한국ITS학회논문지
제12권, 제1호 (2013년 2월)
pp. 43~50

Maximum Covering 문제와 Weighted *p*-Center 문제를 이용한고속도로 순찰대 최적 입지 결정

Optimal Location of Expressway Patrol Vehicle Stations Using Maximum Covering and Weighted *p*-Center Problems

김 명 현* (Myeonghyeon Kim) 김 효 승** (Hyo-Seung Kim) 김 동 규*** (Dong-Kyu Kim) 이 청 원**** (Chungwon Lee)

요 약

본 연구는 사고처리 지연으로 인한 피해를 최소화할 수 있는 고속도로 순찰대의 최적입지를 결정하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 우리는 최단거리를 기준으로 서비스 관할구간을 할당하는 maximum covering 문제와 사고 빈도 가중 *p*-center 문제를 각각 구성하고, 두 문제를 해결하기 위하여 라그랑지안 완화 알고리즘과 Daskin의 휴리스틱 알고리즘을 적용한다. 제안된 모형들의 결과는 한국 고속도로의 사고자료를 기반으로 최대사고가중거리, 평균사고가중거리, 평균처리거리 등의 사고처리 서비스 수준 지표를 이용하여 현재의 순찰대 입지와 비교된다. 비교 결과를 통해 제안된 모형들은 10km 평균 접근거리와 약 10분의 평균 접근시간을 개선할 수 있음이 확인된다. 또한 현재의 입지를 고정시키고 서비스 관할구간만을 변경할 경우에도 서비스 수준이 개선될 수 있다. 본 연구에서 제시된 모형과 결과는 고속도로 사고처리 서비스 수준을 개선하는 데에 활용될 수 있으며, 또한 다양한 유형의 긴급시설 입지 결정이나 시간대별 사고자료에 기초한 유동적 관할구역 설정 등의 이론적 기반을 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

핵심어 : 고속도로 순찰대, 사고처리, *p*-center 문제, Maximum covering 문제, 한국 고속도로

Abstract

This paper aims to determine the optimal location of expressway patrol vehicle stations that minimizes additional troubles caused by the delay of crash treatments. To do this, we formulate a maximum covering problem and a *p*-center problem weighted by crash frequency, using the shortest distance as the criteria for allocating service district, and we employ the Lagrangian relaxation algorithm to solve the former and Daskin's heuristic algorithm to solve the latter, respectively. Based on crash data of Korean expressways, the results from the proposed models are compared with the current location of patrol vehicle stations by using several indices as the level of service for crash treatment, such as maximum crash-weighted distance, average crash-weighted distance, and average access distance. The results show that the proposed models improve average access distance and time by about 10km and 10min, respectively. When allocation for service district is changed only with the fixed current location, the level of service can be also improved. The models and results proposed in this paper can contribute to improving the level of service for crash treatment on expressways. They can also provide the theoretical basis on the location decision for other various emergency facilities, and the allocation decision for floating service districts according to time-period crash data.

Key words : Expressway patrol vehicle stations, Crash treatment, *p*-center problem, Maximum covering problem, Korean expressways

* 주저자 : 서울대학교 건설환경공학부 박사과정(정회원)
** 공저자 : 서울대학교 건설환경종합연구소 선임연구원(정회원)
*** 공저자 : 서울대학교 건설환경종합연구소 연구교수(정회원)
**** 교신저자 : 서울대학교 건설환경공학부 교수(정회원)
† 논문접수일 : 2012년 12월 11일
† 논문심사일 : 2013년 1월 2일
† 게재확정일 : 2013년 1월 10일

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

2004년부터 2009년까지 고속도로에서 발생한 사고로 인해 연평균 약 272명의 사망자와 1,159명의 부상자가 발생하였다. 고속도로는 진·출입로가 제한되어 있어 사고 처리 및 복구가 지연될 경우 인적, 물적 손실이 기하급수적으로 증가할 수 있으므로 신속한 사고처리가 요구되며, 이를 위해 우리나라에서는 2010년 기준 총 11개소의 고속도로 순찰대를 설치하여 운영하고 있다. 그러나 고속도로 순찰대의 관할구간은 노선 및 행정구역 경계에 따라 구분되어 있어 상대적으로 더 먼 순찰대가 관할하는 지역들이 존재한다. 또한 순찰대를 추가 설치할 경우, 새로 건설되는 고속도로에 위치하게 되어 순찰대 추가로 인한 효과가 전체 고속도로에 반영되지 못하는 문제도 있다.

