

철도에서 네트워크 이동성 적용 방안

A study of network mobility for internet service in railway system

조봉관*
B. K. Cho

Abstract - The study for ubiquitous computing infra is proceeding actively, it make possible to use service and access network anywhere, anytime because of wire/wireless communication technology and progress of hardware.

Domestically, study for the network mobility support technology which is the key technology for future ubiquitous computing realization have progressed, but that is insufficient. Especially, there is no study for independent mobility support study about railway wireless network. So, this study propose network mobility management technology for mobile network infra in railway and proper network model in train.

Key Words : NEMO(NETwork MObility), railway communication network, train internet service, seamless handover

1. 장 BASIC NEMO

1.1 절 개요

미래의 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서는 노드뿐만 아니라, 기차나 비행기 등의 하나 이상의 호스트가 연결된 네트워크 전체가 이동할 수 있다. 본 고에서는 철도차량에서 인터넷 서비스를 제공하기 위한 방안에 대해 연구하였으며 철도 환경에서 NEMO 적용방안 및 열차이동중 끊임없는 핸드오버 지원 방안에 대해 제안한다. 네트워크 이동성 지원은 네트워크 자체가 이동하면서 내부의 각 호스트들에 대해 투명한 이동성을 제공하는 것을 목표로 한다.

1.2 절 기본 구성 요소

기본적인 이동 네트워크는 하나의 이동 라우터 (MR: Mobile Router)와 서브넷으로 구성되며, 서브넷에는 여러 개의 고정 호스트 (LFN: Local Fixed Node)나 방문한 이동 노드 (VMN: Visited Mobile Node)들이 연결될 수 있다.

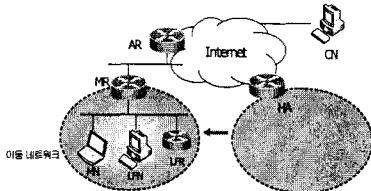


그림 2 이동 네트워크 기본 구성

네트워크 이동성 지원 기술은 기본적으로 Mobile IP에 기

반을 두고 있으며, 현재 네트워크 이동성 지원 연구는 IETF NEMO Working Group (WG)을 중심으로 진행되고 있다. NEMO WG에서는 기본적인 네트워크 이동성 지원 및 경로 최적화 방안의 표준화를 목표로 하고 있으며, 현재까지 WG 공식 기고서로 채택된 사항은 용어 정의, 목적 및 요구사항 그리고 기본적인 이동성을 지원하는 NEMO basic 방안이다.

표 2 NEMO 구성 요소 및 주요 용어

용어	내용
이동 라우터 (Mobile Router)	자신의 하부에 접속한 호스트에게 이동성 지원, 인터넷 연결을 유지시켜주는 이동 가능 라우터
고정 라우터 (LFR)	이동 네트워크 내부에 고정되어 접속점을 변경하지 않는 라우터
고정 노드 (LFN)	이동 네트워크 내부의 이동 라우터에게 접속되어 그 접속점을 변경하지 않는 고정 호스트
상대 노드(CN)	통신을 행하고 있는 대상
홈 에이전트 (Home Agent)	이동 노드 또는 라우터에 대한 주소정보를 바인딩하며 터널링을 통해 패킷 전송하는 에이전트
홈 주소 (Home of Address)	이동 노드 또는 라우터에서 노드를 식별하고 세션 연결 및 유지를 위해 사용하는 주소로서, 이동 노드의 위치에 상관없이 일정하게 유지됨
의탁 주소 (CoA)	현재 위치한 이동 노드 또는 라우터로 패킷 전달을 위해 사용하는 주소
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 에이전트의 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

저자 소개

* 準 會 員 : 韓 國 鐵 道 技 術 研 究 院 先 任 研 究 員

1.3 절 동작 과정

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.

기본적인 이동 네트워크 동작 순서는 그림 3, 4, 5와 같다.

