

IP 기반 망에서 H.323 리라우팅을 이용한 핸드오프 시그널링 구현

이 영 신[†] · 최 기 무^{**}

요 약

H.323은 이동 단말에 핸드오프(Handoff)를 지원하기 위해 Mobile IP와 H.323 다자간 회의(Multi-point conference) 시그널링을 사용할 것을 제안하고 있다. 하지만 다자간 회의 시그널링은 단말이 복잡한 시그널링을 수행해야 하고 이에 따른 핸드오프 시간이 길어진다는 단점이 있다. 본 논문에서는 H.323 리라우팅(Third party initiated Pause and Rerouting)이 이용된 핸드오프 시그널링을 제안한다. H.323 리라우팅 시그널링은 H.323 단말(Endpoint)이 기본적인 스택만으로 미디어 채널을 재설정하기 때문에 H.323 제품 간의 연동(Inter-Operability)을 쉽게 할 뿐 아니라 빠른 핸드오프를 제공한다. H.323 GK는 H.323 리라우팅 시그널링을 이용하기 위해 페스트커넥트(Fast Connect) 호를 포함한 모든 호에 대해서 터널링을 사용하여 H.245 제어 채널을 유도한다. 제안된 핸드오프 시그널링을 평가하기 위해 H.323 리라우팅이 이용된 호전환(Call Transfer)과 다자간 회의 시그널링을 연동과 시그널링 시간 측면에서 비교하였다. 성능을 평가한 결과 리라우팅이 사용된 호전환은 5개의 제품 중 4개의 제품과 연동이 되었으며 시그널링 시간은 평균 1.4초 빨랐다.

Handoff signaling implementation using H.323 rerouting in IP-based network

Young-Sin Lee[†] · Gi-Moo Choi^{**}

ABSTRACT

H.323 proposes to use Mobile IP and H.323 ad hoc conference signaling to provide Handoff function to a mobile terminal. But H.323 ad hoc conference signaling has a drawback. It requires an H.323 endpoint to do a complex conference signaling which makes inter-operability between H.323 endpoints difficult and takes the longer signaling time. In this paper, we propose an Handoff signaling using H.323 rerouting(Third party initiated Pause and Rerouting). H.323 rerouting signaling only requires an H.323 endpoint to do H.323 basic signaling in reestablishing media channel, and makes inter-operability more easier and provides the faster Handoff. To do this, our H.323 GK has derived H.245 control channel using tunneling for all H.323 calls including the fast connect calls which enable endpoints communicate each other if they don't have H.245 control channel. In order to evaluate the performance of the proposed signaling, we have conducted an experiment that compares a call transfer signaling using H.323 rerouting with ad hoc conference signaling in inter-operability and signaling delay. The results of our experiment shows that the call transfer signaling can inter-operate with four H.323 endpoints among five H.323 endpoints of other vendors and reduces the signaling delay average 1.4 sec.

키워드 : 핸드오프(Handoff), 리라우팅(Rerouting), 게이트키퍼(Gatekeeper), 페스트커넥트(FastConnect), 제어 채널(Control channel), 호전환(Call Transfer)

1. 서 론

무선 IP 단말기의 수요와 무선 LAN 환경의 증가는 VoIP(Voice Over Internet Protocol) 기술이 IP 단말의 이동성(Mobility)까지 지원할 것을 요구하고 있다. 이동성을 지원하기 위해서는 이동 단말의 현재 위치를 파악해 주는 이동성

관리(Mobility Management)와 전화 중에도 서브넷(IP Subnet) 간 이동을 가능하게 하는 핸드오프(Handoff)가 제공되어야 한다. 이러한 기능은 H.323이나 SIP 같은 VoIP 프로토콜이 Mobile IP 상에서 구현됨으로 가능하다. Mobile IP는 HA(Home Agent)와 FA(Foreign Agent) 간의 통신을 사용하여 상위 응용 프로그램이 아무런 변경 없이 이동성을 지원받게 한다. 하지만 Mobile IP만이 사용된 이동성 지원은 패킷에 많은 지연(Delay)을 초래하여 음성과 같은 실시간 데이터 전송에는 적합하지 못하다. 때문에 H.323, SIP와 같은 상위

[†] 정 회 원 : LG전자/정보통신 네트워크연구소 주임 연구원
^{**} 정 회 원 : LG전자/정보통신 네트워크연구소 책임 연구원
논문접수 : 2001년 6월 1일, 심사완료 : 2001년 9월 19일

응용 프로그램이 Mobile IP와 연동을 하여 이동성을 지원하는 것이 필요하다.

H.323은 Mobile IP와 다자간 회의(Multi-Point conference)를 이용한 핸드오프를 제안한다[1]. 다자간 회의 시그널링은 핸드오프를 단말이 다자간 회의에 동적으로 참여하고 나가는 것으로 본다. 이것은 통화를 하는 상대방이 이동 단말과 다시 연결(Connection)을 맺어, FA와 HA를 이용하지 않고 음성 패킷을 전달하게 한다. 하지만 다자간 회의 시그널링은 이동 단말이 이동 전에 다자간 회의에 참석하고 있는 경우에 핸드오프에 적용하기 적합하다. 왜냐하면 다자간 회의 시그널링은 기본적인 H.323 스택이 아님으로 일대일(Peer to Peer) 호만 처리하도록 구현된 타 시스템과의 연동(Inter-Operability)에 어려움이 있다. 또한 많은 메시지 처리를 요구하여 핸드오프 시그널링 시간을 길어지게 한다. 따라서 일대일 호 중에 이동을 시도하는 경우, 좀 더 적합한 시그널링이 필요하다.

H.323에서 호 전환(Call Transfer)은 다자간 회의 시그널링을 대체할 수 있다. 즉, 이동한 위치의 이동 단말로 호를 전환하여 핸드오프 시그널링에 적용될 수 있다. H.323에서 호 전환 기능은 H.450.2나 H.323 리라우팅(Third party initiated Pause and Rerouting) 시그널링을 통해 구현이 된다. 하지만 H.450.2는 부가 서비스에 필요한 많은 옵션들과 여러 조건들이 기술된 복잡한 프로토콜이다. 때문에 메모리 제약을 갖고 있는 IP 단말에 모든 경우가 고려된 H.450.2 스택을 구현하는 것은 어려운 일이다. 이러한 특징은 다자간 회의의 시그널링과 같이 타사의 H.323 단말과의 연동을 어렵게 하고 많은 메시지 처리로 인한 핸드오프 시간을 길어지게 만든다. 반면에 H.323 리라우팅 시그널링을 이용한 단말은 기본적인 H.323 시그널링을 이용하여 상대방과 연결을 재 설정한다. 따라서 타사 H.323 단말과의 연동을 용이하게 하고 빠른 시그널링 시간을 제공하는 장점이 있다.

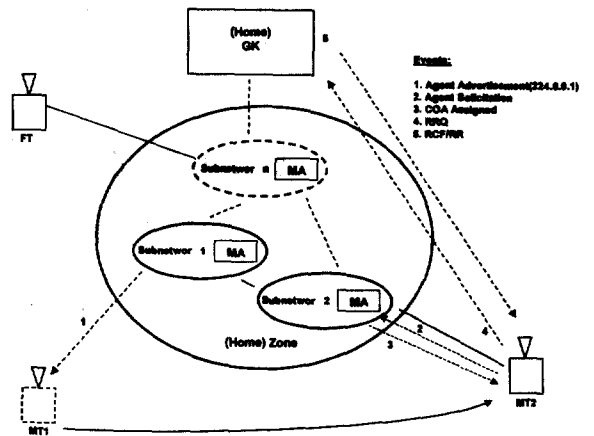
본 논문에서는 H.323 리라우팅을 이용한 핸드오프 시그널링을 제안한다. 2장에서는 H.323 다자간 회의 시그널링과 단말의 H.450.2 스택을 이용한 핸드오프 방법을 살펴본다. 3장에서는 패스트 커넥트로 이루어진 호에 제어 채널을 유도한 후 리라우팅 시그널링을 이용한 핸드오프 방법을 살펴본다. 4장에서는 제안된 핸드오프 시그널링을 테스트하기 위해 호 전환 부가 기능 구현을 구현한다. 5장에서는 연동과 시그널링 시간을 기준으로 제안된 시그널링을 평가한다. 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 H.323 다자간 회의 시그널링이 이용된 핸드오프

