Journal of Engineering Education Research
Vol. 22, No. 1, pp. 55~60, January 2019

캡스톤디자인으로 구현한 MS Azure 기반 IoT 시스템

최대우**†·최문근*·김종우*
*동명대학교 공과대학 전자공학과
**동명대학교 공과대학 전자및의용공학부

MS Azure based IoT system for a Capstone Design Project

Choi, Dae Woo**†·Choi, Moon Guen*·Kim, Jong Woo*
*Department of Electronic Engineering, Tongmyong University
**School of Electronic & Biomedical Engineering, Tongmyong University

ABSTRACT
This paper deals with the process and requirements of a capstone design project performed by undergraduate students. We discuss about the preliminary study for the capstone design, the derivation of a subject, the level descriptor of the subject, and the system requirements. And then, we summarize the results of the capstone design project entitled as Microsoft Azure based IoT (Internet of Things) system which is performed by 4 undergraduate students during 10 months. This system is composed of a Zigbee sensor network, the TCP/IP Internet, an IoT server, and a smartphone application program, with which we can gather the sensor data and control actuators at the far away area.

Keywords: Engineering education, Capstone design, IoT, Azure, Zigbee, Sensor network

I. 서 론

공학교육에 있어서 설계교육의 필요성은 매우 중요하다. 한국공학교육인증원 (ABEEK)에서는 KEC 2015의 전기, 전자공학 및 유사명칭 공학 프로그램에 대한 인증기준에서 기초설계와 종합설계를 포함해서 공학주제 54학점을 이수하되 설계 9학점을 포함할 것을 요구하고 있다(공인원, 2018).

종합설계의 경우 공학문제 수준설명(EAC Level Descriptor)에 부합함을 입증토록 하고 있는데 종합설계에 적합한 문제는 공학기초지식과 전공지식의 개념과 원리에 대한 이해를 바탕으로 하는 높은 수준의 개방형 문제(Open ended problem)로서 복합적, 독창적 사고를 요하고 다양한 관점과 접근방식에 따라 다수의 해가 존재하며 다양한 현실적 제한조건과 요구들을 고려해야 하는 것이다(판정가이드, 2018).

동명대학교 설계교과목 운영지침에서는 설계구성요소로서 설계목표, 분석, 합성, 제작, 시험, 평가와 현실적 제한조건으로서 산업표준, 경제성, 윤리성, 안정성, 신뢰성을 종합적으로 다루도록 요구하고 있다(동명대, 2015).

본 연구에서는 캡스톤디자인(종합설계)의 주제로서 4차 산업혁명 시대의 주요 기술인 IoT (Internet of Things, 사물인터넷)를 선정하고 테스트베드의 구현을 목표로 진행한 과정과 결과에 대하여 기술하였다.

본 논문의 구성은, 제2장에서 캡스톤디자인 과제의 도출과정과 요구사항에 관하여 논의하고 제3장에서 IoT 테스트베드의 구현 과정과 결과를 보이고 제4장에서 최종 결과물의 동작시험에 관하여 논의한 후 제5장에서 결론을 맺는다.

Received October 10, 2018; Revised December 4, 2018
Accepted December 7, 2018
† Corresponding Author: wchoi58@gmail.com

II. 캡스톤디자인

1. 사전준비

4학년 1학기에 진행되는 종합설계를 위해 동명대학교 전자공학심화 프로그램에서는 3학년 1학기 말에 학생들의 캡스톤디자인 지도교수를 배정한다. 본 연구팀 학생 4명은 한 학기동안 프로그래밍 스킬 향상, 기술문서작성과 발표력 향상을 위한 교육과 아이디어 창출을 위한 디자인씽킹 훈련을 하고 마이크로소프트의 클라우드 서비스인 Azure를 활용하기 위한 기초교육을 수료하였다.

2. 과제도출 및 진행

방학기간을 포함하여 매주 진행하는 팀미팅과 디자인씽킹 훈련의 결과 캡스톤디자인 주제로서 마이크로소프트 Azure를 이

용한 IoT 시스템이 결정되고 정부지원 LINC+ 사업단의 캡스톤디자인 지원과제로 선정되었다.

