

이동 컴퓨팅 환경에서 빠른 핸드오프 성능 분석

*김도현⁰, **정상환, **조유제
* 천안대학교 정보통신학부, ** 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
dhkim@infocom.cheonan.ac.kr

Performance Analysis of Fast Handoff in Mobile Computing

* Do-Hyeon Kim⁰, ** Sang-Hwan Jung, **You-Ze Cho
* Dept. of Information and Communication Engineering, Cheonan University
** School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University

요 약

최근에 IETF Mobile IP WG과 SeaMoby WG에서 2계층 트리거를 이용한 빠른 핸드오프 기법을 공통적으로 논의하고 있으나, 아직 이들 WG에서는 제출된 기고서에 대해 표준을 정의하지 않고 있다. 따라서 본 논문에서는 2계층 트리거를 이용한 빠른 핸드오프를 기존의 Mobile IP와 지역적 등록 기법에 적용하여 성능을 검증한다. 이를 위하여 OPNET을 이용한 시뮬레이션을 통해 핸드오프 등록 지연 및 수송의 성능을 평가한다. 그 결과에서 빠른 핸드오프를 적용할 경우 두 기법 모두 에이전트 메시지의 방송 주기에 무관하게 성능을 향상됨을 확인할 수 있다.

1. 서 론

Mobile-IP는 현재의 IP 프로토콜에서 계층적인 주소체계를 사용하기 때문에 단말기가 다른 부분망으로 이동할 경우 패킷을 이동한 위치로 전달할 수 없는 문제점을 해결하기 위해 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 제시되었다. 이에 따라 IETF에서는 1992년 6월 Mobile-IP WG을 결성하여 인터넷에서 단말기의 이동성을 지원하기 위한 프로토콜에 대한 표준화를 진행하고 있다. 이와 같은 Mobile IP는 인터넷 상에서 단말기가 다른 부분망으로 이동하더라도 단말기에 대한 IP 주소의 재설정 없이도 연속적으로 패킷을 교환할 수 있는 프로토콜이다[1].

기본 Mobile IP에서는 이동 노드가 망 사이를 이동할 때 마다 HA(Home Agent)에게 자신의 새로운 위치를 등록하므로 이동 노드의 이동이 빈번해짐에 따라 홈 망과 방문 망 사이에서의 제어 메시지가 증가하며, 이동 노드가 홈 망으로부터 멀어질수록 제어 메시지의 전달 지연이 길어진다. 특히, 홈 망으로부터 멀리 떨어진 곳에 위치한 이동 노드가 인접한 서브 망 사이를 이동할 경우, HA로부터 이전 CoA(Care-of Address)로의 터널 경로와 새로운 CoA로의 터널 경로가 대부분 일치함에도 불구하고 HA에서부터 터널 경로를 새로 설정해야 하는 효율상의 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 호스트의 이동을 지역적으로 관리하는 방안으로 Mobile IP WG에서는 지역적 등록(regional registration 또는 regional tunnel management)을 제시하였다[2]. 그러나, Mobile IP에서 고정 노드와는 달리 이동 노드가 존재하는 망 환경에서는 망의 이동 시 핸드오프 과정으로 인해 패킷 손실, 지연 등의 문제를 해결하지 못하였다. 특히 실시간 무선 트래픽의 경우 핸드오프는 통신 품질에 민감한 영향을 주게 된다. 이러한 핸드오프 시의 지연에는 새로운 부분망에서 CoA를 획득하는 과정에서의 지연과, CoA를 HA 또는 상대노드에게 바인딩하는 과정에서의 지연으로 크게 두 요소가 있다. 이와 관련하여 최근 Mobile IP WG에서는 핸드오프 과정에서의 지연과 손실을 줄이기 위한 방안으로 2계층 트리거를 이용한 빠른 핸드오프

기법이 제안되었다 [3][4]. 빠른 핸드오프에서는 새로운 망으로 이동한 것을 이동 노드나 AR(Access Router)에서 2계층 트리거를 이용하여 감지하고, 이동 노드가 현재 망과의 연결이 이루어져 있는 상황에서 새롭게 이동하고자 하는 망과의 바인딩을 미리 행하게 된다.