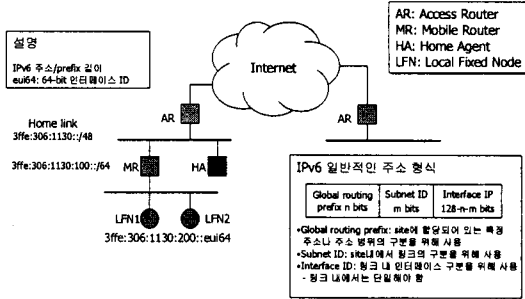


그림 3 초기 네트워크 상황

이동 네트워크가 홈 영역을 떠나서 외부 영역으로 이동하면 이동 라우터는 AR로부터 CoA를 할당받아서 자신의 HA에게 등록한다. 이 때 이동 라우터는 AR에게 접속할 때 이동 호스트인 것처럼 접속한다. 이것은 이동 라우터는 AR에 접속할 때 라우터임을 알리게 되면 라우팅 정보들이 AR에게 전달되어 인터넷에서 라우팅 정보가 뒤섞이게 되어 패킷 라우팅이 원활하게 이루어지지 않을 수 있기 때문이다. 그러므로 이동 라우터가 자신의 홈 영역을 떠나서 외부로 이동하는 경우에는 HA와 양방향 터널을 설정하여 모든 패킷이 일단 홈 영역을 거쳐서 전달되는 구조가 된다.

이동 네트워크는 홈 네트워크의 3ffe:306:1130::/48의 프리픽스를 가지며, 이동 라우터에 접속되어 있는 호스트는 3ffe:306:1130:100::/64의 프리픽스를 가지고 네트워크의 이동에 관계없이 같은 주소를 유지하게 된다.

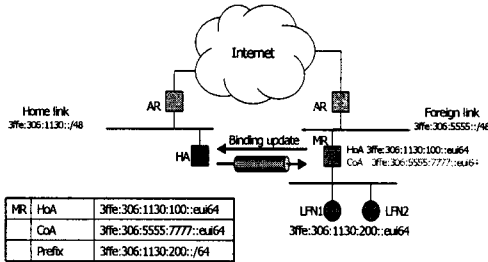


그림 4 이동 네트워크의 이동

이동 네트워크는 외부 네트워크로 이동하여 외부 네트워크의 AR에 연결된다. 그때 외부 네트워크의 AR에서 주기적으로 광고하는 라우터 광고 메시지를 수신한 후 라우터 광고 메시지에 포함되는 프리픽스 정보를 이용해 임시 주소인 CoA를 생성한다. 새로운 CoA 주소를 할당받은 이동 네트워크는 HoA (Home of Address)와 비교하여 자신이 이동한 사실을 파악한다. 이동 네트워크의 이동한 사실을 HA에게

알리기 위해 HoA, CoA, Prefix 정보를 BU에 실어서 HA에게 전송한다. 이러한 BU 메시지를 받은 HA는 자신의 캐시에 이러한 정보를 저장한 후 이동 라우터와 양방향 터널을 생성하게 된다.

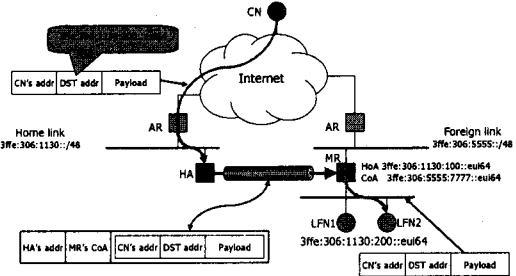


그림 5 LFN에 패킷이 전달되는 과정

이후, CN에서 이동 네트워크 내의 LFN으로 패킷을 보내면 CN의 주소를 송신지 주소, 목적지 주소를 LFN의 주소인 3ffe:306:1130:200::eui64로 정상적인 라우팅을 통해 홈 네트워크로 도착하게 된다. 그러면 HA가 이 패킷을 가로채어 전달된 패킷에 HA의 주소와, 이동 라우터의 주소를 기존 패킷에 캡슐화해서 HA와 이동 라우터 사이에 형성된 터널을 통해 이동 라우터까지 전달한다. 캡슐화 된 패킷을 수신한 이동 라우터에서 역캡슐화 과정을 통해 이동 네트워크 내부의 LFN으로 전달하게 된다.

