

SIP기반 임베디드 IoT 안전관리 시스템 설계

김삼택
우송대학교 IT융합학부 교수

Design of Safety Management System for IoT based in SIP

Sam-Taek Kim

Professor, School of Information Technology Convergence, Woosong University

요 약 국내, 외에서 개발된 IP, SIP 전관방송 시스템들은 윈도우나 리눅스 서버 환경에서 개발되어 서버-랙에 장착되어 운용되는 구조이며, 소비전력이 많고, 시스템 장애 시 원격 대응에 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 전관방송을 위해 사물인터넷 서비스 구조를 이용하여 IoT 디바이스와 IoT 게이트웨이를 IoT 서비스 서버에 연결하는 IoT 플랫폼을 구성하고, 이 구조를 이용하여 호 처리 및 방송 기능을 내장하며 공공장소의 비상통화 및 비상방송을 처리할 수 있는 임베디드 OS 기반의 안전관리 시스템 서버를 설계 했다. 본 서버는 표준 SIP를 지원하는 다양한 SIP기반 통화 및 방송장치와 상호 호환되어 구내전화 및 구내방송시스템과 통합구축이 가능하다.

주제어 : 안전관리, 센싱, 비상방송, 사물인터넷, 에스아이피, 지능장치

Abstract IP and SIP public broadcasting systems developed in Korea and abroad are developed in a Windows or Linux server environments and are installed in a server-rack structure, have high power consumption, and are difficult to remotely respond to system failures. In this paper, IoT platform is designed to connect IoT device and gateway to IoT service server by using internet service structure. We also designed a server based on embedded OS that can provide a variety of public safety management services according to the order of the server with built-in call processing and broadcasting function that can handle emergency calls and emergency broadcasts in public places using this structure. This server is interoperable with a variety of SIP-based call and broadcast devices that support the standard SIP and can be integrated with an in-house phone and on-premises system

Key Words : safety management, sensing, Emergency broadcasting, IoT, SIP, intelligent devices

1. 서론

국내/외에서 판매되는 IP/SIP 전관방송시스템들은 윈도우나 리눅스서버 환경에서 개발되어 서버-랙에 장착되어 운용되는 구조이며, 소비전력이 많고, 시스템 장애 시 원격 대응에 어려움이 있다. 또한 IoT 공공안전관리 시스템용 서버는 재난과 안전사고 발생 시 인터넷 연결이 끊어져도 사고 현장에서 독립 운용이 가능하여야 하고 가로등 CCTV 합체나 건물의 지하 배전반등 열악한

환경에서 운용 할 수 있어야 하며, 정전 시에도 일정시간 이상을 배터리로 운용 가능하여야 하므로 임베디드 OS 기반의 산업용 서버로 개발되어야 한다.

따라서 본 논문에서는 IoT 디바이스와 IoT 게이트웨이를 IoT 서비스 서버에 연결하는 IoT 플랫폼으로 사물인터넷 서비스를 제공하기 위해 공공장소의 비상통화 및 비상방송을 처리하고 호 처리 및 방송서버 기능을 내장하고 있는 임베디드 OS 기반의 서버를 설계했다[1,2].

본 서버는 IoT 센서를 통해 데이터와 비상벨 정보를

*This work (Grants No. C0563942) was supported by Business for Cooperative R&D between Industry, Academy, and Research Institute funded Korea Small and Medium Business Administration in 2017.

*Corresponding Author : Sam-Taek Kim(stkim@wsu.ac.kr)

Received August 10, 2018

Accepted October 20, 2018

Revised September 18, 2018

Published October 28, 2018

수집하여 응급상황 시 사고현장에서 비상알람, 비상 대피방송 등을 자동송출하며, 일상적인 정보는 상위의 IoT 서비스 서버에 전달하여 IoT 서비스 서버의 지령에 따라 공공안전관리 서비스 제공할 수 있다. 또한 표준 SIP를 지원하는 타 제조사의 SIP 기반 통화 및 방송장치와 상호 호환되어 구내전화 및 구내방송시스템과 함께 통합구축이 가능하다[3].

2. IoT 공공안전관리 서비스 및 기술 현황

국내에서 진행 중인 IoT 공공안전관리 사업 중 창업 아이템이 가장 잘 적용될 수 있는 분야는 공공 CCTV용 비상벨 시스템 분야이다.