디자인씽킹은 시각적사고로 문제를 해결해 나가는 과정으로서 직관과 상호작용을 통해 개별적 요소의 관계성을 도출하고 그 요소들을 시공간속에 역동성있게 형태화 한다(곤노노보루 2015). 현재 스탠포드대학의 디장인씽킹 모델이 가장 널리 쓰이고 있으며 이 모델은 공감(Empathize), 문제정의(Define), 아이디어발상(Ideate), 프로토타이프(Prototype) 그리고 테스트(Test)의 5개 과정으로 구성된다(송동주 2017). Fig. 1은 디자인씽킹으로 과제도출 작업을 하는 과정이다.

Fig. 1 Design Thinking for Capstone Design

3. 시스템 요구사항

4차 산업혁명 시대의 핵심 기술에는 인공지능(AI), 빅데이터, 클라우드컴퓨팅 그리고 IoT 등이 있다. IoT는 그중 가장 기본적인 기술이며 센서에서 수집한 데이터를 원격지로 전달하고 원격지에서 액츄에이터를 구동할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 이러한 동작이 가능한 테스트베드를 구현 하고자 하며 전체적인 시스템은 Fig. 2와 같다.

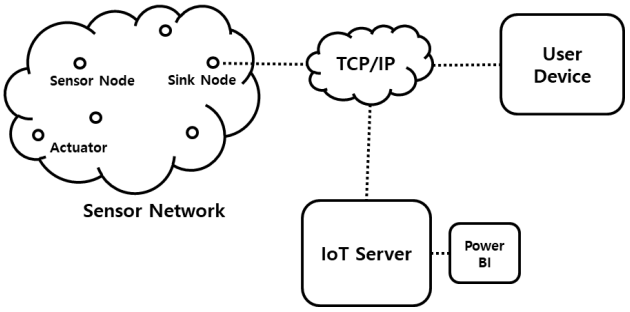


Fig. 2 Conceptual diagram of an IoT testbed

본 테스트베드의 시스템요구사항을 정리하면 다음과 같다.

- 본 시스템은 센서망과 IoT 서버와 사용자 장치로 구성된다.
- 센서망, IoT 서버와 사용자 장치(스마트폰)은 TCP/IP 인터넷으로 상호 연결한다.
- 센서망은 메쉬 토폴로지로 동작한다.
- 센서망에서 수집된 정보는 IoT 서버에 저장되고 사용자가 참조할 수 있다.
- 구동장치(액츄에이터)를 사용자 장치에서 제어할 수 있다.

4. 공학문제 수준평가

한국공학교육인증원은 4년제 공과대학 졸업예정자가 해결할 수 있어야 하는 공학문제의 수준을 평가하기 위하여 Table 1과 같은 8가지 속성을 제시하고 있으며 속성별로 예/아니오로 평가하게 하고 있다. 2018년 평가시에는 이들 속성 중에서 1번을 포함하여 최소 2개를 만족시킬 것을 요구하고 있으며 연차적으로 강화될 예정이다.

본 연구에서 다루는 캡스톤디자인 주제에 관한 공학문제 수준평가 결과는 Table 1의 3번째 열에서 보인 바와 같이 총 6개의 속성을 만족하고 있는 것으로 판단된다.

Table 1 Level Descriptor for the Capstone Design Project

문제의 속성	공학문제수준설명 심화된 공학문제가 속성1(지식의 깊이)을 만족하고, 속성2~속성8 중 일부 또는 전부를 만족해야 한다.	본과제의 수준
속성1 (지식의 깊이)	최신 정보와 관련 연구 결과를 활용하고 있다.	예
속성2 (상충되는 요건의 범위)	상충될 수 있는 기술적 또는 공학적 이슈를 다루고 있다.	예
속성3 (분석의 깊이)	해답이 명확하지 않은 문제를 해결하기 위해 깊이 있는 사고와 분석과정을 다루고 있다.	예
속성4 (생소한 주제)	자주 접하지 않는 공학문제를 다루고 있다.	예
속성5 (문제의 범위)	전공분야의 일반적인 실무 영역을 벗어난 범위를 다루고 있다.	예
속성6 (이해당사자의 요구 수준 및 범위)	다양한 이해당사자들의 요구사항들을 고려하고 있다.	아니오
속성7 (상호의존성)	상호 의존적인 여러 세부문제들이 결합된 종합적인 문제로 구성되어 있다.	예
속성8 (다양한 영향 고려)	다양한 분야에 미치는 영향을 고려하고 있다.	아니오

