

열차에서 이동네트워크 적용 방안

조봉관  
한국철도기술연구원

정재일  
한양대학교

A study of network mobility for internet service in railway system

Cho, Bong-kwan  
Korea Railroad Research Institute

Jung, Jae-il  
Hanyang University

**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.

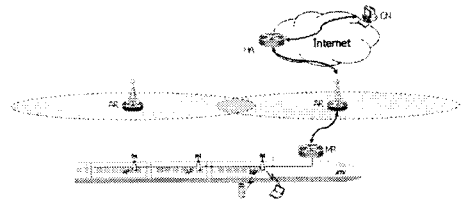


그림 1. 철도차량 이동 네트워크 환경

1. 서 론

최근에는 유무선 통신기술과 하드웨어의 발달로 언제 어디서나 네트워크에 접속하여 원하는 서비스를 이용할 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 미래의 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서는 노드만이 이동 할 수 있는 게 아니라, 기차나 비행기, 선박, 버스 등의 경우에서는 하나 이상의 호스트가 연결된 차량 네트워크 (Vehicular Network) 전체가 이동할 수 있다. 이 경우는 승객들은 차량 내에 설치된 인터넷 단말기를 사용하거나 자신의 노트북이나 핸드폰, PDA 등으로 무선 랜을 통해 차량 네트워크를 접속하여 인터넷 서비스를 이용하게 될 것으로 예상된다. 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 실현을 위해 차량 네트워크와 같이 하나의 IP 서브넷 전체가 동시에 이동하는 네트워크 환경에 대해 많은 관심이 집중되면서, IETF를 중심으로 네트워크 이동성 지원을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 고에서는 철도차량에서 승객에게 인터넷 서비스를 제공하기 위한 방안에 대해 연구하였으며 특히, 철도 환경에서 NEMO (NETwork MObility) 적용방안 및 열차이동 중 끊김없는 핸드오버지원 방안에 대해 제안한다.

2. BASIC NEMO

2.1 개요

네트워크 이동성(NEMO: Network Mobility) 지원은 네트워크 자체가 이동하면서도 이동 네트워크 내의 각 호스트들에 대해 투명한 이동성을 제공하는 것을 목표로 한다. 즉, 이동 네트워크 내의 각 호스트들은 이동성 지원 프로토콜 없이도 주소의 변경 없이 자신에게 전달되는 패킷을 수신할 수 있는 이동성을 제공받아야 한다.

2.2 기본 구성 요소

기본적인 이동 네트워크는 하나의 이동라우터(MR)와 서브넷으로 구성되며, 서브넷에는 여러 개의 고정호스트(LFN)나 방문한 이동 노드(VMN)들이 연결될 수 있다.

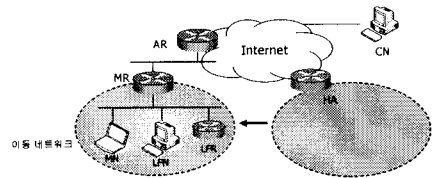


그림 2. 이동 네트워크 기본 구성

약 어	약어 풀이
MR	Mobile Router : 이동 라우터
MN	Mobile Node : 이동 노드
LFR	Local Fixed Router : 고정 라우터
LFN	Local Fixed Node : 고정 노드
CN	Correspondent Node : 상대 노드
HA	Home Agent : 홈 에이전트
CoA	Care of Address : 의탁 주소
AR	Access Router : 접속라우터

이와 같은 네트워크 이동성 지원 기술은 기본적으로 Mobile IP에 기반을 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.

### 3. 철도 차량의 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.

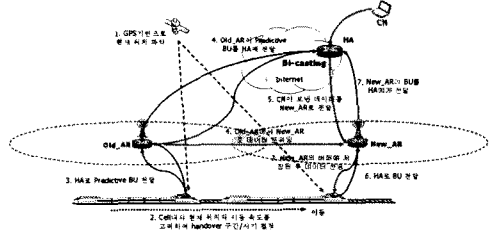


그림 3. 포워딩을 통한 핸드오버 동작 과정

#### 4. 이동경로 예측을 이용한 핸드오버 지원 방안

철도 무선 네트워크에서 끊임없는 서비스를 제공하기 위한 방안으로 이동경로 예측을 통한 핸드오버 제공 방안을 제안한다. 제안한 방안은 이동경로와 이동방향을 예측할 수 있는 철도차량의 고유한 특징을 이용하여 끊임없는 핸드오버를 제공할 수 있다

제안하는 방안은 철로를 따라 AR이 설치된 후 각 AR은 유선링크로 연결되고 Old\_AR에서 New\_AR로 AR간의 유선구간을 통해 업데이트를 전달하는 포워딩 기법을 제안한다. 이 기법은 철도차량이 New\_AR로 이동하더라도 손실 없이 지속적인 서비스가 가능하다.

##### 4.1 동작 개요

제안된 포워딩 기법은 철도차량의 이동 라우터가 미리 이동경로 및 핸드오버 시기를 예측하여 predictive BU 메시지를 수행하며 HA에서 바이캐스팅을 하지 않으며 이동 라우터로부터 predictive BU 메시지를 수신한 Old\_AR이 New\_AR로 데이터를 전달한다 포워딩 기법을 적용시킨 핸드오버 지원 방안의 동작과정은 그림 3과 같다.

