

AI 및 IoT 기반의 생활 폐기물 모니터링 시스템 구현 Implementation of Monitoring System of the Living Waste based on Artificial Intelligence and IoT

김상현*, 강영훈*, 윤달환**

Kim Sang-Hyun Kim*, Kang Young-Hoon*, Yoon Dal-Hwan**

Abstract

In this paper, we have implemented the living waste analysis system based on IoT and AI(Artificial Intelligence), and proposed effective waste process and management method. The Jeju location have the strong point to devise a stratagem and estimate waste quantization, rather than others. Especially, we can recognized the amount variation of waste to the residence people compare to the sightseer number, and the good example a specific waste duty. Thus this paper have developed the IoT device for interconnecting the existed CCTV camera, and use the AI algorithm to analysis the waste image. By using these decision of image analysis, we can inform their deal commend and a decided information to the map of the waste cars. In order to evaluate the performance of IoT, we have experimented the electromagnetic compatibility under a national official authorization KN-32, KN61000-4-2~6, and obtained the stable experimental results. In the further experimental results, we can applicable for an data structure for precise definition command by using the simulated several waste image with artificial intelligence algorithm.

요약

본 논문은 인공지능과 IoT 기반의 생활폐기물 모니터링 시스템을 구현하고, 이를 통하여 효율적인 쓰레기 처리와 관리 방안을 제안한다. 제주 지역은 타 지역에 비하여 대체로 정량적 추정과 운영 전략을 수립하는데 장점을 갖추고 있다. 특히, 상주인구 대비 사계절 관광객의 변화를 통하여 쓰레기 량의 변화를 알 수 있음으로써 쓰레기 종량제 연구의 좋은 사례가 되고 있다. 이에 클린하우스 현장에 기존 CCTV를 연동하여 정보를 제공할 수 있는 IoT 장치를 개발하고, 카메라의 쓰레기 영상 데이터 셋을 분석하기 위하여 인공지능(AI) 알고리즘을 이용한다. 이를 통하여 쓰레기가 쓰레기통 밖에 잘못 투기되었는지, 쓰레기 처리를 위해 판단된 의사결정에 따라 쓰레기 차량이 수거해야 할지 정보를 전송함으로써 원활한 쓰레기 처리 및 홍보방송을 할 수 있도록 한다. 개발된 IoT 장치는 국가 공인 시험연구기관을 통해 전파적합성 시험과 환경시험을 하고, 다양한 쓰레기 대상을 제안한 인공지능 알고리즘으로 시뮬레이션하여 의사판단용 데이터 구축방법으로 활용하고자 한다.

Key words : living waste, AI and IoT, Monitoring System, Management System, estimate waste quantization

* Department Of Public Administration
Jeju National University

★ Corresponding author
E-mail : yoonhdh@semyung.ac.kr Tel : +82-43-649-1308

※ Acknowledgment

Manuscript received Mar. 9, 2020; revised Mar. 16, 2020;
accepted Mar. 23, 2020.

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.

1. 서론

현대화가 진행되면서 폐기물 처리 문제가 심각한 사회적 문제로 대두되고 있다. 이를 해결하기 위하여 자원의 선순환을 통하여 지속가능한 순환경제를 실현하는 노력이 필요하다[1].

본 연구는 2020년 제주도를 중심으로 나타난 폐기물의 사회적 문제 해결을 위해 과학적인 수단을 통하여 연구한다. 제주도는 하루 평균 배출되는 생

활폐기물이 2011년 764.7 톤(Ton)에서 2018년 8월 1천303.1 톤으로 7년 사이 70%가량 증가하였다[2]. 이를 처리하기 위하여 도내 9개 매립장 중 2017년 12월 제주시 서부, 2018년 5월 봉개와 같은 해 12월 동부, 2019년 2월 서귀포시 색달과 6월에 우도 등 5 곳을 설치하였다. 재활용률은 2014년 56.0%, 2015년 56.5%, 2016년 53.4%, 2017년 56.7%, 2018년 8월 현재¹⁾ 57.3%로 거의 변화가 없는 수준이다. 또한, 폐기물을 정리하는 청결지킴이 시행 이후, 제주시 내 2천37개에 달하는 클린하우스를 하루 4시간 근무하는 740명의 청결지킴이를 배치하고, 오후 3시 이후 폐기물을 버리도록 하였다[3].

