

WebRTC 기반 원격 협업 학습 플랫폼 기술 연구

오현택*, 안상홍*, 양진홍**, 최준균^o

WebRTC-Based Remote Collaborative Learning Platform

Hyeontaek Oh*, Sanghong Ahn*, Jinhong Yang**, Jun Kyun Choi^o

요약

스마트 디바이스의 보급과 더불어 스마트 TV, 웹 기반 IPTV 등의 확산으로 사용자 측의 방송 콘텐츠 재생 단말의 급속한 변화가 일어나고 있다. 이러한 환경 변화를 통해 방송 콘텐츠들은 다양한 웹 서비스들이 결합된 응용 서비스들이 가능해졌으며 방송 환경에서의 웹 콘텐츠의 수용을 더욱 촉진하고 있다. 이러한 변화와 함께, 교육 콘텐츠의 경우 교수자의 강의를 일방적으로 전달하던 방송 형태에서 점차 웹을 응용한 온라인 교육 환경으로 발전함에 따라 점점 교수자와 학습자간의 상호작용에 대한 요구가 증가하고 있다. 본 논문에서는 웹 기술과 방송이 결합된 환경에서 양방향 교육 환경을 지원하기 위해, WebRTC (Web Real-Time Communication) 기반 원격 협업 학습 플랫폼을 제안한다. 변화된 환경에서의 원격 협업 교육 서비스 시나리오 도출을 통해 요구사항을 정의하고, 이를 지원하기 위한 웹 기반 원격 협업 콘텐츠 객체 공유 기술과 협업 스트리밍 기술을 제시한다. 특히 WebRTC를 기반으로 한 효율적인 사용자 세션 제어, 연동 및 관리를 위한 협업 교육 플랫폼 구조 제안 및 구현을 통해 실제 교육 환경에서의 적용 및 검증하고, 본 기술의 가능성을 확인하였다.

Key Words : Web, Web Real-time Communication, e-Learning, online education, collaborative learning

ABSTRACT

Recently, as the number of smart devices (such as smart TV or Web based IPTV) increases, the way of digital broadcast contents is changed. This change leads that conventional broadcast media accepts Web platform and its services to provide more quality contents. Based on this change, in education field, education broadcasting also follows the trend. The traditional education broadcasting platforms, which just delivered the lecture in one-way, are utilized the Web technology to make interaction between teacher and student. Current education platforms, however, are insufficient to satisfy users' demands for two-way interactions. This paper proposes a new remote collaborative learning platform which able to provide high interactivity among users. Based on new functional requirements from original use case, the platform provides collaborative contents sharing and collaborative video streaming techniques by utilizing WebRTC (Web Real-Time Communication) technology. The implementation demonstrates the operability of proposed system.

※ 이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (B0101-15-0331, 이종스 크린 적용형 자율 스마트 미디어 기술 개발)

◆ First Author : School of Electrical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, hyeontaek@kaist.ac.kr, 학생회원

◦ Corresponding Author : School of Electrical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, jkchoi59@kaist.edu, 중신회원

* School of Electrical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, ancom21c@kaist.ac.kr

** Dept. of Information and Communications, Korea Advanced Institute of Science and Technology, sunupnet@kaist.ac.kr, 학생회원
논문번호 : KICS2015-02-039, Received February 27, 2015; Revised April 18, 2015; Accepted May 11, 2015

I. 서론

최근 스마트 디바이스의 보급과 더불어 스마트 TV, IPTV, 웹 기반 OTT (Over The Top) 단말의 확산으로 사용자 측의 방송 콘텐츠 재생 단말의 급속한 변화가 일어나고 있다^[1]. 이러한 스마트 디바이스 대다수는 모바일 OS 및 웹 브라우저를 내장하고 있어, 기존의 웹 서비스들을 별다른 추가 사항 없이도 손쉽게 이용 가능한 특징을 가지고 있다.

사용자 단말 환경의 변화로 인해 방송 콘텐츠들은 기존의 단방향 서비스를 넘어서 다양한 양방향 서비스들과 결합된 응용 서비스들이 가능해졌으며, 방송 환경에서의 웹 콘텐츠 수용을 더욱 촉진하고 있다. 특히 웹의 경우 개방적 특성을 바탕으로 다양한 콘텐츠들이 생성 및 소비되어지고 있으며, 이는 교육 콘텐츠 분야에도 큰 변화를 가져오고 있다. 초창기 원격 학습의 경우 TV 기반의 방송 강의를 중심으로 하여 교수의 지식을 학습자들에게 전달하는 단방향 학습 방식이 주를 이루었다. 하지만 웹의 발전과 함께 인터넷 강의를 생기면서 기존의 방송 강의에 더해 강의 포탈 페이지를 이용한 학습자와 교수의 질문답변과 같은 교수자와 학습자의 부분적 양방향 학습이 가능하게 되었다. 최근에는 웹 기반 개방형 강의인 MIT OpenCourseWare 나 Coursera와 같은 무료 기반 고품질의 교육 플랫폼 시장의 폭발적인 성장에 따라 날로 교육 콘텐츠의 품질이 높아지고 있다^[2].

이러한 환경의 변화에 힘입어 학습 효율의 증대를 위한 다양한 교육 이론들이 개발되었는데, 그 중 주목 받는 것이 컴퓨터를 이용한 협업 학습 이론 (Computer-Supported Collaborative Learning, CSCL)이다^[3]. 협업학습은 학습자가 학습 집단에서 학습활동을 하고 그 집단의 성적에 기초하여 보상과 인정을 받는 학습 방법이며 학습능력이 각기 다른 학생들이 동일한 집단목표를 향하여 소집단에서 함께 활동하는 수업방법으로 정의된다^[4,5]. 협업학습의 특성은 크게 상호의존성, 정보의 통합, 독립성의 세 가지로 나누어지는데, 이들은 웹 기반 교육 환경과 같이 분산되고 학습자의 종류가 다양한 환경에서 더욱 부각되는 특성들이다^[6,7].