고속도로 순찰대는 사고가 많이 발생하는 곳에 가깝게 위치할수록 많은 사고를 빠르게 처리하여 운영 효율을 높일 수 있다. 이와 동시에 안전을 위해서는 순찰대에서 가장 먼 지역과의 거리도 고려해야 한다. 순찰대에서 평균도달시간이 작아도 가장 먼 곳까지의 도달시간이 매우 크면, 먼 지역에서 사고가 발생할 경우 사고 처리에 어려움이 발생하게 된다. 그러므로 고속도로 순찰대의 입지는 사고가 빈번하게 발생하는 곳에 가깝게 위치하되, 순찰대가 가장 멀리 이동해야 하는 거리가 최소화되는 곳에 결정되어야 한다.

본 연구에서는 일반적으로 긴급시설 입지문제에 사용되는 maximum covering problem과 함께 사고건수에 가중된 weighted *p*-center problem을 적용하였다. 우선 관할구간을 사고에 가중된 최단거리로 변경해 현재와 비교·분석하며, maximum covering problem 및 weighted *p*-center problem을 통해 각각의 목적함수를 만족하는 최적입지를 설정한다. 추가적으로, 11개 순찰대 위치가 고정된 상황에서 새로운 순찰대를 건설할 경우 위 목적을 만족하는 입지를 구하여 결과를 분석한다.

2. 연구의 범위 및 가정

본 연구에서는 2006~2008년 한국도로공사에서 제공하는 고속도로 사고데이터를 이용하였으며, 순찰대 입지는 2010년 6월 기준이다. 공간적으로는 2010년 6월 기준 우리나라 고속국도 및 민자 고속도로 전 구간을 대상으로 하고 있다.

본 논문은 다음과 같은 기본 가정을 전제로 분석을 수행한다. 첫째, 사고가 많이 일어난 곳에서는 기하구조, 안개, 결빙 등 환경적 요인에 의해 다시 사고가 발생할 확률이 높다. 둘째, 사고 발생은 긴급시설 입지 및 관할구간의 변화에 대해서 독립적이다. 셋째, 사고 발생시 사고 처리를 위한 순찰차량은 순찰대에서 바로 출발한다. 넷째, 사고 발생지까지의 이동시간 외의 다른 시간은 일정하다. 다섯째, 순찰차량은 순찰대에서 고속도로를 이용하여 가장 빠른 길을 통해 접근한다.

Ⅱ. 이론적 배경

최적 입지 결정을 위한 문제는 목적에 따라 set covering problem, maximum covering problem, *p*-center problem, *p*-median problem 등으로 나눌 수 있다[1]. Set covering problem의 경우 주어진 거리 혹은 시간 내에 모든 node가 서비스를 받을 수 있도록 하는 최소 입지 수를 결정하는 문제로, Toregas et al.(1971)에서 처음 이용하였으며, 가장 기본적이고 간소한 입지결정문제이다[2].

Maximum covering problem은 주어진 입지 수를 통해 일정 범위 안에 들어오는 서비스 가능 수요가 최대화될 수 있도록 하는 문제로, Church et al.(1974)의 연구에서 처음 제안되었으며 소방서, 구급차, 경찰서 등 긴급시설 입지에 가장 보편적으로 쓰이는 입지 모형이다[3]. Kim(1999), Kim et al.(2003)은 진주 지역 소방서에서 현장까지의 반응시간을 고려한 모형을 적용하였으며, Eaton et al.(1985)은 Texas Austin 지역의 긴급의료서비스에 적용하였다[4-6]. Curtin et al.(2007)은 Dallas 지역의 파출소 순찰 구역에 적용하여 최적 입지를 결정하

였다[7].

p-center problem은 시설에서 가장 멀리 떨어진 수요까지의 거리(또는 일정 기준에 의해 가중된 거리)를 최소화하는 문제로, Hakimi(1964)가 처음 제안하였다[8]. Kim et al.(1995)은 경남 진주시 통합 이후 긴급의료시설 최적 입지를 maximum covering problem 및 *p*-center problem이용하여 구한 바가 있다[9].

