

실시간 서비스를 위한 모바일 IP의 Low-Latency 핸드오프 방안

김동진 강운수⁰ 이경희 김운주 김명철
한국정보통신대학교 공학부
(sunnitop, kkamo⁰, leekhe, sirius, mckim)⁰@icu.ac.kr

A Low-Latency Mobile IP Handoff Scheme for Real-Time Services

Dongjin Kim Moonsoo Kang⁰ Kyounghee Lee Moonjoo Kim Myungchul Kim
School of Engineering, Information and Communications University

요 약

본 논문에서는 이동 인터넷 환경에서 핸드오프 시, 링크 계층 (L2) 정보를 이용하여 새로 발견한 모바일 에이전트와의 등록 절차를 L2 핸드오프 완료 후 곧바로 수행하는 로우-레이턴시 (Low-Latency) 핸드오프 방안을 제안하고 이를 구현한다. 제안한 방법은 기존 연구들에 비해 추가적인 L2 핸드오프 지연 및 별도 네트워크 구성요소를 필요로 하지 않으며 보다 일반적인 네트워크 환경에서 적용될 수 있는 방안이다. 실험 결과는 제안된 방법이 인프라스트럭처 (Infrastructure) 모드로 설정된 무선 랜에서 모바일 IP의 핸드오프 지연을 크게 개선하여 이동 인터넷 환경의 실시간 멀티미디어 서비스에 적합함을 보여준다.

1. 서 론

모바일 IP [4]는 상위 계층에 대하여 투명한 핸드오프를 지원하는 간단한 방법이다. 그러나 모바일 노드 (Mobile Node, MN)로 향하는 패킷을 가로채어 그 자신이 처리하는 홈 에이전트 (Home Agent)로 인한 삼각 라우팅 (Triangular routing)이라는 비효율적인 라우팅과 패킷 캡슐화 (En/De-capsulation) 오버헤드에 의한 지연을 결정으로 가지고 있다. 또한 핸드오프로 인한 지연은 패킷 손실을 의미하여 실시간 멀티미디어 서비스에 부적합한 것으로 알려져 있다.

모바일 IP를 개선하기 위한 로우-레이턴시 (Low-Latency) 핸드오프 방안 연구가 최근 이루어지고 있다. [2, 3] 등의 연구는 MN이 인접한 액세스 포인트(Access Point, AP)의 신호 세기를 비교하여 링크 계층 (Link layer, L2) 핸드오프를 예측할 수 있으며 새로운 (new) 모바일 에이전트 (Mobile Agent, MA)뿐 아니라 이전 (old) MA와 통신을 계속 할 수 있다는 기술을 기본으로 하고 있다. 이러한 기술은 핸드오프가 "소프트 (Soft)", "백워드 (backward)"인 애드-혹 (Ad-hoc) 모드로 설정된 무선 랜에서 가능한 것이다. 그러나 현재 대부분의 무선 랜은 확장성과 보안 등의 이유로 인프라스트럭처 (Infrastructure) 모드로 설정하고 있어 [8] 애드-혹 모드를 기반으로 한 로우-레이턴시 핸드오프 방안은 적용할 수 없다. 그러므로 인프라스트럭처 모드의 무선 랜을 기반으로 한 로우-레이턴시 핸드오프 방안이 현재의 네트워크 환경을 적절하게 반영하는 패스트 (Fast) 핸드오프 기법이라 할 수 있다.

[5, 6] 등의 연구는 인프라스트럭처 모드로 설정된 무선 랜에서 모바일 IP의 패스트 핸드오프 기법을 제안하고 있다. 그러나 이 연구들은 필터링 데이터베이스 (Filtering database)에 등록돼 있는 MAC 주소를 목적으로 할 경우에 MAC 프레임을 보내거나 가장 최근 MA advertisement를 저장하기 위한 별도

의 네트워크 구성요소들을 요구한다. 그러므로 확장성에 부정적 영향을 미칠 수 있으며 L2 핸드오프에 추가적인 지연을 가져오는 단점을 보이고 있다.

