

# 단말혼합 방법을 이용하는 다자간 VoIP의 설계 및 구현

이성민<sup>†</sup>, 이건배<sup>\*\*</sup>

## 요 약

VoIP(Voice over IP)는 인터넷과 같은 IP 망에서 음성과 영상을 전송하기 위한 기술이며, 차세대 망에서의 음성, 영상, 데이터 통신을 위한 최적 기술로 부상하고 있다. 따라서 VoIP 응용은 인터넷 망을 이용하는 다양한 단말기들 사이의 음성 및 영상 통신을 위하여 많이 사용되어 질 것으로 예상된다. 본 논문에서 구현되는 다자간 VoIP는 단말혼합 방법을 이용하였기 때문에 회의 서버 없이도 다자간 회의가 가능하다는 장점을 가지고 있다. 이 다자간 VoIP는 SIP 표준에 근거하여 개발 되었으며, 비대칭 NAT에서의 운용을 위하여 STUN을 지원한다. 본 논문의 특징은 새로운 미디어 처리부를 가진 단말혼합 방법을 이용하기 때문에 미디어 정보를 중복해서 전달 받지 않고 계층적 다자간 회의가 가능하다. 또한, 계층적 다자간 회의 운용 시 미디어 혼합기능을 수행 중인 단말기가 회의를 떠날 때 전체 회의가 분리되는 단점을 해결한다.

## Design and Implementation of Multipoint VoIP using End-point Mixing Model

Sung-min Lee<sup>†</sup>, Keon-bae Lee<sup>\*\*</sup>

## ABSTRACT

VoIP (Voice over IP) is a technology to transport video and voice traffic over IP networks such as Internet. Today, the VoIP technology is viewed as the right choice for providing voice, video, and data communication among various terminals over the next generation network. This paper discusses a multipoint VoIP implementation with end-point mixing model which can support multipoint conference without a conference bridge. The multipoint VoIP is implemented with SIP (Session Initiation Protocol), and supports STUN (Simple Traversal of UDP Through NATs) since it works in an asymmetric NAT (Network Address Translator) environment. The characteristics of this paper are as follows. It is possible that all terminals in the hierarchical conference don't receive the duplicated media information because we use the end-point mixing model with the new media processing module. And, the paper solves the problem that the hierarchical conference session should be separated into several sessions when a mixing terminal terminates the hierarchical conference session.

**Key words:** VoIP, SIP, NAT, Multipoint(다자간) VoIP, Embedded System(임베디드 시스템)

## 1. 서 론

컴퓨터 프로세서 기술의 급격한 발전과 더불어 고

속 통신망 기술의 발전에 따른 인터넷의 급속한 확산은 네트워크를 이용한 다양한 정보통신 응용 서비스 개발의 촉진제가 되어 창조적이고 다양한 네트워크

※ 교신저자(Corresponding Author): 이건배, 주소: 경기도 수원시 영통구 의의동 산 94-6(442-760), 전화: 031) 249-9799, FAX: 031)244-6300, E-mail: kblee@kyonggi.ac.kr  
접수일: 2006년 7월 28일, 완료일: 2007년 2월 13일

<sup>†</sup> 준회원, 경기대학교 대학원 전자공학과 박사과정  
(E-mail: forsungmin@kyonggi.ac.kr)

<sup>\*\*</sup> 정회원, 경기대학교 전자공학전공 교수  
※ 본 연구는 2005학년도 경기대학교 학술연구비(일반연구 과제) 지원에 의하여 수행되었음.

응용 서비스들이 연구 개발되고 있다. 이러한 정보 통신 환경의 변화는 다양한 멀티미디어 서비스가 가능한 통합 네트워크 환경으로 발전할 것을 요구하고 있으며, 오디오 및 비디오 등을 통합한 복합적인 서비스를 제공하기 위하여 다양한 통신 프로토콜들과 응용 서비스들이 연구, 개발되고 있다. 특히 지역적으로 떨어져 있는 사용자들이 대화 형식으로 회의를 진행하기 위한 VoIP(Voice over IP) 서비스는 이와 같은 멀티미디어를 활용하는 네트워킹 환경에서 매우 중요하고 활용도가 높은 분야로 손꼽히고 있다 [1,2]. 특히 셋 또는 그 이상의 사용자가 동시에 연결되어지는 다자간 VoIP 서비스는 기술적인 어려움과 복잡성으로 인해 오랜 기간 동안 연구되고 있지만 앞으로도 더욱 체계적으로 연구되어야 할 중요한 분야의 하나이다.

이러한 다자간 VoIP 시스템을 구성하기 위하여 필요한 기본적인 프레임워크와 프로토콜에 대하여 ITU-T(International Telecommunication Union-T)와 IETF (Internet Engineering Task Force)에서는 국제 표준으로 권고하고 있으며 일부는 현재 표준화 작업을 진행 중에 있다. 대표적인 것으로 ITU-T H.323 시리즈는 인터넷에서 멀티미디어 회의를 할 수 있도록 하기 위한 ITU-T의 권고이며[3], IETF SIP (Session Initiation Protocol)는 세션을 설정하고 제어하기 위한 프로토콜로서 다자간 회의 시스템에 적합한 IETF의 표준이다[4]. 1990년대 말까지는 H.323을 이용한 회의 시스템과 서비스들이 많이 연구 개발되었으나, 최근에는 SIP를 이용하는 방법들이 많이 연구되어지고 있다[1-4]. 현재, SIP기반 회의시스템 관련 표준기술 개발은 IETF의 SIPPING (Session Initiation Proposal Investigation) 워킹 그룹 및 XCON (Centralized Conferencing) 워킹 그룹을 중심으로 진행 중에 있다.

SIP에서 회의 기본 모델 들은 회의서버를 이용하지 않는 단말혼합 방법[5] 및 회의서버를 이용하는 방법[6,7]으로 크게 구분된다. 단말혼합 방법에 의한 다자간 회의는 단말기가 다자간 미디어 및 호 설정을 처리할 능력이 필요하기 때문에 단말기가 복잡해지는 단점이 있으나 회의 서버 없이도 다자간 회의가 가능하다는 큰 장점을 지니고 있다.

단말혼합 방법을 이용하는 본 시스템의 특징은 다음과 같다. 첫째, 혼합 방법을 지원하는 단말기에서

기존에 사용하는 미디어처리부에서는 수신되는 모든 미디어 정보들을 혼합하여 전송하는 구조를 가지고 있다. 따라서 혼합된 미디어 정보를 수신한 단말기는 혼합된 미디어 정보 값에 자신이 전송한 미디어 정보가 포함되어 있다는 단점을 가지고 있다. 이는 다자간 회의를 계층적으로 확장할 시 심각한 문제점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서 제안한 새로운 미디어 처리부를 이용하면 혼합된 미디어 정보에 자신의 정보 및 중복된 미디어 정보가 포함되지 않기 때문에 계층적 다자간 회의로의 확장 시 발생하는 미디어 중복 수신문제가 해결 된다. 또한 단말혼합 방법은 다자간 회의 시 SIP 호를 완전히 분리하여 사용하기 때문에 SIP의 확장 없이 다자간 회의를 쉽게 운용할 수 있다. 따라서 새로운 미디어 처리부를 가지는 단말혼합 방법을 이용하여 계층적 다자간 회의를 쉽게 운용할 수 있다. 둘째, 단말혼합 방법을 이용한 계층적 다자간 회의에서 미디어 혼합 기능을 수행 중인 단말기가 회의를 떠날 때 그 단말기를 통하여 연결 되어진 단말기 들이 서로 분리되어 전체 회의가 분리된다는 단점이 있다. 본 논문에서 제안한 방법을 이용하면 계층적 다자간 회의의 경우에도 미디어 혼합기능을 수행 중인 단말기가 회의를 떠날 때 전체 회의가 분리되지 않는다.