H.323 첨부 H에서 단말의 이동성 관리는 Mobile IP를 이용한다. (그림 1)에서 FT는 이동 단말 MT1과 통화를 하는 단

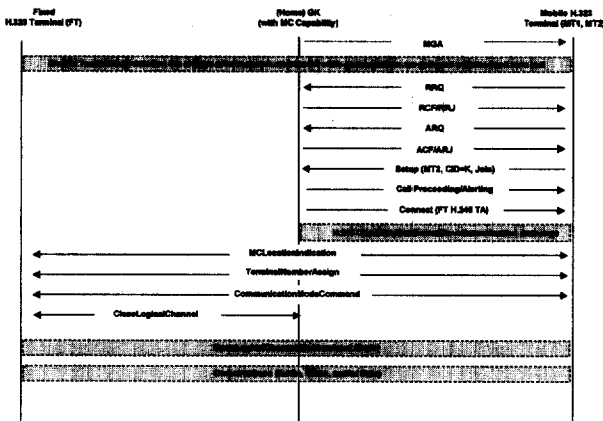
말이고, MT2는 이동 단말이 COA(Care-of-Address)를 얻었을 때의 GK가 인식하는 MT1이다. (그림 1)을 구성하는 각각 서버넷의 MA(Mobility Agent)는 주기적으로 광고(Agent Advertisement) 메시지를 보낸다. 이 메시지는 한정된 멀티캐스트 주소(224.0.0.1)나 브로드캐스트 주소(255.255.255.255)로 전송되어 서버넷의 MA와 같은 링크에 있는 IP 단말에만 전송된다. 따라서 단말이 다른 서버넷으로 이동한 경우는 이전의 광고 메시지를 받지 못해 자신의 이동을 발견한다. 이동을 발견한 단말은 요청(Agent Solicitation) 메시지를 사용하고 이동된 서버넷의 MA를 발견하고 COA(Care-Of-Address)를 할당받는다. COA를 할당받은 단말은 GK에 COA로 등록(RRQ)을 요청하고, 허락(RCF)를 받아 이동성 관리를 지원한다.



(그림 1) 이동성 관리

핸드오프는 이동 단말이 다자간 회의에 동적으로 참여하고 나가는 것으로 본다. (그림 2)에서 이동 단말은 자신이 이동한 것을 발견하여 GK에 Setup(Goal = Join) 메시지를 보낸다. 그러면 GK는 관련 호를 일대일(Peer To Peer)에서 다자간(Multipoint)으로 모드 전환을 수행한다. 모드 전환을 수행하면서 GK는 MC(Multipoint Controller) 기능을 수행한다. MC 모드에서 GK는 MT2로부터 받은 Setup 메시지에 대한 응답 메시지를 자신이 보낸다. Connect를 받은 MT2는 GK와 H.245 주종판단결정 시그널링까지 수행한다. 이때까지 해당 H.245 메시지들은 GK와 MT2 사이에만 수행된다. 주종판단결정이 완료되면 GK는 해당 호에 참여하고 있는 단말들에 MCLocationIndication 메시지를 사용해서 호가 다자간 회의로 변경됨을 알린다. 또한 CommunicationModeCommand 메시지를 사용해서 다자간 회의 공통 모드(Common mode)를 알려준다. 메시지를 받은 단말들은 현재 열고 있는 RTP 세션(Session) 모드가 공통 모드와 다르다면 논리채널폐쇄(CloseLogicalChannel) 메시지를 보내고 다시 논리채널설정(OpenLogicalChannel) 메시지를 GK에 보내 논리 채널을 재 설정한다.

이와 같이 다자간 회의는 FT와 MT1 간의 연결을 이동 단말(MT2)로 다시 설정하여 음성 데이터를 전송한다. 즉, Mobile IP 만을 사용하면, 음성 패킷은 먼저 HA에 전달되고, 다시 FA로 다시 전달된 후에야 이동 단말로 전송이 된다. 하지만 다자간 회의를 사용하면 단말의 변경된 주소로 바로 패킷을 보낼 수 있다. 하지만 기본적인 스택만이 구현된 H.323 단말은 MC와의 시그널링을 수행할 수 없다. 더욱이 GK가 MC만을 지원하고 여러 개의 미디어 스트림을 믹싱하는 MP (Multipoint Processor)와의 시그널링을 지원하지 않는 환경은 더 복잡한 시그널링을 필요로 한다. 왜냐하면 다자간 회의에 참여한 모든 단말들은 자신의 오디오 데이터를 멀티캐스팅 하고, 자신으로 오는 모든 오디오 스트림을 믹싱해야 한다.



(그림 2) H.323 다자간 회의 시그널링

2.2 H.450.2 시그널링이 이용된 핸드오프

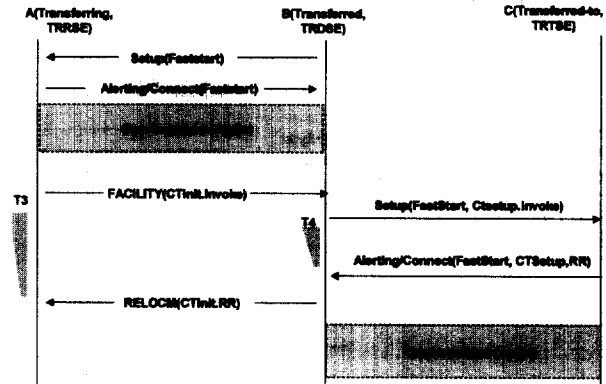
H.323에서 부가 기능은 H.450.x 스택을 사용하여 구현된다. H.450.x 스택은 H.323 단말과 GK 모두에 구현될 수 있다. H.450 APDU(Application Protocol Data Unit)는 H.450.1 정보와 H.450.x 정보로 구성된다. H.450.1은 부가서비스 제어 객체(SS-Control Entity) 간에 제어 정보를 교환하는 수단을 제공하고, 각 H.450.x은 해당 부가서비스 제어 객체들 간 상호 동작을 명시한다[2, 3]. 예를 들어 호 전환을 수행하는 H.450.2는 TRRSE (Transferring Signaling Entity), TRDSE (Transferred Signaling Entity), TRTSE (Transferred-to Signaling Entity)들을 갖고 있고 그것들 간의 상호 동작을 제어 상태, 타이머, 메시지의 조합으로 나타낸다.

(그림 3)는 H.450.2 호 전환 시그널링의 한 예이다. 그림에서 호 전환을 시도하는 A는 CT_Init.Invoke APDU를 보낸다. 메시지를 받은 B는 CT_Init.Invoke 를 분석하여 C에 Setup 메시지를 보낸다. 그리고 상태를 'CT-Await-Setup-Response'로 놓고 타이머 'CT-T4'를 구동시킨다. 또한 보내는 Setup 메시지는 CT_Setup.Invoke APDU를 포함하여 해당 호가 호 전환용으로 수행될 것을 알린다. Setup 메시지를 받은 C는 CT_Setup. RR APDU를 B에 보내고, B는 CT_

Init.RR를 A에 보내 호 전환을 수행한다.

(그림3)의 호 전환 시그널링은 A를 MT1, B를 FT, C를 MT2로 보아 핸드오프에 적용될 수 있다. MT2가 COA를 할당받으면 GK에 등록을 요청하고, GK는 FT가 MT2로 호 전환을 수행하도록 CT_Init.Invoke APDU 메시지를 보낸다. 그러면 B는 앞에서 설명한 절차에 따라 MT2로 호 전환 시그널링을 수행한다.

