

서울시 최적의 전기자동차 충전소 위치 선정

김장영*

Optimal Selection of Electric Vehicles' Charging Station Location in Seoul

Jangyoung Kim*

Department of Computer Science, The University of Suwon, Hwaseong 18323, Korea

요 약

전기자동차 사업은 수도권에 발생하는 미세먼지의 30%를 감소시킬 수 있는 중요한 사업이고, 인체 위해도가 높은 자동차 배출가스를 내연기관에서 친환경 전기자동차로 대체하여 대기오염 문제를 획기적으로 해결할 수 있다. 이러한 전기자동차 사업의 핵심인 충전인프라 구축과 관련하여 서울시 내의 전기자동차 충전소 최적의 위치를 선정하고자 한다. T-Map 네비게이션 사용자 데이터 (위도, 경도, 위치) 분포와 서울시 교통정책과의 교통량 통계를 이용하였고, 최적의 위치에 전기자동차 충전소를 배치하고, 효율을 높이는 것에 본 논문의 목적이 있다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 두 가지 충전소 위치 선정 방식을 포함한다. 첫 번째는 교통량 및 권역을 이용한 방식이고, 두 번째는 T-Map 데이터 분포를 이용한 방식이다. 실제 충전소 위치 선정 시 두 가지 방식을 모두 고려하여 선정하게 된다.

ABSTRACT

The electric vehicle business is important because it can reduce 30% of the fine dust generated in the metropolitan area and it can solve the air pollution problem by replacing automobile exhaust gas from an internal combustion engine with eco-friendly electric cars. For the construction of the electric charging station infrastructure, which is the core part of the electric car business, we focus to select the optimal location of the electric car charging station in Seoul. The goal of this paper is to utilize and analyze the traffic statistics of T-Map navigation users data and Seoul Metropolitan Transportation Policy Department to deploy the electric cars charging station with optimal location to increase the efficiency. In this paper, the proposed algorithm is composed of two parts of electric charging station selection. First, we analyze real traffic statistics and area. Second, we utilize T-Map navigation data distribution. To select optimal electric charging station location, we apply these two algorithms.

키워드 : 전기자동차, 충전소, 서울시

Key word : Electric vehicle, Charging station, Seoul

Received 07 June 2017, Revised 12 June 2017, Accepted 19 June 2017

* Corresponding Author Jangyoung Kim (E-mail: jykim77@suwon.ac.kr, Tel: +82-31-229-8345)

Department of Computer Science, The University of Suwon, Hwaseong 18323, Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.8.1575>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

전기자동차의 보급목적은 크게 3가지로 분류된다. 환경적 측면, 경제적 측면, 산업적 측면 이렇게 분류되는데 환경적 측면에서 봤을 때 자동차로 인한 대기오염을 해결 할 수 있다. 수도권에서 발생하는 미세먼지의 30% 이상이 자동차에서 배출되는 오염물질로 발생하고, 자동차 배출 가스는 인체 위해도가 매우 높아 12년에 국제암연구소에서 1군 발암물질로 지정했다. 전기자동차 사용량이 증가하면 대기오염물질, 온실가스 등 배출량이 감소되며 전기자동차 1대 보급으로 연간 이산화탄소 2톤 감축의 효과를 가져 온다. 경제적 측면에서는 전기자동차의 연료비는 휘발유의 10%수준이다. 100KM당 연료비 11,448원인 휘발유 차이는 연간 157만원, 100KM당 전기료 1,132원인 전기자동차는 연간 16만원으로 확연한 연료비 절감효과가 있다. 마지막으로 산업적 측면은 V2G기술이다[1].

V2G기술이란 Vehicle To Grid로 전력수요가 적은시간에 전기자동차를 충전하고, 전력수요가 많은 시간에 전기자동차의 충전된 전기를 사용하는 기술을 말한다. 제주 실증사업에서 구현과 실증이 완료되었지만, 전력수요관리, 국제표준 개발 등이 필요하고 비싼 전기자동차 배터리의 가격 등이 문제가 되고 있다[2].

