

최적의 생활 폐기물 수거 경로 탐색과 지역별 폐기물 예측에 대한 연구

김채현, 양라영, 이주현, 장희진, 하수빈, 김용섭
동국대학교 정보통신공학과
e-mail : diana_97@naver.com
7865148@naver.com
sjsw1997@naver.com
gmlwls4347@naver.com
ella_1019@naver.com
woongsup@dongguk.edu

A Study To Find The Optimal Waste Collection Path

Chaehyun Kim*, Rayoung Yang*, Juhyun Lee*, Heejin Jang*, Subin Ha*, Woongsup Kim*
*Dept. of Information and Communication Engineering, Dongguk University, Seoul, Korea

요 약

본 논문은 폐기물 수거함 관리 프로그램을 구현하는 것을 통해 원격으로 생활 폐기물의 양을 측정, 관리함으로써 스마트 시티의 폐기물 관리 시스템을 구현하고자 하는 것을 목적으로 한다. 폐기물 수거함에 부착된 초음파 센서를 통해 폐기물의 양을 측정하고, 폐기물 수거 차량이 효과적으로 수거함을 방문할 수 있는 경로를 찾아 제시해줄 수 있도록 한다.

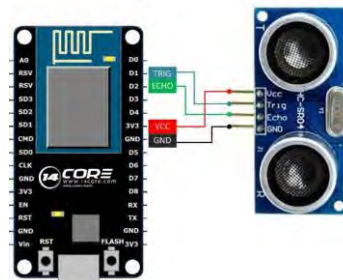
1. 서론

IoT 란 사람이나 사물, 프로세스 등의 모든 객체들이 인터넷으로 연결되어 소통하는 미래 네트워크 기술이다. 4차 산업혁명발전에 따라 IoT는 우리 실생활에 눈에 띄는 변화를 가져다주었다.

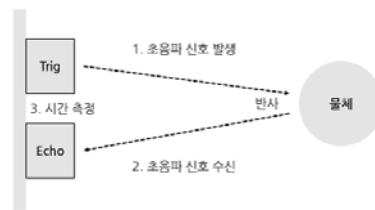
현재 생활 폐기물 수거는 도시 내 위치하는 모든 폐기물 수거함을 찾아가서 수거하는 시스템으로 이뤄진다. 본 논문에서는 이러한 방식을 개선하기 위해 IoT 시스템을 적용하고자 한다. 수거함에 부착된 센서 디바이스를 통해 실시간으로 수집된 폐기물 양 데이터를 토대로 경로 탐색 알고리즘을 통해 최단 경로를 구한다. 이에 더해 수집된 데이터로 선형 회귀 분석을 방식을 통해 가까운 미래의 예측되는 폐기물 양을 도출해내도록 한다.

2. 초음파 센서, WiFi 모듈 ESP8266

본 연구에서는 폐기물 수거함에 부착된 센서 값을 원격으로 전송하기 위해서 WiFi 모듈을 부착하였다. WiFi 모듈은 ESP8266 NodeMCU 를 이용하였으며, 초음파 센서와의 연결 회선은 (그림 1)과 같다. 초음파 센서는 trig 핀에서 초음파 신호를 발생시키고 물체로부터 반사되어 echo 핀에 신호가 수신될 때까지의 시간을 반환한다. 반환된 시간 값은 음속을 고려해 cm 단위로 데이터를 받아오고, 전체 폐기물에 대한 비율을 계산해 전송할 수 있도록 하였다. 초음파 센서의 동작 방식은 (그림 2)와 같다.



(그림 1) NodeMCU 와 초음파 센서 연결 회선



(그림 2) 초음파 신호 송수신

3. AWS

3.1 AWS IoT

AWS IoT는 수십억 개의 디바이스와 수조 건의 메시지를 안정적으로 지원하는 관리형 클라우드 서비스로 메시지를 처리해 AWS end point 및 다른 디바이스로 라우팅할 수 있는 기능을 제공해준다. NodeMCU는 MQTT 통신을 통해 AWS의 IoT 서비스와 통신하도록 하였다. MQTT 통신은 대역폭이 제한된 통신 환경에서 최적화된 메시지 전송 프로토콜로 본 프로젝

트가 다루는 IoT 환경에 적합하다고 판단되어 선택하였다. AWS IoT 에서 메시지 브로커가 NodeMCU 가 publish 하는 특정 메시지 주제를 subscribe 함으로 데이터 값이 송수신 될 수 있다.