하지만 (그림 3)의 단말 B는 다중 호(Multiple Call)를 처리해야 한다. 즉, H.450 메시지들을 인코딩 디코딩하고, 분석된 H.450 메시지에 따라 호를 설정하고 관련 타이머 등을 관리해야 한다. 이러한 특징은 메모리 제약을 갖고 있는 IP 단말이 호 전환 기능을 구현하는 것을 어렵게 만든다. 또한 구현이 되었다 하더라도 여러 가지 여러 조건에 따른 예외 처리는 타사 H.323 단말과의 연동을 어렵게 한다. 그리고 새로 설정되는 호는 핸드오프 시그널링 시간을 길어지게 한다.



(그림 3) 호 전환 시그널링

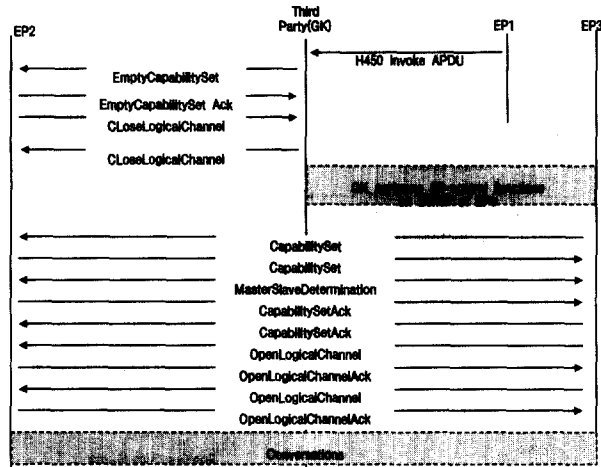
제안되는 방법은 H.323 리라우팅(Third party pasue and rerouting) 시그널링을 사용하여 GK가 호 전환을 지원하는 것이다. 리라우팅 시그널링은 H.245 제어 채널을 필요로 함으로 패스트 커넥트로 이루어진 호에 대해서도 제어 채널을 유도한다.

3. 리라우팅 시그널링이 이용된 핸드오프

3.1 리라우팅 시그널링

H.323에서 부가서비스 제어 메시지를 전달하는 H.450.1 APDU는 GK 라우트될 수 있어, GK가 H.323 단말 대신 H.450.1 APDU에 동작할 수 있다. GK가 단말을 대신해서 부가서비스 제어 메시지를 처리하면 단말들은 오직 부가서비스를 요청하는 간단한 스택만을 구현하여 부가 서비스를 지원할 수 있다. 왜냐하면 GK가 부가 서비스에 해당되는 나머지 제어 시그널링 객체 기능과 객체 간의 예외 처리 시그널링을 수행하기 때문이다. 따라서 단말들은 H.450.2 스택을 모두 구현하지 않고도 핸드오프를 지원받게 된다.

호전환 같은 기능은 미디어 채널이 다른 H.323 단말로 변경되는 기능이다. 따라서 이러한 기능을 대신 수행하는 GK는 해당 H.450 APDU를 처리할 때 리라우팅(Third party pasue and rerouting) 시그널링을 제공해야 한다. 리라우팅 시그널링은 H.323의 동적(Dynamic)인 성질을 이용한 것으로, 3자(Third Party)가 기본적인 H.245 제어 메시지를 사용해서 단말의 RTP 세션 정보를 변경시킨다. 메시지는 공백 입출력 집합(EmptyCapabilitySet)이 사용되는데, 이 메시지를 받은 H.323 단말은 자신의 미디어 채널을 닫은 후에, 3자가 다른 입출력집합 메시지(CapabilitySet)를 보내면 H.245 시그널링을 다시 시작하여 변경된 코덱과 변경된 주소로 RTP 데이터를 보낸다[4-6].



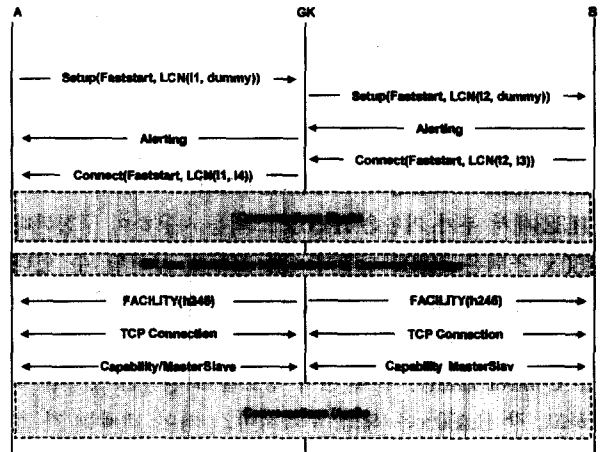
(그림 4) GK를 이용한 부가 서비스 시그널링 구조

(그림 4)는 GK가 리라우팅 시그널링을 사용하여 부가 서비스를 제공하는 구조를 나타낸다. EP1은 부가 서비스를 요청하는 단말이다. EP2은 H.450기능이 구현되지 않은 단말로서 채널 리라우팅 서비스를 받는 단말이다. EP3도 H.450이 구현되지 않은 단말로서 채널이 리라우팅 되어 EP2와 통화하는 단말이다. 부가 서비스 요청 Invoke APDU를 받은 GK는 해당 기능이 미디어 채널 리라우팅이 필요한 것인지 확인한 후에 EP2에 공백 입출력 집합 메시지를 보내어 단말이 RTP 데이터를 보내지 않도록 한다. EP2는 RTP 데이터를 보내지 않는다는 의미로 GK에 논리채널패쇄 메시지를 보낸다. EP2가 RTP 패킷을 보내지 않으면 GK는 해당 부가 기능을 EP2 대신 수행한다. 예를 들어 EP1이 호 전환을 요청했다면 GK는 EP2대신 TRDSE 기능을 수행하여 EP3에 Setup 메시지를 보낸다. EP3로부터 Connect를 받은 GK는 해당 Connect를 TRDSE로서 처리하여 메시지를 EP2에 보내지 않게 되고, EP2는 다른 호를 가지지 않게 된다. 그리고 EP3가 입출력집합 메시지를 보내면 EP1에 메시지를 보내 EP1과 EP3간에 미디어 채널이 열리게 하여 호전환을 제공한다.

3.2 제어 채널이 유도되는 패스트커넥트 호

H.323은 호 설정 시간이 SIP에 비해 길다고 지적받아 왔다. 왜냐하면 H.323 일대일 호라도 ARQ/ACF 일주, Setup/Connect 일주, H.245 입출력 집합 교환(Capability exchange) 일주, H.245 주종 판단(Master slave determination) 일주 그리고 논리 채널 설정(Logical channel setup) 일주로 모두 5 단계에 걸쳐서 이루어지기 때문이다. 더욱이 Q.931 채널과 H.245 제어 채널은 TCP에 기반하여 각각 이루어진다. TCP 연결은 TCP 윈도우 순차 번호(Window sequence number) 동기화를 위한 추가적인 지연이 필요한데, WAN 환경에서 수백 ms가 걸릴 수도 있다.

이러한 단점을 보완하기 위해 H.323v2는 패스트 커넥트와 터널링(Tunneling)을 사용한다. 패스트 커넥트는 Setup/Connect 절차로 호 셋업을 끝나게 하고, 터널링은 H.245 호 제어 채널과 Q.931 채널을 같은 TCP 연결로 하여 빠른 호 설정 시간을 제공한다. 그러나 권고안에서 패스트 커넥트로 이루어진 호는 H.245 제어 채널을 의무화하지 않아 기존의 구현된 GK들은 패스트 커넥트로 호가 이루어지면 H.245 제어 채널을 열지 않고 있다. 때문에 H.245 제어 채널을 이용하는 리라우팅 기능을 제공할 수 없어 단말이 관련 H.450 스택을 구현해야 되었다.