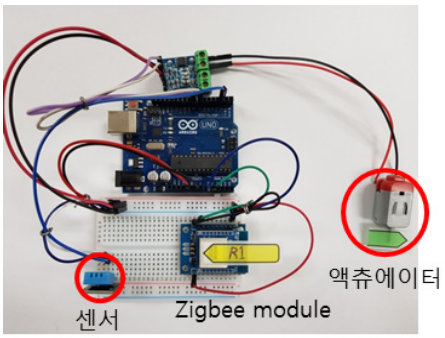
III. Azure기반 IoT 테스트 베드의 구현

센서망은 풀메쉬 토폴로지로 동작이 가능한 Zigbee 망으로 구축하였다. Sensor node에서 수집된 정보는 멀티홉 루팅을 거쳐 sink node로 전송되고 TCP/IP 인터넷을 통하여 IoT server로 전송된다. IoT server는 마이크로소프트의 Azure를

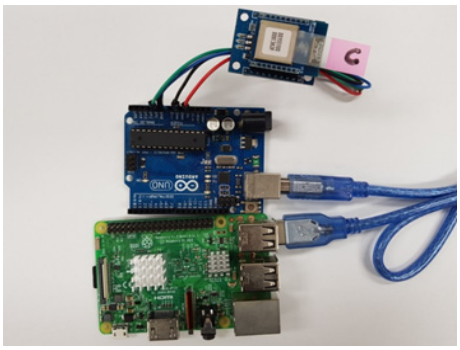
사용하여 구축하였다(최문근, 2018). 사용자는 인터넷을 통하여 IoT server에 접속하여 센서에서 수집한 데이터를 확인할 수 있다. 또한 사용자는 수집된 정보를 확인한 후 사용자 장치인 스마트폰을 사용하여 적절한 액츄에이터를 원격지에서 구동할 수 있다.

1. Zigbee 센서망

Fig. 3에 보는 바와 같이 Sensor node는 ㈜펌테크의 Zigbee 모듈과 아두이노 우노를 이용하여 구현하고 sink node는 Zigbee 모듈과 아두이노 우노 및 라즈베리파이3을 사용하여 구현하였다. Zigbee 센서망은 Fig. 4와 같이 full mesh로 동작한다. Sensor node에서 수집된 정보는 sink node로 전달되어 TCP/IP 망을 거쳐 IoT 서버로 전송되며 sink node가 액츄에이터 구동 명령을 수신 할 경우 모든 노드로 flooding하여 목적지까지 전달된다.



(a) Sensor node



(b) Sink node

Fig. 3 Sensor node and Sink node

Sensor node에는 온습도 센서를 기본으로 장착하였다. 액츄에이터로는 DC 모터와 모바일 로봇을 사용하였으며 액츄에이터에는 sensor 노드를 탑재하여 Zigbee를 통해 명령을 수신할 수 있도록 하였다. Sink node에는 TCP/IP 망과의 통신을 위하여 라즈베리파이3을 사용하였다.

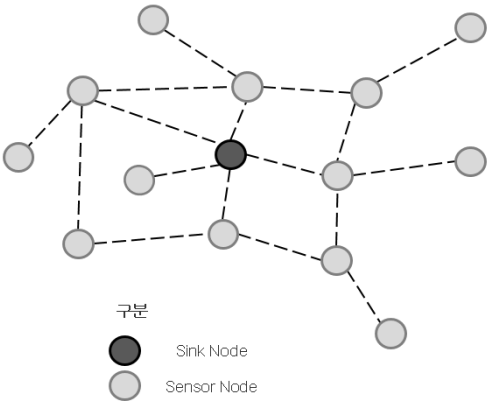


Fig. 4 Meshed sensor network

2. IoT 서버

Fig. 5는 Microsoft Azure의 기능을 이용하여 구축한 IoT 서버의 모습이다. 본 연구에서는 클라우드 서비스 중 IoTHub, Stream Analytics, Blob Storage와 Power BI를 사용하였다. 센서노드에서 수집한 정보는 싱크노드를 거쳐서 IoTHub를 통해 클라우드 서버에 접속되며 Stream Analytics를 경유해 Storage에 저장되거나 Power BI를 통해서 실시간 그래픽으로 변환할 수 있다.

