

---

# 세션 레코딩과 리플레이를 지원하는 안드로이드 기반 동기식 모바일 원격 교육 시스템

성대현\* · 이장호\*\*

Android-Based Synchronous Mobile Distance Learning System with Session Recording and Replay Support

Dae-Hyun Sung\* · Jang Ho Lee\*\*

---

이 논문은 2010년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원받았음

---

## 요 약

현재까지 모바일 원격 교육 분야에는 강의 동영상이나 강의 자료를 다운로드 받는 형태의 비동기식 모바일 원격 교육 시스템이 대부분을 차지하고 있다. 그러나 강사의 동영상뿐만 아니라 슬라이드 및 애노테이션, 그리고 학생으로부터의 피드백 등을 실시간으로 지원하는 동기식 모바일 원격 교육 시스템은 드문 실정이다. 이러한 모바일 원격 교육 시스템의 경우 강사와 학생간의 실시간 상호작용을 지원함으로써 강의에 대한 이해도를 높일 수 있는 장점이 있으나, 학생들이 과거의 강의를 다시 경험할 수 없는 단점이 있다. 이러한 단점은 강의가 이루어지는 동안의 이벤트들을 저장하는 세션 레코딩, 그리고 저장된 이벤트들을 다시 재수행하는 세션 리플레이 기능을 통하여 해결될 수 있다. 그러나 세션 레코딩과 리플레이를 실시간으로 지원하는 모바일 원격 교육 시스템은 아직까지 드문 실정이다. 본 논문에서는 강의자의 비디오 및 오디오, 슬라이드 및 애노테이션, 그리고 학생으로부터의 피드백 등을 실시간으로 지원할 뿐만 아니라, 기존의 모바일 원격 교육 시스템에서는 제공되지 않는 세션 레코딩과 리플레이를 지원하는 안드로이드 스마트폰 기반의 동기식 모바일 원격 교육 시스템을 설계하고 구현하였다. 본 논문에서 제안된 시스템에 대하여 학생들에게 만족도를 조사한 결과 긍정적인 답변이 61.3%로서 부정적인 답변인 3.2%보다 상당히 높았다.

## ABSTRACT

Most existing mobile distance learning systems are asynchronous ones that allow students to download lecture video and presentation material. However, there are a few synchronous real-time mobile distance learning systems that support slide, annotation, feedback from student, and lecture video and audio at the same time. These live mobile distance learning systems have an advantage of supporting real-time interaction between students and a lecturer thereby making students understand the lecture better. But, they also have a disadvantage in the sense that they don't allow students to experience the past lecture. This problem can be solved by recording and replaying lecture session. So far, there are few mobile distance learning systems that support session recording and replay. This paper presents a synchronous mobile distance learning system that supports video and audio, slide with annotation, and real-time feedback from students, as well as session recording and replay, which is not supported by the existing mobile distance learning systems. The evaluation of the system among students shows that 61.3% of them were satisfied while 3.2% weren't.

## 키워드

동기식 원격 교육, 협업 컴퓨팅, 멀티미디어, 모바일 응용, 세션 레코딩 및 리플레이

## Key word

Synchronous Distance Learning, Collaborative Computing, Multimedia, Mobile Application, Session Recording and Replay

---

\* 준회원 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 석사과정

접수일자 : 2011. 04. 19

\*\* 정회원 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 부교수(교신저자, janghol@cs.hongik.ac.kr)

심사완료일자 : 2011. 05. 01

## I. 서 론

최근 모바일 관련 기술과 향상과 더불어 스마트폰의 급속한 보급에 따라 기존의 데스크탑 기반의 원격 교육 시스템 분야에서도 스마트폰과 같은 모바일 단말기에 기반을 둔 모바일 원격 교육 시스템의 필요성이 증가되고 있다[1][2].

원격 교육 시스템은 그룹웨어의 일종으로서 비동기식과 비동기식으로 분류된다[3]. 지리적으로 멀리 떨어진 학생들이 동시에 실시간으로 강의에 참여하여 교육을 받는 시스템을 동기식 시스템이라고 하며, 이와는 달리 학생들이 각자 자신이 원하는 시간에 개별적으로 학습을 할 수 있는 시스템을 비동기식 시스템이라고 한다.

지금까지의 모바일 원격 교육 시스템들은 학생들이 서버로부터 강의 동영상이나 관련 자료들을 다운로드 받아서 학습하는 형태의 비동기식 모바일 원격 교육 시스템들이 주류를 이루고 있으며, 동기식 모바일 원격 교육 시스템에 대한 연구는 드문 실정이다. 동기식 모바일 원격 교육 시스템의 경우에는 원격지에 있는 학생들이 네트워킹을 통해서 실시간으로 강의에 참여할 수 있으며, 강사와 실시간으로 상호 작용을 함으로써 강의에 대한 이해도를 높일 수 있는 장점이 있다. 그러나 학생이 강의를 다시 복습하고 싶은 경우에 해당 강의를 다시 볼 수 있는 기회가 없다는 단점이 있다. 이러한 단점은 강의 세션 동안의 동영상과 관련 슬라이드 및 애노테이션, 그리고 학생의 실시간 피드백 등에 관련된 이벤트들을 저장했다가 나중에 다시 수행하는 방식의 세션 레코딩과 리플레이(Session recording and replay)로 해결할 수 있다. 여기서 세션(Session)이란 원래 사용자가 어떠한 공동 작업을 위해 상호작용을 하는 기간을 의미하며, 원격 교육 시스템의 경우 강의를 시작하여 끝날 때까지의 기간을 의미한다[3]-[5].

그리고 세션 레코딩(Session recording)은 세션에 참가를 하는 동안 발생된 이벤트들을 저장하는 것을 말하며, 세션 리플레이(Session replay)는 세션 레코딩으로 저장된 이벤트를 차례로 다시 실행하여 재연하는 것을 말한다[6][7]. 그러나 지금까지는 세션 레코딩과 리플레이를 지원하는 모바일 원격 교육시스템은 드문 실정이다.