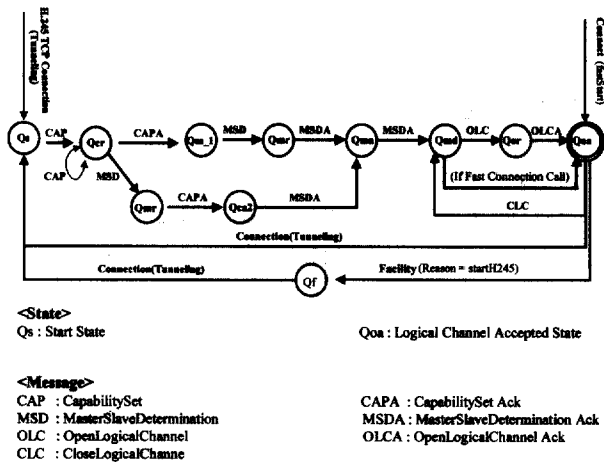


(그림 5) 제어 채널이 유도되는 패스트커넥트 호

H.323에서는 패스트커넥트로 이루어진 호라도 Facility 메시지로 GK H.245 주소를 알려주어 제어 채널을 여는 방법을 제공한다[4]. 본 논문에서는 Facility 메시지 보내는 시점을 착신자로부터 Connect를 수신했을 때 결정한다. 즉, (그림 5)과 같이 GK는 패스트커넥트 시그널링을 수행하면서 A와 B 간에 제어 채널을 유도하기 위하여 B가 보내는 Q.931 응답(Response) 메시지에 h245 주소가 있는지 조사한다. 만일 Connect 메시지를 수신할 때까지 h245 주소가 없으면 GK는 Facility 메시지를 사용하여 A와 B가 H.245 TCP 연결을 맺도록 한다. 그러면 단말들은 GK와 H.245 시그널링을 수행하

여 제어 채널을 연다.

H.245 제어 채널은 fastStart 필드에 있는 정보를 기반으로 한다. (그림 5)에서 A는 fastStart 필드를 사용하여 B와 패스트커넥트 연결을 시도한다. GK 라우트 시그널링에서 GK는 A의 착신자가 되고 B의 발신자가 되어 시그널링을 진행하여 A와 B간에 서로 독립적인 시그널링 정보를 유지한다. 즉, A와는 Incoming 논리 채널로 LCN=L1, Outgoing 논리 채널로 LCN=L4를 유지하고 B와는 LCN=L2와 LCN=L3를 각각 유지한다. 단말은 Incoming 채널로 RTP 데이터를 수신하기 위한 시그널링을 수행하고, Outgoing 채널로 RTP 데이터를 보내기 위한 시그널링을 수행한다. (그림 6)는 H.245 시그널링의 진행 정도를 나타내는 것으로 fastStart 제어 정보를 언제 상속하고 리라우팅 루틴을 언제 시작할 것인지를 결정하기 위해 사용된다.



(그림 6) 제어 상태 전이 그래프

상태 전이 그래프에서 GK는 단말로부터 단말 입출력집합, 주종판단 메시지를 받으면 단말의 제어 상태를 Qmr로 이동시킨다. 그런 다음 논리채널 설정 시그널링까지 완료되면 단말의 상태를 논리 채널이 설정된 Qoa로 옮긴다. 하지만 패스트커넥트 호는 Setup/Connect 과정으로 논리 채널 설정이 끝남으로 Qmr과정 등을 거치지 않고 바로 Qoa로 전이가 된다. 하지만 단말의 상태가 Qoa라도 제어 채널이 열리지 않으면 리라우팅 서비스를 받지 못한다. 따라서 GK는 Qoa에 있는 단말이 제어 채널이 없으면 H.245 TCP 연결을 유도하여 Qs로 전이한다. Qs로 옮겨진 단말은 H.245 시그널링을 할 수 있어 H.245 주종 판단 시그널링까지 수행하게 되고, GK는 패스트커넥트의 논리 채널 정보를 상속시켜 Qoa로 전이를 시킨다.

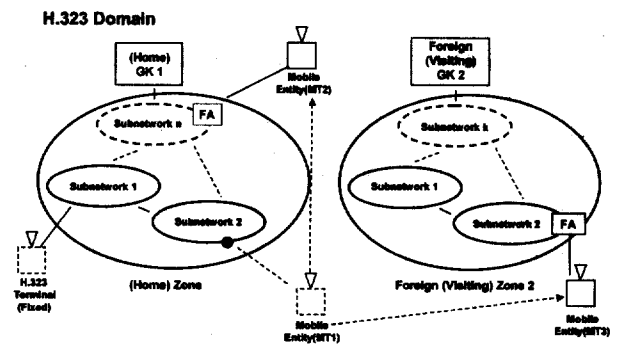
리라우팅 시그널링은 상태가 “ESTABLISHED”로 표현된 논리 채널에 대해서만 수행된다. 발신자가 보내는 Setup 메시지는 여러 개의 fastStart 값이 포함된다. GK는 Setup 메시지에 있는 각각의 fastStart에 대해 LCN으로 식별되는

LCSE(Logical Channel Signaling Entity)를 생성하고 그것의 상태를 “AWAITING_ESTABLISHED”로 관리한다[5]. 그런 다음 착신자로부터 받은 fastStart에 해당되는 LCSE 둘만 “ESTABLISHED”로 만든다. fastStart를 분석하는 루틴은 4.2절에서 자세히 설명한다.

H.245 제어 채널을 열 때 GK는 메시지를 버퍼링(Buffering) 하는 구조를 지원한다. 예를 들면 GK가 터널링을 지원하여 B로 Setup 메시지를 보내면, A가 보낸 터널링 값에 관계없이 TRUE로 해서 보낼 수 있다. 만일 B가 터널링을 지원하면 GK는 한쪽은 TCP 연결이 되었지만 다른 한쪽은 TCP 연결이 안된 비대칭적인 TCP 연결을 유지하게 된다. 이 경우에 GK는 터널링을 지원하지 않은 단말과는 TCP 연결을 시도하면서 이미 TCP 연결이 된 단말과는 H.245 시그널링을 수행한다. 그러면 TCP 연결이 안된 단말로는 H.245 메시지를 보내지 못해 GK는 받은 H.245 메시지를 버퍼링 해야 한다. 버퍼링된 메시지들은 나중에 TCP 연결이 이루어지면 한꺼번에 보내지고 관련 H.245 제어 상태도 그것에 따라 전이된다.

3.3 리라우팅이 이용된 핸드오프 시그널링

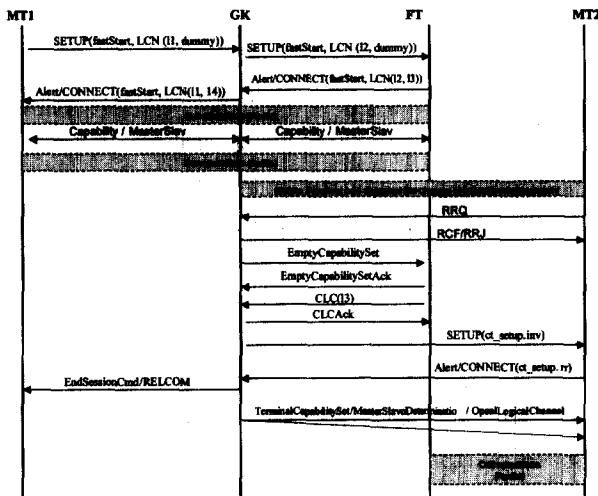
본 논문의 H.323 Zone은 2개 이상의 서브넷으로 구성되고, 도메인은 2개 이상의 Zone으로 구성된다. 이동 단말은 같은 Zone안에서 다른 서브넷으로 이동할 수 있고, 다른 Zone의 서브넷으로 이동할 수 있다(그림 7). 이동 단말 MT는 H.323 단말로 H.323 GW를 거치지 않고 바로 FT와 통신을 할 수 있으며, 비 H.323 단말로 H.323 GW를 통해 FT와 통신을 할 수 있다. MT가 H.323 단말이면 MT2나 MT3로 되었을 때 MT의 입출력집합은 변하지 않고 단지 IP만 바뀌었다고 볼 수 있다. 반면에 MT가 H.323 GW를 통해 연결된 경우는 MT2나 MT3가 되었을 때 단말의 IP뿐만 아니라 입출력집합도 변했다고 볼 수 있다.



