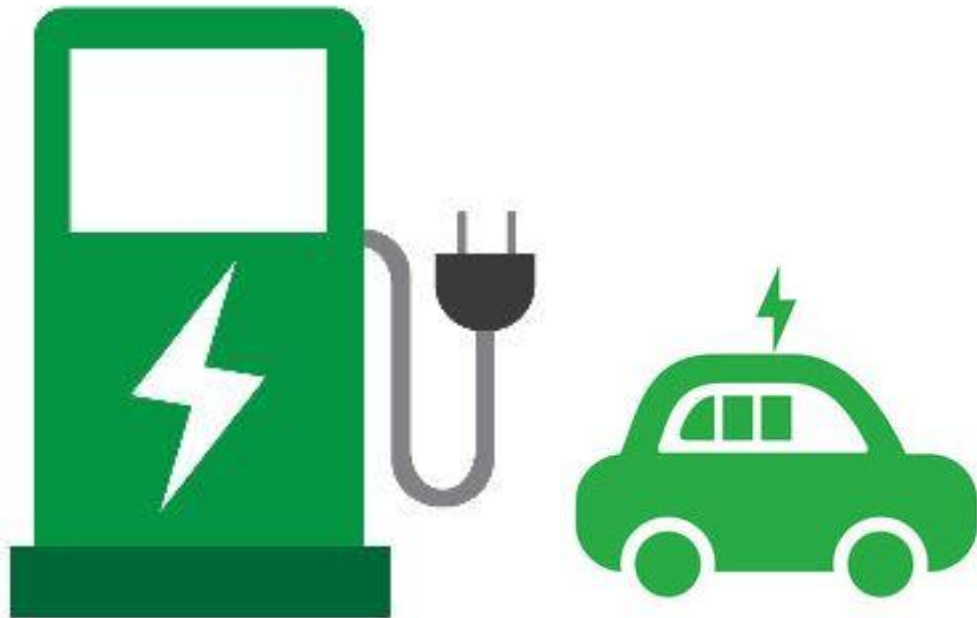


최대연결거리를 고려한 고속도로 전기차 충전소 설립에 관한 연구



발표자 - 이우범

지도교수 - 황태성

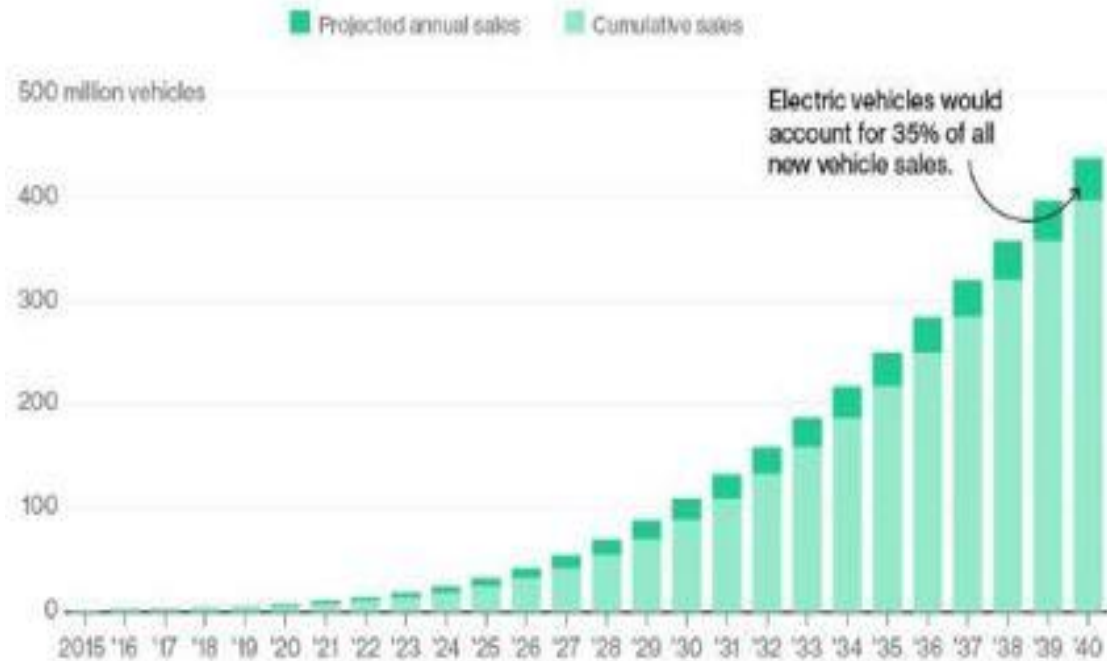
인하대학교 물류전문대학원

1. Introduction
2. Literature Review
3. Model Formulation
4. Test Problem
5. Application
6. Conclusion and Future Research
7. Reference

1. Introduction

The Rise of Electric Cars

By 2022 electric vehicles will cost the same as their internal-combustion counterparts. That's the point of liftoff for sales.



출처 : Bloomberg

- 전기자동차
 - 전기 모터와 배터리를 이용하는 친환경 자동차.
 - 석유를 연소하여 엔진을 가동하는 기존 방식의 내연기관 자동차와 달리 소음 및 매연 배출 문제가 없어 환경보호에 기여함.
- 전기자동차의 한계점
 - 일반적으로 기존에 석유를 연소하던 차량보다 1회 충전 시 주행 가능거리가 상대적으로 짧음.
 - 주행가능거리는 날씨 및 주행상황에 따라 제조사에서 제시한 수치보다 급격히 감소함.
