

# 무선 멀티미디어 서비스를 위한 Mobile IP 기반 SIP

설순욱\* 김동진 안연하 김명철  
한국정보통신대학원대학교  
(suseol, sunnitop, yhaan, mckim)@icu.ac.kr

김영진  
한국전자통신연구원  
yjkim@etri.re.kr

## Mobile IP-based SIP for Wireless Multimedia Services

Soonuk Seol\* Dongjin Kim Yeonha Ahn Myungchul Kim  
Information and Communications University

Yeongjin Kim  
ETRI

### 요약

본 논문은 인터넷 전화 (Internet Telephony)의 대표적 프로토콜인 SIP에 이동성을 제공하기 위한 방안  
에 대한 연구이다. 이를 위해 가장 쉽고 계층화된 방법은 IP (네트워크) 계층에서 이동성을 지원하는  
mobile IP를 사용하여 상위 계층에 투명한 핸드오프를 제공하도록 하는 것이다. 그러나 기존 연구들은  
mobile IP가 아직 보편화되지 않았고 삼각 라우팅 (triangular routing) 지연 및 캡슐화 오버헤드와 같은  
단점을 이유로 SIP 자체를 확장하는 방법을 제안해 왔다. 그러나 이 방법은 향후 all IP 추새와 함께  
mobile IP가 지원되면서 그 의미를 상실하게 될 것이고 어떤 방법이든지 조화를 이룰 필요성이 대두된  
다. 또한 SIP 자체의 확장을 통한 이동성 지원은 해당 응용에만 적용되는 것으로 인터넷의 근본적 이동성  
제공과는 독립된다. 우리는 본 연구를 통해 mobile IP 기반의 SIP 환경을 구축하고 다양한 실험을 통해  
그 가능성을 보인다. 또한 mobile IP 망의 효율적인 관리에 적합한 패킷 당 오디오 프레임 수를 제시한다.

### 1. 서론

인터넷의 급진적인 성장과 함께 음성과 영상 전송 기술을 포  
합하는 인터넷 서비스들이 개발되고 있다. 이들 중 유망한 서  
비스의 하나가 인터넷 전화 (Internet Telephony)이다. 최근  
PDA, 랩탑 컴퓨터 그리고 무선 랜이 점차 대중적인 인기를 얻  
게 됨으로써 호스트의 이동성이 중요한 이유로 떠오르고 있  
으며, 이것은 인터넷 전화에도 동일하게 대두되고 있다. 인터넷  
전화와 관련된 어플리케이션을 위한 프로토콜은 ITU H.323 명세  
[1, 2]와 세션 초기화 프로토콜 (Session Initiation Protocol,  
SIP) [3]이 있다. 그러나, IP 네트워크 상에서 음성을 지원하기  
위한 이들 기술들은 이동성 지원에 제약이 있다.

인터넷에서의 이동성을 지원하고자 할 때, 다음과 같은 사항  
을 고려해야 한다. 첫째, 노드의 위치에 관계없이 패킷을 계속  
받아야 하며, 이러한 이동성 지원이 어플리케이션에 투명한지  
고려해야 한다. 둘째, 위치 관리를 위한 새로운 개체 (예,  
mobile IP의 홈 에이전트의 존재로 인한 비효율적인 라우팅  
(routing) 경로)을 최소화되어야 한다. 이는 실시간 어플리케이션  
에 더욱 중요하다. 또한, 핸드오프나 기타 다른 원인으로 인  
한 지연 (예, mobile IP의 캡슐화 오버헤드)을 들 수 있다. 이러  
한 사항을 염두에 두고, 이동 인터넷 전화를 가능하게 하는 기  
존의 연구들을 살펴보자.