이러한 특징을 가지고 비대칭 NAT (Network Address Translator) 환경에서 다자간 음성통신이 지원되는 다자간 임베디드 VoIP 시스템을 소개한다. 상호 운용성을 지원하기 위해서 IETF의 SIP 표준안으로 동작하면서, 다자간 음성 통신을 지원하기 위하여 단말혼합 방식을 이용하였으며, 임베디드 환경에서 시스템을 설계하고 구현하였다. VoIP 기능을 소프트웨어적으로 구현하는 경우, 전용 컴퓨터 상에서만 사용 가능하므로 물리적으로 시간적, 공간적인 제약 받을수 밖에 없다. 그러나, 이를 임베디드 단말기 형태로 구현하는 경우, 소형 VoIP 단말기가 가능함으로써, 휴대성이 용이하고, 시간과 공간적인 제약 조건을 뛰어넘어 사용이 편리하다는 장점이 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 SIP와 NAT에 대하여 설명하고 3장에서는 SIP에서의 다자간 회의 방법들을 소개한다. 4장에서는 기존의 단말혼합 방법을 이용한 다자간 VoIP를 소개하고 문제점들을 제시한다. 5장에서는 문제점 해결 방안 및 실험 결과를 소개한다.

## 2. SIP와 NAT

### 2.1 SIP의 소개 및 구성

SIP는 IETF에서 제안한 프로토콜로서, 응용 프로그램들 간의 세션 초기화를 위한 프로토콜이다. SIP는 IETF의 인터넷 프로토콜들을 이용할 수 있기 때문에 기능 구현과 서비스 유지 보수가 쉽고, 확장이 용이하여 최근 차세대 인터넷 전화 표준 기술로 급속하게 확산되고 있다[4].

SIP 시스템은 세션 및 미디어 정보 설정을 위한 SDP (Session Description Protocol), 세션을 위한 메시지 헤더와 바디의 생성 및 분석과 관련된 SIP 제어부, 음성 및 영상 코덱, 멀티미디어 전송을 위한 RTP (Real-time Transport Protocol) 및 RTCP (Real-time Transport Control Protocol)로 구성된다. IETF는 SIP가 단순한 세션 설정 표준이 되도록 설계하였으며, 미디어 전송 및 미디어 표현을 위하여 다른 표준을 사용할 수도 있다[8-10].

### 2.2 NAT의 종류 및 NAT에서의 SIP 운용 방법

NAT는 공개된 인터넷과 사설망 사이에 방화벽 등을 설치하여 외부 공격으로부터 사용자의 통신망을 보호하는 기본적인 수단으로 활용되는 네트워크 환경이다. 외부 통신망과 연결하는 장비인 라우터에 NAT를 설정하는 경우 라우터는 자신에게 할당된 공인 IP 주소만 외부로 알려지게 하고, 내부에서는 사설 IP 주소만 사용하도록 하여 필요시에 이를 서로 변환하여 운용한다. 그림 1은 기본적인 NAT 환경을 나타낸다.

NAT를 사용하는 라우터를 만나면 이 패킷은 시작점 주소나 목적지 주소가 외부에 알려지는 공인 IP 주소 및 포트 등으로 변화하게 된다. 이 때문에

NAT 환경에서의 SIP 운용에는 크게 다음의 세 가지의 문제점이 있다. 첫째, 경유(via) 헤더의 IP 주소가 NAT 환경 내부의 주소이며, 실제 상대방에게 알려지는 주소는 NAT가 이용하는 공인 IP 주소로 서로 다르다. 따라서, 호를 수신하는 곳이 정상적으로 그 호에 대한 응답을 할 수 없다. 둘째, 접촉(contact) 헤더의 IP 주소와 상대방이 응답해야하는 공인 IP 주소와 서로 다르다. 셋째, SDP에 포함되어 있는 미디어의 송수신에 관련되는 주소가 실제 상대방이 보내야 하는 공인 IP 주소와 서로 다르다.

이러한 문제점 때문에 NAT에서의 SIP 운용에 있어서는 기존의 방법과는 다른 방법을 이용해야 하며, 이를 위하여 제안된 프로토콜이 바로 STUN (Simple Traversal of UDP Through NATs)이다. STUN은 네트워크 환경에서 NAT의 존재와 종류를 알 수 있도록 해주는 프로토콜이다. STUN 프로토콜을 지원하는 단말기는 인터넷 상에 있는 STUN 서버에게 여러 차례의 질문을 통해 NAT의해 사용된 공인 IP 주소와 포트번호를 알 수 있으며 이를 통해 메시지 내의 사설 IP 주소와 포트 번호를 바꾸어 이용할 수 있다. 따라서 NAT 설정 값의 변경 없이 SIP 신호 메시지와 음성 및 영상 트래픽이 NAT상에서 송수신 하는 것이 가능하다[11].

NAT는 표 1과 같이 간단히 비대칭형 NAT(1:N 매핑)와 대칭형 NAT(1:1 매핑)로 분류할 수 있다. 이 중 STUN은 비대칭형 NAT에서 운용할 수 있으며, 대칭형 NAT에서는 TURN 프로토콜을 이용하여 메시지 중계 서비스를 받으면 이용할 수 있다. 본문에서는 현재 가장 많이 활용되고 있는 비대칭형 NAT에서의 SIP 운용을 위한 STUN 프로토콜의 적용에 관하여 기술한다.

표 1. NAT의 분류

분류	종류	비고
비대칭형 (1:N 매핑)	풀콘형	NAT 외부 포트 : 모든 단말기
	제한형	NAT 외부 포트 : 관련 단말기
	포트 제한형	NAT 외부 포트 : 포트가 허용된 관련 단말기
대칭형 (1:1 매핑)	대칭	NAT 외부 포트 : 포트가 허용된 관련 단말기

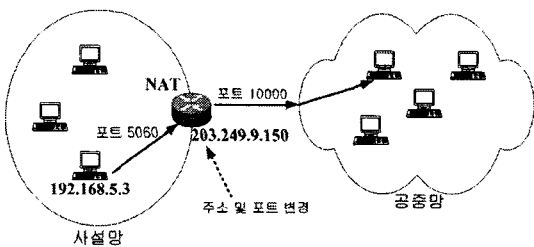


그림 1. 기본적인 NAT 환경

2.3 STUN을 이용한 비대칭 NAT에서의 SIP 세션 설정 과정

STUN을 이용하여 비대칭 NAT에서 SIP의 세션 설정 과정은 STUN을 사용하지 않는 과정과 거의 동일하다. 그러나, STUN을 이용할 경우에는 NAT 내부에서 사용하는 자신의 주소 및 포트 정보가 NAT를 통과할 때 어떻게 변경되는지 아는 과정이 필요하며, 이러한 작업은 바인드 요청 (Bind Request)과 바인드 응답 (Bind Response) 메시지를 교환하는 과정에서 이루어진다. 그림 2는 UA (User Agent)가 서버에게 자신의 주소를 등록할 때 NAT에서 사용하는 공인 IP를 이용하여 등록하는 과정을 보여준다.

STUN을 이용한 SIP에서의 세션 설립 과정은 자신이 사용하는 미디어의 모든 포트 번호를 알아내는 과정으로 시작된다. VoIP에서는 기본적으로 음성 및 영상의 2개의 미디어를 사용하여 각각의 미디어 포트가 NAT에서 어떻게 매핑이 되어 있는지 알아낼 필요가 있다. 따라서, SIP 세션 설립 과정은 두 번의 바인드 요청 메시지를 전송하여 2개의 미디어 포트를 구하며, 이후의 세션 설립 요청은 STUN을 이용하지 않는 방법과 동일하다. 또한, 세션 설립 요청을 받은 UA 역시 NAT 내부에서 사용되는 경우이면 자신이 사용할 공인 IP 주소 및 매핑 된 포트 번호를 알아내야 한다. 이 경우도 역시 바인드 요청 메시지의 교환을 통하여 이루어진다. 그러나, 세션을 종료하는 과정은 공인 IP 주소 등을 따로 얻을 필요가 없기 때문에 별도의 과정이 필요 없이 일반적인 SIP의 세션 종료 과정과 동일하다. 그림 3은 STUN을 이용한 SIP에서의 세션 설립 과정을 나타낸다.