본 논문에서는 인터넷 환경에서 이동성 지원을 위한 표준 방식인 Mobile IP와 호스트의 이동을 지역적으로 관리하는 지역적 등록 기법에 대해 2계층 트리거를 이용한 빠른 핸드오프 기법을 적용할 경우 성능을 검증하기 위하여 OPNET을 이용한 시뮬레이션을 통해 핸드오프 등록 지연과 수송 측면을 비교 분석한다. 시뮬레이션 결과에서 기존의 Mobile IP와 지역적 등록 기법에 빠른 핸드오프를 적용할 경우 에이전트 광고 메시지의 방송 주기에 무관하게 우수한 성능을 보여줌을 확인할 수 있다. 서론에 이어서 2장에서는 IETF에 제시된 Mobile IP와 지역적 등록 및 2계층 정보를 이용한 빠른 핸드오프에 대해 살펴본다. 3장에서는 Mobile IP와 지역적 등록에 따른 핸드오프를 적용한 시뮬레이션 모델과 성능 분석 결과를 기술하고, 4장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 Mobile IP와 지역적 등록 기법

Mobile IP 프로토콜의 기본적인 동작원리를 살펴보면, 먼저 이동 호스트가 처음 등록된 부분망 내에 Mobile IP를 지원하는 라우터가 있어야 하며, 이 라우터를 HA라 한다. 다른 부분망으로 이동한 노드로 어떤 패킷을 전송할 때, HA는 패킷을 이동 노드에 전달하는 기능을 수행하며, 노드에 대한 현재 위치에 대한 정보를 보관하고 있다. 이 패킷을 이동 노드로 전달하는 기능을 터널링(tunneling)이라 하며, 현재 이동 노드로 접속되어 있는 다른 부분망의 라우터로서 위의 HA와 협력하여 Mobile IP를 지원하는 라우터를 그 이동 노드의 FA(Foreign Agent)라고 한다. Mobile IP에서 이동 노드는 비록 망에 접속하는 위치가 달라지더라도 계속 같은 IP 주소를 사용하는데 이 주소를 홈 어드레스(Home Address)라

한다. 그리고, 이동 노드의 현재 위치를 나타내기 위해 임시로 사용하는 주소를 CoA 라 하는데 CoA 는 FA 의 주소 또는 이동 노드의 새로운 주소가 된다.

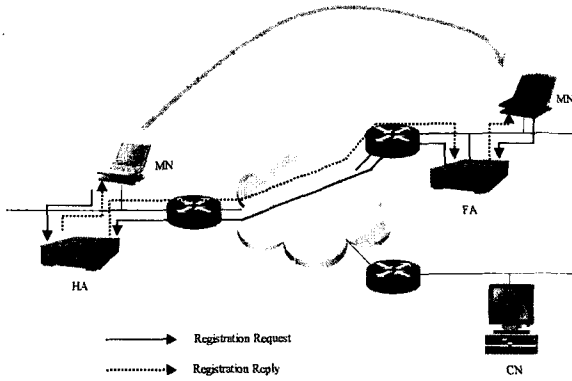


그림 1. Mobile IP 등록 과정

지역적 등록에서 영역 내부로 들어오는 라우터를 게이트웨이 FA(GFA) 혹은 게이트웨이 라우터라고 한다. 게이트웨이 라우터의 하부에 많은 지역적인 FA(RFA)를 가지는 구조이다. 영역내부에서의 이동은 지역적인 FA를 이용하여 등록하므로 이러한 등록 메시지가 HA까지 전달 되지 않게 한다. 그리고 GFA가 바뀌는 영역간의 이동 시에는 등록 메시지를 HA로 전달하게 된다. 이렇게 지역적인 등록을 통하여 패킷이 전달 될 때는 지역적인 터널링을 이용하여 전달하게 된다. 그림 2는 지역적 터널링을 나타내고 있다. 터널링을 이용하는 대표적인 방식인 지역적 등록 기법에서는 노드가 이동하여 핸드오프가 발생할 경우 망과 망 사이의 이동으로 인한 핸드오프이면 일반적인 Mobile IP 등록 과정인 홈 등록(home registration) 과정을, 동일한 외부 망 내의 한 FA에서 다른 FA로 이동으로 인한 핸드오프이면 지역적 등록 과정을 수행하게 된다. 이러한 지역적 등록을 통한 지역적 이동성 관리로 지역적 등록 기법은 홈 망으로 전송되는 신호의 수를 줄이고, 신호 지연을 감소시켜 핸드오프의 성능을 개선할 수 있다.

