

고속철도 환경에서 이중 이동 라우터를 이용한 끊김없는 핸드오버 방안

(A Seamless Handover Scheme for High-Speed Trains using Dual Mobile Routers)

박희동[†] 권용하^{**} 이강원^{**}
(Heedong Park) (Yongha Kwon) (Kangwon Lee)

이성협^{**} 조유제^{***} 윤용기^{****}
(Sunghyub Lee) (Youze Cho) (Yongki Yoon)

요약 본 논문은 고속철도 환경에서 이중 이동 라우터를 이용한 끊김없는 핸드오버 방안을 제안한다. 제안한 방안은 철도차량의 앞과 뒤에 두 개의 이동 라우터를 배치하여 핸드오버 수행시기 차이를 이용한다. 이중 이동 라우터 중 하나가 핸드오버를 수행하더라도 다른 이동 라우터가 계속해서 패킷을 수신할 수 있으므로 네트워크 전체적으로는 끊김없는 서비스가 가능하지만, 두 개의 이동 라우터는 논리적으로 하나로 동작하게 된다. 수학적 해석 및 시뮬레이션 결과 제안한 방안은 핸드오버 시 서비스 중단 시간 및 패킷 손실을 방지할 수 있음을 알 수 있었다.

키워드 : 네트워크 이동성, 이중 이동 라우터, 이동 네트워크, 끊김없는 핸드오버

Abstract This paper proposes a seamless handover scheme for high-speed trains using dual mobile routers to minimize service disruption time and packet loss during handovers. In the proposed scheme, each of the dual mobile routers is located at each end of the moving network for space diversity. One of the two mobile routers can continuously receive packets from its home agent, while the other is undergoing a handover, but they act as one logical mobile router. Analytical and simulation results showed that the proposed scheme could provide no service disruption or packet losses during handovers.

Key words : Network Mobility, Dual Mobile Routers, Mobile Network, Seamless Handover

1. 서론

네트워크 이동성(NEMO: NETwork MObility) 지원은 IETF의 NEMO WG(Working Group)을 통해 프로토콜에 대한 기본 요구사항 및 용어에 대한 정의를 하

고 있다[1,2]. NEMO 기본 지원 방안(NEMO basic support)은 Mobile IPv6 기반의 확장된 개념으로 이동 라우터(MR: Mobile Router)가 이동 호스트의 기능을 대신하며, 네트워크 자체가 이동하면서 이동 네트워크 내의 각 호스트들에 대해 투명한 이동성을 제공하는 것을 목표로 한다. Mobile IPv6의 이동 노드(MN: Mobile Node)처럼, 이동 라우터가 다른 네트워크로 이동할 때마다 새로운 현지 주소(CoA: Care of Address)를 생성하여 바인딩 업데이트(BU: Binding Update)를 통해 홈 에이전트(HA: Home Agent)에 등록하게 된다[3-7]. 그러나 이러한 핸드오버로 인해 서비스 중단 시간 및 패킷 손실이 발생할 수 있으며 이로 인한 성능저하가 초래될 수 있다.

최근 멀티호밍은 NEMO WG뿐만 아니라 MULTIH(Site Multihoming in IPv6), MIP6(Mobility for IPv6)

· 본 연구는 정보통신부 및 정보통신 연구진흥원의 대학 IT 연구센터

육성·지원 사업의 연구 결과로 수행되었음

[†] 비회원 : 포항1대학 컴퓨터응용계열 교수
hdpark@pohang.ac.kr

^{**} 비회원 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
skymiso@ee.knu.ac.kr
kw0314@ee.knu.ac.kr
tenetshlee@ee.knu.ac.kr

^{***} 종신회원 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수
yzcho@ee.knu.ac.kr

^{****} 비회원 : 한국철도기술연구원 철도통신연구그룹
ykyoon@krri.re.kr

논문접수 : 2005년 9월 12일

심사완료 : 2006년 2월 17일

등 여러 WG에서 다루어지고 있다. 멀티호밍은 이동 네트워크가 인터넷으로의 다중 접속을 제공하는 기술로서, 다수의 노드가 존재하는 이동 네트워크 환경에서 특히 중요한 분야이다. 단일 인터넷 접속으로는 제공하기 어려운 요구 사항인 연결합성 및 트래픽 분산 등을 효율적으로 제공할 수 있다[8,9].

고속철도 환경에서는 AR(Access Router) 간 네트워크의 이동속도가 빠르기 때문에 기존의 NEMO 방안을 적용할 경우 끊임없는 핸드오버 지원이 어렵다. 본 논문에서는 철도차량 길이의 장대한 특징을 이용하여 네트워크 이동성 지원을 위한 끊임없는 핸드오버 방안을 제안하고자 한다. 제안된 방안에서는 철도차량의 앞과 뒤에 두 개의 이동 라우터를 배치하여 핸드오버 수행시 차이를 이용한다. 즉 두 개의 이동 라우터 중 하나가 핸드오버를 수행할 경우 다른 이동 라우터가 통신을 계속 수행함으로써 서비스 중단 시간 및 패킷 손실을 최소화할 수 있다.

