

사물인터넷 기반의 스마트 휴지통

김태국*

*동명대학교 정보통신소프트웨어공학과 교수

IoT(Internet of Things)-based Smart Trash Can

Tae-Kook Kim*

*Professor, Department of Information, Communications & Software Engineering, Tongmyong University

요약 본 논문은 사물인터넷 기반의 스마트 휴지통에 관한 연구이다. 현대 사회에서 쓰레기 처리는 여러 사회 문제를 일으킨다. 특히 유동인구가 많은 주말의 도심에서 쓰레기 처리 용량이 쓰레기 배출량을 따라가지 못해 문제가 발생하고 있다. 넘쳐나는 쓰레기로 악취가 발생하고, 미관을 해치고, 벌레가 생기는 등의 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 스마트 휴지통을 제안하였다. 제안된 스마트 휴지통은 쓰레기 압축 기능, 휴지통 자동 개폐 기능, 쓰레기양 표시 기능, 휴지통 모니터링 및 제어 기능을 제공한다. 제안된 스마트 휴지통은 유동인구가 많은 옥외의 쓰레기 처리에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

주제어 : 사물인터넷, 쓰레기통, 휴지통, 스마트 휴지통, 아두이노

Abstract This paper is about IoT(Internet of Things)-based smart trash can. In modern society, waste disposal creates several social problems. In particular, large floating populations cause a problem in the city center on weekends as the waste disposal capacity cannot keep up with the amount of waste discharged. There are problems such as stinks, unpleasant aesthetics, and insects caused by overflowing garbage. To solve this problem, a smart trash can was proposed. The proposed smart trash can provide a garbage compression function, an automatic opening and closing of the trash can lid, a display of the amount of garbage, and monitoring and control of the trash can. It is expected that the proposed 'smart trash can' can be usefully used for outdoor waste disposal with a large floating population.

Key Words : Internet of Things (IoT), Wastebasket, Trash can, Smart trash can, Arduino

1. 서론

현대 사회에서 쓰레기 처리와 관련하여 여러 사회 문제를 일으키고 있다. 특히 사람이 붐비는 주말의 도심에서 쓰레기 처리 용량이 쓰레기 배출량을 따라가지 못해 여러 가지 문제가 발생하고 있다. 넘쳐나는 쓰레기로 악취가 발생하고, 미관을 해치고, 벌레가 발생하는 문제가 있다[1-3].

이러한 문제를 해결하기 위해 스마트 휴지통을 제안하였다. 기존의 샤오미(Xiaomi) 스마트 휴지통은 자동 개폐 기능을 제공한다[4]. 본 연구에서는 넘쳐나는 쓰레기를 효율적으로 처리하기 위해 자동 개폐 기능을 포함하여 쓰레기 압축 기능, 쓰레기 양 표시 기능도 제공한다. 또한 사물과 사물이 통신하는 사물인터넷 (Internet of Things: IoT)을 통해 휴지통의 상태를 모니터링하고 제어할 수 있다[5-9].

이 성과는 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017R1C1B2011285).

*교신저자 : 김태국(leader@tu.ac.kr)

접수일 2020년 2월 8일 수정일 2020년 3월 13일 심사완료일 2020년 3월 17일

본 논문에서는 사물인터넷 기반의 스마트 휴지통을 제안하였다. 제안된 스마트 휴지통은 자동개폐 기능, 쓰레기양 표시 기능, 쓰레기 압축 기능, 휴지통 상태 정보 표시 및 제어 기능을 한다.

제안된 스마트 휴지통은 유동인구가 많은 옥외의 쓰레기 처리에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

2. 관련 연구들

본 장에서는 스마트 휴지통과 관련된 연구와 제품에 대해 살펴본다.

2.1 IoT 기술을 이용한 스마트 음식물 휴지통

저자 김동훈 등의 연구에서는 IoT 기술을 이용한 스마트 음식물 쓰레기통 개발에 관한 연구를 진행하였다. 이 연구에서 IoT 센서와 아두이노(Arduino)를 활용하여 배출되는 음식물 쓰레기의 양을 판단할 수 있다. 초음파 센서를 통해 쓰레기통 적재량을 표시할 뿐만 아니라, 액체 상태나 밀도가 높은 음식물 쓰레기양을 측정하기 위해 FSR(Force Sensitive Resistor)을 이용하였다. FSR은 힘에 의해 저항 값이 변화하는 센서로, 센서에 압력이 가해지면 이에 따라 저항 값이 변한다. 즉, 초음파 센서를 통해 쓰레기와의 거리를 측정하고, FSR 센서를 통해 무게를 측정하여 정확한 쓰레기 양을 판단할 수 있다[10].