따라서 본 논문에서는 강사의 동영상, 슬라이드 및 애노테이션, 학생으로부터의 실시간 피드백뿐만 아니라 세션 레코딩과 리플레이를 지원하는 안드로이드 스마트폰 기반의 동기식 원격 교육 시스템을 설계 및 구현하였다. 주로 비동기식 시스템에서 흔히 볼 수 있는 강의 내용을 다운로드 받아 리플레이 하는 시스템과 차이점은, 본 논문에서 제시하는 시스템은 단순히 동영상뿐만 아니라 슬라이드 및 애노테이션, 학생으로부터의 피드백 등 강의 세션 기간 동안의 모든 이벤트를 저장하고 재연하는 세션 레코딩 및 리플레이를 지원하는 동기식 모바일 원격 교육 시스템이라는 점이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 원격 교육 시스템들에 대한 관련 연구에 대해 다룬다. 3장에서는 본 논문에서 제시하고 있는 세션 레코딩과 리플레이를 지원하는 동기식 모바일 원격 교육 시스템의 설계 및 구현에 대해 다룬다. 4장에서는 본 논문에서 제시된 세션 레코딩과 리플레이를 지원하는 동기식 모바일 원격 교육 시스템의 사용 예를 설명한다. 그리고 5장에서는 결론을 맺고 향후 연구 방향을 제시한다.

## II. 관련 연구

원격 교육 시스템(Distance Learning System)이란 강사와 학생 간에, 장소에 구애 받지 않고 교육을 가능하게 하는 시스템으로서 그룹웨어의 일종이다. 그룹웨어는 분산 환경을 기반으로 구성원간의 상호작용을 지원하는 시스템으로 사용자 간의 작업 참가와 탈퇴를 지원하는 세션 관리(Session management)가 필요하다[3]-[5]. 이러한 세션을 구성하는 기간 동안에 일어난 이벤트들을 저장했다가 나중에 다시 재연하는 것을 세션 레코딩 및 리플레이라고 한다[6][7]. 기존의 동기식 모바일 원격 시스템 중에서 세션 레코딩 및 리플레이 기능을 지원하는 시스템은 드문 실정이다.

워싱턴 주립 대학교에서 연구된 실시간 대화식 가상 클래스룸 멀티미디어 원격 교육 시스템(A real-time interactive virtual classroom multimedia distance learning system)[8]은 데스크탑 기반의 원격 교육 시스템이다. 이 시스템은 실시간 강의와 슬라이드 및 애노테이션을 지원하며, 서버에 접속하여 세션에 참가한 학생이 강사의

슬라이드 및 애노테이션을 데스크탑에서 재연할 수 있도록 되어있다. 그러나, 동영상에 대해서는 세션 레코딩과 리플레이 기능을 제공하지 않으며, 모바일 클라이언트는 지원하지 않는 단점이 있다.

Classroom Presenter[9]-[10]의 경우에는 Windows 태블릿과 PC기반에서 C#.NET으로 구현된 시스템으로서 클래스룸 상호 작용 시스템을 제공한다. 이 시스템은 강사가 디지털 잉크를 이용하여 슬라이드에 애노테이션을 하여 학생들에게 보여줄 수 있다. 이 시스템의 경우 학생-강사간의 상호작용을 지원하지 않기 때문에 면대면에 가까운 학습효과를 얻기는 어렵다. 그리고 세션 기간 동안에 발생하는 모든 이벤트들을 기록하고 나중에 차례로 재연할 수 있는 세션 레코딩 및 세션 리플레이 기능이 없고, 슬라이드 및 애노테이션에 대한 세션의 최종 상태만을 저장하는 단점이 있다.

중국 상하이 교통대학교의 Online-SJTU에서 ELearning Lab[11]의 모바일 실시간 비디오 학습 시스템인 MLVLS(Mobile Live Video Learning System)[12]은 Symbian S60v3 기반의 모바일 기기로 원격 교육을 받을 수 있게 설계되었다. 이 시스템 역시 실시간 동영상 강의와 강사가 학생들에게 일방적인 강의 전달은 가능해도, 학생들로부터의 실시간 피드백을 지원하지 않으며, 실시간 강의에 대한 세션 레코딩과 세션 리플레이 기능을 지원하지 않는다.

영국 Near East 대학에서는 피쳐폰(Feature phone)의 SMS(Short Message Service)를 이용하여 영어 단어를 학습하는 비동기식 모바일 원격 교육 시스템에 대한 연구를 하였다[13]. 1년동안 45명의 학부생들에게 영어단어를 SMS로 학습하도록 테스트함으로써, 학생들은 휴대폰의 도움으로 새로운 단어를 쉽게 학습할 수 있다. 그러나 비디오 및 오디오, 슬라이드 및 애노테이션, 세션 레코딩 및 리플레이 기능을 지원하지 않는다.

KCEC(The KNU Children English Class) 원격교육 시스템은 어린이들에게 PC뿐만 아니라 스마트폰에서도 영어 학습을 할 수 있게 한 웹기반의 비동기식 모바일 원격 교육 시스템이다[14]. 서버에 영어 학습 데이터를 저장한 후, 안드로이드 기반의 스마트폰에서 서버에 저장된 내용을 보고 학습을 할 수 있게 되어 있다. 이 시스템 역시 멀티미디어나 세션 레코딩 및 리플레이를 지원하지 않는다.

본 논문에서 제시하는 동기식 모바일 원격 교육 시스템은 동영상뿐만 아니라 슬라이드 및 애노테이션 그리고 학생으로부터의 피드백을 실시간으로 제공하며, 세션 레코딩과 리플레이를 통해 실시간 강의를 다시 경험할 수 있게 해준다.

### III. 세션 레코딩과 리플레이를 지원하는 동기식 모바일 원격 교육 시스템의 설계 및 구현

본 장에서는 세션 레코딩과 세션 리플레이가 가능한 동기식 모바일 원격 교육 시스템의 전체적인 구조 및 구현에 대하여 설명하기로 한다.