본 논문은 서론에 이어 2장에서는 네트워크 이동성에 관련된 기본적인 동작과정 및 핸드오버 지연요소에 대해 알아본 후 3장에서 제안된 이중 이동 라우터를 이용한 끊임없는 핸드오버 지원 방안을 설명한다. 4장에서는 제안된 방안의 성능을 평가한 후 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

이동 네트워크는 Mobile IP의 호스트 이동이 확장된 개념으로 다수의 호스트가 이루는 네트워크 전체가 이동하는 형태이다. 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 못하면서 지속적인 인터넷 서비스를 유지할 수 있어야 한다. 기본적인 이동 네트워크의 동작 순서는 다음과 같다.

- ① 이동 네트워크의 이동 라우터는 홈 네트워크의 HoA (Home Address)를 가지고 CN(Correspondent Node)과 통신을 수행한다.
- ② 이동 라우터는 외부 네트워크로 이동하여 외부 네트워크의 AR에서 주기적으로 광고하는 라우터 광고 메시지를 수신한 후 새로운 임시 주소인 CoA(Care of Address)를 설정한다.
- ③ 이동 라우터는 이동 사실을 알리기 위해 HA에게 BU 메시지를 전송한다.
- ④ 이후 CN에서 LFN으로 패킷을 전송할 경우 패킷은 정상적인 라우팅을 통해 홈 네트워크로 전송된다. 그런 다음 HA가 이 패킷을 가로채어 HA와 이동 라우터 사이에 형성된 양 방향 터널을 통해 이동 라우터까지 전달한다.

- ⑤ 이동 라우터는 캡슐화된 패킷을 역 캡슐화 과정을 통해 패킷을 이동 네트워크 내부의 LFN에 전달한다.

그림 1은 NEMO의 핸드오버 지연요소를 나타내었다. 일반적으로 L2 핸드오버는 채널 검색, 인증 과정, 연결 과정까지 100~300ms의 시간이 소요되고 L3 핸드오버는 라우터 광고 메시지를 수신해서 이동을 인지하고 새로운 CoA 주소를 설정하는 시간과 CoA 주소를 HA에게 등록하기 위해 BU 메시지를 전송하는 시간으로 총 2,000~3,000ms의 시간이 소요된다.

그림 2는 NEMO 방안에서 최악의 시나리오로 가정한 경우이다. 이동 라우터는 Old_AR에서 주기적으로 광고하는 라우터 광고 메시지를 수신해야 한다. 하지만 이동 라우터가 Old_AR로부터 아무런 메시지를 수신하지 못할 경우, 다시 라우터 요청 메시지를 송신하고 라우터 광고 메시지의 수신을 요구하게 된다. 하지만 이동 라우터가 여전히 아무런 메시지를 수신하지 못할 경우, 더 이상 Old_AR로 연결할 수 없다는 것을 판단한 후 New_AR로 새로운 연결을 위하여 라우터 요청 메시지를 송신한다. 라우터 요청 메시지를 수신한 New_AR은 라우터 광고 메시지를 이동 라우터로 전송한다. 이후 라우터 광고 메시지를 수신한 이동 라우터는 New_AR과 등록절차를 수행해서 BU 메시지를 전송한다[6,10].

이러한 핸드오버 과정으로 인한 지연시간은 이동 네트워크의 이동 속도가 빠를수록 패킷 손실과 서비스 중단 시간을 증가시키는 문제점을 발생시킨다. 따라서, 기

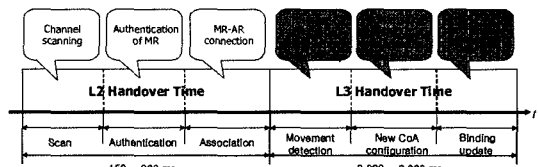


그림 1 NEMO의 핸드오버 지연요소

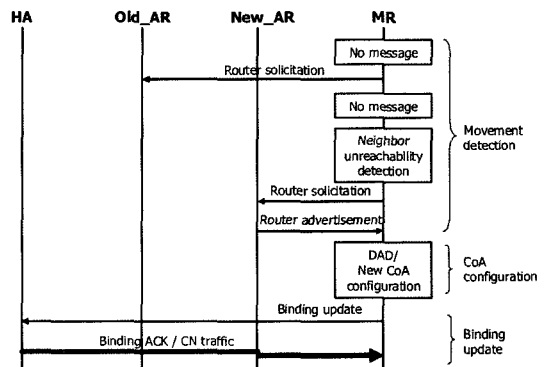


그림 2 네트워크 이동성 지원을 위한 IP 계층의 핸드오버 메시지 다이어그램

존 NEMO 방안의 핸드오버 기술을 고속철도와 같이 고속의 이동 네트워크 환경에 그대로 적용할 경우 사용자들에게 끊김없는 서비스를 제공하기 어렵다.

3. 이중 이동 라우터를 이용한 끊김없는 핸드오버 지원 방안

고속철도 환경에서 끊김없는 네트워크 이동성 지원을 위해 이중 이동 라우터를 이용한 핸드오버 지원 방안을 제안한다. 제안한 방안은 철도차량 길이의 장대한 특성을 이용하여 끊김없는 핸드오버를 제공할 수 있다.