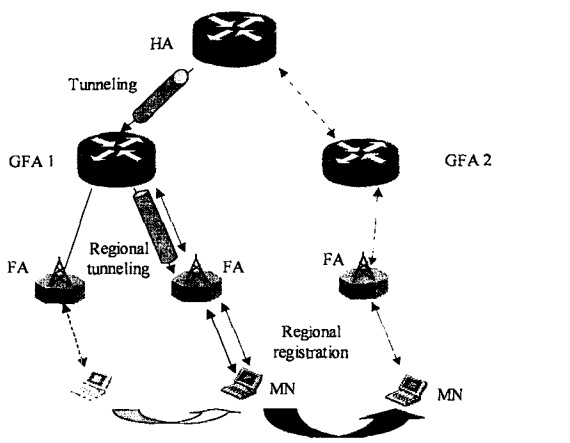


그림 2. 지역적 등록의 터널링 동작

2.2.2 계층 트리거를 이용한 빠른 핸드오프

핸드오프동안 이동 노드는 순간적으로 HA 와의 연결이 끊기게 되어 패킷을 전송 받을 수 없게 된다. 이렇게 되면 VoIP 나 멀티미디어 서비스 같은 지연과 손실에 민감한 서비스 사용 시 서비스가 제대로 이루어지지 않을 수 있다. 이러한 지연과 손실의 영향을 줄이기 위해서 2 계층의 정보를 이용하여 핸드오프를 빠르게 시작하거나, 핸드오프 도중에도 패킷을 끊임 없이 전달 받을 수 있게 하는 방안이 제시되었다.

2 계층 트리거는 2 계층 핸드오프 과정 중에 발생하는 일을 3 계층에 알려주기 위해 사용된다. 2 계층은 전파의 강도와 같은 물리적인 정보를 가지고 있지만, 계층적 구조를 이용하는 프로토콜에서는 이러한 정보를 전혀 사용하지 않기 때문에 아무런 물리적 구조와 정보를 이용할 수가 없다. 하지만, 이러한 트리거를 이용하여 핸드오프가 진행되는 과정을 상위 계층에 알려주게 되면, 2 계층의 핸드오프가 완료되기 전에 상위 계층의 핸드오프를 시작할 수 있다. 이러한 트리거 정보는 2 계층 핸드오프가 시작되는 것을 미리 알려 줄 수 있고, 2 계층의 핸드오프가 끝났음을 알려 줄 수도 있다.

2 계층 정보는 이동 노드, 이전 FA, 새로운 FA 중 적어도 하나는 2 계층의 트리거를 받아 핸드오프를 미리 알 수 있어야 하며, 새로운 FA 혹은 이동 노드는 2 계층 핸드오프가 끝났다는 트리거를 받을 수 있다. 2 계층 트리거는 이러한 정보를 이동 노드, 이전 FA, 새로운 FA 에서 받느냐에 따라 그리고 어떠한 사실을 알려 주느냐에 따라 나누어 질 수 있다. 2 계층 트리거를 이용한 핸드오프에서는 PRE-REGISTRATION 과 POST-REGISTRATION 방식이 있다.

PRE-REGISTRATION 핸드오프는 2 계층의 정보를 이용하여 2 계층의 핸드오프가 완료되기 전에 먼저 HA 로의 등록을 시도하여 2 계층의 핸드오프로 인한 지연을 줄이고자 하는 방안이다.