본 논문은 인프라스트럭처 모드의 무선 랜에서 모바일 IP의 등록 절차를 L2 정보를 이용, 보다 빠르게 수행하여 로우-레이턴시 핸드오프를 얻는 방안을 제안하고 구현한다. 그 실험 결과는 제안한 방법이 인프라스트럭처 모드로 설정된 무선 랜에서 모바일 IP의 핸드오프 지연을 크게 개선하여 이동 인터넷 환경의 실시간 멀티미디어 서비스에 적합함을 보여준다.

이 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 무선 랜의 기본 동작 모드, 모바일 IP와 기존 로우-레이턴시 핸드오프 방안에 대해서 알아보며 3장에서는 본 논문의 제안 방법에 대해 설명한다. 4장에서는 실험 및 그 결과를 분석하며 6장에서는 이 논문을 결론 맺는다.

2. 관련 연구

2.1. 무선 랜의 기본 동작 모드

IEEE 802.11 표준 [7]을 따르는 무선 랜 (Wireless LAN) 기술은 고속 무선통신 서비스의 하나이며 애드-혹, 인프라스트럭처 모드로 설정될 수 있다. 애드-혹 모드에서 무선 장치들은 탑재된 네트워크 카드의 신호 접근 범위 내에서 피어-투-피어 (peer-to-peer) 방식으로 서로 직접 통신한다. 이는 작은 그룹에서 파일 공유를 하거나 기존 네트워크 인프라를 이용할 수 없는 상황을 고려한 것이지만 대부분의 랜은 데이터 접근 및 인터넷 통신을 위해 유선 인터넷과 무선 네트워크를 이어주는 역할을 하는 AP를 이용한 인프라스트럭처 모드로 설정된다.

MN이 현재의 셀에서 다른 곳으로 이동할 때 MN의 네트워크 카드는 인접한 AP들의 신호 강도를 비교하여 L2 핸드오프를 개시한다. 애드-혹 모드로 설정된 무선 랜에서의 L2 핸드오프는 "소프트

트", "백워드"이며 이는 MN이 동시에 여러 개의 AP에 결합 (association) 할 수 있으며 핸드오프 동안 이전 (old) AP로부터 데이터를 받을 수 있다는 것을 의미한다. 한편 인프라스트럭처 모드의 L2 핸드오프는 "하드 (Hard)", "포워드 (Forward)"로서 MN은 오로지 하나의 AP와 결합하고 핸드오프 동안 이전 (old) AP에게는 데이터를 받을 수 없다.

2.2. 모바일 IP 핸드오프 절차

모바일 IP에서 MN은 새로운 (new) MA로 L2 핸드오프를 완료했다더라도 이전 (old) MA로부터의 통신 단절을 즉시 알아채지 못한다. 이는 MN이 L2 핸드오프 후 new MA의 advertisement를 수신하더라도 old MA advertisement의 유효시간 (Lifetime)이 만기 되어야 new MA에 대한 등록 (Registration) 절차를 수행하기 때문이다.