2.2 IoT 기술을 이용한 스마트 쓰레기통

저자 유재면 등의 연구에서는 IoT 센서와 아두이노 및 라떼판다(LattePanda)를 활용해 배출되는 쓰레기의 양 등을 분석하였다. 일반적인 쓰레기통에 IoT 센서와 각종 입/출력을 위한 Logic을 추가하여 쓰레기와 관련된 각종 정보를 분석하고 패턴을 통해 향후 쓰레기를 줄일 수 있도록 유도할 수 있는 스마트 휴지통에 관해 연구하였다[11].

2.3 사물인터넷 기반 이동형 스마트 휴지통

저자 황사일 등의 연구에서는 사물인터넷 기반 이동형 쓰레기통에 관해 연구하였다. 스마트폰 앱을 통해 휴지통을 호출하여 쓰레기를 버릴 수 있다. 휴지통은 라인 트레이서 기능을 통해 움직인다. 이를 통해 좁은 공간에서 효율적으로 사용 가능하고, 편리함을 제공한다[12].

2.4 샤오미 스마트 휴지통

샤오미는 스마트 휴지통을 출시하여 판매하고 있다. 그림 1은 샤오미 스마트 휴지통 TOWNEW을 나타낸다. 샤오미 스마트 쓰레기통은 크게 2가지 기능을 제공한다. 첫째, 쓰레기통 자동 개폐 기능을 제공한다. 근접 감지 센서를 탑재하여 손을 쓰레기통 근처에 가져가면 자동으로 쓰레기통 입구가 열린다. 둘째, 쓰레기봉투 자동교체 기능을 제공한다[4]. 다만, 전용 쓰레기봉투 카트리지를 구매해야 되는 단점이 있다.



[Fig. 1] Xiaomi smart trash can (TOWNEW)

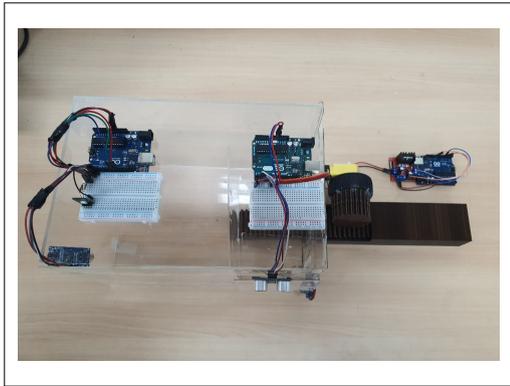
3. 제안된 사물인터넷 기반의 스마트 휴지통

본 연구에서 사물인터넷 기반의 스마트 휴지통을 제안하였다. 제안된 사물인터넷 기반의 스마트 휴지통은 크게 4가지 기능을 제공한다. 첫째, 휴지통 자동 개폐 기능을 제공한다. 둘째, 쓰레기 양 표시 기능을 제공한다. 셋째, 쓰레기 압축 기능을 제공한다. 넷째, 휴지통 모니터링 및 제어 기능을 제공한다.

그림 2는 제안된 사물인터넷 기반의 스마트 휴지통을 나타낸다. 아두이노와 3D 모델링 등을 활용하여 구현하였다.

3.1 휴지통 자동 개폐 기능

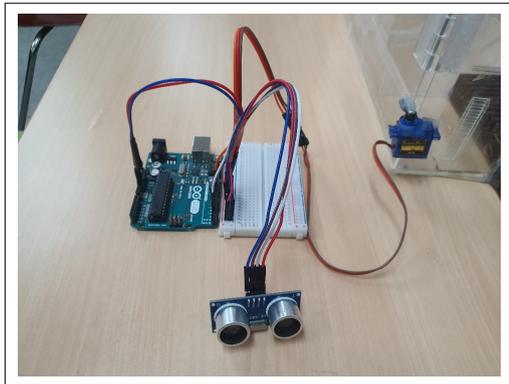
휴지통 자동 개폐 기능은 아두이노, 초음파 센서, 서보 모터를 활용하여 구현하였다. 아두이노는 다양한 센서나 부품을 연결할 수 있는 마이크로컨트롤러(Microcontroller) 보드를 기반으로 한 오픈 소스 컴퓨팅 플랫폼과 소프트웨어 개발 환경을 말한다[13-15]. 초음파는 장애물을 만



[Fig. 2] Proposed IoT-based smart trash can

나면 반사되어 되돌아가는 성질이 있다. 따라서 아두이노에 초음파 센서를 연결하고 초음파를 발사하면 장애물(예, 사람) 까지의 거리를 측정할 수 있다. 초음파의 속도는 물리학 공식을 통해 구할 수 있고(대략 330m/s), 초음파의 송신과 수신 시간을 측정하여 시간도 구할 수 있다. 거리는 속도와 시간의 곱이므로 이를 통해 거리를 계산할 수 있다.