POST-REGISTRATION 방식은 핸드오프 할 때 2 계층의 트리거를 받아 이 정보를 이용하여 HA 에 등록하는 PRE-REGISTRATION 방식과 달리 HA 에는 이러한 이동을 알지 못하게 한다. 2 계층 트리거를 받을 경우 이전 FA 와 새로운 FA 사이에 양방향의 터널(bi-directional edge tunneling)을 설정하고, 이전 FA 로 전달되는 패킷을 다시 새로운 FA 로 보내어 이동 노드로 전달되는 패킷의 손실 없이 전달 할 수 있도록 한다. 그 후 완전히 새로운 FA 로 이동하였을 때 HA 로 등록하게 된다. 이 방식과 PRE-REGISTRATION 방식과의 가장 큰 차이점은 이동 노드가 2 계층 정보를 받을 수 없다는 점이다.

3. 성능 분석

본 장에서는 매크로 이동성 지원을 위한 표준 방식인 Mobile IP 와 마이크로 이동성 지원을 위한 대표적 방식인 지역적 등록 기법에 대해 2 계층 트리거를 이용한 빠른 핸드오프 기법을 적용한 성능을 OPNET 을 이용한 시뮬레이션을 통해 비교 분석한다.

3.1 시뮬레이션 환경

그림 3 은 시뮬레이션을 위한 망 환경을 보여주고 있다. 하드 핸드오프를 가정하며, 사용될 파라미터는 전송 지연과 패킷 전송 속도이며 표 1 과 같다.

D1 은 국가간 전송 지연 정도를 나타내며 일반적으로 200ms 이하이다. D2 는 MAN 정도 망에서의 전송 지연을 나타내는데 대략 10ms 정도이며, D3 은 무선 구간에서의 지연을 나타내는데 cdma2000 에서 인터리빙(interleaving)을 고려한 경우 20ms 정도이다. R 은 VoIP 를 위한 패킷 전송율을 사용하였는데, 보통 33-50 packets/sec 정도이다. a 는 핸드오프 후 에이전트 광고 메시지가 전송될 때까지의 시간을 나타내는데, 여기에서는 방송

주기가 3초 이하라 가정한다.

표 1. 파라미터

파라미터	내용
D ₁	GW(GFA)와 HA 사이의 전송 지연 (200ms)
D ₂	GW(GFA)와 AN(FA) 사이의 전송 지연 (10ms)
D ₃	AN(FA)와 MN 사이의 무선 전송 지연 (20ms)
R	CN 에서 전송되는 테스트 패킷의 전송 속도 (50packets/sec)
a	에이전트 광고 메시지 전송 시까지 남은 시간 (0<a <3sec)

Intra-handoff는 동일 액세스 망 안에 있는 FA와 FA 사이의 핸드오프를 의미하며, inter-handoff는 한 지역 망의 FA과 다른 지역 망의 FA 사이의 핸드오프를 의미한다.

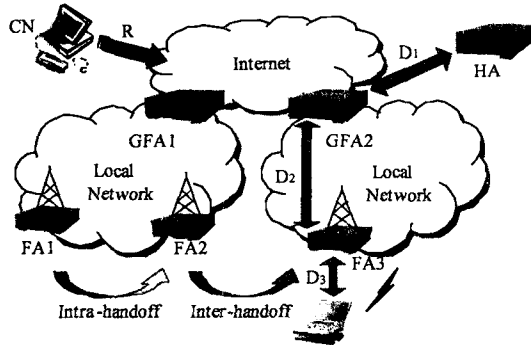


그림 3. 시뮬레이션을 위한 망 환경

3.2 시뮬레이션 결과

그림 4는 제안된 2 계층 트리거를 이용한 빠른 핸드오프 기법이 Mobile IP와 지역적 등록 기법에 적용되었을 경우의 핸드오프 등록 지연 측면의 성능을 보여주고 있다. 여기서 노드의 이동은 분당 3번 정도의 핸드오프를 발생시키는 것으로 가정하였는데, inter-handoff와 intra-handoff가 1:10 정도의 비율을 가지도록 하였다.

