

무인택배함의 최적입지 선정을 위한 방법론 개발

Developing an Optimal Location Selection Methodology of Unmanned Parcel Service Box

이 향 숙* · 진 무 위** · 추 상 호***

* 주저자 : 인천대학교 동북아물류대학원 교수

** 공저자 : 인천대학교 동북아물류대학원 석사과정

*** 교신저자: 홍익대학교 도시공학과 교수

Hyangsuuk Lee* · Maowei Chen** · Sangho Choo***

* Incheon National Univ.

** Incheon National Univ.

*** Hongik Univ.

† Corresponding author : Sangho Choo, shchoo@hongik.ac.kr

Vol.16 No.4(2017)

August, 2017

pp.13~24

ISSN 1738-0774(Print)

ISSN 2384-1729(On-line)

<https://doi.org/10.12815/kits.2017.16.4.13>

2017.16.4.13

Received 25 June 2017

Revised 1 October 2017

Accepted 30 October 2017

© 2017. The Korea Institute of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요 약

본 연구에서는 무인택배함의 최적입지를 선정하기 위한 입지조건 정의, 설치개수 결정, 최적입지 선정의 과정을 순차적으로 결합한 방법론을 개발한다. 우선 입지조건으로는 블록화, 접근성, 지역 중심공공시설이 제시되며, 선정된 입지에 대해 set-covering모형과 p-median모형을 적용하여 설치개수와 최적입지를 각각 결정한다. 이러한 과정을 실제 사례에 적용해 봄으로써 모형의 타당성과 실효성을 검증해 본다. 일반주택과 다세대주택으로만 구성된 안산의 한 지역을 대상으로 분석한 결과, 필요한 무인택배함은 2개로 결정되었으며, 5개 후보지 중 가장 적절한 2개 장소가 최적입지로 제시되었다. 이러한 방법론은 무인택배함 설치시 최적의 결정을 내리기 위한 가이드라인을 제공하며, 택배 관련 강력범죄 예방 및 택배이용 활성화를 통한 경제적 파급효과를 기대해 볼 수 있다.

핵심어 : 무인택배함, 최적입지조건, set-covering모형, P-median모형

ABSTRACT

This paper presents a sequentially combined method of determining location conditions, the number of unmanned parcel service box and their optimal locations. First of all, block, accessibility and main public facilities are considered as location conditions and then set-covering model and p-median model are adopted for deciding the number of unmanned parcel service box and optimal locations, respectively. A case study for a region composed of small housings and multiplex housings in Ansan is conducted to prove the validation and application of the proposed method. The result indicates that 2 unmanned parcel service boxes are necessary in specific public places. The research contributes to reasonable choice of unmanned parcel service boxes, crime reduction relevant to delivery man impersonation and economic benefit due to parcel service industry growth.

Key words : unmanned parcel service box, optimal location condition, set-covering model, p-median model

I. 서 론

전자상거래 비중이 빠르게 늘어남에 따라 택배물량이 한해 평균 10%이상 증가하고 있으며, 2014년 들어서는 하루 배송되는 택배물량이 400만개를 넘어서고 있다. 택배물량의 급속한 증가와 함께 다양한 문제점들이 발생하고 있는데, 그 중 가장 심각한 것은 최근 택배기사를 사칭한 강력범죄가 급증하면서 택배를 수령해야 하는 고객들의 불안감이 늘어나고 있다는 것이다. 최근 3년간 20여 건의 택배기사·검침원을 사칭한 범죄가 발생하면서 ‘택배’는 여성과 노약자에게 기피대상이 되고 있다. 여성가족부가 실시한 ‘2013년 성폭력실태조사’에 따르면 여성 10명중 7명이상(76%)이 집에 혼자 있을 때 택배기사 등 낯선 사람의 방문이 두렵다고 응답하였다. 또한 분실, 파손, 배송지연 등 각종 사고의 급격한 증가로 소비자들의 불만이 많아짐과 동시에 소비자와 택배회사 간 분쟁이 끊임없이 발생하고 있다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해 정부 관련부처(안전행정부, 국토교통부, 산업안전통상부, 보건복지부 등)는 2014년 8월 13일 ‘제119차 가정방문서비스안전대책 관련 안전정책조정 실무회의’를 개최하였으며, 택배 관련 여성들의 불안감을 해소하고 자택 부재 시 시민들의 편의를 제고하기 위한 여러 대책을 논의하였다. 이를 통해 국토교통부는 500세대 이상이 거주하는 공동주택에 무인택배함을 설치하도록 제도화하기로 하였다. 안전행정부는 무인택배함을 전국으로 확산하기 위해 우수사례를 발굴하고, 무인택배함 설치운영가이드라인을 마련하며, 예산지원방안을 검토하기로 하는 등의 성과를 이루었다.

