

SDDC BAS의 아키텍처에 관한 연구

김정욱*

¹상명대학교 에너지그리드학과

Architecture Study for SDDC BAS

Jeong-uk Kim^{1*}

¹Dept. of Energy Grid, Sang Myung University

요약 본 논문에서는 일반적인 건물자동제어 시스템의 아키텍처를 네트워크 구성과 관계점, 상호운영성, 성능 측면에서 분석하고, 점대점 고속 유선 방식으로 연결된 가상화 기반의 새로운 건물자동제어 시스템을 제시하였다. 클라우드 컴퓨팅 기반의 건물자동제어 시스템은 사용자 기반의 환경제어를 가능하게 하며 건물자동제어 시스템의 성능 향상을 통하여 건물에 에너지관리를 효율적으로 수행할 수 있다. 또한, 가상화 방식은 부하관리사업자의 건물 군관리를 효율적으로 수행할 수 있도록 한다.

Abstract In this paper, we analyze the architecture of a typical building automation systems and control points in the network architecture, interoperability, and performance aspects. We proposed a new virtualization-based point-to-point automatic control system that is connected to a high speed wired system. Cloud computing based automation system enables the user based environment control, and may perform a building energy management performance through the improvement of the building automation system efficiently. In addition, the virtualization system makes it possible to perform the management of the group building load management operators efficiently.

Key Words : Building Automation, Cloud Computing, Mesh Network, Virtualization

1. 서론

대형 건물은 쾌적한 오피스 환경의 제공을 통한 업무 능률 향상과 효과적인 건물 운영을 위하여 공조, 냉난방(HVAC: Heating, Ventilation, Air Conditioning), 조명, 전력 등의 분야에 건물자동제어 시스템(BAS: Building Automation System)을 구축하고 있다[1,2]. 최근 건물 에너지의 효율적 관리를 위하여 건물에 계측기를 추가적으로 설치하여 건물의 에너지를 효율적으로 관리하고자 하는 BEMS(Building Energy Management System) 분야가 활발히 연구되고 있으며, 정보화 기술의 발전에 따라 유용성이 높아지고 있는 IoT(Internet of Thing) 기술도 건물 에너지 분야에 적용되고 있다[3,4].

BEMS나 IoT와 같은 새로운 개념은 하위 시스템인 자동제어 시스템을 연계하여 새로운 추가 기능을 제공하는 상위 시스템의 역할로 구현하는 경향이 있으므로, BEMS나 IoT가 효과를 거두기 위하여는 건물자동화 설비를 직접적으로 계측하고 제어하는 BAS의 성능이 우수하여야 한다. BAS와 같은 분산 제어 시스템에서 네트워크 아키텍처의 안전성과 실시간성은 전체 제어시스템의 성능과 직접적인 관련이 있다.

BAS는 1980년대에 배관배선을 최소화하기 위하여 RS-485 기반의 클라이언트 서버 아키텍처를 정립한 후 최근에 이르기까지 아키텍처 측면에서 별다른 변화를 보이지 않고 있다. 이에 반하여 ICT(Information and Communication Technology) 분야에서는 기술의 발전과

본 연구는 2013학년도 상명대학교 교내연구비를 지원받아 수행하였음.

*Corresponding Author : Jeong-uk Kim(Sang Myung Univ.)