#### 3.1. 세션 레코딩과 리플레이를 지원하는 동기식 모바일 원격 교육 시스템

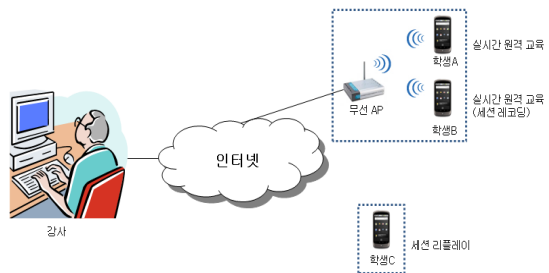


그림 1. 세션 레코딩과 리플레이를 지원하는 동기식 모바일 원격 교육 시스템

Fig. 1 Synchronous Mobile distance learning system with support session recording and replay

그림 1은 본 논문에서 제시하고 있는 세션 레코딩과 리플레이를 지원하는 동기식 모바일 원격 교육 시스템의 구조이며, 이는 강사가 강의하는 강사 측 데스크탑 서버, 학생들이 사용하고 있는 모바일 클라이언트의 2가지 요소로 구성되어 있다. 그림 1은 실시간 강의에 참가하고 있는 학생 A, 실시간 강의에 참가함과 동시에 강의 세션을 스마트폰의 저장장치에 레코딩 하는 학생 B, 그리고 스마트폰의 저장장치에 세션 레코딩된 강의를 리플레이하고 있는 학생 C를 보여주고 있다. 학생 B는 실시간 교육을 받는 동시에 나중에 복습을 하는 것에 대비하

여 현재의 강의 내용을 자신의 스마트폰에 세션 레코딩 하고 있는 것이며, 학생 C는 자신이 원하는 시간에 과거에 레코딩 했던 강의 세션을 특정한 서버와의 연결 없이 스마트폰의 저장장치로부터 리플레이하여 강의를 복습하고 있다.

강사 측 데스크탑 서버는 Microsoft사의 MFC와 .NET으로 구현되었고, 학생 측 모바일 클라이언트는 Google사의 Android OS 2.2 SDK[15]으로 구현되었다.

### 3.2. 서버의 설계 및 구현

강사 측 데스크탑 서버는 그림 2와 같이 영상 및 음성 처리, 슬라이드 및 애노테이션 처리, 학생으로부터의 피드백 처리, 세션 관리를 실시간 원격 교육의 경우와 세션 레코딩과 리플레이로 구성된다.

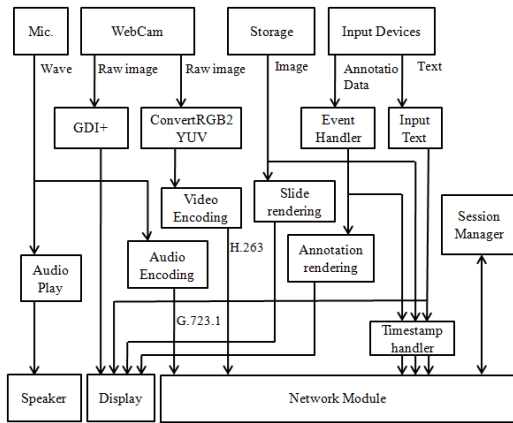


그림 2. 강사 측 데스크탑 서버 구조  
Fig. 2 Architecture of lecture-side desktop server

#### 1) 실시간 원격 교육

실시간 원격 교육 기능은 다음과 같이 영상 및 음성 처리, 슬라이드 및 애노테이션 처리, 학생으로부터의 피드백, 세션 관리로 나뉜다.

첫째, 영상 및 음성은 다음과 같이 처리된다.

강사의 영상은 Microsoft사의 VFW(Video For Window) 라이브러리를 이용하여 웹캠을 통해 실시간으로 RGB 형식의 영상 데이터를 받는다. 이후 YUV 형식으로 변환한 후 H.263로 영상 데이터를 인코딩하고, 네트워크 모듈을 통해 UDP 형태로 학생 측 모바일 클라이언트로 전송한다. 강사의 음성은 Microsoft사의 Multimedia

System SDK의 라이브러리를 이용하여 실시간으로 PCM 데이터를 받은 후, G.723.1로 인코딩한다. 이후 네트워크 모듈을 통해 학생 측 모바일 클라이언트로 UDP 형태로 전송한다. H.263[16]은 낮은 전송률을 가지는 통신 선로(64kbps)이하에서 영상회의나 영상전화에서 사용되는 ITU-T의 동영상 압축 표준안이다. 그리고 G.723.1[17]은 데이터 통신망에서의 ITU-T의 음성 압축 표준안이다.

둘째, 슬라이드 및 애노테이션은 다음과 같이 처리된다. 강사가 실시간 강의를 위해 슬라이드를 PPT형식의 파일을 연다. PPT형식의 슬라이드는 Microsoft사의 COM(Common Object Model) 응용 기술 중 하나인 오토메이션(Automation)을 이용하여 JPEG 이미지로 변환된다. 이후 Microsoft사의 그래픽 출력 라이브러리인 GDI+를 사용하여 변환된 슬라이드 이미지를 화면에 출력하고, 학생 측 모바일 클라이언트에 JPEG 이미지를 전송한다. 슬라이드에 대한 애노테이션의 경우, 슬라이드가 나오는 화면상에서 마우스 동작으로 슬라이드 위에 표시될 애노테이션의 좌표 값을 얻어 화면에 출력된 좌표 값을 학생들이 가진 모바일 클라이언트로 전송한다.

셋째, 학생으로부터의 피드백은 다음과 같이 처리된다. 강의를 듣다, 학생의 질문은 텍스트로 작성되어 네트워크를 통해 강사로 보낸다. 강사는 학생이 보낸 피드백 내용을 강사 측 데스크탑에서 구현된 List로 출력하여 확인한다. 이때 강사는 일반적으로 영상과 음성, 슬라이드 및 애노테이션을 이용하여 답변하지만, 많은 양의 텍스트 정보를 학생들에게 전달할 필요가 있을 경우, 학생들에게 텍스트로 작성된 피드백을 네트워크로 전달한다.

넷째, 세션 관리는 다음과 같이 처리된다.

세션은 강의를 진행하는 강사와 이에 참여하는 학생들로 이루어진다. 강사가 강의를 시작하면 세션이 생성되며, 학생들이 시스템에 로그인을 하면 세션에 참가하게 된다. 학생이 시스템으로부터 로그오프를 하면 세션으로부터 탈퇴하게 된다. 강사가 강의를 종료하게 되면 해당 세션은 소멸된다.

#### 2) 세션 레코딩과 리플레이

강사 측 데스크탑 서버에서 세션 레코딩은 모바일 클라이언트에서 실시간 강의에서 일어나는 이벤트들(동

영상, 슬라이드 및 애노테이션, 학생으로부터의 피드백)을 저장하도록 설계되었으며, 세션 리플레이는 네트워크 연결이 없어도 저장된 강의세션을 리플레이 할 수 있도록 설계되었다.

