Binary CDMA 기반의 무선 VoIP 시스템의 구현 및 성능평가

최재원*

Implementation and Performance Evaluation of a Wireless VoIP System
based on the Binary-CDMA Technology

Jae-Won Choi*

이 논문은 2011학년도 경성대학교 학술연구비지원에 의하여 연구되었음.

요 약

Binary CDMA는 음성·영상 등의 멀티미디어 데이터를 초고속으로 우수한 전송품질로 통신할 수 있는 우리나라가 개발한 새로운 표준 무선통신 기술이다. 본 논문에서는 전화선의 설치나 매설 작업 없이 원하는 장소에 자유롭게 설치할 수 있는 Binary CDMA 기반의 무선 VoIP 시스템 개발을 위한 개발방법 및 구현에 관해 연구하였다. Binary-CDMA VoIP 시스템의 구조를 설계하고, 호제어를 위한 메시지와 자료구조의 정의한 후, 사용자간 통화를 위한 착발신 단말 간의 호제어 메시지 흐름을 설계하고 구현하였다.

ABSTRACT

Binary CDMA is a new standard technology for wireless communication developed by our country that makes high speed communications and good quality of services. In this paper we researched the development methods and implementation of a wireless VoIP System based on the Binary-CDMA technology that makes it freely installed in any place without phone cables and laying works. We designed the structure of the Binary-CDMA Wireless VoIP System and defined messages and data structures for call control. And then we designed and implemented call control message flow between VoIP terminals for user's communication.

키워드

무선 VoIP, 인터넷전화, IP-PBX

Key word

Wireless VoIP, Binary CDMA, IP Telephony

* 종신회원 : 부산가톨릭대학교 (soyoung@cup.ac.kr)

접수일자 : 2011. 07. 13

심사완료일자 : 2011. 10. 07

I. 서 론

정보통신분야에 있어서 가장 친숙한 도구를 찾다면 아마도 컴퓨터와 전화일 것이다. 많은 기업과 학교, 가정, 관공서에서 컴퓨터와 전화 기능을 통합해 효과적인 업무처리와 음성통화를 하려는 시도가 일어남에 따라 인터넷을 이용한 전화통신이 등장하게 되었다. 이중 대표적인 것이 교환기의 호제어 기술과 컴퓨터의 정보처리 기술이 결합한 인터넷전화(VoIP: Voice over IP) 시스템이다.[1] Binary CDMA는 우리나라가 개발한 새로운 근거리 무선통신 기술로 2009년 1월 국제표준(ISO)으로 최종 제정되었다. 이로 인해 과거 근거리 무선통신 제품 개발을 위해 비싼 로열티에도 불구하고 블루투스, 지그비 등과 같은 외국 표준 기술을 적용해오던 국내 기업들이 Binary CDMA 기술을 적용하여 응용제품을 더욱 활발히 개발할 수 있게 되었다.

Binary CDMA는 근거리 지역통신, 유비쿼터스 무선통신, 4세대 이동통신 기술로 다양한 응용제품에 적용되고 있는데, Binary CDMA 원천기술 보유 업체인 카서는 여러 채널 사용시 잡음이 많은 블루투스의 단점을 보완한 Retaw를 개발하였고, 엠아이유는 동영상 무선통신 모듈을 개발하여 내비게이션·DMB·PMP 등에 결합할 수 있도록 하였으며, 대우전자부품은 중국의 하이얼과 협력하여 Binary CDMA 칩을 이용한 제품을 공동으로 개발하였다.[2] 현재의 무선 인터넷전화는 와이파이(Wi-Fi: Wireless Fidelity)라 불리는 2.4 GHz대의 무선 LAN 표준(IEEE 802.11b)을 기반으로 무선접속장치(AP: Access Point)로부터 반경 500m 내에선 전화선 없이 최대 11Mbps의 속도로 통신할 수 있으나 장애물에 영향을 많이 받고 채널 겹침에 의한 혼선으로 서비스품질(QoS)이 저하되는 문제점을 안고 있다.[3]

반면 Binary CDMA 기반의 무선 인터넷전화는 해당 채널의 주파수 품질이 일정 수준 이하로 떨어지면 새로운 주파수 대역으로 옮겨가는 동적 주파수 할당이 이루어지고, 직진성이 보장되지 않거나 전송채널이 포화되는 등의 열악한 환경에서도 우수한 QoS를 보인다.