3.1 동작개요

고속으로 이동하는 철도차량에서 끊김없는 통신 서비스를 제공하기 위해 철도차량의 앞과 뒤에 두 개의 이동 라우터를 배치시켜 핸드오버 수행시 차이를 이용하는 방안이다. 즉 한쪽 이동 라우터가 핸드오버를 수행할 경우 다른 쪽의 이동 라우터를 통해 지속적인 인터넷 서비스를 유지할 수 있다. 또한 철도차량에 두 개의 이동 라우터를 둘 경우 한쪽의 이동 라우터가 불안정한 무선 링크 상태에 있거나 결합이 발생하더라도, 다른 한쪽의 이동 라우터를 통해서 인터넷 서비스를 지속적으로 제공할 수 있다.

철도차량이 이동할 때 양단의 이동 라우터를 이용한 핸드오버 과정의 세부적인 절차는 다음 절에서 나타내었다. 그림 3은 이중 이동 라우터 방안의 차량 이동 네트워크 구조를 나타내었다.

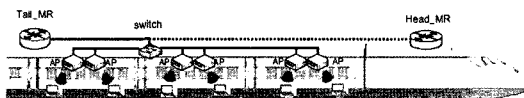


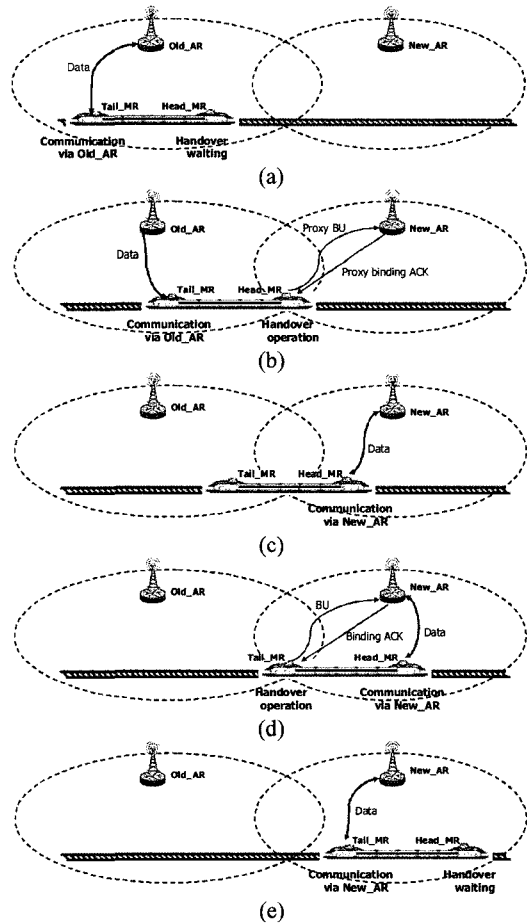
그림 3 제안 방안의 이동 차량 네트워크 구조

3.2 동작 알고리즘

제안한 방안에서 철도차량의 앞과 뒤에 각각 배치된 두 개의 이동 라우터(Head_MR 및 Tail_MR)는 끊김없는 핸드오버 수행을 위하여 논리적으로는 하나의 라우터처럼 동작하게 된다.

이중 이동 라우터를 이용한 핸드오버 지원 방안의 구체적인 동작 과정은 그림 4와 같다.

- ① Old_AR 영역에 Head_MR과 Tail_MR이 동시에 위치할 경우 철도차량은 두 개의 이동 라우터 중 Tail_MR만을 이용하여 통신을 수행한다. 한편 Head_MR은 곧 다가올 핸드오버를 위해서 대기 상태를 유지한다. 이때 Head_MR은 직접적인 통신을 수행할 수 없지만 핸드오버를 위한 시그널링 수신은 가능한 상태이다.



(a)단계 1 (b)단계 2 (c)단계 3 (d)단계 4 (e)단계 5

그림 4 제안 방안의 핸드오버 절차

- ② 철도차량은 Tail_MR을 통해 지속적인 통신을 유지하면서 New_AR 영역으로 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. 결국 실제 두 개의 이동 라우터가 존재 하지만, HA 관점에서 논리적으로 하나의 이동 라우터가 존재하는 것처럼 보이기 하기 위해서 일반적인 BU 대신 proxy BU를 사용하였다. Proxy BU 메시지를 수신한 이후, HA는 New_AR

을 통해 Head_MR로 proxy BU ACK 메시지와 패킷을 전송한다. Head_MR은 HA로부터 proxy BU ACK를 수신함과 동시에 데이터 전송 모드로 들어가고 이 사실을 알리기 위해 handover completion 메시지를 Tail_MR에게 전송한다.

