

무선통신환경에서 이동체를 위한 Fast Handoff 방법에 관한 연구

황종규, 이재호, 윤용기
한국철도기술연구원 철도신호통신연구팀

Fast Handoff Scheme for Movable Objects in Mobile Network Environments

Hwang Jong-Gyu, Lee Jae-Ho, Yun Young-Gi
Korea Railroad Research Institute(KRRI)

Abstract - 최근 들어 무선통신환경 하에서 빠른 이동속도를 갖는 이동체를 위한 빠른 핸드오프 기술들에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 열차도 이러한 빠른 이동체의 대표적인 예가 될 것이다. 지금까지 열차제어 방식은 선로변 설비인 궤도회로를 이용한 지상과 차상간의 정보전송을 통하여 이루어져 왔다. 이 경우 선로변의 궤도회로에 대한 유지보수 등의 비용이 과다하고, 또한 열차의 위치검지가 궤도회로의 구간별로 이루어지는 등의 단점이 있어 최근 들어 무선통신을 이용한 열차제어 방법이 활발히 진행되고 있다. 이에 따라 미래에는 고속의 이동성을 갖는 열차도 무선통신에 의한 서비스가 될 것으로 예상된다. 이러한 무선통신을 이용한 열차의 서비스를 위해서는 열차의 빠른 이동속도로 인해 무선 기지국 셀 영역들간의 빠른 핸드오프 기술을 필요로 한다. 본 연구에서는 열차제어에 적용 가능한 여러 핸드오프 방식들을 분석하였다. 그리고 높은 이동성이 요구되는 고속의 이동체인 열차를 위한 핸드오프 방안을 제안한다.

1. 서 론

오늘날 무선통신 기술의 발달에 따라 이동성을 갖는 장치들이 무선통신환경 하에서 매우 다양한 서비스를 제공받을 수 있게 되었다. 하지만 무선통신 시스템의 가장 큰 특징 중의 하나가 무선통신 환경하의 이동체의 이동성 보장을 위한 핸드오프 기술이다. 최근 들어 IETF(Internet Engineering Task Force)를 중심으로 다양한 핸드오프 기술들이 연구되고 제안되고 있다. 그러나 핸드오프 시에 발생하는 패킷의 손실은 지연에 민감하거나 또는 실시간성을 요하는 서비스에서 요구하는 조건을 만족시키지 못하는 경우가 있다.

지금까지의 대부분의 열차제어는 지상제어장치에서 열차의 속도명령 등 제어정보를 궤도회로를 이용하여 차상 제어장치로 전송하고, 차상제어장치에서는 이 정보를 바탕으로 열차를 제어하는 방식을 사용하고 있다. 지상과 차상간의 정보전송 매체로 선로의 궤도회로를 이용함으로써 궤도회로 등의 유지보수 비용이 과다하고, 특히 열차의 위치검지가 궤도회로의 구간별로 이루어지는 등의 단점이 있어 최근 들어 무선통신을 이용한 열차제어방식(CBTC : Communication Based Train Control System)이 활발히 진행되고 있다.

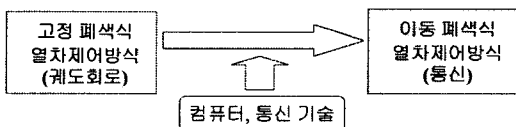


그림 1. 열차제어방식의 발전

이러한 무선통신을 이용한 열차의 서비스를 위해서는 열차의 빠른 이동속도로 인해 무선 기지국 셀 영역들간의 빠른 핸드오프 기술을 필요로 한다. 본 연구에서는 열차제어에 적용 가능한 여러 핸드오프 방식들을 분석하였다. 그리고 높은 이동성이 요구되는 고속의 이동체인 열차를 위한 핸드오프 방안을 검토하였다.

2. Mobile IP 프로토콜

고속의 이동체인 열차를 위한 핸드오프 방법의 연구를 위한 우선적으로 현재 IETF에서 활발히 진행되고 있는 Mobile IP(MIP)에 대해 분석하였다.