(그림 7) H.323 도메인

FT는 GK와의 Outgoing 채널을 LCN=L3로 설정하고 그 채널을 통해 MT1으로 RTP 패킷을 보낸다(그림 8). MT1이 이동하여 MT2가 되면 FT는 핸드오프를 지원하기 위해서

다시 MT2와 논리 채널 설정 시그널링을 수행한다. H.323 은 FT가 다시 논리채널설정 메시지를 보내도록 H.245 replacementFor 시그널링을 제공한다[4]. 이 절차를 이용하면 IP만 변경된 핸드오프에 FT가 MT2와 단순히 논리 채널 설정 과정을 수행하여 핸드오프를 지원할 수 있다. 하지만 H.245 replacementFor 시그널링은 H.323 단말이 기본적으로 처리하는 시그널링이 아니다. 본 논문에서는 모든 경우에 리라우팅 시그널링을 사용하여 핸드오프를 지원한다.

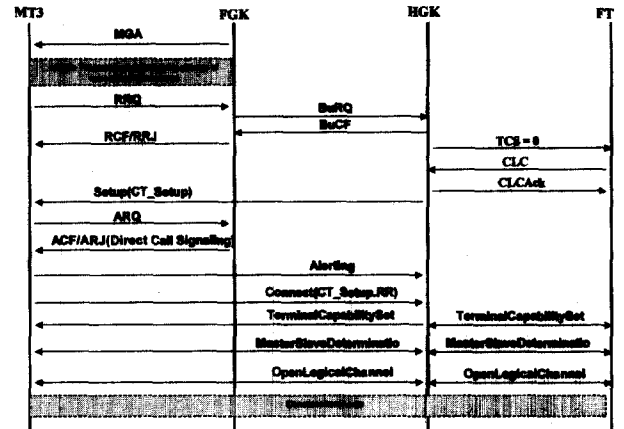


(그림 8) Intra-Zone 핸드오프 시그널링

(그림 8)의 이동된 서버넷에서 MT2는 Mobile IP를 사용하여 COA를 할당받고, GK에 등록을 요청한다. 등록을 요청받은 GK는 단말이 호 중에 IP를 변경하였으므로 리라우팅을 수행한다. GK는 FT에 공백 입출력집합 메시지를 보내고, FT는 RTP 데이터 보내는 것을 중지한다. 그러면 FT는 LCN = L3인 논리채널패쇄 메시지를 GK에 보내 RTP 데이터 보낸 것을 멈춘다. FT가 멈추면, GK는 MT2와 Q.931 채널을 맺고, FT와 MT2 간에 H.245 시그널링을 수행한다. 논리 채널 설정 시그널링이 완료되면 관련 LCSE의 상태가 "ESTABLISHED"로 되어 FT는 RTP 패킷을 변경된 주소로 보내게 된다.

MT1이 MT3로 이동하는 Inter-Zone 핸드오프는 2개의 Zone을 거쳐 호전환을 제공하는 시그널링을 이용한다. (그림 9)에서 Zone2로부터 COA를 할당받은 MT2는 GK2에 등록을 요청한다. 요청을 받은 GK2는 GK1에 BuRQ(Binding Update Request)를 사용하여 MT1이 MT3됨을 알려준다. GK1은 BuRQ를 받으면 단말을 멈추는 리라우팅 시그널링을 구동하고, MT3에 Setup 메시지를 보내 MT3와 Q.931 채널을 만든다. Setup 메시지를 받은 단말은 ARQ 메시지를 GK2에 보낸다. GK2는 해당 시그널링이 핸드오프임을 알고 디렉트 시그널링 모드를 선택한다(ACF). 즉, 핸드오프 시그널링은 발신자와 착신자가 서로 다른 GK에 각각 등록되고 발신자의

시그널링 모드는 GK 라우트이고, 착신자는 디렉트 시그널링 모드를 사용하여 GK 간의 시그널링 지연을 줄인다.



(그림 9) Inter-Zone 핸드오프 시그널링

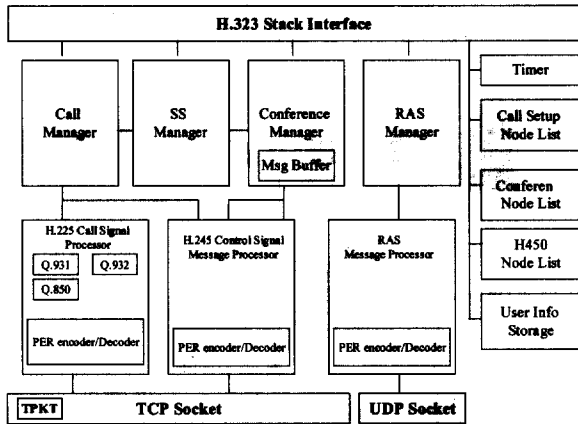
4. GK 구현

4.1 GK 구조

(그림 10)은 본 논문의 GK 구조를 나타낸다. GK는 RAS 메시지를 처리하는 RAS 관리자(RAS Manager), Q.931 메시지를 처리하는 호 관리자(Call Manager), H.245 메시지를 처리하는 회의 관리자(Conference Manager) 그리고 부가 서비스를 처리하는 부가 서비스 관리자(SS manager)로 구성된다. 각 관리자는 메시지와 함수 호출을 사용하여 서로 통신하고, 시그널링 중에 타이머를 생성하고 종료한다. 또한 시그널링 중에 획득된 정보는 호 설정 노드(Call Setup Node), 회의 노드(Conference Node) 그리고 h45 노드(H450 Node)에 저장된다. 호 설정 노드는 Q.931 메시지 정보를 기록하고, H.245 TCP 연결이 이루어지면 회의 노드로 옮겨진다. 회의 노드는 호 설정 정보와 H.245 시그널링 제어 정보를 기록하는 곳이다. H450 노드는 부가 서비스 관리자가 h450 메시지를 처리하면서 얻는 정보를 기록하는 곳이다. 회의 관리자가 관리하는 메시지 버퍼는 H.245 TCP 연결 전에 받은 H.245 메시지를 저장하는 곳이다. 부가 서비스 관리자는 H450 메시지를 처리하면서 회의 관리자를 호출하고, RAS 관리자는 이동 단말의 COA 등록을 처리하면서 회의 관리자를 호출한다. 호출된 회의 관리자는 리라우팅 시그널링을 수행한다. 회의 관리자는 단말이 멈추면 호 관리자를 호출하고, 호 관리자는 관련 회의 노드로부터 호설정 노드를 만든다. 회의 관리자는 만들어진 호 설정 노드를 참조하여 호 전환이나 핸드오프를 수행한다.

(그림 10)의 회의 관리자는 핸드오프와 호전환을 구분하지 않고 리라우팅을 수행한다. 즉, 회의 관리자는 Mobile IP를 수행하는 네트워크 계층과는 독립적이고, RAS 관리자가 Mobile IP와 관련된 사용자 정보를 관리한다. 따라

서 본 논문은 호 전환 기능을 사용하여 핸드오프를 테스트 한다.