본 연구의 Binary CDMA 기반의 무선 VoIP 시스템은 기존 유선 VoIP 시스템의 설치 상의 제약을 극복하고, IEEE 802.11 무선 LAN 기반의 VoIP 시스템의 전송속도와 전송품질(QoS)을 개선하여, 고속의 음성·영상 통신을 가능하게 하는 무선 VoIP 시스템 구축을 위한 기

술이다. 본 논문에서는 전화선의 설치나 매설 작업 없이 원하는 장소에 자유롭게 설치할 수 있는 Binary CDMA 기반의 무선 VoIP 시스템 개발을 위한 개발방법 및 구현에 관해 연구하였다.

II. Binary CDMA 무선 VoIP 시스템

본 장에서는 Binary CDMA 통신 기술에 대한 개략적인 소개와 이를 기반한 무선 VoIP 시스템의 개발을 위한 요구사항을 분석하였다.

2.1 Binary CDMA 기술

Binary CDMA 기술은 디지털 기기들을 무선 연결하여 음성, 영상, 데이터 등을 자유롭게 통신할 수 있는 근거리 무선통신 기술이다. Binary CDMA는 CDMA와 TDMA의 장점을 특화하여 시스템 구조를 단순화하고 시스템 구축비용과 통신비를 절감할 수 있다. 또한 TDMA 방식으로 전송속도를 높이고, CDMA 방식으로 간섭에 강한 신호로 만들어 기존의 근거리 무선통신 기술에 비해 데이터 전송품질(QoS)의 개선과 최대 55Mbps의 초고속 데이터 전송이 가능하다.[4]

Binary CDMA는 기존 IEEE 802.11b/g/n 무선 LAN이나 Bluetooth, Zigbee의 동영상 전송, 장애물 통과, 서비스 품질, 보안성, 이동성, 접속단말 수 등의 한계를 극복할 수 있는 대체 기술로서, 무엇보다 원천기술의 보유와 표준화 주체가 우리나라이어서 비싼 로열티를 피할 수 있다는 장점을 가진다. 또한 최대 500m까지 데이터 송수신과 100m 이내의 근거리에서는 이동 속도 80km/h에서도 영상·음성의 송수신이 되는 등 타 근거리 무선통신에 비해 탁월한 원거리 무선 송수신이 가능하다. 타 근거리 무선통신 기술과의 비교는 그림 1과 같다.

그림 1. 근거리 무선통신 기술 비교
Fig. 1 Comparison of Personal Wireless Communication

① VoIP 단말에는 멀티미디어전화 기능을 구현하고, VoIP 교환서버에는 전화교환 기능을 구현하여 Binary CDMA에 의해 무선 통신이 이루어지도록 한다.

③ VoIP 단말간 Phone-to-Phone 통화서비스는 물론이고 발신자표시(CLIP), 호전환(CF), 다이알인(DID) 등의 다양한 부가서비스도 지원 가능하도록 한다.

⑤ 사용자는 VoIP 단말을 이용하여 음성·영상 통신이 가능하고, 단말과 교환서버 간의 호제어는 멀티미디어 통신 표준인 H.323 프로토콜을 근간으로 한다. 그리고 개발 플랫폼은 리눅스 운영체제로 하고 개발언어는 C언어로 한다.

⑦ Binary CDMA 무선통신으로 200~300m 범위 내에선 어느 정도의 지형지물과 사용자가 이동 중에도 VoIP 단말과 교환서버 간에 무선통신이 가능하도록 한다.

⑧ IP 기반의 인터넷 폰은 통신로를 경쟁적으로 공유하므로 기존 PSTN 방식의 호 제어로는 음성 서비스 품질(QoS)이 저하되므로 UDP 소켓을 이용한 실시간 전송, 멀티 쓰레드 통신, 음성압축 등의 기술을 활용한 통신성능 향상이 이루어지도록 한다.

⑩ 영상통신은 삼성에서 제공한 S3C6400 Multi-

III. Binary-CDMA 무선 VoIP 시스템 설계

멀티미디어 통신보드와 RF 통신모듈을 통합하고, Binary-CDMA 드라이버와 망 연동 모듈을 추가하여 리눅스 커널을 재구성 설치하고, 무선 VoIP 단말과 교환서버의 응용프로그램을 네트워크 프로그래밍하여 Binary-CDMA VoIP 시스템을 개발한다.