휴대용 컴퓨터나 PDA와 같은 이동단말 기술과 무선통신 기술의 발전에 따라 IETF에서는 기존의 IP 기술에 이동성을 지원하도록 하는 Mobile IP(RFC 2002) 기술을 표준화하고 있다[1]. 이 MIP에서는 이동체는 두 개의 IP 주소를 가진다. 한 주소는 HA(Home Address)로부터 부여받은 일반 IP 주소와 마찬가지로 고정된 주소이다. 다른 한 주소는 COA(Care-Of-Address)로 새로운 FA(Foreign Agent)에 의해 부여받는 가변되는 주소이다. 즉 COA는 이동체가 이동하는 실제적인 위치를 반영한 주소이다. 이동체가 이동해 다른 네트워크에 접속되게 되면 HA는 이동체를 목적지로한 모든 패킷을 받아 이동체가 현재 연결되어 있는 곳으로 패킷을 전달하게 된다.

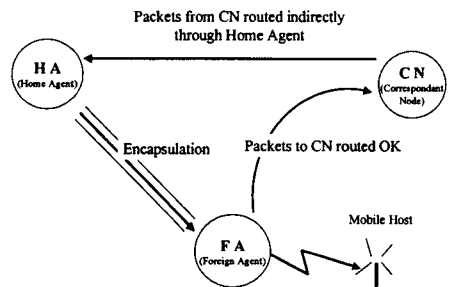


그림 2. Mobile IP 개요

이동체는 연결지점을 바꿀 때마다 새로운 COA를 HA에 등록한다. HA는 이동체를 목적지로 전송되어 온 패킷을 다시 저장되어 있는 COA 주소를 목적지 주소로 하여 패킷을 전송한다. 이러한 과정을 거쳐 최종적으로 이동체에 패킷이 전달되게 되면 이 패킷은 마치 고정된 주소로 전달된 패킷과 동일하게 취급되게 된다. 즉, Mobile IP는 다음 세 가지 분리된 절차들이 서로 협력하여 이루어진다.

- COA를 발견하는 절차
- COA를 등록하는 절차
- COA를 터널링하는 절차

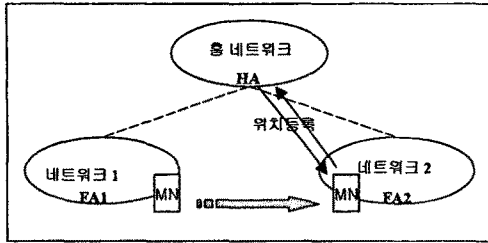


그림 3. 이동체(MH)의 등록절차

이러한 MIP는 이동성 지원을 위한 대안으로 제안되어 많은 연구가 되었지만 다음과 같은 몇 가지 문제점들이 있다. 이들 중 가장 중요한 것은 핸드오프 시 소요되는 지연시간이 크다는 것이다. 즉, 이동체가 새로운 위치로 이동했을 경우 이동을 검지하고 새로운 위치는 HA에 등록하여야 한다. 이를 위해 MIP에서는 FA로부터의 주기적인 광고메시지를 이동체가 수신하고 이에 따라 COA를 부여받아 HA에 등록하게 되는데, 이러한 이동을 검지하고 등록하는 시간이 매우 길게 된다. 이에 따라 기존의 MIP는 실시간성이 요구되는 경우에는 적용에 어려움이 있어왔다.

즉, 핸드오프 시에 지연시간이 커지면 그 지연시간 동안 많은 수의 패킷들을 잃어버릴 수 있다. 이렇게 되면 이동체에 실시간 서비스가 불가능하게 되고, 만약 바이탈 제어장치의 경우 시스템 전체의 치명적인 오류를 야기시킬 수 있다. 이러한 관점에서 핸드오프의 평가에 있어서 가장 중요한 메트릭은 다음과 같은 항목들이 될 수 있다.

- 이동체의 핸드오프동안 Packet Loss 개수
- 이동체의 핸드오프를 위한 지연시간(Latency)

이러한 기존의 MIP의 핸드오프 시 지연시간(Movement Detection + Registration Latency) 등의 문제를 개선하기 위해 Hierarchical Mobile IP, Fast Handoff Scheme, Proactive Handoff, TeleMIP, Cellular IP 등 다양한 방법들이 제안되고 있다(2)-(4). 이 중 Fast Handoff 방식의 경우는 핸드오프 시작을 기존의 MIP처럼 핸드오프 광고메시지 수신에 의해서 하지 않고, L2 트리거 신호에 의해 핸드오프를 수행하게 되는 것이 가장 큰 차이점이다. 이에 L2 트리거 신호에 의해 핸드오프를 수행하게 됨에 따라 핸드오프의 Latency 현저히 줄일 수 있는 있다. 하지만 이러한 L2 트리거 신호가 가능하려면 무선통신환경이 CDMA 또는 유선망이어야 한다.