요일별 배출제²⁾를 시행한 2016년부터 1일 생활 폐기물 발생량이 1305.3톤, 2017년 1302.2 톤 등으로 큰 폭의 증가 없이 정체 상태로 문제는 재활용률에 있다. 이러한 요일별 배출제 시행을 통하여 쓰레기 발생량을 절반으로 줄이고, 기존 50%대에 머문 재활용률을 70% 이상으로 끌어올리는 것을 목표로 하였으나, 여전히 담보상태로 큰 진전을 이루지 못하고 있는 실정이다.

2018년 3,200억 원의 예산을 투입해 클린하우스 및 CCTV 설치를 통해 쓰레기 불법투기 문제를 해결하려 전체의 26.4%인 537곳에만 설치했으나, 129개 CCTV는 화질마저 떨어지고, 불법투기 및 배출 시간 위반자의 신원 확인이 어려운 실정이다. 그림 1은 아무렇게나 버려진 종이박스를 나타낸다. 이처럼 하루 평균 배출 쓰레기양이 2017년 1,312.2톤이고, 1인당 하루 쓰레기배출량 1.63kg이며, 폐기물 처리시설이 포화상태로 전국 1위를 달리고 있다.



Fig. 1. Dispose of serious waste materials and an unlawful act.

그림 1. 심각한 쓰레기 처리장과 불법투기

1) 연합뉴스, 2018.

2) 제주신문, “쓰레기 요일별 배출제 개선,” 2017.02.

제주의 1일 쓰레기 발생량 가운데, 28%인 367톤은 매립하고, 20%인 262톤을 소각하며, 나머지 52%인 683톤은 재활용하고 있다. 재활용 비율이 높은 듯 하지만, 전국 평균 59%에 비하면 거의 7% 가까이 낮은 편이다.

2017년 제주 인구가 678,772명으로 증가하였고, 2018년 관광객이 1430만 명으로 증가하면서 많은 문제가 나타났다. 특히 6~8월 관광 성수기와 비수기와 동일한 수거 주기에 폐기물 처리 상태가 심각하고, 클린하우스별 재활용 쓰레기 배출량 파악이 불가능한 상황이다.

본 연구에서는 IoT와 인공지능 알고리즘을 기반으로 폐기물 처리 운영 모니터링 방법을 제안한다. 현장에서 IoT 장치를 설계하고, CCTV 카메라를 통해 분석된 폐기물의 형태를 기반으로 수거차량의 효율적인 운행으로 불필요한 활동을 최소화한다. 청소행정의 효율적인 관리정책 방향을 제시함으로써 쓰레기 종량제의 지속적인 발전방안을 모색하고자 한다.

II. 쓰레기 처리 관제시스템 구성

그림 2는 클린하우스별 설치될 IoT(Internet of Things)와 CCTV, 인공지능을 기반으로 폐기물 수거차량의 효율적인 관리체계 방안을 나타낸다.

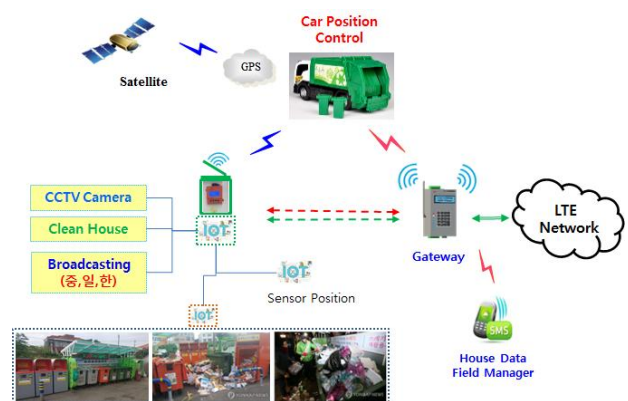


Fig. 2. Waste materials control based on IoT & AI.

그림 2. IoT와 AI 기반 폐기물처리 관제

그림 2에서 IoT 장치는 클린하우스에 설치되어 현장정보를 입력받고, 방송안내 기능을 수행한다. 특히 중국, 일본 및 한국 등 다양한 관광객을 대상으로 폐기물 종류별 분리 방식을 방송함으로써 무

단투기를 최소화할 수 있다.

다양한 데이터 셋들이 관제모니터링으로 전송되면, 인공지능을 이용하여 폐기물통 내부 또는 외부로 투기되었는지를 판단한다. 그림 3은 인공지능 엔진을 나타낸다[4].