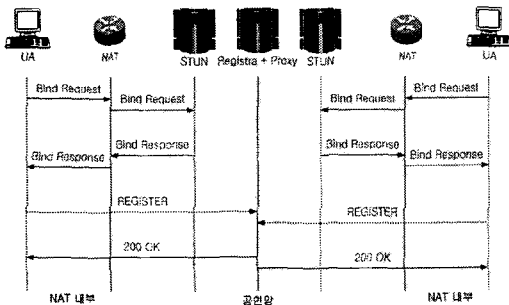


그림 2. STUN을 이용한 UA의 등록 과정

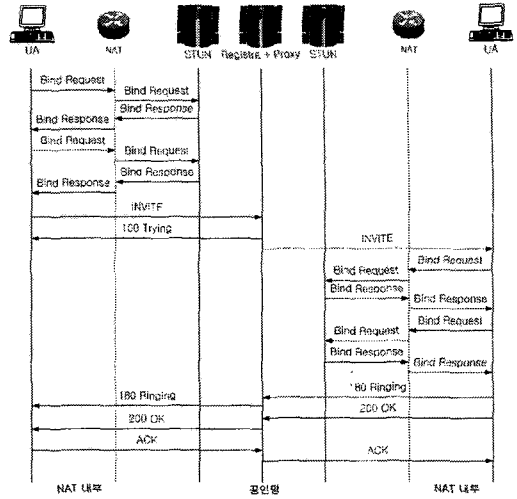


그림 3. STUN을 이용한 SIP 세션 설립 과정

3. SIP에서의 다자간 회의

현재, SIP 기반 회의 시스템 관련 표준기술 개발은 IETF의 SIPPING 워킹 그룹 및 XCON 워킹 그룹을 중심으로 진행 중에 있다. 이 중, SIPPING 워킹 그룹은 빠른 표준화 작업을 위해 회의 디자인팀을 구성하여 2002년 가을부터 표준화를 진행 하고 있다[12]. 또한, 회의의 기본 모델을 서버 기반의 밀결합 회의 구조로 기술한 중앙 집중식 회의 프레임 워크에 대한 표준화가 진행 중이다. 클라이언트와 서버간의 호는 SIP를 이용하여 설정하거나 해지하며, 오디오, 비디오 정보는 RTP를 통해 전송하는 것을 기본으로 하고 있다. 이러한 회의 기본 모델 들은 크게 단말혼합 방법, 집중식 방법, 분산식 방법으로 구분되며, 이를 설명하면 다음과 같다.

3.1 단말혼합 방법

다자간 회의를 구현하는 방법은 크게 단말혼합 방법, 집중식 방법, 분산식 방법으로 분류된다. 단말혼합 방법에 의한 다자간 VoIP가 그림 4에 도시되어 있다. 이 방법은 일대일 VoIP를 수행하고 있는 상황에서 새로운 단말기가 참가한 경우이며, 회의 서버가 필요 없이 다자간 회의가 가능하다는 장점이 있는 반면에 단말기가 다자간 미디어 및 신호를 처리할 능력이 필요하기 때문에 단말기가 복잡해지는 단점

이 있다. 예를 들어, 단말혼합 회의모델은 사용자 'Kim'이 사용자 'Lee'를 호출하여 회의를 진행하다가 사용자 'Park'을 회의에 참여시키기로 결정하는 경우 이루어지며, 이 경우 사용자 'Kim'의 단말 시스템은 미디어를 믹싱하고 다자간 신호를 처리할 능력이 있어야 한다. 사용자 'Park'을 회의에 참여시키기 위하여 사용자 'Kim'은 SIP 호를 완전히 분리하여 사용자 'Park'에게 호출을 한다. 이 호는 다른 호식별자(Call-ID)와 다른 태그값을 갖게 된다. 이 경우 사용자 'Lee'와 'Park' 사이에는 직접적인 호 설정이 존재하지 않으며, SIP의 확장이나 외부적인 신호가 요구되지 않는 특징이 있다. 즉, 사용자 'Kim'은 단순히 2개의 다이얼로그를 지역적으로 연결하는 역할을 한다. 사용자 'Kim'이 'Lee'와 'Park'으로부터 미디어 스트림을 수신하게 되면 그것들을 'Kim'의 단말기가 믹싱한다. 'Kim'은 자신과 'Park'의 스트림을 포함하는 믹스된 스트림을 'Lee'에게 보내고, 같은 방법으로 'Kim' 자신과 'Lee'의 스트림을 포함하는 믹스된 스트림을 'Park'에게 보낸다. 기본적으로 사용자 'Kim'이 제어신호와 미디어 믹싱 두 가지를 모두 담당한다. 그림 4는 단말혼합 회의 모델의 구성 형태를 보이고, 그림 5와 그림 6은 새로운 참여자를 회의에 초대하는 절차와 새로운 참여자가 회의에 참가 하는 절차를 보인다.

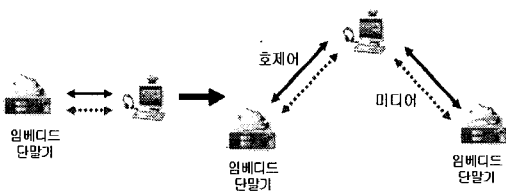


그림 4. 단말혼합 방법

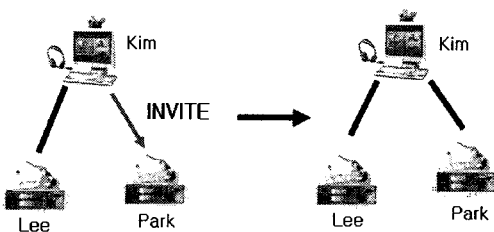


그림 5. 단말혼합 방법에서 새로운 참여자의 초대

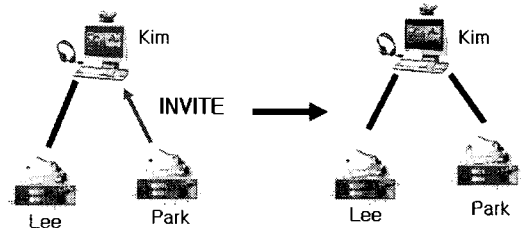


그림 6. 단말혼합 방법에서 새로운 사용자의 회의 참가

### 3.2 집중식 방법

집중식 방법에 의한 다자간 VoIP는 그림 7과 같다. 이러한 방법은 회의 서버가 필요하다는 단점이 있지만 단말기가 간단하다는 장점을 가지고 있다. 집중식 방법에는 다이얼-인 회의와 다이얼-아웃 회의가 있으며, 다이얼-인 회의는 3명 이상의 사용자가 회의를 하고 있는 도중에 새로운 회의 참가자가 회의를 참가 요청을 하는 경우이다. 다이얼-인 회의는 참가자가 주체가 되어 회의에 참가하는 방법으로, 다이얼-인 회의 서버는 일반적인 보통 SIP UA처럼 동작한다. 사용자가 서버를 호출하면, 서버는 회의에 참가 중인 각 사용자가 연결하고 있는 SIP 연결점을 알려준다. 같은 회의에 접속한 사용자로부터 미디어를 수신한 서버는 미디어들을 믹싱하고, 각 참석자들에게 각각 믹스된 스트림을 전송해준다. 다이얼-아웃 회의는 3명 이상의 사용자가 회의를 하고 있는 도중에 새로운 회의 참가자를 초청하여 회의에 참가시키고자 할 경우이다. 다이얼-인 회의 모델이 참가자가 주체가 되는 것에 비교하여 다이얼-아웃 회의 모델은 서버가 주체가 되어 회의를 개설하고 참가자를 회의에 참여시키는 방법이다. 서버는 회의에 참여시킬 사용자를 선택하고, 초청하기 위하여 초대 (INVITE) 메시지를 전송한다.