그림 3은 휴지통의 자동 개폐 기능 구현을 나타낸다. 사람이 휴지통에 가까이 가면 초음파 센서를 통해 인지하고, 서보 모터를 이용하여 휴지통의 뚜껑을 오픈한다.



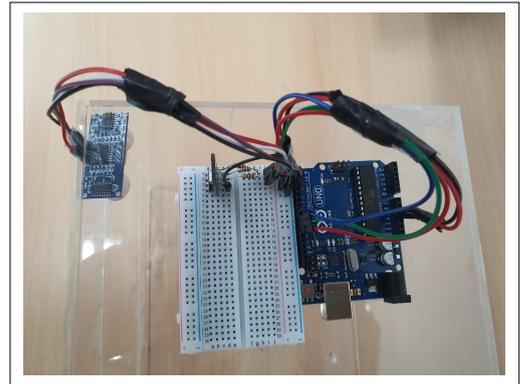
[Fig. 3] Trash can open/close function

3.2 쓰레기양 표시 기능

쓰레기 양 측정 기능은 아두이노와 초음파 센서를 활용하여 구현하였다. 초음파 센서를 이용하여 쓰레기와의 거리를 계산하여 빨간색, 파란색, 녹색으로 쓰레기 양을 표시하였다.

그림 4는 쓰레기 양 측정 기능 구현을 나타낸다. 초음

파 센서와 3색 LED(light emitting diode)를 사용하여 구현하였다. 초음파 센서를 이용하여 쓰레기와의 거리를 측정하여 휴지통이 비어있거나 30% 이하로 쓰레기가 버려졌을 때 파란색으로 표시한다. 휴지통이 절반 가까이 채워졌을 때(30% ~ 60%)는 녹색, 휴지통이 가득 채워졌을 때 빨간색 LED 불이 켜지도록 구현하였다.



[Fig. 4] Display of the amount of garbage

3.3 쓰레기 압축 기능

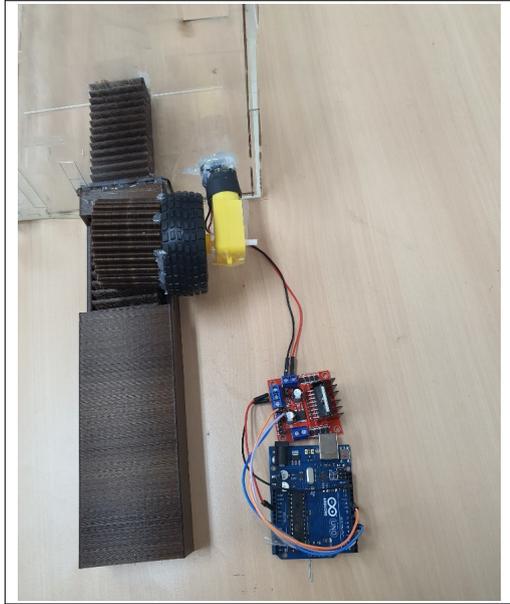
제안된 사물인터넷 기반의 스마트 휴지통의 핵심 기능은 쓰레기 압축 기능이다.

3.3.1 압축 기능 원리

압축 기능은 아두이노, DC 모터, 톱니바퀴 등을 활용하여 구현하였다. 압축 기능을 수행하는 부품은 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째, 홈이 파여 있는 막대의 형태를 가진 직사각 기둥. 두 번째, 직사각 기둥의 홈에 맞게 굴러갈 수 있게 설계된 톱니바퀴. 마지막으로 직사각 기둥이 들어갈 수 있도록 속이 비어있으며, 직사각 기둥과 톱니바퀴가 맞물릴 수 있도록 중간에 구멍이 뚫려있는 파이프가 있다.