- ③ Tail_MR이 Old_AR 영역에 위치하고 Head_MR이 New_AR 영역에 동시에 위치 할 때 Head_MR은 New_AR을 통해서 데이터 패킷을 송수신할 수 있고 Tail_MR은 Old_AR로 전송되었던 데이터 패킷을 수신하게 된다. 결국 Head_MR은 핸드오버 대기 모드에서 데이터 전송모드로 전환되어 Tail_MR이 핸드오버를 수행할 동안 데이터 송수신을 담당하게 된다.
- ④ Tail_MR이 New_AR로 이동하여 New_AR로부터 라우터 광고 메시지를 수신하게 되면 핸드오버를 수행한다. 여기서 Tail_MR은 Head_MR과는 달리 자신의 HoA 및 CoA를 BU 메시지에 포함시켜 New_AR을 통해 HA에게 전송한다. 이후 Binding ACK 메시지를 수신하게 되면 Tail_MR은 New_AR을 통해서 패킷을 송수신 할 수 있게 된다. 그런 다음 Tail_MR은 Head_MR에게 그 사실을 알려 Head_MR이 다시 핸드오버 대기모드로 되돌아가도록 한다.
- ⑤ 두 개의 이동 라우터가 New_AR 영역에 위치할 경우, Tail_MR은 New_AR을 통해서 통신을 수행하고, 반면 Head_MR은 곧 다가올 핸드오버를 위해 대기 모드를 수행한다.

그림 5 및 6은 각각 제안 방안의 동작 알고리즘 순서도 및 핸드오버 메시지 다이어그램이다. 최초 Tail_MR은 Old_AR을 통해 통신을 유지할 수 있다. 철도차량이 New_AR로 이동할 경우 Head_MR이 먼저 핸드오버를 수행하여 proxy BU 메시지를 New_AR을 통해 HA에게 전달한다. HA는 proxy BU 메시지의 응답으로 proxy BU ACK 메시지를 New_AR을 통해 Head_MR에게 전송한다. 여기서 proxy BU 및 proxy BU ACK 메시지는 기존 Mobile IP의 BU 및 BU ACK 메시지와 동일하다. 단지 Head_MR이 전송하는 proxy BU 메시지는 기존의 BU 메시지와 달리 내부에 자신의 HoA 대신에 Tail_MR의 HoA를 포함한다.

표 1은 이중 이동 라우터 방안에서 HA의 바인딩 정보를 나타내었다. 특히, 단계 2와 3에서 HA는 proxy BU 메시지에 의해 Tail_HoA와 Head_CoA의 바인딩 정보를 가지므로, Head_MR에 대한 추가적인 바인딩 정보를 갖지 않게 된다.

이동 네트워크에서 외부로 전송되는 패킷은 기본적으로 Tail_MR로 전달된다. 즉, 이동 네트워크의 기본 라

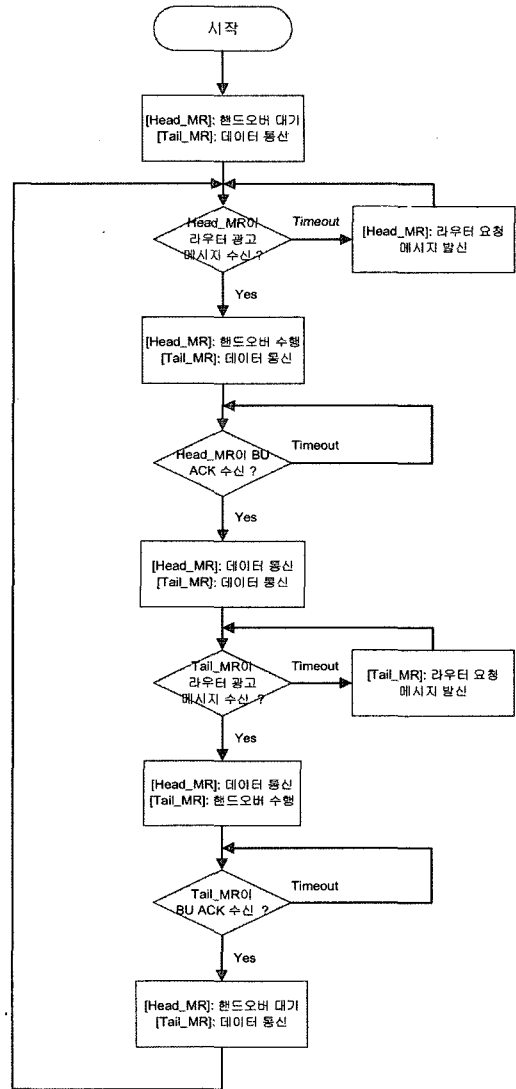


그림 5 제안 방안의 동작 알고리즘 순서도

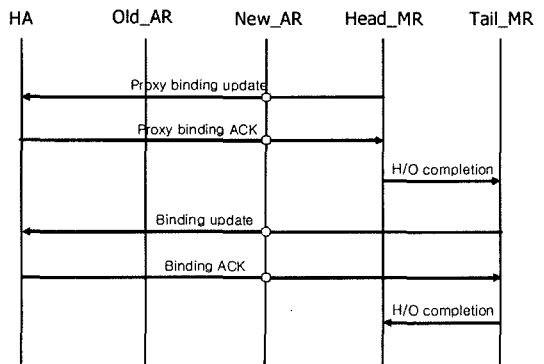


그림 6 제안 방안의 메시지 다이어그램

표 1 HA의 바인딩 정보

Binding Phase	HoA	Coa
Phase 1	Tail_MR's HoA	Tail_MR's Old_CoA
Phase 2	Tail_MR's HoA	Head_MR's New_CoA
Phase 3	Tail_MR's HoA	Head_MR's New_CoA
Phase 4	Tail_MR's HoA	Tail_MR's New_CoA
Phase 5	Tail_MR's HoA	Tail_MR's New_CoA

우터는 Tail_MR이 된다. 만약 Tail_MR이 AR과의 통신이 두절된 상태이면 Tail_MR은 수신한 패킷을 Head_MR로 redirect하게 된다.