그러나 다세대주택, 빌라 등 소규모 공동주택에 대한 구체적 대책 마련이 미흡한 실정이다. 경비실이 있는 아파트나 오피스텔 등에 거주하고 있는 주민들의 경우 경비원을 통해 택배대리 수령이 가능하나, 경비실이 없는 다세대주택은 부재 시 택배물건 수령에도 어려움이 있으며, 범죄에 더욱 취약하기 때문에 무인택배함의 도입이 더욱 시급하다.

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 일반주택, 다세대주택 밀집지역에 적합한 무인택배함입지 선정 방법에 대해 연구한다. 무인택배함은 고객들의 접근이 쉬워야 하며, 각각의 수요를 효과적으로 커버할 수 있는 지점에 위치해야 한다. 하지만 필요한 무인택배함 개수가 몇 개인지, 또 그것이 어디에 위치해야 하는지에 대한 판단근거가 명확하지 않다. 따라서 과학적인 방법에 기반을 둔 무인택배함 설치방안의 제시를 통해 시민들의 안전성과 편리성을 제고 할 수 있는 토대를 마련하고자 한다.

II. 선행연구 검토

국·내외 문헌을 검토해보면 시설물의 최적입지를 선정하기 위한 연구가 활발히 이루어졌음을 알 수 있다. 국내의 경우 2000년대 들어 시설물의 최적입지를 결정하기 위한 연구가 활발히 이루어지기 시작하였으며, 대부분 p-median모형을 이용하여 공공도서관, 구청사, 문화시설 등 대형 공공시설의 위치를 선정하였다. 국외의 경우 특정 시설물의 최적입지를 직접 선정하는 연구와 함께 모형 및 해답알고리즘을 개발하는 연구도 다수 수행된 것으로 나타났다.

1. 국내 연구동향

국내의 경우 시설물 최적입지를 선택하기 위한 방법론 개발 및 적용에 관한 연구가 여러 분야에서 활발히 이루어졌다. 입지선정 대상은 주로 공공도서관, 구청사, 문화시설, 태양광시설, 공공자전거 스테이션 등 대형

공공시설이었으며, 일부 물류단지, 스포츠용품점, 조선소 등 개인시설도 포함되었다. 최적입지 선정을 위한 고려항목으로는 주로 거리(반경), 거리, 비용, 이용수요, 기하구조, 인구, 지역특성 등이 선정되었다. 선행연구에서 가장 빈번하게 적용된 모형은 set-covering모형, p-median모형, heuristic p-median모형 이었으며, 시설물이 커버하는 서비스 범위는 시설물 용도에 따라 적게는 50m에서 많게는 3.2km까지로 설정되었다. 선행연구의 자세한 내용은 <Table 1>에 요약되어 있다.

<Table 1> Summary of Former Studies

Authors (year)	Subject	No. of facilities	Decision factors	Model	Service area
Ooh (1998)	Distribution center	21	Average distance, Maximum distance	binary integer programming	-
Lee et al. (2000)	Logistics complex	5	Transportation cost, Freight volume, Scale, Construction cost	mixed integer programming, fuzzy mixed-integer programming	-
Choe et al. (2001)	Oil tank	11	Demand , Freight volume, Condition of ports	heuristic p-median	-
Han (2002)	Public library	4	Service radius, Life zone, Accessibility, Center facilities, Population	p-median, set-covering, maximal covering location	1.5km
Yu et al. (2008)	CNG filling station	12	Depreciation cost, Personal expenses, Insurance cost, Operation cost, Fuel cost	heuristic algorithm	-
Yun et al. (2008)	Culture facilities	4	Altitude, Slope, Population density Road access,	p-median	5km
Yun (2009)	New shipyards	8	Transportation cost, Regionality, Land, Labor	-	-
Lee et al. (2010)	Solar-powered facilities	16	Altitude, Slope, Direction, Distance between roads, Salt damage, pollution, icing, snow, lightning trouble	-	-
Park (2011)	Subway Pickup Point	20	No. of Passengers, Passengers capture rate	Greedy heuristic algorithm	-
Go et al. (2012)	Electric Taxi Battery Exchange Stations	25	Maximum service area, Economic restriction requirement, Service volume	p-median	10km
Lee (2012)	WIFI system	206	Geographical coverage, Signal strength, Multiple frequency offset	multi-level location, set-covering	100m
Lee et al. (2013)	WIFI system	42	Geographical coverage, Population ratio	set-covering, maximal covering location	1.6~3.2km
Park et al. (2013)	Bicycle parking	30	Demand facilities, Public transportation	heuristic p-median	500m
Chang et al. (2013)	Public bicycle stations	107	Public transportation convenience, Population, Students demand, Population distribution	p-median	300m
Choe (2014)	Sport shops	5개	Distance between customs and shops, Necessary expense	p-median	-
Hong et al. (2014)	Unmanned delivery lockers	29	Average distance, Average cost, Average time	p-median, set-covering	300m