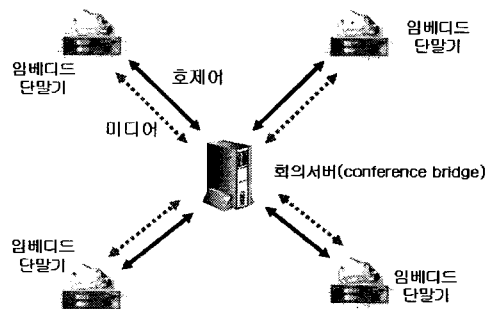


그림 7. 집중식 방법

### 3.3 분산식 방법

분산식 방법에 의한 다자간 VoIP가 그림 8에 도시되어 있다. 이 방법은 신호에 관련된 부분은 회의 서버가 담당하고 미디어에 관한 부분은 각 단말기가 직접 처리하는 특징을 가지고 있다. 즉, 미디어는 참가자들 간에 직접 주고받으며, 미디어를 주고받는 방식은 멀티-유니캐스트를 통하여 이루어질 수도 있고, 멀티캐스트를 이용할 수도 있다. 이 방법을 이용하면 중앙 집중식 모델의 관리 및 서비스가 용이한 점을 살리고, 미디어 부분을 SIP UA에서 처리하도록 하여 서버의 부하가 커지는 단점을 해결한다.

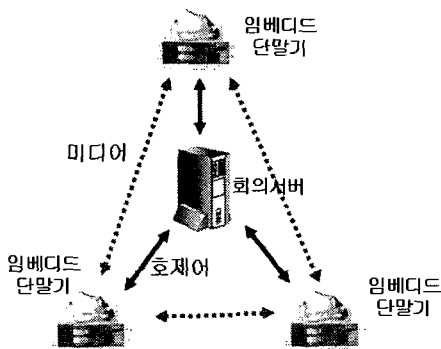


그림 8. 분산식 방법

## 4. 단말혼합 방법을 이용한 다자간 VoIP

### 4.1 SIP UA의 구성 및 환경

본 논문에서 구현된 UA는 IETF 표준인 RFC 3261에 따라 설계되고 구현되었으며, 임베디드 환경에 맞게 임베디드 리눅스에서 운용될 수 있도록 구현하였으며, 비대칭 NAT에서 운용이 가능하도록 UA 내부에 STUN 프로토콜 처리부가 추가되었다. 그림 9는 임베디드 환경에서 운용되는 UA의 구성도이다.

UA는 SIP 헤더부, SIP 바디를 위한 SDP부, RTP/RTCP부, 음성 및 영상 코덱부, 그리고 STUN 부로 구성된다. SIP 헤더부는 SIP 메시지의 생성 및 분석을 수행하며, SDP부는 SDP 메시지의 생성, 분석, 미디어 능력 교환을 담당한다. RTP/RTCP부 및 음성/영상 코덱부는 미디어의 실시간 전송을 담당하며, STUN부는 NAT에서의 공인 IP 및 포트의 정보를 찾아서 SIP 헤더부로 넘겨준다.

Audio (G.729, G.723)	Video (H.261, H.263)	SIP (RFC 3261)	STUN (RFC 3849)
RTP/RTCP (RFC 1889, RFC 1890)		SDP (RFC 3264)	
TCP/IP			

그림 9. SIP UA의 구성도

### 4.2 SIP UA의 계층적 구현

SIP UA는 SIP 모듈을 구현하기 위하여 그림 10과 같이 4개의 계층 및 STUN 메시지 처리 계층으로 구성하여 구현하였다.

트랜잭션 유저 계층은 UA에서 만들어진 상대방과의 트랜잭션을 목적 IP 주소와 포트 번호 등을 참조하여 전달 계층으로 보내는 일을 담당하며, 실제 사용자가 직접 이용하는 부분이다. 트랜잭션 계층은 트랜잭션 유저 계층에서 만들어진 초대 신호 등을 처리하여 만들어지는 초대 트랜잭션과 등록(REGISTER) 등 비초대(Non-INVITE) 메시지 등을 처리하여 만들어지는 비초대 트랜잭션으로 구분되어 생성이 되며, 각각의 트랜잭션에서 UAC와 UAS의 처리 과정이 달라진다.

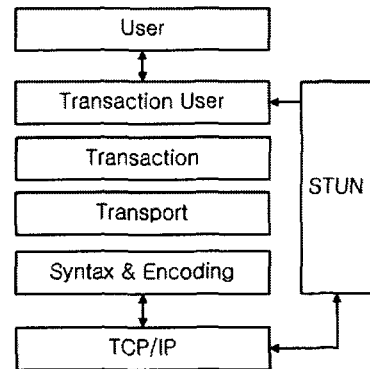
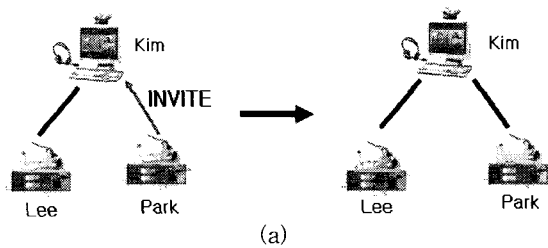


그림 10. SIP UA의 계층 구조

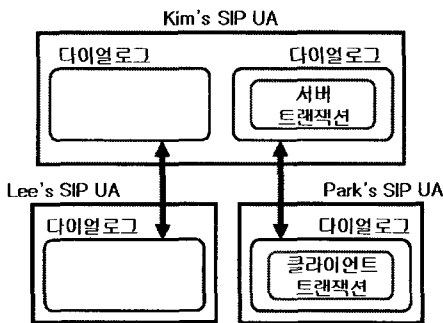
### 4.3 단말혼합 방법에서 SIP UA 내부의 다이얼로그(dialog)와 트랜잭션의 관계도

단말혼합 방법에서 기존의 일대일 회의에 새로운 참가자가 참가하게 되면 그림 11의 (a)와 같이 다자간 회의가 형성되며, 이 경우 미디어를 혼합하는 단말기는 2개의 다이얼로그가 만들어진다. 예를 들어, 그림 11의 (b)에서와 같이 단말기 'Kim'은 2개의 다

이얼로그가 만들어 진다. 첫 번째 다이얼로그는 'Kim'과 'Lee' 사이의 다이얼로그이며, 두 번째 다이얼로그는 'Kim'과 'Park' 사이의 다이얼로그이다. 이 경우 'Lee'와 'Park'의 단말기는 1개의 다이얼로그를 가지고 있다. 각 다이얼로그에서는 필요 시 트랜잭션이 생성되고 소멸된다.



(a)



(b)

그림 11. 단말혼합 방식에 의한 다자간 회의: (a) 기존 회의에 새로운 사용자의 참가, (b) SIP UA 내부의 다이얼로그와 트랜잭션의 관계도

#### 4.4 단말혼합에 의한 다자간 회의에서의 미디어 처리

##### 4.4.1 일대일 회의에서 미디어 처리부

그림 12는 일대일 회의에서 미디어 정보를 교환하기 위한 미디어 처리부의 구성도이다. 미디어 처리부는 카메라 또는 마이크로로부터 디지털 미디어 정보를 입력받아 이를 압축한다. 압축한 정보는 RTP 전송부를 이용하여 상대 단말기에게 전송한다. 상대 단말기로부터 전달 받은 정보를 수신한 RTP 수신부는 이를 미디어 복원부에 전달하고 미디어 복원부는 이를 복원하여 디지털 미디어 정보를 생성한 후 이를 데이터 출력부에 전달한다.

##### 4.4.2 단말혼합 방법에서 기존의 미디어 처리부

그림 13은 단말혼합 방법을 지원하는 단말기의 기

존의 미디어 처리부를 도시한 그림이다. 단말혼합 방법을 이용하면 회의서버 없이 다자간 회의가 가능하며, 그림 13은 3대의 단말기로부터의 미디어 정보들을 처리할 수 있는 미디어 처리부이다[5]. 최대 3대의 단말기로부터의 전달 받은 미디어 정보 및 자신의 미디어 정보를 혼합하여 이 정보를 자신 및 최대 3대의 단말기에 전송하는 구조이다. n명의 단말기와 연결이 가능한 미디어 처리부는 그림 13의 그림을 확장하여 쉽게 구성할 수 있다. 즉, RTP 수신부, 미디어 복원부, RTP 전송부가 각각 n개 있어야 하며 n+1개의 정보들을 혼합하는 믹서, 그리고 데이터 입력부, 출력부, 미디어 압축부로 구성되어 있다.