Tel: +82-10-5269-9952 email: jukim@smu.ac.kr

Received December 9, 2014

Revised January 7, 2015

Accepted January 8, 2015

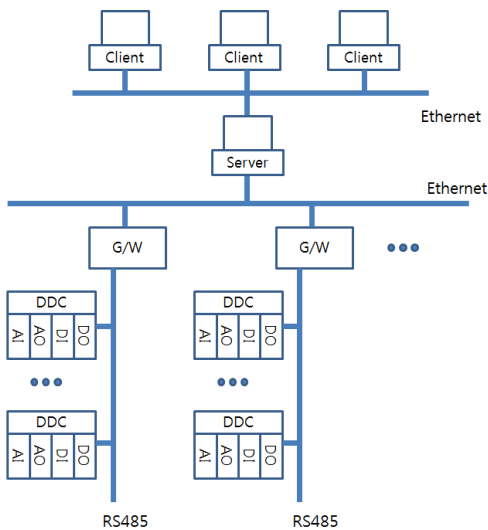
변화에 따라 중앙집중형의 메인컴퓨터 모델, 클라이언트/서버 모델, 분산처리 컴퓨팅 모델 등 여러가지 아키텍처가 등장하였다. 최근에는 중앙 집중화 형태의 클라우드 컴퓨팅(Cloud Computing) 및 가상화 시스템이 주요 아키텍처가 되고 있다.

이러한 문제점을 개선하는 시도로서 김정욱[5]은 ICT 기술 발전을 반영하면서 기존 배선 구조를 유지하는 새로운 BAS 아키텍처인 SDDC(Sangmyung Direct Digital Controller)를 제시하고, 네트워크 성능을 분석한 바 있다[5]. 본 논문에서는 이러한 새로운 아키텍처를 구현하기 위한 개념과 운영상의 장점에 대하여 제시하도록 한다.

2. 기존 BAS의 구성 및 통신 방식

2.1 기존 BAS의 구성

일반적인 건물자동제어 시스템은 감시제어 소프트웨어, DDC(Direct Digital Controller), 게이트웨이 장치로 구성된다[1]. 감시제어 소프트웨어는 운영자의 감시 및 제어 활동을 지원하는 소프트웨어이며, 클라이언트/서버 구조가 일반적이다. DDC는 센서 및 액추에이터의 물리적인 신호를 직접 처리 및 통제하는 장치이며, Gateway는 여러 DDC의 관제점 정보를 취합하는 중계 역할을 수행한다.



[Fig. 1] DDC Architecture

건물 자동제어 시스템에서 감시제어 시스템과 게이트웨이는 LAN 환경으로 구축되는 경우가 많으며, Gateway와 DDC 간은 RS-485 기반으로 구축되는 경우가 많다. 최근에는 Ethernet 기반의 DDC가 증가하고 있으나, 아직 대체로 자리잡지는 못하고 있다. RS-485 기반의 네트워크는 멀티 드롭 구조로 DDC를 연결하기 위하여 하나의 배선만 있으면 되지만, Ethernet 기반의 네트워크는 스타 구조로 DDC를 연결하기 위하여 많은 배선이 필요하기 때문이다[5].

RS-485 기반의 DDC 네트워크 구조는 여러 가지 이유로 Ethernet 기반의 DDC 네트워크 구조로 변경이 필요하다. 첫째, 속도 문제이다. 최신 기술에 의하여 구축되는 Ethernet(100Mbps~10,000Mbps)은 RS-485(100Kbps 내외)에 비하여 100배에서 100,000배 정도로 속도가 빠르다. 둘째, IoT와 같은 사물 통신을 지원하기 위하여 건물의 센서 정보를 실시간으로 수집할 필요가 있으나, RS-485 기반의 네트워크에서는 수백 포인트 이상의 관제점 정보를 지속적으로 실시간으로 수집한다는 것이 불가능하다. 셋째, RS-485 기반의 정보통신 프로토콜은 TCP/IP와 같은 범용 전송 프로토콜을 탑재하기에는 속도가 너무 늦어서 시스템 간의 연계를 위한 호환성 수준이 낮다. RS485의 비 개방적인 환경은 시스템 통합시에 상호운영성의 측면에서 한계로 작용하고 있다.