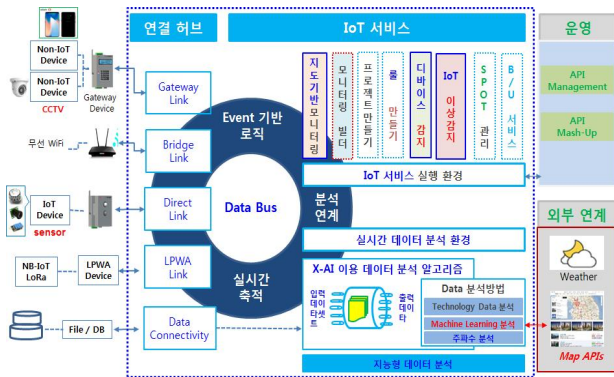


Fig. 3. Structure of AI engine.

그림 3. 지능형 엔진 구조

그림 4는 현장에 설치된 IoT 장치와 CCTV로부터 관제시스템에 수신되는 이벤트발생에 대한 딥러닝 데이터분석 알고리즘을 나타낸다.

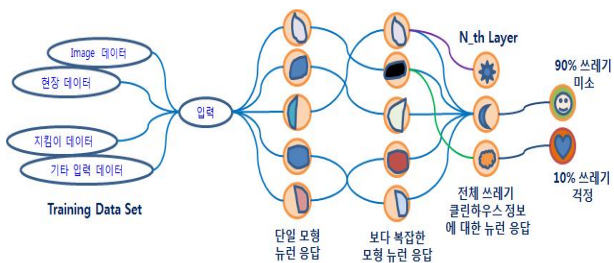


Fig. 4. Deep learning for data analysis.

그림 4. 데이터 분석용 심화학습 알고리즘

그림 4에서 인공지능의 심화학습에 제공되는 데이터는 예측 모델링을 사용하고, 폐기물영상이 폐기물통 내부 또는 밖에 있는지, 시스템 혼란 여부 및 특정 상황 여부를 판단하기에 필요하다. 출력 계층에서 폐기물이 투기통의 안에 있는지 밖에 있는지, 폐기물량이 넘쳤는지를 판단하여 이동차량 및 관리자 앱(App.)에게 통지하고, 클린하우스 위치 정보를 알려준다[5, 6]. 그림 5는 이러한 쓰레기 투기에 대한 영상분석 심화학습에 대한 개략적인 설명을 나타낸다.

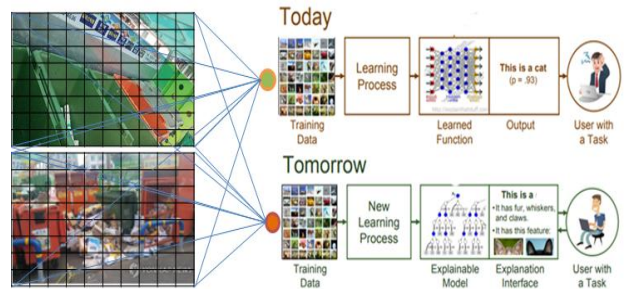


Fig. 5. Image Analysis of waste material.

그림 5. 쓰레기 영상 분석

영상데이터 분석 결과에 따라 의사결정 및 사용자 지식표현, IoT가 설치된 위치로 쓰레기 수거 차량이 이동한다[7].

III. IoT 및 AI 알고리즘 구현

A. IoT 장치

본 연구에서 제안하는 클린하우스별 설치될 IoT 장치의 기본 블럭도는 그림 6과 같다.

저전력(25 mW) 장거리 송수신을 위해 LoRa 기술을 활용하고, 사용주파수는 922.1~923.3 MHz 범위에서 922 MHz로 고효율 다이버시티 안테나(Diversity Antenna)를 설계한다. 데이터 전송률은 0.3~5.5 kbps, 유선을 사용할 경우 IEEE RS-485 통신 모드로 인터페이스를 한다.

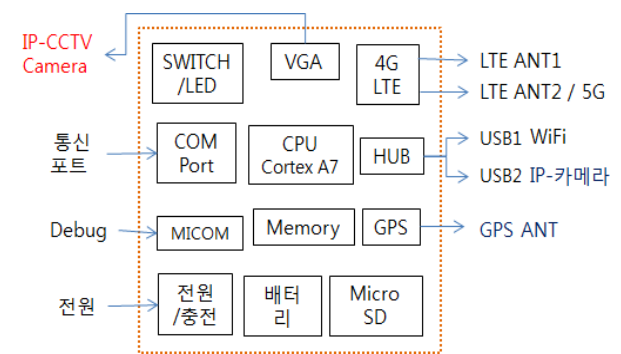


Fig. 6. IoT device block diagram.