Sanchez-Mangas and Garcia-Ferrrer(2010)는 25분의 반응시간이 15분의 반응시간에 비해 사망확률이 1.5배 높으며 사고지점에서 병원까지의 거리는 크게 중요하지 않음을 언급하고 있다[10]. 이는 사고발생시 사고현장까지의 긴급차량 파견이 가장 중요한 이슈임을 의미하는 것이다. 또한, 미국 Emergency Medical Services Act에서는 도시부에서는 10분 이내, 지방부에서는 30분 이내에 사고지점에 도착해야 한다는 기준을 마련하고 있다[11].

본 연구에서는 긴급시설 입지에 일반적으로 이용되는 maximum covering problem과 함께 사고 빈도를 반영한 weighted *p*-center problem을 적용하여 사고가 많이 일어나는 지역 주변 뿐 아니라 사고시 상대적으로 서비스수준이 떨어질 수 있는 곳 주변에 고속도로순찰대가 입지할 수 있는 방법론을 제시하였으며, 실제 네트워크에 적용하여 결과 분석을 수행하였다.

Ⅲ. 방법론 및 모형 구축

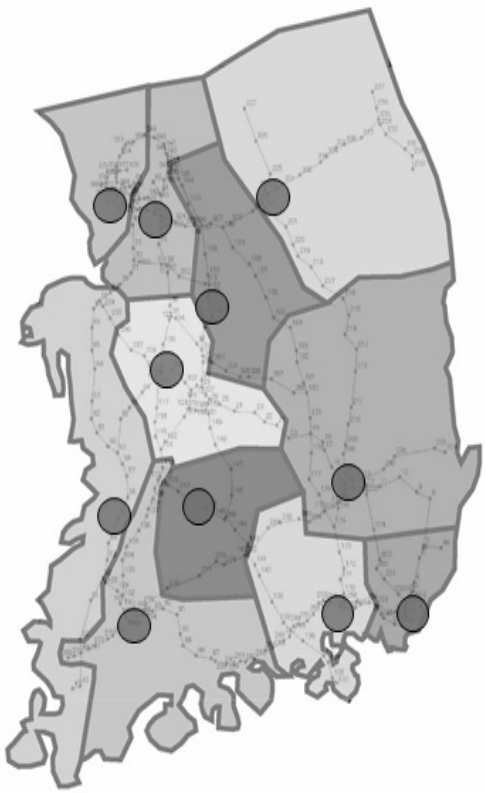
1. 사고자료 분석 및 입력자료 구축

본 연구에서는 우선 고속도로의 모든 나들목 및 분기점간 거리를 계산하였다. 그 후 사고자료를 가장 가까운 node에 대입하여 연속적인 데이터를 이산적인 형태로 변환하였다. 전국 고속도로의 나들목 및 분기점 기준으로 380개의 node로 구성된 네트워크에 2006~2008 3년간 총 7,582건의 사고가 대입되었다. 여기서 물피사고는 제외하였으며, 사고자료 대입 결과 상위 10개 지점은 <표 1>과 같다.

〈표1〉 사고 발생 대입결과 상위 10개 지점
〈Table 1〉 Top 10 Nodes by Number of Crash

Node name	# of crash	Node name	# of crash
GeumhoJCT	94	WaegwanIC	67
EonyangJCT	71	BibongIC	63
CheonanIC	69	Cheong-WaIC	63
BaranIC	68	OsanIC	62
GimcheonJCT	68	GyeongjuIC	61

현재 운영 중인 고속도로 순찰대의 위치 및 관할구간은 <그림 1>과 같으며, 아래 네트워크를 기준으로 분석을 수행하였다.