3.1 시스템 구조

Binary-CDMA 무선 VoIP 시스템은 다수의 이동 가능한 휴대형 VoIP 단말과 교환 및 연결 서비스를 제공하는 교환서버로 구성되어 있다. 단말과 교환서버 간 통신은 Binary CDMA 무선 기반의 TCP/IP 통신이 가능하고, 교환서버 간에는 TCP/IP 인터넷 통신으로 원거리 통신이 가능하다.

본 VoIP 시스템의 각 단말과 교환서버는 그림 2와 같이 시스템관리부, 호제어부, 통신지원부를 가진다. 시스템관리부는 시스템초기화와 사용자관리 및 오류제어 등의 시스템 관리기능을 수행하고, 호제어부는 착발신 단말 간의 통화연결을 위한 호 제어와 통신기능을 관장하고, 통신지원부는 물리계층을 포함한 Binary-CDMA MAC 계층과 TCP/IP 인터넷 계층의 통신 하부기능을 지원한다.

그림 2. Binary-CDMA 무선 VoIP 시스템 구조
Fig. 2 Structure of Binary-CDMA Wireless VoIP System

TCP/IP 계층구조에 기초한 Binary-CDMA 무선 CCTV 시스템의 각 계층 별 주요 기술개발 내용은 다음과 같다.

<p>1) 계층 1: 물리(Physical) 계층
영상·음성 멀티미디어 통신 보드 제작 및 RF 모듈 개발</p> <p>2) 계층 2: 네트워크 인터페이스(Media Access Control) 계층
Binary-CDMA MAC 계층 무선 통신 프로토콜 구현</p> <p>3) 계층 3: 인터넷(Internet) 계층
Binary-CDMA MAC 계층과 IP 계층과의 망 연동 실현</p> <p>4) 계층 4: 트랜스포트(Transport) 계층
네트워크 소켓 프로그래밍 라이브러리 구축</p> <p>5) 계층 5: 응용(Application) 계층
VoIP 단말 호제어부 응용 프로그램 개발
VoIP 교환서버 호제어부 응용 프로그램 개발</p> |
|---|

3.2 통신지원부

Binary CDMA 기반의 무선 통신과 TCP/IP 인터넷 통신을 지원하는 통신지원부의 설계는 다음과 같다.

3.2.1 멀티미디어 통신 보드 및 RF 모듈

Binary CDMA 기반의 음성·동영상의 멀티미디어 통신을 지원하는 멀티미디어 통신 보드는 전자부품연구원(KETI)의 Binary CDMA SoC (KWPN1200) 칩을 탑재한 대우전자부품의 RF 통합 모듈과 삼성의 S3C6410 멀티미디어 전용 CPU를 통합하여 제작한다.

삼성 S3C6410 멀티미디어 무선 통신 전용 CPU는 연결된 각종 멀티미디어 장비의 음성·영상 데이터를 인코딩하여 전송하고 디코딩하여 수신하는 고속의 무선 통신을 지원한다. 그리고 KWPN1200은 Binary CDMA를 지원하는 Koinonia의 규격을 만족하는 SoC IC이다.[5]

그림 3. 멀티미디어 통신 보드 블록도
Fig. 3 Block Diagram of Multimedia Communication Board

그림 4. 무선 VoIP 시스템 소프트웨어 아키텍처
Fig. 4 System Software Architecture of Wireless VoIP System

3.2.2 네트워크 소켓 프로그래밍 라이브러리 구축

Binary-CDMA MAC 계층과 기존의 IP 네트워크 계층 간의 망 연동을 위해 리눅스 커널의 망 연동 모듈을 수정한 후 제 컴파일하여 설치한다. VoIP 단말과 교환서버의 호제어부 응용 프로그램은 네트워크 소켓 라이브러리와 삼성의 멀티미디어 코덱 라이브러리를 이용하여 개발한다.[6] 멀티미디어 코덱 라이브러리로 음성과 영상을 인코딩/디코딩하고, 데이터 전송은 네트워크 소켓 라이브러리를 이용한다.

3.3 호제어부

호제어부는 착발신 단말 간의 통화연결을 위한 호 제어와 통신기능을 수행하며, 이의 설계는 다음과 같다.

