축 이동 거리, y축 이동 거리를 이용하여 결정하게 하였다. 임의 이동의 시간 간격은 1초



(가) 단일 무선 액세스 시뮬레이션 결과



(나) 이중 무선 액세스 시뮬레이션 결과

<그림 12> 무선 액세스 기술별 처리량 시뮬레이션 결과

이며, x, y축으로 각각 최대 25m씩 이동한다.

<그림 12>의 (가)는 모두 셀룰러망에만 연결하는 두 개의 이동 라우터를 탑재한 차량 내 IPv6 네트워크의 패킷 처리량과 모두 무선랜에만 연결하는 두 개의 이동 라우터를 탑재한 차량 내 IPv6 네트워크의 패킷 처리량을 비교한 결과를 나타낸다. <그림 12>에서와 같이 무선랜은 높은 데이터 전송률을 제공하는 대신 낮은 상호 통신률을 보인다. 반면에 셀룰러망은 높은 상호 통신률을 제공하는 대신 낮은 데이터 전송률로 인한 데이터의 손실이 있다.

<그림 12>의 (나)에서는, 본 논문에서 제시하는 방법에 의하여, 한 이동 라우터는 무선랜에 연결하고 한 이동 라우터는 셀룰러망에 연결하여 연결 상태에 따라 동적으로 이동 라우터를 선택한 결과를 보인다. <그림 12>의 (나)의 결과는 무선랜을 연결할 수 없는 지역에서는 셀룰러망을 통하여 상호 통신 능력을 유지하면서, 무선랜과 셀룰러망을 동시에 연결할 수 있는 지역에서는 상대적으로 데이터 전송률이 높고 가격이 저렴한 무선랜을 선택한다.

제안한 방식은 <그림 12>의 예에서와 같은 양적 부하 분산 뿐만 아니라, 질적 부하 분산의 목적으로도 활용 가능하다. 즉 제어 신호나 VoIP(Voice over IP)와 같이 데이터 전송량은 작으나 상호 통신 능력 유지가 중요한 실시간 트래픽은 셀룰러망을 이용하고, 데이터 전송량이 많은 멀티미디어 데이터는 무선랜을 이용하도록 이동 라우터를 선택함으로써 통신 요구사항을 만족시킬 수 있다.

VII. 결 론

본 논문에서는 차량 내 IPv6 네트워크에 네트워크 이동성을 적용하고, 이동하는 차량 내 IPv6 네트워크의 신뢰성 보장을 위하여 다중 이동 라우터를 탑재하는 구조와 다중 이동 라우터 관리 기법을 제시하였다. 제안한 기법은 다양한 이동성을 지원하기 위하여 차량의 종류에 따른 이동 특성을 분석하고, 이동성에 따라 다중 이동 라우터 관리 기법을 적용시킨다. 예측 가능 이동성을 갖는 차량 내 IPv6 네트워크에서는 공간적으로 다중 이동 라우터를 분산하고 시간의 변화에 따라 변화하는 위치를 기반으로 한 이동 라우터 선택 기법을 적용함으로써 상호 통신 능력 증가 결과를 얻었다. 임의의 이동성을 갖는 차량 내 IPv6 네트워크는 이동 방향과 속도를 예측할 수 없으므로 이중 접속 기술별로 다중 라우터 연결을 분배함으로써 상호 통신 능력 증가시키고 동시에 데이터 전송률의 향상 결과를 얻었다.

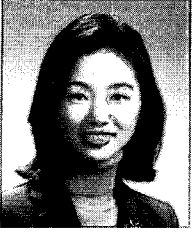
제안한 기법으로 차량 내에 IPv6 네트워크를 구성함에 따라 차량 내 이동 노드들의 이동성 관리 부담을 감소시키고, 이동 노드들에게 이동의 투명성을 제공할 수 있다. 또한 모든 통신을 IP로 연결하는 4세대 이동 통신을 실현할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] R. Hinden and S. Deering (April 2003), "Internet Protocol Version 6 (IPv6) Addressing Architecture", IETF RFC 3513.
- [2] D. Johnson et al. (June 2003), "Mobility Support