2.2 기존 BAS의 관제점 구성

DDC 관제점은 물리(Physical) 관제점과 가상(Virtual) 관제점으로 구분할 수 있다. 물리 관제점은 센서나 액추에이터와 같은 필드 디바이스와 연결되어 전기적인 신호를 주고 받는 아날로그 입력·출력 관제점과 디지털 입력·출력 관제점으로 구별된다. 가상 관제점은 물리 관제점과 달리 실제 전기적인 장치와 연결되지 않으며, 다른 DDC 관제점의 정보를 공유하거나(공유관제점) 프로그램의 편의상 가상 값을 갖는 관제점(Pseudo 관제점)으로 구분할 수 있다.

관제점 데이터를 전송하는 방식에는 폴링(Polling) 방식과 리포팅(Reporting) 방식이 있다. 폴링 방식은 동기화 방식과 비동기 방식이 있으며, 각각 단일 값 액세스와 멀티 값 액세스로 구현이 가능하다. 리포팅 방식은 낮은 대역폭에서 효율적인 데이터 전송을 위해 사용할 수 있는데, 설정된 시간마다 값을 전송하는 시간 변화(COT : Change Of Time) 방식과 값이 변한 경우에 보내는 값

변화(COV : Change Of Value) 방식이 있다[6]. COV는 한정된 대역폭에서 네트워크 통신량을 줄이기 위하여 많이 활용된다. COV 방식은 시간지연(Time Delay) 및 증분(Increment)이라는 개념을 이용하여 네트워크 통신량을 줄인다. COV 방식은 클라이언트 역할을 수행하는 장치가 서버 역할을 하는 장치에게 서비스를 요구하여 발생하며, 정전 등으로 인한 재부팅의 경우에는 재요청을 하여야 한다.

2.3 건물 자동제어 시스템의 상호운영성

다양한 벤더의 이기종 건물자동제어 시스템 간의 호환성을 제공하기 위한 노력이 계속되어, 많은 표준 프로토콜이 등장하게 되었다. 가장 널리 알려진 프로토콜로는 BACnet, KNX, LonWorks 등이 있다[Table 1]. 이외에도 Modbus나 OPC(OLE for Process Control)와 같은 개방형 프로토콜이 활용되고 있다. BACnet은 시스템 수준에 더 강점을 가지고 있으며, KNX나 LonWorks는 센서나 제어기 등의 현장 장치에 더 강점을 가지고 있다고 볼 수 있다[7]. 대부분의 표준 프로토콜은 인터넷을 지원하고 있으며, 이러한 인터넷 활용성이 스마트그리드와의 상호운영성을 위한 접점이 된다.

표준 프로토콜은 고유한 인증체계를 제공하고 있으며, 이러한 상호운영성이 다수의 이기종 에너지 설비들이 존재하는 건물 및 설비들의 통합적 원격 에너지 관리를 가능하게 한다.

[Table 1] BACNET, KNX AND LONWORKS, COMPARISON

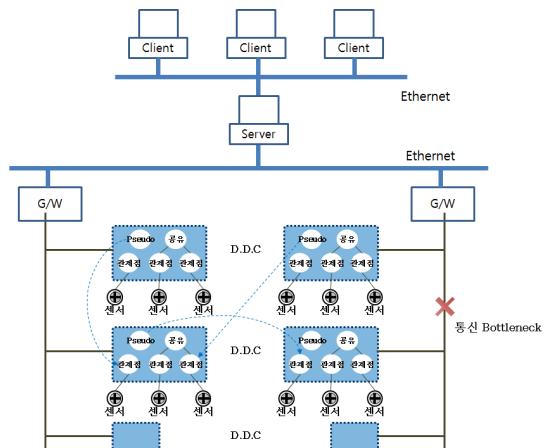
	BACnet	KNX	LonWorks
Network Architecture	“Top Down” solution Multiple communication protocol Tiered network topology	“Bottom Up” solution Low speed free topology	“Bottom Up” solution Common communication protocol Peer-to-Peer
Device Architecture	Processor independent Programming language independent	Initially used a 68HC05 processor	Neuron Chip Neuron C (Programming language)
Comm.	Multiple protocols supported: Ethernet, ARCNET, MS/TP, LonTalk, PTP	TP, PL, Wireless	Single protocol: LonTalk TP, PL, Wireless, optical fiber
Internet	BACnet/IP BACnet/WS	KNX/IP	LonWorks/ IP i.LON - Web service device series