2. 국외 연구동향

국외의 경우 특정 시설물의 최적입지를 선정하기 위한 모형 및 알고리즘 개발 연구가 빈번히 이루어졌다. 주로 set-covering 모형, p-median 모형을 토대로 최적 건물수 결정 및 위치 선정 문제를 동시에 다루었으며, 모형의 적용 가능성을 증명하고, 다양한 해답알고리즘을 개발하였다. (Chiyoshi et al.,(2002); Hwang(2004); Levanova and Loresh(2004); Avella et al.,(2012); Hansen et al.,(1998); Church et al.,(2003); Davari et al.,(2011); Won and Lee(2004); Reville et al.,(2008); Jackson et al.,(2007); Berman and Krass(2002); Serra and Marianov (1998); Mladenovic et al.,(2007); Lorena and Pereira(2002); Berman and Drezner(2008); Ashayeri et al.,(2005), Senne et al.,(2005); Karasakal et al.,(2004); Resende and Werneck(2004)).

특정 시설물의 입지선정을 연구한 논문 중 Ye et al.(2011)은 대만에서 재활용 센터를 선정 문제를 set-covering 모형과 p-median 모형으로 풀어냈는데, 이는 본 연구의 방법론과 매우 유사한 것으로 나타났다. Upchurch and Kuby(2010)는 주유소를 설치하기 위한 최적장소 선정을 위해 p-median 모형과 flow-refueling 모형의 결과를 비교·분석하였다. Galvao et al.(2002)의 경우 의료시설의 최적입지를 결정하기 위해 hierarchical location 모형을 개발하여 적용하였다. Teixeira and Antunes(2008)는 공공시설 설립을 계획하기 위해 hierarchical location 모형을 이용하였다.

Ⅲ. 분석의 절차 및 적용 이론

본 연구에서는 무인택배함의 입지조건 설정, 설치개수 결정, 최적입지 선정의 과정을 순차적으로 결합한 방법론을 제시한다. 제시된 모형은 규범적 모형인 최적화 기법에 근거하였으며, 사례 분석을 통해 실효성 있는 결과를 도출해보고자 한다.

1. 입지조건 설정

무인택배함 적정 위치를 선정하기 위해서는 명확한 기준을 설정해야 한다. 입지선정 관련 국내외 연구를 종합적으로 요약해보면 공공시설의 입지조건으로는 주로 접근성 및 교통의 편리성, 상가지역 및 지역의 중심지가 언급되었으며, 그 외 확장 가능한 부지와 주차공간, 자연환경 등이 거론되었다. 본 연구는 Han(2002)이 정의한 공공시설물 입지 조건을 토대로 무인택배함 입지선정 시 고려해야 할 조건을 다음과 같이 정의하고자 한다.

1) 블록화

무인택배함은 동일 생활권에 주거하는 사람들이 많이 이용할 수 있도록 주거지역 내 설치하는 것이 바람직하다. 다만 반드시 도보를 통한 접근이 가능해야 하고, 안전한 이동이 가능해야 하며, 불필요한 시간 소모가 발생하지 않아야 이용 활성화가 가능하다. 따라서 횡단보도 통해 길을 건너야 할 경우 블록이 구분되도록 설정한다. 블록은 본 연구에서 개발한 방법론을 적용하는 분석단위이다. 블록의 크기에 따라 필요한 무인택배함의 개수는 다르게 설정될 것이다.

2) 접근성

접근성은 택배이용자와 택배회사의 관점에서 모두 고려되어야 한다. 이용자 관점에서는 도보로 접근 가능

해야 하며, 집과 무인택배함 간 이동경로에 안전성, 편리성 등 쾌적한 도보환경이 확보되어야 한다. 또한 주민의 일상생활 동선과 같은 선상에 위치시켰을 때 무인택배함의 활성화 가능성은 더욱 높아진다. 예를 들어 직장인의 경우 퇴근하면서 무인택배함에 들러 택배를 찾을 수 있고, 학생의 경우에 등하교시 택배를 찾을 수 있기 때문이다. 택배회사 관점에서는 화물차량 접근이 가능한 도로가 형성되어 있고, 물품이동을 위한 차량 주정차가 가능한 곳이어야 한다. 이러한 접근성은 교통의 편의성으로 대변될 수 있다.