첫째, 슬라이드 및 애노테이션은 다음과 같이 처리된다. 강사가 슬라이드와 애노테이션을 하면, 강사 측 데스크탑 서버에서 슬라이드 메시지와 애노테이션 메시지를 보낸다. 서버로부터 메시지를 받은 학생 측 모바일 클라이언트는 슬라이드 및 애노테이션 메시지를 레코딩한다. 세션 기간 동안 서버에서 보낸 슬라이드 및 애노테이션 메시지는 레코딩되며, 세션이 종료되면 세션 레코딩은 종료된다.

일반적인 메시지 포맷은 그림 3 (a)의 예처럼 **time**, **command**, **argument** 3가지의 요소로 나누어진다. **time**은 강의가 시작되어 진행되는 시간을 나타낸다. **command**는 슬라이드 또는 슬라이드에 대한 애노테이션인지를 구분해주며 슬라이드의 경우 **slide**, 애노테이션의 경우 **annotation**으로 사용한다. **argument**는 슬라이드 또는 슬라이드에 대한 애노테이션에 관한 특정 정보들을 포함한다. 슬라이드의 총 개수 및 슬라이드 파일 이름, 애노테이션 좌표 정보가 있다. 그림 3 (b)는 슬라이드 메시지 형식이고, 그림 3 (c)는 슬라이드에 대한 애노테이션 메시지 형식이다.

time	command	arguments
(a)		
time	slide	filename
(b)		
time	annotation	coordinates
(c)		
time	feedback	text message
(d)		

그림 3. (a) 일반적인 메시지 형식, (b) 슬라이드 메시지 형식, (c) 애노테이션 메시지 형식 (d) 피드백 메시지 형식

Fig. 3 Format of (a) general message (b) Slide message (c) annotation message (d) feedback message.

둘째, 학생으로부터의 피드백은 다음과 같이 처리된다. 각자의 학생들이 작성한 피드백 내용을 강사에게 알리면서 다른 학생들도 볼 수 있게 세션 레코딩을 하려면, 강사 측 데스크탑 서버에서 학생으로부터의 피드백 메

시지를 받는다. 서버에서 받은 피드백 메시지는 접속된 모든 학생 측 모바일 클라이언트로 브로드캐스팅으로 전달한다. 일반적인 메시지 포맷은 그림 3 (a)의 예처럼 **time**, **command**, **argument** 3가지의 요소로 나누어진다. **time**은 강의가 시작되어 진행되는 시간을 나타낸다. **command**는 슬라이드 및 애노테이션 메시지 형식과 구분하기 위해 **feedback**을 사용한다. **argument**는 사용자 이름과 사용자가 보내는 피드백 정보를 포함하여 사용한다. 그림 3 (d)는 피드백 메시지의 형식이다.

### 3.3. 클라이언트의 설계 및 구현

본 논문에서는 동기식 모바일 원격 교육 시스템에서 학생 측 모바일 클라이언트에 대해서 다루기로 한다. 그림 4은 학생 측 모바일 클라이언트의 구조를 보여주고 있다.

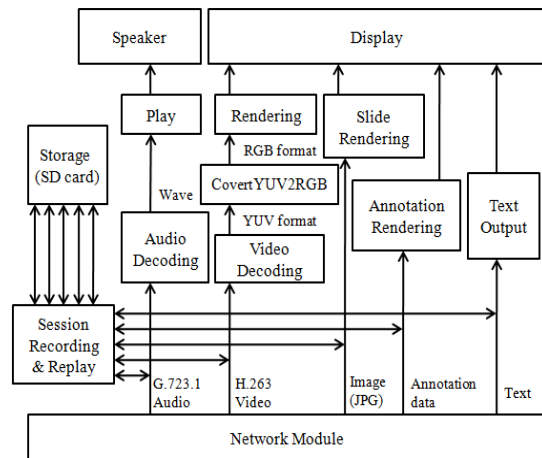


그림 4. 학생 측 모바일 클라이언트의 구조  
Fig. 4 Architecture of student's mobile client

#### 1) 실시간 원격 교육

학생 측 모바일 클라이언트에서 강사 측 서버 데스크탑의 강의를 실시간 강의를 보고 들을 때 사용하며, 영상 및 음성 처리, 슬라이드 및 애노테이션, 학생으로부터의 피드백 처리, 세션 관리부분이 있다.

첫째, 영상 및 음성은 다음과 같이 처리된다.

서버에서 보낸 영상 데이터를 스마트폰에서 디코딩하는 부분의 성능을 높이기 위해 자바대신 C/C++로 구현된 TMN H.263 디코더를 사용하였다. 그림 5에서 보

이는 바와 같이, 자바로 구현된 H263\_decoder 클래스의 method가 호출되면, JNI(Java Native Interface)인 h263\_decoder 클래스의 래퍼(Wrapper)를 통하여, Android NDK[18]를 사용하여 C/C++로 구현된 H.263 Decoder 함수가 호출된다. 영상 데이터는 H263\_decode 를 거쳐서 YUV 데이터로 변환된 후, ConvertYUV2RGB 함수를 거쳐서 RGB 데이터로 변환되어 스마트폰의 화면상에 출력된다.

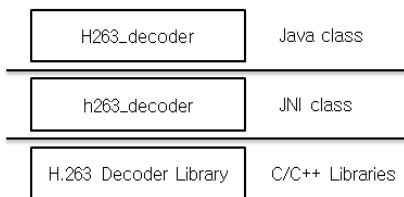


그림 5. Java에서 C기반의 H.263 Decoder를 호출하는 구조  
 Fig. 5 Architecture of calling C-based H.263 decoder from Java

강사 측 데스크탑 서버에서 G.723.1로 인코딩된 음성 데이터를 UDP 형태로 학생 측 모바일 클라이언트로 전송한다. 이후, 받은 음성 데이터를 G.723.1로 디코딩하여 Android OS에서 음성 버퍼를 처리할 수 있게 만든 AudioTrack class를 사용하여 실시간으로 음성을 출력한다.

둘째, 슬라이드 및 애노테이션은 다음과 같이 처리된다. 슬라이드는 JPEG 이미지 파일로 전송을 받는다. 전송받은 파일을 버퍼에 저장한 후 안드로이드 OS의 화면에 이미지를 출력하는 BitmapFactory 클래스를 사용하여 이미지를 출력하게 하였다. 애노테이션의 경우, 강사가 슬라이드에 애노테이션을 하는 경우, 네트워크로 슬라이드에 애노테이션한 좌표 값을 받아, 학생 측 모바일 클라이언트에서 안드로이드 OS의 SDK에서 제공하고 있는 Canvas class의 Draw() 메소드를 이용하여 출력된다.