- 전기자동차의 고속도로 주행 시 한정된 배터리 용량으로 인한 거리 제약조건을 완화하고자 전기차 충전소 추가설립에 관한 설치비용 최소화가 목적임.

1. Introduction

- Outline

1) 정해진 Origin-Destination 경로를 주행하는 전기차 → O-D 사이에 전기차 충전소 추가 설립 필요.
⇒ Facility Location Problem

2) 기존 및 신규 설치된 전기차 충전소 간의 거리는 전기차의 주행가능거리 이내로 입지.
⇒ Connectivity

기존에 정해진 O-D 경로를 주행하는 가운데 충전 서비스를 이용하고자 하는 경우 기존에 설치된 전기차 충전소와 더불어 신규 설립된 전기차 충전소는 전기자동차의 주행가능거리 이내로 위치하도록 하는 충전소의 입지선정문제

⇒ Connected Facility Location Problem

2. Literature Review

- Facility Location Problem

(1) Set Covering Problem : 모든 수요지에서 적어도 하나의 시설에 의해 수요지와 가장 가까운 곳에서 서비스를 제공받을 수 있도록 최소 입지 수를 결정

(2) P -Center Problem : 제한된 수의 시설로 모든 수요자들에게 서비스할 수 있는 최소의 서비스 수준과 이 때의 입지 수와 위치를 결정