2. 장 철도차량의 특징

철도차량은 이동성이 자유로운 일반 차량과는 달리 경로의 제한성 및 규칙성을 가지는 특징이 있다.

가. 첫 번째 특징은 경로의 제한성이다. 자유로운 이동경로를 가진 자동차와는 달리 철도차량은 미리 정해진 철로 위를 통해서만 이동할 수 있다. 따라서 철도차량의 경우는 이동 경로에 대한 예측이 가능한 특징을 가진다.

나. 두 번째 특징은 규칙성이다. 기차는 자동차와 달리 항상 일정한 시간에 정해진 경로를 규칙적이고 반복적으로 이동하는 특징을 가진다.

3. 장 이동경로 예측을 이용한 핸드오버 방안

이동경로와 이동방향을 예측할 수 있는 철도차량의 고유한 특징을 이용하여 끊임없는 핸드오버를 제공할 수 있다.

가. 바이캐스팅을 이용한 기법

이동 라우터가 핸드오버 전 미리 BU 메시지를 HA에게 등록하면 HA는 Old_AR과 New_AR로 동시에 패킷을 전달함으로써 핸드오버 시 손실 없이 패킷을 수신할 수 있다.

나. 포워딩을 이용한 기법

이동 라우터가 핸드오버 전 미리 BU 메시지를 HA에게 등록하면 HA는 Old_AR로만 패킷을 전송한다. 이후 Old_AR에서는 우선 구간인 New_AR로 패킷을 전송함으로써 핸드오버 시 손실 없이 패킷을 수신할 수 있다.

4. 장 이중 이동 라우터를 이용한 Seamless 핸드오버

고속으로 이동하는 철도차량에서 끊김없는 서비스를 제공하기 위해 철도차량에 2개의 이동 라우터를 철도차량 앞뒤에 위치시켜 핸드오버 수행시기 차이를 이용하는 방안이다. 한쪽 이동 라우터가 핸드오버를 수행할 경우 다른 쪽의 이동 라우터를 통해 지속적인 인터넷 서비스를 유지할 수 있다. 철도차량에 2개 이상의 이동 라우터를 둘 경우 불안정한 무선 링크로 인해 서비스가 제대로 지원되지 못하는 문제점을 해결할 수 있으며, 한쪽의 이동 라우터에 결함이 발생할 경우, 다른 한쪽의 이동 라우터를 통해서 인터넷 서비스를 지속적으로 제공할 수 있다.

4.1 절 동작 알고리즘

- 가. Old_AR에서 철도차량은 2개의 이동 라우터 중 Tail_MR을 이용해서 통신을 수행한다. 한편 Head_MR은 New_AR에서 핸드오버를 수행하기 위해 대기 상태를 유지한다.
- 나. 철도차량은 Tail_MR을 통해 지속적인 통신을 유지하면서 New_AR로 이동한다. New_AR에 먼저 도착한 Head_MR은 라우터 광고 메시지를 수신 후 prefix 정보를 이용해 새로운 CoA를 획득한다. Head_MR은 CoA와 HoA 주소를 포함시킨 proxy BU 메시지를 HA로 전송한다. 여기서 Head_MR은 proxy 이동 라우터로 자신의 HoA 대신 Tail_MR의 HoA를 Proxy BU 메시지에 포함시켜 전송함으로써 HA로 하여금 마치 Tail_MR이 Head_MR의 위치로 이동한 것처럼 보이게 만든다. 그러나 실제 Tail_MR은 Old_AR 영역에서 계속 데이터를 수신하므로 데이터 손실을 막을 수 있다.
- 다. Proxy BU 메시지를 수신한 HA는 바인딩 업데이트 수행 후 CN으로부터 수신한 데이터를 Head_MR로 전송한다. proxy BU ACK를 수신한 Head_MR은 핸드오버 대기 모드에서 데이터 전송모드로 바뀌어 Tail_MR이 핸드오버를 수행할 동안 데이터 송수신을 담당하게 된다.
- 라. New_AR의 라우터 광고 메시지를 수신한 Tail_MR은 핸드오버를 수행한다. 이때 Tail_MR은 자신의 HoA와 New_AR에서 생성한 CoA 주소를 BU 메시지에 포함시켜 New_AR을 통해 HA에게 전송한다.
- 마. BU ACK 메시지 수신과 함께 데이터를 송수신할 수 있게 된 Tail_MR은 Head_MR에게 그 사실을 알려 Head_MR이 다시 핸드오버 대기모드로 되돌아가도록 한다.