셋째, 학생으로부터의 피드백은 다음과 같이 처리된다. 학생 측 모바일 클라이언트의 EditText로 입력된 학생의 질문은 ListView에 출력되며, 네트워크 모듈을 통해 강사에 전달된다. 질문을 받은 강사는 학생에게 음성으로 답변하고, 많은 양의 텍스트로 답변을 할 경우, 텍

스트를 네트워크 모듈로 학생으로 전달되어 ListView에 출력된다.

넷째, 세션 관리는 다음과 같이 처리된다. 세션은 강의가 시작된 시점에서 학생이 참여를 함으로서 생성이 된다. 학생 측 모바일 클라이언트가 강사 측 데스크탑 서버로 접속을 할 경우, 세션에 참가를 하며, 강의가 끝나거나 학생이 접속을 끊으면 세션을 종료하여 빠져나간다.

### 2) 세션 레코딩

동기식 모바일 원격 교육 시스템에서 학생 측 모바일 클라이언트가 강사로부터 실시간으로 강의를 들으면서 모바일 클라이언트의 저장 공간에 세션의 이벤트들을 저장함으로 세션 레코딩한다. 저장된 이벤트들은 실시간 강의에서 세션 참여했을 때의 동영상 슬라이드 및 애노테이션 그리고 학생으로부터의 피드백이며 스마트폰에 로그 형식으로 저장한다. 여기서는 영상 및 음성 처리, 슬라이드 및 애노테이션, 학생으로부터의 피드백 처리부분이 있다.

첫째, 영상 및 음성은 다음과 같이 처리된다. 강사 측 데스크탑 서버에서 인코딩된 영상과 인코딩된 음성 데이터를 네트워크 모듈을 통해 모바일 클라이언트로 보낸다. 이 때, 학생 측 모바일 클라이언트는 인코딩된 영상 및 음성 데이터를 사용하여 세션 레코딩한다. 처음에는, 스마트폰에 AVI 컨테이너(Container)로 헤더를 생성하고 난 후 AVI 컨테이너에 인코딩된 영상 및 음성을 포함한 동영상 파일로 저장된다. 컨테이너 포맷(Container Format)은 압축된 영상 및 음성 데이터를 저장하기 위한 포맷이며, 인코딩된 영상 및 음성 데이터를 하나의 동영상 파일로 만든다.

둘째, 슬라이드 및 애노테이션은 다음과 같이 처리된다. 강사 측 서버에서 네트워크 모듈로 보낸 슬라이드와 애노테이션 정보들 중 슬라이드 이미지는 스마트폰에 저장되며, 슬라이드 메시지와 애노테이션 메시지는 로그 형식으로 스마트폰에 저장된다. 그림 6 (a)는 슬라이드 및 애노테이션 메시지의 예이다.

셋째, 학생으로부터의 피드백은 다음과 같이 처리된다. 강사 측 서버에서 네트워크 모듈로 보낸 학생으로부터의 피드백 정보는 로그 형식으로 스마트폰에 저장된다. 그림 6 (b)는 피드백 메시지의 예이다.

```
00:02:02 slide 02.jpg
00:02:47 annotation 102,120,150,135
...(생략)...
```

(a)

```
00:00:53 feedback 김한별 "안녕하세요"
00:00:53 feedback 김철수 "안녕하세요"
00:00:53 feedback 이영희 "안녕하세요"
00:02:02 feedback 김철수 "automatic변수와 static변수의 차이는
무엇인가요?"
...(생략)...
```

(b)

그림 6. (a) 슬라이드 및 애노테이션 메시지의 예  
(b) 피드백 메시지의 예

Fig. 6 Example of (a) slide and annotation message  
(b) feedback message

### 3) 세션 리플레이

학생이 스마트폰에 레코딩된 강의 세션을 네트워크 연결이 없는 상태에서도 실행하여, 강의를 리플레이하는 기능이다.

#### ① 영상 및 음성 처리

학생 측 모바일 클라이언트에서 레코딩된 강의 세션 목록에 중 하나를 선택하면 스마트폰에 저장된 강의 동영상을 Android OS의 SDK에 있는 MediaPlayer 클래스의 메소드들을 이용하여 재생된다.

#### ② 슬라이드 및 애노테이션

학생이 모바일 클라이언트에서 저장된 강의 세션 목록 중 원하는 강의 세션을 선택한다. 이 경우, 스마트폰에 저장된 슬라이드 및 애노테이션 관련 로그파일을 읽어 들인 후, Android OS의 SDK에서 제공되는 TimerTask 클래스를 사용하여 로그를 이벤트에 등록한다. 클라이언트에서 슬라이드 이미지를 출력할 때 Android OS의 SDK에서 제공되는 Canvas 클래스의 drawBitmap() 메소드를 사용하며, 슬라이드에 대한 애노테이션 이벤트를 출력할 때 Canvas 클래스의 drawLine() 메소드를 사용한다.

학생이 세션 리플레이 기능을 사용하다, 원하는 시간으로 이동하여 다시 강의를 볼 경우가 있다. 원하는 시간으로 이동하여 재연하기 위해서는 로그와 이동한 시간을 이진 검색(Binary search)을 사용하여 비교하여 로그 위치를 찾는다.

이후 로그에 있는 시간의 내용에서 가장 마지막으로 나온 슬라이드를 로그서 찾아 출력하고, 마지막 슬라이드 기록과 이동한 시간의 내용은 바로 출력한다. 이동한 시간 이후의 내용은 TimerTask 클래스를 이용하여 이벤트 등록하여 시간 순서에 맞게 출력한다. 그림 7은 로그 파일에 기록된 내용 중, 학생이 강의 세션의 원하는 위치로 이동하였을 때 로그에 대해 이진 검색을 하는 과정을 보여준다.