전기자동차보급의 우수 사례인 제주도를 살펴보면, 제주전기자동차정책연구센터(EVRC)가 최근 발간한 통계 리포트에 따르면 2016년 9월30일 기준 제주도내 전기자동차 등록대수는 3608대로 집계됐다. 전기자동차 점유율이 제주지역 전체 차량등록대수의 1%를 넘어선 것이다. 이는 전국 전기자동차 보급대수 8071대의 45%를 차지하는 수치이다. 2016년 9월 기준 제주도내 설치된 전기자동차 충전기는 총 3224개로 집계되고 있다. 이 중 급속충전이 가능한 기기는 127기다. 그리고 2016년 12월 12일에는 제주도 택시가 100대 운행을 기념하는 행사가 있었다. 뿐만 아니라 2030년 까지는 ‘카본프리 아일랜드 프로젝트’도 계획하고 있다[3].

표 1은 서울시 전기자동차 충전소 현황을 보여준다. 서울시의 면적은 605.2km²로 2017년 3월 기준으로 약 180개의 전기자동차 충전소가 있고, 주유소는 796개이다. 전기자동차 충전소가 많이 증가한 상황이지만, 5분 내외로 시간이 소요되는 주유와 달리 급속충전도 30분 정도 소요되고, 앞으로 전기자동차의 보급이 더욱 더

활발해질 것으로 예상되기 때문에 아직 전기자동차 충전소가 더 필요한 상황이다. 정책적으로도 2016년 12월 11일 기준으로 전기자동차 급속충전소 530곳이 신규로 설치될 계획이고 2016년도에 105억원 규모였던 급속충전시설 예산도 2017년에는 262억5000만원으로 2배 이상 늘었다.

Table. 1 Electric Vehicle Charging Station Status in Seoul (2017)

Operating Organization	The number of Charging Station
KIA	4
SEOUL-SI	6
POSCO ICT	31
KEVCS	7
KEPCO	76
HYUNDAI	11
Ministry of Environment	45
Total	180

II. 기존연구

기존연구로는 제주도 및 해외 전기버스 충전시설 입지선정에 대한 연구가 있다. 수요를 표현하는 형태를 점과 경로 두 가지로 분류했다. 전기자동차의 경우 주행거리에 대한 제약이 있어 충전소의 위치 선정에 고려되어야 하는 큰 부분이다. 버스의 경우 경로, 운행시간이 정해져 있기 때문에 배터리 교체시설이 필요하다고 보았다. 모든 노드를 후보로 지정하고 통행량, 이동거리, 기존 충전소의 수를 입력 자료로 지정하고 간선도망 자료를 이용해 충전시설의 위치를 선정했다. 본 연구는 버스시설이 아닌 일반 전기자동차를 대상으로 하였고 경로, 시간, 주행거리도 일정하지 않아 T-Map데이터 자료를 이용해 사용자들의 수요를 예측하였다. 입지선정을 권역별 구분과 빈도측정 두 가지를 이용하였다. 권역별 구분은 서울시내 권역을 나누어 전 지역에 고르게 분포시키고 각 지역에서 가장 높은 교통량을 기준으로 입지를 선정한다. 빈도측정의 경우 데이터를 분석해 빈도에 따른 가중치를 부여하여 실제입지선정과 규모의 척도가 된다. 또한 최적화된 충전소 위치 선정을 위해 경로 알고리즘 및 지능화된 휴리스틱을 사용하는 것도 가능하다[4-7].

III. 전기자동차 충전소 위치 선정 방식 제안

기존 연구와 달리 교통량과 권역을 이용한 위치선정 방식과 T-Map 데이터 분포를 이용한 방식을 혼합하여 효율을 높이고자 제안한다. 아래 그림 1과 같이 본 논문에서는 알고리즘을 제안한다. 알고리즘을 간략히 설명하면 서울시 교통량과 데이터 분포를 통해 최적의 충전소 위치를 선정하는 것이다.