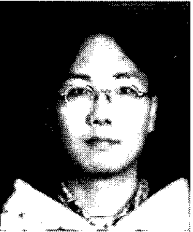
- in IPv6", Internet draft, draft-ietf-mobileip-ipv6-24.txt, Internet Engineering Task Force (IETF), Work in progress.
- [3] Thierry Ernst (October 2001). "Network Mobility Support in IPv6", PhD thesis, Universit Joseph Fourier.
- [4] Vijay Devarapalli et al. (Dec. 2003), "NEMO Basic Support Protocol", Internet draft draft-ietf-nemo-basic-support-02.txt, Internet Engineering Task Force (IETF), Work in progress.
- [5] Eun Kyoung Paik, Hosik Cho, and Thierry Ernst (October 2003), "Multihomed Mobile Networks Problem Statement", Internet Draft draft-paik-nemo-multihoming-problem-00.txt, Internet Engineering Task Force (IETF), Work in Progress.
- [6] Chan-Wah Ng, Julien Charbon, and Eun Kyoung Paik (October 2003), "Multihoming Issues in Network Mobility Support", Internet Draft draft-ng-nemo-multihoming-issues-02.txt, Internet Engineering Task Force (IETF), Work in progress.
- [7] J. Charbon, C-W. Ng, K. Mitsuya, and T. Ernst (July 2003), "Evaluating Multi-homing Support in NEMO Basic Solution", Internet Draft draft-charbon-nemo-multihoming-evaluation-00.txt, Internet Engineering Task Force (IETF), Work in progress.
- [8] T. Ernst and H. Lach (May 2003), "Network Mobility Support Terminology", Internet draft draft-ietf-nemo-terminology-00.txt, Internet Engineering Task Force (IETF), work in progress.
- [9] C. Perkins (October 1996), "IP Mobility Support", Internet Engineering Task Force (IETF) RFC 2002.
- [10] T. Ernst, K. Mitsuya and K. Uehara (Sep. 2003), "Network Mobility from the InternetCAR Perspective", Journal of Interconnection Networks, Vol. 4, No. 3, pp. 329- 343.
- [11] Y. Cao and V. O. K. Li (Jan. 2001), "Scheduling Algorithms in Broad-Band Wireless Networks", Proceedings of the IEEE, Vol. 89, No. 1, pp. 76-87.
- [12] A. Vasilache, et al. (January-April 2003), "Threshold-Based Load Balancing for Multiple Home Agents in Mobile IP Networks", Telecommunication Systems, vol. 22, issue 1-4, pp. 11-31.
- [13] H. Deng, et al. (2003), "A Hybrid Load Balance Mechanism for Distributed Home Agents in Mobile IPv6", Proceedings of PIMRC.
- [14] "The Network Simulator-ns-2 Home page", <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [15] Thierry Ernst (2002), "MobiWan: NS-2 extensions to study mobility in Wide-Area IPv6 Networks", <http://www.inrialpes.fr/planete/pub/mobiwan/>.

〈저자소개〉



백 은 경 (Eun-Kyoung, Paik)

1990년 2월 : 이화여자대학교 전자계산학과 학사
1992년 2월 : 이화여자대학교 전자계산학과 석사
1992년 2월~현재 : KT 선임보연구원
1994년 5월~11월 : 미국 IBM 왓슨 연구소 방문연구
2000년 3월~현재 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사과정
<관심분야> 네트워크 이동성 지원, 차세대 인터넷, 유비쿼터스 통신



조 호 식 (Ho-sik, Cho)

2002년 2월 : 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
2002년 3월~현재 : 서울대학교 컴퓨터공학과 석박사 통합과정
<관심분야> 네트워크 이동성 지원, 차세대 인터넷, 멀티미디어 통신



최 양 희 (Yang-hee, Choi)

1975년 2월 : 서울대학교 전자공학과 학사
1977년 2월 : 한국과학기술원 전자공학과 석사
1984년 : 프랑스 E.N.S.T 대학 전산학 박사
1977년~1991년 : 한국 전자통신연구소 책임연구원
1981년~1984년 : 프랑스 CNET 연구소
1988년~1989년 : 미국 IBM 왓슨 연구소
1991~현재 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 교수
<관심분야> 고속 통신망, 멀티미디어 통신, 인터넷