본 연구에서는 임의의 폐기물 수거함을 5 개 설정하였으며, 각각 센서가 전송하는 MQTT 통신의 주제를 'waste/a' ~ 'waste/e'로 설정하였으며[표 1], AWS IoT 에서 Lambda 함수를 호출할 규칙을 생성하여(그림 3) 각각의 주제로 메시지가 들어올 때마다 Lambda 함수를 호출한다.

규칙 쿼리 설명문

이 규칙을 사용하여 처리하고자 하는 메시지의 소스입니다.

```
SELECT * FROM 'waste/#' WHERE remain>0 and remain<=100
```

SQL 버전 사용 2016-03-23

(그림 3) AWS IoT 규칙 쿼리

[표 1] 수거함별 AWS IoT 주제

Topic	폐기물 수거함 Thing
Waste/a	필동
Waste/b	장충동
Waste/c	신당동
Waste/d	을지로
Waste/e	청구동

3.2 AWS Lambda

AWS IoT 로 메시지가 들어올 때마다 메시지 데이터베이스의 스키마에 맞게 저장해주는 과정이 필요하다. 이를 위해서는, 우선적으로 Lambda 와 RDS 간의 연결이 필요하므로, Lambda 에 RDS 의 endpoint 를 설정하여 통신이 가능하게 해주었다. 또한, 메시지는 JSON 형식으로 Lambda 의 event 에 들어와 함수를 실행시킨다. JSON 메시지에는 남은 용량 비율 값을 가지는 remain(int 자료형), 폐기물 수거함의 위치 정보를 담은 location(int 자료형)가 포함되어 있다.

3.3 AWS RDS

AWS RDS 란 아마존 웹 서비스가 서비스하는 분산 관계형 데이터베이스로, 애플리케이션 내에서 관계형 데이터베이스의 설정, 운영, 스케일링을 할 수 있도록 설계된 클라우드 내에서 동작하는 웹서비스이다. 이 프로젝트에서는 RDS 서비스를 이용하여 MySQL DB 인스턴스를 생성했다. 이후, Lambda 함수를 통해 들어오는 IoT 센서 값을 RDS 에 저장했다. 이를 위해 RDS 와 Lambda 는 같은 VPC 내에서 생성하였다. 또한, RDS 의 보안 그룹에 인바운드 규칙을 추가하여, VPC 서브넷 또는 보안 그룹의 범위 내에 있는 Lambda 로의 송수신이 가능하게 설정해 주었다. [표 2] 에서 RDS 에 저장한 데이터베이스 테이블 예시를 나

타내주었다.

[표 2] 데이터베이스 테이블 예시

Waste/a	remain	date
1	46	2020-06-27
2	69	2020-06-26
3	24	2020-06-25
4	51	2020-06-24
5	89	2020-06-23

3.3 AWS EC2

EC2 란 Elastic Compute Cloud 로 컴퓨팅 파워를 클라우드에서 제공하는 서비스로, 안정적인 확장형 온디맨드 인프라이다. 이 논문에서는 EC2 Linux Instance 를 생성하였다. Instance 생성 과정에서 보안 그룹을 구성했는데, 해당 프로젝트에 필요한 HTTP(80), HTTPS(443), MySQL/Aurora(3306), SSH(22) 및 Tomcat(8080)에 대한 port 를 개방해 준 후, 나머지 port 에 대해서는 보안상의 이유로 닫아주었다. EC2 를 본격적으로 사용하기 위해선, 키 페어를 생성해야 한다. 키 페어는 AWS 에 저장되는 Public Key 와 사용자가 저장하여 사용하는 Private Key 로 구성되고, 키 페어를 사용하여 SSH 를 통해 인스턴스에 접속할 수 있다. 이렇게 생성한 EC2 Linux Instance 는 PuTTY 를 이용하여 접속하였다. 아울러, EC2 에서 RDS 로의 접근을 위해 RDS 보안 그룹 인바운드 규칙에 EC2 의 보안 그룹을 포함시킨 후, PuTTY 에 RDS 의 endpoint 를 입력해주었다.

