

ICT 기반의 휘발성 유기 화합물(VoC) 액화기 통합관리시스템 개발

김관형*

Development of a Volatile organic Compounds(VoCs) Liquefier on Integrated Management System based on ICT

Gwan-Hyung Kim*

Department of Computer Engineering, Tongmyong University, Busan 608-711, Korea

요 약

본 논문은 실생활에서 낭비되는 다양한 에너지 손실 중 주유소, 세탁소 등에서 손실되는 휘발성 유기화합물(VoCs : Volatile organic Compounds)을 재활용하는 장치를 지능화하고 자동화 하는데 있다. 또한, 지그비(zigbee) 모듈 및 TCP/IP 통신기술을 활용한 ICT(Information Communication Technology) 기술을 도입하여 액화기를 원격지에서 모니터링하고 관리할 수 있는 통합관리시스템을 제시한다. 뿐만아니라, 안드로이드(android) 기반의 스마트 앱(App.)를 개발하여 원격지에서 관리할 수 있는 서비스 모델을 제시하고자 한다. 본 논문의 구성은 MCU 기반의 지능형 액화기 제어시스템의 구성과 지그비(zigbee) 기반의 브릿지(bridge) 모듈내부에 구현되는 통신 프로토콜을 제시한다. 통합관리시스템의 모바일 서비스를 위하여 안드로이드(android) 기반의 스마트 앱의 개발과 액화기 원격지 관리용 DB 서버(MS SQL 2012)와 웹서버(OS: Windows 2008)를 제시한다.

ABSTRACT

This paper is to automate the intelligent and equipment to recycle the volatile organic compounds in various a gas stations and a laundry, in real life. In addition, based the ZigBee module and TCP/IP communications on ICT technologies, it's propose an integrated management system to monitor and manage a liquid at a remote location. Furthermore, it's propose a service model that can be freely managed from a remote location based on the app on android. In this paper, we present a communication protocol of the bridge modules and a liquefier of intelligent control system based ZigBee and MCU(Micro Controller Unit). Through the development of smart app based android mobile services in an integrated management system, it's represent for liquefier to a DB server for remote management(MS SQL 2012) and a web server (OS: Windows 2008).

키워드 : 액화장치, 휘발성 유기화합물, 지능형 제어기, 통합운영관리시스템, 안드로이드

Key word : Liquefaction equipment, Volatile Organic Compounds(VoCs), Intelligent Controller, Integrated Operation Management System, Android

Received 01 May 2015, Revised 30 May 2015, Accepted 08 June 2015

* Corresponding Author Gwan-Hyung Kim(E-mail:taichiboy1@gmail.com, Tel:+82-51-629-1182)
Department of Computer Engineering, Tongmyong University, Busan 608-711, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkice.2015.19.6.1301>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

최근 인터넷 통신을 기반으로 산업에 사용되는 모든 디바이스들이 스마트화 되어 가고 있다. 이러한 스마트화는 ICT(Information Communication Technology) 기술을 기반으로 하고 있으며, 최근에는 IoT(Internet of Things)라는 새로운 패러다임이 만들어 지고 있다. 다양한 디바이스의 스마트화는 사용자의 요구 조건에 따라 더욱 정교하고 섬세하게 서비스 모델을 제공하고 있다. 사용자에게 다양한 서비스 모델을 제공하기 위해서는 SMS(Smart Monitoring System) 구축을 필수로 하고 있다[1].

본 논문에서는 이러한 ICT 기술 및 디바이스의 자동화를 통하여 휘발성유기화합물(VoCs: Volatile Organic Compounds)로 배출되는 휘발유 유증기 및 세탁용제(솔벤트유) 증기 등을 포집하여 포집된 유증기를 재생산 할수 있는 시스템을 ICT 기술을 접목하여 액화기를 관리할 수 있는 제어 시스템 및 이를 원격에서 효율적으로 모니터링하고 관리할 수 있는 스마트한 VoCs 액화장치 관리시스템을 개발하고자 한다[2].

특히, 최근 지식경제부, 환경부에서는 국가녹색기술개발과제를 통해 2008년부터 휘발성 유기화합물 액화기(VoCs)에 대한 국산화 개발을 지원하고 있으며, 향후 ICT 기반의 원격 통합 관리시스템의 개발을 요구하고 있는 실정이다.