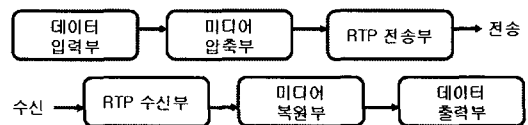


그림 12. 일대일 회의에서의 미디어 처리부

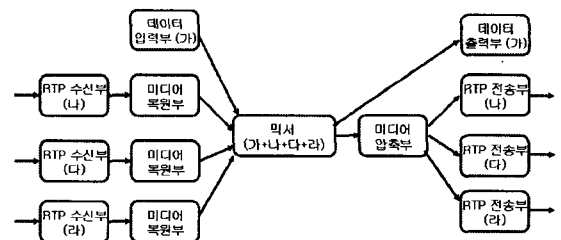


그림 13. 단말혼합 방법을 지원하는 단말기의 미디어 처리부

#### 4.5 단말혼합에 의한 다자간 회의에서의 문제점

그림 14는 그림13의 미디어 처리부를 가진 단말기 A를 이용한 다자간 회의를 도시한 그림이다. 단말기 A는 각각의 단말기로부터의 미디어 정보 및 자신의 미디어 정보를 혼합하여 이를 자신 및 나머지 단말기 (B, C, D)에 전송한다. 모든 단말기는 (A+B+C+D) 정보를 (A의 미디어 정보, B의 미디어 정보, C의 미디어 정보 및 D의 미디어 정보를 혼합한 값) 수신한다. 이 방법의 단점은 혼합된 정보 값에 자신의 정보가 포함되어 있다는 점이다. 이 방법을 적용하면 구현이 비교적 쉽다는 장점이 있는 반면에 음성의 경우 혼합된 목소리에 자신의 목소리가 포함된다는 단점을 가지고 있다. 예를 들어 단말기 B는 자신의 음성 B를 전송하지만 단말기 A에 의하여 전달 받은 음성은 단말기 A, B, C, D의 음성들을 혼합한 음성이다.

즉, 자신의 음성인 B도 혼합되어 전달 받게 된다.

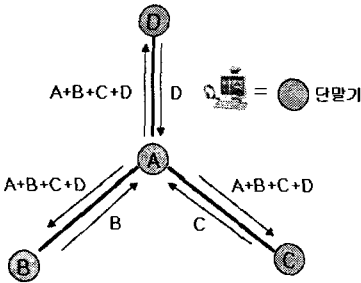


그림 14. 그림 13의 미디어 처리부를 가진 단말기를 이용한 다자간 회의

그림 15는 그림 13의 미디어 처리부를 가진 단말기들을 이용하여 계층적 다자간 회의가 구성된 예이다. 기존의 다자간 회의에 새로운 사용자가 미디어 혼합 기능이 비활성 상태인 단말기(그림 14의 B, C, D)에 연결을 요청하면 다자간 회의는 계층적 다자간 회의로 변환된다. 예를 들어 새로운 사용자 I와 J가 기존의 사용자 D에게 연결을 요청하여 허락되면 그림 14의 다자간 회의는 그림 15와 같이 계층적 회의로 변환된다. 이 경우 단말기 D는 미디어 혼합기능이 활성화 된다.

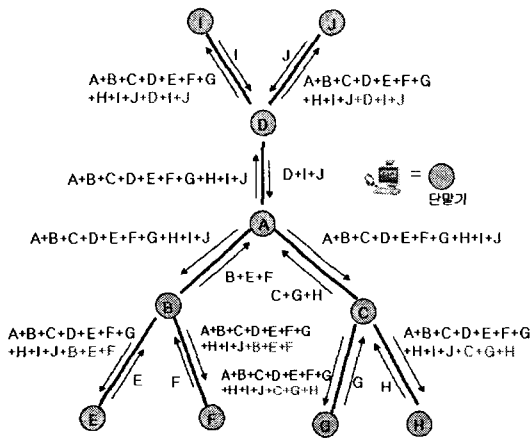


그림 15. 그림 13의 미디어 처리부를 가진 단말기를 이용한 계층적 다자간 회의

그림 15에서 각 단말기의 화살표 입력은 상대 단말기로부터 입력되는 미디어 정보이며 화살표 출력은 상대 단말기에게 출력되는 미디어 정보 값이다. 예를 들어 단말기 A는 단말기 D로부터 (D+I+J) 정보

(D의 미디어 정보, I의 미디어 정보 및 J의 미디어 정보를 혼합한 값) 전달 받고 단말기 D에게 (A+B+C+D+E+F+G+H+I+J) 정보를 전달한다. 위의 예에 도시된 바와 같이 같은 정보를 중복해서 받는 에코 현상이 발생함을 알 수 있다. 예를 들어 단말기 E의 경우 단말기 B로부터 전달받은 값에 B, E, F의 값이 중복해서 있음을 알 수 있다.

단말혼합 방법의 두 번째 단점은 미디어 혼합기능을 수행 중인 단말기가 회의를 떠날 때 그 단말기를 통하여 연결 되어진 단말기들이 서로 분리되어 전체 회의가 분리되는 점이다. 예를 들어 그림 15에서 단말기 A가 회의를 떠나면 그림 16과 같이 단말기 A를 통하여 간접 연결되어진 단말기 B, C, D의 연결 구조도 끊어지기 때문에 전체회의는 3개로 분리된다.

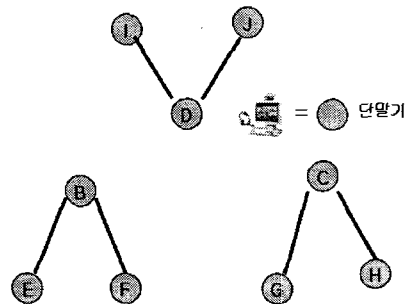


그림 16. 참가자의 탈퇴 시 전체회의가 3개의 회의로 분리되는 현상

## 5. 계층적 다자간 VoIP에서의 문제점 해결 방안 및 실험 결과

### 5.1 계층적 다자간 VoIP에서 미디어 중복수신 문제 해결 방안

그림 17은 계층적 다자간 회의로의 확장 시 미디어 중복수신 문제점을 해결하기 위하여 새롭게 제안한 미디어 처리부를 도시한 그림이다. 그림 17은 3대의 단말기로부터 미디어 정보들을 받아 처리할 수 있는 미디어 처리부이다. 최대 3대의 단말기로부터의 전달 받은 미디어 정보 및 자신의 미디어 정보를 선택적으로 혼합하여 이를 자신 및 최대 3대의 단말기에 전송하는 구조이다. 예를 들어 RTP 전송부(나)를 통하여 전송되는 정보는 RTP 수신부(나)를 통하여 입력되는 정보를 제외한 나머지 미디어 정보



들을 혼합한 정보((가+다+라)를 혼합한 정보)이다. 이를 이용하면, n명의 단말기와 연결이 가능한 미디어 처리부는 그림 17의 그림을 확장하여 쉽게 구성할 수 있다. 즉, RTP 수신부, 미디어 복원부, 미디어 압축부, RTP 전송부가 각각 n개 있어야 하며, n개의 정보 들을 혼합하는 믹서 n+1개, 데이터 입력부, 출력부로 구성되면 된다.