즉 정리하자면, 같은 VPC 내 EC2, RDS, Lambda, IoT 인스턴스를 생성해 준 후, 각각의 서비스의 연동을 위한 보안 그룹 인바운드 규칙 및 endpoint 를 설정해 줌으로써 통신이 가능하게 해주었다.

4. TSP 알고리즘과 Kakao Map API 를 활용한

최적의 수거경로 구현

4.1 폐기물 수거함 방문 여부 결정

센서를 통해 받은 폐기물량을 활용하여 최적의 수거 경로를 결정하기 위해 TSP 알고리즘과 폐기물 수거함 방문 여부를 계산하는 식을 결합해 만든 Wastebin Sorting 알고리즘을 활용한다. 저장된 측정 값을 이용하여 5 개의 폐기물 수거함의 경로를 정한다. 이 때 DB 에는 폐기물 수거함에 쌓인 폐기물의 양을 %단위로 치환하여 저장한다. 폐기물량 뿐만 아니라 수거함이 위치하는 지역의 인구수와 생활폐기물 통계 값을 고려하여 수거 경로를 결정함으로써 최적의 방문 순서를 정한다. 각각의 수거함에 해당하는 인구수와 통계 값을 중요도로 고려하기 위해 이용하는 식은 다음 (그림 4)와 (그림 5)와 같다.

$$tendency_n = p_n \times \frac{SUM(volume_n)}{DATE}$$

(그림 4) 인구수와 폐기물 측정값을 고려한 식

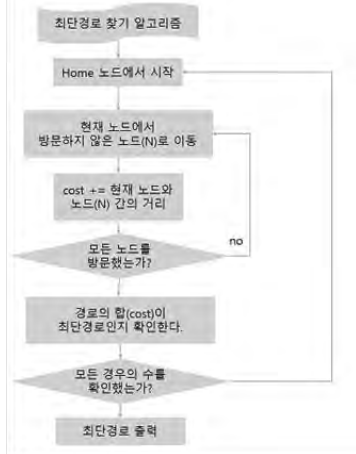
$$importance_n = \frac{w_1 \times tendency_n + w_2 \times V_n}{w_1 + w_2}$$

(그림 5) 가중치를 이용해 중요도를 계산하는 식

해당 식을 활용하여 TSP 알고리즘을 적용할 방문해야 하는 수거함의 개수와 종류를 정한다.

4.2 TSP 알고리즘을 이용한 수거 경로 결정

방문해야 할 Node 를 정한 후 TSP 알고리즘을 이용해 최적의 경로를 탐색한다. 경로 탐색을 위해서 배열 stack[]에는 방문순서를 저장한다. 배열 visited[]를 이용해 방문 여부를 True/False 로 확인한다. TSP 알고리즘을 통해 Home 부터 시작하여 Node 로 가는 모든 경로를 탐색한다. 방문하지 않은 Node 를 찾아 방문하며 모든 Node 를 방문했을 경우 처음 지점으로 돌아간다. 만약 탐색한 경로가 최단 경로일 때 최단 경로 거리를 업데이트하고 answer[]에 stack[]값을 저장함으로써 최단 수거 경로를 저장한다. 최단 수거 경로를 찾기 위한 알고리즘 순서도는 다음 (그림 6)과 같다.