〈그림 1〉 고속도로순찰대의 위치 및 관할구간 현황
〈Fig. 1〉 Current Location and Service District of Expressway Patrol Vehicle Stations

2. Maximum covering problem

$$\text{Maximize} \sum_i h_i Z_i \quad (1)$$

$$\text{subject to } Z_i \le \sum_j a_{ij} X_j \quad \forall i$$
$$\sum_j X_j \le P$$
$$X_j \in 0,1 \quad \forall j$$
$$Z_i \in 0,1 \quad \forall i$$

여기서,

i : 사고발생위치

j : 시설입지후보지

h_i: 위치 i의 사고발생건수 (건/3년)

Z_i: 노드 i가 커버되는 경우 1, 그렇지 않으면 0

a_{ij}: 사고발생위치 i가 노드 j에 입지한 순찰대에 의해 커버되는 경우 1, 그렇지 않으면 0

X_j: 순찰대 본부가 노드 j에 입지하면 1, 그렇지 않으면 0

첫 번째 제약식의 경우 어떤 수요 노드가 커버 가능한 후보지에 시설이 입지되지 않은 경우, 서비스를 받을 수 없음을 의미하며, 두 번째 제약식의 경우 총 시설 수가 P개를 초과할 수 없다는 것을 의미한다. 세 번째와 네 번째 제약식의 경우 정수 제약조건을 의미한다. 여기서 수요 노드가 시설에 의해 커버되는 기준은 50km(100km/h 제한속도 지방부 고속도로 30분 이내 도착 기준)이다. 위 모형의 풀이는 첫 번째 제약식을 완화한 Lagrangian relaxation 알고리즘을 이용하였다.

3. Weighted *p*-center problem

$$\text{Minimize } W = \max \sum_j h_i d_{ij} Y_{ij} \quad (2)$$

$$\text{subject to } \sum_j X_j = P$$
$$\sum_j Y_{ij} = 1 \quad \forall i$$
$$Y_{ij} - X_j \le 0 \quad \forall i, j$$
$$W - \sum_j h_i d_{ij} Y_{ij} \ge 0 \quad \forall i$$
$$x_j \in 0,1 \quad \forall j$$
$$y_{i,j} \in 0,1 \quad \forall i,j$$

여기서,

i : 사고발생위치

j : 시설입지후보지

W: 노드와 최단거리 입지 간 최대가중거리

X_j: 순찰대가 노드 j에 입지하는 경우 1, 그렇지 않으면 0

Y_{ij}: 사고 발생위치 노드 i가 노드 j에 입지한 순찰대에 의해 처리되면 1, 그렇지 않으면 0

h_i: 위치 i의 사고발생건수 (건/3년)

d_{ij}: i와 j 사이의 거리

첫 번째 제약식의 경우 총 입지하는 시설 수가 P개임을 의미하며, 두 번째 제약식은 모든 수요 노드가 무조건 하나의 시설에서 서비스 받음을 의미한다. 세 번째 제약식은 시설입지 후보지에 순찰대가 입지하지 않은 경우 서비스를 받을 수 없음을 의미하며, 네 번째 제약식은 W(최대 사고가중거리)가 어떠한 수요지와 시설 간 가중된 거리보다도 멀어야 함을 의미한다. 위 모형은 Daskin이 제안한 풀이 알고리즘에 기초하여 해를 구하였으며, 그 내용은 아래와 같다[1].

Step 1) upper bound(D_H)와 lower bound(D_L)를 지정함.

Step 2) 상-하한값의 중간값을 center value(D_c)로 함.

Step 3) coverage distance를 D_c 로 하는 wei- ghted set covering problem 풀이.

Step 4) 입지해야 할 개수보다 set covering 해로 나온 개수가 작거나 같으면 상한값을 Dc로 바꾸며, 그렇지 않으면 하한값을 Dc +1로 함.

