



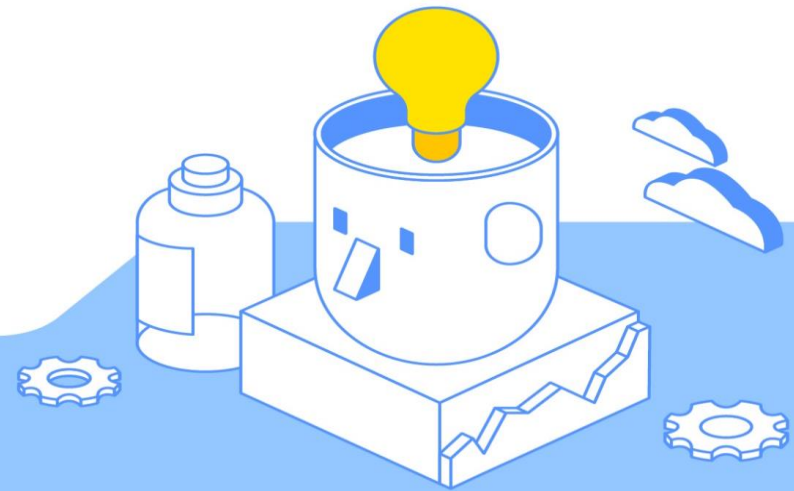
2020학년도 2학기 개척학기제 성과발표회

# 자가 발전 버스 정류장

과제명 : 에너지 하베스팅을 통한 빅데이터 분석 및 서비스 개발



# Contents



I 소개

II 실험

III 데이터 분석

IV 모형 제작 및 추가 연구

V 결론

# Chapter I

## 소개

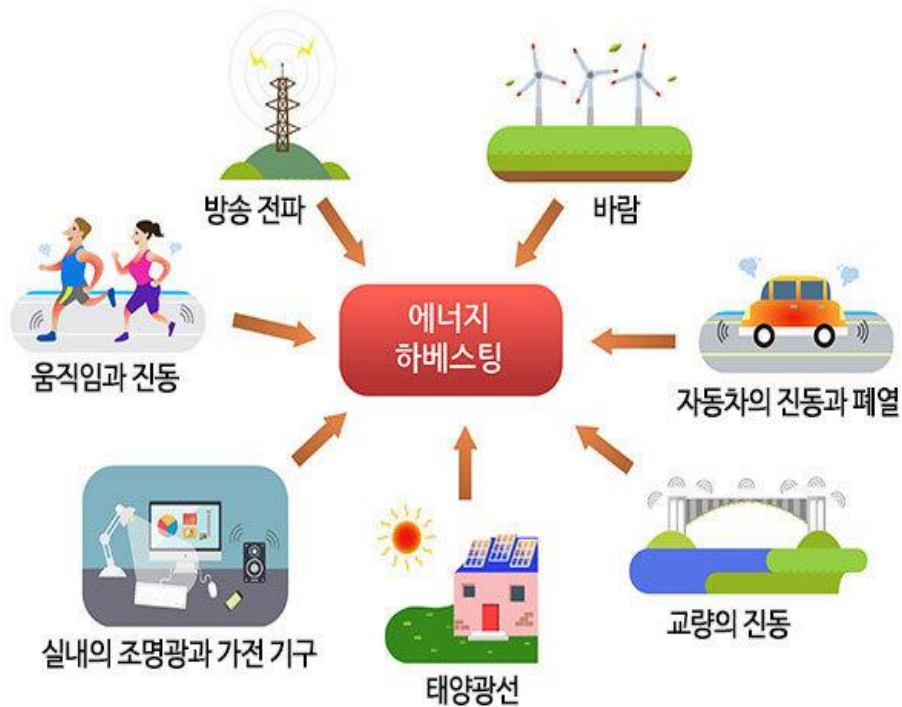
1. 에너지 하베스팅
2. 데이터 활용





## 에너지 하베스팅이란?

태양광, 진동, 열, 풍력 등과 같이 자연적인 에너지원으로부터 발생하는 에너지를 전기에너지로 전환시켜 수확하는 기술



## 에너지 하베스팅의 두 가지 원리

- 압전 효과 : 어느 물질에 일정한 압력을 가했을 때 전류가 생기는 현상
- 열전 효과 : 온도 차이에 의해 특정 물질에 전류가 흐르는 현상

## 압전 하베스팅

기계적 진동을 전기 에너지로 전환하는 기술로 소모성 기계적 에너지를 전기 에너지로 무한히 추출할 수 있는 에너지 개념



## 어떻게 활용할 것인가?

- 날씨, 시간에 영향이 적으며 항상 일정한 교통량이 있는 대중교통
- 압전 하베스팅 전기량 생산에 비례하는 요소인 무게/속도를 충족시키면서 버스정보 안내단말기(BIS)가 항상 가동되는 시내버스와 버스 정류장에 적용

중력을 에너지원으로 하는 압전 하베스팅을 버스정류장에 적용 → 자가발전 버스 정류장





## 자가발전 버스정류장의 설치를 위한 데이터 분석 과정

1. 자가발전이 가능한 최소 정차 횟수 분석을 통한 최적의 정류장 선정
2. 최적의 정류장 주변 시설 데이터 수집
3. 주변 시설에 따른 정차횟수와의 관계 분석
4. 타 도시 적용