건축물, 도시공원, 지하주차장, 공공화장실 등 공공장소에 범죄예방/대응시스템 도입이 필요하다는 인식이 확대되면서 2015년 “국토교통부 건축물 등의 범죄예방기준 고시”에 따라 주차장내 CCTV/비상벨 시스템 설치가 의무화 되었으며, 2017년 “도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 개정 19조 2”에 따라 도시공원 및 녹지 내 CCTV/비상벨 시스템 설치가 의무화되었다.

따라서, 공공 주요 안전취약지점에 CCTV 및비상벨 시스템을 추가하는 사업이 현재 진행 중이며, 기존 설치되어 있던 유선 전화 방식의 비상벨도 IP기반으로 전환되고 있으며 이에 CCTV, 비상벨, IoT 센서 및 경보방송/경광등을 연동하여 IoT 공공안전시스템을 구축하는 것이 사물인터넷을 활용하여 공공안전관리를 할 수 있는 최선의 서비스 기술이다[4].

2015년 기준 약 74만대의 공공 CCTV가 설치되어 있으며, 이 중 70만대가 범죄예방 및 시설안전 목적으로 설치되어 있고 2010년부터 최근까지 평균 20%의 대의 증가를 보이고 있으므로 기존 공공 CCTV를 포함하여, 주차장, 도시공원, 공공 화장실 등 기존 비상벨이 미설치된 지역에 공공안전관리용 비상벨 시스템이 도입되면 향후 5년간 약 200만대, 1조 4천억원 이상의 시장을 형성할 것으로 예상된다. 공공 CCTV 비상벨 시장은 기존 노후화된 비상벨의 교체와 신규시장으로 구분할 수 있으며, 2018년부터는 2010년에 설치한 비상벨이 차례대로 교체되고, 신규 설치되는 비상벨의 20% 정도를 IoT기능을 가진 융복합 단말기가 적용되는 것으로 가정하면 2018년

약 390억원에서 2022년 약 740억원 규모로 성장하여 5년간 총 2,800억원의 시장을 형성할 것으로 예상된다. 다음 그림 1은 IoT 공공안전관리 시스템 서버를 활용한 전관방송의 예를 보여준다. 상황실에서 시스템서버를 통해 다양한 센서로 수집된 데이터를 분석하고 모니터링을 통해 상황에 맞는 최적의 방송을 할 수 있다. 또한 SIP 프로토콜을 기반으로 하여 기존 업무용전화와 상황실과 연결되고 도시공원, 사무실, 주차장 방송 및 주차, 금연, 출입금지 알람등 다양한 방송을 송출하고 스마트 폰으로도 서버와 연동되어 제어할 수 있는 IoT공공안전관리시스템의 활용 상황을 보여준다[2,4].



Fig. 1. Utilization of IoT Public Safety Management System

3. IoT 안전관리 시스템 서버 설계

3.1 IoT 안전관리 시스템 서버

안전관리를 위한 CCTV 설치 개념도는 Fig. 2와 같이 다양한 지역에 설치한 센서로부터 수집된 데이터를 서버를 통해 분석하고 CCTV로 모니터링 할 수 있게 하며 인터넷을 통해 클라이언트에서 알람을 울리게 명령을 내린다.

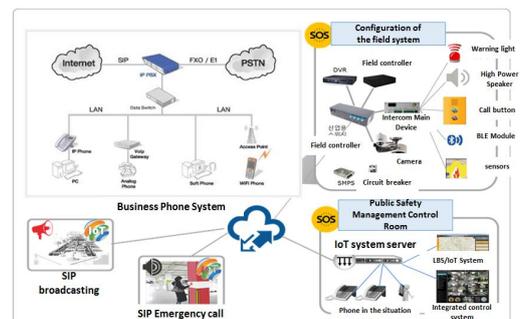


Fig. 2. IoT public safety management overall system configuration diagram

본 논문에서는 임베디드 OS 기반의 산업용 IP-PBX 원천 기술을 활용하여 서버를 설계하며 기간통신서비스 사업자가 호 처리서버 연동 규격을 만족하는 기능을 구현하기 위해 KT의 Mobile-PBX 스펙을 지원하는 기능으로 설계한다.