3) 지역의 중심시설

공공기관은 일반적으로 주민의 이용 편의성과 형평성을 고려하여 접근성이 매우 좋은 곳에 건립된다. 주민의 일상생활과 상당히 밀접한 관련이 있는 시설로서 주민의 인식성이 높은 시설들이기 때문에 무인택배함 설치시 이용효과가 높을 것으로 예상된다. 현실적으로 개인소유의 부지에 무인택배함 설치공간을 할애하는 것은 불가능하므로 적정 공공기관에 무인택배함 설치 공간을 확보하는 것이 바람직하다.

2. 설치개수 결정

Set-covering모형은 수요지와 공공시설 간에 최대 허용 거리를 미리 정해놓고, 그 조건을 만족시키는 범위 내에서 설치할 무인택배함의 개수를 최소로 하는 것이 목적이다. Toregas(1971)에 의하여 처음 제안된 시설 입지모형은 서비스 가치는 최대 허용 거리 내에서는 거의 변화하지 않지만, 그 범위를 넘어서면 급격히 감소한다고 가정한다. 따라서 모든 시설 이용고객이 최대 허용거리 이내에서 서비스를 받도록 해야 한다. 이러한 모형을 적용할 수 있는 대표적인 공공시설은 응급 의료시설이나 소방서, 경찰서 등을 들 수 있다. 이러한 공공서비스 유형은 고객과 가장 가까운 해당 시설 사이의 적정 도달시간을 정하여 이 범위 내에 시설을 입지함으로써 모든 잠재 고객에게 비슷한 서비스 수준을 제공하게 된다. 본 연구에서 적용한 set-covering모형은 다음과 같다.

$$\text{minimize } \sum_{j \in J} x_j \tag{1}$$

$$\text{subject to } \sum_{i \in J} a_{ij} x_j \geq 1 \quad \forall i \in I \tag{2}$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \tag{3}$$

index:

i: 수요지 ($i \in I$)

j: 무인택배함위치 ($j \in J$)

Decision variable:

$x_j = 1$, 만약 노드 j 에 무인택배함이 설치되면, 그렇지 않으면, $x_j = 0$

$y_{ij} = 1$, 수요지 i 가 무인택배함 j 를 이용하면, 그렇지 않으면, $y_{ij} = 0$

Eq.(1)는 목적함수로 무인택배함의 설치개수를 최소화하고자 한다.

Eq.(2)는 각 수요지 i 가 반드시 한개 이상의 무인택배함 j 에 의해 서비스를 받아야 함을 의미하는 제약조건이다.

Eq.(3)는 결정변수 x_j 가 0 혹은 1의 값을 가져야 하는 제약조건이다 (binary variable).

3. 최적입지 선정

P-median모형을 통하여 대상지역의 무인택배함 입지를 선정한다. p-median 문제는 예를 들어 공장, 창고, 물류센터 또는 공공시설 등을 설치할 수 있는 후보입지가 주어져 있다고 가정하는데, 이때 각 후보입지는 소비자 수요 발생지역을 의미한다. 각 시설로부터 각 소비자에게 제품을 수송할 때 소요되는 단위당 수송비와 수송거리가 주어져 있다고 가정할 때, 최소의 수송비용으로 모든 소비자의 수요를 충족시킬 수 있는 P개 이하의 시설 설치 입지를 결정하는 문제이다. 주로 경찰서, 소방서, 전화국, 공공의료시설, 환경처리시설 등과 같은 공공시설이나 백화점, 대형할인매장, 자동차영업소 등과 같이 경쟁사들과의 경쟁이 치열한 민간시설의 입지선정 문제나 통신 및 전력수송 집선장치 위치 선정 문제, 파이프라인 시스템 설계문제 등과 같은 많은 응용분야에서 자주 발생하는 문제이다. 본 연구에서 적용한 p-median모형은 다음과 같다. P값은 set-covering 모형에서 산출된 값을 적용한다.