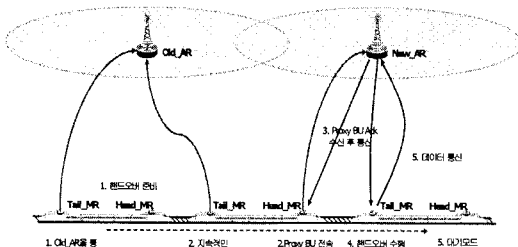


그림 6 이중 이동 라우터를 이용한 방안 동작 과정

4.2 절 성능 분석

각 방안별 핸드오버 수행에 따른 지연 요소에 따른 서비스 중단 시간은 아래와 같이 표현 할 수 있다.

- NEMO basic: $T_{disruption} = D_{L2} + 2I + \frac{5}{2}RTT_{MR-AR} + \frac{1}{2}RTT_{AR-HA}$
- 이동경로예측: $T_{disruption} = D_{L2}$
- 이중 라우터: $T_{disruption} = 0$

이중라우터에서 L2 핸드오버 지연시간인 D_{L2} 는 500 msec, 라우팅 광고 메시지 주기 I 는 2,000 msec 라고 가정하였다. 또한, RTT_{MR-AR} 의 경우 하나의 셀에서 MR과 AR 간의 지연 시간으로 셀 반경이 10km라고 가정할 때, MR-AR간의 거리가 최대 10km일 때 최대 RTT_{MR-AR} (MR-AR간 Round Trip Time)가 되며 아래와 같이 계산된다.

$$RTT_{MR-AR} = \frac{10000}{3 \times 10^8 (m/sec)} = 0.033 (msec)$$

RTT_{MR-HA} 의 변화에 따른 각 방안의 핸드오버 지연 시간의 변화는 그림 7과 같다. 그림 7에서 NEMO 방안의 핸드오버 수행 시간은 약 3~6초로 고속 이동 환경에서의 이동성 지원 방안으로는 끊김없는 서비스를 지원이 불가능하다. 이동경로 예측 방안과 이중 라우터 방안의 경우 500 msec 이하의 핸드오버 지연 시간을 가정으로 고속 이동 환경에서 끊김없는 인터넷 서비스 지원이 가능함을 알 수 있다.

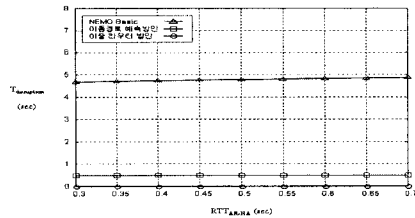


그림 7 RTT_{AR-HA} 에 따른 방안별 서비스 중단 시간 비교 ($D_{L2}=500$ msec, $I=2,000$ msec)

5. 장 결론

철도차량은 고속으로 이동하기 때문에 빈번한 핸드오버처리를 수행해야하며, 이 과정에서 인터넷에 접속중인 네트워크가 끊기는 현상이 발생하는 단점이 있다. 그러나, 철도차량의 특징을 고려한 이동경로 예측 기법과 제한한 이중 이동 라우터를 이용한 seamless한 핸드오버 기법 등을 이용하면 끊김없는 핸드오버를 제공할 수 있다.

참고 문헌

- [1] EK. Paik and YH. Choi, "Prediction-Based Fast Handoff for Mobile WLANs," 10th International Conference on Telecommunications (ICT 2003), Papeete, French Polynesia, Feb. 2003.
- [2] K.H. Choi, B.K. Cho, "The investigation of the configuration of wireless communication network for railway application of multimedia information service", Proceeding of the KIEE EMECS Autumn Annual Conference 2004, pp. 233-234, Oct., 2004.
- [3] <http://www.ietf.org/html.charters/nemo-charter.html>