3.3.1 호제어부의 구조

호제어부는 응용제어계층과 호제어계층으로 이루어져 있고, 응용제어계층은 사용자와의 인터페이싱과 착발호의 생성 및 각종 부가서비스를 제공하고, 호제어계층은 단말과 교환서버 간에 호제어 메시지를 교환하여 착발신 단말 간 호의 연결 및 해제가 이루어지게 한다. 호제어를 위한 응용제어계층과 호제어계층 간의 서비스 요구와 제공은 서비스 프리미티브에 의해 이루어진다. 착발신 단말 간의 호 제어를 위한 자료구조로는 호제어버퍼가 사용되는데 발호의 관리를 위해 발신단말과 서버 간에 한 쌍의 호제어버퍼가 할당되고, 착호를 위해 서버와 착신단말 간에 또 한 쌍의 호제어버퍼가 그림 6과 같이 할당된다. 교환시스템 내에는 동시에 여러 개의 호가 성립될 수 있으며, 각 호별로 호제어버퍼가 할당된다. 호제어버퍼는 그림 5와 같이 호제어 인스턴스 ID, 호참조번호, 하위링크 식별자인 소켓 핸들러, 호의

상태, 발신자와 수신자의 IP, 그리고 발신자와 수신자의 ID를 가진다.

호제어 인스턴스 ID	호참조번호 (Call Ref.Value)	하위 링크식별자 (소켓 핸들러)	호 상태	발신 자IP	수신 자IP	발신 자ID	수신 자ID
	발호: 0-126 착호: 255-128 Broadcast: 127						

그림 5. 호제어 버퍼의 구조

Fig. 5 Structure of Call Control Buffer

그림 6. 호제어부의 구조

Fig. 6 Structure of Call Control Subsystem

3.3.2 호제어 메시지 흐름 설계

단말과 교환서버의 호제어계층 간에 주고받는 호제어 메시지는 H.323의 호제어 메시지를 근간으로 하였다.[7] 사용자간의 통신을 위한 착발신 단말 간의 호제어 메시지의 흐름을 연결설정과 해제로 구분하여 설계하였다. 그림 7은 사용자 관점의 메시지 흐름이다.

그림 7. 호제어 메시지 흐름도 (사용자관점)

Fig. 7 Message Flow for Call Control (in User's View)

IV. Binary-CDMA 무선 VoIP 시스템 구현

4.1 호제어부 구현

사용자의 통화(혹은 종료)요청 시 통화연결(혹은 연결해제)을 위한 응용제어계층과 호제어계층간의 서비스 프리미티브의 교환과 단말과 서버의 호제어계층간 호제어 메시지의 흐름과 자료구조를 구현하였다.

1) 통화연결

사용자의 통화요청에 따른 호 설정을 위한 메시지 흐름은 그림 8과 같다. 사용자의 통화요청 시 발신단말의 응용제어계층은 호제어계층으로 AP_SETUP_REQ를 내려 호 설정을 요청한다. 이를 수신한 호제어계층은 호제어 버퍼를 할당한 후, 단말과 서버간에 물리링크를 설정하고 서버로 NWK-SETUP을 전송한다.

이를 수신한 서버의 호제어계층은 우선 호제어버퍼와 호참조번호(CRV)를 할당하고, NWK-SETUP에 실려온 사용자정보, 호참조번호, 소켓핸들러간 매핑을 호제어버퍼에 유지시킨 후, 응용제어계층으로 AP_SETUP_IND를 올려 보낸다.

이를 수신한 서버의 응용제어계층은 응용제어버퍼를 검색하여 수신측의 통화가능 여부를 확인하여 통화가능인 경우 통화 가능함을 AP_SETUP_RES에 실어 호제어계층에 응답하고, 착호를 위해 AP_SETUP_REQ를 호제어계층에 내려 호 설정 요청을 한다.

호제어계층이 통화가능 메시지를 수신하면 발신단말로 NWK-CALL-PROC을 보내어 호 처리가 진행중임을 알린다. 또한 호제어계층이 착호 요청메시지를 수신하면 우선 호제어버퍼와 호참조번호를 할당하고 호제어버퍼에 호참조번호, 소켓핸들러간 매핑, 사용자정보를 유지시키고, 물리링크를 설정한 후 착호 설립을 위한 NWK-SETUP(CRV)을 수신단말로 전송한다.

이를 수신한 단말의 호제어계층 역시 호제어버퍼를 할당하고 호참조번호와 소켓핸들러 간의 매핑을 유지시킨 후, 응용제어계층으로 AP_SETUP_IND를 올려 착호를 통지하고, 응용제어계층은 사용자에게 착호 발생을 알리는 링을 울리게 된다. 이때 발신측은 NWK-ALERT에 의해 링백톤(ring-back tone)을 듣게 된다.