2.4 건물 자동제어 시스템의 성능

BAS 네트워크의 통신 오버헤드는 대부분 관제 화면에 의한 감시를 수행하는 경우와 주기적으로 센서 정보를 수집하는 경향관제점 또는 이력관제점의 경우에 발생한다. DDC에 연결된 센서의 입력 정보를 게이트웨이 장치 및 감시제어 소프트웨어로 전송하여야 하기 때문이다.

클라이언트의 관제 화면에서 센서 정보를 갱신하기 위해서는 클라이언트→서버→게이트웨이→DDC→게이트웨이→서버→클라이언트의 경로를 거치게 되어 시간 지연이 많게 된다. 이를 효율적으로 처리하기 위하여 (클라이언트↔서버↔게이트웨이)와 (게이트웨이↔DDC)를 분리하여 센서 데이터를 처리하는 것이 일반적이다. 게이트웨이 장치는 컴퓨터 서버에게 Proxy 서버 역할을 수행할 수 있도록 DDC의 센서 정보를 주기적으로 액세스하여 게이트웨이 내부에 센서의 최신 값을 유지한다. 클라이언트의 요청이 있는 경우에 서버는 실시간으로 게이트웨이에 데이터를 요청하고, 게이트웨이는 DDC에 대한 액세스를 수행하지 않고, 내부에 저장된 센서 정보를 직접 서버로 보내게 된다. 관제점 정보를 주기적으로 요청하는 경향 관제점 또는 이력 관제점의 경우에는 센서 정보의 전송 횟수를 줄일 수 있도록 COV 방식을 채택하는 것이 통신 성능 측면에서 유리하다.

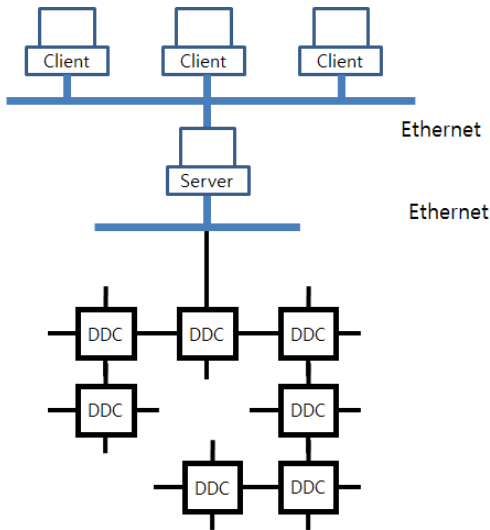
대규모 건물에는 1만개 이상의 센서 및 액추에이터가 설치되므로, 이러한 노력에도 불구하고 RS-485 기반의 DDC 네트워크는 한정된 통신 대역폭으로 인해 통신 Bottleneck 문제를 필연적으로 겪게 된다(Fig. 2)[5].



[Fig. 2] IO Bottleneck

3. SDDC 시스템 구조

새로운 BAS 아키텍처를 가진 SDDC는 유선 Mesh 구조를 갖도록 하고, RS-485 대신에 Ethernet 기반의 네트워크를 채택하도록 한다[Fig. 3]. DDC 내 다수의 Ethernet 통신포트를 통해 다른 DDC와 점대점 유선 방식으로 순차적으로 연결되므로 RS-485와 같이 멀티 드랍 형태의 배선구조가 가능하며, Ethernet의 빠른 속도를 바탕으로 가상화 기반의 클라우드 컴퓨팅이 가능하다 [5,8]. Ethernet 기반의 Mesh 아키텍처는 100Mbps 이상의 빠른 속도를 바탕으로 10만개 정도의 센서 정보(80Mbps = 100,000센서/초 × 100Byte/센서 × 8Bit/Byte)를 동시에 처리할 수 있다.