하지만, 현재 제공되고 있는 웹 기반 교육 서비스들은 개별 학습에 대한 능동적인 참여의 형태가 아니라 단순히 녹화된 강의를 재생하고, 교수자와 학습자간의 소통 방법이 단순한 질의응답 수준에 그치고 있다. 이러한 콘텐츠들이 전통적으로 방송 단말 환경으로 불리던 TV 환경에서 스마트 TV 및 IPTV 기능 및 서비

스를 통해 손쉽게 접근 및 이용할 수 있는 기반이 마련되었음에도 불구하고, 기존 원격 학습 경험을 뛰어넘는 양방향성을 가진 교육 환경에 대한 요구를 충족시키지 못하고 있으며, 학습자간의 원격학습 및 협업 학습 기능 또한 제공하지 못하고 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 웹 기반 실시간 통신 기술을 활용함으로써 기존 웹 및 방송 환경의 가장 취약점인 사용자 단말 간 멀티미디어 상호 커뮤니케이션 기능을 가능하게 하고, 웹 브라우저를 지원하는 단말 환경에서 방송 수준의 고품질 교육 콘텐츠의 수용 및 협업 학습의 특성들을 반영한 양방향 협업 기능의 구현 가능성을 제시한다. 이러한 방법의 특징은 WebRTC 기능을 지원하는 웹 브라우저의 경우 별도의 응용 어플리케이션 설치 없이 웹 브라우저만으로 고품질의 단대단 및 다대단 상호 스트리밍 연결이 가능해 원격 교육에 적합한 특성 및 방송 환경의 콘텐츠를 손쉽게 수용할 수 있는 특징을 가진다.

또한 웹 기술을 활용해 학습자들과 교수자들 간의 실시간 상호작용을 가능하게 하는 웹 기반 원격 협업 학습용 플랫폼을 제시한다. 웹 기반 원격 협업 학습 플랫폼을 이용하여 얻는 이점은 첫째, 별도의 프로그램이나 플러그인 없이 기기에 내장되어 있는 웹 브라우저를 이용하여 해당 서비스를 이용할 수 있으며, 둘째, 실시간 원격 학습 상황에서 사용자들이 원격 화상 공유를 통해 서로의 모습을 보면서 상호작용을 할 수 있다는 점, 셋째, 플랫폼을 통해 자신들의 학습 콘텐츠를 실시간으로 주고받음으로써 더욱 다양한 학습효과를 얻을 수 있다는 점을 꼽을 수 있다.

이를 위해 먼저 원격 협업 학습 시나리오를 통해 협업 학습에 필요한 실시간 객체 공유 기술과 실시간 협업 스트리밍 기술에 대한 요구사항을 도출해내고, 서비스들을 실행·동작 및 관리하기 위한 시스템 구조를 제안한다. 또한, 이를 직접 구현해 실제 실시간 협업 학습 상황에 적용하여 실시간 원격 협업 학습 플랫폼의 이용 가능성을 검증한다.

II. 관련 연구

기존 웹 기반 협업 학습 도구들은 간단한 협업기능을 제공하는 정도였는데, 이는 웹 이용 환경의 성능과 관계가 있다. 과거의 웹 이용 환경은 학습자와 교수자간의 다양한 상호작용을 실시간으로 지원할 만큼 성능이 좋지 않았다. 하지만, 고 성능의 모바일 디바이스의 보급과 다양한 웹 어플리케이션 사용의 증가로 웹 이용을 위한 기반 기술의 성능을 증가시켜야한다

는 요구가 대두 되었다. 이에 따라 IETF(Internet Engineering Task Force)와 W3C(World Wide Web Consortium)에서는 HTTP 프로토콜의 성능을 향상시킨 HTTP/2^[8]와 함께 웹 서비스 성능의 향상을 위해서 웹에서 각 장치 요소들의 기능에 접근할 수 있는 Device API^[9], 그리고 브라우저간 실시간 커뮤니케이션을 위한 WebRTC^[10] 등의 표준이 개발되었다. Device API는 웹 어플리케이션에서 각 기기의 기능들에 접근할 수 있게 개발된 인터페이스로 Device API가 지원되는 브라우저상에서 웹 어플리케이션에서 직접 장치의 정보를 활용이 가능한 기술이다. WebRTC는 웹 브라우저 간에 플러그인의 도움 없이 서로 실시간으로 통신할 수 있게 설계된 API로, 이를 이용하여 다양한 멀티미디어 서비스를 웹에서 빠르게 제공할 수 있는 기술이다. WebRTC의 요구사항 중 하나인 비디오 컨퍼런스 콜 (Video Conference Call)은 원격 협업 학습에 필요한 실시간 비디오 스트리밍을 가능하게 한다^[11,12]. 이러한 웹 전반의 성능 발전과 함께, 실시간 원격 학습에 사용될 수 있는 다양한 웹 어플리케이션이 개발되고 있다. 특히 최근 다양한 화상회의 서비스들 (Google Hangouts^[13], Skype 등)은 WebRTC 기능이 브라우저에 기본 탑재 됨에 따라 어플리케이션 설치가 필요 없는 장점을 내세워 빠르게 확산되고 있다. 이러한 서비스 들은 웹 브라우저 상에서 원격 화상회의 기능, 채팅 기능, 원격 화면 공유(원격 제어) 기능을 지원한다. 이를 학습 환경에 이용 시 교수자와 학습자가 실시간으로 화상회의 형태로 강의를 구성할 수 있다. 하지만, 텔레컨퍼런스 기능에 초점을 맞춘 원격화면 공유 기능은 각 사용자의 바탕화면 혹은 각 사용자가 사용하고 있는 데스크탑 화면을 공유하여 발표화면을 보여주는 기능에 그치고 있어 협업 학습기능에 필요한 사용자 간의 상호작용을 지원하기에는 부족한 점이 있다.

실시간 원격 협업학습을 위해서는 N스크린 기반 실시간 객체 전송 기능, 공유 가능 객체 식별 기능, 그리고 실시간 객체 공유를 위한 세션 제어 기능의 개발이 필요하다. N스크린이란 인터넷을 통해 연결된 여러 플랫폼과 단말기를 이용해 콘텐츠의 소비하는 새로운 방법을 의미하며^[14], 웹 기반 N스크린 기술로는 Javascript 기반의 라이브러리인 Shift.io가 있다^[15]. Shift.io는 WebSocket과 WebRTC 기능을 이용하여 웹브라우저에서 사용자가 원하는 콘텐츠(텍스트, 그림, 동영상 등) 객체를 연결된 다른 사용자나 자신의 다른 디바이스에 전송할 수 있는 플랫폼을 제공해 손쉬운 원격 객체 전송 및 공유 기능을 제공한다.