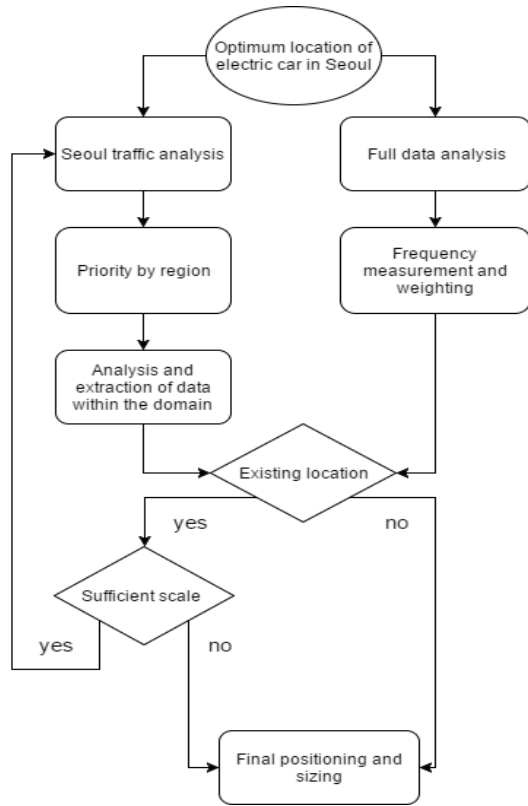


Fig. 1 Flow chart of electric car charging station selection

3.1. 교통량과 권역을 이용한 위치선정 방식

전기자동차 충전소 위치선정에 있어서 인프라 구축 시 우선적으로 설치될 개인용 충전기와 기업체 내부에 충전시설이 확보될 것이라고 가정했다. 가정에 따라 전기자동차 위치 선정 기준은 출발지 A에서 목적지 B로 이동하는 경로 상에 위치하고 교통량이 확보되고 접근성이 좋은 곳을 우선으로 배정했다. 그 결과 2016-2017년 교통량수집지점현황을 참고하여 차량의 흐름이 가

장 많은 10곳의 장소를 선정하고 T-Map데이터 600만 개를 이용하여 최적의 위치를 선정했다. 교통량이 가장 많은 10개의 좌표를 선정하고, 선정된 위치를 기준으로 일정거리내의 T-Map데이터를 가공하여 최적의 위치를 선정하는 방식을 사용하였다. 또한 서울시내의 일부지역에 집중되지 않도록 하기 위해 동남권, 동북권, 서남권, 서북권 4개의 지역으로 나누었다.

Table. 2 Top 10 traffic in Seoul

Location	AREA	Traffic
City Hall Station	Southwest	96,164
Sajik Tunnel	Northwest	82,987
Seoul Station	Southwest	74,639
Jangchung gym	Southeast	71,873
Namsan No. 1 Tunnel	Southeast	71,537
Geumhwa tunnel	Northwest	71,124
MBC	Northwest	70,504
Jongno 3 street	Northeast	70,234
Anguk Station	Northeast	61,880
Seongdong School	Northeast	60,936

표 2는 각 권역별 교통량을 기준으로 밀집지역을 2~3개로 선정한다. 선정된 밀집지역의 1KM이내의 데이터만 모아서 표시하면 표2와 같다. 교통량 단위는 만대이다. 각 권역별 교통량을 기준으로 밀집지역을 2~3개로 선정한다. 선정된 밀집지역의 1KM이내의 데이터만 모아서 표시한다.

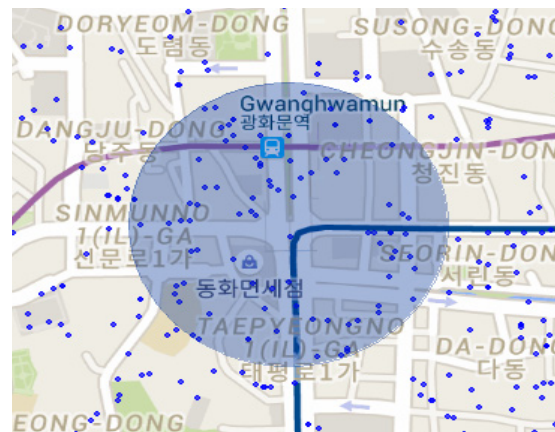


Fig. 2 Selected data within dense areas

이렇게 밀집지역내의 데이터를 종합하여, 밀집지역 내에서도 가장 교통량이 많은 지점을 산술평균을 통해 구하는 방식으로 권역별 위치선정을 하였다(1). 산술식(1)의 요소는 각 좌표지점들을 합산하여 평균을 구하게 된다.

$$\mu = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_n) \quad (1)$$

3.2. 데이터분포를 이용한 위치 선정 방식

앞의 내용은 서울시에서 측정한 교통량을 반영하되, 균등하게 분포될 수 있도록 하였다면, 데이터분포를 이용할 때는 T-Map데이터만을 기준으로 선정하게 된다(그림 2).

분포를 hex방식으로 지도 위에 표시해보면 아래와 같이 좀 더 명확하게 밀집지역을 볼 수 있다(그림 3).

수직선상에 놓고 비교해보면 영등포(Longitude=126.9)지역에서 높은 수치가 나타남을 알 수 있고 강남 일대(Longitude=127.0~127.1)에서 극명한 수준의 분포를 볼 수 있다. 만약 전국에 고르게 분포했다면 강남, 영등포, 종로일대는 마비가 될 정도로 사용자가 많을 것이고, 다른 지역은 사용자수가 별로 많지 않을 것을 예상할 수 있다. 따라서 전기자동차 충전소의 목적에 따라 위치를 균등하게 배분 할 것인지, 효율을 극대화 시킬 것인지를 판단해야 한다.

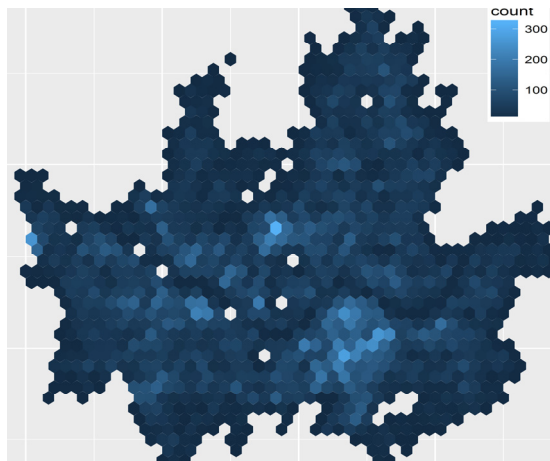


Fig. 3 Distributions of T-Map users expressed in hex

IV. 실험결과

4.1. 교통량과 권역을 이용한 위치선정 (예비결과)

현재 서울시 교통량 통계를 바탕으로 T-Map 데이터 분석하여 교통량과 권역을 이용하여 전기자동차 충전소 위치를 경도와 위도로 표시하였다.

Table. 3 Preliminary results: Optimal electric vehicle charging station coordinates by region

Location	AREA	Longitude	Latitude
City Hall Station	South west	126.9751177	37.5644
Sajik Tunnel	North west	126.9631104	37.57159
Seoul Station	South west	126.9691448	37.55508
Jangchung gym	South east	127.0056033	37.55812
Namsan No. 1 Tunnel	South east	126.9937314	37.55034
Geumhwa tunnel	North west	126.9497953	37.56845
MBC	North west	126.9389681	37.5595
Jongro 3 street	North east	126.9882904	37.56871
Anguk Station	North east	126.9831998	37.57493
Seongdong School	North east	127.0116546	37.56426

표 3은 교통량과 권역을 이용한 10개 위치선정을 보여준다. (Longitude :경도, Latitude: 위도)

표 3의 좌표 지점은 사직터널 혹은 남산1호 터널 근처 위치를 표시한 것이다. 최종좌표를 지도에 나타내면 그림5 (빨간색 마크) 와 같이 나타나는데 교통량이 기준이 되었지만 권역을 잘 나눴기 때문에 전국에 고르게 분포된 것을 볼 수 있다. 서울 시내를 기준으로 전국에 고르게 분포되고 그 중에 최적의 밀집지역을 나타낸 것이라고 할 수 있다.

4.2. 데이터 분포를 추가한 위치선정 (최종 결과)

표 4는 그림1에서 제안한 알고리즘 바탕으로 최종 결과 30개 위치내용을 보여준다. (Longitude :경도, Latitude: 위도)

Table. 4 Final results: Optimal electric vehicle charging station location

Number	Location	Longitude	Latitude
1	City Hall Station	126.9751177	37.5644
2	Sajik Tunnel	126.9631104	37.57159
3	Seoul Station	126.9691448	37.55508
4	Jangchung gym	127.0056033	37.55812
5	Namsan No. 1 Tunnel	126.9937314	37.55034
6	Geumhwa tunnel	126.9497953	37.56845
7	MBC	126.9389681	37.5595
8	Jongro 3 street	126.9882904	37.56871
9	Anguk Station	126.9831998	37.57493
10	Seongdong School	127.0116546	37.56426
11	Myeongdong road	126.9871	37.56369
12	Songpa Station	127.1138	37.49997
13	Daechi-2dong	127.0599	37.50694
14	Yeongdeungpo Station	126.906	37.51386
15	Siheung-ro	126.8982	37.47992
16	Yeoksam-2Dong	127.0419	37.49794
17	Shin Yongsan Station	126.9699	37.52719
18	Yeouido Station	126.9251	37.525
19	General playground station	127.0752	37.51053
20	West Seokchonlake	127.0999	37.50803
21	Seorin-dong	126.979	37.57006
22	Seokchon Lake-ro	127.1052	37.51025
23	Myeongdong Station	126.988	37.56106
24	Samsung Stat Hyundai Department Store	127.0608	37.50886
25	Yangjae-dong	127.0446	37.46386
26	Yeongdeungpo Lotte Department Store	126.9071	37.51597
27	Yeoksam-ro	127.0454	37.49886
28	Mok-dong	126.8771	37.52361
29	Dogokoro	127.0329	37.48892
30	Myung Dong 2-street	126.9868	37.56361

참고로 표 4의 좌표 위치는 사직터널 혹은 남산1호 터널 근처 충전소 위치를 표현한 것이다.
전기자동차 충전소 위치선정과 동시에 생각해야 될

부분은 최대 수용량이다. 최대수용량이란 전기차 충전 시 최대 수용가능한 전기차 대수이다.

주유소와 달리 전기자동차 충전은 급속충전을 하더라도 30분 이상 소요되기 때문에 높은 수요만큼 한번에 충전할 수 있는 공간이 필요하다. 아래 그림 4에서는 표4에 나타난 위치를 지도위에 도식화하여 나타낸다.



Fig. 4 Final results: Optimal electric vehicle charging station location (10 red dots and 20 blue dots)

V. 결론 및 향후과제

본 논문은 서울시 전기자동차 충전소 위치선정을 위해 교통량과 권역을 이용한 방식과 데이터 분포를 이용한 방식을 모두 고려하여 선정 시 효율을 높이는데 그 목적이 있다. 또한 위치 선정결과를 도식화하여 보여주고 있다.

향후과제로 주변의 환경적 요인과 다른 외부요인들을 고려하여 실제적인 위치선정을 고려할 것이다. 이미 입지하고 있는 충전소의 규모와 위치를 고려하여 추가로 충전소를 증가할 것인지, 새로운 지역에 입지시킬 것인지를 고려해야 한다. 또한 충전소 위치선정에 있어 대지가격 등 다양한 요소들을 고려할 것이다.

마지막으로 최적의 위치선정을 위한 cost function을 정의하여 입력변수를 넣었을 때 최적의 조건이 생성될 수 있는 전기차 충전소 위치선정 모델로 발전시킬

것이다.

ACKNOWLEDGEMENTS

The paper was supported by The research grant of the University of Suwon in 2016.

REFERENCES

- [1] C. Guille, and G. Gross, "A conceptual framework for the vehicle-to-grid (V2G) implementation," *Energy Policy*, vol. 37, no. 11, pp. 4379-4390, Nov. 2009.
- [2] H. Venkatesh, and L. Guan, "Optimal scheduling for charging and discharging of electric vehicles," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 3, no. 3, pp. 1095-1105, Mar. 2012.
- [3] M. Lee, and Y. Jang, "Status of electric vehicle's charging stations location and efficiency in Jeju," *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, vol. 20, no. 1, pp. 5150-5169, Jan. 2015.
- [4] J. Kim, J. Lee, and S. Ko, "Optimization of electric transit bus recharging stations in Jeju," *Journal of the Korean Urban Geographical Society*, vol. 18, no. 2, pp. 97-109, Feb. 2015.
- [5] I. Capar, M. Kuby, V. Leon, and Y. Tsai, "An arc cover-path-cover formulation and strategic analysis of alternative-fuel station locations," *European Journal of Operational Research*, vol. 227, no. 1, pp. 142-151, May 2013.
- [6] B. Yildiz, O. Arslan, and O. Karasan, "A branch and price approach for routing and refueling station location model," *European Journal of Operational Research*, vol. 248, no. 3, pp. 815-826, Feb. 2016.
- [7] S. Li, and Y. Huang, "Heuristic approaches for the flow-based set covering problem with deviation paths," *Transportation part research part E: logistics and transportation review*, vol. 72, no. 2, pp. 144-158, Dec. 2014.



김장영(Jangyoung Kim)

2005년 2월: 연세대학교 컴퓨터과학 공학사
2010년 5월: Pennsylvania State Univ. 공학석사
2013년 7월: State University of New York 공학박사
2013년 8월: University of South Carolina 조교수
2014년 3월: 수원대학교 컴퓨터학과 조교수
※관심분야 : Big data, Cloud computing, Networks