

# SIP와 MIP를 사용한 IP 이동성 관리 방법들에 대한 핸드오프 지연시간 분석

정희원 김창호\*, 노병희\*\*, 유승화\*\*

## Handoff Delay Analysis of IP Mobility Management Schemes Using SIP and MIP

Chang-Ho Kim\*, Byeong-hee Roh\*\*, S. W. Yoo\*\* *Regular Members*

### 요약

무선 통신망에서 끊임없는 데이터 전달을 제공하는 것은 실시간 멀티미디어 서비스들에 있어서 매우 주요한 기능들 중의 하나이다. 본 논문에서는, IP 이동성 지원을 위한 유망한 방법들인 MIP-RO, SIP, MIP-RO/CIP와 SIP/CIP들에 대한 핸드 오프 지연시간을 분석하고 비교한다. 핸드오프 지연시간 분석은 이들 방법들에 대한 핸드오프 처리를 위하여 교환되는 메시지 플로우를 기반으로 하여 만들었다. 실험 결과는 SIP/CIP 방법이 다른 방법들에 비하여 핸드오프 지연시간 측면에서 가장 좋은 성능을 보여준다.

**Keyword:** 핸드오프 트래픽 제어, SIP, MIP

### ABSTRACT

Mobility support is one of the most important functions to provide seamless data transfer for real-time multimedia services in wireless networks. In this paper, we analyze and compare the handoff delay performances for several architectures such as MIP-RO, SIP, MIP-RO/CIP and SIP/CIP, which are expected to be a promising solution to support IP mobility management. For the analysis, we make the detailed message flows of those architectures in handoffs, and then make an analytical model to compute the handoff delay for each scheme. Numerical results showed that the SIP/CIP approach outperformed other schemes in the viewpoints of the handoff delay.

### 1. 서론

고속 네트워킹 기술의 발달과 인터넷의 확장에 따라, 인터넷을 통하여 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하는 것이 가능해졌다. 최근에는, 실시간 멀티미디어 서비스를 이동 무선망까지 확장하여 제공하기 위한 방법에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. IP 이동성 지원은 실시간 멀티미디어 서비스를 이동 무선망을 통하여 끊임없는 데이터 전달을 제공하는 주요 기능들 중의 하나이다.

이동성 지원을 위한 표준으로서 Mobile IP (MIP)

가 제안되었다<sup>[1]</sup>. 그러나, MIP는 이동 호스트 (mobile host, MH)에게 전달되는 모든 패킷들이 홈 에이전트(home agent, HA)를 경유하여 전달되는 삼각 라우팅(triangle routing)의 문제점을 갖고있다. 이러한 MIP의 삼각 라우팅의 문제를 해결하기 위하여, 최적 경로 라우팅 지원을 결합시킨 방법(MIP with route optimization, MIP-RO)<sup>[2]</sup>이 제안되었다. 이들 MIP를 기반으로 한 방법들은 도메인간에서 핸드오프가 발생시에 비효율적인 성능을 보여줌이 알려져 있다. 이러한 MIP 방법들의 도메인간 이동 발생시의 복잡성을 줄이기 위하여, 다양한 도메인내

\* 한국소비자보호원 정보기획팀 (kch2@cpb.or.kr)      \*\* 아주대학교 정보통신전문대학원 (bhroh@ajou.ac.kr, swyoo@ajou.ac.kr)  
 논문번호 : 030538-1206, 접수일자 : 2003년 12월 8일

※본 연구는 아주대학교 교내 연구비 지원으로 수행되었음.

핸드오프 지원 방법들이 제안되었다. 셀룰러 IP (cellular IP, CIP)는 이러한 방법들중의 하나로서 2 계층에서 동작하며 도메인내에서의 마이크로 이동성을 지원하기 위하여 제안되었다<sup>[7][8]</sup>. CIP 도메인들 간의 핸드오프를 위하여는 MIP를 사용한다.

MIP는 네트워크 계층에서 동작하므로, 네트워크 계층 상위의 모든 응용들과 무관한 투명한 (transparent) 통신을 제공한다. 그러나, 이동성이 상위계층에서 구현되는 경우, MIP는 비효율적 일수 있다. Session Initiation Protocol(SIP)<sup>[3]</sup>는 다중 스트림을 포함하는 세션을 위한 시그널링과 제어를 위한 프로토콜로서, 리디렉트 서버를 활용하여 상위 응용 계층에서의 이동성을 지원 가능하다. Wedlund 와 Schulzrinne은 SIP를 사용하여 단말, 개인, 세션, 그리고 서비스 이동성을 지원하기 위한 방법을 제안하였다<sup>[4]</sup>. MIP와 달리, SIP는 삼각 라우팅과 이동성 지원을 위하여 IP 인캡슐레이션에 의한 오버헤드가 요구되지 않는다. Kwon 등<sup>[5]</sup>은 MIP와 SIP 기반 이동성 지원 방법들에 대한 핸드오프 지연 시간 분석 모델을 제시하고, 이들에 대한 성능을 비교하였다. 이들의 결과에 의하면, MIP가 SIP 기반의 방법에 비하여 대부분의 경우에 더 나은 핸드오프 지연시간 성능을 보인다. 이것은 SIP가 IP 주소 할당을 위하여 DHCP를 사용하는 것<sup>[6]</sup>에 기인하는 것으로 판단되어 진다. Gatzounas 등<sup>[9]</sup>은 SIP와 CIP를 결합한 이동성 지원 방법을 제안하였으나, 구체적인 성능 결과를 제시하지는 못하였다.