##### 4.2 동작 알고리즘

- 가. 철도차량의 이동 라우터는 Old\_AR을 통해 통신을 유지, GPS나 철로변의 센서를 이용해 철도차량의 현재 위치를 항상 파악할 수 있다.
- 나. 이동 라우터는 셀 내의 현재 위치와 이동속도를 고려해 핸드오버 구간의 도착유무를 판단하여 미리 L3 핸드오버 시기를 결정한다.
- 다. 이동 라우터가 핸드오버를 수행할 경우 New\_AR의 정보를 포함시킨 사전 등록 메시지인 predictive BU 메시지를 Old\_AR로 전송한다.
- 라. Old\_AR은 수신한 predictive BU 메시지를 HA에게 전달함과 동시에, HA로부터 수신한 데이터를 이동 라우터뿐만 아니라 유선링크를 통해 New\_AR로 포워딩 한다.
- 마. Predictive BU 메시지를 수신한 HA는 predictive BU 메시지 내에 포함된 New\_AR의 주소로 바인딩을 갱신한 후 데이터를 New\_AR로 전송한다.
- 바. New\_AR의 영역에 도착한 이동 라우터는 New\_AR을 통해 일반적인 BU 메시지를 전송한다.
- 사. 이동 라우터로부터 BU 메시지를 수신한 New\_AR은 버퍼에 저장된 바이캐스팅 패킷을 이동 라우터로 전송하고, 그와 동시에 BU 메시지를 HA에게 전달함으로써 Old\_AR로의 바이캐스팅 패킷 전송을 해제할 수 있다.

### 5. 이중 이동 라우터를 이용한 Seamless 핸드오버

고속으로 이동하는 철도차량에서 끊임없는 서비스를 제공하기 위해 철도차량에 2개의 이동 라우터를 철도차량 앞뒤에 위치시켜 핸드오버 수행시 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 결합이 발생할 경우, 다른 한쪽의 이동 라우터를 통해서 인터넷 서비스를 지속적으로 제공할 수 있다.

#### 5.1 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 메시지 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.

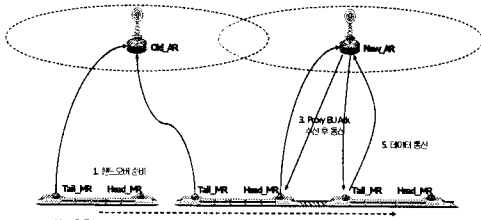


그림 4 이중 이동 라우터를 이용한 방안 동작 과정

### 5.2 성능 분석

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

- NEMO basic:  $T_{disruption} = D_{L2} + 2I + \frac{5}{2}RTT_{MR-AR} + \frac{1}{2}RTT_{AR-HA}$
- 이동경로 예측:  $T_{disruption} = D_{L2}$
- 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 AR간의 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 끊임없는 서비스를 지원이 불가능하다. 이동경로 예측 방안과 이중 라우터 방안의 경우 500 msec 이하의 핸드오버 지연 시간을 가짐으로 고속 이동 환경에서 끊임없는 인터넷 서비스 지원이 가능함을 알 수 있다.

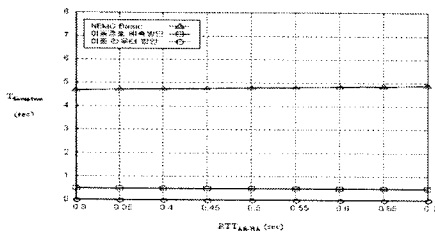


그림 5.  $RTT_{AR-HA}$ 에 따른 서비스 중단시간 비교 ( $D_{L2}=500$  msec,  $I=2,000$  msec)

## 6. 결 론

승객에게 인터넷 서비스를 제공하기 위해 철도차량에 NEMO 기술을 적용하여야 한다. 철도 차량은 고속으로 이동하기 때문에 빈번한 핸드오버처리를 수행해야하며, 이 과정에서 인터넷에 접속중인 네트워크가 끊기는 현상이 발생하는 단점이 있다. 그러나, 철도차량은 이동성이 자유로운 일반 차량과는 달리 미리 정해진 철로 위를 통해서만 이동할 수 있는 경로의 제한성 및 일정한 시간에 정해진 경로를 규칙적이고 반복적으로 이동하는 규칙성을 가지는 특징이 있다.

제한한 이동경로 예측 기법과 이중 이동 라우터를 이용한 seamless한 핸드오버 기법 등을 이용하면 끊임없는 핸드오버를 제공할 수 있다

### [참 고 문 헌]

1. <http://www.ietf.org/html.charters/nemo-charter.html>
2. C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," RFC 3344, Aug. 2002.
3. EK. Paik and YH. Choi, Prediction-Based Fast Handoff for Mobile WLANs," 10th International Conference on Telecommunications (ICT 2003), Papeete, French Polynesia, Feb. 2003.
4. 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.