$$\text{minimize} \quad \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} h_i d_{ij} y_{ij} \tag{4}$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \tag{5}$$

$$\sum_{j \in J} x_j = P \tag{6}$$

$$y_{ij} \leq x_j \quad \forall i \in I, \forall j \in J \tag{7}$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \tag{8}$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \tag{9}$$

index:

i: 수요지 ($i \in I$)

j: 무인택배함위치 ($j \in J$)

data:

h_i = 수요지의 수요량

d_{ij} = 수요지와 무인택배함의 입지점의 거리

P = 무인택배함의 수

Decision variable:

$x_j = 1$, 만약 노드 j 에 무인택배함이 설치되면, 그렇지 않으면, $x_j = 0$

$y_{ij} = 1$, 수요지 i 가 무인택배함 j 를 이용하면, 그렇지 않으면, $y_{ij} = 0$

Eq.(4)는 목적함수로 무인택배함과 수요자간의 총 통행거리를 최소화한다. 수요지 i 와 무인택배함의 입지점 j 의 거리 d_{ij} 는 네트워크상에서 결절점 사이의 최단경로를 나타낸다.

Eq.(5)의 제약조건은 각 수요지, 즉 수요발생지점은 반드시 하나의 무인택배함에 의해 서비스를 받음을 의미하며, 중복 서비스나 서비스 부재지역이 존재하지 않음을 나타낸다.

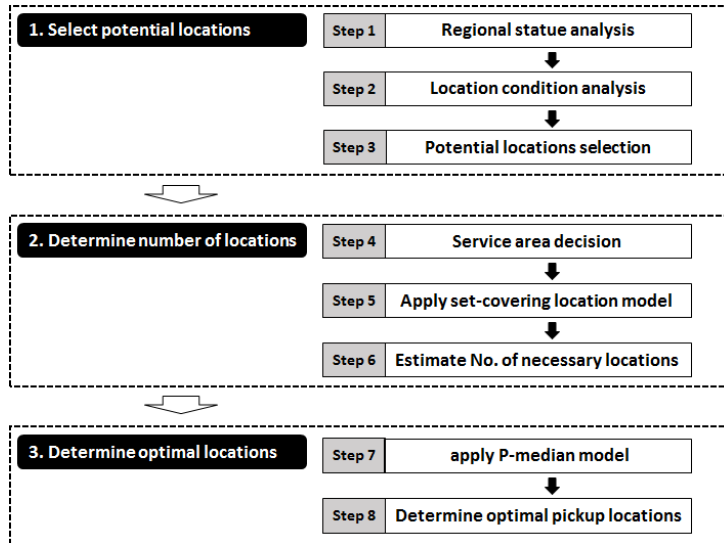
Eq.(6)는 무인택배함의 설치 개수를 P로 정의하는 제약조건이다.

Eq.(7)는 수요지 i 가 j 에 입지한 무인택배함의 서비스를 받을 경우, 반드시 j 에서 무인택배함이 운영되어야 함을 의미하는 제약조건이다.

Eq.(8)과 Eq.(9)은 결정변수 y_{ij} , x_j 가 0 혹은 1의 값을 가질 수 있도록 하는 제약조건들이다.

IV. 사례분석

사례분석은 크게 입지후보 선정, 설치개수 결정, 최적입지 선정 세부분으로 구성된다. 세부 수행절차는 <Fig. 1>에 나타나 있다.



<Fig. 1> Analysis Process

1. 사례지역 현황

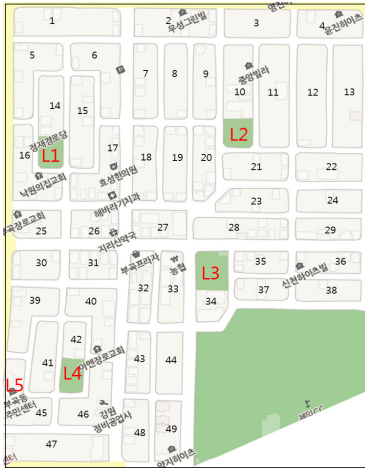
경기도 안산시 상록구 부곡동은 총면적 5.98km², 인구 23,500여명, 약 9,334가구로 구성되어 있으며, 주요 기관으로 학교 5개교, 의료기관 13개소 등이 위치해 있다. 이 지역은 아파트뿐만 아니라 다세대주택, 빌라 등 소규모 공동주택이 많기 때문에 무인택배함의 역할이 중요한 지역이다.



<Fig. 2> Case Study Region

2. 입지후보 선정

본 논문에서는 생활권, 접근성, 지역의 중심시설을 고려하여 부곡동의 무인택배함 설치가능지역, 즉 입지 후보를 다음과 같이 선정하였다. 주로 어린이공원, 주민센터 등 공공건물이 선택되었다.