(3) P -Median Problem : 수요자와 근접 시설 간의 평균 비용을 최소화할 수 있는 제한된 수의 입지와 그에 관한 위치를 결정

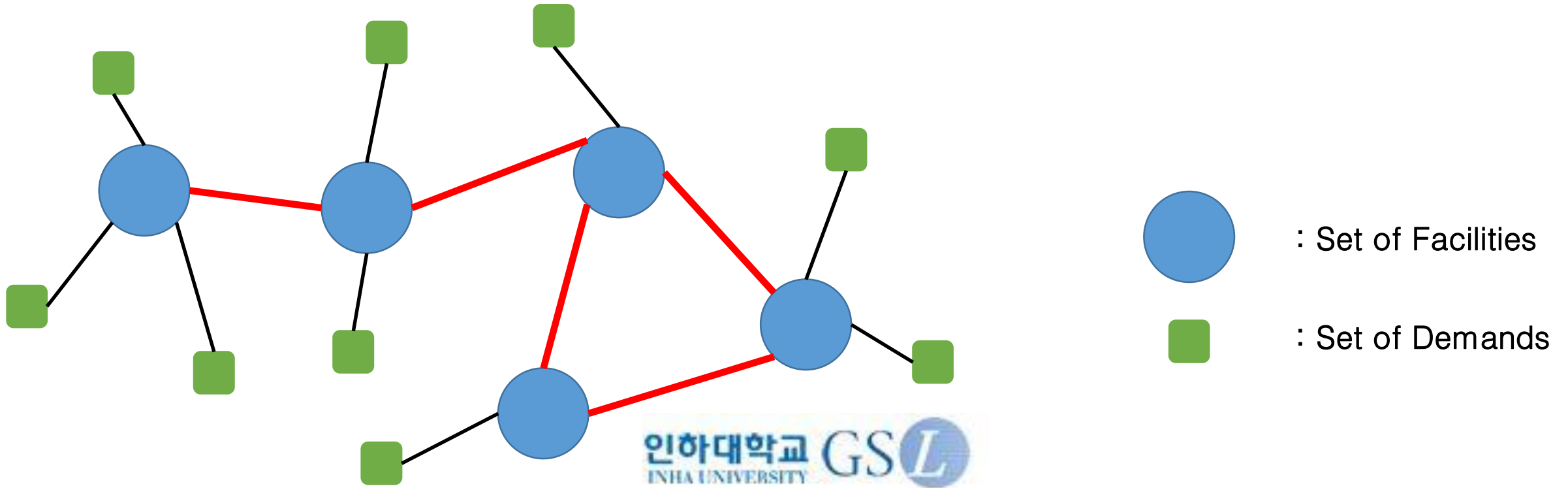
(4) Fixed Charge Facility Location Problem : 고정비와 교통비의 합이 최소가 되도록 시설 수와 그에 관한 위치를 결정

2. Literature Review

- Connected Facility Location Problem(ConFLP)

(1) 기존의 시설입지모형에서 연결성이 결합된 모델임.

(2) 연결성은 두 시설 간의 최단 거리가 기준치 이하면 O-D 경로 상 NODE, LINK 관계없이 성립.



2. Literature Review

분류	연구 제목	저자	발행연도
FLP	The Reliable Facility Location Problem: Formulations, Heuristics, and Approximation Algorithms	Shen, Z.-J.M. et al.	2010
	Exact and heuristic approaches for the cycle hub location problem.	Centreras, Inan et al.	2017
	Capacity selection for hubs and hub links in hub location problems.	Rastani, Sina et al.	2016
ConFLP	Formulation and Algorithm for Discrete Minimum-Cost Group Assembly Problem	Peng F. et al.	2013
	Approximate robust optimization for the Connected Facility Location Problem.	Bardossy, M Gisela, Raghavan.	2016
	A PTAS for the Geometric Connected Facility Location Problem.	Miyazawa, Flavio K. et al.	2017

3. Model Formulation

- Notation

- 1) J = set of candidate sites
- 2) f_j = fixed cost of locating at candidate site $j \in J$
- 3) $x_j = 1$ facility is allocated at site $j \in J$; otherwise 0
- 4) l_{ij} = unit of flow from i to $j \forall i, j \in J$
- 5) L = large number
- 6) N_j = set of locating at candidate j within distance C from site $j \in J$
- 7) C = maximum distance needed to enable connection between facilities
- 8) Node 1 = virtual sink node

3. Model Formulation

- Assumption

- 1) 노드 간 거리는 Connectivity 이하
- 2) 전기차 충전소 추가 설립을 위한 가용예산은 충분함.
- 3) 전기자동차 출발 시 완전히 충전이 되었다고 가정함.
- 4) 전기차는 충전소에서 충전을 실시할 때 완전히 충전한다고 가정.