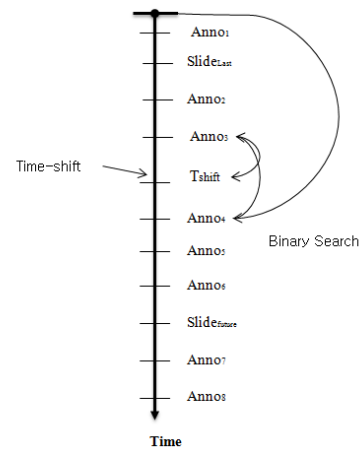


그림 7. 이진검색을 이용한 로그 검색  
Fig. 7 Searching log using binary search

학생이 타임 슬라이드 바를 사용하여 특정 위치(Tshift)로 이동하게 되었고, 이미 등록된 이벤트들을 TimerTask 클래스의 cancel() 메소드를 이용해 취소한다. 이후, 로그에 대해 이진 검색을 하여 이동된 위치(Tshift)를 찾는다. 이후 처음부터 옮긴 위치 사이에 나온 슬라이드 중, 제일 마지막에 출력된 슬라이드(Slidelast)를 출력하고, 이후로는 이동된 위치(Tshift)까지의 애노테이션(Anno2, Anno3)에 대해선 화면에 출력한다. 이동된 위치(Tshift) 이후의 기록(Anno4, Anno5, Anno6, Slidefuture, Anno7, Anno8, etc)들에 대해 TimerTask 클래스를 이용하여 이벤트를 등록, 재연된다.

표 1은 이동된 시간 위치를 이용, 로그를 이진 검색하여 슬라이드 및 애노테이션을 출력하는 알고리즘이다. 이 알고리즘은 학생이 타임 슬라이드 바로 시간 이동을 하였을 때, 이미 등록된 이벤트를 제거한다. 이후 로그에

대해 이진 검색을 하여 이동한 위치를 찾고, 이동한 위치에서 전 슬라이드 중 마지막에 나온 슬라이드를 찾아 화면에 출력한다. 이후 이동한 위치 이후의 이벤트들을 등록한다.

표 1. 시간 이동 알고리즘  
Table. 1 Time-shift algorithm

```

public TimerTask seconds;
public Time tempT;
public binarysearch bs, temp1, temp2, temp3;
public Logdata ld;
.....
public void Timeshift(Time dt) {
// 이미 등록된 이벤트 제거
time.cancel();
// 이진검색(Binary search)을 이용하여 이동한 위치를 검색
temp1 = bs.search(dt);
// 이동한 위치의 전 슬라이드들 중 마지막 슬라이드
// 메시지 찾기
temp2 = temp1.slide();
// 마지막 슬라이드 메시지 출력
Bitmap.view(ld.slidedata(temp2));
// 이동한 위치이후의 이벤트들을 등록함.
while (ld.end()) {
// calculate times
tempT = ld.time(temp1) - dt;
// Add time event
time.schedule(seconds, 0, tempT);
// move next log
ld.next();
}
}
    
```

그림 8은 스마트폰에 저장된 강의 세션을 리플레이 하는 도중, 원하는 시간으로 이동할 때의 예제이다.

리플레이는 0분 0초부터 시작되었고, 현재 시각은 5분 25초라고 가정한다. 사용자가 5분 25초에서 5분 0초로 타임 슬라이드 바를 옮겼다고 하자 이 경우, TimerTask 클래스로 등록된 이벤트들을 cancel() 메소드를 이용하여 취소한다. 그 후, 로그에서 이진 검색 방식을 사용하여, 타임 슬라이드 바에서 이동된 위치인 5분

0초 지점을 찾아낸 후, 그 지점 이전의 슬라이드들 중 마지막 슬라이드인 4분 50초의 슬라이드를 출력한다. 그 다음에 4분 50초에서 5분 0초 사이의 애노테이션들을 출력한다. 그 후, 5분 0초 이후의 슬라이드 및 애노테이션 이벤트들을 등록한다.

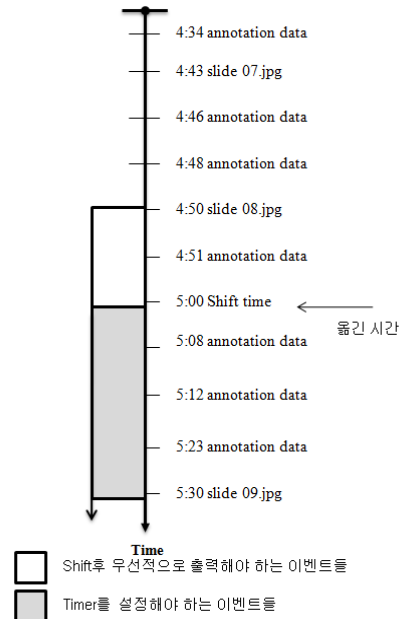


그림 8. 시간 이동의 예제  
Fig. 8 Example of Time-shift.

### ③ 학생으로부터의 피드백

세션 리플레이 기능으로 강의 세션을 선택한 경우, 실행 시 로그를 읽어 들인다. 로그에 있던 학생으로부터의 피드백 메시지 기록들을 TimerTask 클래스를 사용하여 이벤트를 등록하고, 시간 순에 맞게 TextView에 출력한다.

학생이 강의를 원하는 시간으로 이동하여 재생하게 된 경우, 로그의 내용을 표 1의 예와 같이 이진 검색을 사용하여 찾게 된다. 검색 후 로그의 내용이 앞 부분이면 TextView에 출력하고, 뒷부분이면 TimerTask 클래스를 이용하여 이벤트 등록 하여 시간 순에 맞게 TextView에 출력한다.



#### IV. 세션 레코딩과 리플레이를 지원하는 동기식 모바일 원격 교육 시스템의 사용 예 및 평가

##### 1) 사용 예

다음은 현재까지 개발된 세션 레코딩과 리플레이를 지원하는 동기식 모바일 원격 교육 시스템의 프로토타입을 사용하여 강사와 학생간의 교육이 진행되는 상황을 설명하고 있다. 그림 9은 강사 측 데스크탑 서버의 유저 인터페이스이다. 그림 10 (a),(b)는 학생 측 모바일 클라이언트의 유저 인터페이스를 나타낸다. 다음은 실시간 원격 교육 기능 및 세션 레코딩 기능, 세션 리플레이 기능의 사용 예이다.