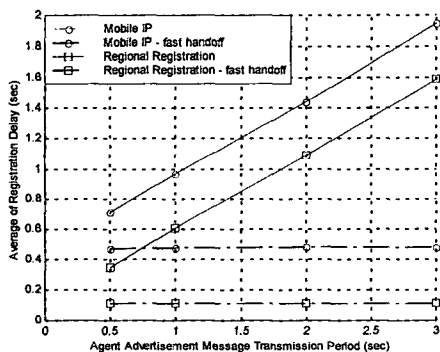


그림 4. 핸드오프 등록 지연

핸드오프 등록 지연 측면에서 지역적 등록 기법이 Mobile IP에 비해 350(msec) 정도의 지연이 줄어드는 것을 볼 수 있으며, 2

계층 트리거를 이용할 경우 250 ~ 1620(msec) 정도의 성능이 향상되는 것을 확인할 수 있다.

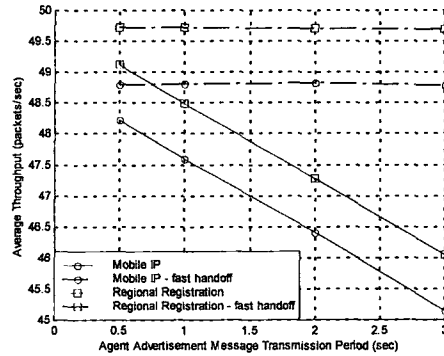


그림 5. 수율(throughput)

그림 5에서는 Mobile IP와 지역적 등록 기법에 대해 빠른 핸드오프 지원에 따른 수율의 성능을 평가하고 있다. 지역적 등록 기법이 Mobile IP보다 0.9(packets/sec) 정도 향상되었으며, 빠른 핸드오프를 적용할 경우 두 기법 모두 0.6(packets/sec)에서 3.9(packets/sec) 정도 높아지는 것을 확인하였다.

그림 4와 5에서 보는 바와 같이 Mobile IP나 지역적 등록 기법의 경우 에이전트 광고 메시지의 방송 주기가 짧아질수록 성능이 두드러지게 향상되고 있다. 그런데 성능 향상을 위해 방송 주기를 무작정 짧게 한다면 망의 부하 증가와 함께 무선 자원의 낭비를 초래하게 된다. 따라서 성능 향상과 망 부하 사이의 적절한 균형을 이룰 수 있는 방송 주기를 선택하여야 한다. 반면 빠른 핸드오프 기법이 적용될 경우에는 성능 향상과 방송 주기는 거의 무관해지며 이에 따라 성능과 효율성을 동시에 향상시킬 수 있다.

4. 결론

현재 Mobile IP의 개념은 현재 IP 계층에서의 이동성 지원을 위한 최소한의 요구 사항을 만족시키면서 표준화 작업이 상당 부분 이루어졌다. 하지만 이동성의 특징으로 인해 발생할 수 있는 여러 가지 문제점을 가지고 있으며, 특히, 단말의 이동 시 핸드오프 과정으로 인해 패킷 손실, 지연 등의 문제점이 발생하게 된다. 본 논문에서는 IETF에서 Mobile IP WG에서 논의되고 있는 2계층 트리거를 이용한 빠른 핸드오프를 기존의 Mobile IP와 지역적 등록 기법에 적용하여 어느 정도의 우수성을 제공하고 있는지를 확인하기 위하여 핸드오프 등록 지연 수율 측면에서 비교 분석하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 기존의 Mobile IP와 지역적 등록 기법에 빠른 핸드오프를 적용할 경우 에이전트 광고 메시지의 방송 주기에 관계 없이 성능이 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] C. Perkins, "IP Mobility Support," RFC 2002, Oct. 1996.
- [2] E. Gustafsson et al., "Mobile IP Regional Registration," *Internet Draft*, Mar. 2001.
- [3] K. E. Malki et al., "Low Latency Handoff Mobile IPv4," *Internet Draft*, May 2001.
- [4] A. Yegin et al., "Fast Handovers for Mobile IPv6," *Internet Draft*, July 2001.