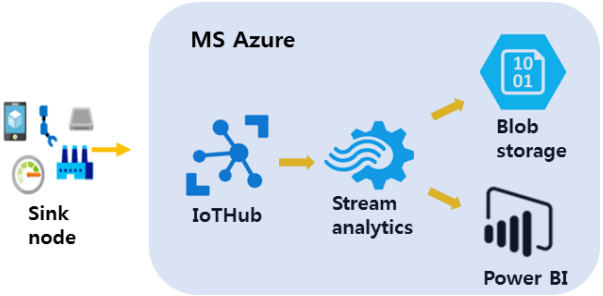


Fig. 5 IoT server using Microsoft Azure

가. IoTHub

클라우드에서 호스팅 되는 관리 서비스이며 장치 간의 양방향 통신을 위한 중앙 메시지 허브 역할을 한다.

나. Stream Analytics

Blob storage에 정보를 저장시켜주는 경유지 역할을 하며 데이터 분석 처리 기능을 수행한다.

다. Blob Storage

IoTHub를 통하여 들어온 정보를 보관하는 저장소이다.

라. Power BI

Stream Analytics에서 받은 데이터를 실시간으로 시각화 하는 기능이다.

3. 스마트폰 앱

Fig. 6은 스마트폰의 application 화면이다. TCP/IP 인터넷에 접속된 sink node의 IP 주소와 port 주소를 입력한 후 엑츄에이터 동작명령을 보내거나 미리 설정된 버튼을 이용하여 명령을 보내면 TCP/IP 망과 싱크노드를 통하여 목적지로 전송된다. 또한, 센서망내 이동로봇을 전·후진과 좌·우회전 제어를 통해 원하는 위치로 이동시킬 수 있다.

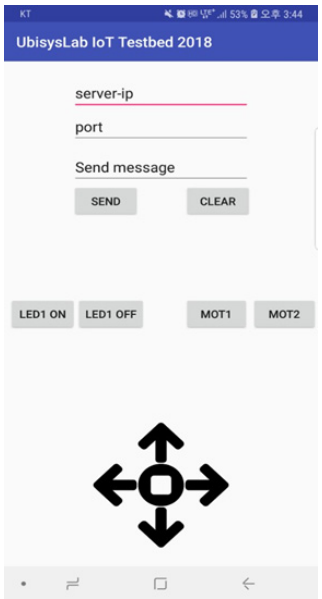


Fig. 6 Smartphone application for testbed

4. 구현된 시스템의 주요사양

본 연구에서 구현된 IoT 테스트베드의 주요사양을 요약하면 Table 2와 같다.

Table 2 Specification of the Testbed

구성요소	주요사양
센서노드	아두이노 우노, Zigbee 모듈 (FZ750BC / (주)펌테크)
싱크노드	아두이노 우노, Zigbee 모듈, 라즈베리파이3
액츄에이터1	아두이노 우노, Zigbee 모듈, DC 모터 (HOB-GR / ㈜프라이봇)
액츄에이터2	아두이노 우노, Zigbee 모듈, 모바일로봇 (NABotN-02/ ㈜프라이봇)
IoT서버	Microsoft Azure
사용자기기	Smart phone (Android)

IV. IoT 테스트 베드의 동작시험

Fig. 7은 구현된 IoT 테스트 베드의 전체 모습이다. Zigbee 망과 IoT 서버와 스마트폰이 테스트 베드에서는 서로 가까운 곳에 있는 것처럼 보이지만 실제로는 Wifi로 각각 TCP/IP 인터넷과 연결되어 있으므로 매우 먼 거리에서도 정보수집과 제어가 가능하다.