### 데이터 마이닝

많은 데이터 가운데 숨겨져 있는 유용한 상관관계를 발견하여 미래에 실행 가능한 정보를 추출해 내고 의사 결정에 이용하는 과정

제조, 유통, 금융, 통신, 의료 등 다양한 분야에 적용되고 있으며, 분류분석, 연관관계, 예측 등 다양한 기법을 활용한 분석이 가능

### 의사결정나무 알고리즘

이질적인 사례들로 구성된 큰 집합을 점차 유사한 사례들이 모인 여러 작은 집합들로 반복 분할함으로써 의사결정에 사용할 나무구조 형식의 분류 모델을 형성



# Chapter II

## 실험

1. 관련 연구
2. 실험 개요
3. 실험 과정
4. 결과 및 결론





## 압전 하베스터 성능검증 및 운영전략 수립

Operation Strategy Establishment and performance verification  
for Piezoelectric Harvester

김기훈 · 이찬영 · 박준영 · 최영철 · 박민석 · 최현범

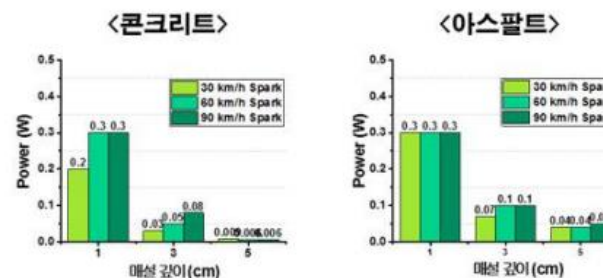


그림 6.20 Spark 실험결과

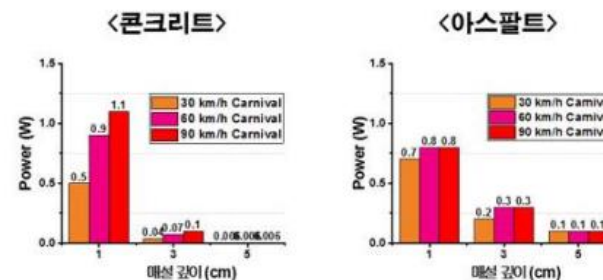


그림 6.21 Carnival 실험결과

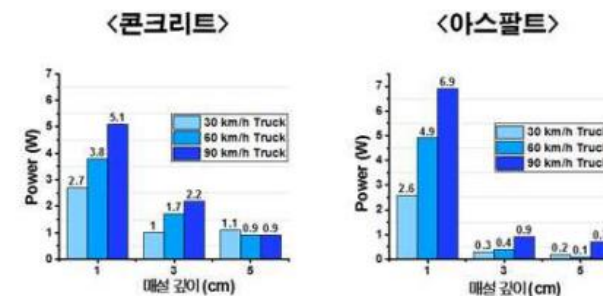


그림 6.22 Truck 실험결과

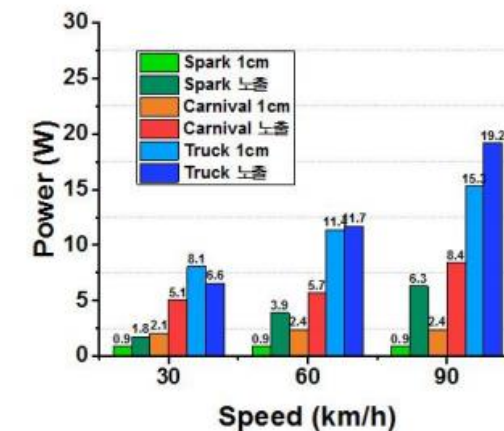


그림 6.24 노출형/매설형 발전량 비교분석 결과 (콘크리트)

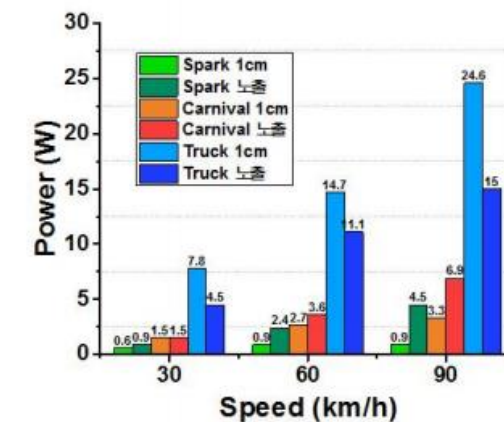


그림 6.25 노출형/매설형 발전량 비교분석 결과 (아스팔트)





### ▶ 무게/속도에 따른 전력량 실험

#### - 실험 장소

2020년 11월 05일 13시 (목)

경상대학교 대운동장

#### - 실험 목적

- 1) 압전 하베스팅으로 얻을 수 있는 전력이 무게/속도에 비례하는가?
- 2) 킥보드로 얻을 수 있는 전력량이 어떻게 되는가?

#### - 변수 설정

독립변수 : 속도 or 무게

종속변수 : 전압

통제변수 : 무게(독립변수가 속도일 경우) or 속도(독립변수가 무게일 경우)



## ▶ 실험 재료



-압전소자

-파손방지 패드

-전압 측정 테스트기

-킥보드

## ▶ 실험 방법

압전소자 12개를 병렬 연결하여 킥보드의 바퀴 너비에 맞춰 판에 부착한 후, 전력량을 확인하기 위해 테스트기를 연결시킨 후 진행.

전력측정은 킥보드 탑승자의 무게에 따라 속도를 다르게 하여 각각 5번씩, 총 45번 측정





1.