본 논문에서는 다양한 MIP와 SIP 기반 방법들의 핸드오프 지연시간 성능을 분석하고 비교한다. 비교를 위하여, Kwon 등<sup>[5]</sup>에서와 같이 이동성 지원을 위하여 SIP와 MIP-RO만 사용한 방법들과 여기에 마이크로 이동성이 결합된 방법들을 대상으로 한다. 마이크로 이동성 지원 방법으로는 CIP를 적용하였다. 이를 위하여, 본 논문에서는 CIP와 SIP를 결합한 이동성 지원 구조 (SIP/CIP)와 이에 대한 명확한 핸드오프 처리 메시지 플로우를 제시한다. 이동성 지원을 위하여 SIP와 MIP-RO만 사용한 방법들에 대한 성능 비교를 통하여, 이동성 지원을 위한 MIP와 SIP의 근본적인 특성을 비교할 수 있다. 반면에, 여기에 CIP를 결합한 MIP-RO/CIP와 SIP/CIP 방법에 대한 비교를 통하여 MIP와 SIP가 도메인간 핸드오프 지원에 대한 역할을 알아볼 수 있다. 분석 결과는 SIP/CIP 방법이 핸드오프 지연시간 성능 측면에서 다른 방법들 보다 더 우수한 성능을 보여준다. 또한, 시뮬레이션을 통하여 이러한 특징이 실제

실시간 멀티미디어 패킷들의 전달 성능에 어떠한 영향을 주는지를 보였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 MIP-RO, SIP, MIP-RO/CIP, SIP/CIP에 대한 이동성 지원 구조와 이들의 핸드오프 처리를 위한 메시지 플로우를 설명한다. 제3장에서는 이들 방법들에 대한 핸드오프 지연시간 분석 모델을 제시하고, 제4장에서는 이에 대한 실험 결과를 보인다. 마지막으로, 제5장에서는 결론을 맺는다.

## II. IP 이동성 관리 방법들

### 1. 루트 최적화를 결합한 Mobile IP (MIP-RO)

MIP<sup>[1]</sup>는MH가 통신 상대 호스트(corresponding host, CH)와의 통신을 유지하면서 IP 서브넷들간에 이동하는 것을 지원한다. MIP에서는 홈 네트워크(home network, HN)와 외부 네트워크(foreign network, FN)내에 있는 홈 에이전트(HA)와 외부 에이전트(FA)가 이동성 지원을 위한 주요 역할을 수행한다. MH가 FN으로 들어갈 때, DHCP 서버로부터 보조주소(care of address, CoA)를 할당받고 이를 HA에 등록하여 자신의 위치를 알린다. 이후에 CH로부터 오는 모든 패킷들은 FA를 통하여 MH에게 전송되는 삼각 라우팅이 이루어진다. 삼각 라우팅은 HN의 부하를 가중시키고, 지연을 증가시키는 문제를 유발한다. 루트 최적화 방법은 패킷들이 HA의 관여없이 CH에서 MH로 직접 전달되는 것을 가능하게 한다<sup>[2]</sup>. 루트 최적화를 위하여는 모든 호스트들은 MH들의 CoA들을 유지하는 바인딩 캐쉬를 관리하는 것이 요구된다. 바인딩 캐쉬는 MH들로 패킷들을 터널링 하는데 사용된다.

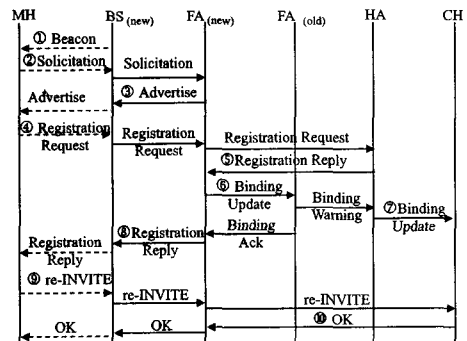


그림 1. MIP-RO의 도메인간 핸드오프 처리 메시지플로우

그림 1은 도메인간 핸드오프, 즉 매크로 이동성이 일어날 때 이의 처리를 위한 MIP-RO의 메시지 플로우를 보여준다. MH가 새로운 FN(new)으로 들어갈 때, MH는 FN(new)내의 BS로부터 비콘 신호를 수신한다①. MH는 FA에게 CoA를 요구하는 Solicitation 메시지를 보내어, FA로부터 CoA를 받는다②③. 이때, MH가 Solicitation 메시지를 보내기 전에 Advertise 메시지에 의하여 CoA를 받게 되면 이 단계는 생략된다. CoA를 얻은 MH는 HA에게 바인딩 테이블의 갱신을 위하여 Registration Request 메시지를 보내고, 이에 대한 응답 메시지를 받는다④⑤. FA(new)는 FA(old)에게 Binding Update 메시지를 보내고, FA(old)는 HA에게 CoA가 변경되었음을 알리기 위하여 Binding Warning 메시지를 HA에게 보낸다⑥. HA는 루트 최적화를 위하여 CH에게 Binding Update 메시지를 보내고, MH에게 Registration Reply 메시지를 보낸다⑦⑧. MH는 CH에게 re-INVITE 메시지를 보내어 세션의 재시작을 위한 응답을 얻는다⑨⑩. 도메인내에서의 핸드오프시에는 ⑤, ⑥, ⑦의 과정이 생략된다.

2. SIP 기반의 이동성 지원 방법 (SIP)

Session Initiation Protocol(SIP)은 응용계층의 프로토콜로서 다중의 스트림들을 포함하는 세션에 대한 시그널링과 제어를 할 수 있도록 한다[3]. SIP는 리디렉트 서버를 사용하여 기본적으로 개인 이동성 뿐만 아니라, 단말 이동성을 지원한다. SIP의 이러한 기능은 MH의 위치를 찾고 갱신하는데 적용되어 질 수 있다. MH의 위치 정보는MIP의 HA대신에 SIP 리디렉트 서버에 등록되고, SIP 프록시 서버가 MIP에서의 FA와 같은 기능을 제공한다.