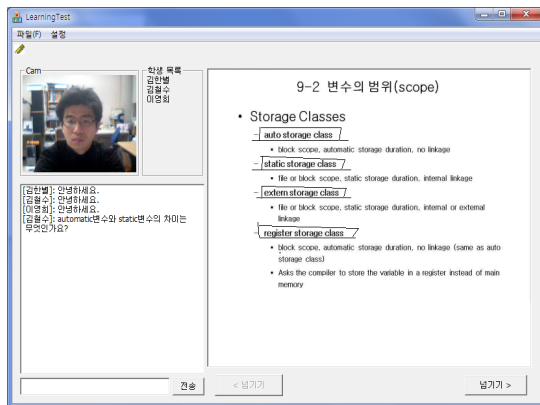


그림 9. 강사 측 데스크탑 서버의 유저 인터페이스  
Fig. 9 Lecturer-side desktop server user interface

첫째, 실시간 원격 교육 기능 및 세션 레코딩 기능은 다음과 같이 사용된다. 실시간 원격 교육을 받는 학생과 실시간 원격 교육을 받으면서 동시에 강의를 저장하는 세션 레코딩, 두 가지의 경우에 교육 받는 내용은 동일하다. 학생이 세션 레코딩을 선택할 경우, 실시간 강의를 들으면서 생기는 이벤트들(예, 강사의 동영상, 슬라이드 및 애노테이션, 그리고 학생으로부터의 피드백)은 스마트폰에 저장된다. 강의가 끝나거나 학생이 강의를 끝내면 세션이 종료가 되며, 세션 레코딩이 종료된다.

강사가 데스크탑 서버 프로그램을 실행하면, 그림 9의 좌측 상단의 영상 패널에 강사의 영상이 출력되며, 강

의 슬라이드를 선택하여 슬라이드 패널에 슬라이드가 출력된다. 이 때, 학생들이 초기 메뉴에서 “실시간 강의 보기” 또는 “실시간 강의보기(동시 저장)”을 선택 후 강사 측 데스크탑 서버에 접속을 하게 되면 접속한 학생들의 이름들이 그림 9 좌측 상단의 강의 참가 학생 목록 패널에 출력된다.

강사는 그림 9 우측의 슬라이드 패널에서 슬라이드에 대한 애노테이션을 하며 강의를 진행하면 학생들은 그림 10 (a)의 예와 같이 강사가 보내는 슬라이드 및 애노테이션, 강사의 동영상상을 보고 듣는다. 학생이 그림 10 (a) 하단의 텍스트 입력 패널을 통하여 강사에게 질문을 하면, 그림 10 (a) 중간의 텍스트 출력 패널로 학생의 질문 내용이 출력된다. 학생이 질의한 텍스트를 본 강사는 일반적으로 영상과 음성, 그리고 슬라이드 및 애노테이션을 이용하여, 학생에게 질문에 대한 답변을 전달한다. 그리고 강사가 많은 양의 텍스트 정보를 학생에게 전달할 필요가 있을 경우에는 텍스트 입력 패널을 통하여 텍스트를 전달한다.



그림 10. 학생 측 모바일 클라이언트의  
(a) 실시간 원격 교육 기능 유저 인터페이스  
(b) 세션 리플레이 유저 인터페이스

Fig. 10 Student's mobile client  
(a) real-time distance learning user interface  
(b) session replay user interface

둘째, 세션 리플레이 기능은 다음과 같이 사용 된다. 학생이 초기메뉴에서 레코딩된 강의 세션을 선택한 후, 스마트폰에 레코딩된 강의 세션 중 하나를 강의 목록에서 선택하여 실행하면 그림 10 (b)의 화면과 같이 동영상과 슬라이드 및 애노테이션이 시간의 흐름에 순차로 재연이 된다. 저장된 강의에서 학생이 질의 하였던 텍스트의 내용도 그림 10 (b) 중앙의 텍스트 출력 패널을 통해 시간의 흐름에 순차로 재연된다.

학생이 세션 리플레이 도중, 특정 부분부터 보고 싶은 경우, 그림 10 (b) 하단의 타임 슬라이드 바를 옮겨서 특정 부분으로 이동하며, 특정 부분부터 강사의 영상과 음성, 그리고 슬라이드 및 애노테이션, 학생으로부터의 피드백이 재연된다.

2) 평가

본교의 컴퓨터공학과 학부생 및 대학원생들을 대상으로 무작위로 31명을 추출하여 2011년 3월 2일부터 15일까지 2주간 만족도에 대한 설문조사를 하였다. 우선, 학생들에게 기존의 원격 교육 시스템을 사용하게 하였다. 그 후 본 논문에서 제안된 모바일 원격 교육 시스템의 프로토타입을 사용하게 한 후 설문조사를 한 결과 그림 11과 같은 결과가 나왔다.

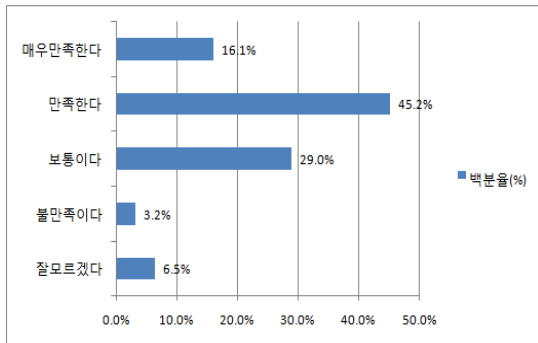


그림 11. 제안된 동기식 모바일 원격 교육 시스템의 프로토타입에 대한 만족도 평가

Fig. 11 Satisfaction survey on the proposed synchronous mobile distance learning system with session recording and replay support

만족도 측면에서 제안된 시스템에 대한 긍정적인 평가가 61.3%(‘매우 만족한다’ 16.1%와 ‘만족한다’ 45.2%)

로서 부정적인 평가 3.2%(‘불만족이다’ 3.2%)보다 훨씬 높았으며, 과반수를 차지했다. 그 외에 ‘보통이다’가 29%, ‘잘 모르겠다’가 6.5%로 나왔다.

V. 결 론

본 논문에서는 세션 레코딩과 리플레이 기능을 제공하는 안드로이드 스마트폰 기반의 동기식 모바일 원격 교육 시스템을 설계하고 구현하였다. 제안된 시스템은 강사의 강의하는 모습을 담은 영상과 음성뿐만 아니라 강의 슬라이드 및 그에 대한 애노테이션을 학생들의 스마트폰을 통해 실시간으로 보고 들을 수 있게 해주며, 강의 도중 학생이 강사에게 텍스트 형태의 실시간 피드백을 보내고 강사와 상호작용을 할 수 있게 해준다.