독립변수 : 속도

종속변수 : 전압

통제변수 : 무게 (킥보드 15.6kg + 팀원1 58.9kg = 74.5kg, 약 75kg)





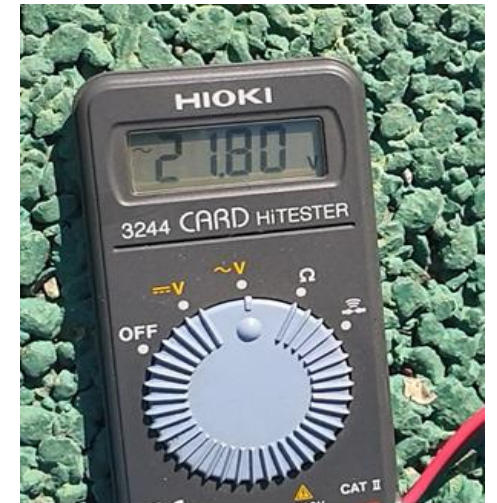


2.

독립변수 : 속도

종속변수 : 전압

통제변수 : 무게 (킥보드 15.6kg + 팀원1 69.1kg = 84.7kg, 약 85kg)





3.

독립변수 : 속도

종속변수 : 전압

통제변수 : 무게 (킥보드 15.6kg + 팀원3 74.7kg = 90.3kg, 약 90kg)





## ▶ 실험 결과표

무게(kg)		75			85			90		
속력(km/h)		10	20	30	10	20	30	10	20	30
전압 (V)	1	12.0 9	11.5	12.5	0	19.2	22.4	25.7	10.3	35.5
	2	12.3	14.2	15.6	17.2	20.3	3.6	22.8	30.0 3	33.7
	3	13.4	12.3	16.4	20.2	21.8	26.1	28.2	25.7	31.4
	4	10.2	13.8	13.5	22.1	18.5	24.5	24.5	28.1	38.9
	5	9.96	15.6	14.7	18.5	23.6	23.3	26.1	23.6	32.9
	평균	11.5 9	13.4 8	14.5 4	19.5	20.6 8	24.0 75	25.4 6	26.8 575	34.4 8
전력량 ( $\mu W \cdot Sec$ )		29.8	40.3	46.9	84.4	94.9	128. 6	143. 9	160. 1	263. 9

압전 소자를 통해 얻는 전력량은 무게와 속력에 비례한다.





### ▶ 실험 결론

- 압전 하베스팅으로 얻을 수 있는 전력량은 무게/속도에 비례한다.
- 그 중 속도보다는 무게에 더 큰 영향이 있다.
- 전압이 높게 나온 결과로는 12cm의 거리를 90kg이 30km/h의 속력으로 한 번 지나갈 때  $335.9 [\mu W \cdot Sec]$ 의 전력을 얻을 수 있다.