웹을 기반으로 하는 e-러닝은 다수의 학습자에게 쉽고 빠르게 학습을 제공할 수 있지만, 일률적인 학습 방법과 내용을 일방적으로 제공하는 공급자 중심의 구조적 한계를 가지고 있다. 이러한 구조적 한계를 해결하기 위해서 시작된 u-러닝(Ubiquitous Learning) 기술은 학습자가 시간과 공간의 제약 없이 원하는 방식과 내용으로 학습할 수 있게 학습내용을 제공하는 플랫폼을 통칭한다. 웹 기반 LMS(Learning Management System) 모델^[16]은 학습자가 자기 주도적으로 학습 계획을 수립하여 계획에 따른 학습내용과 방법을 제공하고, 학습 성과에 대한 분석을 토대로 향후 학습에 대한 정보를 능동적으로 제공하는 플랫폼이다. 다른 연구에서는 소셜러닝 기능을 고려한 스마트 u-러닝 시스템은 웹 기반 소셜 러닝 플랫폼을 제시하였다^[17]. 실시간 라이브 강의 환경에서 SNS (Social Network Service)를 활용하여 제한적이지만 학습자와 교수자 간의 실시간 소통을 가능하게 하였으며, 모바일 기기에서도 관련 기능들을 지원한다. 또한, 기존의 PC 기반의 e-러닝시스템과 연동 가능한 모바일 기반의 스마트 러닝 시스템을 구축한 연구에서는, PC 기반의 시스템의 수정 및 변화 없이 모바일 기반으로 학습 서비스가 가능하게 했다^[18].

이러한 u-러닝 시스템들은 모바일 환경을 고려함으로써 기존에 존재한 시간적 공간적 제한을 없앨 수 있게 되었지만, 여전히 학습자와 교수자간의 상호작용을 위한 기능에 대해서는 고려되지 않았다. Moodle에서의 효과적인 협업 워크스페이스 지원을 연구한 논문에서는 Moodle LMS 환경이 가진 학습자원 공유 방식을 보강하여, 교수자와 학습자가 다양한 자료들을 쉽게 공유할 수 있는 환경을 제공하지만, 협업 환경이 파일 형태의 자료 공유에 국한되어 있다^[19]. 또 다른 연구는 Moodle의 위키 기능을 이용하여 학습자들에게 협업 학습 플랫폼을 제공하여 그 효과를 연구하였다^[20]. 학습자들은 위키 시스템을 이용하여 자신이 학습한 자료를 공유하거나 모르는 점을 공유하게 되며, 위키에 축적된 정보들을 기반으로 새로운 학습을 할 수 있다. 위키 시스템은 방과 후 학습자들 간의 협업 학습에는 좋은 도구이나, 교수자와 학생들 간의 실시간 학습 시에는 충분한 실시간성 및 양방향성을 제공하지 못하고 있다.

본 논문에서는 웹 기반 원격 협업학습 플랫폼을 위한 서비스 시나리오, 요구사항을 정의하고 이를 실제 서비스 형태로 제공할 수 있는 새로운 시스템 구조를 제시하고자 한다.

Ⅲ. 협업 학습기능을 지원하는 양방향 교육 플랫폼 설계

3.1 서비스 시나리오

앞으로의 원격 협업교육 환경은 그림 1과 같이 원격 환경에서 광대역 네트워크를 통해 사용자 및 교수자 입장에서 N스크린 기반으로 실감형 원격 협업교육 서비스를 받을 수 있어야 한다. 원격에서 수업을 수강하는 학습자는 끊임 없이 다양한 스마트 디바이스를 통해 교수자의 강의 내용을 수강할 수 있어야 하며, 교수자와 수강자간, 또 수강자들간의 영상 및 단말의 화면 공유가 실시간 및 다채널 형태로 가능하여야 한다. 또한 교수자와 학습자의 원활한 상호작용을 위해서는 실시간 원격 알림 및 문제 출제/답변이 가능해야 한다. 예를 들어 수업 중간에 교수자가 학생들의 이해도를 측정하기 위해 간단한 퀴즈 형식의 문제를 출제하면, 학습자의 단말기에 해당 문제가 바로 전송되어야 하며, 학습자들의 답변이 교수자에게 실시간으로 전달될 수 있어야 한다. 학습자의 답변이 교수자의 화면에 전송됨으로써 교수는 학습자들의 이해도를 실시간으로 볼 수 있고 강의 내용과 함께 저장되어 향후 해당 정보를 활용하여 학습자들의 이해도에 맞게 수업을 진행할 수 있어야 한다.

교수자가 제출한 문제가 여러 명의 학습자가 같이 해결해야 하는 문제라면 학습자들은 N스크린 기반의 협업 학습 플랫폼을 통해 서로의 의견을 공유하며 주어진 문제를 해결할 수 있어야 한다. 학습자들은 각자 개인의 단말을 가지고 있으면서, 필요에 따라 서로에게 자신이 찾은 콘텐츠를 주고받거나 동기화된 화면에 서로의 답변을 표시하는 등의 방법으로 주어진 문제를 해결할 수 있게 된다.

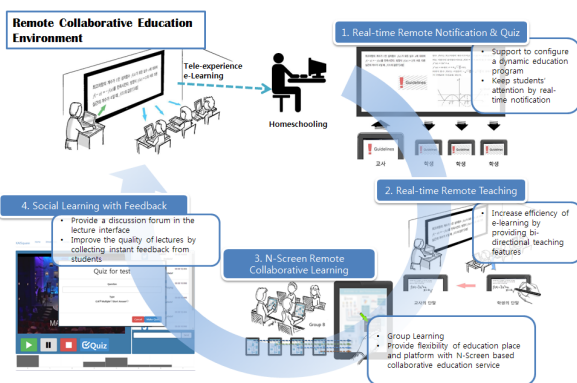


그림 1. 원격 협업 교육 서비스 시나리오 및 요구사항
Fig. 1. Service scenario and user requirements of remote collaborative learning

3.2 기술적 요구사항 분석

앞 절의 시나리오 분석을 바탕으로 실시간 원격 협업 및 N스크린 기반 원격 협업학습 서비스 시나리오에서 찾을 수 있는 기술 요소는 협업 학습 서비스 인터페이스, N스크린 환경, 원격 화상 협업 회의 등이 있다.

협업 학습 서비스 인터페이스 기술은 웹기반 교육 플랫폼이 스마트 디바이스 환경에서 웹 기술을 이용, 교육 효과를 극대화하기 위해 학습자와 교수에게 제공해야하는 기능들이다. 이는 콘텐츠 공유 및 협업 활동을 위한 요구사항들을 포함한다. 협업 학습 서비스 인터페이스는 소셜 네트워크를 교육에 접목시켜서 피드백을 강화하는 교육 이론 및 협업 활동 서비스에서 요구사항을 찾을 수 있다.