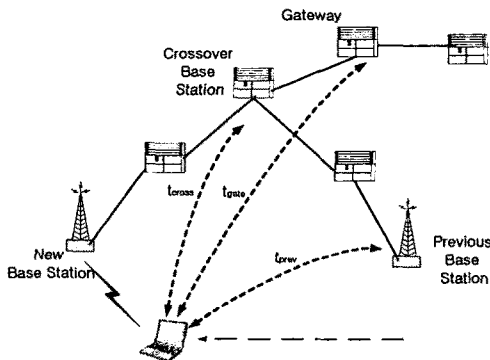


그림 4. 핸드오프 방법 비교를 위한 모델

여러 가지 핸드오프 방법들의 분석을 위해 본 연구에서는 그림 4와 같은 간단한 모델을 가정하였으며, 이 모델을 통해 각 방법들에 대한 핸드오프 시 각 항목들별 비교를 위한 수식모델링을 도출하였다. 그림의 모델에서 n_{gate} 는 이동체와 게이트웨이 사이의 노드 수, n_{prev} : 이동체와 전 BS 사이의 노드 수 그리고 t_{TH} 는 MIP 등록메커니즘에 의한 HA에 도달하는 시간을 의미한다. 각 항목들의 모델링 시 $t_{gate} \gg t_{prev} \gg t_{cross}$ 이 된다고 가정하였다. 그림과 같은 모델에서 각 방법들을 핸드오프 시 이동검지 시간과 패킷손실 개수 등의 메트릭을 중심으로 비교분석을 수행하였으며,

표 1. 핸드오프 메트릭의 비교

Protocol	Handoff Type	Radio Layer	L2 Trigger	Latency	Uncertainty Time
Hierarchical Mobile IP	Inside Hierarchy	-	No	t_{mip}	$t_{mip} + t_{cross}$
	Between Hierarchy	-	No	t_{mip}	$t_{mip} + t_{prev}$
Fast Handoff	Source Trigger	CDMA	Yes	Radio layer	$2t_{cross} + t_{prev}$
	Target Trigger	CDMA	Yes	Radio layer	$2t_{cross} + t_{prev}$
	Mobile Trigger	CDMA	Yes	Radio layer	$2t_{cross} + t_{prev}$

특히 본 연구에서는 새롭게 제안된 여러 방법들 중 가장 대표적인 Hierarchical Mobile IP와 Fast Handoff Scheme를 중심으로 연구를 수행하였으며, 향후 다른 제안되고 있는 핸드오프 방법들에 대한 모델링도 추진할 예정이며, 그리고 각 방식들에 대한 보다 정확한 성능분석을 위한 모델링과 이를 바탕으로 한 각 방법들에 대한 성능평가를 위한 시뮬레이션이 수행될 될 예정이다.

3. 열차를 위한 핸드오프 성능개선

앞에서 검토한 방법들은 IETF를 중심으로 연구 및 제안되고 있는 이동체에 연속적인 서비스의 제공을 위한 IP 계층의 프로토콜들에 대한 비교분석 내용이었다. 이들 대부분의 방법들은 이동체들이 한 셀에서 다음에 어느 셀로 이동할지에 대한 예측이 불가능한 일반적인 이동체들을 위한 방법들이다. 하지만 이러한 일반적인 방법들과는 달리 철도의 경우는 한 셀에서 다음에 이동할 셀의 예측이 가능하다. 즉, 열차는 정해진 레일 위를 운행하므로 다음에 서비스 받을 무선 셀의 위치의 예측이 가능하다. 이에 따라 철도를 위해서는 이동성 예측을 통한 Mobile IP Fast Handoff 방안을 고려할 수 있다.

본 연구에서는 열차를 위한 핸드오프를 위해 그림 5와 같이 무선 셀을 Fast Handoff 셀과 Soft Handoff 셀로 구분하여 열차의 이동속도 등을 고려한 이동성 예측을 통한 핸드오프 방법을 검토하였다. 열차의 이동성을 예측하기 위해서 그림 5와 같은 무선 셀들을 구분한다. 여기서 Fast Handoff 셀은 이동체가 빠르게 이동할 수 있는 셀로서 당연히 열차가 이동 가능한 레일에 해당한다. 그리고 Soft Handoff 셀은 이동체가 비교적 느리게 이동할 수 있는 셀을 말한다. 이때의 이동체는 열차, 열차의 승객들이 보유하고 있는 무선단말 등이 해당된다.