기존에 개발된 타이머(timer) 및 릴레이(relay) 기반의 아날로그 방식의 액화기는 다양한 사용자의 요구를 반영할 수 없으며, 액화기 운영에 대한 데이터 및 액화기 상태 정보를 제대로 모니터링 할 수 없는 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위하여 주어진 VoCs 액화장치에 대하여 MCU(Micro Controller Unit) 기반의 제어장치를 도입하여 액화기의 상태를 보다 다양하게 제어하고, 기타 센스를 통하여 액화기의 상태를 계측하여 원격지로 상태 데이터를 전송하여 통합관리 할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다.

특히, 액화기 모니터링은 운전 중에 발생하는 액화기의 오동작 판별과 냉각장치의 이상에 의한 허용 냉각온도에 대한 감시를 주요한 기능이다. 원격지 통합관리 서버를 통한 중요한 서비스 기능은 TCP/IP 또는 Wi-Fi를 기반으로 하는 Web 서버를 구축하여 안드로이드 기반의 모바일 서비스를 제공하도록 하여 액화기 관리를 보

다 효율적으로 관리할 수 있는 스마트앱(App.) 기반의 스마트 통합운영관리시스템을 제시하고자 한다[3,4].

본 논문은 ICT 기반의 액화기 제어기의 개발과 원격지 스마트 통합 운영 관리시스템과의 데이터를 전달하는 사용자 프로토콜 기반의 데이터 브릿지 시스템의 개발과 안드로이드 기반의 앱 서비스를 제공할 수 있는 스마트 통합 운영 관리시스템을 개발하고자 한다.

II. 시스템 구성

본 연구의 시스템 구성은 그림 1과 같이 크게 3가지로 구성된다. 첫째, ATmega2560 기반의 액화기 제어기이며 액화기의 상태를 모니터링하고 제어하는 부분이다. MCU는 액화기의 높은 회수율을 위하여 온도, 압력, 냉각기 유량, 실외온도 및 기체용 유량센서 및 냉각기 액추에이터를 운전 환경에 맞게 제어하며, 원격에서 액화기 상태를 계측하고 제어한다. 둘째, 액화기의 운전 상태를 서버에 전송할 수 있는 ICT 기술을 기반으로 데이터 브릿지 기능을 수행하고 액화기를 원격에서 관리할 수 있는 zigbee 기반의 원격 제어 통합 관리시스템 부분이다. 셋째, 본 연구의 최상위 부분으로 안드로이드 기반의 스마트 디바이스로 관리할 수 있는 스마트 통합 운영 관리시스템 부분이다. 이러한 시스템은 TCP/IP 기반의 Web 서버를 구축하고, 개발된 시스템을 통하여 작동관리, 실적관리, 공급자와 수요자(주유소)의 스케줄 관리와 같은 다양한 서비스 모델을 제공하도록 한다.

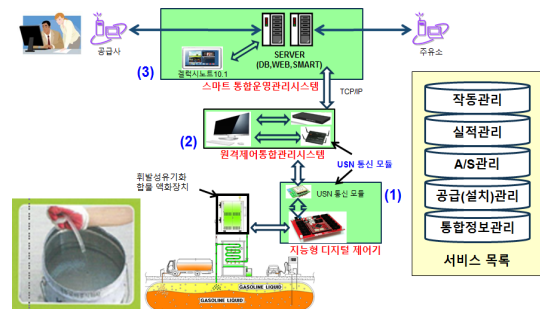


그림 1. 지능형 디지털 제어기를 통한 스마트 통합운영관리 시스템

Fig. 1 Smart integrated operations management system through the intelligent digital controller

2.1. 액화기 시스템 구성

지능형 액화기의 구성은 그림 2와 같다.

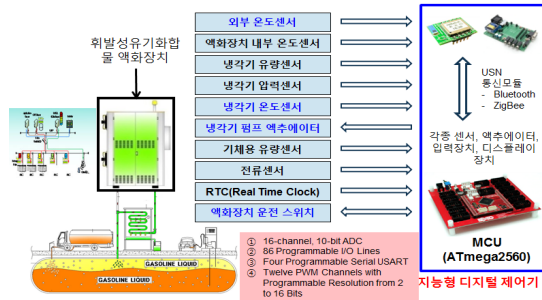


그림 2. 지능형 디지털 제어기
Fig. 2 Intelligent digital controller

액화기 제어기의 입력은 액화기 외부온도, 내부 온도, 냉각기 유량, 냉각기 압력, 냉각기 온도, 기체 유량, 전류 등으로 7가지를 선정하였으며, 출력은 냉각기 펌프 액추에이터, 액화기 운전 스위치 등으로 2가지를 제어하도록 한다. 또한 시스템 관리를 위하여 RTC(Real Time Clock)을 사용하여 내부 시간을 조절하도록 지능형 액화기 제어기를 설계하였다.