Step 5) 상한값과 하한값의 값이 같아질 때까지 반복. 이 때 D 값은 weighted된 최대거리이며, set covering 에서 나온 입지가 본 문제의 해임.

4. Maximum covering problem vs. Weighted *p*-center problem

본 연구에서 적용한 두 모형은 뚜렷한 장단점을 가지고 있다. 일정 범위 내에 속하는 수요를 최대화하는 maximum covering problem의 경우 일정 기준 이상의 서비스를 받을 수 있는 수요가 많아지나, 기준 내에서 수요가 많은 지역에 대한 서비스비용이 증가하며 기준을 넘어서는 수요지는 전혀 고려를 할 수 없는 문제가 있다. 수요를 고려한 거리가 가장 먼 곳과의 거리를 최소화하는 weighted *p*-center problem의 경우 서비스수준이 가장 나쁜 지역이 개선되며 수요가 많으나 상대적으로 거리가 먼 지역 주변에 시설이 입지하는 장점이 있으나, 평균적인 서비스비용이 증가할 가능성이 있고 매우 짧은 시간에 처리할 수 있는 수요가 줄어드는 문제가 있다.

Ⅳ. 분석 결과

1. 관할구간의 변경에 따른 서비스 수준 변화

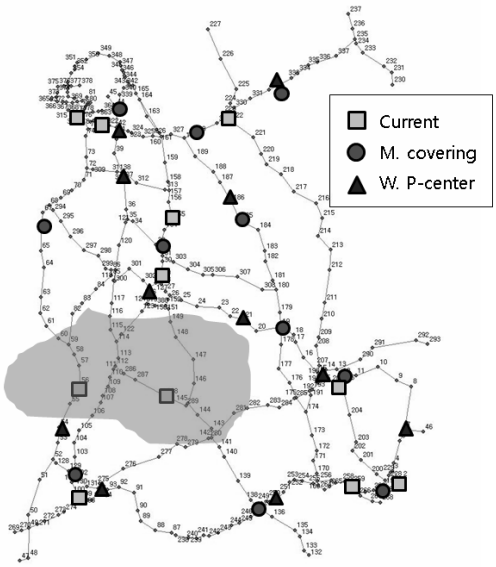
최적 위치를 결정하기에 앞서 본 절에서는 현재의 관할구간인 경우와 가장 가까운 순찰대가 관할구간인 경우의 각 노드의 관할 순찰대 및 거리, 사고 수를 이용하여 사고에 가중된 값들의 최대값 및 평균값을 산출하였다. 추가적으로 “평균처리거리”라는 기준값을 산출하였으며 이는 노드별 사고 수와 순찰대에서의 거리를 곱한 값들의 합을 총 사고 수로 나누어준 값을 의미한다. 관할구간 변경 결과는 다음 표와 같으며 관할구간 변경만으로도 현저한 개선효과를 얻을 수 있다.

〈표 2〉 관할구간의 변경에 따른 서비스수준 변화
〈Table 2〉 Change of Level of Service due to Service District Adjustment

Alter-native	Maximum weighted distance	Average weighted distance	Average weighted distance(minutes) per crash
Current	6,174 crash-km	889.3 crash-km	44.6km (53.5minute)
Service district change	4,520 crash-km	779.3 crash-km	39.1km (46.9minute)

2. 이상적 순찰대 입지

<그림 2>는 본 연구에서 제안된 maximum covering problem과 weighted *p*-center problem을 이용한 최적의 고속도로 순찰대 입지와 현재의 입지를 보여준다. 제안된 모형들의 최적 입지는 대부분 현재의 순찰대 입지 부근에서 확인되는 반면, <그림 2>의 음영 부분에서 확인할 수 있듯이 서해안 고속도로와 익산-포항 고속도로의 순찰대 입지는 두 모형 모두 현재와 다른 결과를 도출하는 것으로 확인되었다. maximum covering problem은 현재 순찰대 입지에 비하여 사고빈도가 높은 서해안 고속도로의 종점부(수도권 부근)를 최적 입지로 결정하는 반면, weighted *p*-center problem는 상대적으로 멀리 떨어진 종점부의 사고를 처리할 수 있는 입지를 최적해로 산출하였다. 익산-포항 고속도로의 경우 두 모형 모두 최적 입지로 결정되지 않았으며, 이는 익산-포항 고속도로가 최근에 건설되어 사고건수가 상대적으로 적다는 사실에 기인하는 것으로 사료된다.