최근 공공기관의 음성통신망(전화교환시스템)도 자체 구축보다는 통신서비스 사업자의 공공용 인터넷 전화서비스망(C그룹망)을 활용하는 추세이므로 C그룹망과 호환되는 서버를 활용하면 업무전화와 비상호출/비상방송 시스템의 통합이 가능하다. 또한 공원관리소나 건물 관리실 등 규모가 작은 사이트의 경우 구내교환기(PABX)를 설치하는 대신 서버에 통신사업자 전화교환기와 업무용 전화기를 연결하면 외부 전화 착/발신이 가능하다.

3.2 IoT 안전관리 시스템 서버 하드웨어 설계

IoT 안전관리 시스템 서버 하드웨어는 구조는 Fig. 3과 같이 메모리, CPU, 멀티미디어와 통신 모듈, 인터럽트 컨트롤러와 같은 시스템, 디스플레이, 비디오 입력 인터페이스, 부가연결장치로 구성되며 CPU는 Cortex-A9 4-Core, 32bit RISC Processor(max, 1.4Ghz CPU Clock)와 eMMC 4.5, USB 2.0, GB Ethernet, DDR3 Memory(800 Mhz)와 같은 고속 인터페이스를 실현하는 기능으로 설계하였다.

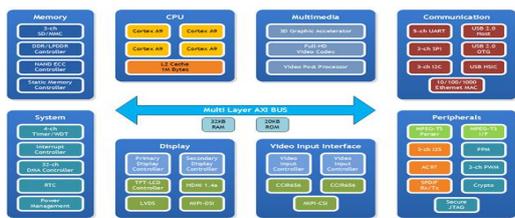


Fig. 3. IoT safety management system server hardware configuration diagram

3.3 IoT 안전관리 시스템 서버 세부 기능

IoT 안전관리 시스템 서버의 세부 설계 기능은 표준 SIP(RFC3261)를 지원하고 표준 SIP 폰, SIP 서버, SIP 방송서버등과 연동되며 개별, 그룹, 전체, 예약 등 상황에 따른 방송기능을 수행한다. 또한 비상통화, 비상방송 음성 녹취 기능이 있으며 센서로 부터 수집된 데이터를 분석하여 비상대응절차를 자동으로 수행하는 기능이 포함된다. 외부에서의 불법 접속과 침입 및 DoS/DDoS 공격

도 차단할 수 있는 기능이 있고 상시 시스템을 운영하기 위해 시스템과 네트워크를 이중화하여 설계하였으며 단말 상태를 실시간으로 모니터링 하는 기능도 제공한다[4,5,6].

펌웨어 및 설정 파일 자동 업데이트 기능도 설계하였으며 IP PBX를 통한 방송기능 알고리즘과 임베디드 웹도 설계하였다. Web기반 사용자와 IoT 플랫폼과 PBX 모듈과의 인터페이스를 제공하는 기능을 구현하여 외부와 인터페이스를 제공한다. 외부에서도 별다른 장치 추가 없이 설계한 서버를 거쳐서 비상방송을 송출 할 수 있고, 인터컴의 비상호출을 무료 내선통화로 관리자 핸드폰으로 연결 할 수 있는 기능으로 활용할 수 있다.

모든 PCB는 6층(6-Layer) 이하로, Sub PCB는 2층(2-Layer) 이하로 설계했다. 메인 PCB의 사이즈는 300mm x 200mm 이하로, Sub PCB는 300mm x 200mm 이하의 장치 케이스에 내장 될 수 있도록 설계하였다. 사용하는 모든 부품은 동작온도 -5도C ~ 50도C, 습도 10% ~ 90% 범위에서 하드웨어가 동작 할 수 있도록 고려하여 설계하였다.

3.4 Wi-Fi 기반 무선 방법 비상벨 시스템 구성

Fig. 4와 같이 Wi-Fi 기반의 무선 방법 비상벨 시스템의 구성은 2.4GHz 대역의 Wi-Fi 기술을 적용하고 비상벨 작동 시 호출신호를 전송하며 음성통화 연결을 시도한다. 기존 시스템의 특징은 M-VoIP 기능이 연계된 Wi-Fi 모듈 기술을 적용하고 수신기간에 무선통신이 가능하며 배관배선 공사를 최소화 하고 수신기 무지향성 안테나를 사용한다.