투명한 핸드오프를 지원하기 위한 간단한 방법은 mobile IP  
[4]를 사용하는 것이다. mobile IP는 삼각 (triangular) 라우팅이  
라고 하는 결점을 가지고 있다. 즉, 모바일 호스트로 향하는 모  
든 패킷은 홈 에이전트 (Home Agent, HA)를 지나야 한다. 이러한 결점으로 인해 mobile IP는 지연에 민감한 용  
용에는 부적합한 것으로 알려져 있다. 인터넷 전화에 이동성을  
부여하고자 하는 초기의 한 연구로 Moh 등 [5]은 SIP에서 이  
동성을 지원하기 위한 중요한 이슈들을 언급하였다. 그 메커니  
즘은 기존의 SIP를 확장하거나 mobile IP에 기반 하는 것이다.  
전자의 방법은 Wedlund와 Schulzrinne의 연구 [6]에 의하여 구  
체화되었는데 이들은 실시간 이동 통신을 위한 어플리케이션  
레벨의 접근을 취하고 있다. 이동 단말기가 외부 네트워크로  
이동하면, 대상 단말기는 SIP redirect 서버로부터 이동 단말기  
의 주소를 얻을 수 있다. 이 방법은 어플리케이션 계층에서 이  
동에 관련된 처리를 해줌으로써 mobile IP에서 요구되었던 터  
널링 (tunneling)은 필요 없게 되었다. 그러나, 네트워크 계층에  
서 이동성을 제공해주지 않는 그들의 접근 방법은 SIP에 독립  
적인 어플리케이션에는 이동성을 제공해주지 못한다. 또 다른  
결점으로는 SIP 클라이언트가 새 IP를 얻는데 사용하는 프로토  
콜인 DHCP를 지원하지 않는 네트워크에서는 SIP의 이동성 지  
원이 근본적으로 불가능하다는 점이다. 이들은 또한 mobile  
IP와 SIP가 같이 있게 되는 경우 스탠드alone Mosquitonet 프로  
젝트 [7]에서 소개된 MPT (Mobile Polity Table) 개념을 사용  
한다. 여기에서의 문제점은 이동 호스트의 현재 위치에 대한  
정보를 SIP 서버와 mobile IP의 HA가 중복하여 관리하는 데서

비롯되는 비효율성이다. 더욱이 응용계층에서 이동성을 다루려  
는 이들 방법론은 최근 많은 연구자들 [8, 9, 10, 11, 12]이 이  
동성과 관련된 모든 기능들은 IP (네트워크) 계층에서 다루어  
져야 한다는 입장과는 상충되는 것이다.

본 연구의 목적은 인터넷 전화 혹은 화상 회의를 위한  
mobile IP 기반 SIP의 가능성과 적합성을 고찰하는 것이다. 이  
를 위해 먼저 mobile IP 실험 망을 구축하고 클라이언트들은  
SIP를 탑재하도록 한다. Mobile IP를 사용하는 경우와 그렇지  
않은 경우, 각각의 종단간 지연을 다양한 측면에서 조사하고  
비교한다. 또한 무선 망의 낮은 대역폭을 고려할 때, 오디오 애  
플리케이션이 하나의 패킷에 몇 개의 프레임의 실어 전송하  
는 것이 바람직한지 살펴본다. 논문의 나머지는 다음과 같이  
구성된다. 2장에서 mobile IP와 SIP에 대하여 간략히 설명하고  
3장에서는 mobile IP 기반 SIP의 실험 결과를 제시한다. 4  
장에서는 결론을 제시한다.

### 2. 관련지식

이 장에서는 먼저 mobile IP의 메커니즘을 간략히 기술하고  
삼각 라우팅 문제에 대하여 설명한다. 다음으로 SIP에 대하여  
간략히 소개한다.

#### 2.1 Mobile IP

Mobile IP [4]는 모바일 호스트의 이동성을 지원한다. 이는  
모바일 노드가 이동하면 주소가 바뀔 수도 없고 다른 노드  
와 투명하게 통신하는 것을 가능하게 한다. Mobile IP는 모바일  
에이전트 (home agent와 foreign agent)와 모바일 호스트  
(mobile host, MH) 두 부분으로 구성되는데 모바일 에이전트들은  
MH로 패킷을 전송하고 그 서브넷에 주기적으로 agent  
advertisement 메시지를 보낸다. MH는 홈 에이전트 (home  
agent, HA)로부터 advertisement 메시지를 받지 못하면 외부  
에이전트 (foreign agent, FA) 내에 있는 것으로 인식하고, 이  
경우 MH는 FA에 등록하고 FA는 자신의 주소를 care-of 주소  
로 하여 HA에 알린다. HA는 MH를 목적으로 하는 모든 패킷들  
을 가로채어 터널링을 통해 모바일 노드의 care-of 주소로 전  
달한다. 반면, MH에서 대상 호스트 (CH)로의 패킷은 HA를 거  
치지 않는다. 이러한 패킷 라우팅 메커니즘을 삼각 라우팅  
(triangular routing)이라고 한다.

삼각 라우팅은 지연을 증가시키는 원인이 되기도 한다. 바인  
딩 업데이트 (binding update)를 이용한 경로 최적화 기법은 이  
러한 문제를 해결할 수 있다. 핸드오프가 발생하였을 때 HA는  
새로운 care-of 주소를 포함하는 바인딩 업데이트 메시지를 대  
상 호스트에 보낸다. 그러면 모바일 호스트는 핸드오프 동안  
받지 못한 메시지를 받을 수 있도록 새로운 care-of 주소를 기  
존 FA에게 알려줄 수 있다. 이때 대상 호스트는 패킷을 HA를  
통하여 전달한 것이 아닌 직접 새로운 care-of 주소로 패킷을  
보내기 때문에 라우팅 경로가 최적화 된다 [4].

2.2 세션 초기화 프로토콜 (SIP)

SIP (Session Initiation Protocol) [3]는 복수의 참여자가 다수개의 미디어 스트림으로 구성된 세션을 만들 수 있도록 허용한다. 미디어 스트림으로는 오디오, 비디오 또는 다른 인터넷 기반의 통신 메커니즘이 될 수 있다. 인터넷 기반 통신의 예로는 분산 게임, 공유 애플리케이션, 공유 텍스트 편집기, 화이트보드 등이 있다.

H.323과 비교하여 SIP는 인터넷 전화를 위한 다른 접근 방법이다. H.323이 ISDN Q.931 프로토콜과 초기의 H-시리즈에 기반을 둔 회선 교환방식을 포함하는 것이라면, SIP는 HTTP에 기반을 둔 경량의 인터넷을 추구하는 것이다 [13]. SIP는 발신자와 수신자를 SIP주소로 인식한다. SIP의 호 설정시, 발신자는 서버의 위치를 찾고 SIP request 메시지를 보낸다. 대표적인 SIP 명령으로 INVITATION이 있으며 SIP request는 직접적으로 수신지에 도달하지 않고도 중간의 프락시들에 의해 전달될 수 있다. 사용자는 자신의 위치를 SIP 서버에 등록한다. SIP 서버는 프락시 서버나 리-다이렉트 서버로 작동될 수 있다. SIP 프록시 서버는 연결요청을 다음 홉(hop)인 SIP 서버나 사용자-에이전트에 전달한다. 리-다이렉트 서버는 요청된 서버의 주소를 클라이언트에게 알려주어 클라이언트들이 직접 서버에 연결할 수 있도록 한다. 최종 목적지에 도달하기까지 많은 홉들을 거치게 된다.

3. Mobile IP 기반 SIP

이번 장에서는 mobile IP 기반의 SIP 실험 환경에 대하여 기술하고 패킷의 도달 간격 시간과 네트워크상의 지연 및 부하를 중심으로 한 실험 및 분석을 통하여 mobile IP 기반 SIP의 가능성을 보이고 효율적인 음성 패킷 전송에 관하여 제안한다.

3.1 실험 환경

Mobile IP 실험 망을 구축하기 위하여 헬싱키 대학의 mobile IP 구현물인 Dynamics [14]를 사용하였다. 그림 1과 같이 우리 실험 망은 하나의 HA와 두개의 FA, 그리고 하나의 대상 호스트(CH)와 모바일 호스트(MH)로 구성된다. 여기에는 여섯개의 서브네트워크가 있으며 FA는 유선 서브네트워크와 무선 서브네트워크를 연결하는 역할을 한다. 그래서 FA는 두개의 네트워크 인터페이스 카드를 가진다. 각 종단 호스트는 음성 통신을 위한 SIP 애플리케이션으로 Linphone [15]를 사용한다.

3.2 RTP 패킷 포맷

RTP 패킷은 UDP 데이터그램의 페이로드로 전달되며, 매우 간단한 헤더 포맷을 사용하고 있는데 이는 애플리케이션 데이터에 많은 오버헤드가 더해지는 것을 방지하려는 것이다. 일반적으로 실시간 애플리케이션은 많은 대역폭을 필요로 한다. 이에 지연을 줄이고 애플리케이션의 RTP 전송을 효율적으로 하기 위해 메시지 크기를 줄이고 헤더를 작게 한다.

SIP에서 사용되는 패킷은 다음과 같이 구성된다. 전체 87 바이트의 IP 패킷에서 IP 헤더와 옵션을 제외하면 8 바이트의 UDP 헤더와 45 바이트의 RTP 패킷으로 구성된다. RTP 패킷은 다시 8 바이트의 헤더와 33 바이트의 음성 데이터로 나뉘는데 33 바이트는 이 실험에 쓰인 SIP 애플리케이션이 채택하고 있는 GSM 코덱이 사용하는 프레임 크기이다.

3.3 캡슐화 지연

여기서 우리는 mobile IP를 사용할 때와 그렇지 않을 때의 종단간 지연시간의 차이를 조사하고자 한다. Mobile IP의 삽각

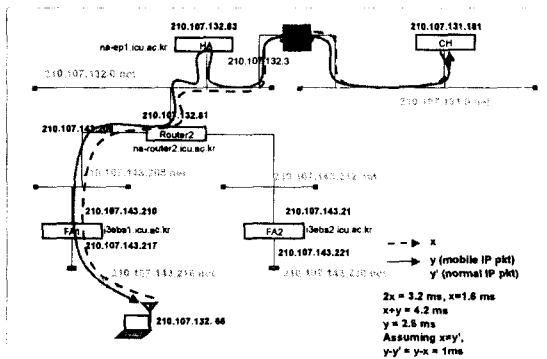


그림 1. 실험 망.

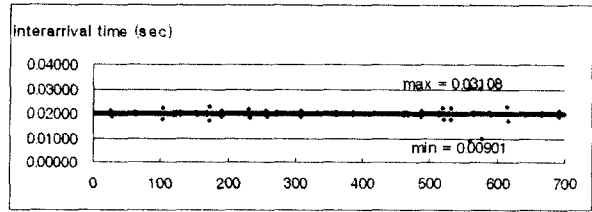


그림 2. mobile IP에서의 패킷 도달 간격.

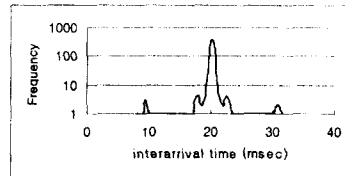


그림 3. 분포도.

라우팅으로 인한 경로상 차이에서 발생하는 지연을 배제하기 위하여 mobile IP를 쓰지 않을 때도 동일한 라우팅 경로를 거치도록 실험환경을 구성하였다. 이를 위해 HA는 그림 1에서 보인 것처럼 MH와 CH 사이에 존재한다.1) 그러면 mobile IP와 일반 IP 사이의 차이는 터널링을 위한 캡슐화(encapsulation and decapsulation) 오버헤드만이 남게된다. 이 값은 두 경우의 RTT를 조사함으로써 쉽게 구해될 수 있다. 실험 결과, mobile IP를 사용했을 때의 RTT는 4.2 ms였고 일반 IP를 사용했을 때는 3.2 ms로 1 ms 차이가 있고, 이 대부분은 mobile IP의 패킷 캡슐화에 소요되는 시간으로 볼 수 있다.

3.4 패킷 도달 간격 (Interarrival Time)

본 절에서는 일반 IP와 mobile IP의 두 경우 패킷들의 도달 간격에 대한 실험 결과를 보인다.

첫 번째 실험에서, CH에 있는 SIP 클라이언트는 일종의 자동 응답기를 탑재하도록 하였다. MH에서 CH로 전화를 걸면 14초의 자동 응답 메시지가 들린다. 총 패킷 수는 700개였으며, 평균 도달 간격은 전송율 (send rate)과 같은 20 ms였다. 패킷 도달 간격의 신뢰구간 (99%)은 일반 IP인 경우가 19.95~20.05 ms, mobile IP의 경우는 19.91~20.09 ms로써 (그림 2 참조), 차이는 무시할 만한 수준이다.

그림 3은 패킷 도달 간격 값의 분포도를 보인다. Mobile IP를 사용하는 경우 소수의 패킷들이 평균치인 20 ms 보다 조금 벗어난 것 (10 ms 와 30 ms)을 발견 할 수 있다. 그러나, 실시간 애플리케이션의 특성을 고려할 때 이러한 패킷이 끼치는 영향력은 미미하다.

두 번째 실험에서는 1분 동안 양방향 통화 시의 도달 간격을 조사한다. 우리는 세 가지 경우 - 일반 IP 사용, mobile IP를 사용하고 핸드오프가 없는 경우와 있는 경우 - 로 나누어 실험하였다. Mobile IP의 경우 다소 다른 패턴을 보여주지만 어느 경우든 모든 패킷의 도달 간격은 42 ms 이내였다. 우리가 사용한 mobile IP 구현은 핸드오프 시 패킷 손실이 없었는데 이는 모바일 노드가 핸드오프 과정에서 이전 셀의 FA로부터 패킷을 받을 수 있기 때문이다. 이는 모바일 노드가 DHCP 서버가 아닌 FA의 주소를 care-of 주소로 사용하고 있고 중첩되는 셀 영역이 충분히 크기 때문이라는 것을 주지하여야 한다.

세 번째 실험에서는 좀더 현실적인 상황을 고려하여 백그라운드 트래픽을 두었다. 같은 무선 망내에 5개의 모바일 노드를 두고 각각 외부의 서로 다른 CH들과 SIP 세션을 연다. Mobile IP 사용 유무를 떠나서 패킷 도달 간격이 40 ms가 되는 경우가 5~6회 있는데 이는 패킷 손실이 있었음을 암시하는 것이다. 이러한 패킷 손실의 경우를 제외한다면 가장 긴 도달 간격은 일반 IP의 경우가 25 ms, mobile IP는 30 ms이며, 전체 패킷의 98%는 19.91~20.09 ms 사이의 도달 간격을 갖는다.

3.5 네트워크 부하

지금까지 각 상황의 도달 간격 시간을 실험했는데 본 절에서

- 1) HA를 MH와 CH사이의 한 라우터로 놓게 되면 더욱 정확한 값을 구할 수 있지만 이 차이는 무시할 만하다고 가정한다.

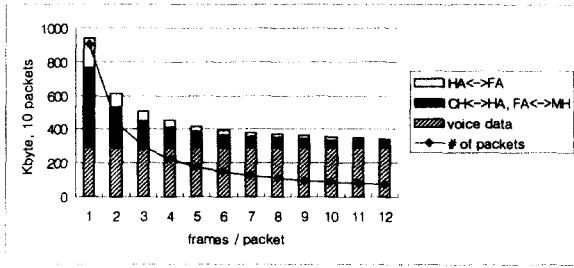


그림 4. 네트워크 부하.

는 SIP 전화 통화 시의 네트워크 상에 존재할 부하에 초점을 둔다. 우리가 사용한 SIP 애플리케이션인 Lihphone은 하나의 패킷 안에 33 바이트 크기의 프레임들을 전송한다. 여기서는 SIP 애플리케이션을 수정하여 하나의 패킷에 여러 개의 프레임들을 전송할 수 있도록 하여 기존의 방법이 적절한 것인지를 알아본다. 하나의 패킷에 한번에 많은 프레임들을 보내어 오랜 대기시간을 감수하는 것과 프레임들을 적게 보내는 대신 빠른 대기시간을 추구하는 것에 대해서는 충분한 논의의 여지가 있다.

Mobile IP로 3분 동안 음성 통화를 할 때의 전체 데이터 크기를 살펴보면, 180초 동안의 단방향 음성 데이터의 전체 크기는 297 Kbytes이다. 그림 4는 하나의 패킷 당 프레임 개수를 다르게 하여 통신하는 동안 구한 네트워크의 전체 패킷 크기에 대한 것인데 이때 HA로부터 FA까지는 캡슐화로 인해 20 바이트가 헤더에 더해지므로, mobile IP를 사용할 경우 하나의 패킷에 몇 개의 프레임들을 전송할지를 결정하는 것은 더욱 중요하다.

패킷 당 프레임 개수의 변화에 따른 도달 간격 시간을 보기 위해 일반 IP와 mobile IP에 대한 1분 간의 음성 통화 실험 결과는 두 경우의 큰 차이가 없음을 보였다.

Mobile IP를 사용할 때 하나의 패킷에 몇 개의 프레임들을 보내는 것이 적당한지를 조사하였다. 모바일 노드의 수를 증가시킬수록 mobile IP 네트워크는 확장성 문제를 겪게 된다. 따라서 mobile IP 네트워크의 대역폭을 절약하는 것이 필요하며, 특히 무선 망은 대역폭이 낮고 에러율이 높기 때문에 더욱 중요하다. 그러나 하나의 패킷에 무작정 많은 프레임들을 실어 전송한다면 큰 지연시간으로 인하여 제대로된 서비스를 제공할 수 없다. 그림 5는 가장 적합한 패킷 당 프레임수를 찾기 위해 패킷 도달 간격을 도시한 그래프이다. 가운데 두 선은 99% 신뢰를 갖는 값을 이은 것이고, 바깥쪽 두 선은 최고와 최악의 경우에서의 패킷 도달 간격을 그린 것이다.

중단간 지연은 송신지와 목적지까지의 전송 처리, 라우터의 큐잉 지연, 전파 지연과 종단 시스템의 처리 지연을 합한 것이다. 쌍방향 통신을 하는 오디오 애플리케이션, 특히 인터넷 전화의 경우 중단간 지연이 150 ms 이하면 인간의 청력으로는 감지할 수 없는 수준이다. 중단간 지연이 150~400 ms이면 인간이 받아들일 수 있는 수준이지만 권장할 만하지는 못하며, 400 ms 이상이면 음성을 이용한 쌍방향 통신에 심각한 장애를 초래한다 [16]. 따라서 중단간 허용하는 지연을 150 ms 수준으로 할 때, 패킷 당 프레임의 수는 3개가 적합하다. 예나하면 이 경우 코덱에서 보내는 패킷의 대기시간은 60 ms가 되고 패킷 전달에 걸리는 시간을 최대 90 ms (150-60)까지 허용할 수 있게 된다. 만약 패킷 전송시간이 20 ms 이내인 경우의 통신에서는 최악의 경우의 패킷 (f/p=3에서 최대 도달 간격이 130 ms 이다)들도 인간의 청력으로 감지할 수 없는 정도의 서비스를 제공한다. 네트워크의 부하를 생각해 볼 때, 이 값은 패킷당 프레임수가 1인 경우보다 46% 부하를 줄일 수 있고, 전체 전송해야 하는 패킷 수는 1/3로 줄일 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 인터넷 전화에 이동성을 지원하는 하나의 방안으로 mobile IP를 기반한 SIP의 가능성을 보였다. 일반 IP에 대하여 Mobile IP만이 갖는 지연 - 동일한 라우팅 경로일 경우 대부분 캡슐화 (encapsulation and decapsulation)과정에서 일어나는 지연 - 은 1 ms 정도로 실시간 음성 통신에서는 무시할 만한 수준이며, 패킷 도달 간격 또한 일반 IP와 비교하여 큰 차이가 없음을 보였다. 무선 망의 낮은 대역폭과 높은 에러율을 고려해 볼 때, 네트워크에 가해지는 부하를 줄이는 것이 mobile IP가 확장성 있도록 하는 중요한 요인이 될 수 있다. 이를 위해 mobile IP상에서 GSM 코덱을 사용하는 SIP 애플리케이션의 경우 패킷당 프레임 수를 3개로 조정하는 것이 바람직함을 보였다. 이것은 평균 90 ms의 패킷 전송시간을 갖는 통

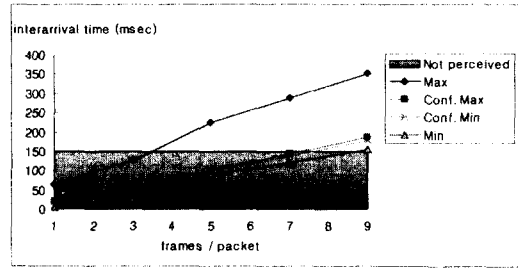


그림 5. 패킷 당 프레임 수 변화에 의한 패킷 도달 간격.

신에서 인간이 감지할 수 없는 수준의 서비스를 제공하면서도 46%의 네트워크 부하를 줄일 수 있고 전체 전송해야 하는 패킷의 수를 3분의 1로 줄일 수 있는 값이다.

Mobile IP의 삼각 라우팅 (triangular routing)으로 인한 비효율적 경로에서 비롯되는 지연은 mobile IP의 바인딩 업데이트 방법을 이용하거나 애플리케이션 계층에서 모바일 노드의 현재 care-of 주소를 상대 SIP 클라이언트에게 전달해주어 직접적인 통신을 가능하도록 함으로써 해결되어질 수 있다.

참고문헌

- [1] Gary A. Thom, H.323: the Multimedia Communications Standard for Local Area Networks, IEEE Communications Magazine, December 1996.
- [2] ITU-T Rec. H.323v2, Packet Based Multimedia Communications Systems, March 1997.
- [3] M. Handley et al., SIP: Session Initiation Protocol, IETF RFC 2543, March 1999.
- [4] C. Perkins, Mobile IP Design Principles and Practices, Addison-Wesley, 1998.
- [5] Melody Moh, Gregorie Berquin, and Yanjun Chen, Mobile IP Telephony: Mobility Support of SIP, Eighth International Conference on Computer Communications and Networks, 1999.
- [6] Elin Wedlund and Henning Schulzrinne, Mobility support using SIP, Proceedings of the second ACM international workshop on Wireless mobile multimedia (WoWMoM), 1999.
- [7] X. Zhao, C. Castelluccia, and M. Baker, Flexible network support for mobility, in Proceedings of Mobicom, October 1998.
- [8] Ramachandran Ramjee, Thomas F. La Porta, Luca Salagrelli, Sandra Thuel, and Kannan Varadhan, IP-based Access Network Infrastructure for Next-Generation Wireless Data Networks, IEEE Personal Communications, August 2000.
- [9] Shingo Ohmori, Yasushi Yamao, and Nobuo Nakajima, The Future Generations of Mobile Communications Based on Broadband Access Technologies, IEEE Communications Magazine, December 2000.
- [10] Ramón Cáceres and Venkata N. Padmanabhan, Fast and scalable wireless handoffs in supports of mobile Internet audio, Mobile Networks and Applications 3, December 1998.
- [11] Mihailovic, A., Shabeer, M., and Aghvami, A.H., Multicast for mobility protocol (MMP) for emerging Internet networks, The 11th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2000.
- [12] Antoine Stephane, Andrej Mihailovic, and A. Hamid Aghvami, Mechanisms and Hierarchical Topology for Fast Handover in Wireless IP Networks, IEEE Communications Magazine, November 2000.
- [13] H. schulzrinne and J. Rosenberg, A Comparison of SIP and H.323 for Internet Telephony, <http://www.cs.columbia.edu/hgs/sip/papers.html>.
- [14] <http://www.cs.hut.fi/Research/Dynamics/software.html>.
- [15] <http://simon.morlat.free.fr/english/linphone.html>.
- [16] James F. Kurose and Keith W. Ross, Computer Networking - A Top-Down Approach Featuring the Internet, Addison Wesley Longman, 2001.