### ▶ 한계

- 시중에 판매되는 압전 소자로는 실제 버스에 실험이 불가
- 연구용 하베스터가 아니기 때문에 얻을 수 있는 전력량이 극히 소량

관련 연구의 하베스팅 실험 결과를 이용해 데이터 분석



### ▶ 콘크리트포장 1cm 매설형 하베스터의 발전량

-11톤 트럭 30km/h 로 지나갈 때 1세트(발판 2개) 당 - 8.1w

-11톤 트럭 1대당 하베스터 발전량 = 8.1w x 발판7세트 - 56.7 w



11톤 트럭(버스)가 정류장에 한 번 정차 할 때 얻는 전력량 = 56.7 W

# Chapter III

## 데이터 분석

1. 사용 데이터
2. 데이터 전처리
3. 변수 선정
4. 분석
5. 결과 및 결론





## ▶ 사용 데이터셋 :

포항시 버스 사용자 교통카드 사용 내역



행태분석



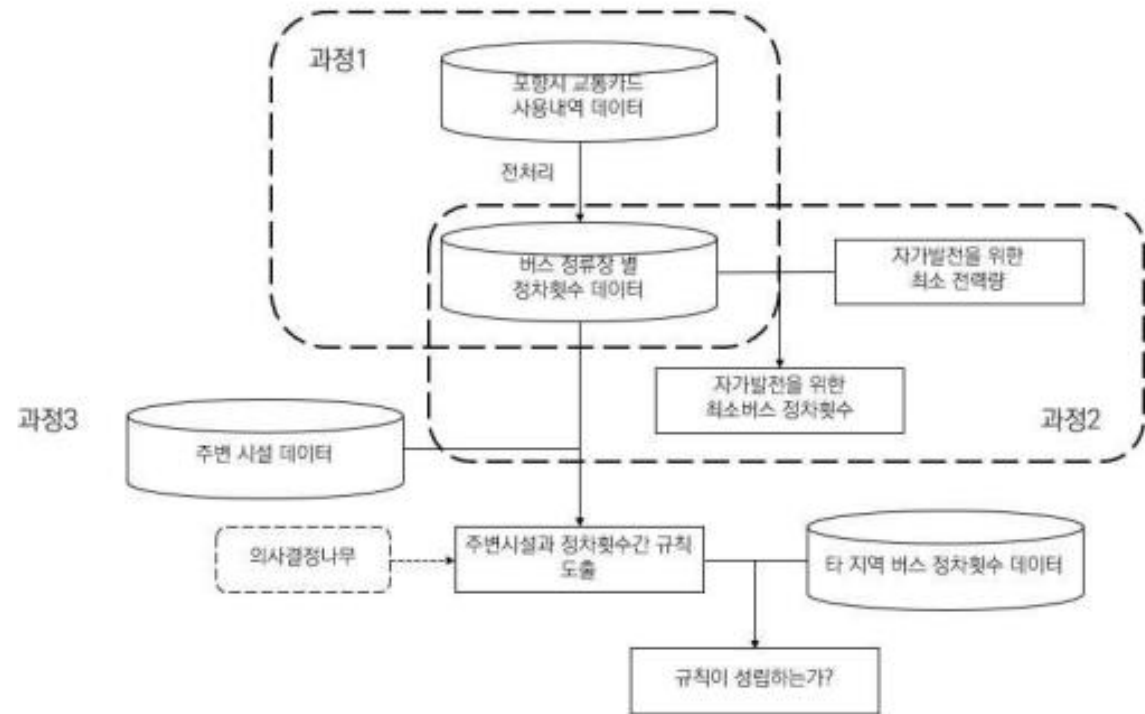
포항시 버스 사용자 교통카드 사용 내역

★★★★★

데이터 상품 정보

- 포항시 버스정보시스템(BIS)에서 버스 사용자의 교통카드 사용내역 데이터입니다. 승차 및 하차 시각과 정류장 위치 정보, 교통카드 사용고객 연령대 정보가 포함되어 있습니다. 데이터 축적 이후에 일괄 저장하는 형태로 실시간 데이터는 아닙니다.

## ▶ 분석과정



# Chapter 3. 데이터 분석- 데이터 전처리



- 857,01'

- 정류장

다른

- 같은 1

탑승,

- 같은 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	on_date	off_date	route_name	descr	age_type	trans_yn	addfee_yn	start_bstop	start_gps_x	start_gps_y	end_bstop	end_gps_x	end_gps_y
2	2.02E+13	2.02E+13	101	양덕-고속	일반	N	N	남광하우스	129.3967	36.08413	죽도시장	129.3655	36.03411
3	2.02E+13	2.02E+13	105	양덕-시외	일반	N	N	두호초등학교	129.3712	36.06409	중앙상가	129.3655	36.03783
4	2.02E+13	2.02E+13	160	문덕-대송	일반	N	N	대송교회	129.3623	35.9811	죽도시장	129.3652	36.0357
5	2.02E+13	2.02E+13	130	양덕-장량	일반	N	N	대림골든벨	129.38	36.08127	선린병원	129.3676	36.04781

하고,

이

〈 전처리 전 데이터 〉

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	on_date	bus	bus_f	route_name	start_bstop	how_stop	stop	
2	20200101082040a	1d	1f	100(ns)c	GS슈퍼마켓	1	0	
3	20200101100050a	2d	1f	100c	GS슈퍼마켓	2	0	
4	20200101130312a	2d	2f	100c	GS슈퍼마켓	3	0	
5	20200101070322a	3d	1f	105c	GS슈퍼마켓	4	0	

〈 전처리 후 데이터 〉

구분	컬럼명				
	on_date				
	off_date				
	route_name	노선명	Y	varchar	100
	descr	노선설명	Y	varchar	100
	age_type	승객연령	Y	varchar	20
	trans_yn	환승여부	Y	varchar	1
	addfee_yn	추가요금여부	Y	varchar	1
	start_bstop	승차정류장	Y	varchar	100
	start_gps_x	승차정류장 GPS X	Y	numeric	10,7
	start_gps_y	승차정류장 GPS Y	Y	numeric	10,7
	end_bstop	하차정류장	Y	varchar	100
	end_gps_x	하차정류장 GPS X	Y	numeric	10,7
	end_gps_y	하차정류장 GPS Y	Y	numeric	10,7

〈 전처리 전 컬럼정의서 〉

구분	컬럼명 (영문)	컬럼명 (한글)	Not Null 여부	데이터 타입	길이
	on_date	승차시각	Y	datetime	
	bus	통일 버스 여부	Y	varchar	100
	bus_f	승객 수 카운트	Y	varchar	100
	route_name	노선명	Y	varchar	100
	start_bstop	승차정류장	Y	varchar	100
	how_stop	정차횟수	Y	numeric	10.7
	stop	정류장 변경여부	Y	numeric	10.7

〈 전처리 후 컬럼정의서 〉



▶ 하루 필요 전력량 ( $96 \text{ w} + 5100 \text{ kw} = 5196 \text{ w}$ )

- 전구 :

4w 전구 1개의 필요 전력량 4w/시간 전구 4개를 6시간 사용  $4 \times 4 \times 6 = 96\text{w}$

- 버스정보 단말기(BIS) :

필요 전력량 300w/시간 17시간 가동  $17 \times 300\text{w} = 5100 \text{ w}$

▶ 전력 발전량

- 버스 1대 당  $56.7 \text{ w}$

▶ 필요 일일 정차 횟수

-  $5196 / 56.7 = 91.64 \text{ 대}$

### Target 변수 선정

전처리 후 얻은 포항시 722개의 버스 정류장 중,  
일일 정차 횟수가 92대 이상인 정류장을 T  
그렇지 않은 정류장을 F로 정의.