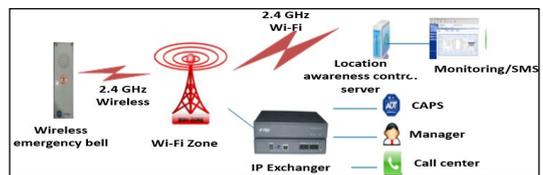


Fig. 4. Wi-Fi based wireless safety emergency bell system configuration

3.4.1 SIP 기반 인터넷 방송 모델

SIP 기반 인터넷 방송모델은 Fig. 5와 같이 컨퍼런스 서버의 쓰레드 관리기가 SIP 쓰레드를 생성하고 SIP로 통화를 진행하고 미디어 서버와는 RTP로 단말기와 통신하게 된다. 다음 [Fig. 6]은 SIP 기반 방송시스템 시나리오를 보여준다[5,6].

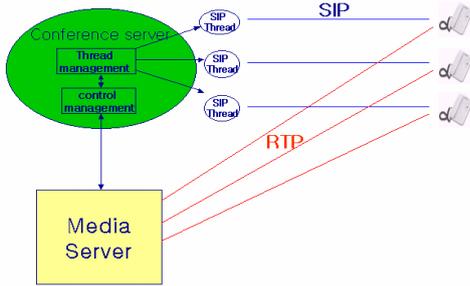


Fig. 5. SIP based internet broadcasting model

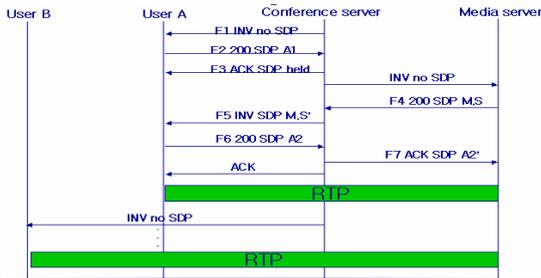


Fig. 6. SIP based broadcasting system scenario

SIP 방송은 다자간 컨퍼런싱의 한 영역이다.

다자간 컨퍼런싱은 기존의 전화망에서 제공하는 호 처리 관련 부가서비스와 전화를 이용한 다자간 원격 컨퍼런싱 서비스 기능을 포함한다. SIP 방송은 일방적인 단방향 컨퍼런싱과 대화형 방송 등이 포함된다[7,8].

3.4.2 Dial-Out를 컨퍼런스 기술을 이용한 방송 시스템 분석

Dial-out 방송 모델은 Fig. 7과 같이 방송서버를 통해 방송 클라이언트와 시그널링을 수행하고 미디어 정보를 서버로부터 제공 받는다[9,10].

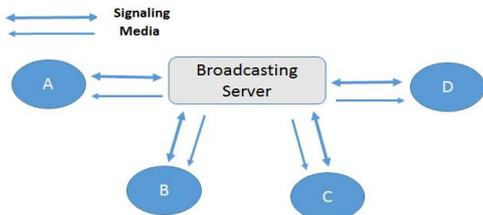


Fig. 7. Dial-out broadcasting model

다음 [Fig. 8]은 방송서버와 사용자 A, B, C 간에 방송 초기화를 위한 실행 절차를 보여준다[11,12].

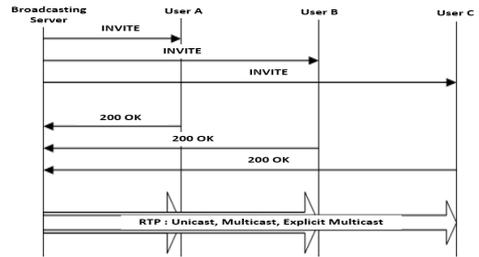


Fig. 8. Execution procedure for broadcast initialization

초기 방송을 위한 사용자 초대 알고리즘은 다음과 같다[13,14].