N스크린 환경 기술은 TV를 포함해 스마트폰, 태블릿 PC 등의 다양한 크기의 스크린을 위한 환경이다. 스크린 기기마다 운영체제, 접속 환경, 지원 기능 및

표 1. 협업 학습을 위한 기능적 요구사항
Table 1. Functional requirements of collaborative learning

Category of Technology	System Functions	Requirement description
Collaborative Education Service Interface	Collaborative content sharing function	Web-based education platform should support content-sharing function regardless the type of users' contents. Users should be able to manipulate their on-viewing contents with their collaborators in the real-time, and the result of manipulation should be synchronized among the related users.
	Personalized /Social educational function	Users should be able to play the collaborative learning content which is re-organized and personalized. Also, they should be able to watch the visualized history of content play. Web-based education platform should support the linkage to the information in the social network services.
N-Screen supports	Access management	Users should be able to access the web-based education platform with their web-enabled device, via a web browser. Users should be able to be served as the same quality of service regardless the type of their web-enabled device.
	Content-view management	Web-based education platform should support its contents, as they fit to users' screen.
Remote Conference	Streaming control	Users should be able to watch another user's video from his/her camera in the same session.
	Session control	Web-based education platform should support grouping function for each session: a group is a subset of users and supporting video sharing functions for a small conference.
	Non-functional requirement	Web-based education platform should not enforce users to install own program or plug-in.

사용자 경험이 각기 다르기 때문에, 이는 단순한 스크린 크기의 차이만이 아닌 다양한 기기 환경을 지원하기 위한 요구사항이다.

원격 화상 협업 회의 기술은 원격 교육에서 실시간 동영상 스트리밍 및 다자간 화상 공유를 위한 제반 기술이다. 이 기술 분야의 기능적 요구사항은 그 수준이 높아서, 예전의 웹기반 교육 서비스 또는 화상 회의 시스템은 전용 프로그램이나 플러그인을 통해 기능들을 지원했다. 하지만 N스크린 환경과 같이 이종 환경을 포괄해야하는 서비스 요구사항에 따라, 전용 플러그인 없이 원격 화상 협업 회의 기능들을 제공해야한다는 요구사항이 나타난다. 표 1은 협업 학습을 지원하기 위한 양방향 교육 플랫폼의 구체적인 기능적 요구사항을 나타낸다.

3.3 시스템 설계

웹 기반 원격 협업 학습 플랫폼은 그림 2와 같이 세 가지의 주요 요소로 구분된다. 사용자를 위한 Front-end, 협업학습 기능을 제공하기 위한 Application server, 그리고 스트리밍과 데이터 등을 처리하는 Back-end 시스템으로 이루어져 있다. 본 논문에서는 이러한 세 가지 요소를 개발하여 원격 협업 학습 플랫폼에 적합한 시스템을 제안하고 이를 실제 교육 및 방송 단말 환경에서 손쉽게 활용 할 수 있도록 구현하였다.

사용자를 위한 Front-End는 크게 사용자의 사용성을 위한 UI(User Interface)부분과 강의를 위한 강의 모듈(module)들로 나뉘진다. UI Manager는 사용자의 UI 전반을 담당하는 부분으로 일반적인 UI의 표시뿐만 아니라 사용자들의 사이에서 원격 협업이 발생할 때 콘텐츠의 배치, 전송, 동기화 등 사용자 간의 상호작용으로 발생할 수 있는 UI의 변화를 전반적으로

관리하는 모듈이다. 강의 모듈은 교수자와 학습자의 강의 환경에 관련된 모듈들이다. Lecture viewer는 학습자의 강의 환경 세팅을 위한 모듈이다. Lecture provider와 Lecture Manager는 교수자를 위한 모듈이다. 마지막으로 applications 모듈은 하나의 Lecture 세션에서 화면에 표시되는 기능 요소들을 통칭하는 것으로, 웹 위젯 형태로써 화면에 표시되고 제공된다. Application 모듈이 지원하는 기능들은 강의 비디오 콘텐츠 화면, 실시간 간단 피드백 기능, 실시간 질문 기능, 협업 콘텐츠 재생기능, 강의 슬라이드 화면 등이 있다.

Application server는 원격 협업 학습을 위한 기능을 담고 있으며 크게 세 가지 컴포넌트(component)로 나누어져 있다. 협업 학습 컴포넌트는 사용자의 협업 학습에 필요한 전반적인 기능을 관리한다. Social learning manager 모듈은 학습자의 소셜 협업 학습 상태, 학습자들의 관계 등을 관리한다. Information visualizer 모듈은 협업 콘텐츠 시각화와 관련된 기능 학습자의 협업 학습 콘텐츠에 대한 상호작용 관계도, 협업 학습의 진척도 시각화 등을 관리하는 모듈이다. Application manager는 Front-End의 application 모듈이 지원하는 기능들을 서버 쪽에서 보조하는 역할을 한다. Streaming controller 모듈은 강의 환경에서 원격 학습을 위한 강의 화면의 스트리밍 전송뿐만 아니라 원격 학습에서의 교수자와 학습자, 학습자와 학습자 간의 상호 작용을 위한 비디오 컨퍼런스 화면 공유 기능도 담당한다. Real-time content mediator 모듈은 협업 학습 환경에서 실시간으로 전달되는 콘텐츠들의 변환을 담당한다. 콘텐츠 전달시 송신자의 기기와 수신자의 기기의 종류가 다를 수 있는데, 해당 모듈을 통해 전달되는 콘텐츠를 수신자의 기기의 환경에 맞게 변환해주는 역할을 한다. Content Syndicator 컴포넌트는 콘텐츠와 관련된 전반적인 처리를 담당하는 기능으로 사용자들이 협업 학습을 위해 콘텐츠 객체를 공유할 때 서로의 기기에 제대로 표현될 수 있도록 콘텐츠를 변환하는 기능, 학습자가 VoD 형태로 학습할 때 관련 강의 자료의 변환 등을 담당한다. 세션 매니저 컴포넌트는 시스템에 접속된 사용자들의 세션을 관리하는 기능을 담당한다. 세션 관리 컴포넌트를 통해 콘텐츠 공유 시 시스템에서 송신자와 수신자를 특정할 수 있게 된다.