그림 6. IoT 장치 블럭도

전원 차단시 비상전원을 위해 배터리(Battery)를 내장한다. MCU(Micro Control Unit) AVR RISC 구조에 기초한 ATmega128L은 저전력 CMOS형의 8비트 마이크로 컨트롤러로 IC자체 핀의 인덕턴스(Inductance)와 스트레이 캐패시턴스(Stray Capacitance)가 RF 회로에 영향을 최소화하도록 MLF타입의

k번째 출력층의 출력값은 식(3)과 같다. 여기서 p는 은닉노드의 개수이다.

$$z_i = f^{(k)} \left(\sum_{j=1}^p z_j W_{jk}^{l+1} \right) \quad (3)$$

오류를 줄이기 위해 기울기 경사하강법을 적용하여, 단층신경망과 다르게 은닉층이 생겼으므로 은닉층과 출력층의 가중치 갱신식은 (4)와 같다. 여기서 t는 가중치 변화회수이다.

$$W^l(t+1) = W^l(t) + \Delta W^l \quad (\Delta W^l = -\alpha \frac{\partial E}{\partial W^l}) \quad (4)$$

우선 j번째 은닉노드와 k번째 출력노드간의 가중치 $W_{jk}^{l+1}(t)$ 를 위한 이득값은 식(5)와 같다.

$$\Delta W_{jk}^{l+1}(t) \left(\frac{\partial E}{\partial W_{jk}^{l+1}} \right) \quad (5)$$

여기서 $W_{jk}^{l+1}(t+1) = W_{jk}^{l+1}(t) + \Delta W_{jk}^{l+1}$

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial W_{jk}^{l+1}} &= \frac{\partial \left(\frac{1}{2} \sum_{r=1}^m (d_r - o_r)^2 \right)}{\partial W_{jk}^{l+1}} \\ &= -(d_k - o_k) \frac{\partial(o_k)}{\partial W_{jk}^{l+1}} \end{aligned}$$

체인룰에 따라

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial W_{jk}^{l+1}} &= -(d_k - o_k) \frac{\partial(o_k)}{\partial W_{jk}^{l+1}} \\ &= -(d_k - o_k) \left(\frac{\partial(u_k)}{\partial(u_k)} \right) \left(\frac{\partial(u_k)}{\partial W_{jk}^{l+1}} \right) \\ &= -(d_k - o_k) f(u_k) \left(\frac{\partial(u_k)}{\partial W_{jk}^{l+1}} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

식(6)에서 u_k 는 k 번째 출력층의 연산합이고, z_j 는 j번째 은닉층(이전층)의 출력값이다.

활성화함수로 시그모이드함수 f()를 사용하여 은닉층 출력값 z_j 만을 제외한 나머지부분을 δ_k 라 하면, δ_k 는 출력층 노드에 대해 식(7)처럼 기울기를 계산한다.

$$\begin{aligned} \delta_k &= f(u_k)(1-f(u_k))(d_k - o_k) \\ &= o_k(1-o_k)(d_k - o_k), \quad 1 \leq k \leq m \end{aligned} \quad (7)$$

따라서 최종 구하고자하는 출력층에서의 델타값은 식(8)와 같다

$$\Delta W_{jk}^{l+1}(t) = -\alpha \left(\frac{\partial E}{\partial W_{jk}^{l+1}} \right) = \alpha \delta_k z_j \quad (8)$$

여기서 $0 \leq j \leq p, 1 \leq k \leq m$ 이다. 또한

$$\Delta W_{jk}^l(t) = -\alpha \left(\frac{\partial E}{\partial W_{jk}^l} \right) = \alpha \eta_j x_i \quad (9)$$

구간은 $0 \leq i \leq 1, 1 \leq j \leq m$ 이다.

IV. 실험결과

표 1은 IoT 단말의 전기적 시험규격 및 표 2환경적 시험규격을 나타낸다. 테스트 챔버내 환경 규격은 장치 저장온도 $-30^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$, 동작온도 범위는 $-10^{\circ}\text{C} \sim +65^{\circ}\text{C}$ 및 상대습도 $0 \sim 90\%$ 에서 진행한다 [15, 16].

Table 1. Electrical specification.

표 1. 전기적 규격

Items	Specification	Remarks	
Input Voltage	DC 12V	Voltage	
Temp. voltage	3.7V/1500 mAh	Li-Bat.	
Consumption Power	2watt Max.	Total	
Current	Idle	10mA	
	LoRa Tx	150mA	
Detection Channel	4 - Ch		
LoRa Part	Connector	50Ω SMA Type	
	Tx. Power	20dBm	Max.
	Harmonic	-40dBm	
	Rx. Sensitivity	-136dBm	@SF12

IoT 단말기 동작상태 시험은 I/O 포트연결을 통해 LoRa 송수신 및 수신기를 시험한다. 표 2는 전도성 방해기준 직류 및 교류 전원단자에서 전도성 방해 전압 시험규격이다[16].

Table 2. Obstruction voltage test of conductivity.

표 2. 전도성 방해전압 시험

Items	Freq. (MHz)	Permission (dB(μV))	
		Peak	Average
A. Level System	0.15~0.5	79	66
	0.5~30	73	60
B. Level System	0.15~0.5	66~56 ³⁾	56~46
	0.5~5	56	46
	5~30	60	50

3) 허용기준은 주파수 대수적 증가에 따라 선형적 감소

그림 9는 표 1과 표 2의 규격에 따라 10m 대응 시험실에서 1GHz이내, 온도 $20.3 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $42 \pm 2\%$ 환경에서 주파수에 따른 방사성 방해시험 파형을 나타낸다.

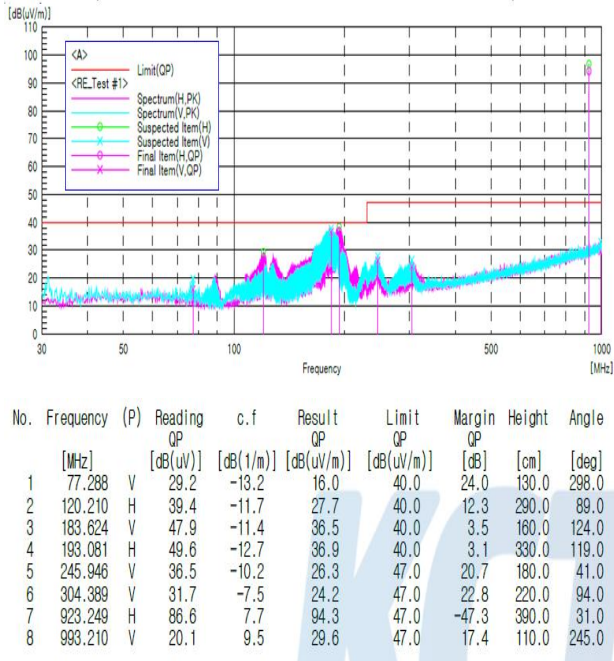


Fig. 9. Radiation obstruction test.
그림 9. 방사성 방해 시험

그림 10은 표 1의 전기적 규격과 표 2의 주파수 범위에 따른 적합성 시험 파형을 나타낸다.

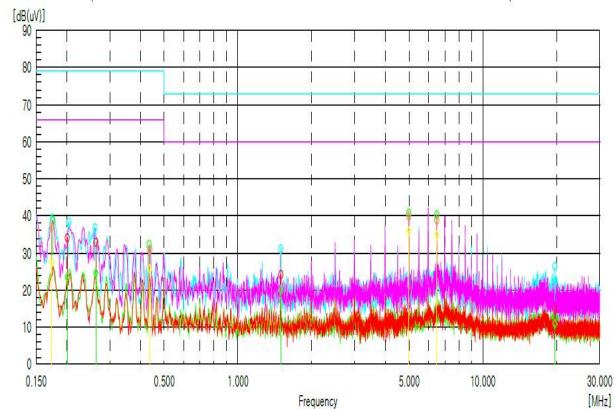


Fig. 10. Electromagnetic wave to frequency.
그림 10. 주파수에 따른 전파 적합성 평가

그림 11은 다층 퍼셉트론 알고리즘을 테스트한 결과이다.

```
#include <iostream>
double step(double x); // 활성화함수
int main() {
double input[4][2] = {0,0,0,1,1,0,1,1 };
//2차원입력값
// 초기가중치설정, 1) 사용자설정, 2) 랜덤하게설정
double w[2] = { -0.2, 0.2 };
double thold = 0.0; // 오차임계값
double x[2]; // 입력값 저장배열
double y = 0; // 출력결과값
const int xnum = 2; //입력값의차원
double error = 0; // 에러
double alpha = 0.1; //학습률
double sum = 0; //선형결합
double error_tot = 0.0;
std::cout << "로젠블렛퍼셉트론 or 연산학습"
while (1) {
std::cout << iteration << ": 회차(epoch) " << "Wn";
std::cout << "가중치 << "w[0] : " << w[0] << "Wt" <<
"w[1] : " << w[1] << "Wn";
for (i = 0; i < 4; i++) {
for (cnt = 0; cnt < 4; cnt++) x[cnt] = input[i][cnt]; for
(cnt = 0; cnt < xnum; cnt++)
sum += (bias * w0); y = step(sum); // 활성화함수호출
// 에러계산
error = (x[0] || x[1]) -y;
std::cout << "x[0]:" << x[0] << "Wt" << "x[1] : " <<
x[1] << "Wt" << "결과값:" << y << "Wn";
//가중치보정
for (cnt = 0; cnt < xnum; cnt++)
w[cnt] = w[cnt] + alpha * x[cnt] * error;
error_tot += error; }
```

Fig. 11. Multilayer perceptron algorithm.
그림 11. 다층 퍼셉트론 알고리즘

```
로젠블렛 퍼셉트론 OR연산 학습
0: 회차(epoch)
가중치 w[0] : -0.2 w[1] : 0.2
x[0]:0 x[1] : 0 결과값 : 0
x[0]:0 x[1] : 1 결과값 : 0
x[0]:1 x[1] : 0 결과값 : 0
x[0]:1 x[1] : 1 결과값 : 0
1: 회차(epoch)
가중치 w[0] : 0 w[1] : 0.4
x[0]:0 x[1] : 0 결과값 : 0
x[0]:0 x[1] : 1 결과값 : 0
x[0]:1 x[1] : 0 결과값 : 0
x[0]:1 x[1] : 1 결과값 : 0
2: 회차(epoch)
가중치 w[0] : 0.2 w[1] : 0.6
x[0]:0 x[1] : 0 결과값 : 0
x[0]:0 x[1] : 1 결과값 : 0
x[0]:1 x[1] : 0 결과값 : 0
x[0]:1 x[1] : 1 결과값 : 0
3: 회차(epoch)
가중치 w[0] : 0.4 w[1] : 0.8
x[0]:0 x[1] : 0 결과값 : 0
x[0]:0 x[1] : 1 결과값 : 0
x[0]:1 x[1] : 0 결과값 : 1
x[0]:1 x[1] : 1 결과값 : 1
4: 회차(epoch)
가중치 w[0] : 0.5 w[1] : 0.9
x[0]:0 x[1] : 0 결과값 : 0
x[0]:0 x[1] : 1 결과값 : 0
x[0]:1 x[1] : 0 결과값 : 1
x[0]:1 x[1] : 1 결과값 : 1
5: 회차(epoch)
가중치 w[0] : 0.6 w[1] : 1
x[0]:0 x[1] : 0 결과값 : 0
x[0]:0 x[1] : 1 결과값 : 0
x[0]:1 x[1] : 0 결과값 : 1
x[0]:1 x[1] : 1 결과값 : 1
Press any key to continue . . .
```

Fig. 12. Multilayer perceptron simulation.
그림 12. 다층 퍼셉트론 시뮬레이션

그림 12는 그림 11의 다층 퍼셉트론 알고리즘을 시물레이션한 결과를 나타낸다.

그림 13은 900회 이상 학습한 파일을 저장한 가중치 데이터 파일을 나타낸다. 실제로 좀더 많은 시물레이션을 통해 데이터 의사결정이 이루어지기 까지 더 많은 시물레이션이 이루어져야 한다.

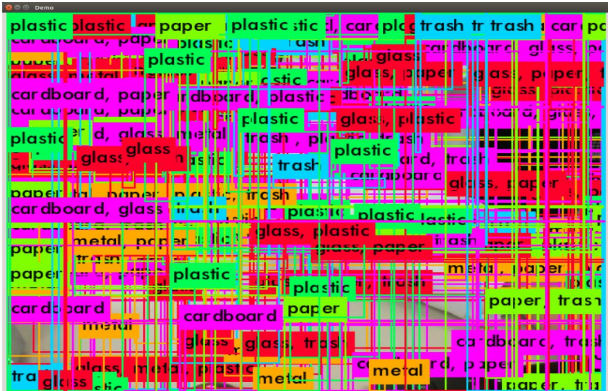
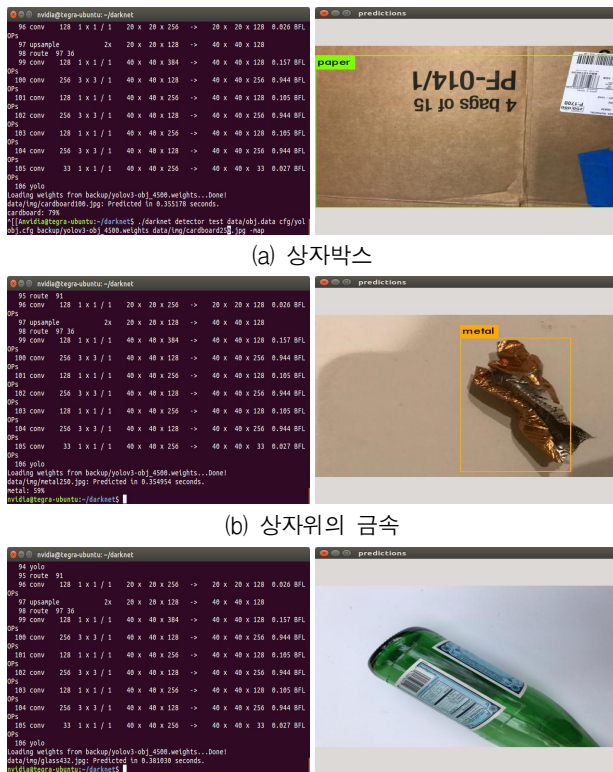


Fig. 13. Deep learning algorithm, iteration 900.

그림 13. 900회 학습중인 알고리즘



(a) 상자박스

(b) 상자위의 금속

(c) 소주병

Fig. 14. Simulation of several objections.

그림 14. 여러 가지 대상들의 시물레이션

그림 14(a)는 상자와 글씨, (b) 상자위의 금속캔, (c) 유리 소주병 등을 시물레이션한 결과를 나타낸

다. 이외에도 위쪽에서 바라본, 유리병, 플라스틱 물병, 비닐 등 다양한 시험을 통하여 데이터 셋을 구축함으로써 쓰레기의 형상과 폐기물통 안과 밖에 위치한 투기형태를 구분할 수 있다.

AI 알고리즘의 의사결정에 따라 쓰레기 수거차량의 이동경로, 일별, 주간 및 월별 쓰레기량을 예측할 수 있고, 관광 성수기 및 비수기를 구분하여 데이터를 구축함으로써 효율적인 쓰레기 차량의 운영맵을 구축할 수 있다.

최종적으로 구분해야 할 폐기물 정보는 사계절 관광객의 유입시기, 오전과 오후의 폐기물량, 식당가와 일반 주택가 등에 대해 장기적인 데이터 구축이 필요하다. 그림 15은 차량 위치 이동맵을 나타낸다. 따라서 이 결과를 갖고 IoT에 할당된 번지수에 따라 쓰레기 수거 차량을 운행하고, 수거 주기와 량을 예측함으로써 효율적인 운영정책을 쓸 수 있다. 특히 정책적인 목적이나 전략은 현장에서 살펴본 결과와 부합할 때 효율적인 방법이 나타날 수 있으나, 근본적인 해결책은 될 수 없다는 것이다.



Fig. 15. IoT tracking map for car.

그림 15. 쓰레기 차량의 IoT 추적 맵

V. 결론

본 논문은 인공지능과 IoT 기반의 생활폐기물 모니터링 시스템을 구현하고, 이를 통하여 효율적인 쓰레기 처리와 관리 방안을 제안하였다. 제주 지역은 클린하우스(Clean House) 운영을 통하여 쓰레기 버리는 시간이 오후 3시 이후부터 새벽까지 이루어지고, 쓰레기통마다 쓰레기를 종류별로 분류하여 처리하며, 요일 간 쓰레기 버리는 종류가 다르게 처리함으로써 대체로 정량적 추정과 운영 전략을 수립하는데 장점을 갖추고 있다.

특히, 상주인구 67만 여명과 1340여만명의 사계절 관광객의 변화를 통하여 쓰레기 량의 변화를 알 수 있음으로써 쓰레기 종량제 연구의 좋은 사례가 되고 있다. 이에 클린하우스 현장에 기존 CCTV를 연동하여 정보를 제공할 수 있는 IoT 장치를 개발하고, 설치된 CCTV 카메라의 쓰레기 영상 데이터셋을 분석하기 위하여 인공지능(AI) 알고리즘을 이용하였다.

이를 통하여 쓰레기가 쓰레기통 밖에 잘못 투기되었는지, 쓰레기 처리를 위해 판단된 의사결정에 따라 쓰레기 차량이 수거해야 할지 정보를 전송함으로써 원활한 쓰레기 처리 및 홍보방송을 할 수 있도록 한다. 개발된 IoT 장치는 국가 공인 시험연구기관을 통해 전과적합성 시험과 환경시험을 하였고, 안전한 전과적합성시험 결과를 얻었다. 또한 다양한 폐기물을 대상으로 제안한 인공지능 알고리즘으로 시뮬레이션하여 의사판단용 데이터 구축 방법으로 활용하고자 한다.

References

- [1] H. T. Hong, U. J. Song, "The Characteristics of Super Scholar Research to trend the Social Problem Solution," *Science & Technology*, No.39, 2007.
- [2] H. R. Won "The Waste Strategy of Jeju Do," YTN, International News, 2019.
- [3] Jeju Paper, "An Advanced Method of Waste Draw Off a Day," 2017.
- [4] Dae-Keun Lim, "The Platform and Sever System for Intellectual Clean Environment based on IoT," NUBISON Co. Ltd. 2019.
- [5] DARPA, "Explainable Artificial Intelligence (XAI)," DARPA-BAA-16-53, 2016.
- [6] Biran, Cotton, "Explainable and Justification in Machine Learning, A Survey," *IJCAI*, 2017.
- [7] H. Kim, S. K. Hwang, "Past, Present, and Future of IoT," *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol.33, No.2, pp.1-9, 2018.
DOI: 10.22648/ETRI.2018.J.330201
- [8] A. Mauro, A. D. Cruz, etc, "A Reference Model for Internet of Things Middleware," *IEEE Internet of Things Journal*, Vol.5, No.2, pp.871-883, 2018.

DOI: 10.1109/JIOT.2018.2796561

- [9] E. J. Kang, S. James, etc, "BLE Beacons for Internet of Things Applications: Survey, Challenges, and Opportunities," *IEEE Internet of Things Journal*, Vol.5, No.2, pp.811-828, 2018.

DOI: 10.1109/JIOT.2017.2788449

- [10] AI-Lab-Obj, "Internet of Things," Huens Co. Ltd, 2019.

- [11] David Gunning, "(X-AI)Explainable Artificial Intelligence," DARPA, 2016.

- [12] Si, Z., & Zhu, S. C., "Learning and-or Templates for Object Recognition and Detection," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.35, No.9, 2013.

DOI: 10.1109/TPAMI.2013.35.

- [13] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," <https://arxiv.org/abs/1506.02640>

- [14] Thelisson, E., Padh, K., & Celis, L. E., "Regulatory Mechanisms and Algorithms towards Trust in AI/ML," *IJCAI*. 2017.

- [15] K. H. Kim, "Emergency Safety Alart System," Metis Co. Ltd, 2018.02.

- [16] KCTL-TiT004-030, "IoT Terminal Test," Metis Co. Ltd., 2018.

BIOGRAPHY

Sang-Hyun Kim (Member)



2013 : B.S degree in Department of Public Administration, Graduate School of Public Administration, Jeju National University.

2015 : Master of Public Administration MPA, School of Public Administration, Jeju National University.

2018 : Public Administration, Jeju National University

2018~ : President of Dae Hyun Company

Main : Public Administration

Young-Hoon Kang (Member)

2020 : jeju National University,
Prpfessor in Department of Public
Administration
Main : Public Administration
Membership of Korea Public
Administration Society

Yoon Dal-Hwan (Member)

1984 : BS degree in Electronic
Engineering, Hanyang University
1986 : MS degree in Electronic
Engineering, Hanyang University
1994 : PhD degree in Electronic
Engineering, Hanyang University
1987. 7~1994. 6 : Professor in
Electronic Engineering, Korea

Military Academy. 2005 2009 : President of HIWIN Co.
Ltd.

1995 : Professor in Electronic Engineering, SeMyung
University

2018~2019 : Management and Technical Adviser of
Korea Heavy Machine Co., Ltd.

2019~ : Management and Technical Adviser of Lee
Hyung Information Technology Co., Ltd.

Main : Communication and Signal Processing, Medical
Signal Processing, Management System for LED&IT
Convergence, Low Temperature Fluidity Test System
for Fuel Heater Test in Cars, Plants. Others