외부온도센서(PT-100)/내부온도센서(PT-100)를 통하여 외부온도 및 내부온도를 계측하며, 액화기 내부온도를 30[°C]로 낮추기 위한 냉각기 제어 알고리즘을 개발하고, 냉각기 압력센서를 통하여 냉각기 압력을 계측할 수 있는 알고리즘을 개발한다. 냉각기 펌프 제어를 통하여 냉각기 온도를 제어하도록 내부 액추에이터를 제어하도록 한다. 또한, 기체용 유량센서를 통하여 발생한 기체의 양을 계측하고 액화된 유량을 계측하도록 한다.

2.2. 원격제어 통합 관리 시스템

액화기 제어기인 ATmega2560을 통하여 계측된 액화기 상태 데이터를 시리얼 통신을 통하여 zigbee 모듈을 통하여 원격제어 통합관리 시스템으로 상태 데이터를 전송하도록 설계한다.

원격제어 통합 관리 시스템의 주요한 기능은 액화기의 상태 데이터를 스마트 디바이스로의 서비스를 제공하기 위하여 다수의 액화기를 하나의 브릿지 모듈로 데이터를 수집하여 본 연구를 통하여 설계된 프로토콜을 통하여 스마트 통합운영관리시스템으로 액화기 운전 데이터를 전달하는 브릿지 기능을 수행한다. 이러한 브

릿지 시스템의 구성은 그림 3과 같다[5].

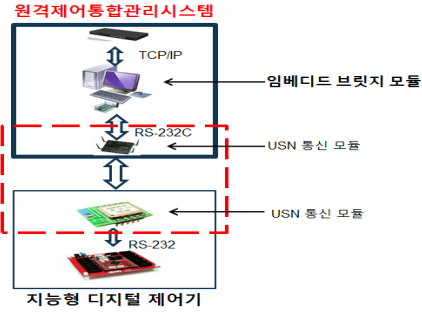


그림 3. 지그비 기반의 브릿지 구성
Fig. 3 Configuration of a bridge based on zigbee

2.3. ICT 기반의 스마트 통합 운영 관리시스템

액화기 제어기에 의해 제어되는 휘발성 유기화합물 액화기의 운전 데이터를 원격제어 통합관리시스템을 거쳐 원격지 서버에 액화장치의 운전 데이터를 저장할 수 있는 웹 기반의 DB 서버에 대한 구성을 그림 4에 제시하였다.

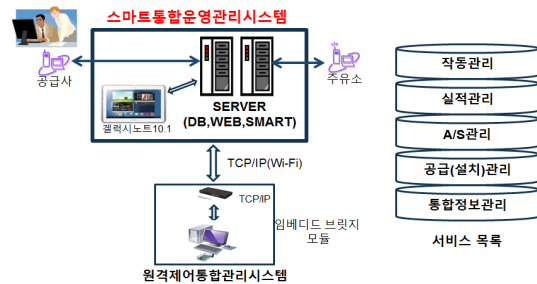


그림 4. 스마트 통합 운영 관리시스템
Fig. 4 Smart integrated operations management system

웹 서버에 저장된 액화기 데이터를 Wi-Fi 또는 3G/4G 망을 통하여 안드로이드 기반의 스마트 단말기를 통하여 스마트 통합운영 관리시스템의 데이터를 모니터링 하도록 웹 서버 기반의 시스템을 개발하였다. 개발된 주요한 핵심 서비스 기능은 아래에 제시하였다.

첫째, 작동관리 서비스는 액화장치 구동상태, 원격구동, 액화기 구동 주기를 서비스 한다. 또한, 액화기 구동 정보(압력, 온도, 작동오류 등)를 서비스 한다.

둘째, 실적관리 서비스는 액화기 액화처리실적 등을 관리할 수 있는 기능을 서비스 한다.

셋째, A/S관리 서비스는 A/S 온라인 신청/접수, A/S 이력관리 등을 서비스 한다.

넷째, 공급(설치)관리 서비스는 설치업소정보, 설치 처리정보, 설치조직정보 등을 서비스 한다.

다섯째, 통합정보관리 서비스는 각종 보고서 출력을 서비스 한다.