(그림 6) 수거 경로 알고리즘 순서도

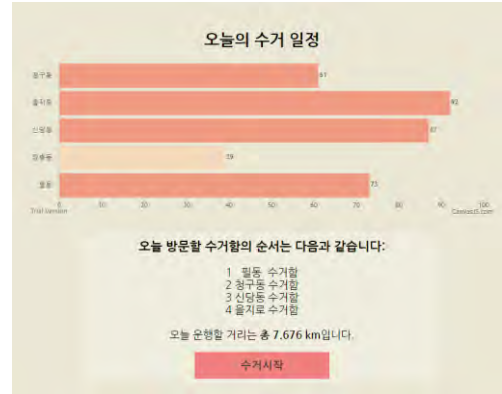
4.3 Kakao Map API 를 이용한 수거 경로 시각화

TSP 알고리즘에 의해 결정된 수거 경로를 Kakao Map API 를 이용하여 시각적으로 나타낸다. 수거함의 위치를 마커를 통해 나타내고 수거 경로를 polyline 으로 연결함으로써 폐기물 수거함 수거 경로 순서를 (그림 7)과 같이 시각적으로 나타낸다.



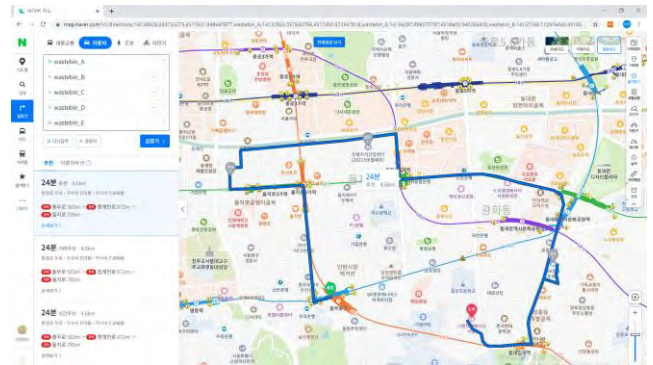
(그림 7) Kakao map 에 나타난 수거 경로

동시에 수거함 별 폐기물량을 그래프로 제시하고 색상을 통해 오늘 방문해야 하는 수거함을 구분한다. 방문해야 하는 수거함의 순서와 운행 거리를 (그림 8) 와 같이 보여준다.



(그림 8) 오늘의 수거 일정과 순서

수거를 위한 자세한 경로를 제공하기 위해 네이버 지도 길 찾기 URL 을 이용한다. 수거 경로 순서대로 수거함의 위도와 경도를 네이버 길 찾기 URL 에 parameter 형태로 전달하여 (그림 9)와 같은 상세한 길 안내를 제공한다.



(그림 9) 네이버 지도 길 찾기

4.3 수거함 별 폐기물량 조회

각 수거함의 폐기물량을 테이블 형태로 조회 가능하도록 한다. 조회 시작 날짜와 종료 날짜를 입력하면 원하는 날짜의 수거함 별 폐기물량을 조회할 수 있다. 조회 양식은 (그림 10)과 같다.

수거량 조회

시작날짜: 2020-06-21 ~ 종료날짜: 2020-06-27 조회

날짜	필동	강흥동	신당동	울지로	청구동
2020-06-21	82	96	89	76	37
2020-06-22	75	32	96	77	81
2020-06-23	83	59	94	82	41
2020-06-24	79	89	87	69	89
2020-06-25	73	30	84	86	36
2020-06-26	76	58	80	65	75
2020-06-27	78	86	88	77	42

(그림 10) 수거량 조회

4.4 수거함 별 폐기물량 통계

각 수거함의 현재 폐기물량을 대시보드를 통해 가시적으로 확인할 수 있도록 한다. 현재 수거함 별 폐기물량은 (그림 11)과 같은 Circle dashboard 로 확인하고, 최근 일주일간 폐기물량은 (그림 12)와 같은 Chart 를 통해 확인할 수 있다.