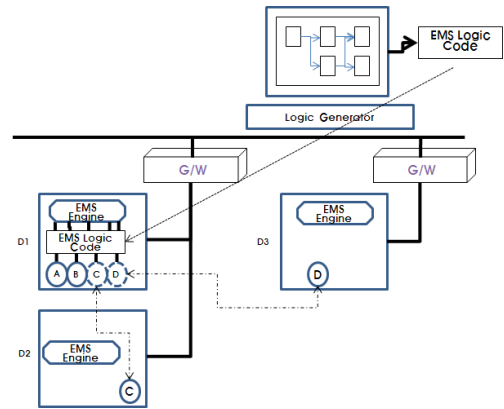
[Fig. 3] Proposed communication architecture

3.1 클라우드 컴퓨팅

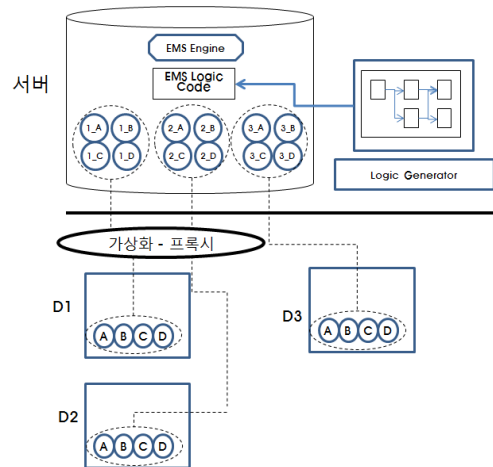
RS485 기반의 저속망 BAS에서는 게이트웨이 또는 통신망의 장애로 인한 불안전성을 극복하기 위하여 분산 처리 로직을 기본으로 한다. 현장 상황에 맞는 EMS(Energy Management Algorithm) 로직을 작성하기 위하여 Fig. 4와 같이 Logic Generator(로직 생성기)를 이용하여 로직을 만들고, 컴파일 과정을 거쳐서 EMS Logic Code를 생성한 후에, 해당하는 DDC로 다운로드하여 DDC에 탑재된 EMS Engine에 의하여 EMS Logic을 구동하는 방식이다. 이러한 분산처리는 관제점 정보가 변경되는 경우에 해당하는 관제점을 포함하는 모든

EMS Logic을 재컴파일하고, 다운로드해야 하는 문제점이 존재하며, 전술한 바와 같이 DDC 관제점과 공유관제점 간의 동기화를 위하여 지속적인 트래픽을 유발하는 문제가 있다.

새로운 고속망 기반의 SDDC BAS 아키텍처에서 서버는 가상화 미들웨어를 통하여 DDC의 모든 관제점을 가상화 프록시에 의해 실시간으로 동기화하고, 클라우드 컴퓨팅(Cloud Computing) 기반으로 EMS 알고리즘을 수행한다[Fig. 5]. EMS Logic 알고리즘이 서버에서 처리되므로 EMS 로직을 DDC로 다운로드하는 번거로움이 없어진다. 클라우드 컴퓨팅 환경에서 EMS Logic을 쉽게 구현할 수 있어 사용자 기반의 환경제어가 가능해지는 장점도 존재한다.



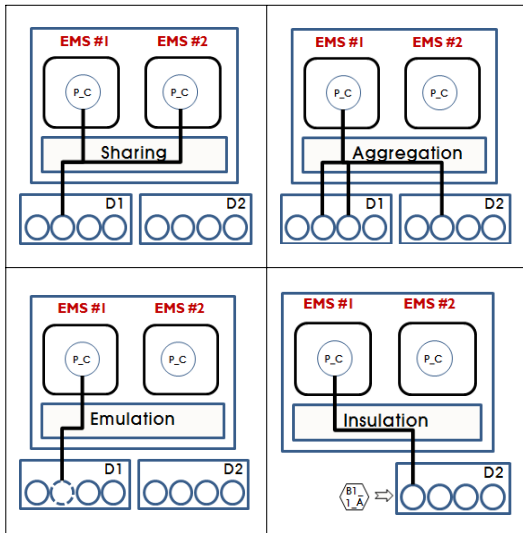
[Fig. 4] EMS Logic processing based on RS-485