III. 시스템 구현 및 테스트

3.1. 지능형 액화기 제어기

액화기 제어기의 메인 CPU는 ATMEL(사)의 8비트 ATmega2560(16MHz)를 사용하였다. 전원 입력은 AC220[V]을 직접 다운시켜 사용할 수 있는 POWER PLAZA(사)의 SFS10-12를 사용하여 입력전압으로 DC12[V]를 사용하였다. 온-보드를 통한 AC220[V]를 제어 할 수 있도록 BTA12 트라이악(Triacs)을 사용하여 전원공급을 제어하도록 개발하였다. 액화기 동작은 전체적으로 DC24[V]를 사용하도록 액추에이터를 작동 시키도록 하였으며, 이러한 동작을 계측하기 위하여 온-보드에서 포토커플러 P620을 활용하여 액화기의 동작을 검출하도록 설계하였다. 온도센스는 PT-100을 통하여 온도를 측정하였으며, 액화기 상태를 나타내기 위하여 FND 8개를 사용하여 액화기 상태를 표시하였다.

액화기 제어 파라미터 설정을 위하여 버튼 4개를 설계하였다. 또한, zigbee 통신 모듈을 통하여 원격지로 데이터를 전송하도록 하였다. PC와의 데이터 전송은 MAX232N 통신 드라이브를 통하여 통신하였다. 추가로 유선기반으로 데이터를 전송하기 위하여 RS-485 통신을 지원하는 MAX486 통신 드라이브를 사용하여 시스템을 구현하였다.

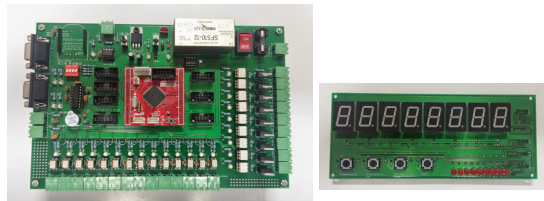


그림 5. (a) ATmega2560 기반의 액화기 제어기 보드 (b) 액화기 디스플레이/키입력/LED 표시 보드
 Fig. 5 (a) The liquefier based ATmega2560 controller board (b) The liquefier display/key input/LED display board

이상과 같은 개발 성과를 통하여 제작된 의 개발 ATmega2560 기반의 액화기 제어기를 그림 5에 제시하였다.

3.2. ZigBee 기반의 브릿지 설계 및 DB 자료 처리 개발

통신 브릿지 모듈의 CPU는 ATMEL(사)의 ATmega128(16MHz)을 사용하였으며, 통신 브릿지를 구현하였으며, 수신된 데이터를 PC로 전송하도록 하는 통신 프로토콜을 통하여 관리 서버로 데이터를 전송하는 브릿지 모듈은 그림 6과 같다.

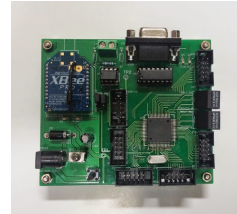


그림 6. ZigBee 기반의 데이터 브릿지 보드
 Fig. 6 The data bridge board with zigbee module.

전원은 DC12[V] 아답터를 사용하였으며, 정전압 레귤레이터인 7805BT를 사용하여 DC5[V] 전원을 공급하였다. 또한, PC와의 데이터 전송을 RS-232C 통신을 사용하였으며, zigbee 통신의 위한 브릿지의 ID의 결정은 00~99까지의 값을 선정할 수 있도록 로터리 엔코더(encoder)를 사용하였다. 원격지로 액화기 상태 정보를 전송하기 위한 통신 프로토콜에 관한 세부 내용은 그림 7에 제시하였다.