## ▶ 주변 시설 분석을 위한 추가 데이터 수집

- 포항시의 722개 정류장의 주변시설을 공공기관, 공장, 아파트, 유치원, 초등학교, 중학교, 고등학교, 대학교, 프랜차이즈매장, 종교시설, 대형마트, 편의점, 공원, 병원, 은행, 관광지·문화시설로 구분하여 정류장 반경 150m 이내에 존재하면 T, 존재하지 않으면 F로 정의

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	terminal	public	factory	apartment	kindergar	ele_school	mid_scho	high_scho	university	franchise	religion	mart	convenient	park	transport	hospital	bank	attraction	Target
2	GS슈퍼마켓	F	F	T	T	F	F	F	F	T	T	T	T	F	F	T	T	F	F
3	HCN경북방송	F	F	T	T	T	F	F	F	T	F	F	F	F	F	F	F	F	T
4	KT(세명기독병원)	F	F	F	F	F	F	F	F	T	F	F	F	F	F	T	T	F	T
5	KTX포항역(시내행)	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T	F	F	F	T
6	KTX포항역(흥해행)	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T	F	F	F	F
7	KT포항지사	F	F	T	F	F	F	F	F	T	F	T	T	F	F	T	T	F	T
8	LG빌라	F	T	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T
9	LG빌라입구	F	T	T	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T
10	SK뷰1차	F	F	T	F	F	F	F	F	T	F	F	F	T	F	F	F	F	T
11	SK뷰2차	F	F	T	T	F	F	F	F	F	F	T	F	T	F	F	F	F	T
12	S포항병원	F	T	F	F	F	F	F	F	F	T	F	F	F	F	T	F	F	T
13	YMCA	T	F	F	F	F	F	F	F	T	T	T	T	T	F	T	T	F	F
14	가사리마을회관	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T
15	가안1리	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T
16	가안2리	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	T
17	가천	F	F	F	F	F	F	F	F	F	f	F	F	F	F	F	F	F	T



## ▶ 데이터 분석 툴

- Weka 사용



### WEKA

The workbench for machine learning

Weka is tried and tested open source machine learning software that can be accessed through a graphical user interface, standard terminal applications, or a Java API. It is widely used for teaching, research, and industrial applications, contains a plethora of built-in tools for standard machine learning tasks, and additionally gives transparent access to well-known toolboxes such as [scikit-learn](#), [R](#), and [Deeplearning4j](#).

## ▶ 분석 과정

- 학습데이터 70 : 검증데이터 30으로 분석 진행
- 정차횟수가 92대 이상인 정류장을 Target으로 하여  
분류분석 중에서도 의사결정나무(J48)를 활용하여 규칙 도출
- 예측률을 높이기 위해 변수 중요도 평가를 통해 중요도가 가장 낮은  
변수부터 제외하면서 예측률 측정

가장 높은 예측률을 가지는 변수 조합의 예측모형 도출



## ▶ 분석 결과

- 변수는 아무것도 제외하지 않은 조합이 예측률이 96.301%로 가장 높게 나왔음.

Size of the tree : 1

Time taken to build model: 0.96 seconds

=== Evaluation on test split ===

Time taken to test model on test split: 0.05 seconds

=== Summary ===

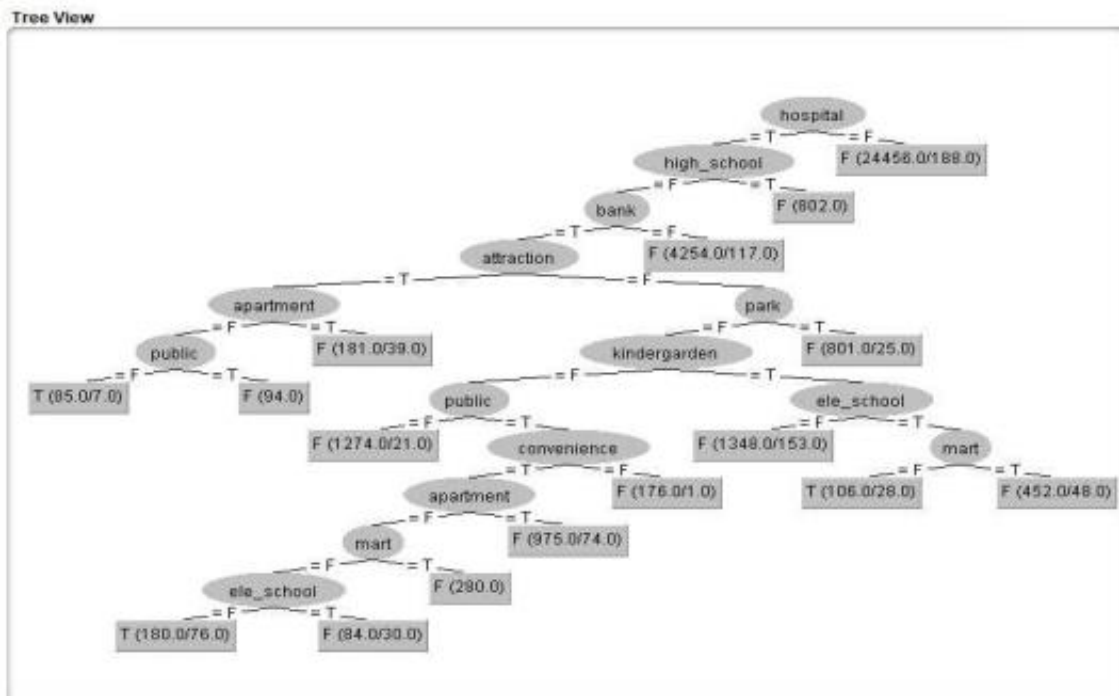
Correctly Classified Instances	6847	96.301 %
Incorrectly Classified Instances	263	3.699 %
Kappa statistic	0	
Mean absolute error	0.0717	
Root mean squared error	0.1887	
Relative absolute error	99.9281 %	
Root relative squared error	99.9999 %	
Total Number of Instances	7110	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
	1.000	1.000	0.963	1.000	0.981	?	0.500	0.963	F
	0.000	0.000	?	0.000	?	?	0.500	0.037	T
Weighted Avg.	0.963	0.963	?	0.963	?	?	0.500	0.929	