〈그림 2〉 현재 입지와 제안 모형들의 최적 입지
〈Fig. 2〉 Current Location and Optimal Locations from Proposed Models

<표 3>은 현재의 순찰대 입지와 제안된 모형들의 최적해 입지에 따른 서비스 수준을 보여준다. 제안된 두 모형 모두 현재 입지에 비하여 8~10km의 평균처리거리와 10~12분의 평균처리시간 개선을 얻을 수 있는 최적 입지가 도출되었다.

〈표 3〉 제안 모형들의 최적해의 서비스 수준
〈Table 3〉 Level of Service of the Optimal Solutions from Proposed Models

Model	Maximum weighted distance	Average weighted distance	Average weighted distance(minutes) per crash
Current	6,174crash-km	889.3crash-km	44.6km (53.5minute)
Maximum covering	3,850crash-km	694.3crash-km	34.8km (41.8minute)
Weighted *p*-center	2,350crash-km	729.6crash-km	36.6km (43.9minute)

Maximum covering problem과 weighted *p*-center problem의 결과값을 비교해 보면 <표 4>와 같이 두 모형의 목적함수 대상인 50km 이내에 들어오는 사고 수와 최대가중거리가 각각 상대적으로 좋은 결과를 나타내고 있다. 전체적인 평균 거리는 maximum covering problem이 짧으나 최대거리는 weighted *p*-center problem이 더 짧은 것으로 나타나 고속도로 긴급시설의 입지 결정시 방법론에 따라 서로 다른 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

〈표 4〉 제안 모형들의 결과 비교
〈Table 4〉 Result Comparison of Proposed Models

Values	Weighted *p*-center	Maximum covering
Maximum weighted distance	2,350crash-km	3,850crash-km
Maximum distance	121km	128km
Average weighted distance	729.6crash-km	694.6crash-km
Average weighted distance per crash	36.6km	34.8km
# of crash in 50km distance	5,774	6,131

Ⅴ. 결 론

고속도로에서의 교통사고는 많은 인명과 재산 피해를 야기하며 다른 도로에 비해 더 큰 지체를 일으키기 때문에 신속한 사고처리가 이루어져야 한다. 지금까지 우리나라 고속도로순찰대는 별도의 이론적 기반 없이 고속도로 건설과 함께 새로운 노선 상의 접근이 용이하거나 교통량이 많은 곳 부근에 건설되었고, 관할구간도 노선 및 행정구역 경계에 따라 설정되었다. 본 연구에서는 사고지점으로부터의 최단거리를 기준으로 사고처리 관할구간을 설정하는 maximum covering 문제 및 사고 수에 가중된 *p*-center 문제를 통해 최적입지를 구하였다.

그 결과, 관할구간을 변경하는 것만으로도 5.5km의 사고 당 평균 처리거리를 감소시킬 수 있는 것으로 확인되었다. 또한, 제시된 모형들의 해를 기반으로 순찰대 입지를 변경할 경우 현재 입지에 비하여 8~10km의 평균처리거리와 10~12분의 평균처리시간이 개선될 수 있음을 확인하였다. 개선효과 자체도 큰 의미를 가지지만, 본 연구에서 제시한 고속도로순찰대 입지모형 및 방법론은 향후 고속도로순찰대 추가 건설 및 개선사업 진행시 이론적 토대를 제공할 수 있는 기초연구가 될 것이다.

본 연구에서는 사고 수에 대한 가중치만을 고려하였는데, 향후 심각도를 반영할 수 있도록 모형을 확장할 수 있을 것이다. 신속한 사고 처리뿐만 아니라 총 비용 최소화를 위한 median problem의 적용도 유의미한 결과를 도출할 수 있을 것이다. 나아가 산출된 최적 입지를 기반으로 관할구간 내의 순찰 운영전략을 수립, 적용하여 더욱 현실적인 개선에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] M. S. Daskin, *Network and Discrete Location,* Wiley-Interscience Publication, 1995.