〈Fig. 3〉 demand areas and potential sites

〈Table 2〉 5 Potential Locations

Potential Locations	No	Name
	L1	Senior Citizen Center
	L2	Saemal Children's Park
	L3	Lovely Children's Park
	L4	Taemadang Children's Park
	L5	Bugokdong Community Centers

3. 설치개수 결정

일반적으로 무인택배함의 설치개수가 많아질수록 고객의 이용 편의성은 증가되고 만족도가 증가할 것이다. 하지만 설치개수의 증가에 따라 비용 또한 증가하게 되는데 이러한 문제를 해결하기 위해 경제적 제약요건을 고려하여야 한다. 이를 위하여 시설 간의 최대 허용거리를 모두 커버 할 수 있는 최소의 입지 수를 결정하는 의사결정 기법인 set-covering모형을 적용한다.

1) 서비스 범위 결정

무인택배함의 타당한 서비스범위를 설정하기 위하여 공정거래위원회에서 골목상권 보호를 위해 마련한 모범거래기준의 편의점 간 거리제한에 주목하였다. 일반적으로 가정에서 편의점까지의 거리는 부담 없이 편안하게 다녀올 수 있는 거리라고 판단이 들었기 때문이다. 편의점의 경우 250m의 거리제한을 두고 있다. 즉 편의점은 보통 250m간격으로 위치해있을 것이라고 가정하고 일반화하였으며, 무인택배함을 이용하기 위한 보행접근거리 역시 이와 유사한 수준일 것이라고 유추하였다. 따라서 서비스 범위는 이보다 조금 여유 있는 300m 설정하였다.

이를 통해 무인택배함 영향권 내에 수요지를 포함시키기 위해 반드시 필요한 수, 즉 무인택배함 설치개수의 최소값(P)을 구할 수 있다.

2) CPLEX을 이용한 Simulation 결과

본 연구에서는 CPLEX의 set-covering모형의 코드를 먼저 생성한 후, 경기도 안산시 부곡동의 거리데이터를

입력하여 그에 따른 최적 해를 산출하였다. 시설간의 최대 허용거리를 300m로 설정하였을 때, 부곡동의 5개 입지후보 중에서 수요지 49개를 모두 포함시키는 무인택배함 최소 입지 수, 즉 P값은 2개인 것으로 분석되었다.

4. 최적입지 선정

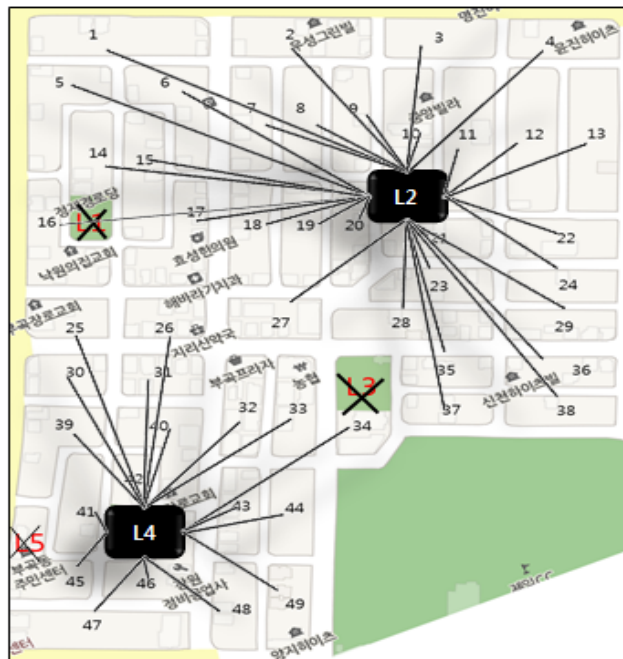
무인택배함은 공공시설로서 누구나 접근이 용이하고 편리한 곳에 위치해야 한다. 따라서 본 연구에서는 무인택배함을 이용하는 수요자를 위해 시설물의 위치에서 평균거리 또는 평균 통행시간, 평균 통행비용이 최소화되도록 위치를 선정하는 알고리즘인 p-median모형을 적용함이 적합하다고 판단하였다.

1) P값 적용

무인택배함의 개수, 즉 P값은 앞서 계산한 2개를 적용하도록 하며, 모든 이용자들은 가장 가까운 무인택배함 1개소를 이용한다고 가정한다.