〈의사결정나무 예측률〉

- 96.301%의 예측률을 가지는 의사결정나무의 예측 모형



	주변 시설
1	병원, 은행, 관광지, 공공기관
2	병원, 유치원, 초등학교, 마트
3	병원, 공공기관, 편의점, 아파트

3개의 규칙 중 하나라도 만족하는 버스 정류장은 포항시에서 일일 버스 정차횟수가 92대 이상으로 압전 하베스터가 설치 가능하여 정류장 내부 전구와 버스정보안내단말기(BIS)를 충분히 자가발전 할 수 있다는 결과를 얻을 수 있다.

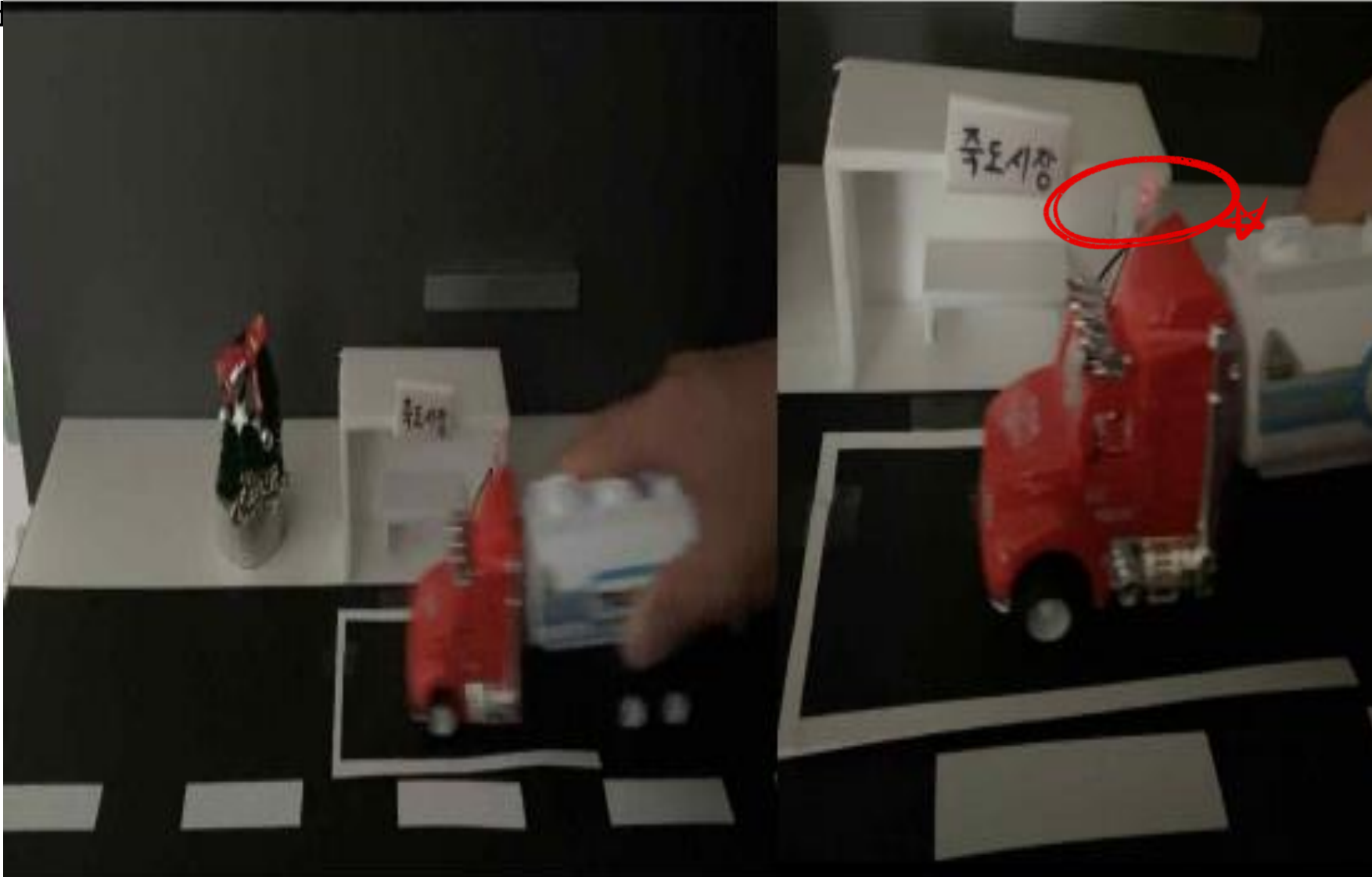
# Chapter IV

## 모형 제작 및 추가 연구





## ▶ 압전 하버







## ▶ 추가연구

- 포항시를 제외한 타 도시에도 도출한 규칙이 적용이 되는가를 알아보기 위해
- 울산시의 버스 정차 횟수를 도출하고, 정차횟수 상위 30개의 정류장을 추출하여 주변 시설 조사 후 분석