Back-End는 강의 데이터 및 스트리밍 서비스를 위한 가상 머신 등을 관리하는 클라우드를 이를 이용하여 다수의 이용자가 플랫폼을 동시에 사용하더라도 품질의 저하가 없이 서비스를 제공할 수 있게 된다.

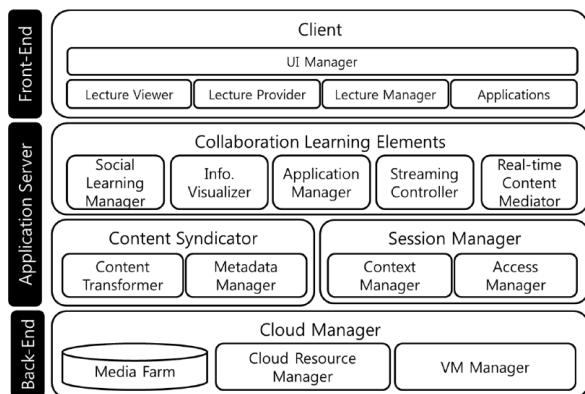


그림 2. 웹 기반 원격 협업 교육 플랫폼의 블록도
Fig. 2. System block diagram

IV. 협업 학습기능을 지원하는 양방향 교육 플랫폼 구현 및 시연

4.1 네트워크 환경 구축 및 구현

원격 협업 학습 시나리오 및 요구사항을 기반으로 설계한 시스템의 직접적인 구현 형상은 그림 3과 같다. 시스템 상에서 연결을 관리하고 강의 서비스를 제공하는 Back-End/Application server와, 단말 간 미디어 스트림을 위해 WebRTC 연결을 중개하는 STUN 서버와 TURN 서버들을 포함하는 MultiPoint Control Unit (MCU)으로 구성된다. Back-End 및 Application server의 구현환경은 Node.js 웹 서버와 mongoDB 데이터베이스 시스템으로 이루어져 있으며, 클라이언트 (웹브라우저)와의 실시간 HTTP 통신을 지원하기 위하여 Socket.io 라이브러리를 기반으로 관련 기능을 구현하였다. Front-End의 구현 환경은 AngularJS를 기반으로 하는 MVC (Model-View-Controller) 디자인 패턴에 입각한 웹 서비스 설계를 바탕으로 구현하였으며, 이를 통해 손쉬운 웹 위젯의 구현 및 추가/삭제를 도모하였다.

양방향 교육 플랫폼에서 중요한 기능을 담당하는 collaborative learning elements 컴포넌트의 각 모듈들은 기본적으로 Node.js 기반 JavaScript로 구현되어 있다. Front-End와 같이 AngularJS를 기반으로 하는 MVC 디자인 패턴을 기반으로 구현되어 있으며 controller에 해당되는 부분으로 관련 모듈들이 구현되었다. Streaming controller는 Socket.io 라이브러리를 기반으로 WebRTC 기능들을 사용하여 Real-time content mediator 모듈에서 얻어진 사용자의 단말 정보를 기반으로 하여 단말 사양에 맞게 사용자들에게 강의 동영상을 전달할 수 있게 구현되었다. Social

learning manager는 소셜 네트워크에서 사용하는 개념들을 참고하여 구현되었으며, 해당 모듈을 통해 사용자들이 작성한 학습 내용에 대한 소감이나, 자신의 학습 진도, 다른 사용자와의 상호작용 등을 할 수 있도록 구현되었다.

클라이언트는 웹 브라우저를 통해 시스템에 접속하게 되며, 모든 연결은 HTTP 기반의 프로토콜로 이루어진다. 하나의 클라이언트는 시스템과 최대 3종류의 세션 연결을 맺게 되는데, 이는 일반 웹 서비스를 위한 세션, 강의 중 인터랙션을 관리하기 위한 세션, 그리고 강의 중 WebRTC 미디어 스트리밍을 위한 STUN 프로토콜 세션의 3가지다. 일반 웹 세션 이외의 세션은 필요한 경우에만 각 강의 단위로 생성되며, 이 세션들은 Session Manager를 통해 관리된다.

웹 기반 서비스 플랫폼에서 사용자의 양방향 상호작용을 원활하게 하기 위해서는 시스템에 접속한 각 사용자의 세션 관리가 필수적이다. 세션은 각 사용자를 나타내기 때문에 시스템적으로 모든 양방향 상호작용은 세션-세션 간 데이터 송·수신으로 이루어지기 때문이다. 특히, 양방향 협업 학습 플랫폼에서는 한 사용자가 여러 대의 기기를 이용하는 것을 가정하기 때문에 한 사용자는 동시에 여러 개의 세션을 소유할 수 있게 된다. 이를 효율적으로 관리하기 위해서는 사용자와 기기의 세션을 계층적으로 관리하여, 사용자 레벨과 기기 레벨의 세션을 따로 관리해줄 필요가 있다. 또한, 사용자의 모든 기기들이 WebRTC 세션을 필요로 하기 때문에 시스템의 확장성(Scalability)을 위해서는 MCU의 가상화 환경에서 세션 연결을 설정 시, 혼잡 제어를 할 필요가 있다. 제안하는 시스템에서는 key-value 캐시 저장소 기반의 세션 저장소를 이용하여 계층적 세션 관리 구조를 만들어 이러한 세션

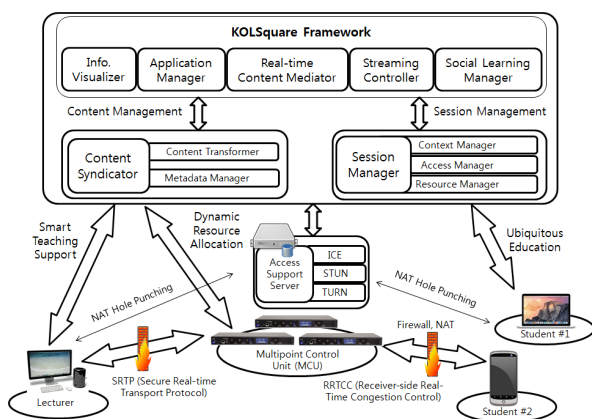


그림 3. 양방향 교육 플랫폼 시스템 구현도
Fig. 3. Collaborative learning system architecture

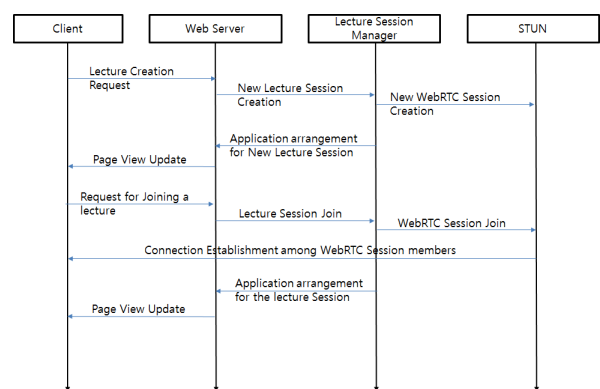


그림 4. 강의 세션 생성 및 참가 Sequence diagram
Fig. 4. Sequence diagram of creating and joining lecture session

관리 문제를 해결함으로써 웹 기반의 협업 학습 플랫폼에서 양방향 상호작용의 성능을 향상시킬 수 있다.