그림 5는 휴지통의 압축 기능 구현을 나타낸다. 파이프는 직사각 기둥의 크기에 맞게 속이 비어 있으며, 직사각 기둥은 파이프 안에 삽입된다. DC 모터는 톱니바퀴의 측면과 연결되어 톱니바퀴가 회전 운동을 할 수 있도록 도와준다. 톱니바퀴의 위치는 한자리에 고정되어 있기 때문에 톱니바퀴가 회전하게 되면, 직사각 기둥의 홈과 맞물려 직사각 기둥의 위치를 이동 시킬 수 있다. DC 모터를 일정한 만큼 회전 시킨 뒤, 회전했던 만큼 반대방향으로 회전 시키면 직사각 기둥은 정해진 위치만큼의 수직 운동을 반복할 수 있고, 이 수직 운동이 쓰레기통의 내용

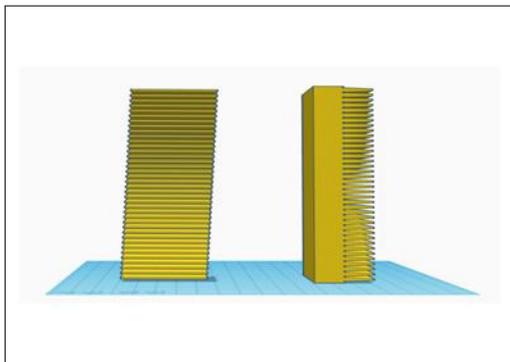
물을 압축시키는 기능을 담당하게 된다. 파이프는 이 과정에서 직사각 기둥이 운동해야할 위치를 이탈하지 않도록 도와주는 가이드 역할을 한다.



[Fig. 5] Garbage compression function

3.3.2 3D 모델링

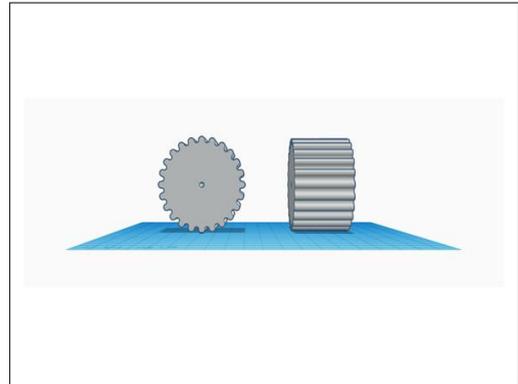
휴지통의 압축 기능에 사용되는 톱니바퀴 등의 부품들을 3D 모델링을 통해 제작하였다. 3D 모델링이란 컴퓨터를 활용하여 입체적인 3차원 형상의 데이터를 만드는 과정을 뜻하고, 본 연구에서는 ‘틴커 캐드(TinkerCAD)’ 프로그램을 사용하여 3D 모델링을 수행하였다.



[Fig. 6] Rectangular pillar design

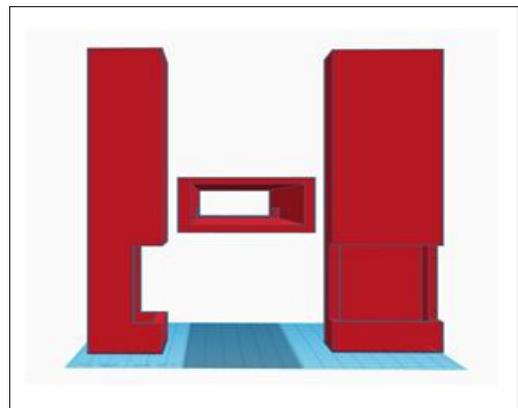
그림 6은 직사각 기둥의 정면도와 측면도를 나타낸다. 휴지통의 크기를 고려하여 압축을 위해 수직 운동을 수행할 직사각 기둥의 크기와 길이를 설계하였다.

그림 7은 톱니바퀴의 정면도와 측면도 나타낸다. 톱니의 간격은 직사각 기둥의 크기에 맞게 설계되었다. 톱니바퀴는 직사각 기둥과 맞물려 직사각 기둥을 움직일 수 있다.



[Fig. 7] Tooth wheel design

그림 8은 파이프의 측면도, 평면도, 정면도를 나타낸다. 파이프는 직사각 기둥의 가이드 역할을 한다. 파이프 안에 직사각 기둥이 삽입되고 파이프 안에서 움직일 수 있다.



[Fig. 8] Pipe design

표 1은 쓰레기 압축 기능을 구현한 아두이노 소스코드를 나타낸다. 아두이노 프로그래밍을 통해 DC 모터를 제어할 수 있고, DC 모터에는 톱니바퀴가 연결되어 있다.