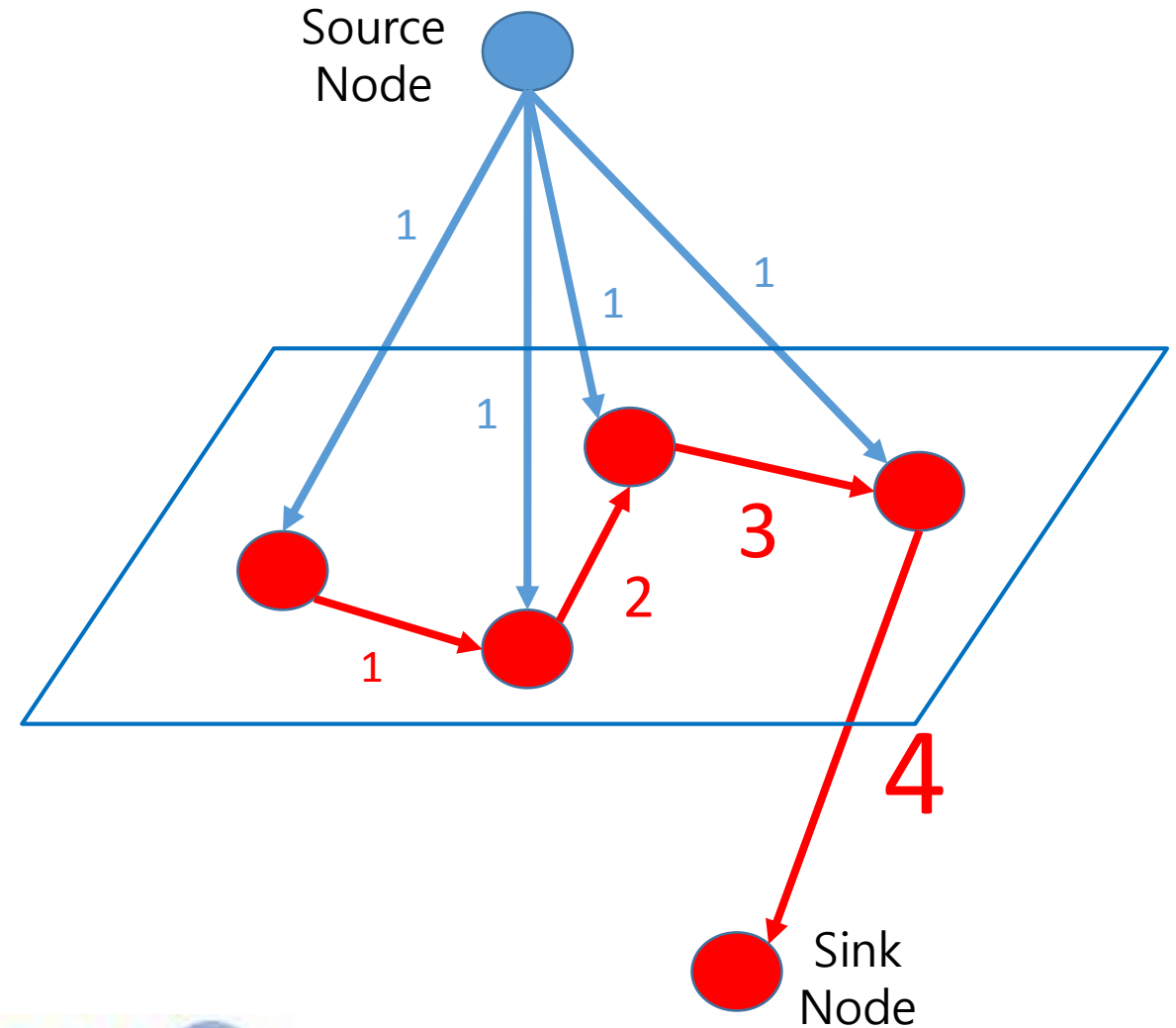
3. Model Formulation

Minimize	$\sum_{j \in J} f_j x_j$	...	전기차 충전소의 설치비용 최소화
Subject to			
1.	$\sum_{j \in N_j \setminus \{1\}} x_j \geq 1 \quad \forall i \in J \setminus \{1\}$	...	적어도 한 개 이상의 노드를 커버할 수 있도록 보장함.
2.	$x_j + \sum_{n \in N_j} l_{nj} = \sum_{m \in N_j} l_{jm} \quad \forall j \in J \setminus \{1\}$	...	Inflow to node j + x_j = Outflow to node j
3.	$l_{jk} \geq 0 \quad \forall j, k \in J$	...	Nonnegative variables
4.	$l_{jk} \leq L * x_k \quad \forall j, k \in J \setminus \{1\}$	...	임의의 큰 수에 x_k 를 곱한 값보다 Link의 개수가 작음.
5.	$l_{jk} \leq \sum_{j \in J} x_j - 1 \quad \forall j, k \in J \setminus \{1\}$	...	해가 생성되는 곳에만 Link가 이어질 수 있도록 제약함.
6.	$x_j = \{0,1\} \quad \forall j \in J \setminus \{1\}$	...	Binary variables
7.	$x_1 = 0$	...	Sink Node
8.	$l_{j1} = \{0, \sum_{j \in J} x_j\} \quad \forall j \in J \setminus \{1\}$	...	Sink Node에 빠지는 Flow의 개수를 제약함.
9.	$l_{1j} = 0 \quad \forall j \in J$	...	Flow가 반대로 흐르는 것을 방지함.