(그림 10) GK 모듈 구성도

4.2 FastStart 정보 상속

(그림 11)은 호 관리자가 Setup 메시지와 Connect 메시지의 fastStart 제어 정보를 분석하는 루틴이다. Q.931 메시지는 여러 개의 논리채널설정(OLC) 구조체들을 인코딩하고 있고, Setup과 Connect에 따라 인코딩된 방법이 다르다. Setup 메시지에 인코딩된 fastStart는 forwardParameter가 있는 OLC 구조만 분석을 한다. 왜냐하면 reverseParameter가 있는 OLC는 착신자의 Outgoing 채널을 제안하는 것으로 의미 없는 LCN 값을 가진다. 그래서 forwardParameter가 있는 OLC 구조만 LCSE가 생성되고, 상태를 "AWAITING_ESTABLISHED"로 놓는다. 반면에 reverseParameter가 있는 OLC는 분석하지 않고 착신자에 전달한다. 이와는 달리 Connect 메시지의 forwardParameter가 있는 OLC 구조는 논리채널설정응답에 상응하는 것으로, Setup 메시지를 분석하

```

FC_DecodeEncodeFastStart(void *Signal, int pSignalNum, void *pSignal) {
    OLC *OLC;
    OLC = OLC; // OLC는 Decoding된 OLC 메시지를 나타냄. sOLC는 Peer에 보낼 OLC를 나타냄
    For(i = 0; i < pSignalNum; i++) { // pSignalNum은 Q.931 메시지에 인코딩된 OLC 구조
        OLC = FC_Decoding(pSignal); // pSignal은 Decoding할 RR Stream
        switch(decoding_type) {
            case REQUEST: // For SETUP message
                if (OLC.forwardParameter == TRUE) {
                    MakeIncomingLCSE(OLC, L1); // AWAITING_ESTABLISHED for Caller
                    MakeOutgoingCS(OLC, L2); // AWAITING_ESTABLISHED for Callee
                }
                break;
            case RESPONSE: // For ALERTING, CONNECT message
                if (pSignal.reverseParameter == NULL) {
                    MakeIncomingLCSE(OLC, L3); // ESTABLISHED for Callee
                    MakeOutgoingCS(OLC, L4); // ESTABLISHED for Caller
                }
                break;
            default:
                break;
        }
        L2 = FindLCNFromCalleeLCSE(OLC, L2); // Find LCN L2
        StateChange(L2, "ESTABLISHED"); // AWAITING_ESTABLISHED to "ESTABLISHED"
        L1 = FindLCNFromCallerLCSE(OLC, L1); // Find LCN L1
        StateChange(L1, "ESTABLISHED"); // AWAITING_ESTABLISHED to "ESTABLISHED"
    }
    break;
}
// end of switch
sOLC = MakeOLCFromSignal(OLC); // Peer에 보낼 OLC 메시지를 만든다.
pSignal[] = FC_Encoding(sOLC);
} // end of for loop
    
```

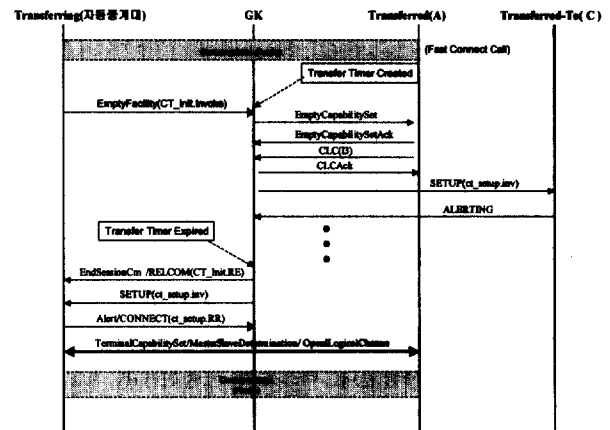
(그림 11) fastStart 제어 정보 분석 루틴

면서 생성된 LCSE의 상태를 "ESTABLISHED"로 만든다. 반면에 reverseParameter가 있는 OLC 구조에 대해서만 착신자가 제안한 채널로 LCSE를 만든다. 그리고 생성된 LCSE는 논리 채널 설정이 끝난 것으로 상태가 바로 "ESTABLISHED"로 된다.

호 관리자는 Connect 메시지 분석이 완료되면 단말의 상태를 Qoa로 전이한다. 그런 다음 H.245 TCP가 연결되면 다시 Qs로 전이하고, 분석된 시그널링 정보를 회의 관리자에 넘겨준다. 정보를 넘겨받은 회의 관리자는 단말과 H.245 시그널링을 수행하고, 입출력 집합 정보와 주종 판단 정보를 추가로 기록한다. 만일 단말이 논리 채널 설정 시그널링까지 수행하면 새로운 LCSE 객체를 생성한다.

4.3 호 전환 시그널링 구현

자동 증계대(Auto Attendant)는 PBX 가입자 또는 IP 가입자 A가 전화를 하면 C와 연결시킨다(그림 12). 만일 C가 통화중이면, 호 대기(Call Hold)나 음성 사서함 서비스를 제공한다. 호 대기를 선택하면, C의 통화가 끝날 때까지 MOH (Music On Hold)를 들려주고, C가 통화를 끝내면 A와 연결시킨다. (그림 12)에서 호 전환이 수행되면 리콜(Recall) 타이머를 구동하여 호 전환이 실패하더라도 관련 호를 유지시킨다. 호 전환 타이머는 C와 TCP 연결을 할 수 없거나 C가 응답하지 않으면 수행된다. 즉, 자동증계대로 EndsessionCmd와 Relcom을 보내 기존의 채널을 종료하고, 다시 Setup을 보내 호(Recall)를 만든다. 그런 다음 A를 재시작시켜 자동증계대와 연결을 한다.

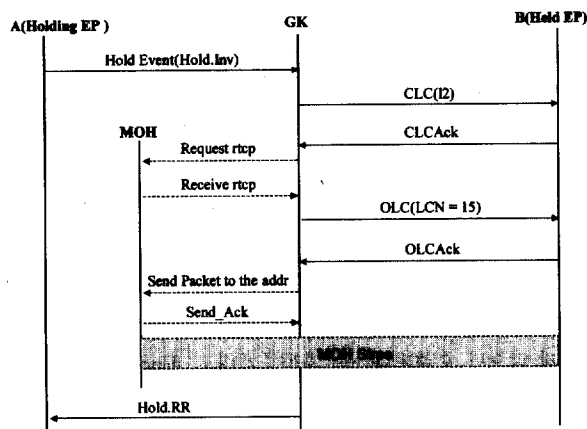


(그림 12) 호 전환이 이용된 자동증계대 시그널링

자동 증계대의 호 대기를 수행하는 방법은 크게 3가지로 볼 수 있다. 첫 번째는 H.450.4 APDU를 이용하는 것으로, 방법 중에 가장 적은 메시지를 사용하여 서비스를 제공한다. 하지만 단말 A가 H.450.4 스택을 구현해야 한다. 두 번째는 리라우팅 시그널링을 이용하는 것으로, GK가 A를 멈추고 H.323 단말인 MOH로 호 전환을 수행하는 방법이다. 하지만 호 대기가 내부적으로 호 전환으로 수행되어 시그널링이 복

잡하고 시간이 많이 걸린다. 마지막으로 GK 자체에서 MOH 를 들려주는 방법으로, 단말은 H.450.4 스택을 구현하지 않고 빠른 호 대기 서비스를 지원받는다.

(그림 13)에서 GK는 비 표준 메시지를 사용하여 MOH 패킷을 펌프해주는 프로세스를 조정한다. 그리고 호 대기에 있을 B와는 논리 채널 설정 시그널링을 사용하여 B가 MOH를 듣도록 한다. 즉, 회의 관리자는 B가 A에 열린 채널을 닫도록 CLC를 보낸다. 그런 다음 회의 관리자는 MOH를 펌프해주는 프로세스로부터 RTP 주소를 획득하고 그 주소로 B와 새로운 논리 채널을 맺는다. 이렇게 함으로 B는 새로 생성된 LCSE의 Qoa 상태로 전이되어 MCM RTP 패킷을 수신한다.



(그림 13) 호 대기 시그널링

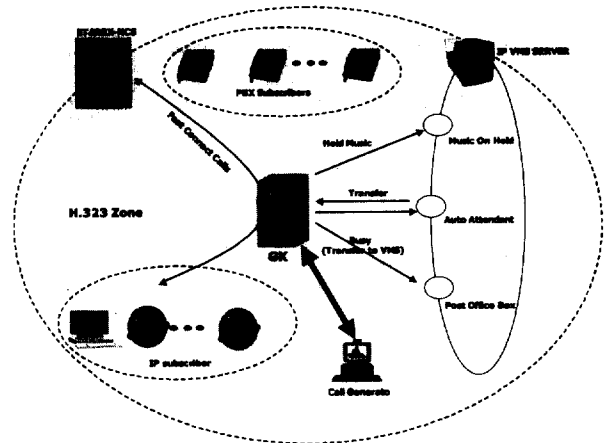
5. 실험

실험 환경은 (그림 14)와 같이 구성한다. STAREX-NCS는 라우터, 스위치, PBX 그리고 H.323 GW를 실장할 수 있는 네트워크 장비로 GK가 관리할 H.323 Zone을 제공한다. UMS 서버는 자동중계대와 MOH를 생성하는 프로세스로 구성된다. 사용된 H.323 단말로는 Microsoft Netmeeting (Version 3.01), Act IP Phone(Version 1.0), Radvision GW (Version 2.1), LG IP Phone(Version 1.3)과 본 연구소의 소프트폰(Softphone)을 사용한다. 테스트에 사용된 GK, UMS, 호 생성기, 소프트폰 PC 사양은 모두 윈도우(NT, 98)에 Pentium II와 RAM 128 MB이다. GW 보드(Board)와 IP Phone의 OS는 PSOS를 사용하였고 RAM은 각각 16MB와 4MB이다.