휴지통에 쓰레기가 적재되면 DC 모터로 톱니바퀴를 돌려 직사각 기둥을 움직일 수 있고, 이를 통해 쓰레기 압축 기능을 수행한다. 압축 기능을 수행한 이후 직사각 기둥은 원래 상태로 돌아온다.

[Table 1] Source code of garbage compression function

```

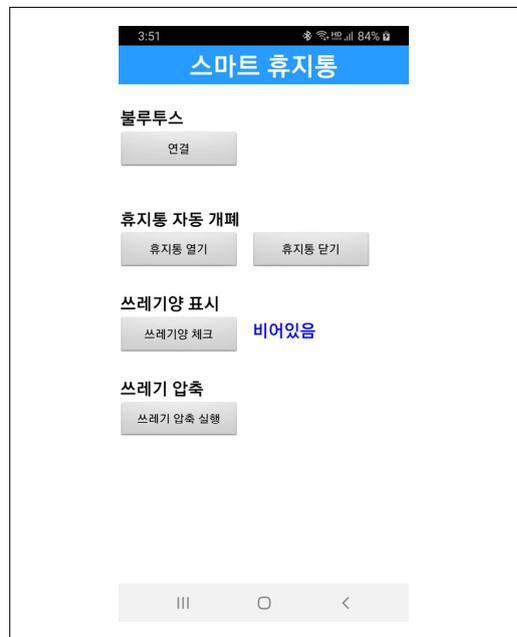
1 int Dir1Pin_A = 4;
2 int Dir2Pin_A = 5;
3 int SpeedPin_A = 10;
4
5 void setup() {
6   pinMode(Dir1Pin_A, OUTPUT);
7   pinMode(Dir2Pin_A, OUTPUT);
8   pinMode(SpeedPin_A, OUTPUT);
9 }
10
11 void loop() {
12   digitalWrite(Dir1Pin_A, HIGH);
13   digitalWrite(Dir2Pin_A, LOW);
14   analogWrite(SpeedPin_A, 70);
15   delay(1200);
16
17   digitalWrite(Dir1Pin_A, HIGH);
18   digitalWrite(Dir2Pin_A, HIGH);
19   analogWrite(SpeedPin_A, 70);
20   delay(900);
21
22   digitalWrite(Dir1Pin_A, LOW);
23   digitalWrite(Dir2Pin_A, HIGH);
24   analogWrite(SpeedPin_A, 70);
25   delay(1500);
26
27   digitalWrite(Dir1Pin_A, HIGH);
28   digitalWrite(Dir2Pin_A, HIGH);
29   analogWrite(SpeedPin_A, 70);
30   delay(900);
31 }
    
```

3.4 사물인터넷 기능

제안된 스마트 휴지통은 아두이노에 블루투스 (Bluetooth) 기능을 추가하였다. 따라서 제안된 스마트 휴지통은 블루투스 통신을 이용하여 스마트폰과 통신이 가능하다.

그림 9는 본 연구에서 개발한 스마트폰용 스마트 휴지통 애플리케이션(application)을 나타낸다. 블루투스 통신을 통해 스마트 휴지통과 스마트폰이 통신하며, 휴지통을 모니터링 및 제어 할 수 있다. 애플리케이션의 블루투스 '연결' 버튼을 눌러 블루투스 통신 가능 목록 중 스마트 휴지통을 선택하여 연결한다. 사람이 가까이 가면 자동으로 스마트 휴지통의 뚜껑이 열리지만, 스마트폰 애플리케이션의 '휴지통 열기' 버튼을 눌러 수동으로 휴지통 뚜껑을 열 수도 있다. 또한 '쓰레기양 표시' 버튼을 누르면 현재 휴지통의 상태를 확인할 수 있다. 그리고 '쓰레기 압축 실행' 버튼을 누르면 쓰레기 압축 기능을 수행한다. 휴지통의 모니터링 및 제어, 압축 기능, 사물인터넷 기

능 등은 기존의 연구 및 샤오미 스마트 휴지통과 구별되는 특징이다. 추후 연구에서는 블루투스 통신이 아닌 무선랜을 활용하여 멀리 원격에서의 휴지통 모니터링 및 제어 기능을 연구한다. 즉, 휴지통의 쓰레기 양 등을 원격에서 확인할 수 있다. 또한 원격에서 압축 기능, 휴지통 자동 개폐 기능을 제어할 수 있다. 이를 통해 지역별 쓰레기 배출량을 확인할 수 있고, 수집된 빅데이터를 바탕으로 휴지통의 설치, 수거 일정 등에 활용할 수 있다.