[Fig 5] EMS Logic processing based on Ethernet

3.2 가상화 기능

EMS Logic을 서버에서 구현하기 위하여 가상화 개념 정립이 필요하다. 일반적으로 가상화의 기능은 공유(Sharing), 단일화(Aggregation), 에뮬레이션(Emulation), 절연(Insulation)의 4가지 기능을 가지고 있다[4]. 클라우드 컴퓨팅 환경에서의 관제점 가상화에 대한 개념도를 Fig. 6에 표시하였다. Sharing은 DDC D1의 관제점을 EMS Logic #1과 EMS Logic #2에서 공유하는 것이다. Aggregation은 여러개의 물리 관제점을 하나의 가상 관제점(Pseudo Point)에 할당하는 것이다. Emulation은 DDC에 가상 관제점을 할당하는 것이다. Insulation은 가상화 관제점에 영향을 미치지 않고, 물리적인 관제점을 변경할 수 있다는 것이다.



[Fig. 6] EMS Logic for multiple building

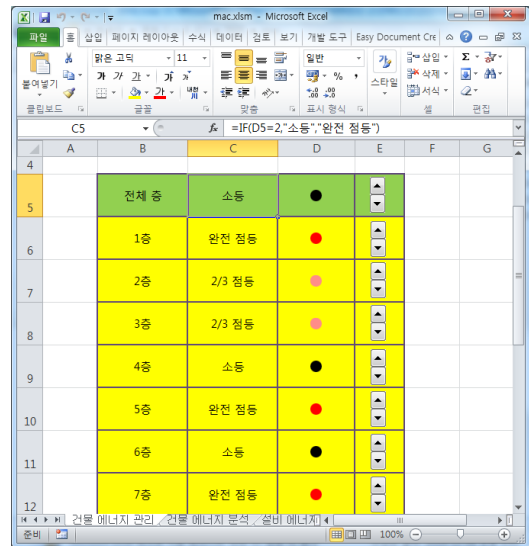
관제점 가상화에 의하여 DDC의 EMS Logic을 서버에 구현이 가능하며, 서버의 관제점과 DDC 관제점 간의 동기화는 가상화 미들웨어에 의하여 수행된다.

4. SDDC 시스템 활용

4.1 제어 방법

SDDC 아키텍처에서는 클라우드 서버에 저장된 데이터를 액세스하여 손쉽게 개인화 제어를 구현할 수 있다. 엑셀과 파워포인트의 VBA(Visual Basic for

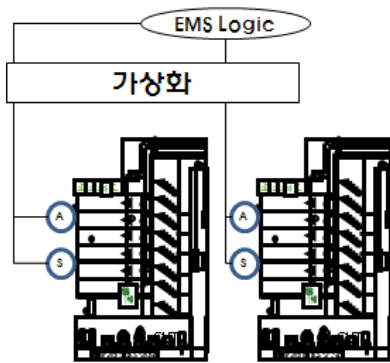
Application)는 사용자 기반의 프로그램을 손쉽게 가능하게 하는 범용 소프트웨어이다. VBA에서 ODBC(Open Database Connectivity)를 통하여 서버의 데이터베이스에 직접 접근하여 감시 및 제어 기능을 구현할 수도 있고, VBA에서 Backend 소프트웨어를 호출하고, Backend 소프트웨어에서 서버의 데이터베이스에 접근할 수도 있다. Fig. 7은 엑셀의 VBA를 이용하여 조명제어를 하는 화면이다. 실제 실험에서는 Excel VBA는 조명제어를 위한 그래픽을 제공하고, Backend 소프트웨어에 조명을 제어하는 로직을 구현하였다.