2) CPLEX을 이용한 Simulation 결과

본 연구에서는 CPLEX의 p-median모형의 코드를 먼저 생성한 후, 거리데이터를 입력하여 그에 따른 최적 해를 산출하였다. 각 수요지는 반드시 하나의 무인택배함에 의해 서비스를 받아야 한다는 가정 사항에 따라, 부곡동의 수요지 49개를 모두 포함시키는 무인택배함 최소입지 수 2개소의 최적 위치는 L2(새마을어린이공원)와 L4(태마당어린이공원)으로 나타났다.



〈Fig. 4〉 Coverage area of each unmanned parcel box

V. 결 론

1. 연구의 결론 및 기대효과

본 연구에서는 무인택배함의 입지조건 설정, 설치개수 결정, 최적입지 선정의 과정을 순차적으로 결합한 방법론을 제시하였으며, 사례 분석을 통해 실효성 있는 결과를 도출해 보았다. 일반주택과 다세대주택으로 구성된 안산의 한 지역을 대상으로 하여 무인택배함의 적정 설치개수를 찾고, 최적 입지를 선정하였다. 분석 결과, 필요한 무인택배함은 총 2개로 나타났으며, 5개 공공장소 중 새말어린이공원, 태마당어린이 공원이 각각 적절한 위치로 채택되었다. 이러한 결과는 지도를 통해 가시화시킴으로서 2개 공급지가 전체 수요지를 모두 충족할 수 있음을 시각적으로 확인하였다.

개발된 방법론은 현재 무인택배함의 설치를 장려하고 실제 설치를 수행하는 정부/지자체 관계자들에게 참고자료 및 가이드라인을 제공한다. 또한 안전에 취약하고 택배 분실사고가 빈번한 다세대주택, 빌라 등 소규모 공동주택의 안전 증대에 이바지 한다. 특히 택배기사와 직접 대면하지 않아도 되기 때문에 택배기사를 사칭한 강력범죄를 근절시킬 수 있다. 2009년도 법률신문에 의하면 절도·사기·횡령 등 재산범죄 한 건이 일어날 때마다 평균 4,997만원, 살인·강도 등 강력범죄와 교통범죄는 4,415만원의 비용이 소요되는 것으로 집계됐다. 택배기사를 사칭하는 강력범죄는 보통 절도, 살인, 강도 등의 범죄를 포함하는데 이를 예방할 수 있다면 많은 사회적인 비용을 절감할 수 있다. 최근 3년간 택배기사를 사칭한 범죄가 20여건이 발생했는데, 이를 막았더라면 약 10억 원의 사회적 비용 절감효과가 있었을 것이다. 그밖에 무인택배함 서비스로 인해 편리성이 증대된다면 기존에 이용하던 사람들뿐만 아니라 이용하지 않던 사람들도 많은 택배를 이용할 수 있다. 이렇게 되면 제조업체, 택배회사, 소비자 간 연결고리가 더욱 활성화되고, 다양한 경제적 파급효과가 창출될 수 있을 것으로 기대된다.

2. 연구의 한계점과 향후 과제

본 연구는 일반주택, 다세대주택을 위한 무인택배함의 필요성 인식을 바탕으로 p-median모형 등 다양한 수리적인 모형을 사용하여 최적의 입지를 선정하는 방법론을 개발했다는 점에서 의의가 있으나 다음과 같은 한계점 및 향후 과제를 남긴다.

첫째, 본 연구에서 사용한 수리모형은 가장 중요한 요소인 거리와 수요를 반영하였으나, 기타 다양한 변수들은 고려하지 못하였다. 즉 무인택배함 접근시 접하게 되는 다양한 주변환경 관련 요인들을 일일이 반영하지 못하였다. 대부분 자료의 획득이 어렵고 정량화 어렵기 때문에 그 결과를 수리적 모형에 적용하는데 한계가 있었다. 향후 다양한 요소를 고려한 무인택배함 모형 개발이 필요할 것이다.

둘째, 본 연구에서는 자치구의 예산문제와 사업수행 능력을 고려하지 못하였다. 사실 무인택배함을 설치함에 있어 현실적인 가장 큰 문제는 바로 예산문제일 것이다. 현재 서울 및 수도권 소재 지자체를 대상으로 무인택배함 확산되는 추세이나, 영세한 도시나 시골지역의 경우 현실적으로 설치가 어렵다. 또한 설치 후 어떻게 운영하고 관리할 지에 대해 구체적인 논의가 이루어지지 않을 채 설치에만 급급하고 있는 실정이다. 향후 정책적 측면에서의 논의 및 연구가 이루어져야만 지속 가능한 주민서비스가 실현될 수 있다.