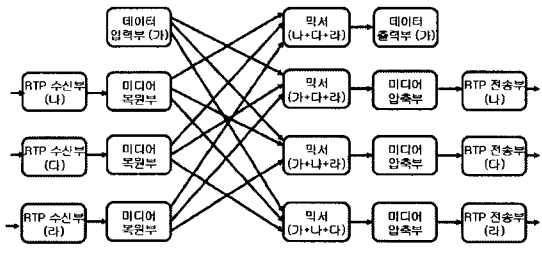


그림 17. 단말혼합 방법을 지원하는 단말기의 새로운 미디어 처리부

그림 18은 그림 17의 미디어 처리부를 가진 단말기 A를 이용한 다자간 회의를 도시한 그림이다. 단말기 A는 각각의 단말기로부터의 미디어 정보 및 자신의 정보를 예코가 발생되지 않도록 선택적으로 혼합하여 이를 자신 및 나머지 단말기(단말기 B, C, D)에 전송한다. 즉 각각의 단말기는 자신의 미디어 정보를 제외한 나머지 혼합 미디어 정보를 받게 된다. 예를 들어 단말기 B는 (A+C+D) 미디어 정보를 수신하고, 단말기 C는 (A+B+D) 미디어 정보를 수신한다. 이 방법을 적용하면 구현이 복잡해진다는 단점이 있는 반면에 음성의 경우 혼합된 목소리에 자신의 목소리가 포함되지 않는 장점을 가지고 있다. 예를 들어 단말기 B는 자신의 음성 B를 전송하지만 상대 단말인 A에 의하여 전달 받는 음성은 단말기 A, C, D의 음성들을 혼합한 음성이다. 즉, 자신의 음성인 B를 제외한 나머지 참가자들의 혼합음성을 전달 받게 된다.

그림 19는 그림 17의 미디어 처리부를 가진 단말기들을 이용하여 계층적 다자간 회의가 구성된 예이다. 각 단말기의 화살표 입력은 상대 단말기로부터 입력되는 미디어 정보이며, 화살표 출력은 상대 단말기에게 출력되는 미디어 정보 값이다. 예를 들어 단말기 A는 단말기 D로부터 (D+I+J) 정보를 (D의 미디어 정보, I의 미디어 정보 및 J의 미디어 정보를

합성한 값) 전달 받고 단말기 D에게 (A+C+D+G+H+I+J) 미디어 정보를 전달한다. 위의 예에서 설명한 바와 같이 같은 정보를 중복해서 받는 예코 현상이 없음을 알 수 있다. 예를 들어 단말기 E의 경우 B로부터 입력되는 값에 중복해서 전달 받는 미디어 정보가 없음을 알 수 있다.

즉, 이 새로운 미디어 처리부를 이용하면 혼합된 미디어 정보에 자신의 미디어 정보 및 중복된 미디어 정보가 포함되지 않기 때문에 계층적 다자간 회의에서 미디어를 원만하게 처리하는 측면에서 문제가 없으며, 또한 단말혼합 방법은 다자간 회의 시 SIP 호를 완전히 분리하여 사용하기 때문에 SIP의 확장 없이 다자간 회의를 쉽게 운용할 수 있다. 따라서 새로운 미디어 처리부를 가지는 단말혼합 방법을 이용하여 계층적 다자간 회의를 쉽게 운용할 수 있다.

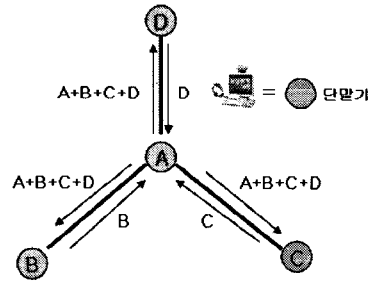


그림 18. 그림 17의 미디어 처리부를 가진 단말기를 이용한 다자간 회의

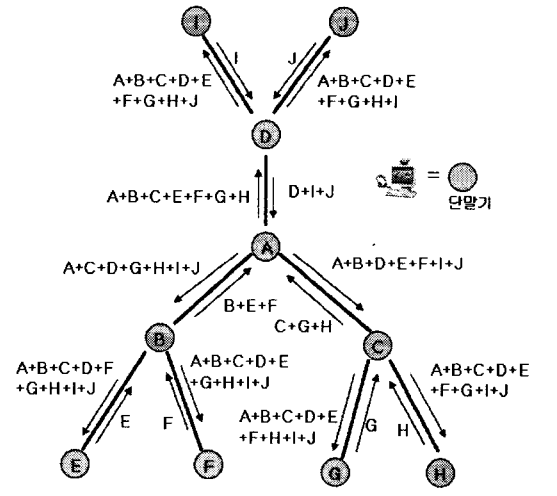


그림 19. 그림 17의 미디어 처리부를 가진 단말기를 이용한 계층적 다자간 회의

5.2 계층적 다자간 VoIP에서 회의분리 문제 해결 방안

단말혼합 방법을 이용한 계층적 회의에서 미디어 혼합을 담당하는 회의 참가자의 탈퇴 시 회의가 분리되는 것을 방지하기 위하여 종료(BYE) 명령어 전 또는 후에 지시(REFER) 명령어를 이용하는 방법을 제안하였다. 예를 들어 그림 20에서 참가자 A가 회의를 탈퇴 시 단말기 A는 단말기 B에게 지시 명령어를 이용하여 C로의 연결을 요청한다. 이를 이용하면 참가자 A가 회의를 탈퇴한다 할지라도 참가자 B와 C는 새로운 연결에 의하여 계속 회의를 진행할 수 있다. 그림 21은 그림 20에서의 과정을 흐름도로 자세히 설명하고 있다. 여기에서, 지시 명령어는 종료 명령어 이후에 요청되었으나 종료 명령어 이전에 요청될 수도 있다.

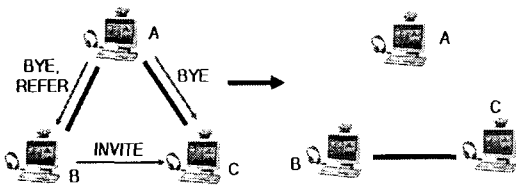


그림 20. 지시 명령어를 이용한 회의 분리 방지

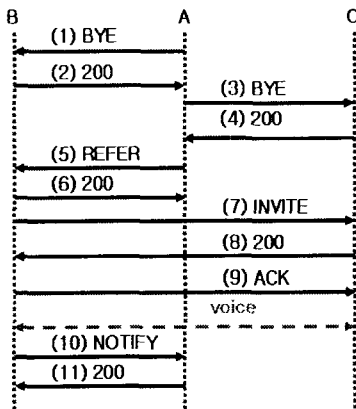


그림 21. 그림 20의 흐름도

계층적 다자간 회의의 경우에도 이 방법을 이용하면 미디어 혼합기능을 수행 중인 단말기가 회의를 떠날 때 전체 회의가 분리되지 않는다. 예를 들어 그림 22에서 참가자 A가 회의를 탈퇴 시 단말기 A는 단말기 B와 C에게 지시 명령어를 이용하여 단말기 D로의 연결을 요청한다. 이를 이용하면 참가자 A가

회의를 탈퇴한다 할지라도 그림 23에 도시한 바와 같이 참가자 B, C, D는 새로운 연결에 의하여 계속 회의를 진행할 수 있다.