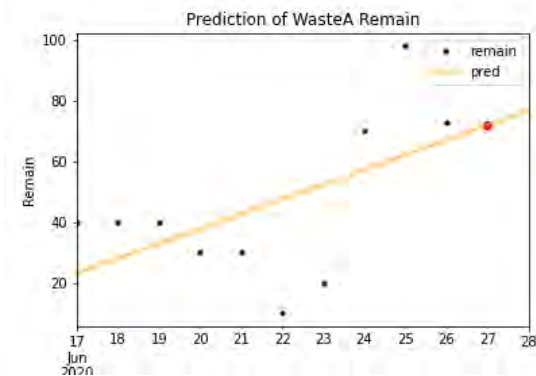
(그림 11) 수거함 별 현재 폐기물량



(그림 12) 일주일간 폐기물량 통계

5. Linear Regression 을 통한 수거량 예측

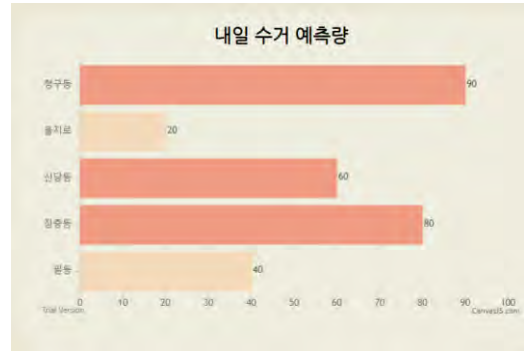
$y=W*x+b$ (W : 가중치, b : 편차)의 1 차 방정식으로 패턴을 표현하고, 학습을 통해 W 와 b 의 변수 값을 도출하는 방식의 선형 회귀(Linear Regression)을 이용하여 내일의 수거량을 예측한다. 학습할수록 Loss 값을 최소로 만들기 때문에 이러한 과정을 통해 새로운 변수 x 가 주어졌을 때, 결과 값 y 를 추정할 수 있다. 내일의 수거량 예측을 위해 x 축에는 datetime 을 입력하여 시간의 흐름을 나타내고, y 축에는 해당하는 폐기물 수거량의 데이터 값을 입력하여 수거량의 패턴을 학습시킨다. 이 과정을 통해 폐기물 수거량에 대한 패턴을 (그림 13)과 같이 분석한다.



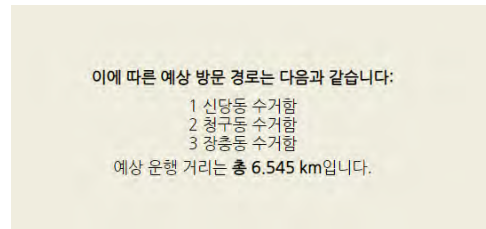
(그림 13) 시간의 흐름에 따른 수거량 예측

다음과 같은 회귀 분석에 다음날 날짜를 대입해 예측하면 (그림 13)의 빨간 점에 해당하는 72.32 의 폐기물량이 예측된다. 이를 통해 우리는 다음날의 예상 수거량을 파악할 수 있다.

회귀 분석을 통해 예측한 다음날 수거량을 이용해 다음날 수거 경로 또한 미리 예측할 수 있다. 다음날 수거함 별 예측 수거량을 구하고 이를 TSP 알고리즘에 적용시킴으로써 다음날 수거 경로를 (그림 14)와 (그림 15)와 같이 제시한다. (그림 14)의 막대그래프 색상을 통해 방문해야 하는 수거함과 방문하지 않아도 되는 수거함을 구분할 수 있다.



(그림 14) 내일 수거 예측량



(그림 15) 예상 방문 경로와 운행 거리

감사의 글 (Acknowledgement)

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 SW 중심대학지원사업의 연구결과로 수행되었음(2016-0-00017)

참고문헌

- [1] 오서택, 김유진, 배수연, 정현주, 안종석. 비상 상황을 반영한 최적 대피 경로 탐색(한국정보과학회)
- [2] 김준영, 김석규. 사진에 포함된 GPS 정보를 이용한 최적화된 경로탐색 서비스 설계 및 구현(한국컴퓨터정보학회)
- [3] 문은배, 정용환, 이성원, 김동균, 김영덕. 웹 지도 API 를 활용한 무인 자율 주행 자동차 경로 안내 모듈 개발(한국통신학회)