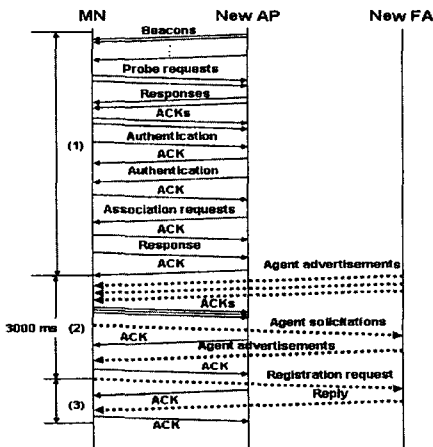


그림 1. Handoff Procedure of Mobile IP

위 그림은 모바일 IP 핸드오프 절차를 나타내며 (1)은 L2 핸드오프에 걸리는 지연 (160 ~ 200 ms [5]), (2)는 MN이 old MA로부터 통신이 단절됐음 (Movement detection)을 인식하는데 걸리는 지연, (3)은 등록에 걸리는 지연을 각각 의미한다. 특히 (2)에서 최대 3 초의 시간이 걸리는 것은 앞 단락에서 설명한 내용의 결과로서 advertisement 주기를 최소인 1 초로 설정했다면 그것의 유효시간은 [4]에서 권장한 대로 3 배 값을 가지기 때문이다. 이처럼 MN이 새롭게 발견한 MA를 즉시 등록하지 않는 것은 중첩 지역에서 빠르게 그 사이를 왕복하는 핑퐁효과 (Ping-pong effect)의 비효율을 방지하기 위한 것이다. 그러나 이것은 백워드 핸드오프인 애드-후크 모드에서는 효율적이지만 포워드 핸드오프인 인프라스트럭처 모드에서는 패킷 손실이 일어날 확률이 높으므로 기존 advertisement의 유효시간이 만기될 때까지 등록 절차를 유보할 필요가 없다.

2.3. 기존 로우-레이턴시 핸드오프 방안

[6]은 인프라스트럭처 모드 무선 랜에서 모바일 IP의 핸드오프 지연을 줄이는 방안을 제안했다. Dynamics 모바일 IP는 MN이 MA를 선택하는 데 필요한 규칙 (Policy)을 제공한다[1]. [6]은 이 규칙 중 "newest FA" 규칙을 이용하여 L2 핸드오프 후 MN은 새

로 발견한 MA에 대한 등록 절차를 기존 advertisement의 만기까지 기다리지 않고 바로 실시하며 advertisement를 broadcast로 주고받아 생기는 트래픽의 양을 줄이기 위해 solicitation을 unicast로 송수신하는 방법을 제안했다.

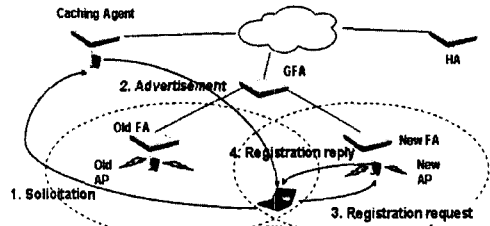


그림 2. Caching and Replaying Method

위 그림에서 각 서브넷은 유선망으로 캐싱 에이전트 (Caching Agent, CA) 라는 호스트와 연결이 되어 있고 이 CA는 최근 MA advertisement를 자신의 메모리에 저장하고 있다. MN이 L2 핸드오프에 임박하여 advertisement를 요청하는 solicitation을 unicast로 CA에게 보내게 되고 CA는 저장하고 있는 advertisement를 MN에게 unicast로 전송한다. 다시 말해 New MA로의 L2 핸드오프가 일어나면 MN과 CA는 solicitation과 advertisement를 unicast로 주고받는다. 그러나 이 과정에서 MN은 무선 인터페이스로 CA와 통신하기 위해 CA로 L2 핸드오프를 해야 한다. 그러므로 아래 식과 같이 전체 핸드오프 과정을 고려하면 L2 핸드오프가 new MA에게만 아니라 CA에게도 이루어져 지연 시간이 더 늘어나게 된다.

$$\text{핸드오프 지연} = (L2_{CA} + L2_{New MA}) + L3_{New MA}$$

또한 CA와 MN이 한정된 신호 세기를 가지는 무선 인터페이스로 원활히 통신하기 위해서는 중첩지역을 고려하여 복수 개의 CA 설치가 불가피한 경우가 있으며 기본적으로 CA라는 별도의 네트워크 구성요소를 필요로 한다는 문제점을 가지고 있다.