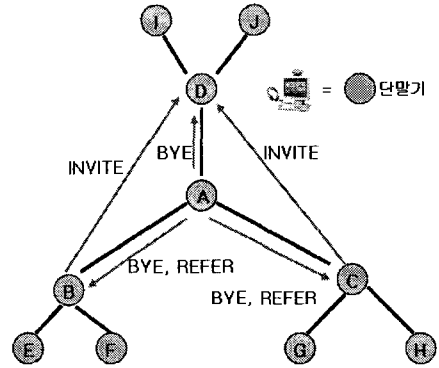


그림 22. 계층적 다자간 회의에서 A가 탈퇴 시 지시 명령어를 이용한 회의 분리 방지

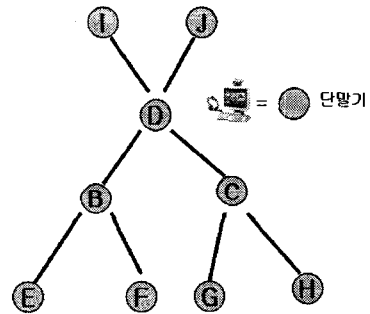


그림 23. 계층적 다자간 회의에서 A가 탈퇴 후 새로운 계층적 회의가 구성된 그림

5.3 다자간 VoIP의 실험 환경 및 임베디드 보드

본 논문에서의 UA의 동작을 위한 환경은 무선 및 유선 단말기들과의 통신을 위하여 프록시 서버가 필요하며, 무선 환경은 액세스 포인트를 이용한 NAT 환경으로 구성하여 별도의 NAT 구성은 필요로 하지 않는다. 그림 24는 본 논문에서 구현된 SIP UA의 동작 환경을 보여준다. 실험 방법은 2대의 임베디드 보드에서 운용되는 SIP UA와 PC에서 운용되는 SIP UA간의 다자간 VoIP 회의를 수행하며, 이 경우 임베디드 보드 내의 SIP UA는 NAT 망에 위치하고 PC UA는 공용 인터넷 망에 위치시킨다. 본 논문의 구현에 사용되는 임베디드 보드는 ARM 계열의 ARM9 코어를 채택한 Xscale PXA 255(400MHz) 프

로세서를 사용하며, 임베디드 리눅스 운영체제를 교차 개발환경으로 사용한다[13].

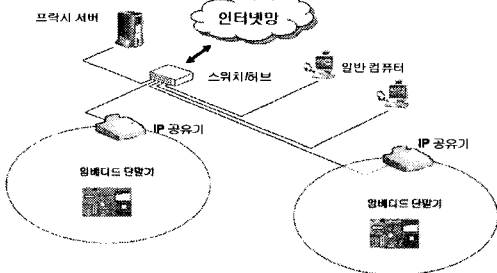


그림 24. 다자간 VoIP의 동작 환경

### 5.4 SIP UA와 PC UA의 운용 실험

#### 5.4.1 단말기의 서버 등록에 대한 실험

그림 25는 단말기의 서버 등록 과정을 나타낸 것이다. 프락시의 콘솔 창을 통해 현재의 단말기가 서버에 정상적으로 등록 작업을 수행했는지를 나타내며, 그림 25의 (a)는 윈도우 단말기의 등록을 나타내고, 그림 25의 (b)는 임베디드 단말기의 등록을 나타낸다. 그림 25의 (c)는 임베디드 단말기가 NAT 내부에 있는 것을 확인할 수 있도록 현재 설정된 NAT 상에서의 IP 주소를 나타낸다. 그림 25의 (b)와 그림 25의 (c)의 IP가 서로 다른 것을 확인할 수가 있으며, NAT에서의 등록 과정 시에 STUN을 이용하여 사용자가 현재 위치하고 있는 NAT의 공인 IP 주소를 정상적으로 받아온 것을 확인할 수 있다.

#### 5.4.2 세션 개설에 대한 실험

그림 26은 서버에서의 세션 개설 요청 메시지의 수신과 그에 대한 응답에 대한 내용을 보여준다.

### 5.5 다자간 회의에 대한 실험

단말기 'Park'이 단말기 'Kim'에게 연결을 요청하는 것이 그림 27이다. 이 연결에 의하여 초기 세션이 형성되며 세션의 멤버는 'Park'과 'Kim'이 된다. 초기 세션이 형성된 상태에서 단말기 'Lee'가 단말기 'Kim'에게 연결을 요청하는 것이 그림 28이다. 이 연결에 의하여 초기 세션이 확장되며, 멤버는 'Park', 'Kim', 'Lee'가 된다. 이러한 과정을 'Kim'의 단말기에 표시한 결과가 그림 29이다.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
[READ UDP 283.249.9.146:5060] Wed Mar 29 16:31:23 NST 2006
REGISTER sip:283.249.9.158 SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 283.249.9.146:5060;branch=93043b46ad8cc828a998187069dca446a95c32
To: "DongSu Sung" <csipidmsung@283.249.9.158>
From: "DongSu Sung" <csipidmsung@283.249.9.158>;tag=f7c8100
Call-ID: 36a8f808548100f5690c00283.249.9.146
CSeq: 1 REGISTER
Max-Forwards: 70
Expires: 36000
Contact: <csipidmsung@283.249.9.146:5060;user-phone>
Content-Length: 0

[REQUEST] REGISTER sip:283.249.9.158
[SEND UDP 283.249.9.146:5060] Wed Mar 29 16:31:23 NST 2006
SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP 283.249.9.146:5060;branch=93043b46ad8cc828a998187069dca446a95c32
To: "DongSu Sung" <csipidmsung@283.249.9.158>;tag=6940
From: "DongSu Sung" <csipidmsung@283.249.9.158>;tag=f7c8100
Call-ID: 36a8f808548100f5690c00283.249.9.146
CSeq: 1 REGISTER
Max-Forwards: 70
Expires: 36000
Contact: <csipidmsung@283.249.9.146:5060;user-phone>;expires=3600
Content-Length: 0
    
```

(a)

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
[READ UDP 283.249.9.146:5060] Wed Mar 29 16:31:29 NST 2006
REGISTER sip:283.249.9.158 SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 283.249.9.146:5060;branch=93043b39839e8a85448577224656a2aca732
To: "DongSu Lee" <csipidmsung@283.249.9.158>
From: "DongSu Lee" <csipidmsung@283.249.9.158>;tag=6b4535da
Call-ID: 7047048a654f00b6579a8283.249.9.146
CSeq: 1 REGISTER
Max-Forwards: 70
Expires: 36000
Contact: <csipidmsung@283.249.9.146:5060;user-phone>
Content-Length: 0

[REQUEST] REGISTER sip:283.249.9.158
[SEND UDP 283.249.9.146:5060] Wed Mar 29 16:31:29 NST 2006
SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP 283.249.9.146:5060;branch=93043b39839e8a85448577224656a2aca732
To: "DongSu Lee" <csipidmsung@283.249.9.158>;tag=8758
From: "DongSu Lee" <csipidmsung@283.249.9.158>;tag=6b4535da
Call-ID: 7047048a654f00b6579a8283.249.9.146
CSeq: 1 REGISTER
Max-Forwards: 70
Expires: 36000
Contact: <csipidmsung@283.249.9.146:5060;user-phone>;expires=3600
Content-Length: 0
    
```

(b)

```

root@WearCom:~# ifconfig
eth0  Link encap:Ethernet HWaddr 00:00:1B:04:FF:A0
       inet addr:192.168.1.82 Bcast:192.168.1.255 Mask:255.255.0
       UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
       RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
       TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
       collisions:0 txqueuelen:1000
       RX bytes:0 (0.0 B) TX bytes:0 (0.0 B)
       Interrupt:113 Base address:0x300
    
```

(c)

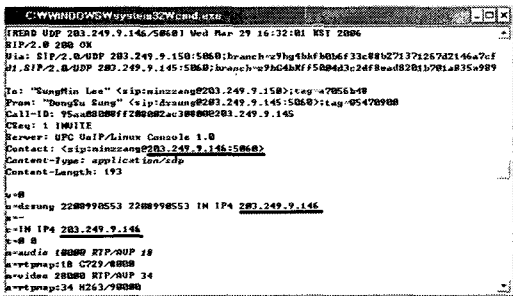
그림 25. 단말기의 등록 및 임베디드 단말기의 NAT 환경: (a) 윈도우 단말기의 등록, (b) 임베디드 단말기의 등록, (c) 임베디드 단말기의 NAT 환경

단말혼합 방법은 집중식과 분산식 방법과는 다르게 단말기의 복잡도가 높아진다는 단점이 있는 반면 회의 서버가 필요 없이 다자간 회의가 가능하다는 장점을 가지고 있다. 이러한 단말혼합 방법에서 일반적으로 사용하는 미디어 처리 방법은 모든 참가자들의 미디어를 혼합하여 각 참가자에게 전달하는 방법이며 이를 사용 시 각 참가자는 자신의 음성도 듣게 된다. 이러한 단점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 자신의 음성 제외한 나머지 참가자들의 음성만을 전달 받는 방법을 이용하였다. 새로운 미디어 처리부를 이용하면 혼합된 미디어 정보에 자신의 미디어 정보 및 중복된 미디어 정보가 포함되지 않기 때문에 계층적 다자간 회의로의 확장 시 발생하는 미디어 중복 수신문제가 해결됨을 알 수 있다. 또한 단말혼합 방법