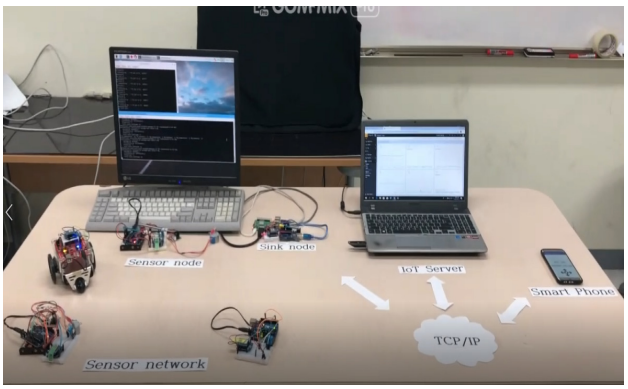


Fig. 7 Implementation of an IoT Testbed

Fig. 8은 IoT 서버로 들어온 온도와 습도 데이터를 BI를 활용하여 실시간으로 그래픽화 한 모습이다. 센서노드의 온·습도를 인위적으로 변하게 하여 변화된 값이 실시간으로 수집되고 있음을 확인하였다.

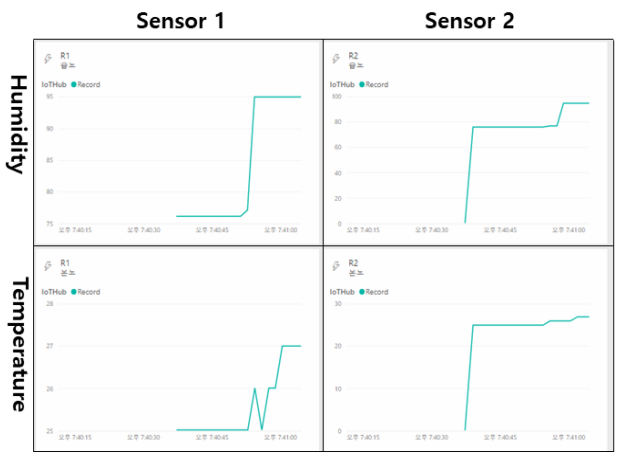


Fig. 8 Visualized data of IoT Server

Fig. 9는 Zigbee 센서망 내에 있는 모바일 로봇을 스마트폰 앱으로 제어하는 모습이다. 스마트폰 앱에서 로봇을 제어하는 명령을 송출하면 TCP/IP망을 통해 싱크노드로 전달되고 이어서 여러 개의 센서노드를 멀티홉으로 통과해서 제어명령이 전달된다.

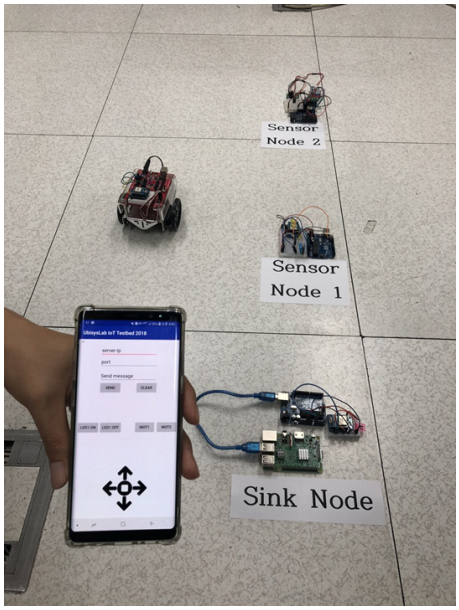


Fig. 9 Robot control using IoT testbed

2018년 1학기 종합설계_CapstoneDesign 교과목의 설계계획서에서 요구한 현실적 제한조건의 내용을 만족하고 있음을 검토한 결과를 Table 3에 제시하였다.