셋째 본 연구에서는 무인택배보관함의 입지조건을 블록화, 접근성, 지역의 중심시설로 한정하여 분석을 수행하였다. 추후 이용자 특성, 사회적, 경제적 특성 등의 다양한 요소를 고려하여 보다 일반화된 입지조건을 도출해낼 필요가 있다. 또한 네트워크를 확장하여 보다 실효성 있는 결과를 도출해 내야 할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2015년 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구사업임(NRF-2016R1D1A1B03934730).

REFERENCES

- Ashayeri J., Heuts R. and Tammel B.(2005), "A modified simple heuristic for the p-median problem, with facilities design applications," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 21, pp.451-464.
- Avella P., Boccia M., Salerno S. and Vasilyev I.(2012), "An aggregation heuristic for large scale p-median problem," *Computers & Operations Research*, vol. 39, pp.1625-1632.
- Berman O. and Drezner Z.(2008), "A new formulation for the conditional p-median and p-center problems," *Operations Research Letters*, vol. 36, pp.481-483.
- Berman O. and Krass D.(2002), "The generalized maximal covering location problem," *Computers & Operations Research*, vol. 29, pp.563-581.
- Canós M. J. Ivorra C. and Liern V.(2008), "Marginal analysis for the fuzzy p-median problem," *European Journal of Operational Research*, vol. 191, pp.264-271.
- Ceselli A. and Righini G.(2005), "A branch and price algorithm for the capacitated p-median problem," *Networks*, vol. 45, pp.125-142.
- Chiyoshi F. Y., Galvão R. D. and Morabito R.(2003), "A note on solutions to the maximal expected covering location problem," *Computers & Operations Research*, vol. 30, pp.87-96.
- Choe G. J.(2001), "Oil Tank Location Problem Solving with Mixed Integer Programming & GIS," *KiSiT*, vol. 19, pp.99-108.
- Choi S. B.(2014), "Decision of p-Sports Shops Location Using p-Median Method," *IKSSS*, vol. 3, pp.855-863.
- Davari S., Zarandi M. H. F. and Hemmati A.(2011), "Maximal covering location problem (MCLP) with fuzzy travel times," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, pp.14535-14541.
- Dell'Amico M., Hajicostantinou E., Iori M. and Novellani, S.(2014), "The bike sharing rebalancing problem: mathematical formulations and benchmark instances," *Omega*, vol. 45, pp.7-19.
- Galvao R. D., Espejo L. G. A. and Boffey B.(2002), "A hierarchical model for the location of perinatal facilities in the municipality of Rio de Janeiro," *European Journal of Operational Research*, vol. 138, pp.495-517.
- Gim J. G.(2013), "Development of a Lagrangian Heuristic for Solving Regional Coverage Problem," *KCA*, vol. 13, pp.143-153.
- Go J. H.(2012), "Locating Electric Taxi Battery Exchange Stations Using P-median Models in Seoul," *RISS*, vol. 2012, pp.657-662.
- Han Y. S.(2002), "(A) Study on the Location Selection of a Public library," *RISS*, vol. 7, pp.1-80.
- Hwang H. S.(2004), "A stochastic set-covering location model for both ameliorating and deteriorating items," *Computers & industrial engineering*, vol. 46, pp.313-319.

- Jackson L. E., Rouskas G. N. and Stallmann M. F.(2007), "The directional p-median problem: Definition, complexity, and algorithms," *European Journal of Operational Research*, vol. 179, pp.1097-1108.
- Lee S. J.(2000), "Applications of Fuzzy Theory on The Location Decision of Logistics Facilities," *KiSTi*, vol. 18, pp.75-85.
- Levanova T. Y. V. and Loresh M. A.(2004), "Algorithms of ant system and simulated annealing for the p-median problem," *Automation and Remote Control*, vol. 65, pp.431-438.
- Ooh S. C.(1998), "Location Determination Model for Distribution Center," *KST*, vol. 16, pp.213-218.
- Park B. R.(2013), "Optimum Location Choice for Bike Parking Lots Using Heuristic P-Median Algorithm," *KSCE*, vol. 5, pp.1989-1999.
- Park Z. S.(2011), "Greedy Heuristic Algorithm for the Optimal Location Allocation of Pickup Points: Application to the Metropolitan Seoul Subway System," *EGSK*, vol. 14, pp.16-128.
- Selim Araz C. and Ozkarahan H. I.(2007), "A fuzzy multi-objective covering-based vehicle location model for emergency services," *Computers & Operations Research*, vol. 34, pp.705-726.