그림 2에는, 매크로 이동성 지원을 위한 SIP 메시지 플로우를 나타내었다. 새로운 FN으로 들어가는 MH는 이 FN내의 BS로부터 비콘 신호를 받고 핸드오프가 발생함을 감지한다①. MH는 DHCP 서버를 찾기 위하여 VR(new)에게 DHCP DISCOVER 메시지를 보내고, VR(new)로부터 DHCP OFFER 메시지를 받는다②③. MH는 선정한 DHCP 서버에게 DHCP REQUEST 메시지를 보내어, DHCP 서버로부터 MH가 사용할 주소를 포함하는 DHCP ACK 메시지를 수신한다④⑤. MH는 CH에게 re-INVITE 메시지를 보내어 세션을 다시 구성한다⑥⑦. MH는 새로운 호의 수용을 위하여 HR에게 REGISTER 메시지를 보내어 등록하고, 이에 대한 응답을 받는다⑧⑨. 마이크로 이동성의 경우에는 MH는 VR에게 REGISTER 메시지를 보내어 새로운 IP 주소를 등록하고, 이에 대한 응답을 받는다.

3. CIP와 MIP 연동 이동성 지원 방법 (SIP/CIP)

CIP는 마이크로 이동성을 지원시키기 위하여 제안 되었다[7]. CIP는 2계층에서 동작하며, 도메인내에서의 핸드오프시 CoA를 HA에 등록할 필요가 없다. 대신에, 각 CIP 노드가 관리하는 라우팅 캐시와 페이징 캐시를 사용하여 패킷 전송할 경로를 결정한다. CIP 도메인들간의 핸드오프시에는 MIP-RO 방식이 사용된다. CIP에서 MH는 임시 IP 주소를 할당 받기 위하여 DHCP 를 사용할 필요가 없으며, 잦은 등록으로 인한 지연을 줄일 수 있다.

그림 3은 MIP/CIP 구조에서의 매크로 이동성 지원을 위한 메시지 플로우를 보여준다. 새로운 FN에 들어간 MH는 이 FN내의 BS로부터 비콘 신호를 받고 핸드오프가 발생함을 감지한다①. MH는 BS를 경유하여 CIP 게이트웨이를 목적지로 한 Route Update를 보내고, 이 메시지가 전달되는 경로를 따라 새로운 라우팅 경로가 설정된다②. 라우팅 경로가 설정된 후, MH는 FA를 통하여 HA에게 Registration Request 메시지를 보내고, FA는 이 메시지에 대한 응답 메시지를 수신한다③④. FA(new)는 Binding Update 메시지를 이동전 셀의 FA(old)에게 보내고, FA(old)는 이를 Binding Warning 메시지로 바꾸어 HA에게 전달하고, FA(new)에게 이에 대한 응답을 보낸다⑤. HA는 루트 최적화를 위하여 Binding Update 메시지를 CH에게 보낸다⑥. FA(new)는 Registration Reply 메시지를 MH에게 전달함으로써, 등록과정이 완결된다⑦. 이후에, MH

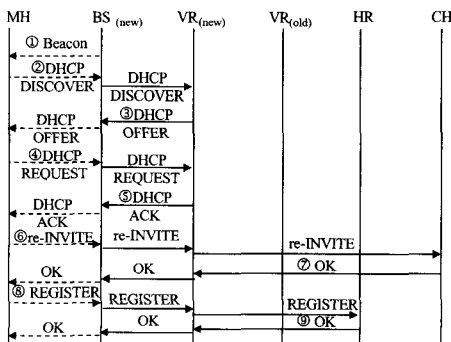


그림 2. SIP의 도메인간 핸드오프 처리 메시지 플로우

는 세션을 재설정하기 위하여 CH에게 re-INVITE 메시지를 보내고, MH로부터 OK 메시지를 받는다 ⑧⑨.

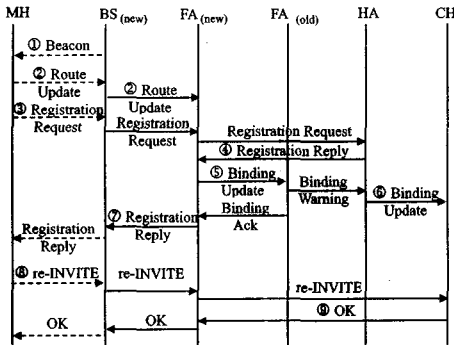


그림 3. MIP-RO/CIP에서의 메시지 플로우

마이크로 이동성의 경우에는, MH는 라우팅 경로를 재설정하기 위하여 Route Update 메시지를 FA(new)에게 보내고, CH에게 직접 re-INVITE 메시지를 보내어 세션을 재설정한다. 이때, 라우팅 경로는 변경되어도 MH의 CoA는 변하지 않게 되므로 ③④⑤⑥⑦의 과정이 필요 없게 된다.

4. CIP와 SIP 연동 이동성 지원 방법 (SIP/CIP)

SIP 프록시 서버 기능은 HR (home redirect)와 VR (visited redirect) 서버들과 같이 CIP 게이트웨이에 구현된다. SIP/CIP에서는, CIP가 IP 페이징을 지원하므로, MH는 DHCP로부터 IP 주소를 얻을 필요가 없고, CIP 망내에서도 "user@host"와 같은 email 주소 형태의 SIP 기반의 식별자를 사용할 수 있다. 이러한 정보는 Route/Paging Update 메시지 페이로드의 일부로 포함된다. SIP INVITE 메시지에, 핸드오프를 위한 위치 정보를 포함하는 Contact 필드가 존재한다. 이 Contact 필드를 참조함으로써, CH는 MH에게 직접 패킷들을 전송할 수 있다. HN내의 CIP 게이트웨이에 구현되는 SIP 리디렉트 서버는 SIP URL과 CIP 게이트웨이 주소를 바인딩한 정보를 관리하고, SIP 프록시 서버에게 MH에게로의 다음에 호들을 위한 정보를 제공한다.

그림 4에는 SIP/CIP 구조에서 매크로 이동성 지원을 위한 메시지 플로우를 나타내었다. 다른 관리 도메인을 갖는 새로운 FN으로 들어간 MH는 이 FN내의 BS로부터 비콘 신호를 받고 핸드오프가 발생함을 감지한다①. MH는 CIP 게이트웨이에 구현되어 있는 SIP VR 서버에게 Route Update 메시지

를 보낸다②. 그리고 나서, CH와의 세션을 갱신하기 위하여, MH는 프록시 서버를 통하여 CH에게 re-INVITE 메시지를 보낸다③. CH는 프록시 서버를 경유하여 MH에게 OK 메시지를 응답함으로써, 핸드오프는 처리가 완료된다④. MH는 다음 호들을 위하여 HN내의 리디렉트 서버에게 REGISTER 메시지를 보내어 등록하고, 이에 대한 OK 메시지를 수신한다⑤⑥. MIP/CIP에서는 삼각 라우팅 문제를 제거하기 위하여 MH가 re-INVITE 메시지를 CH에게 보내기 전에 등록 절차가 이루어져야만 함에 주의한다. 반면에, SIP/CIP에서는 MH의 위치 정보가 SIP re-INVITE 메시지내의 Contact 필드에 포함되므로, 핸드오프는 re-INVITE 메시지를 보냄으로써 완료된다. 이후의 등록 절차는 단순히 다음 호들을 위한 것으로서, 현재의 세션과는 무관하다. 이러한 사실들로부터, SIP/CIP에 의한 라우팅 갱신은 MIP/CIP 보다 더 빨리 수행될 것임을 직관적으로 알 수 있다.

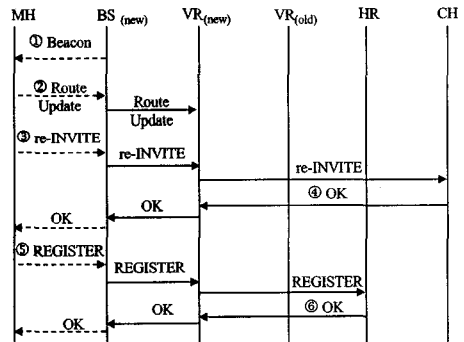


그림 4. SIP/CIP의 메시지 플로우

III. 핸드오프 지연시간 분석

여기에서는, 앞장에서의 여러 이동성 지원 구조들에 대하여 핸드오프시 새로운 경로를 재설정하기 위한 지연 시간, 즉 핸드오프 지연 시간을 산출하기 위한 분석 모델을 제시한다. 이를 위하여, Kwon 등의 방법[5]에서와 유사하게 그림 5의 간단한 네트워크 모델을 사용하기로 한다. Kwon 등의 논문[5]에서는 모든 도메인들과 코어망들이 MIP 또는 SIP만을 사용하는 것으로 가정하였으나, 여기에서는 마이크로 이동성에 대하여는 CIP가 적용되도록 확장한다. 이 네트워크 모델에서는 메시지 플로우만 고려하고, 시스템 내부에서의 지연, 보안이나 인증 절차등에

대하여는 고려하지 않는다.

분석을 위하여 다음과 같은 변수들을 정의하기로 한다.

- $t_s$  무선 구간인 MH와 BS간의 메시지 전달 지연시간
- $t_f$  MH와 FN간의 메시지 전달 지연시간
- $t_h$  MH와 HN간의 메시지 전달 지연시간
- $t_{hc}$  CH와 HN간의 지연시간
- $t_{fc}$  CH와 FN간의 지연시간
- $t_{up}$  FA간의 지연시간

이때, CH는 이 CH의 홈 네트워크인 CN에 위치하는 것으로 가정한다. 또한,  $t_s$ 는 무선 링크를 통하여 비콘 신호를 전달하는데 소요되는 지연시간에 해당함에 주의한다.

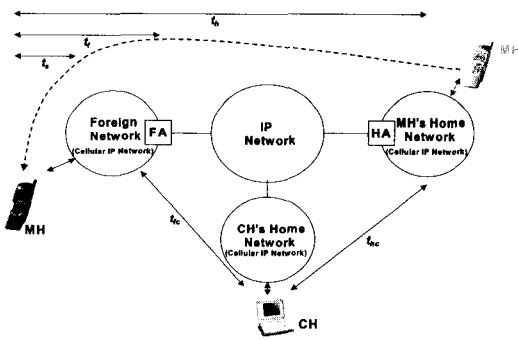


그림 5 핸드오프 지연시간 분석을 위한 네트워크 모델

우선 서로 다른 관리 도메인간의 핸드오프가 발생할 때 MIP-RO, SIP, MIP-RO/CIP, 그리고 SIP/CIP 방식들에 의한 핸드오프 지연 시간들인

$T_{mip-macro}$ ,  $T_{sip-macro}$ ,  $T_{mip/cip-macro}$ 와  $T_{sip/cip-macro}$  들을 구하기로 한다.

$T_{mip-macro}$  는 그림 1로부터 구할 수 있다. 우선 MH가 비콘 신호를 수신하는데  $t_s$ , 그리고 MH가 CoA를 요청하기 위하여 새로운 FA에게 Solicitation 메시지를 보내고 이에 대한 응답을 받는데  $2 t_f$  의 지연시간이 소요된다. 그리고, MH가 HA에게 Registration Request를 보내는데  $t_h$ , HA가 Registration Reply 메시지를 FA(new)에게 보내는데  $t_h - t_f$  의 시간이 소요된다. FA(new)가 Binding Update를 FA(old)에게 보내어 이로부터 응

답 메시지를 수신하는데  $2 t_{up}$  의 시간이 소요된다. FA(old)가 Binding Warning 메시지를 HA에게 보내고, HA가 Binding Update 메시지를 CH에게 보내는데 각각  $t_h - t_f$  와  $t_{hc}$  의 시간이 소요된다. 그리고 나서, HA가 Registration Reply를 FA(new)에게 보내는데  $t_f$  의 시간이 소요되고, 이렇게 함으로써 등록 절차는 완료된다. 그리고 세션 재설정을 위하여, MH가 CH에게 FA를 통하여 re-INVITE 메시지를 보내고, CH가 HA를 경유하여 MH에게 OK 메시지를 응답하는데 총  $2(t_f + t_{fc})$ 의 시간이 소요된다. 이들 지연 시간을 모두 합하면, 다음과 같은  $T_{mip-macro}$  에 대한 식을 얻게 된다.

$$T_{mip-macro} = t_s + 3 t_h + 3 t_f + 2 t_{up} + t_{hc} + 2 t_{fc} \quad (1)$$

$T_{sip-macro}$  도 그림 2로부터 구해진다. MH가 비콘 시그널을 수신하는데  $t_s$ , DHCP를 통하여 IP 주소를 할당 받는 과정에서  $4 t_f$  의 시간이 소요된다. 또한, MH가 VR을 경유하여 CH에게 re-INVITE 메시지를 보내고, 이에 대한 응답 메시지를 받는데  $2(t_f + t_{fc})$ 의 시간이 소요된다. 그리고 나서, MH가 HR에게 REGISTER 메시지를 보내고 이에 대한 응답을 받는데  $2 t_h$  의 시간이 소요된다. 이를 모두 고려하면, 다음의 식을 구하게 된다.

$$T_{sip-macro} = t_s + 2 t_h + 6 t_f + 2 t_{fc} \quad (2)$$

유사하게,  $T_{mip/cip-macro}$  도 그림 3으로부터 구해진다. MH가 비콘 시그널을 수신하는데  $t_s$ , MH가 CIP 방식에 따라 Route Update를 FA에게 보내는데  $t_f$  그리고 MH가 HA에게 Registration Request를 보내고, FA가 이에 대한 응답을 받는데  $2 t_h - t_f$ 의 시간이 소요된다. FA(new)가 Binding Update를 FA(old)에게 보내어 이로부터 응답 메시지를 수신하는데  $2 t_{up}$ , FA(old)가 Binding Warning 메시지를 HA에게 보내는데  $t_h - t_f$ , HA가 Binding update 메시지를 CH에게 보내는데  $t_{hc}$ 의 시간이 소요된다. 그리고 나서, HA가 Registration Reply를 FA(new)에게 보내는데  $t_f$  의 시간이 들고, 핸드오프에 의한 위치등록은 완료된다. 이후에 MH가 CH

에게 FA를 경유하여 re-INVITE 메시지를 보내고 이에 대한 응답을 수신하는데  $2(t_f + t_{fc})$ 의 시간이 소요되므로, 이러한 시간을 모두 고려하면 다음 식을 얻는다.

$$T_{mip/cip-macro} = t_s + 3t_h + 2t_f + 2t_{up} + t_{hc} + 2t_{fc} \quad (3)$$

끝으로, SIP/CIP 구조에서의 핸드오프 지연 시간인  $T_{sip/cip-macro}$  도 앞서의 방법과 마찬가지로 그림 4를 통하여 구할 수 있다. MH가 비콘 시그널을 수신하는데  $t_s$ , CIP 방식에 따른 Route Update를 보내는데  $t_p$  그리고 re-INVITE 메시지를 보내고 이에 대한 응답을 받는데  $2(t_f + t_{fc})$ 의 시간이 소요된다. 다음 호들을 위한 등록을 위하여 MH와 HR간에 REGISTER와 OK 메시지들을 교환하는데,  $2t_f$ 의 시간이 소요되므로, 이들을 모두 고려하면 다음 식이 구해진다.

$$T_{sip/cip-macro} = t_s + 2t_h + 3t_f + 2t_{fc} \quad (4)$$

도메인내에서의 핸드오프에 대하여는, HA와 HR에 등록하는 과정이 필요하지 않으므로, 다음과 같은 MIP-RO, SIP, MIP-RO/CIP 와 SIP/CIP에 대한 마이크로 핸드오프 지연 시간들인  $T_{mip-micro}$ ,  $T_{sip-micro}$ ,  $T_{mip/cip-micro}$  와  $T_{sip/cip-micro}$  을 구할 수 있다.

$$T_{mip-micro} = t_s + 6t_f + 2t_{fc} \quad (5)$$

$$T_{sip-micro} = t_s + 8t_f + 2t_{fc} \quad (6)$$

$$T_{mip/cip-micro} = t_s + 3t_f + 2t_{fc} \quad (7)$$

$$T_{sip/cip-micro} = t_s + 3t_f + 2t_{fc} \quad (8)$$

#### IV. 실험 결과

##### 1. 핸드오프 시그널링 지연 성능

앞 절에서 기술한 분석모델을 사용한 핸드오프 시그널링 지연 성능 평가를 위하여 각 지연 파라미터들은 논문<sup>[5]</sup>에서 사용한 값들을 사용하였다. 즉,  $t_s$ 는 10ms,  $t_f$ 는 12ms,  $t_h$ 는 17ms로 하였다. 그리고, 네트워크내에서의 지연은 5ms로 주었고, MH는 HN에서 FN으로 이동하는 것으로 가정하였다.

도메인간 핸드오프 지연 성능을 그림 6에 나타내었다. 특히, 도메인간 핸드오프를 위한 메시지 교환에 영향을 주는 네트워크와 링크들의 지연들을 고려하기 위하여, MH와 CH간, HN과 CH간, 그리고 MH와 HN간의 지연시간이 변화할 때의 도메인간 핸드오프 지연 성능을 그림 6의 (a), (b), (c)에 각각 나타내었다.

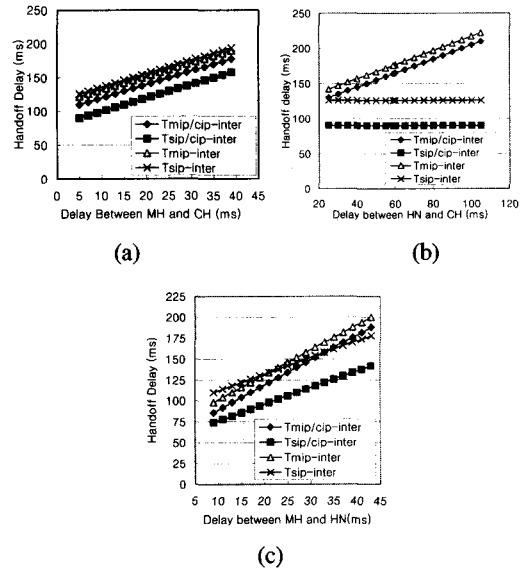


그림 6. 도메인간 핸드오프 지연 성능비교 (a) MH와 CH간의 지연이 변화하는 경우 (b) HN과 CH간의 지연이 변화하는 경우 (c) MH와 HN간의 지연이 변화하는 경우

그림 6(a)에서 MH와 CH간의 지연, 즉  $t_{fc}$ 가 증가하는 것은 이들간의 거리가 증가하거나 또는 가용 대역폭이 감소하는 경우를 의미한다. 그림 6(a)에서 볼 수 있는 바와 같이, SIP/CIP와 MIP-RO/CIP와 같이 CIP를 사용한 방식들은 CIP를 사용하지 않은 MIP-RO와 SIP 방식들 보다 더 나은 핸드오프 지연 성능을 보인다. 이것은 MIP-RO와 SIP는 새로운 FN내에서 사용할 새로운 IP 주소를 얻기 위한 복잡한 과정이 더해지기 때문이다. CIP를 채용하지 않은 경우에, MIP-RO는 SIP에 비하여 더 나은 성능을 보인다. 이것은 MIP는 새로운 IP 주소를 얻기 위하여 Advertise 메시지만을 사용하는데 비하여, SIP는 그림 2에 보인 바와 같이 여러 DHCP 메시지들을 교환하여야 하기 때문이다. 전체적으로, SIP/CIP 방식이 다른 방식들에 비하여 더 나은 성능을 보이고 있다.

그림 6(b)에서 HN과 CH간의 지연, 즉  $t_{hc}$ 가 증가하는 것은 IP 백본망을 경유하는 지연이나 HN과 CH간의 링크 지연이 증가함을 의미한다. 그림 6(b)에서 보듯이, HN과 CH간의 지연이 증가함에 따라, MIP-RO와 MIP-RO/CIP는 함께 증가하는 형태를 보이나, SIP와 SIP/CIP는 일정한 수준을 유지한다. 이것은 SIP 기반의 방법들은 3장에서 언급한 바와 같이,  $t_{hc}$ 에 무관하나 MIP 기반의 방법들은 그렇지 않기 때문이다.

그림 6(c)에서 MH와 HN간의 지연, 즉  $t_h$ 가 증가하는 것은 IP 백본망에서의 전달 지연이나 네트워크들간에서의 지연이 증가함을 의미한다. IP 백본망에서의 전달 지연은 IP 백본망내에서의 트래픽의 증가로 인한 가용 대역폭의 감소에 의하여 나타날 수 있음에 주의한다. SIP/CIP가 전체적으로 가장 나은 핸드오프 지연성능을 보이며, SIP의 경우 MH와 HN간의 지연이 작은 경우에는 핸드오프 지연성능이 가장 열악하나, 이 지연이 매우 커짐에 따라, MIP 기반 방법들에 비하여 나은 성능을 보인다.

전체적으로, 도메인간 핸드오프시 SIP 방식은 다른 방식들에 비하여 핸드오프 지연성능이 좋지 않으나, CIP를 결합한 SIP/CIP 방식은 가장 좋은 핸드오프 지연 성능을 보인다.

그림 7은 도메인내에서의 핸드오프 지연성능을 보여준다. 이동이 도메인내에서 발생하므로, 핸드오프 지연시간은 MH와 HN간 또는 HN과 CH간의 지연시간 변화에 무관하게 일정한 수준을 유지한다. 이것은 도메인내에서의 핸드오프시에는 HA나 HR에게 등록할 필요가 없기 때문이다. SIP 방식이 가장 큰 핸드오프 지연시간을 보여주는데, 이것은 SIP가 DHCP의 사용에 따른 매우 복잡한 초기 처리 지연 시간을 갖기 때문이다. MIP-RO/CIP와 SIP/CIP는 같은 핸드오프 지연시간을 보이는데, 이것은 이들이 모두 도메인내 핸드오프를 위하여 CIP가 적용되기 때문이다.

그림 7. 도메인내 핸드오프 지연시간 성능 비교(a) MH와 HN간의 지연이 변화하는 경우 (b) HN과 CH간의 지연이 변화하는 경우

2. 실시간 패킷 전달 성능

앞에서 CIP를 채용한 이동성 지원 방식들이 CIP를 채용하지 않은 방식들에 비하여 더 나은 핸드오프 지연성능을 갖음을 보였다. 여기에서는 CIP를 채용한 MIP-RO/CP와 SIP/CIP 방식들에 대하여 앞 절에서의 분석을 통하여 평가된 핸드오프 지연 성능이 실시간 데이터를 전달하는데 있어서 어떠한 영향을 미치는지를 보이기 위하여, ns-2<sup>111</sup>를 사용하여 다음과 같은 실험을 수행하였다. 그림 8은 실험을 위한 네트워크 모델을 보여준다. 이 모델은 논문 [12]에서 사용한 모델과 유사하다. 네트워크 모델에서, HN, FN1, FN2들과 같은 세개의 분리된 무선 망들은 서로 다른 관리 도메인을 갖고, 이들은 유선 IP 망을 통하여 상호 연결된 것으로 가정하였다. 여기에서 HN은 MH의 홈 네트워크이다. 네트워크들간의 링크 지연은 5ms, 대역폭은 5 Mbps로 가정하였다. 각 무선 네트워크의 크기는 75m이고 이들간에 중복되는 영역은 없는 것으로 하였다. 또한, CH는 500 Kbits/sec의 고정 비트율로 UDP를 사용하여 패킷들을 전송하고, MH는 HN에서 출발하여 FN1을 거쳐 FN2로 이동하도록 함으로써 두번의 핸드오프가 발생하도록 하였다.

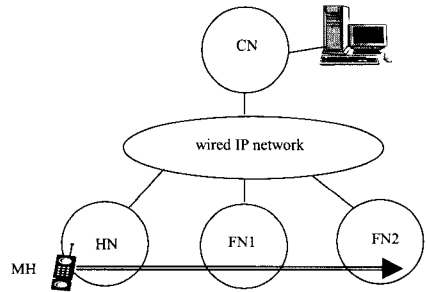


그림 8 실시간 데이터 전달 성능 평가를 위한 네트워크 시뮬레이션 모델

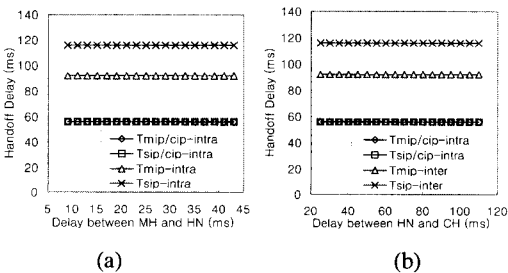


그림 9는 각 무선네트워크들 HN, FN1, FN2들간에는 중복되는 영역이 없이 매우 근접해 있는 상태에서 MH가 6m/sec의 이동속도로 HN에서 출발하여 FN1을 거쳐 FN2로 이동할 때, CH가 보낸 패킷들이 MH에 도달할 때까지의 지연시간을 보여준다. NH에서 FN1으로의 핸드오프와 FN1에서 FN2로의 핸드오프는 시뮬레이션 시간축에서 각각 24초와 50

초에 발생하고 있다. 그림 9(a)는 MIP-RO/CIP의 경우에 대한 것이고, 그림 9(b)는 SIP/CIP의 경우에 대한 것이다. 핸드오프 후에 패킷을 다시 수신할 때까지의 시간이 SIP/CIP가 MIP-RO/CIP보다 훨씬 더 짧음을 볼 수 있다. 또한, 핸드오프 완료 직후에 패킷 전달의 심각한 지연이 MIP-RO/CIP의 경우 일부 나타나고 있다.

그림 10은 무선 네트워크간의 거리가 변화할 때 도메인간 핸드오프에 의한 평균 패킷 손실율을 보여준다. 평균 패킷 손실율은 CH에서 총 송신한 패킷들의 수에 대한 손실된 패킷들의 수로서 정의하였다. 무선 네트워크간의 거리가 멀어질수록 핸드오프의 환경이 더 열악해진다. 그림 10에서 볼 수 있는 바와 같이, 무선 네트워크간의 거리가 멀어질수록 평균 패킷 손실율은 증가하고 있으며, SIP/CIP 방식이 MIP-RO/CIP 방식에 비하여 매우 낮은 평균 패킷 손실율을 보여준다. 이것은 그림 9에서 보인 바와 같이, SIP/CIP 방식이 MIP-RO/CIP 방식에 비하여 핸드오프를 처리하는데 소요되는 시간이 훨씬 작기 때문이다.

### V. 결론

본 논문에서는, 이동성 지원을 위한 유망한 기술들인 MIP-RO, SIP, MIP-RO/CIP, SIP/CIP 방식들에 대한 핸드오프 지연성능을 분석하고 비교하였다. 핸드오프 지연성능 분석을 위하여, 각 방식들의 핸드오프 처리를 위한 메시지 플로우를 기술하고, 이를 기반으로 한 지연시간 분석 모델을 제시하였다. 수치해석 결과는 SIP/CIP 방식이 핸드오프 지연시간 측면에서 가장 좋은 성능을 보여주었다. 이러한 작은 핸드오프 지연성능이 실제로 실시간 멀티미디어 데이터 전달에 있어서 효율적인 성능을 나타낼 수 있음을 통하여 보였다.

SIP는 인터넷 전화등과 같은 실시간 멀티미디어 서비스를 유선과 무선 인터넷 환경에서 제공하기 위한 시그널링 프로토콜로서 광범위하게 받아들여지고 있다. 본 논문에서 보인 바와 같이, CIP와 같은 마이크로 이동성 방식이 결합된 SIP 방식을 사용하여 이동성을 지원하는 것은 핸드오프 지연시간 측면에서 좋은 성능을 보인다. 무엇보다도 SIP를 이동성 지원을 위한 방식으로 적용하게 되면, 실시간 서비스들에 대한 세션의 시작, 종료 그리고 제어를 이동하는 환경에서도 동일한 프레임워크 상에서 수행됨으로써, 네트워크 뿐만 아니라 응용 서비스를 관

리하는 것을 더 효율적으로 할 수 있을 것으로 생각한다.

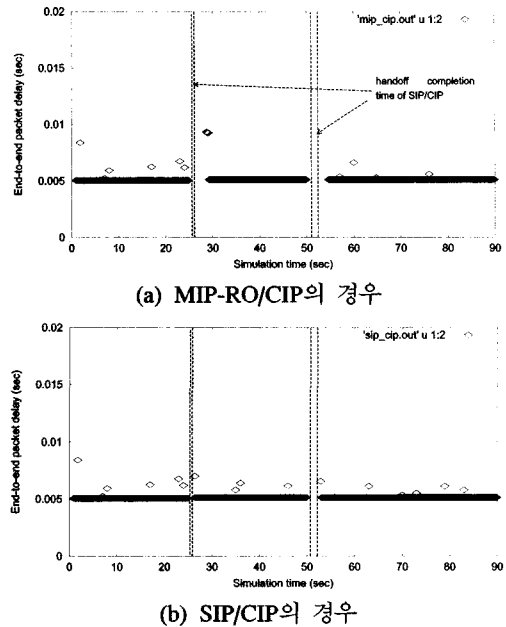


그림 9. 도메인간 핸드오프시 UDP 패킷 전달지연 특성 (MH의 이동속도=6m/sec)

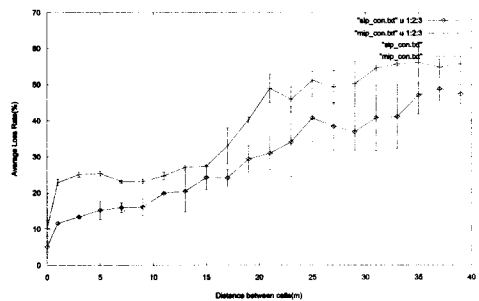


그림 10. 셀간의 거리가 변화할 때의 도메인간 핸드오프에 의한 평균 패킷 손실율

### 참고문헌

- [1] C. Perkins, "IP Mobility Support," IETF RFC 2002,1996
- [2] C.E. Perkins and D. B. Johnson, "Route optimization in Mobile IP," Internet Draft, IETF, November 2000
- [3] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M.



Handley, E. Schooler, "SIP: Session Initiation Protocol," IETF RFC 3261, June 2002

- [4] H. Schulzrinne and E. Wedlund, "Application-layer mobility using SIP", ACM Mobile Computing and Commun. Rev., vol.4, no.3, July 2000.
- [5] Ted Taekyoung Kwon, Mario Gerla, Subir Das, Sajal Das, "Mobility Management for VoIP Service: MIP vs. SIP", IEEE, 2002
- [6] H. Schulzrinne, "DHCP Option for SIP Servers," Internet draft <draft-ietf-sip-dhcp-05.txt>, Nov, 2001
- [7] A. Campbell et al., "Cellular IP," Internet draft <draft-ietf-mobileip-cellularip-00.txt>, Jan. 2000.
- [8] Marco Carli, Alessandro Neri, Andrea Rem Picci, "Mobile IP and Cellular IP Integration for inter Access Network Handoff," ICC 2001
- [9] D. Gatzounas, D. Theofilatos and T. Dagiuklas, "Transparent Internet Mobiltiy using SIP/Cellular IP Integration," IPCN 2002, Paris France
- [10] K. Daniel Wong, Hung-Wu Wei, A. Dutta, Ken Young "Performance of IP Micro-Mobility Man-agement Scheme using Host Based Routing, WPMC 01
- [11] "UCP/LBNL/VINT Network Simulator - ns (version 2)", <http://www.isi.edu/nsnam/ns>
- [12] Hao Chen, "Simulation of Route Optimization in Mobile IP", WLN 2002 <http://www.sfu.ca/~lchen>

김 창 호(Chang-Ho Kim) 정회원



2000 아주대학교  
정보및컴퓨터공학부(학사)  
2004 아주대학교  
정보통신전문대학원(석사)  
2000-2002 신세계 I&C  
2004-현재 한국소비자보호원  
정보기획팀

<관심분야> 유/무선 인터넷

노 병 희(Byeong-hee Roh) 종신회원



1987 한양대학교 전자공학과  
(학사)  
1989 한국과학기술원  
전기및전자공학과 (석사)  
1998 한국과학기술원  
전기및전자공학과 (박사)  
1989-1994 한국통신 통신망  
연구소

1998-2000 삼성전자

2000-현재 아주대학교 정보통신전문대학원 조교수  
<관심분야> 유/무선 인터넷 멀티미디어 통신 및 응용, 트래픽 제어, 유비쿼터스 네트워킹, RFID 네트워킹, 인터넷 보안

유 승 화(Seung Wha Yoo) 정회원



1972 서울대학교 공과대학  
응용수학과 (학사)  
1980 University of Kansas  
Computer Science (석사)  
1983 University of Kansas  
Computer Science (박사)  
1983-1988 AT&T Bell Labs  
1989-1999 삼성전자 전무

1997-1998 한국정보과학회 부회장  
1998-1999 한국 네트워크 연구조합 이사장  
1999-현재 아주대학교 정보통신전문대학원 교수  
2004-현재 RFID/USN 표준화포럼 운영위원장  
2004-현재 URI 표준화 포럼 운영위원장  
2004-현재 정통부 USN 전략협의회 위원  
2003-현재 경기도 무선인터넷연구원 부원장  
<관심분야> 컴퓨터 네트워크, ENUM, 유비쿼터스  
네트워킹, RFID/USN 표준화/네트워킹/  
응용서비스