[Fig. 7] Lighting control with excel software

4.2 에너지절감 알고리즘

전력 문제를 양방향 수요관리로 해결하고자 하는 스마트그리드의 DR(Demand Response)은 피크 저감을 위하여 정책규제 또는 가격 인센티브를 통하여 수용가의 전력 수요를 조절하고 있다. 도시 또는 국가 차원의 피크 저감은 단일 건물의 피크 관리와는 달리 부하관리사업자에 의하여 많은 건물을 동시에 관리하여야 한다. 본 논문에서 제시한 가상화 기반의 건물 군관리는 건물별로 구현하는 기존의 EMS Logic을 건물군을 대상으로 하는 EMS Logic을 구현하는 기반이 된다[Fig. 8].



[Fig. 8] EMS Logic for multiple building

5. 결론 및 고찰

본 연구에서는 고속망 기반의 새로운 BAS 아키텍처인 SDDC를 구현하기 위한 클라우드 컴퓨팅과 가상화 개념을 제시하였다. SDDC 시스템의 향상된 네트워크 성능은 BEMS 및 IoT 기술을 활용한 건물에너지관리의 효율성을 제고할 수 있다. 가상화 기반의 클라우드 컴퓨팅 환경을 통하여 사용자 기반의 환경제어가 가능함을 제시하였다. 또한, 가상화 방식이 부하관리사업자의 건물 군관리에 적용이 가능함을 제시하였다. 향후 본 연구에서 제시된 모델에 대하여 실제 건물을 대상으로 설치하여 성능을 검증할 계획이다.

References

- [1] Younggy Shin, "Building automation design specification", IJACR, Vol. 39, No. 3, pp.4-9, 2010.
- [2] Je-Ho Song, Tae-Hyung Kim, Woo-choun Lee, Hwan-Yong Kim, "The Design of Vinylhouse Automatic Control System", KAIS 2011 Autumn Annual Conference, pp. 664~667, 2011.
- [3] Stephen Dawson-Haggerty, Andrew Krioukov, Jay Taneja, Sagar Karandikar, Gabe Fierro, Nikita Kitaev, and David Culler, "BOSS: Building Operating System Services", 10th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation, pp. 443~457, 2013.
- [4] DACO D&S, "Cloud computing and next generation computing : technical market trends and business strategy", DACO D&S, 2010.

- [5] Jeong-Uk Kim, Chang-Jin Boo, Yongho Lee, Yunki Choi, Jinoo Joung, and Ho-Chan Kim, "Design of Routing Algorithm for SDDC BAS", Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, Vol. 18, No. 11, pp.1045~1050, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5302/J.ICROS.2012.18.11.1045>
- [6] Young-Moon Cho, Jeong-Uk Kim, Seog-Bae Doo, "A Study on Optimization of Communications Traffic for Building Automation Systems", Proceedings of the SAREK 2001 Summer Annual Conference, pp. 801~807, 2001
- [7] F. Ferreira, A. L. Osório, J. M. F. Calado, C. S. Pedro, "Building automation interoperability - A review", IWSSIP 2010.
- [8] Jeong-uk Kim, "SYSTEM AND METHOD FOR CENTRALIZED BUILDING AUTOMATION SYSTEM USING A LOCAL CONTROL DEVICE CONNECTED TO ANOTHER LOCAL CONTROL DEVICE IN A WAY OF POINT-TO-POINT WIRE LINE METHOD CAPABLE OF REDUCING WIRING COST", Patent No. 101357226, 2014.1.

김정욱(Kim JeongUk)

[정회원]



- 1989년 2월 : 한국과학기술원 전기 전자공 (공학석사)
- 1993년 2월 : 한국과학기술원 전기 전자공 (공학박사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 에너지그리드학과 교수

<관심분야>

스마트그리드, 신재생에너지, u-City 건설