3. Model Formulation

- Flow Conservation

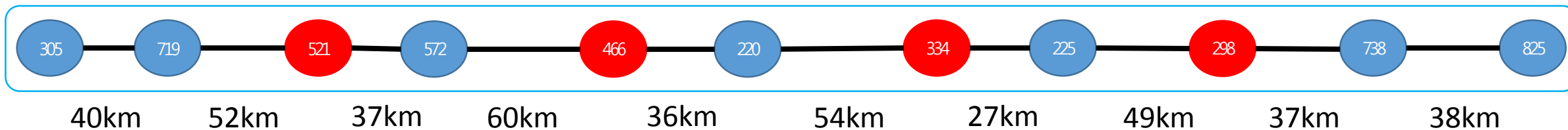
- 가상의 Source Node와 Sink Node 설정함.
- 설치된 시설 수 만큼 가상의 Flow를 Source Node에서 Sink Node로 흘러 보냄
- Candidate Node에 하나의 충전소 건설 결정
= Inflow from Source Node
- Total Inflow = Total Outflow for All Nodes
- Total Flow from Source Node = Total Flow to Sink Node



4. Test Problem

- Numerical Example

- Node의 개수는 Sink Node 1을 포함하여 12개로 구성함.
- Node 간 거리는 전부 다르게 하여 실제 고속도로 네트워크와 유사하게 구성함.
- Connectivity는 전기차 1회 충전 시 최대 주행가능거리인 100km로 가정함.
- 전기자동차 충전소 설치비용은 면적에 따른 공시지가와 전기자동차 급속 충전기 설치비용의 합으로 구성함.
- 전기자동차 출발 시 완전 충전되고, 중간에 충전을 실시하면 완전 충전된다고 가정함.