수신자가 통화응답을 하면 수신단말은 서버로 **NWK-CONNECT**를 전송하고, 이는 발신단말로 전달되어 발신단말과 수신단말 간에 연결설정이 이루어지게 된다.

통신링크의 설정 및 망 관리를 위한 제어는 신뢰성 있는 통신을 위해 **TCP** 소켓을 이용하고, 동영상과 음성은 빠른 실시간 전송을 위해 **UDP** 소켓을 이용하여 통신한다.

교환서버는 착발신 단말 간의 호 제어만을 전담하고, 일단 착발신 단말 간에 연결설정이 이루어지면 교환서버를 거치지 않고 단말 간에 직접 음성통신이 이루어지도록 하여 음성전달을 위한 지연시간을 줄이고, 통신서버의 부하를 분산시켜 음성의 실시간처리가 이루어지도록 하였다.

작호에 대한 호 해제 작업은 서버의 응용제어계층에서 **AP_RELEASE_REQ**를 호제어계층으로 내림으로서 시작되고 앞서 설명한 발호에 대한 호 해제 작업과 동일한 과정을 거친다.

그림 9. 통화종료를 위한 호제어 메시지 흐름
Fig. 9 Call Control Message Flow for Call Release

그림 8. 통화연결을 위한 호제어 메시지 흐름
Fig. 8 Call Control Message Flow for Call Connection

2) 통화종료

사용자의 통화종료에 따른 호 해제를 위한 메시지 흐름은 그림 8과 같다. 사용자가 통화를 종료하면 단말의 응용제어계층은 **AP_RELEASE_REQ**를 호제어계층으로 내려 보내고, 이를 수신한 호제어계층은 **NWK_RELEASE**를 서버로 전송하여 호 해제를 요청한다. 서버의 호제어계층은 **AP_RELEASE_IND**를 응용제어계층으로 올려 호 해제를 통지하고, 호제어버퍼를 반환한 후 **NWK_RELEASE_COMPLETE**를 단말로 전송한다. 단말 역시 호 해제완료 메시지를 수신하면 호제어버퍼를 반환한 후, 응용제어계층으로 **AP_RELEASE_CFM**을 올려 호 해제를 완료한다.

V. 성능평가 및 고찰

본 장에서는 구현한 VoIP 시스템의 성능을 평가하기 위해 동시 통화요청자의 수에 따른 호 설정 및 해제 시간을 측정하여 성능을 평가하였다.

4.1. 성능평가 방법

호 설정시간은 발신자의 통화요청 시부터 교환서비스로 호 설정 요구메세지가 전달되어 수신자의 통화가능 여부를 확인하고 일련의 과정을 거쳐 두 사용자간에 통화연결이 이루어질 때까지의 시간이다. 호 해제시간은 통화해제 요청에 의해 두 사용자간에 통화해제가 이루어질 때까지의 시간이다.

4.2. 호 설정 시간

동시 통화요청자 수를 5명에서 80명까지 증가시키면
서 동시 통화요청자 수에 따른 호 설정 및 해제 시간을
측정한 후 이의 평균을 구하였고, 이의 그래프는 그림 9
와 같다.

그림 10. 동시 통화요청에 따른 평균 호 설정 및 해제 시간

Fig. 10 Average Time for Simultaneous Call Setup and Release

4.3. 고찰

동시 통화요청자 수를 5명에서 80명까지 증가시키면서 동시 통화요청자 수에 따른 호 설정 및 해제 시간을 측정 한 결과 호 설정 및 해제 시간은 동시 통화요청자 수가 증가함에 따라 완만하게 증가하였고, 호 설정시간은 대략 5~8 msec 이었고, 호 해제시간은 대략 2~3 msec 임을 알 수 있었다. 즉, 동시 통화 요청으로 인한 지연시간은 사용자 측면에서 볼 때 거의 무시될 수 있는 정도의 지연시간 이었다.

VI. 결 론

Binary CDMA는 음성·영상 등의 멀티미디어 데이터를 우수한 전송품질(QoS)로 초고속으로 통신할 수 있는 우리나라가 개발한 새로운 무선통신 기술이다. 본 논문에서는 Binary CDMA 기반의 무선 VoIP 시스템의 설계 및 구현에 관해 연구하였다. 본 연구의 Binary CDMA VoIP 시스템은 기존 유선 VoIP 시스템의 설치 상의 제약을 극복하고, IEEE 802.11 무선 LAN 기반의 VoIP 시스템의 장애물 통과와 채널 겹침에 의한 혼선 등의 서비스품질의 문제점을 개선하고, 동영상 전송, 보안성, 이동성, 접속단말 수 등에 우수성을 보인다.