32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
MAGNETIC CONTACTOR (COMP1 MOTOR)	MAGNETIC CONTACTOR (COMP2 MOTOR)	MAGNETIC CONTACTOR (COND1 FAN MOTOR)	MAGNETIC CONTACTOR (COND2 FAN MOTOR)	MAGNETIC CONTACTOR (WATER PUMP MOTOR)	MAGNETIC CONTACTOR (GASOLINE PUMP MOTOR)	MAGNETIC CONTACTOR (BLOWER MOTOR)	THERMAL OVERLOAD RELAY	THERMAL OVERLOAD RELAY	THERMAL OVERLOAD RELAY	THERMAL OVERLOAD RELAY
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
MCI	MCI	MCI	MCI	MCI	MCI	MCI	THR1	THR2	THR3	THR4
ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
THERMAL OVERLOAD RELAY	THERMAL OVERLOAD RELAY	THERMAL OVERLOAD RELAY	SELECT SWITCH (PUMP, COMP1 ON/OFF)	SELECT SWITCH (COMP2 ON/OFF)	SELECT SWITCH (BLOWER ON/OFF)	DUAL PRESSURE SWITCH (HIGH/LOW W)	DUAL PRESSURE SWITCH (HIGH/LOW W)	FAN CONTROL SWITCH	FAN CONTROL SWITCH	FLOAT LEVEL SWITCH (GASOLINE LEVEL)
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
THRS	THRE	THRF	SS1	SS2	SS3	DPH1	DPH2	FCSS	FCSS	FLS
ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'	ON : '1' OFF : '0'
54	55	56	57	58	59	60	61	62		
온도값	온도값	온도값	온도값	온도값	온도값	온도값	온도값	온도값		
I	I	I	I	I	I	I	I	I		
TCL	TCL	TCL	TCL	TCL	TCL	TCL	TCL	TCL		
온도(%)	온도(%)	온도(%)	온도(%)	온도(%)	온도(%)	온도(%)	온도(%)	온도(%)		

그림 7. 통합관리 시스템의 통신 프로토콜
 Fig. 7 The communication protocol of the Integrated management system

그림 8은 개발된 제어기를 통하여 액화기에 연결하여 시운전하는 그림을 그림 8에 제시하였다. 그림 8에서 동작 상태에 따라 7-seg가 동작되는 것을 확인할 수 있으며, 제어기 상태 데이터가 전송되어 오는 것을 PC로 확인할 수 있었다.

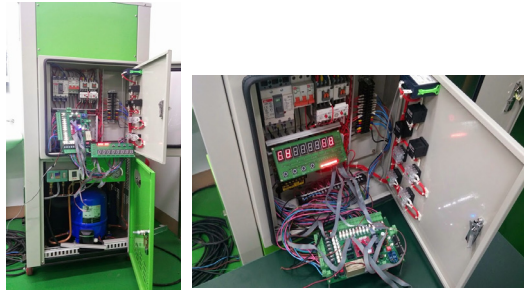


그림 8. 액화기와 디지털 제어기와 설치 화면
Fig. 8 Liquefaction and digital controllers, Installing screen

3.3. 스마트 통합관리시스템 개발

데이터베이스 내부의 자료 처리방법은 내부함수를 이용였으며, KS_Probe_Coa 라는 내부 프로시저에서 센서 데이터를 수집하여 정보를 파싱하여 센서 장비에 해당되는 테이블에 저장하도록 설계하였다. 개발 사양은 DB 서버(MS SQL 2012)와 웹서버(OS:Windows 2008)을 기반으로 개발하였으며, 데이터 추출 서버(OS: Windows2003)을 사용하였다. 개발된 통합관리 시스템은 통한 액화기로부터 수신된 데이터를 그래프로 표시된 부분을 그림 9에 제시하였다.

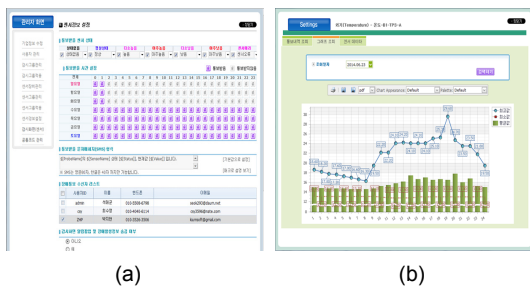


그림 9. (a) 통합관리 시스템으로부터 알람정보를 수신하고자 하는 수신자 관리 화면, (b) 통합관리 시스템으로부터 그래프 조회 화면
Fig. 9 (a) Recipient management screen from the integrated management system to receive the alarm information (b) Views from the graph screen, integrated management system

원격제어 통합 관리시스템과 지능형 액화기 제어기 및 데이터 브릿지를 통하여 데이터 서버로 전송되는 시스템 동작 흐름도를 그림 10에 제시하였다.