[2] C. Toregas, R. Swain, C. ReVelle, and L. Bergman, “The Location of Emergency Service Facilities,” *Operations Research*, vol. 19, no. 6,

pp.1363-1373, 1971.

[3] R. Church, and C. R. Velle, "The Maximal covering location problem," *Papers in Regional Science*, vol. 32, no. 1, pp.101-118, 1974.

[4] Y. Kim, "Optimal Allocation and Model of Public Service Facilities in Local Cities – A Case study for Optimum Locationo of Emergency Fire Stations," *The Journal of Korea Planners Association*, vol. 34, no. 1, pp.65-85, 1999.

[5] G. Kim, C. Song, and S. Kang, "Siting fire Stations Based on the Maximal Covering Location Theory in the Seoul Metropolitan Region," *The Journal of Korea Planners Association*, vol. 38, no. 3, pp.317-324, 2003.

[6] D. J. Eaton, M. S. Daskin, D. Simmons, B. Bulloch, and Glen Jansma, "Determining Emergency Medical Service Vehicle Deployment in Austin, Texas," *Interfaces*, vol. 15, no. 1, pp.96-108, 1985.

[7] M. Curtin, K. Hayslett-McCall, and F. Qiu, "Determining Optimal Police Patrol Areas with Maximal Covering and Backup Covering Location Models," *Networks and Spatial Economics*, vol. 10, no. 1, pp.125-145, 2007.

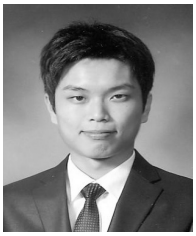
[8] S. L. Hakimi, "Optimum Locations of Switching Centers and the Absolute Centers and Medians of a Graph," Operations Research, vol. 12, no. 3, pp.450-459, 1964.

[9] Y. Kim, and H. Kim, "A study on Location Model of Emergency Medical Services – Focused on a Emergency Ambulance System of United Chinju City," *The Journal of Korea Planners Association*, vol. 30, no. 6, pp.125-141, 1995.

[10] R. Sanchez-Mangas, and A. Garcia-Ferrrer, "The probability of death in road traffic accidents. How important is a quick medical response?," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 42, no. 4, pp.1048-1056, 2010.

[11] L. Brotcorne, G. Laporte, and F. Semet, "Ambulance location and relocation models," *European Journal of Operational Research*, vol. 147, no. 3, pp.451-463, 2003.

저자소개



김 명 현 (Kim, Myeonghyeon)

현 재 : 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 연구원
2012년 : 서울대학교 건설환경공학부 석박사통합과정 수료
2009년 : 서울대학교 지구환경시스템공학부 공학사
e-mail : audxo123@snu.ac.kr

김 효 승 (Kim, Hyo-Seung)

현 재 : 서울대학교 공과대학 건설환경종합연구소 선임연구원
2012년 : 서울대학교 건설환경공학부 교통공학 박사
2006년 : 서울대학교 지구환경시스템공학부 교통공학 석사
2004년 : 서울대학교 지구환경시스템공학부 공학사
e-mail : seung43@snu.ac.kr

김 동 규 (Kim, Dong-Kyu)

현 재 : 서울대학교 공과대학 건설환경종합연구소 연구교수
2006년 : 서울대학교 지구환경시스템공학부 교통공학 박사
2001년 : 서울대학교 토목과 교통공학 석사
1999년 : 서울대학교 토목과 공학사
e-mail : kimdk95@snu.ac.kr

이 청 원 (Lee, Chungwon)

현 재 : 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 교수
1998년 : University of Texas at Austin, Ph.D.(Transportation Engineering)
1988년 : 서울대학교 토목과 교통공학 석사
1986년 : 서울대학교 토목과 공학사
e-mail : chungwon@snu.ac.kr