4.2 시스템 플로우

4.2.1 강의 세션 생성 및 참가

학습자와 교수는 하나의 강의 안에서 강의 화면 전송, 퀴즈 문답, Q버튼 피드백 등 다수의 실시간 상호작용 기능을 활용한다. 이를 위하여 강의 별로 서버에 강의 어플리케이션 세션을 생성하고 이를 관리하는 과정이 필요하다. 강의 어플리케이션 세션과 강의 내 스트리밍을 위한 WebRTC 세션은 별도로 편성되어 관리된다. 강의 어플리케이션 세션 및 WebRTC 세션은 Node.js의 WebSocket 라이브러리인 Socket.io를 통하여 연결을 관리한다. 그림 4는 교수자 클라이언트의 강의 세션 생성과, 학습자 클라이언트의 강의 세션 참가 과정을 나타낸다.

4.2.2 강의 세션 내 인터랙션

하나의 강의 도중에 일어나는 사용자 간의 모든 인터랙션은 강의 어플리케이션 세션을 통하여 이루어진다. 사용자가 프론트엔드 인터페이스를 통해 수행한 입력은 Socket.io의 Websocket을 통하여 강의 어플리케이션 세션에 전달되고, 백엔드 처리를 거쳐 같은 강의 어플리케이션 세션 내의 모든 클라이언트에게 해당 처리가 반영된다. 그림 5는 이러한 강의 세션 내 인터랙션 과정을 나타낸다.

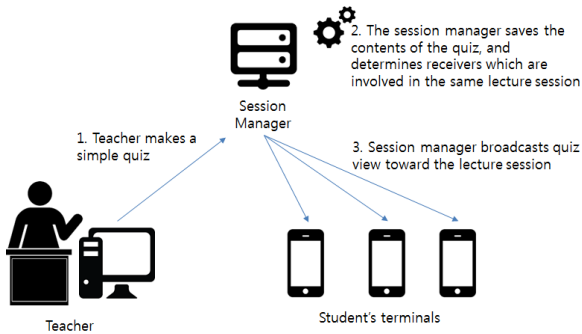


그림 5. 인터랙션 예 : 강의 중 퀴즈 출제하기
Fig. 5. Example of in class interaction: giving a quiz during lecture

4.3 양방향 협업 교육 플랫폼 시연

그림 6은 원격 협업 학습 플랫폼의 강의 대시보드를 나타낸다. 강의 대시보드는 교수자용과 학습자용이 나뉘어져 있으며, 사용자의 권한에 따라 필요한 기능들이 배치된다. 원격 협업 교육 플랫폼은 크게 8가지

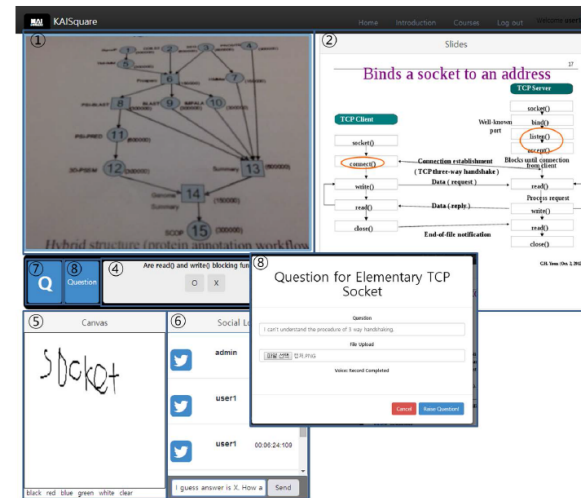
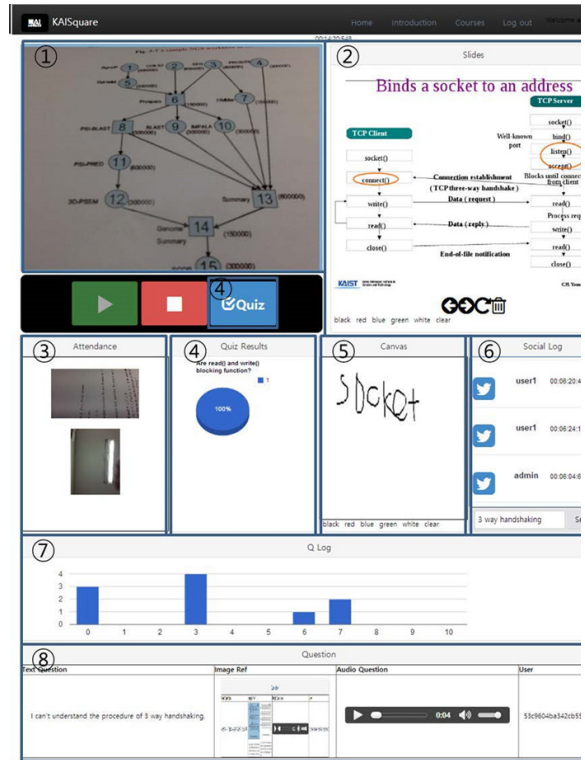


그림 6. 원격 협업 학습 플랫폼 강의 대시보드 (좌: 교수자, 우: 학습자)
Fig. 6. Dashboard of remote collaborative learning platform (left: teacher, right: student)

기능 (비디오 화면, 강의 슬라이드 쇼, 출석체크, 퀴즈, 개인 캔버스, 소셜로그, Q버튼, 질문답변)으로 구성되어 있다.