3. L2 정보를 이용한 등록 방안

본 논문이 로우-레이턴시 핸드오프를 얻기 위해 제안하는 방법은 모바일 IP의 수정이나 별도의 네트워크 구성요소 없이 Dynamics 모바일 IP에서 제공하는 규칙과 L2 정보의 도움을 받아 새로 발견한 MA에 대한 등록 절차를 빨리 실시하여 핸드오프 지연을 단축한다. 특히 L2 정보를 링크-업 트리거 (Link-up trigger)로 사용하여 MN이 L2 핸드오프를 완료하면 agent solicitation을 통해 곧바로 L3 등록 절차를 수행한다. 이로써 new MA advertisement를 수신해도 old MA advertisement의 유효시간인 약 3 초 후에 L3 등록 절차를 시작하는 것이 아니라 L2 핸드오프에 임박하면 agent solicitation을 통해 new MA advertisement를 수신하고 이 정보를 이용, 등록 절차를 수행하여 핸드오프를 기존 모바일 IP보다 빨리 마칠 수 있다.

아래 그림 3은 제안한 방법의 모바일 IP 핸드오프 절차를 도시한 것이다. (1), (2), (3)은 그림 1에서와 마찬가지로 L2 핸드오프, Movement detection과 등록에 걸리는 지연을 각각 의미하며 제안 방법은 (2) 부분의 지연을 기존 모바일 IP에서는 3 초 내외이던 것을 200 ms 이내로 개선할 수 있다.

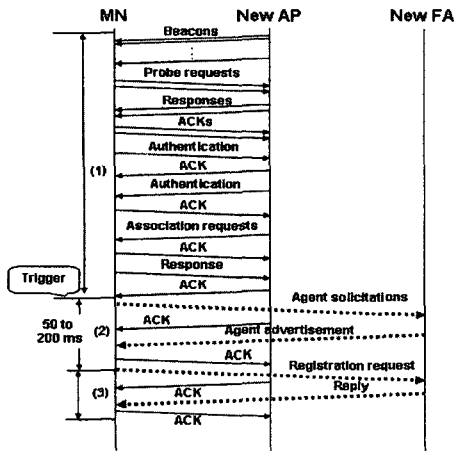


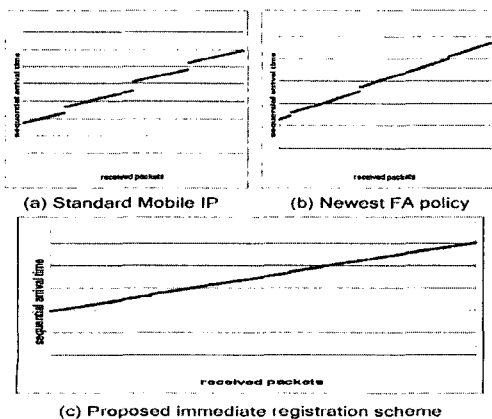
그림 3. Immediate Registration Scheme with L2 Trigger

제한한 방법에서 L2 핸드오프를 완료하고 MN이 solicited advertisement를 수신하는데 최대 200 ms의 지연을 보인다. 이는 agent solicitation을 받은 MA는 200 ms 내외의 시간을 기다린 후 agent advertisement를 보내도록 구현한 모바일 IP를 따르기 때문에 모바일 IP 프로그램 수정을 통하여 이를 더욱 단축할 수 있다.

4. 실험 및 결과

모바일 IP 실험장을 꾸이기 위해 Dynamics [9]를 설치했으며 인프라스트럭처 모드를 지원하여 하드 핸드오프를 실험하기 위해 HostAP [10] 드라이버를 각 MA에 설치했다. 또한 실시간 서비스에 대한 적용 실험을 진행하기 위해 Session Initiation Protocol 기반 인터넷 전화 애플리케이션인 Linphone [11]을 이용했다.

그림 4는 MN과 대응 노드 (Correspondent node) 간 쌍방향 전화 통화를 하며 핸드오프를 일으켰을 때 수신 측에 도착한 패킷을 시간상의 그래프로 나타낸 것이다. 그래프 중간의 끊긴 부분들은 핸드오프로 인해 인터넷 전화 서비스가 이루어지지 못한 것이다. 그러므로 이러한 간격이 작은 것은 보다 좋은 서비스를 제공할함을 의미한다.