[Fig. 9] Smart trash can application

4. 결론

본 논문에서 사물인터넷 기반의 스마트 휴지통 구현에 관해 연구하였다. 제안된 스마트 휴지통은 쓰레기 압축 기능, 휴지통 자동 개폐 기능, 쓰레기양 표시 기능, 휴지통 모니터링 및 제어 기능을 제공한다. 쓰레기 압축 기능은 아두이노와 3D 모델링을 통해 구현하였다. DC 모터와 연결된 톱니바퀴를 돌려 직사각 기둥을 움직이고, 이를 통해 압축 기능을 수행한다. 또한 스마트폰 애플리케이션을 통해 휴지통 모니터링 및 제어(휴지통 개폐, 쓰레기양 표시, 쓰레기 압축 실행)가 가능하다.

제안된 스마트 휴지통은 유동인구가 많은 지역에서 쓰레기 처리에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

REFERENCES

- [1] M.J.Yoon, T.H.Kim, B.G.Song, S.A.Kwon, S.J.Lim, T.K.Kim, "A Study on Smart Trash Can Using Arduino", Korea Multimedia Society Spring Conference, Vol.21, No.1, pp.424, 2019.
- [2] M.J.Yoon, T.H.Kim, B.G.Song, S.A.Kwon, S.J.Lim, Unurtsetseg and T.K.Kim, "Implementation of Smart Trash Can Using IoT and Arduino", The Korea Internet of Things Society, Vol.4, No.1, pp.30-31, 2019.
- [3] S.Y.Nam, M.J.Kim, Y.W.Kim and Y.J.Kim, "Waste Recycling System Using IoT", Design Convergence Study, Vol.15, No.4, pp.31-44, 2016.
- [4] Xiaomi, Townew Smart Trash Can, <http://c.mi.com/thread-2098640-1-0.html>.
- [5] D.W.Lee, K.M Cho, S.H.Lee, "Analysis on Smart Factory in IoT Environment", Journal of The Korea Internet of Things Society, Vol.5, No.2, pp.1-6, 2019.
- [6] K.H.Lee, "A Scheme for Information Protection using Blockchain in IoT Environment", Journal of The Korea Internet of Things Society, Vol.5, No.2, pp.33-40, 2019.
- [7] J.H.Lim and K.H Lee, "Simplified Forensic Analysis Using List of Deleted Files in IoT Environment," Journal of The Korea Internet of Things Society, Vol.5, No.1, pp.35-39, 2019.
- [8] K.Ho.Lee, "A Scheme on Anomaly Prevention for Systems in IoT Environment", Journal of The Korea Internet of Things Society, Vol.5, No.2, pp.95-101, 2019.
- [9] K.B.Jang, "A study on IoT platform for private electrical facilities management", Journal of The Korea Internet of Things Society, Vol.5, No.2, pp.103-110, 2019.
- [10] D.H.Kim, G.W.Seo, D.J.Jang and H.Kim, "A Study on the development of smart food trash box using IoT technology", Korea Information Science Society Winter Conference, pp.86-88, 2016.
- [11] J.M.Yoo, H.Kim, H.J.Lee and B.H.Lee, "A Study on the development of smart trash cam using IoT technology", Korea Information Science Society Conference, pp.2247-2249, 2018.
- [12] S.I.Hwang and KW.Choi, "A study on the smart garbage can based on IoT technology", Korea Institute Of Communication Sciences Winter Conference, pp.914-915, 2018.
- [13] T.K.Kim, "A Study on Smart Warning Triangle", Journal of The Korea Internet of Things Society, Vol.4, No.1, pp.37-41, 2019.
- [14] D.G.Kim, H.S.Lee, S.Y..Kim, T.W Kim and H.W.Lee, "LBS/GPS based Bicycle Safety Application with Arduino", Journal of The Korea Internet of Things Society, Vol.2, No.1, pp.7-15, 2016.
- [15] Arduino, <https://www.arduino.cc>.

김 태 국(Tae-Kook Kim)

[중신회원]



- 2004년 8월 : 고려대학교 전기전자전파공학부(공학사)
- 2006년 8월 : 고려대학교 메카트로닉스학과(공학석사)
- 2014년 8월 : 고려대학교 모바일솔루션학과(공학박사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 정보통신소프트웨어공학과 교수

〈관심분야〉

사물인터넷(IoT), 재난안전통신망, 콘텐츠 전송 네트워크