비디오 화면(그림6 ①)은 WebRTC를 통해 강의 화면을 실시간으로 스트리밍 한다. 교수자의 경우 대시보드에서 현재 카메라 화면을 확인할 수 있다. 아래의 재생 버튼과 정지 버튼으로 해당 강의를 녹화할 수 있

으며, 녹화된 강의는 자동으로 VoD 형태로 저장된다. 슬라이드 쇼(그림6 ②)는 강의자료에 쓰이는 발표자료를 조작하는 부분이다. 교수자는 슬라이드 쇼를 조작하여 페이지를 넘기거나, 페이지에 펜 기능을 이용하여 표시할 수 있으며, 교수자의 슬라이드 쇼에서 일어나는 일련의 활동은 학습자의 화면에도 실시간으로 동기화 되어 나타난다. 슬라이드 쇼의 이벤트 이력은 강의와 함께 녹화되어 VoD로 저장되며 추후 학생들이 VoD를 시청할 때 영상과 동기화 되어 나타난다. 출석체크(그림6 ③) 화면은 학습자의 상태를 실시간으로 스트리밍 하여 보여준다. 학생이 해당 강의 세션에 접속하면 자동으로 출석체크는 이루어지며, 이후 교수자는 학습자의 활동을 실시간으로 확인할 수 있다. 퀴즈(그림6 ④) 버튼을 활용하여 교수자는 퀴즈를 내고 그 응답을 받을 수 있다. 교수자는 퀴즈 내용란에 퀴즈 내용을 적거나, 미리 등록해 둔 퀴즈를 불러와서 학습자에게 퀴즈를 출제할 수 있다. 이 때, 학습자의 응답형태는 O/X, 다지선다, 그리고 단답형 중 하나로 할 수 있다. 다지선다의 경우, 교수자는 각 선택지의 내용을 미리 저장된 내용에서 불러오거나 입력할 수 있다. 개인 캔버스(그림6 ⑤)는 사용자가 개인적으로 메모를 하거나 다른 사용자와 캔버스 화면을 공유하여 공통된 작업을 할 수도 있다. 소셜로그(그림6 ⑥)는 동일한 강의를 수강하고 있는 학습자들끼리 의견을 교환할 수 있는 채팅방이다. Q버튼(그림6 ⑦)은 학습자의 피드백을 간단히 보낼 수 있는 방식으로, 학습자는 교수자가 진행하는 해당 학습내용을 모를 경우 Q버튼을 누름으로써 간단히 피드백을 보낼 수 있다. 교수자의 경우 시간의 경과에 따른 학습자들의 Q버튼 의사 통계를 그래프 형태로 확인할 수 있으며 해당 정보를 이용하여 학습자의 이해도를 간단히 확인할 수 있다. 질문답변 기능(그림6 ⑧)은 학습자로부터 받은 질문들이 나타난다. 질문은 텍스트, 이미지, 녹음 세 종류의 콘텐츠로 구성될 수 있고, 교수자는 다양한 질문 리스트 중 특정 질문만 선택적으로 자세히 볼 수 있다. 학습자의 입장에서는 Q버튼으로 전달하지 못하는 자세한 질문을 전달하기 위해 해당 기능을 이용할 수 있으며, 텍스트, 이미지 (사진, 그림, 캡처화면), 녹음을 통해 질문하고자하는 바를 원격에서도 자세히 전달할 수 있다.

그림 7은 원격 협업 교육 플랫폼을 실제 방송 시청 환경에서의 시연을 나타낸다. 학습자의 방송 시청환경을 가정하고 스마트 TV와 구글 크롬캐스트(Chromecast)를 이용하여 양방향 교육 플랫폼에 접속하여 실제로 TV 시청 환경에서 강의를 수강하는 것

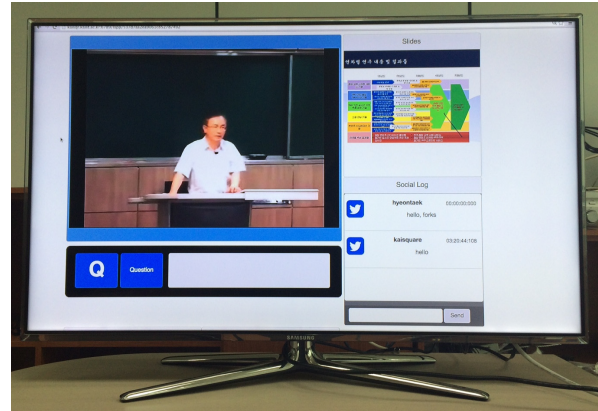


그림 7. 스마트TV 환경에서 원격 협업 학습 플랫폼 시연
Fig. 7. Demonstration of remote collaborative learning platform on smart TV environment

로 가정하였다. 학습자는 앞에서 소개된 여러 기능을 모두 사용하거나 학습자가 사용하는 기기 환경에 맞추어 필요한 기능만을 활용할 수도 있다.

V. 결 론

인터넷의 광대역화와 함께 방송과 인터넷의 결합은 IPTV와 스마트TV의 확산으로 이어졌고, 이는 방송환경에서도 기존의 웹 서비스들을 손쉽게 이용 가능하게 하였다. 이러한 환경의 변화를 통해 방송 콘텐츠들은 다양한 융·복합 서비스들이 가능하게 되었고, 온라인 교육 환경에도 많은 변화가 나타났다. 교수자의 강의를 일반적으로 시청하는 TV 방송서비스에서 벗어나 웹 환경을 응용하여 점차 교수자와 학습자의 상호작용을 제공할 수 있는 서비스로 발전하게 되었다. e-러닝으로 불리는 인터넷 기반의 학습 플랫폼들은 다수의 학습자에게 쉽고 빠르게 학습내용을 제공할 수는 있지만, 일률적인 학습 방법과 학습 내용을 단방향으로 제공하는 공급자 중심의 구조적 한계를 가지고 있다. 이러한 한계를 해결하기 위한 u-러닝 기반 플랫폼들은 학습자가 시간과 공간의 제약 없이 원하는 방식으로 학습할 수 있도록 발전되었다. 이러한 연구들을 통해 교수자의 강의를 일반적으로 시청하는 TV방송서비스에서 벗어나 웹 환경을 응용하여 점차 교수자와 학습자의 상호작용을 늘려가려는 시도가 계속되고 있다. 하지만, 현재 제공되고 있는 웹 기반 교육 서비스들은 개별 학습에 대한 능동적인 참여의 형태가 아니라 단순히 녹화된 강의를 재생하고, 교수자와 학습자간의 소통 방법이 단순한 질의응답 그리고 교육관리 홈페이지를 통한 자료 공유 정도에서 그치고 있어 사용자들이 원하는 스마트 단말 환경상의 양방향