이동체가 열차인 경우는 그림처럼 무선단말의 이동 방향이 단순하다는 것을 의미한다. 즉 정해진 진로로만 이동을 한다는 것이다. 따라서 열차의 경우는 이동성의 예

측이 쉽게 된다. 빠르게 이동할 수 있는 지역의 셀들의 경로를 안다면 이동체의 비교적 쉽게 이동성 예측을 할 수 있다. 이와 반대로 이동체가 느리게 이동한다는 것은 이동체의 이동성 예측을 빠른 시간 안에 예측은 불가능하다. 하지만 이동체의 속도가 느리기 때문에 셀과 셀의 중첩망 지역에서 이동성을 예측할 수 있고 사전등록을 통해 끊김 없이 패킷을 수신할 수 있다.

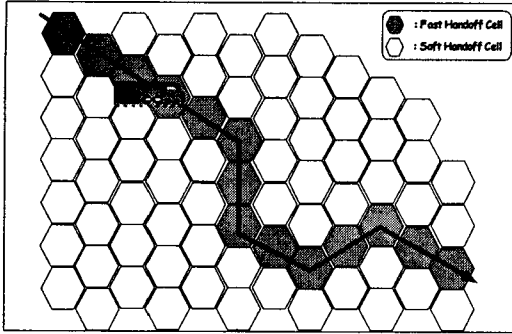


그림 5. Fast Handoff Cell과 Soft Handoff Cell

철도를 위한 무선 셀을 이와 같이 두 부분으로 분리하여 별도로 관리함에 따라, 열차의 이동 시 열차와 열차 내의 무선단말들은 Fast Handoff 셀 모드로, 열차가 역내에 정차 시 무선단말들은 Soft Handoff 셀 모드 등 두 모드로의 분리운영이 가능하게 되어 효율적인 열차의 무선서비스가 가능하게 된다. 이들 두 모듈별로 각각 효율적인 핸드오프 방법은 본 고에서는 생략한다.

이 중 Fast Handoff 셀 모드에서 고려하여야 할 사항이 열차의 이동속도에 따라 사전에 예약하여야 할 셀의 수를 조절하여야 한다는 것이다. 열차의 경우처럼 정해진 진로를 주행하는 이동체의 운행속도에 따른 사전예약 할 셀 수는 다음과 같은 수식에 의해 얻어질 수 있다.

$$N = \frac{T_{HO-max}}{R/V} + \beta \quad (1)$$

where R : 셀 반경 (km)

V : 이동체 속도 (km/h)

T_{HO-max} : 최대 핸드오프 시간 (msec)

β : 여유시간

3. 결론

본 고에서는 열차와 같은 이동성의 예측이 가능한 이동체의 제어를 위한 핸드오프 방법에 대하여 고찰하였다. 이를 위해 우선 IETF를 중심으로 연구되고 있는 핸드오프 방법들에 대해 분석을 하였다. 그리고 핸드오프의 주요한 메트릭인 지연시간과 패킷손실률에 대하여 각 방법들을 대상으로 수식적으로 비교하였다. 그리고 열차를 위한 핸드오프를 위해서 두 가지 모드로 구분하여 운용하는 방법에 대해 고찰하였다. 향후 본 연구를 통해 도출한 핸드오프 메트릭들과 사전예약 셀 수들의 모델링을 바탕으로 각 방법들에 대한 성능 시뮬레이션을 수행할 예정이다.

(참 고 문 헌)

[1] Pierre Reinbold and etc., "A Survey of IP Micro-mobility Protocols", Technical Report infornet-TR-13,

2002.
 [2] Antonie Stephane and etc., "Fast Handoff Scheme for Future Wireless IP Networks : a Proposal and Analysis", Proceeding of VTC'01, 2001.
 [3] Sheng Lin Tan and etc., "A Fast Handoff Scheme for Wireless Networks", WoWMoM'99, 1999.
 [4] Hidetoshi Yokota and etc., "Link Layer Assisted Mobile IP Fast Handoff Method over Wireless LAN Networks", MOBICOM'01, 2002.