## 오픈API 상세

### XML 울산광역시 BIS 정보

울산광역시 시내버스 정보(정류소위치, 전용차로) 제공



〈울산 분석에 사용한 데이터셋〉

# Chapter 4. 모형 제작 및 추가 연구



## ▶ 울산

- 약 60만개의 울산 시내버스 출발, 도착 데이터를 이용하여 정차횟수 도출
- 정차횟수가 많은 상위 30개 정류장 선정 후 주변 시설 조사

상위 30개의 정류장이 규칙을 만족

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	BID_NO	BRN_NO	BRN_ID	BRN_CODE	BRN_SE	BRN_DE	BRN_TC	BRN_TR	BRN_SP	BRN_X	BRN_Y	BRN_SE	BRN_FC	BRN_AD	BASE_YR	how_mch_stop		
3788	973	2.02E+13	196109521	193030703	1	1	0	0	32	223854	228098	2.02E+13	2.02E+13	204	20201106	1483	1	
4267	973	2.02E+13	196109523	193030707	3	3	0	29	33	223572	227372	2.02E+13	2.02E+13	204	20201106	1480	1	
4327	973	2.02E+13	196109523	193030711	4	4	0	60	47	223306	226986	2.02E+13	2.02E+13	37	20201106	1446	1	
5256	973	2.02E+13	196109523	193030705	2	2	0	127	51	223675	227673	2.02E+13	2.02E+13	27	20201106	1394	1	
5918	961	2.02E+13	193117132	193040419	90	90	0	59	27	230626	227007	2.02E+13	2.02E+13	77	20201106	1342	1	
8188	959	2.02E+13	196111371	193040425	85	85	0	13	58	231614	227099	2.02E+13	2.02E+13	89	20201106	1297	1	
8615	961	2.02E+13	193117131	193040422	12	12	0	3	47	231052	227064	2.02E+13	2.02E+13	273	20201106	1277	1	
8885	963	2.02E+13	193109243	193030714	18	18	0	12	27	223123	226711	2.02E+13	2.02E+13	36	20201106	1251	1	
8931	961	2.02E+13	193117132	193040415	87	87	0	31	17	229946	226845	2.02E+13	2.02E+13	71	20201106	1237	1	
7083	961	2.02E+13	193117132	193040417	88	88	0	61	13	230248	226923	2.02E+13	2.02E+13	75	20201106	1226	1	
7588	961	2.02E+13	193117132	193040411	85	85	0	12	56	229312	226656	2.02E+13	2.02E+13	72	20201106	1143	1	
7650	961	2.02E+13	193117132	193040409	83	83	0	18	52	228962	226535	2.02E+13	2.02E+13	72	20201106	1133	1	
7819	961	2.02E+13	193117131	193040414	18	18	0	27	38	229596	226743	2.02E+13	2.02E+13	256	20201106	1129	1	
8087	961	2.02E+13	193117132	193040605	71	71	0	21	26	226156	226521	2.02E+13	2.02E+13	109	20201106	1096	1	
8186	961	2.02E+13	193117131	193040404	24	24	0	99	8	228130	226238	2.02E+13	2.02E+13	245	20201106	1095	1	
8341	961	2.02E+13	193117131	193040408	23	23	0	3	46	228732	226467	2.02E+13	2.02E+13	254	20201106	1092	1	
8380	961	2.02E+13	193117132	193040607	74	74	0	9	38	226795	226377	2.02E+13	2.02E+13	113	20201106	1081	1	
8593	953	2.02E+13	195101223	195040327	115	115	0	65	19	232384	232974	2.02E+13	2.02E+13	165	20201106	1078	1	
9083	961	2.02E+13	193117131	193040608	31	31	0	6	36	226653	226442	2.02E+13	2.02E+13	284	20201106	1042	1	
9279	963	2.02E+13	193109243	193030713	21	21	0	35	29	223090	226706	2.02E+13	2.02E+13	214	20201106	1024	1	