성에 대한 요구를 충족시키지 못하고 있다. 본 논문에서는 새로운 방송환경에서 학습자들과 교수자들 간의 양방향 상호작용이 일어날 경우 바뀌는 교육환경에 대한 시나리오를 기반으로 하여 얻은 요구사항을 통해 새로운 웹 기반 양방향 원격 협업 교육 플랫폼을 제안하였다. 또한, 직접 구현을 통한 시연을 통해 기존의 웹 기반 IPTV나 스마트 TV 환경에 탑재되어 있는 웹 브라우저를 이용하여 사용자들에게 양방향 교육 서비스 제공이 가능함을 보였다. 본 연구팀은 향후 양방향 교육에 관한 더 다양한 요구사항을 분석하여 반영함으로써 진일보된 시스템으로 발전시킬 계획이다.

References

- [1] S. Kim and S. Lee, "Web 2.0 and IPTV service," *TTA J.*, no. 111, pp. 76-85, May 2007.
- [2] Docebo, *E-Learning market trends & forecast 2014-2016 Report*, Docebo, Mar. 2014.
- [3] L. Lipponen, et al., *Practices and orientations of CSCL*, in *What We Know About CSCL*, Springer Netherlands, pp. 31-50, 2004.
- [4] R. Slavin, "Cooperative Learning and Cooperative School," *Educational Leadership*, vol. 45, pp. 7-13, 1987.
- [5] P. G. Cole and L. K. Chan, *Teaching principles and practices*, New York: Prentice Hall, 1987.
- [6] D. W. Johnson, et al., "Cooperative learning returns to college," *Change*, vol. 30, pp. 26-35, 1998.
- [7] A. Ingram, L. and L. G. Hathorn, *Methods for analyzing collaboration in online communications*, in *Online Collaborative Learning: Theory and Practice*, 2004.
- [8] M. Belshe, R., Peon, and M. Thomson, *Hypertext transfer protocol version 2.0 draft-ietf-httpbis-http2-17*, IETF HTTPbis Working Group, Feb. 2015.
- [9] Device API Working Group, Retrieved Apr. 14, 2015, from <http://www.w3.org/2009/dap/>.
- [10] H. Alvestrand, *Overview: Real time protocols for browser-based applications draft-ietf-rtcweb-overview-13*, IETF Network Working Group, Nov. 2014.
- [11] J. K. Nurminen, A. J. R. Meyn, E. Jalonen, Y. Raivio, and R. Garcia Marrero, "P2P media streaming with HTML5 and WebRTC," in *Proc. IEEE Int. Conf. Comp. Commun. Wkshps. 2013 (INFOCOM WKSHPs 2013)*, pp. 63-64, Turin, Italy, Apr. 2013.
- [12] F. Fund, C. Wang, Y. Liu, T. Korakis, M. Zink, and S. S. Panwar, "Performance of DASH and WebRTC video services for mobile users," in *Proc. IEEE Int. Packet Video Wkshps. 2013 (PV 2013)*, pp. 1-8, San Jose, USA, Dec. 2013.
- [13] Google Hangouts, Retrieved Apr. 14, 2015, from <https://plus.google.com/hangouts>.
- [14] C. Yoon, T. Um, and H. Lee, "Classification of N-screen services and its standardization," in *Proc. IEEE Int. Conf. Adv. Commun. Tech. 2012 (ICACT 2012)*, pp. 597-602, PyeongChang, Korea, Feb. 2012.
- [15] S. An, H. Oh, S. Park, J. Yang, and J. Choi, "Browser-based web content sharing system," in *Proc. IEEE Consum. Commun. Net. Conf. (CCNC 2014)*, pp. 1128-1129, Las Vegas, USA, Jan. 2014.
- [16] J. Choi, C. Park, H. Na, N. Lee, and J. Kim, "An architecture of a learner-centric u-learning," *J. KICS*, vol. 36, no. 2, pp. 23-32, Feb. 2011.
- [17] J. Yang, S. Song, S. Ahn, H. Oh, D. Kim, and J. Choi, "Demonstration of smart u-learning system," in *Proc. IEEE Consum. Commun. Net. Conf. (CCNC 2011)*, pp. 832-833, Las Vegas, USA, Jan. 2011.
- [18] J. Kim, "Study on construction method of hybrid web-based smart learning systems," *J. IEIE*, vol. 49, no. 9, pp. 370-378, Sept. 2012.
- [19] J. Jin, H. Lee, and M. Lee, "Supporting effective collaborative workspaces over moodle," *J. IIICE*, vol. 16, no. 12, pp. 2657-2664, Dec. 2012.
- [20] A. H. S. Sonego, E. M. H. do Amaral, F. Becker Nunes, and G. Bierhalz Voss, "Use of moodle as a tool for collaborative learning: A study focused on wiki," *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje*, vol. 9, no. 1, pp. 17-21, Jan. 2014.

오 현 택 (Hyeontaek Oh)



2012년 2월 : 한국과학기술원
전산학과 졸업
2014년 2월 : 한국과학기술원
전자 및 전자공학과 석사
2014년 3월~현재 : 한국과학기술원
전기 및 전자공학과
박사과정

<관심분야> 사물인터넷, 웹, 신뢰 네트워크

양 진 흥 (Jinhong Yang)



2003년 2월 : 인제대학교 컴퓨터
공학과 졸업
2005년 2월 : 인제대학교 컴퓨터
공학과 석사
2008년 9월~현재 : 한국과학기술원
정보통신공학과 박사과정
<관심분야> 사물인터넷, 웹 오
브젝트

안 상 흥 (Sanghong Ahn)



2010년 2월 : 한국과학기술원
전산학과 졸업
2012년 2월 : 한국과학기술원
전자 및 전자공학과 석사
2012년 3월~현재 : 한국과학기술원
전기 및 전자공학과
박사과정

<관심분야> 사물인터넷, 디바이스 웹

최 준 균 (Jun Kyun Choi)



1988년 2월 : 한국과학기술원 전
자 공학 박사
1997년 2월 : 한국전자통신연구
원 책임연구원
2009년 3월~현재 : 한국과학기술
원 전기 및 전자공학과 정교수
<관심분야> 사물인터넷, 웹, 신
뢰 네트워크