INVITE BS->A

```
INVITE sip:A@example.com SIP/2.0
Max-Forwards: 70
To: sip:A@example.com
From: sip:bcast@iftel.com;tag=19285805
Call-ID: a84b4454710@iftell.com
CSeq: 314159 INVITE
Contact: < sip:bcast@iftel.com >
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 142
```

INVITE BS->B

```
INVITE sip:B@example.com SIP/2.0
Max-Forwards: 70
To: sip:B@example.com
From: sip:bcast@iftel.com;tag=192546074
Call-ID: a84b4c74510@iftel.com
CSeq: 314159 INVITE
Contact: < sip:bcast@iftel.com >
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 142
```

INVITE BS->C

```
INVITE sip:C@example.com SIP/2.0
Max-Forwards: 70
To: sip:C@example.com
From: sip:bcast@iftel.com;tag=192835464
Call-ID: a84b4c76e4650@iftel.com
CSeq: 314159 INVITE
Contact: < sip:bcast@iftel.com >
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 142
```

방송 중 사용자 추가 알고리즘은 다음과 같다.

```
INVITE BS->D
INVITE sip:D@example.com SIP/2.0
Max-Forwards: 70
To: sip:D@example.com
From: sip:bcast@iftel.com;tag=19254464
Call-ID: a84b4544650@iftel.com
CSeq: 314159 INVITE
Contact: < sip:bcast@iftel.com >
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 142
```

방송 중 사용자 삭제 알고리즘은 다음과 같다.

```
BYE BS->B
BYE sip:B@example.com SIP/2.0
Max-Forwards: 70
To: sip:B@example.com;tag=1549846
From: sip:bcast@iftel.com;tag=192546074
Call-ID: a84b4c74510@iftel.com
CSeq: 314160 BYE
Content-Length: 0
```

4. 안전관리시스템 음성 품질 성능시험

SIP 기반 안전관리시스템의 음성품질은 방송시스템을 구성하는 시스템들과의 최적화를 통해서 확보될 수 있다. 다음 Table 1은 안전관리시스템의 성능 목표이다[15].

Table 1. Smart Gateway Performance Objectives

Key perfor. indicators	Unit	Perfor. Objec.	exam. standard	Measure. method
Call completion rate	%	99.5 +	G.711	ABACUS
Call processing rate	CPS	5.5 +	G.711	ABACUS
MOS	MOS	4.3 +	G.711	ABACUS
Jitter	ms	110 -	G.711	ABACUS
NAT	bps	2.5Gbps +	G.711	SmartBit

SIP 기반 안전관리시스템의 성능 실험은 호 완료율과 처리율등 음성의 품질을 결정하는 음성품질(MOS)과, 인터넷전화(VoIP)를 이용한 통신에서 음성의 결정요소인 지터 버퍼의 성능 등을 ABACUS 5000 모델을 이용하여 증명하였다.

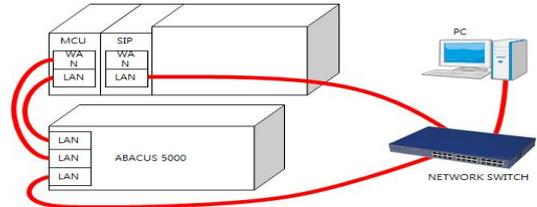


Fig. 9. The measurement concept using ABACUS 5000

Fig. 9은 랜포트는 허브를 이용하여 PC에 연결하여 시험 상황을 전체적으로 모니터링하고 다른 한 포트는 안전관리시스템의 랜포트에 연결하여 ABACUS 5000를 제어하는 모델로 시험을 하였다. [Fig. 10]과 같이 1,124,609 회 호를 시도해서 1,123,002회를 성공하여 99.857% 완료율을 기록했다. 전화 음성의 품질을 나타내는 MOS는 G.711을 기준으로 측정하여 그 결과 Table 2와 같이 최저 음성 품질이 4.0일 때 안전관리시스템의 음성 품질은 최저 4.45에서 최고 4.68로 평균 4.56으로 측정되어 당초 개발 목표 4.3을 달성하였다. 음성의 단절 현상을 줄여주는 지터 버퍼는 당초 110ms 이하로 목표를 정했으나 98ms 측정되어 버퍼의 수를 줄일 수 있다. 또한 프레임 속도는 30으로 측정 되었다.