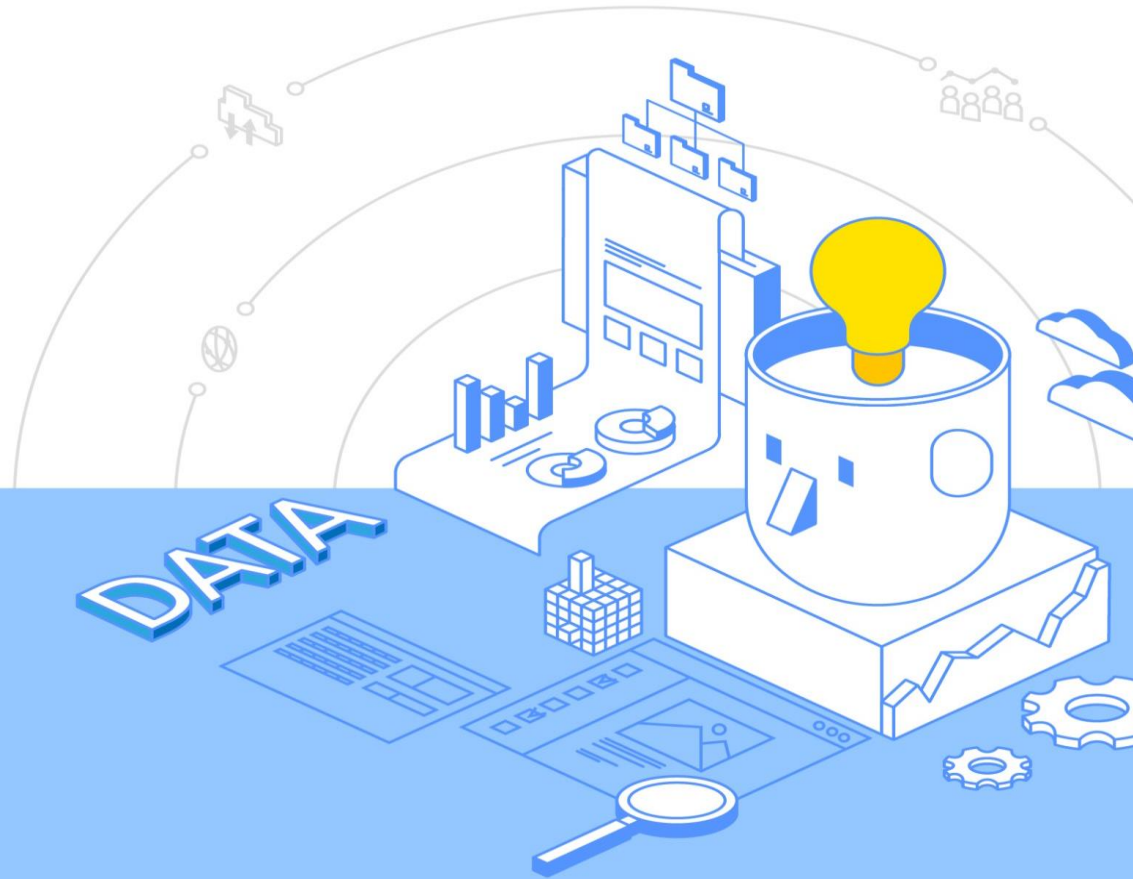
〈정차 횟수 도출〉

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	terminal_id	terminal_name	public	factory	apartment	kindergarten	elementary_school	mid_school	high_school	university	franchise	relig
2	193030703	신북문타라	F	T	T	T	T	F	F	F	T	T
3	193030707	울산대학교입	T	F	T	F	F	F	F	T	T	T
4	193030711	울산과학대학입	T	F	T	T	F	F	F	T	T	T
5	193030705	울산대학교후문	T	F	T	T	F	F	F	T	T	T
6	193040419	시외고속버스터미널	T	F	F	F	F	F	F	F	T	F
7	193040425	여마트앞	T	F	T	F	F	F	F	F	T	T
8	193040422	농수산물도매시장앞	T	F	T	F	F	F	F	F	F	F
9	193030714	우신고등학교입구	F	F	T	F	F	T	T	F	T	T
10	193040415	북정예식당앞	T	F	F	F	F	F	F	F	T	T
11	193040417	현대백화점앞	F	F	T	F	F	F	F	F	T	F
12	193040411	달동현대아파트앞	T	F	T	T	F	F	F	F	T	T
13	193040409	문로농협앞	F	F	T	F	F	F	F	T	T	F
14	193040414	현대백화점	T	F	T	F	F	F	F	F	T	F

〈상위 30개 정류장 주변 시설 조사〉

# Chapter V

## 결론





본 개척학기제에서는 신-재생 에너지를 활용하여 각 장소에서 생산된 에너지를 그 장소에서 바로 사용할 수 있도록 공급, 소비 비중을 동시에 만족시키는 압전 하베스팅 정류장 서비스를 개발하였다. 이후 선정된 서비스 개발을 위해 사용할 데이터 선정 및 전처리 하였다. 여러 도시의 버스 데이터를 수집하였고, 그 중 지하철 유무, 버스노선 등의 이유로, 일반적으로 여러 도시에 적용하기 쉬운 도시인 포항시로 선정하였고 교통빅데이터에서 제공하는 포항시 버스 사용자 교통카드 사용 내역을 이용하였다. 전처리의 결과로 727개의버스 정류장의 총 1632개 주변시설 데이터를 얻었다. 이후 실험을 통해 선정된 서비스 개발에 사용된 이론을 검증하였다. 실험을 통하여 ‘압전 하베스팅으로 얻을 수 있는 전력량은 무게/속도에 비례한다’는 것을 검증하였고, 그 중 속도보다는 무게에 더 큰 영향이 있다는 것을 알아냈다. 또한 전구와 BIS를 압전 하베스팅으로 얻은 전력만으로 구동하기 위해서 필요한 최소 버스 통행량이 92대 라는 결과를 도출하였다. 이후 버스 정류장의 통행량을 Target 변수로 선정하여 Weka 프로그램의 J48 알고리즘을 이용하여 통행량이 많은 정류장들의 규칙을 도출하였다. 마지막으로 압전 하베스팅 버스 정류장 축소 모형을 만들어 버스 모형이 지나갈 때 정류장 내에 전구에 불이 켜지는 것을 확인하였다. 개척학기제에서 중점적으로 다룬 포항시 버스 정류장 데이터 이외에도 울산 지역의 버스 정류장 데이터 분석을 해보았고 포항시와 같은 결과를 얻었다. 따라서 다른 지역 또한 포항시의 결과를 바탕으로 주변 시설 여부에 따라 통행량이 많은 지역을 찾아 별도의 데이터 분석 없이 적용 가능할 것이라고 결론지었다.



감사합니다.