그리고 학생이 강의를 복습을 하고 싶은 경우에 대비하여, 강의 세션 동안의 동영상, 슬라이드 및 애노테이션, 학생의 피드백 등에 관련된 이벤트들을 저장하는 세션 레코딩과, 저장된 이벤트들을 차례대로 재연하는 세션 리플레이 기능을 제공한다. 따라서 학생들은 실시간 강의 도중에 강사와의 실시간 상호작용을 통해서 뿐만 아니라, 녹화된 강의 세션을 나중에 리플레이하여 복습함으로써 강의에 대한 이해를 한층 더 높일 수 있다.

일부 학부생들에게 세션 레코딩과 리플레이를 지원하지 않은 기존의 동기식 시스템과 본 시스템을 사용하게 한 결과, 본 시스템을 사용한 학생들의 강의에 대한 이해도가 더 높았다. 보다 자세한 사용자 만족도 조사는 앞으로 실시할 예정이다.

제시된 시스템에서는 학생이 실시간 강의를 보고 듣는 것과 동시에 강의 세션의 내용을 자신의 스마트폰 상에 저장하게 되어 있다. 이는 동기식 모바일 원격 교육 시스템의 단점인 지난 강의에 대한 복습 등을 위해 보강된 기능으로써, 나중에 학생이 별도의 서버와의 연결이 필요 없이 스마트폰 상에 저장된 강의 세션을 리플레이할 수 있는 장점을 제공한다. 반면에, 이러한 방법은 학생이 해당 실시간 강의를 놓치면 세션 레코딩이 이루어질 수 없으며, 따라서 나중에 세션 리플레이 자체를 못하는 아쉬운 점이 있다.

그리고 많은 강의 세션을 스마트폰에 저장하기에는 스마트폰 저장 공간의 제약이 있다. 이러한 단점들을 개선하기 위해 다운로드 가능한 레코딩된 강의 세션을 제공하는 클라우드 컴퓨팅 서버를 지원할 예정이다.

### 참고문헌

- [ 1 ] 김태환, "스마트폰 시대의 사용자 환경", 한국정보과학회지, 제 28권, 제 5호, pp. 27-31, 2010년 5월.
- [ 2 ] 장윤정, 김철우, "스마트폰 시장의 진화와 안드로이드의 영향", 한국 정보과학회지, 제 28권, 제 5호, pp. 48-55, 2010년 5월.
- [ 3 ] J. Grudin, "Computer-Supported Cooperative Work: History and Focus", *IEEE Computer*, Vol.27, No.5, pp. 19-26, May 1994.
- [ 4 ] C. A. Ellis, S. J. Gibbs, and G. Rein, "Groupware: Some Issues and Experiences", *Communications of the ACM*, Vol.34 Issue 1, pp. 39-58, Jan. 1991.
- [ 5 ] W.K. Edwards, "Session Management for Collaborative Applications", *Proc. of the ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pp. 323-330, Oct. 1994.
- [ 6 ] N.R. Manohar and A. Prakash, "Replay by Re-execution: A Paradigm for Asynchronous Collaboration via Record and Replay of Interactive Multimedia Stream", *ACM SIGOIS bulletin - Special issue on workshop write-ups and position papers from CSCW'94*, Vol. 15, Issue. 2, pp. 32-34, Dec, 1994.
- [ 7 ] N.R. Manohar and A. Prakash, "The Session Capture and Replay Paradigm for Asynchronous Collaboration", *Proc. of the 4th Conference on European Conference on Computer-Supported Cooperative Work*, pp. 149-164, 1995.
- [ 8 ] S. G. Deshpande, J-N. Hwang, "A Real-Time Interactive Virtual Classroom Multimedia Distance Learning System", *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol. 3, No. 4, pp. 432-444, 2001.
- [ 9 ] M. Wilkerson, W. G. Griswold, and B. Simon, "Ubiquitous Presenter: Increasing Student Access and Control in a Digital Lecturing Environment", *Proc. of the SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*, pp.116-120, 2005.
- [10] Richard Anderson, Ruth Anderson, P. Davis, N. Linnell, C. Prince, V. Razmov, and F. Videon, "Classroom Presenter: Enhancing Interactive Education with Digital Ink", *IEEE Computer*, Vol.40, No.9, pp. 56-61, 2007.
- [11] M. Wang, R. Shen, R. Tong, F. Yang and P. Han, "Mobile Learning with Cellphones and PocketPCs", *Lecture Notes in Computer Science* 3583, pp.332-339, 2005.
- [12] C. Ullrich, R. Shen, R. Tong, and X. Tan, "A Mobile Live Video Learning System for Large-Scale Learning-System design and Evaluation", *IEEE Transactions on Learning Technologies*, Vol. 3, No. 1, pp. 6-17, 2010.
- [13] N. Cavus, D. Ibrahim, "m-Learning: An experiment in using SMS to support learning new English language words", *British Journal of Educational Technology*, Vol.40, Issue 1, pp78-91, Jan, 2009.
- [14] S. Jeon, Y. Jo, D. Kim, K. Kim, D. Seo and I. Jung, "Implementation of English E-Learning System Based on .Net Framework", *Proc. of IEEE International Conference on Consumer Electronics*, pp 883-884, Jan, 2011.
- [15] Android 2.2 Platform  
<http://developer.android.com/sdk/android-2.2.html>
- [16] ITU-T Recommendation H.263, July, 1995.
- [17] ITU-T Recommendation G.723.1 "Dual-rate Speech Coder For Multimedia Communications Transmitting at 5.3 and 6.3kbit/s", 1996.
- [18] Android NDK,  
<http://developer.android.com/sdk/ndk/index.html>

## 저자소개



**성대현(Dae-Hyun Sung)**

2009년 홍익대학교 컴퓨터공학과  
공학학사

2009년~현재 홍익대학교  
컴퓨터공학과 석사과정

※ 관심분야: 모바일, 스마트폰, 원격 교육



**이장호(Jang Ho Lee)**

1990년 서울대학교 컴퓨터공학과  
공학학사

1992년 서울대학교 컴퓨터공학과  
공학석사

2000년 University of Michigan, Electrical Eng. and  
Computer Science 공학박사

2000년 IBM T.J.Watson Postdoctoral Researcher

2001년 (주) 유비쿼스 수석연구원

2002년~현재 홍익대학교 컴퓨터공학과 부교수

※ 관심분야: CSCW, 그리드컴퓨팅, 모바일컴퓨팅