H.323 리라우팅을 이용한 핸드오프 시그널링의 성능 측정으로 단말의 H.450.2 스택, 다자간 회의 시그널링 그리고 리라우팅을 이용한 호전환을 각각 비교한다. 비교 항목으로는 타사 제품과의 연동과 시그널링 시간을 고려한다. 이 때 GK에 로드를 가하기 위해 호 생성기는 100ms 간격으로 호를 발생시켜 GK가 동시에 100개까지 호를 수행하도록 한다.

연동에 고려될 프로토콜 항목은 패스트커넥트, H.245 제어

채널, H.450.2, 다자간 회의 그리고 리라우팅 시그널링으로 구성된다. 이 중에서 H.245 제어 채널 시그널링 항목은 패스트커넥트 호라면, 분석된 제어 정보를 상속해야 수행된다고 보았다.



(그림 14) 실험망 구성도

<표 1> 연동(Inter-operability) 테이블

Protocol \ FT	Microsoft NetMeeting	Act IP Phone	PBX (GW)	LG IP Phone	LG SoftPhone
Fast Connect	○	○	○	○	○
H.245	○	○	○	○	○
Tunneling	○	○	○	○	○
H.450.2	■	■	○	■	○
Conference (Multi-Uncast)	■	■	■	■	○
Rerouting	■	○	○	○	○

<표 1>에서 패스트커넥트, H.245 시그널링 그리고 터널링은 모든 제품과 연동되었다. 하지만 Netmeeting과 Act IP Phone은 패스트커넥트와 터널링을 지원하지 않아 일반적인 H.245 시그널링 과정으로 제어 정보를 교환하고, TCP 연결을 2개 필요하였다. 나머지 GW, LG IP Phone, LG Softphone은 패스트커넥트 호를 수행하고, H.245 시그널링은 MSD 과정까지 수행하고, Q.931 시그널링의 논리 채널 정보를 상속받았다.

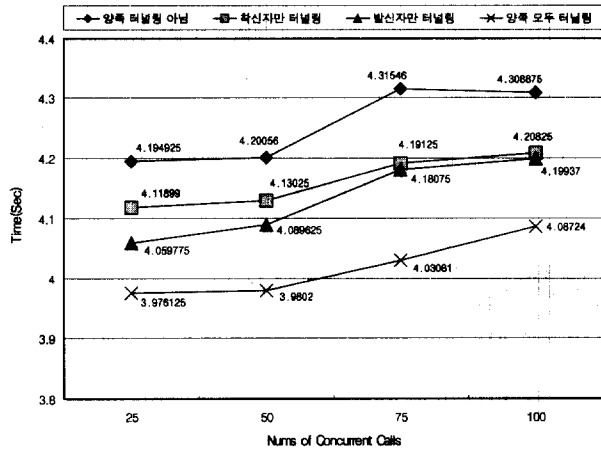
리라우팅 시그널링이 이용된 호전환은 Netmeeting을 제외한 모든 제품과 연동이 되었다. Netmeeting은 공백 입력력 집합 메시지에 CLC 메시지를 보내지 않았다. 하지만 리라우팅 시그널링은 H.323v2 이상 되는 단말이 필수로, 단말 입장에서 비교적 쉽게 스택에 추가될 수 있다.

반면에 다자간 회의 시그널링의 경우에는 GK(MC)가 보내는 CommunicationModeCmd 메시지에 따라 단말이 동작하지 않거나 멀티-유니캐스트 모드에 따라 논리 채널 설정 시

그널링을 수행하지 않아 호 전환이 수행되지 않았다. 즉, 단말이 현재 열고 있는 Outgoing 채널의 모드(Mode)가 CommunicationModeCmd에서 명시한 모드와 다른 경우에도 단말은 CLC 메시지를 보내지 않았다. 그리고 GK가 MP와의 시그널링을 지원하지 않는 환경에서 단말은 한번만의 OLC 시그널링을 수행하여 단말간의 논리 채널이 설정되지 않았다.

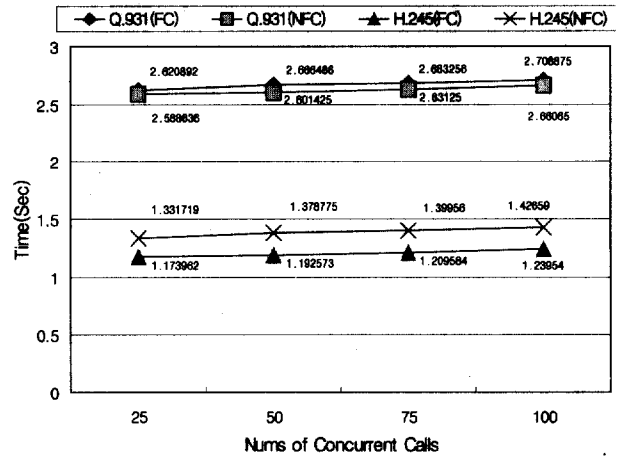
그리고 단말의 H.450.2 스택을 이용한 호 전환은 Netmeeting과 Act IP Phone이 H.450.2 스택을 구현하지 않아 해당 단말이 TRRSE와 TRDSE를 수행해야 되는 경우에 연동을 할 수 없었다. 그리고 LG IP Phone의 경우에는 TRRSE의 기능만을 구현하여 GK가 나머지 TRDSE와 TRTSE 기능을 수행하지 않으면 연동이 되지 않았다.

시그널링 시간은 터널링 유무시의 호 설정 시간, 패스트 커넥트 유무시의 호 설정 시간 그리고 호 전환 시간으로 나누어 측정한다. 호 설정 시간은 Q.931시그널링, H.245 시그널링으로 구성된다. Q.931 시그널링 시간은 발신자로부터 ARQ 메시지를 받고서 착신자로부터 Connect 메시지를 받을 때까지의 평균 시간으로 측정하는데, 착신자는 Setup 메시지를 받은 후 1초 후에 Connect를 보내도록 한다. H.245 시그널링 시간은 H.245 TCP 연결을 시도한 시점부터 제어 상태(그림 6)의 Qoa로 될 때까지의 평균 시간으로 측정한다.



(그림 15) 터널링에 따른 시그널링 시간

(그림 15)는 발신자와 착신자 간의 터널링에 따른 전체 호 설정 시간을 나타낸다. 그림에서 보듯이 발신자와 착신자 모두 터널링인 경우가 터널링을 하지 않은 경우보다 평균 0.23초 빨랐다. 왜냐하면 발신자와 착신자에 각각 한 개의 TCP 연결을 사용하여 Q.931과 H.245 시그널링을 수행했기 때문이다. 또한 발신자만 터널링 한 경우가 착신자만 터널링 한 경우보다 빠른 시그널링을 제공하였는데, 본 GK는 발신자에 Connect 메시지를 보낼 때마다 H.245 통신을 위한 Listen 소켓을 하나 생성하기 때문이다. 따라서 본 실험망에서 한 개의 TCP 연결은 평균 0.1초정도 시그널링 지연을 초래하므로 터널링이 빠른 시그널링을 제공해 주는 것을 알 수 있다.