(c) Proposed immediate registration scheme
그림 4. Packet Arrival times with Handoffs

그림 4(a)는 기존 모바일 IP에서 핸드오프를 발생시켰을 경우로 그 지연은 약 3 초를 보였다. 그림 4(b)는 Dynamics에서 제공하는 "newest FA" 규칙을 적용하며 핸드오프를 일으켰을 때 수신 측 도착 패킷에 대한 그래프이다. "Newest FA" 규칙을 적용하면 MN은 항상 최근에 수신한 advertisement에 대한 정보를 기반으로 등록을 수행한다. 따라서 new MA advertisement를 수신하면 MN은 old MA advertisement의 유효시간에 상관없이 등록 절차를 수행하여 지연을 줄일 수 있으며 우리가 구상한 실험장에서는 약 900 ms가 핸드오프에 소요됐다.

그림 4(c)는 본 논문이 제안한 방법을 적용하여 핸드오프를 실험한 것이다. "Newest FA" 규칙뿐만 아니라 L2 정보를 이용하여 new MA에 대한 등록을 보다 빨리하여 약 200 에서 400 ms 만에 핸드오프를 마친다. 이때 지연의 대부분은 앞서 설명한 대로 agent solicitation을 받은 MA가 임의의 시간 (0 에서 200 ms)을 기다린 후 agent advertisement를 보내도록 구현한 모바일 IP에 의한 것이다.

5. 결론

우리는 본 논문에서 L2 정보를 이용한 로우-레이턴시 핸드오프 방안을 제안하고 구현했다. 제안한 방법은 기존 연구들에 비해 추가적인 L2 핸드오프 지연 및 별도의 네트워크 구성요소를 필요로 하지 않으며 보다 일반적이고 현실적인 네트워크 환경에서 적용될 수 있는 방안이다. 이는 하드, 포워드 핸드오프를 지원하는 인프라스트럭처 모드 무선 랜에서 핸드오프 지연을 크게 개선하여 이동 인터넷 환경의 실시간 멀티미디어 서비스에 적합함을 보였다.

6. 참고 문헌

- [1] D. Forsberg, J. T. Malinen, J. K. Malinen and Hannu H. Kari, "Increasing Communication Availability with Signal-based Mobile Controlled Handoffs," IPCN2000.
- [2] Y. Gwon, G. Fu and R. Jain, "Fast Handoffs in Wireless LAN Networks Using Mobile Initiated Tunneling Handoff Protocol for IPv4 (MITHv4)," IEEE, WCNC, March 2003.
- [3] K. El Malki, "Low Latency Handoffs in Mobile IPv4," Internet-Draft, draft-ietf-mobileip-lowlatency-handoffs-v4-08.txt, July 2004.
- [4] C. Perkins, "IP Mobility Support," RFC 3344, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3344.txt>, August 2002.
- [5] H. Yokota, A. Idoue, T. Hasegawa, and T. Kato, "Link Layer Assisted Mobile IP Fast Handoff Method over Wireless LAN Networks," 8th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, September 2002.
- [6] S. Sharma, N. Zhu and T. Chiueh, "Low-Latency Mobile IP Handoff for Infrastructure-Mode Wireless LANs," IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Special issue on All IP Wireless Networks, 2004.
- [7] B. P. Crow, I. Widjaja, J. G. Kim, and P. T. Sakai, "IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks," IEEE Communications Magazine, September 1997.
- [8] J. Geier, "Wireless LANs, Second edition: Implementing High Performance IEEE 802.11 Networks," SAMS, 2002.
- [9] Dynamics Mobile IP, <http://dynamics.sourceforge.net/>
- [10] Host AP Driver, <http://hostap.epitest.fi/>
- [11] Telephony on Linux, <http://www.linphone.org/>