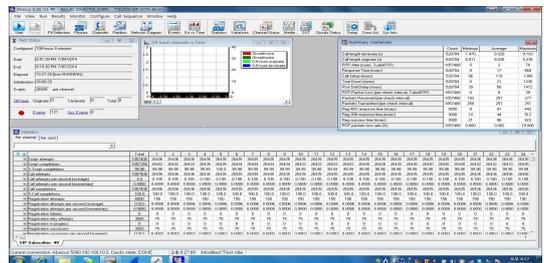


Fig. 10. The measuring result screen of ABACUS 5000

Table 2. Performance metrics and measurement results

Key perfor. indicators	Unit	Perfor. Objec.	Weight (%)	Measurement result	
				Measured value	Test spec.
1. call quality	MOS	4.0 +	50	4.45/4.68	G.711a/u
2. Jitter	ms	110 -	30	98	G.711a/u
3. Frame speed	fps	30	20	30	CIF / QCIF

5. 결론

국내/외에서 판매되는 IP/SIP전관방송 시스템들은 윈도우 리눅스서버 환경에서 개발되어 서버-랙에 장착되어 운용되는 구조이며, 소비전력이 많고, 시스템 장애 시 원격 대응에 어려움이 있다.

따라서 본 논문에서는 사물인터넷 서비스 구조에서 IoT 디바이스와 IoT 게이트웨이를 IoT 서비스 서버에 연결하는 IoT 플랫폼으로서 공공장소의 비상통화 및 비상방송을 처리하는 호 처리/방송서버 기능을 내장하여 서버의 명령에 따라 다양한 공공안전관리 서비스를 제공할 수 있는 임베디드 OS 기반의 서버를 설계 했다.

또한 SIP 기반하에 VoIP 음성처리를 위한 음성품질을 측정하여 시스템의 목표 성능에 도달한 것을 보였다.

본 서버는 표준 SIP를 지원하는 타 제조사의 SIP기반 통화 및 방송장치와 상호 호환되어 구내전화/구내방송시스템과 함께 통합구축이 가능하다.

REFERENCES

- [1] D.Happ, N. Karowski, T.Menzel, V. Handzski and A. Wolisz, Meeting IoT platform requirements with open pub/sub solutions, Annals of Telecommunications. Internet]. lable : http://www.tkn.tu-berlin.de/fileadmin/fg112/Papers/2016/Happ16meeting_iot_platform.pdf
- [2] Iain E. G. Richardson (2003). H. 264 and MPEG-4 Video Compression.
- [3] (2003). Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification, ITU-T Rec. H.264 and ISO/IEC 14496-10 AVC.
- [4] N. Sinha, K. E. Pujitha, and J. S. R. Alex. (2015). Xively Based Sensing and Monitoring System for IoT, Conf. International Conference on Computational Collective

Intelligence Technologies and Application, Tamilnadu, India, 1-6.

- [5] A. Niemi, Ed., (2004). Session Initiation Protocol (SIP) Extension for Event State Publication, RFC 3903.
- [6] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. (2002). Handley and E. Schooler, Session Initiation Protocol, RFC 3261.
- [7] R. Sparks. (2003). The Session Initiation Protocol (SIP) refer method, IETF RFC 3515.
- [8] (2002). SIP RFC 3251, SIP: Session Initiation Protocol.
- [9] A. Hourri, E. Aoki, (2008). Presence & Instant Messaging Peering Use Cases. RFC 5344.
- [10] M. Lonnfors, E. Leppanen, H. Khartabil, J. Urpalainen, (2011). SIP Extension for Partial Notification of Presence Information, Internet-Draft.
- [11] H. Schulzrinne, (1996). RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control, RFC 1890.
- [12] H. Schulzrinne. (1996). *RTP : A Transport Protocol for Realtime Application*. RFC 1889.
- [13] I. B. Busse, B. Deffner, H. schulzrinne, (1995). Dynamic QoS Control of Multimedia Applications based on RTP, R2116 TOMQAT.
- [14] Haipeng Jin, Raymond Hill, Jun Wang. (2004). Performance comprasion of Header Compression schemes for RTP/UDP/IP Pckets, *WCNC2004/IEEE Communications Society, 1691*.
- [15] Seung-Sun Yoo, Sam-Taek Kim.(2017). Development of Intelligent Gateway for IoT office service in small size. *Journal of the Korea Convergence Society, 8(11), 37-42*.

김 삼 택(Sam-Taek Kim)

[정회원]



- 2005년 2월 : 중앙대학교 중앙대학원 컴퓨터공학과 (공학 박사)
- 1990년 5월 ~ 1995년 2월 : LG연주소 선임연구원
- 1995년 3월 ~ 현재 : 우송대학교 IT융합학부 교수

• 관심분야 : 무선/유선 네트워크, VoIP, 모바일, IoT, Big Data, USN

• E-Mail : stkim@wsu.ac.kr