Table 3 Realistic restrict elements

제한요소	내용	만족여부
산업표준	개발되는 결과물은 국제표준을 준수하여야 한다.	만족
경제성	결과물의 경제성을 고려하여야 한다.	만족
윤리성	개발내용이 인체에 부정적인 영향을 미쳐서는 안된다.	만족
안정성	개발 결과물은 안정적으로 동작되어야 한다.	만족
신뢰성	개발 결과물의 동작결과는 신뢰성이 있어야 한다.	만족
미학	개발 결과물이 보기에 안정된 느낌을 가져야 한다.	만족
환경에미치는영향	개발결과물이 환경에 부정적인 영향을 미쳐서는 안된다.	만족
사회에미치는영향	개발 결과물은 사회의 일반적인 도덕적 규범을 따라야 한다.	만족

V. 결 론

본 연구는 전자공학 전공 학생들로 구성된 팀의 캡스톤디자인 과제로서 마이크로소프트의 클라우드 서비스인 Azure와 Zigbee 센서망과 스마트폰을 활용하여 IoT 테스트 베드를 구축한 결과에 관한 것이다.

캡스톤디자인 과제의 난이도에 대하여 공학교육인증에서 요구하는 공학문제수준설명에 따라 검토한 결과 충분히 만족하고 있음을 보였다. 또한 종합설계 과제로서의 요건인 현실적 제한조건도 만족하고 있음을 검토하였다.

IoT 테스트 베드는 Zigbee 센서망, TCP/IP 망, IoT 서버 그리고 스마트폰 앱으로 구현되었다. 센서망은 mesh network으로 구축하였는데 이렇게 함으로써 센서망 내에서 자유롭게 움직이는 액츄에이터인 로봇으로 명령을 항상 전송할 수 있게 된다.

센서노드는 상용 Zigbee 모듈인 FZ750BC와 아두이노 우노를 이용하여 구성하고 싱크노드는 센서노드에 라즈베리파이3을 이용하여 TCP/IP와 연동 할 수 있도록 하였다. 센서망에서 수집된 데이터는 싱크노드와 TCP/IP 망을 통해 마이크로소프트의 클라우드 서비스인 Azure를 이용하여 구축한 IoT 서버로 전송된다. 사용자는 Azure의 Power BI를 활용하여 수집되고 있는 정보를 실시간으로 그래픽화 하여 관찰할 수 있다. 액츄에이터로는 DC 모터와 모바일 로봇을 사용하고 스마트폰 앱을 이용하여 TCP/IP망과 Zigbee 센서망을 통하여 제어되도록 하였다.

본 연구의 결과는 임의장소의 정보를 수집하고 처리한 후 언제 어디에서나 인터넷 연결이 되면 데이터를 확인하고 스마트폰으로 원격지의 각종 액츄에이터를 실시간으로 제어하는 응용서비스에 적용할 수 있다.

참고문헌

1. ABEEK, 한국공학교육인증원. www.abeek.or.kr
2. 공인원(2018). 공학교육인증기준 2015 (KEC2015, ABEEK-2014-ABE-010).
3. 판정가이드(2018). 2018적용 KEC2015 판정가이드, 한국공학교육인증원, 2018.
4. 동명대(2015). 공학교육심화프로그램 설계교과목 운영지침. 동명대학교 공학교육혁신센터.
5. 곤노노보루·노경아 (2015). 디자인씽킹, 아르고나인미디어그룹
6. 송동주 (2017). 디자인싱킹, 영남대학교출판부.
7. 최문근·김종우·홍제성·정수진·최대우(2018). 마이크로소프트 Azure를 이용한 IoT 시스템 구축. 제8회 2018 ICT융합기술·서비스 학술대회 논문집, 8(1), 91-93.

최대우 (Choi, Dae Woo)
1981년: 경북대학교, 전자공학과. 공학사
1983년: 동 대학원, 전자공학과. 공학석사
1997년: KAIST, 전기및전자공학과, 공학박사
관심분야: TCP/IP 네트워크, IoT 시스템, 통신프로토콜
E-mail: wchoi58@gmail.com

최문근 (Choi, Moon Guen)
2013년: 동명대학교 전자공학과 입학
2019년: 동명대학교 전자공학과 졸업예정
관심분야: IoT, 공학프로그래밍
E-mail: sosi14@nate.com

김종우 (Kim, Jong Woo)
2013년 동명대학교 전자공학과 입학
2019: 동명대학교 전자공학과 졸업예정
관심분야: IoT, 공학프로그래밍
E-mail: cnrrn9@naver.com