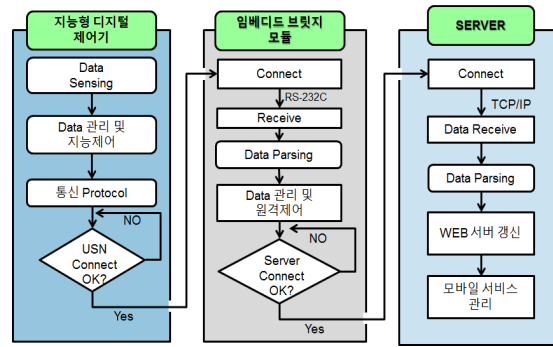


그림 10. 시스템 동작 흐름도
Fig. 10 Flowchart of system operation

서버로 전송된 액화기 데이터를 웹 서버 기반으로 DB화하여 스마트 기기로 액화기 상태를 관리하도록 서비스 한다.

3.4. 앱 프로그램 설계

개발된 앱(App.)은 그림 11과 같이 간단한 사용자 인터페이스 모듈을 통하여 데이터를 관리하도록 한다. 스마트 기기의 메인 화면 구성은 자료입력 버튼과 자료조회 버튼을 통하여 자료를 조회할 수 있도록 개발하였다. 그림 12는 통합 관리시스템을 통한 웹 조회 화면을 통하여 날짜, 시간, 유량에 관한 데이터를 조회 할 수 있도록 개발하였다.



그림 11. 앱 실행 화면
Fig. 11 App. execution screen

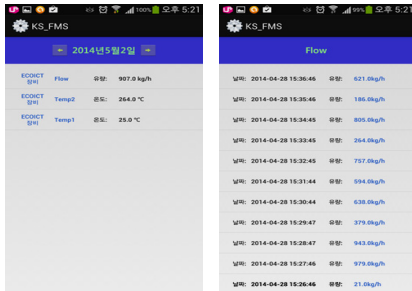


그림 12. 통합 관리시스템에 대한 앱 조회 화면
 Fig. 12 App. Lookup screen for Integrated Management System

IV. 결론 및 향후 연구

본 논문은 ICT 기반 통합운영관리시스템을 통하여 액화장치의 에너지 재생산 효과를 향상시킬 수 있는 제어 시스템을 개발 완료하였다. 개발된 지능형 액화기 제어기와 스마트 통합정보관리시스템을 통하여 에너지를 재생산하여 수입 에너지 절감 효과를 기대할 수 있다.

시장적 측면은 미국, EU 등 환경 선진국을 중심으로 환경관련 규제가 강화되고 있으며, 효율적인 VoCs 시스템을 연구개발하여 관련시장을 확보해 내가고자 한다. 현재의 기술적 측면은 유사제품 관련 제조 기업인 OPW사(美, 냉각/멤브레인), COVALTECH사(佛, 냉각 방식) 등도 아직 ICT 기술을 접목한 지능형 액화기 제어기 및 스마트 통합정보관리시스템과 같은 시스템을 구성하여 관리할 수 있는 제품은 아직 보고된바가 없어 사업화가 충분히 가능할 것으로 평가되다.



김관형(Gwan-Hyung Kim)

2000년 동명대학교 컴퓨터공학과 전임강사
 2011년~현재 동명대학교 컴퓨터공학과 조교수
 ※ 관심분야: 인공지능, 임베디드시스템 설계, 제어공학

ACKNOWLEDGMENTS

This work (Grants No.C0103312) was supported by Business for Cooperative R&D between Industry, Academy, and Research Institute funded Korea Small and Medium Business Administration in 2013.

REFERENCES

- [1] G. H. Kim, D. W. Choi, S. T. Goon and C. J. Ho “The Monitoring system of Smart Device”, *Conference on Information and Communication Engineering*, vol. 18, Num. 1, pp. 915-916, May, 2014.
- [2] S. C. Jung and S. H. Lee, “Practical Usage of Low-Temperature Metal Catalyst for the Destruction of Volatile Organic Compounds (VOCs)”, *Conference on Korean Society of Environment Engineers*, vol. 34, Num. 6, pp. 397-405, 2012.
- [3] G. H. Kim and D. W. Choi, “Remote VoCs System based on Wireless Communication”, *Conference on Information and Communication Engineering*, vol. 18, Num. 1, pp. 921-922, May, 2014.
- [4] J. S. Part and G. H. Kim, “Remote Refrigeration Air-Conditioning Control System using Bluetooth”, *Conference on Information and Communication Engineering*, vol. 17, Num. 2, pp. 113-114, Oct, 2013.
- [5] L. K. Hwang and J. W. Baek, “A Study on Implementation of ZigBee Module for the Home Networking”, *Journal of the Korea society of computer and information*, vol. 13, Num. 2, pp. 203-210, 2008.