은 다자간 회의 시 SIP 호를 완전히 분리하여 사용하기 때문에 SIP의 확장없이 다자간 회의를 쉽게 운용할 수 있음을 알 수 있었다. 또한 미디어 혼합 기능을 가진 단말기 'Kim'이 회의를 탈퇴할 때 회의가 중단되는 것을 방지하기 위하여 종료 명령어 이전에 지시 명령어를 이용하였다. 이를 이용하여 'Kim'이 회의를 탈퇴할 때 'Lee'와 'Park'의 회의가 중단되지 않고 계속 진행됨을 알 수 있었으며, 이를 계층적 다자간 회의에 적용하면 미디어 혼합기능을 수행 중인 단말기가 회의를 떠날 때 전체 회의가 분리되지 않음을 쉽게 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 26. 세션 개설 요청 및 응답 과정: (a) 세션 개설 요청, (b) 세션 요청 응답

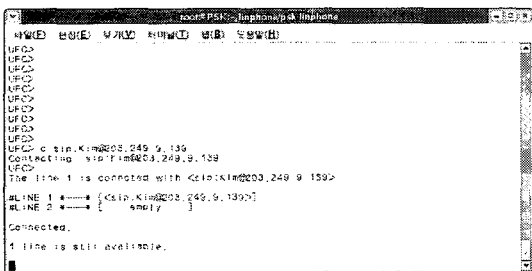


그림 27. 단말기 'Park'이 단말기 'Kim'에게 연결 요청

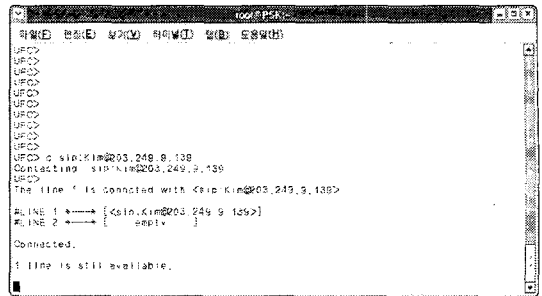


그림 28. 단말기 'Lee'가 단말기 'Kim'에게 연결 요청

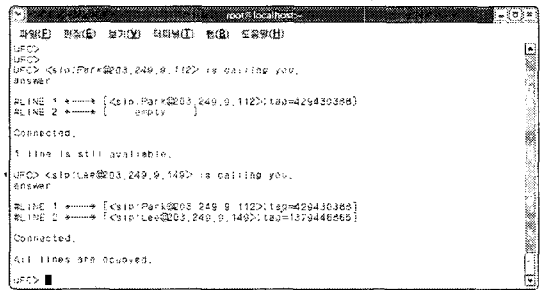


그림 29. 단말기 'Park' 및 'Lee'가 단말기 'Kim'에게 연결 요청에 의하여 다자간 회의의 형성

## 6. 결 론

본 논문에서는 임베디드 환경에서 운용 가능한 단말혼합 방법에 의한 다자간 VoIP를 구현하였다. 단말혼합 방법은 다자간 회의 시 SIP 호를 완전히 분리하여 사용하기 때문에 SIP의 확장 없이 다자간 회의를 쉽게 운용할 수 있으며, 새로운 미디어 처리부를 가지는 계층적 다자간 회의를 쉽게 운용할 수 있다. 단말혼합 방법을 이용하는 본 논문의 특징은 다음과 같다. 첫째, 단말혼합 방법을 지원하는 단말기에서 기존에 사용하는 미디어 처리부에서는 수신되는 모든 미디어 정보들을 혼합하여 전송하는 구조를 가지고 있다. 따라서 혼합된 미디어 정보를 수신한 단말기는 혼합된 미디어 정보 값에 자신이 전송한 미디어 정보가 포함되어 있다는 단점을 가지고 있다. 이는 다자간 회의를 계층적으로 확장할 시 심각한 문제점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서 제안한 새로운 미디어 처리부를 이용하면 혼합된 미디어 정보에 자신의 정보 및 중복된 미디어 정보가 포함되지 않기 때문에 계층적 다자간 회의로의 확장이 발생하는 미디어 중복 수신문제가 해결됨을 알

수 있다. 둘째, 단말혼합 방법을 이용한 계층적 다자간 회의에서 미디어 혼합기능을 수행 중인 단말기가 회의를 떠날 때 그 단말기를 통하여 연결 되어진 단말기 들이 서로 분리되어 전체 회의가 분리된다는 단점이 있다. 본 논문에서 제한한 분리방지 기법을 이용하면 계층적 다자간 회의의 경우에도 미디어 혼합기능을 수행 중인 단말기가 회의를 떠날 때 전체 회의가 분리되지 않음을 알 수 있다.

**참 고 문 헌**

[ 1 ] K. Katrinis, G. Parissidis, and B. Plattner, "A Comparison of Frameworks for Multimedia Conferencing : SIP and H.323," *IASTED Internet Multimedia Systems and Applications (IMSA 2004)*, USA, 2004.

[ 2 ] H. Schulzrinne and J. Rosenberg, "A Comparison of SIP and H.323 for Internet Telephony," *Network and Operating System Support for Digital Audio and Video (NOSS-DAV)*, Cambridge, England, 1998.

[ 3 ] ITU-T Recommendation H.323, Packet-based multimedia communications systems, 2000.

[ 4 ] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, et al, "SIP : Session Initiation Protocol," *IETF, RFC 3261*, 2002.

[ 5 ] Sung-min Lee, Ki-yong Kim, Hyun-woo Lee, Pyung-su Kim, Dong-su Seong, and Keon-bae Lee, "Multipoint MoIP in Ubiquitous Fashionable Computer," *21th ITC-CSCC*, pp. II-285-287, 2006.

[ 6 ] 현동환, 성백건, 성동수, 이건배, "IP 그룹화를 이용한 다자간 멀티미디어 회의 시스템의 설계 및 구현," 멀티미디어학회 논문지, 제8권, 제7호, pp. 1012-1021, 2005.

[ 7 ] 성동수, 김홍래, 허미영, 함진호, "H.323을 지원하는 다자간 영상회의 시스템의 설계 및 구현," 한국정보처리학회 논문지, 제7권, 제7호, pp. 2041-2049, 2000.

[ 8 ] M. Handley and V. Jacobson, "SDP: Session Description Protocol," *IETF, RFC 2327*, 1998.

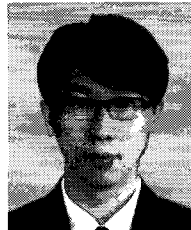
[ 9 ] J. Rosenberg and H. Schulzrinne, "An Offer/Answer Model with Session Description Protocol," *IETF, RFC 3264*, 2002.

[ 10 ] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," *IETF, RFC 3550*, 2003.

[ 11 ] J. Rosenberg, J. Weinberger, C. Huitema, and R. Mahy, "STUN : Simple Traversal of User Datagram Protocol Through Network Address Translators," *IETF, RFC 3489*, 2003.

[ 12 ] J. Rosenberg, A Framework for Conferencing with the Session Initiation Protocol, *Draft-ietf-sipping-conferencing-framework-05*, 2005.

[ 13 ] 송태훈, 남상엽, 알기쉬운 임베디드 시스템 개론/응용, 홍릉출판사, 서울, 2005.



**이 성 민**

2003년 경기대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 2006년 경기대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 2006년~현재 경기대학교 대학원 전자공학과 박사과정  
 관심분야 : VoIP, 임베디드시스템



**이 건 배**

1982년 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1984년 한양대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1989년 한양대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)  
 1998년~1999년 UCLA 방문연구

교수

1991년~현재 경기대학교 전자공학부 전자공학전공 교수  
 관심분야 : VoIP, 임베디드시스템, ASIC 설계