음성·동영상의 멀티미디어 통신을 위한 멀티미디어 통신보드와 RF 통신모듈을 통합하고, Binary-CDMA MAC과 IP 계층의 망 연동을 실현한 후, 네트워크 소켓 라이브러리와 멀티미디어 코덱 라이브러리를 이용하여

무선 VoIP 단말과 교환서버의 응용프로그램을 개발하였다.

본 VoIP 시스템은 다수의 이동 가능한 휴대형 VoIP 단말과 교환 및 연결 제어를 수행하는 교환서버로 구성되어 있다. 사용자는 VoIP 단말을 이용하여 음성·영상 통신이 가능하고, 단말과 교환서버 간의 호 제어는 멀티미디어통신 표준인 H.323 프로토콜을 따랐다.

본 VoIP 시스템의 교환서버는 착발신 단말 간의 호 제어만을 전담하고, 일단 착발신 단말 간에 연결설정이 이루어지면 교환서버를 거치지 않고 단말 간에 직접 음성 통신이 이루어지도록 하여 음성전달을 위한 지연시간을 줄이고, 통신서버의 부하를 분산시켜 음성의 실시간 처리가 이루어지도록 하였다.

통신링크의 설정 및 망 관리를 위한 제어는 신뢰성 있는 통신을 위해 TCP 소켓을 이용하고, 동영상과 음성 빠른 실시간 전송을 위해 UDP 소켓을 이용하여 통신한다. 다중 채널의 음성·동영상의 빠른 실시간 통신을 동시에 지원하기 위해 멀티 쓰레드 방식으로 구현하고, 제어 채널과 데이터 채널에 각각 별도의 쓰레드를 할당하여 제어와 데이터 채널의 송수신이 독립적으로 이루어지도록 하였다.

또한 방대하고 복잡한 교환시스템을 단순화시켜 교환시스템의 핵심기능을 집중적으로 연구·설계함으로써 효율적인 시스템 개발이 이루어지도록 하였다. 그리고 VoIP 시스템의 구조를 설계하고, 호제어를 위한 메시지와 자료구조의 정의하고, 사용자간 통화를 위한 착발신 단말 간의 호 제어 메시지를 설계하고 구현하였다.

향후 VoIP 시스템의 복수 호 제어를 위한 구현기술과 발신자표시 등의 부가서비스 구현, 접속 지연시간, 호손실 등의 접속 품질평가와 MOS, 전송지연, 지터, 패킷 손실률과 에러율 등의 통화 품질평가 등의 성능평가에 대한 연구를 수행할 것이다.

참고문헌

- [1] Samrat Ganguly, Sudeept Bhatnagar, "About the VoIP: Wireless, P2P and New Enterprise Voice over IP", Wiley Inc., June 2008.

- [2] 송형규, 조위덕, 유비쿼터스 근거리 무선 통신 시스템, 진한엠앤비출판사, 2010년 5월.
- [3] IEEE 802.11 Standard, “Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput”, October 2009.
- [4] 김용희, 박미애, 조진웅 외, “Binary CDMA 망을 위한 안전한 AKA 프로토콜”, 정보보안학회논문지, 제 20 권 제 1호, 2010년 2월.
- [5] 강성진, 홍대기, 이현석, 조진웅, “Design methodology: Binary CDMA를 기반으로 하는 Koinonia 시스템의 모뎀 설계”, IT SOC magazine, 통권 제 15호, 2006년 11월.
- [6] Samsung Electronics, “S3C6400/6410 Multi-Format Codec API Document”, S3C6400/6410 RISC Microprocessor, September 2008.
- [7] ITU-T Recommendation H.323, Packet based multimedia communication system, December 2009.

저자소개

최재원(Jae-Won Choi)

1988년 2월 고려대학교
컴퓨터공학과 (공학사)
1990년 8월 미시간주립대학교
컴퓨터공학과 (공학석사)

1995년 8월 건국대학교 전자공학과 (공학박사)
1990년 10월~1997년 8월 삼성전자 정보통신연구소
선임연구원
1997년 9월~ 2011년 현재 경성대학교 컴퓨터공학부
정교수

※ 관심분야: 정보통신, 모바일 앱, 인터넷 응용, 운영체제