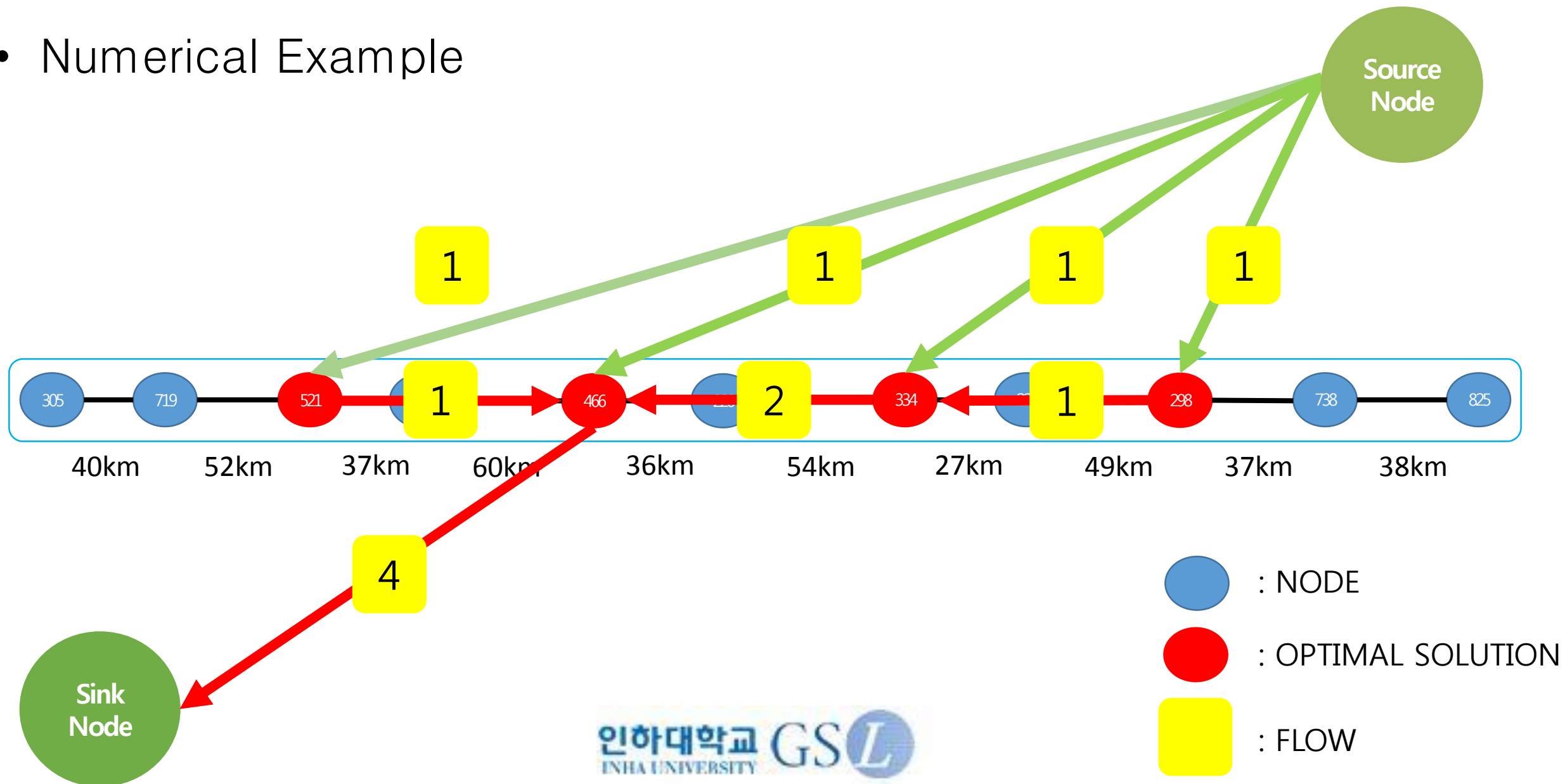


※ Optimal Solution = X[4], X[6], X[8], X[10]