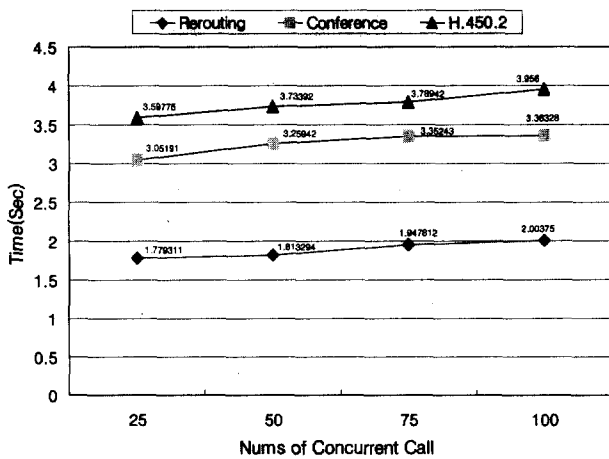


(그림 16) 패스트 커넥트에 따른 시그널링 시간

(그림 16)는 호 설정 과정을 Q.931과 H.245로 나누어 패스트 커넥트인 경우(FC)와 패스트커넥트가 아닌 경우(NFC)로 측정된 결과를 보여준다. 그림에서 보듯이 Q.931 시그널링 시간은 NFC인 경우가 FC인 경우보다 평균 0.04초 빨랐다. 왜냐하면 단말이 패스트커넥트를 수행하기 위해 RTP 소켓 생성과 같은 RTP 세션 처리과정을 Q.931 과정에 수행하기 때문이다. 생성하는 RTP 소켓은 Outgoing 채널의 RTCP 패킷을 받기 위해 1개, Incoming 채널의 RTP/RTCP 패킷을 받기 위해 2개를 생성한다. 반면에 H.245 시그널링 시간은 FC인 경우가 NFC인 경우보다 평균 0.18초 빨랐다. 왜냐하면 FC인 경우에 논리 채널 정보는 Q.931 시그널링에 생성된 정보가 상속되어 추가로 논리 채널 설정 시그널링을 필요하지 않기 때문이다.

결과적으로 패스트커넥트인 호를 터널링을 통해 수행하면 가장 빠른 호 설정 시간을 제공해 준다는 것을 알 수 있다. 이것은 호 전환 시에 터널링을 사용하면 더 빠른 호 전환이 가능한 것을 보여준다.

(그림 17)는 호 전환 시간을 언급된 세 가지 방법으로 비교한 결과를 보여준다. H.323 리라우팅을 사용한 호 전환은 Pause 시그널링, GK와 Transferred-to 간의 Q.931 시그널링 그리고 H.245 시그널링으로 구성된다. 다자간 회의를 사용한 호 전환은 GK와 Join하는 단말과의 Q.931 시그널링과 H.245 시그널링 그리고 멀티 유니캐스트 모드의 논리 채널 설정 시그널링으로 구성된다. 단말의 H.450.2 스택을 이용한 호 전환은 CT_init 시그널링과 Transferred와 Transferred-to간의 호 설정 시그널링으로 구성된다. 그림에서 리라우팅을 사용한 호 전환은 다자간 회의를 이용한 것보다 평균 1.4초, 단말의 H.450.2 스택을 사용한 것보다 평균 1.8초 빨랐다. 왜냐하면 다자간 회의의 시그널링 경우, 필요한 TCP 연결이 리라우팅 시그널링과 같지만 단말은 MC가 보내는 메시지에 따라 관련 RTP 세션 자원들을 지우고 멀티 유니캐스트 모드에 따라 RTP 자원을 다시 생성하기 때문이다. 그리고 단말의 H.450.2 스택을 사용하는 경우는 GK와 TRDSE 간에 새로운 Q.931 채널과 H.245 채널을 필요로 하기 때문이다.



(그림 17) 호 전환 시그널링 시간

6. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 IP 망에서 이동 단말의 핸드오프를 지원하기 위해 상의 응용 스택인 H.323을 Mobile IP와 같이 사용하였다. 제안된 시그널링을 테스트하기 위해 H.323 다자간 회의 스택, H.450.2 스택 그리고 H.323 리라우팅 스택을 구현하였다. 그리고 연동과 시그널링 지연 측면에서 성능을 비교하였고, 다음과 같은 결과를 얻었다.

이동 단말이 이동 전에 다자간 회의에 참석하고 있는 경우라면, H.323 다자간 회의의 시그널링은 핸드오프에 적합하다. 그리고 하나의 TCP 연결은 평균 100ms 지연을 초래하여서, 비록 단말이 H.450.2 스택을 구현하여 호 전환을 지원하여도 TCP 연결이 적은 다자간회의의 시그널링이 더 빠른 시그널링을 지원할 수 있음을 알 수 있었다.

하지만 연동시험에 사용된 5개의 시스템 중에 오직 1개의 시스템만이 다자간 스택을 구현하였기 때문에 다자간 회의의 시그널링을 이용한 핸드오프 연동은 어려움이 많았다. 반면에 H.323v2 스택의 필수 기능인 공백입출력집합 메시지 처리는 5개 중 4개 시스템에 구현되어 H.323 리라우팅 시그널링은 핸드오프에 적용되기에 적합하였다. 그리고 시그널링 시간 측면에서도 H.323 리라우팅 시그널링은 다자간 회의보다 적은 메시지 교환을 필요로 하여 평균 1.4 초의 시간을 단축할 수 있었다.

향후 연구는 (그림 10)의 RAS 관리자와 Mobile IP와의 연동을 구현하는 것이다. 하지만 H.323 첨부 H는 아직 표준화가 더 필요한 상태이다. 그래서 H.225v2의 GRQ, RRQ 메시지의 "Nonstandard" 필드를 이용하여 Mobile IP와의 연동을 구현할 예정이다.

참고 문헌

[1] ITU-T Rec H.323 Annex H, "H.323 Mobility Architecture and Protocol for Terminal, User, Service Mobility," Feb. 2000.

[2] ITU-T Rec. H.450.1, "Generic functional protocol for the support of supplementary services in H.323," Feb. 1998.
 [3] ITU-T Rec. H.450.2, "Call transfer supplementary service for H.323," Feb. 1998.
 [4] ITU-T Rec. H.323v2, "Packet Based Multimedia Communication Systems," Feb. 1998.
 [5] ITU-T Rec. H.245v4, "Control Protocol for multimedia Communication," Feb. 1998.
 [6] Oliver Hersent, David Curle, Jean-Pierre Petit, "IP Telephony : Packet-based multimedia communication systems," Addison Wesley, 2000.
 [7] C. E. Perkins, "Mobile IP : Design Principles and Practice," Addison-Wesley, 1998.
 [8] ITU-T Rec. H.225v2, "Call Signaling Protocols and Media Stream Packetization for Packet Based Multimedia Communications Systems," Mar. 1997.
 [9] Jonathan Davidson, James Peters, "Voice over IP Fundamentals," Cisco Press, 2000.
 [10] Wanjiun Liao, "Mobile Internet telephony : Mobile extension to H.323," Proceedings of the IEEE INFOCOM'99 - Volume 1, V.1, 1999.
 [11] A. G. Valko, A. T. Campell, J. Gomez, "Cellular IP," Internet Draft, Columbia University, November, 1998.
 [12] A.T. Campbell, J. Gomez, "An overview of Cellular IP," WCNC. pp.606-610, Vol.2, 1999.
 [13] Marks S. Taylor, Willian Waung, Mohsen Banan, "Inter-network Mobility : The CDPD Approach," Prentice Hall, 1997.
 [14] S. Redl and M. Weber, "An Introduction to GSM," Artech House, 1995.
 [15] Robert Wright, "IP Routing Primer," Cisco Press, 1998.



이영신

e-mail : youngsinlee@lge.com
 1996년 충북대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
 1998년 연세대학교 대학원 컴퓨터과학과 (공학석사)
 1998년~1999년 사이버토그(주) 자연어처리 연구소 연구원

1999년~현재 : LG전자/정보통신 네트워크연구소 주임 연구원
 관심 분야 : IP Telephony, Softswitch, Mobile IP



최기우

e-mail : gmchoi@lge.com
 1988년 연세대학교 전기공학과(공학사)
 1997년 한국과학기술원 정보통신학과 (공학석사)
 1988년~현재 LG전자/정보통신 네트워크연구소 책임 연구원

관심분야 : IP Telephony, Home Networking, 통신 프로토콜, Wireless ATM, 성능분석