3.3 제안 방안 적용을 위한 조건

제안한 방안은 이동 네트워크의 앞과 뒤에 Head_MR과 Tail_MR을 배치하여 핸드오버 수행시기 차이를 달리하는 방안이다. 따라서 제안 방안을 적용하기 위해서 이동 네트워크의 길이는 충분한 길이를 가져야 한다. 이동 네트워크의 속도, 길이, 및 핸드오버 지연시간이 이동 네트워크의 길이를 결정짓는 중요한 요소이다. 이러한 요소들을 식으로 나타내면 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$\frac{d}{v} \geq T_{HO} \tag{1}$$

위 식에서 d와 v는 두 개의 이동 라우터 사이의 거리와 이동 네트워크의 이동 속도를 각각 표현한 것이다. 그리고 T_{HO} 는 핸드오버 동안 발생하는 총 핸드오버 지연시간을 의미한다. 예를 들어 300m의 길이를 가진 고속 열차가 300Km/h의 이동 속도로 이동하고 각 이동 라우터의 핸드오버 지연시간이 3초일 경우, 제안한 방안이 충분히 적용될 수 있다. 하지만 이동 네트워크가 이러한 조건을 만족하지 않을 경우 기존의 NEMO basic

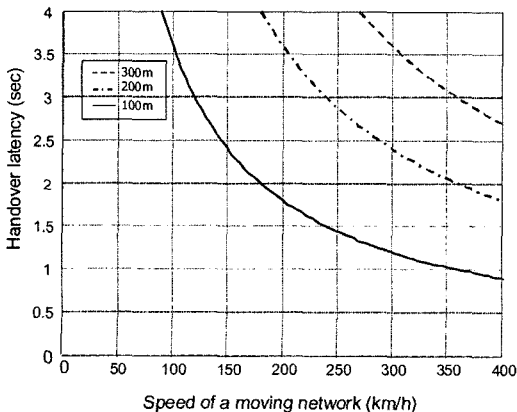


그림 7 제안 방안의 적용을 위한 네트워크 이동 속도와 핸드오버 지연시간과의 관계

방안의 핸드오버를 수행하게 된다. 그림 7은 위 식을 그래프 형식으로 나타낸 것이다.

4. 성능 분석

NEMO basic 방안과 제안방안의 성능을 비교 평가하기 위해 수학적 분석 및 NS-2 시뮬레이터를 사용하였다.

4.1 수학적 분석

4.1.1 서비스 중단 시간

NEMO basic 방안의 서비스 중단 시간은 Old_AR을 통해서 마지막 패킷을 수신할 때부터 New_AR을 통해서 첫 번째 패킷을 수신할 때까지의 시간으로 정의된다. NEMO basic 방안에서 핸드오버로 인한 서비스 중단 시간은 T_{HO} 로 표현할 수 있다. 성능 분석을 위해서 사용된 파라미터들은 표 2에서와 같이 나타내었다.

표 2 파라미터 정의

파라미터	정의
T_{HO}	핸드오버로 인한 서비스 중단 시간
T_{MD}	이동 감지 소요 시간
$T_{CoA-Conf}$	CoA 설정 소요 시간
T_{BU}	BU 소요 시간
τ	라우터 광고 메시지 전송 간격
RTT_{MR-AR}	MR과 AR 사이의 RTT
RTT_{AR-HA}	AR과 HA 사이의 RTT

T_{HO} 를 NEMO 핸드오버 수행절차에 따른 메시지별 소요 시간으로 나타내면 식 (2)와 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} T_{HO} &= T_{MD} + T_{CoA-Conf} + T_{BU} \\ &= 2\tau + RTT_{MR-AR} + RTT_{MR-HA} \\ &= 2\tau + 2RTT_{MR-AR} + RTT_{AR-HA} \end{aligned} \tag{2}$$

여기에서 캡슐화 및 역 캡슐화 등 노드 처리 지연시간은 고려하지 않았다. 여기에서 T_{MD} 는 L2 핸드오버 소요 시간을 포함한다.

그림 8은 제안된 방안에서 이중 이동 라우터들 간의 핸드오버 상관관계를 나타내었다. 이중 이동 라우터 방안의 각 라우터의 핸드오버 수행 과정은 일반적인 NEMO basic 방안과 동일하다. 그러나 각 라우터들은 핸드오버를 교대로 수행하므로 전체 이동 네트워크 측면에서 서비스 중단 시간 및 패킷 손실은 발생하지 않는다.

즉 각 라우터에서의 핸드오버 수행 시간은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있지만, 그림 8과 같이 Head_MR이 핸드오버를 수행하더라도 Tail_MR이 계속해서 데이터 송수신을 담당하고, Tail_MR이 핸드오버를 수행할 경우에는 Head_MR이 대신해서 데이터 송수신을 담당하게

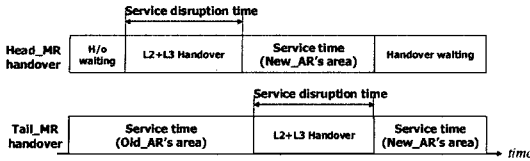


그림 8 이중 이동 라우터들 간 핸드오버 상관관계

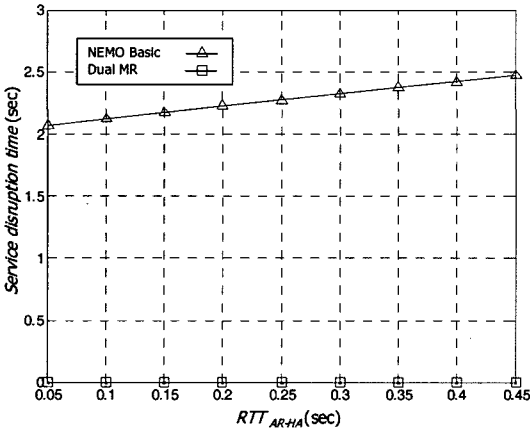


그림 9 RTT_{AR-HA}에 따른 서비스 중단 시간 비교

된다.

이동 네트워크 환경에서 RTT_{AR-HA}의 변화에 따른 각 방안의 핸드오버로 인한 서비스 중단 시간의 변화를 그림 9와 같이 나타내었다. T_{L2}는 200msec, 라우터 광고 메시지 주기 τ는 1초, AR의 셀 반경은 1km, RTT_{MR-AR}를 10msec로 각각 가정하였다.

그림 9에서 알 수 있듯이 NEMO basic 방안의 핸드오버로 인한 서비스 중단 시간은 RTT_{AR-HA}가 증가할수록 증가하며, 약 2~2.5초의 값을 갖는 것으로 나타났다. 반면 이중 라우터 방안의 경우에는 핸드오버로 인한 서비스 중단 시간이 발생하지 않으므로 고속 이동 네트워크 환경에서 끊임없는 인터넷 서비스 지원이 가능함을 알 수 있다.

4.1.2 패킷 손실률

패킷 손실은 HA의 바인딩이 갱신된 이후 HA에서 MR까지 데이터가 전송되는 동안에는 발생하지 않는다. 따라서 패킷 손실 시간(T_{loss})은 T_{HO}-0.5RTT_{AR-HA}로 나타낼 수 있으며, 아래 식과 같이 표현할 수 있다.

$$T_{loss} = 2\tau * 1.5RTT_{MR-AR} + 0.5RTT_{AR-HA} \quad (3)$$

핸드오버 시 패킷 손실량(L)은 다음 식과 같이 패킷 손실 시간과 인터넷 대역폭의 곱으로 표현할 수 있다.

$$L \geq T_{loss} * BW \quad (4)$$

핸드오버로 인한 패킷 손실률(ρ_{loss})은 핸드오버 시 손실되는 패킷 수와 하나의 셀에서 전송되는 전체 패킷

수의 비로써 표현할 수 있으며 이것은 다시 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\rho_{loss} = \frac{T_{loss}}{T_{cell}} \times 100 \quad (\%) \quad (5)$$

여기에서 T_{cell}은 이동 네트워크가 하나의 셀을 통과하는 데 소요되는 시간을 의미한다.

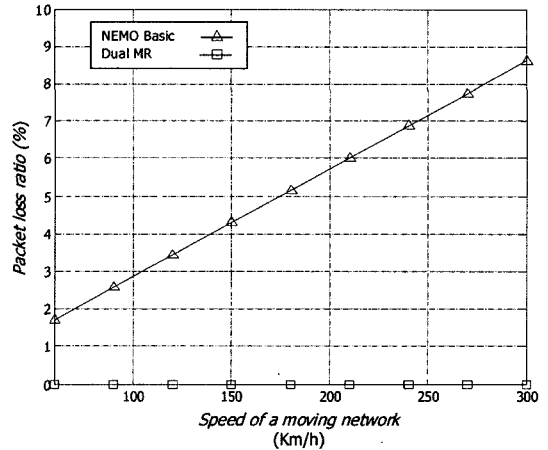


그림 10 철도차량의 이동 속도에 따른 패킷 손실을 비교

그림 10은 이동 네트워크의 이동 속도에 따른 패킷 손실률을 나타낸 것이다. 그림 10에서 사용한 매개변수들은 그림 8에서 사용된 매개변수들과 모두 같은 값을 갖지만, RTT_{AR-HA}는 100msec의 고정 값을 갖는 것으로 가정하였다. 그림 10에서 알 수 있듯이 NEMO basic 경우 이동 속도에 따른 패킷 손실률은 지속적으로 증가하지만, 제안한 방안의 경우 이동 속도에 상관없이 패킷 손실이 발생하지 않는다.

4.2 시뮬레이션 결과

본 절에서는 NS-2 시뮬레이터를 이용하여 NEMO basic 방안과 이중 이동 라우터 방안의 TCP 및 UDP의 goodput을 비교한다.

4.2.1 시뮬레이션 모델

그림 11은 시뮬레이션 토폴로지를 나타내었다. AR은 일정한 간격으로 배치되었고 이동 네트워크는 일정한 이동 속도를 가지고 각 AR을 이동하게 된다. 본 실험에서 UDP 및 TCP를 이용해서 실험을 수행하였다. 표 3은 시뮬레이션에서 사용된 각 파라미터를 나타낸 것이다.

4.2.2 Goodput 비교

그림 12 및 13에서는 이동 네트워크의 이동 속도가 20m/s일 경우 UDP 및 TCP를 사용하여 NEMO basic 방안과 이중 이동 라우터 방안의 goodput을 비교하였다.

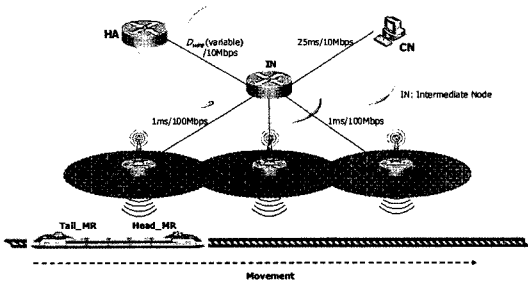


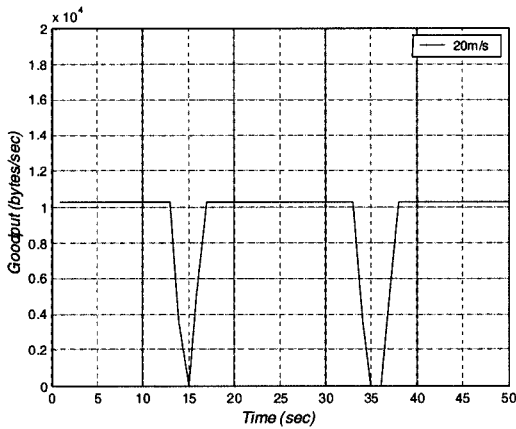
그림 11 시뮬레이션을 위한 네트워크 토폴로지

이 그림에서 보듯이 NEMO basic 방안은 핸드오버로 인한 서비스 중단 시간이 발생하지만, 제안한 방안에서는 두 개의 이동 라우터가 핸드오버 수행 시기를 달리 함으로써, 핸드오버로 인한 서비스 중단 시간이 발생하지 않음을 알 수 있다. 따라서, 4.1절의 수학적 분석에서

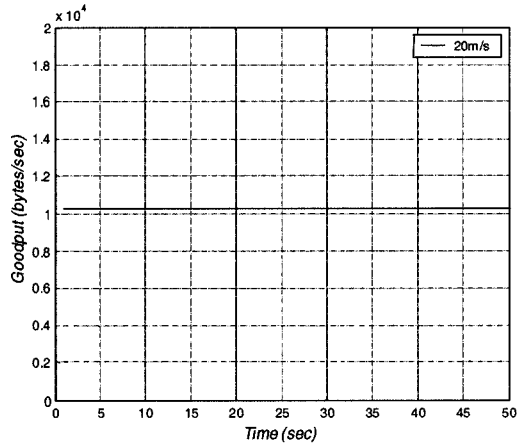
표 3 시뮬레이션을 위한 파라미터 값

파라미터	시뮬레이션 환경
AR 커버리지 반경	250m
AR 간격	400m
링크 지연 시간	25msec, 1msec
링크 대역폭	100Mbps, 10Mbps
이동 네트워크 길이	200m
Wireless MAC	IEEE 802.11b
MNN 수	1
UDP 전송 간격	0.05초 (CBR)
UDP 패킷 사이즈	512bytes
TCP	FTP
라우터 광고 메시지 주기	1초

제안 방안의 경우 핸드오버 시 서비스 단절 및 패킷 손실이 발생하지 않는다고 추정된 결과는 타당함을 확인

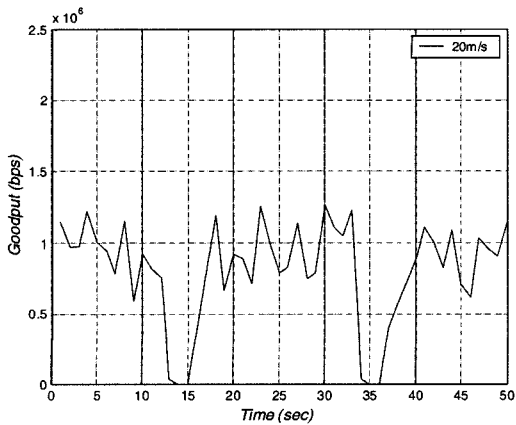


(a) MENO basic

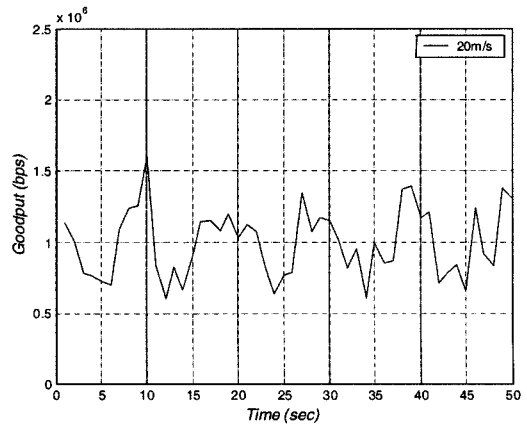


(b) Dual MR

그림 12 UDP goodput 비교 (20m/s)



(a) MENO basic



(b) Dual MR

그림 13 TCP goodput 비교 (20m/s)

할 수 있다. 그런데, 수학적 분석에서는 트랜스포트 계층과는 독립적으로 IP 계층에서 발생하는 서비스 중단 시간 및 패킷 손실률 결과를 추정한 것이므로, 에러 및 혼잡제어를 수행하는 TCP보다 UDP goodput과 좀더 밀접한 관련이 있다고 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 철도 네트워크 환경의 고유한 특징인 철도차량 길이의 장대성을 이용하여 철도차량의 앞과 뒤에 두 개의 이동 라우터를 배치함으로써 공간 다이버시티 효과를 얻을 수 있다. 즉 이중 이동 라우터 간의 핸드오버 수행 시기 차이를 이용하여 끊임없는 핸드오버를 지원하는 방안이다. 제안 방안은 핸드오버와 상관없이 지속적인 서비스가 제공되기 때문에 핸드오버로 인한 서비스 중단 및 패킷 손실을 최소화 할 수 있다.

제안 방안의 구현을 위해 이동 라우터 외에는 기존 네트워크 요소들의 수정이 필요 없으며, 이웃 AR 간의 중첩 영역이 존재하지 않더라도 적용 가능하다. 그러나, 이중 이동 라우터의 관리 및 부가적인 시그널링 메시지 비용이 추가적으로 발생한다.

참 고 문 헌

[1] T. Ernst, "Network Mobility Support Goals and Requirements," *Internet draft*, Oct. 2005.
 [2] T. Ernst and H-Y. Lach, "Network Mobility Support Terminology," *Internet draft*, Oct. 2005.
 [3] V. Devarapalli, R. Wakikawa, A. Petrescu, and P. Thubert, "Network Mobility Basic Support Protocol," *RFC 3963*, Jan. 2005.
 [4] M. Ronai, A. Petrescu, R. Tönjes, and M. Wolf, "Mobility Issues in OverDRiVE Mobile Networks," *IST Mobile Summit 2003*, June 2003.
 [5] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," *RFC 3344*, Aug. 2002.
 [6] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," *RFC 3775*, June 2004.
 [7] 백은경, 이상홍, "네트워크 이동성 기술 동향과 전망", *한국정보과학회 학회지*, 제23권 4호, pp. 21-27, 2004년 4월.
 [8] C. Ng, E. Paik, T. Ernst, and M. Bagnulo, "Analysis of Multihoming in Network Mobility Support," *Internet draft*, Oct. 2005.
 [9] N. Montavont, T. Ernst, and T. Noel, "Multihoming in Nested Mobile Networking," *SAINT 2004*, Jan. 2004.
 [10] EK. Paik and YH. Choi, "Prediction-Based Fast Handoff for Mobile WLANs," *ICT 2003*, pp. 748-753, Feb. 2003.



박 희 동
 1993년 경북대학교 전자공학과(학사). 1998년 경북대학교 전자공학과(석사). 2005년 경북대학교 전자공학과(박사). 1998년~현재 포항1대학 컴퓨터응용계열 조교수 관심분야는 모바일 통신, 네트워크 이동성, 차세대 네트워크



권 용 하
 2003년 대구대학교 통신공학과(학사). 2005년 경북대학교 전자공학과(석사). 관심분야는 IP 이동성, 네트워크 이동성



이 강 원
 2002년 경북대학교 전자공학과(학사). 2004년 경북대학교 전자공학과(석사). 2004년~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정. 관심분야는 네트워크 이동성, 트래픽 제어, BcN, Wibro



이 성 협
 1999년 경일대학교 전자공학과(학사). 2000년 경북대학교 정보통신학과(석사). 2002년~현재 경북대학교 정보통신학과 박사과정. 관심분야는 센서 네트워크, 무선 네트워크



조 유 제
 1982년 서울대학교 전자공학과(학사). 1983년 한국과학기술원 전자공학석사. 1988년 한국과학기술원 전자공학박사. 1989년~현재 경북대학교 전자전기 컴퓨터학부 교수. 1992년~1994년 Univ. of Toronto, 객원교수. 2002년~2003년 미국 국립표준연구소(NIST), 객원연구원. 관심분야는 차세대 이동네트워크, BcN, 센서 네트워크



윤 용 기
 1994년 충북대학교 전기공학과(공학사) 1996년 충북대학교 전기공학과(공학석사) 1996년~현재 한국철도기술연구원 선임연구원. 관심분야는 무선통신을 기반으로 하는 열차제어시스템개발, 열차진로제어 시스템개발 및 정형기법(formal method)