※ Optimal Value = 1,619

4. Test Problem

- Numerical Example

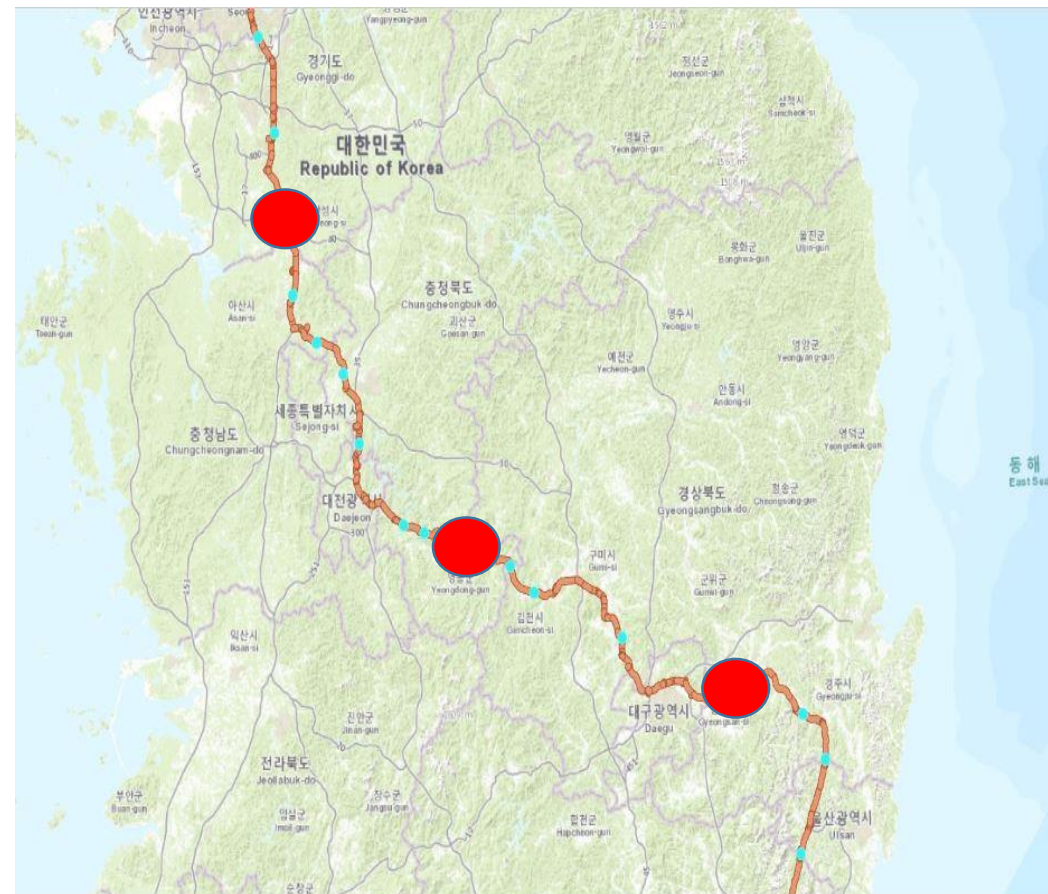


5. Application

- 경부선(하행)의 실제 네트워크를 활용함.
- 경 부 선 (하 행) 의 Origin 은 서울 만남의 광장 휴게소이고, Destination은 통도사 휴게소이며 경부선(하행)은 17개 휴게소가 입지함.
- Connectivity는 100KM으로 설정함.
- 경부선(하행) 휴게소의 전기자동차 충전소 추가 설치비용은 각 휴게소의 면적에 따른 공시지가와 전기자동차 급속 충전기 설치비용의 합으로 구성함.

※ Optimal Solution = 안성, 황간, 평사

※ Optimal Value = 157,751(천원)



6. Conclusion and Future Research

- Conclusion

- 기존의 입지선정모델에 연결성을 고려하여 입지선정모델을 세우는 사례 연구를 실시함.
- 전기자동차 충전소의 입지에 대하여 연결성을 고려한 입지선정모델을 세우고 예제를 통해 살펴봄.

- Limitation

- 각 충전소에서 충전비용을 고려하지 않음.
- 정해진 O-D만 고려할 수 있고, 모든 통행 패턴에 대한 고려를 하지 않음.

6. Conclusion and Future Research

- Future Research

- 향후 연구를 위하여 실제 고속도로 네트워크 중 통행량 기준으로 5개 고속도로 구간을 선정함.
경부선, 서해안선, 영동선, 중부내륙선, 호남선 각각 양방향에 모델 적용 예정.
- 가동률 및 최대 주행가능거리에 대하여 각각 민감도 분석을 실시할 예정.

7. Reference

- 1) M.S. Daskin(2013), *Network and Discrete Location : Model, Algorithms, and Application*. 2nd ed, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- 2) Zuo-Jun Max Shen et al(2010), *The Reliable Facility Location Problem: Formulations, Heuristics, and Approximation Algorithms*, INFORMS journal on computing v.23 no.3, pp.470 – 482.
- 3) LL Gao, EP Robinson(2013), *A dual-based optimization procedure for the two-echelon uncapacitated facility location problem*, Naval Research Logistics (NRL), v.39 no.2 pp.191 – 212.
- 4) Hasan Pirkula et al(1998), *A multi-commodity, multi-plant, capacitated facility location problem: formulation and efficient heuristic solution*, Computer & Operations Research v.25 no.10, pp.869 – 878.
- 5) Peng F. et al(2013), *Formulation and Algorithm for Discrete Minimum-Cost Group Assembly Problem*, Transportation research record : journal of the transportation research board v.2333, pp. 9 – 15.
- 6) Stefan Gollowitzer, Ivana Ljubic(2010), *MIP models for connected facility location : A theoretical and computational study*, Computers & operations research v.38 no.2, pp. 435 – 449.
- 7) Friedrich Eisenbrand et al(2010), *Connected facility location via random facility sampling and core detouring*, Journal of computer and system sciences v.76 no.8, pp. 709 – 726.

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION