

# Steiner Tree 이론을 이용한 최적 우편물 운송망 구축 (Design of Minimal Postal Transportation Path using Steiner Tree)

유용규\* · 이상중  
(Woong-Gyu Lyu · Sang-Joong Lee)

## 요 약

국, 내의 택배시장은 과거 몇 개의 업체에서 독점했으나 현재는 대기업들과 수많은 중소기업들이 참여하고 있어 경쟁이 심화되고 있다. 우편물의 신속한 배송과 운송비용의 최소화는 매우 중요하며 이를 위하여 운송거리의 최단 거리화가 우선 필요하다. 본 논문은 전국의 주요 도시에 배치된 각 우편집중국을 기하학적으로 가장 짧게 연결하는 교환센터의 최적 위치를 찾는 방법을 제시한다. 배전시스템의 최적화, 전력계통의 routing 등에 이용되고 있는 Steiner tree 이론을 최단거리 우편물 운송망 구축에 적용하였다. Steiner tree로부터 선정된 위치에 교환센터를 설치할 경우, 운송비를 절감하여 경영수지를 개선할 뿐 아니라 신속한 배달을 최우선으로 하는 택배 시장에서 우위를 점할 수 있을 것으로 기대된다. Steiner tree 이론은 최단거리를 연결하는 전력소의 위치선정 등 전력계통에도 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## Abstract

Faster, safer and cheaper mailing of the postal matter is essential for surviving in the competitive market of home-delivery service. The Steiner tree connects points minimally in geometrical way and has been used in the distribution system optimization and optimal routing of the transmission lines of the electric power system. This paper proposes a method to select the optimal location of mail distribution center that minimally connect the local mail center of some major cities using the Steiner tree theorem.

Key Words : Steiner tree, postal delivery service, minimal path

## 1. 서론

홈쇼핑 전자상거래 활성화 등, 온라인 거래가 급속히 증가함에 따라 택배 운송량 또한 팽창하고 있다. 운송업체는 글로벌화 되어 국내 뿐 아니라 국외 업체 간에도 치열한 경쟁을 하고 있는 상황이다. 우정사업본부에서는 이러한 경쟁구도에서 우위 선점을 위하여 전국에 물류 전용센터를 지속적으로 구축할 예정이다. 2007년 하반기 포함, 울산, 목포에 집중국을 신설 개국하며, 대전 등 전국 대도시에 소포 전용 물류센터를 구축할 계획이다. 우편물운송 합리화의 기본사항으로서 최단 운송루트 개발은 운송비 절감과 매출액을 증대할 수 있으며, 신속한 배달이 가능하다. [1]

본 논문은 수도권과 영남권, 호남권, 영동권 등, 4개 권역을 가상하고, 각 권역을 중심으로 Steiner tree 이론을 적용함으로써 기하학적으로 가장 짧게 연결하는 교환센터의 최적 위치를 찾는 방법을 제시한다. 배전시

스템의 최적화, 전력계통의 routing 등에 이용되고 있는 Steiner tree 이론을 최단거리 우편물 운송망 구축에 적용하였다. Steiner tree로부터 선정된 위치에 교환센터를 설치할 경우, 운송비를 절감하여 경영수지를 개선할 뿐 아니라 신속한 배달을 최우선으로 하는 택배 시장에서 우위를 점할 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 국내 택배운송시장 환경 및 우체국 운송망 현황

### 2.1 국내 택배운송시장 환경

우리나라는 인구증가와 산업의 발전에 따라 화물물동량이 매년 크게 증가하고 있으며, 국민소득의 증가로 소비자의수요가 개성화, 다양화 되고, 화물의 다품종화, 소량화 경향이 나타나고 있다. 2006년 택배운송 매출액은 2조원을 훨씬 상회하여 지난, 2000년 6000억 원

에 비하여 6년 사이에 3배 이상 증가 하였다. 매년 20~30%씩 성장하는 택배시장을 선점하기 위한 경쟁이 가열되고 있다. 현재 택배시장의 대형업체로는 현대택배, 대한통운, 한진택배, CJ-GLS, 우체국 등이 있으며, 이들의 매출규모는 적게는 1000억 원에서 많게는 2500억 원에 이르고 있다. 이들의 택배시장 점유율은 60% 정도이며, 특히 우체국은 전국에 포진한 3800 여개의 우체국을 택배망으로 활용, 시장을 공략하고 있다. [2]

## 2.2 우체국 운송망 현황

### 가. 대전교환센터와 각 집중국 선로현황

표 1 은 전국 교환참가국과 대전센터간 거리 및 운행시간을 나타낸다.

표 1. 대전교환센터와 교환참가국 선로현황

청 별	교환 참가국명	편도거리	운행시간	비 고
서울청	서울집	177.5	3:00	1990.07
	동서울집	189	3:00	1996.03
	수원집	143	2:30	1999.12
	부천집	198	3:00	2001.06
	고양집	210	3:00	2002.05
	성남집	158.2	2:30	2002.06
	안양집	166.2	3:00	2002.05
	의정부집	204.5	3:00	2002.06
부산청	부산집	281.9	4:00	2000.11
	부산국제	194.4	3:00	기준
전남청	창원집	255.3	3:30	2002.07
	진주집	195	3:00	2002.06
	울산집	285.5	4:00	기준
	남울산우	285.5	4:00	기준
	부산국제	315	4:00	2005.04
전남청	광주집	147.6	2:00	1999.12
	순천집	189.1	3:30	2002.06
경북청	대구집	171	2:30	1999.12
	안동집	213.7	3:50	2002.10
전북청	전주집	46.1	0:50	2000.07
강원청	원주집	192	2:20	1999.12
	강릉집	313.5	4:20	2002.07
충청청	대전집	0.2	0:10	1999.12
	청주집	52.8	1:10	1999.12
	천안집	93.1	1:25	2002.09

표 1 에서 보듯이 대전교환센터까지의 거리와 시간을 분석해 보면,  
 -거리는 최장 315km(부산국제)와 최단 46km(전주집)로서 차는 369km이고,  
 -시간은 최장 4:20(강릉집)과 최단 50분(전주집)으로 3:30의 차를 보인다.

원활한 교환이 이루어지기 위해서는 도착시간이 비슷해야 하는데 먼저 도착한 차량은 많은 시간을 대기해야 하며, 결국 전체 물량의 처리시간이 지연된다.

## 나. 전국 집중국 운송망도

그림 1 은 대전센터를 Hub로 한 운송망도이다.

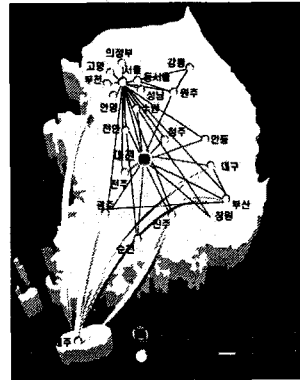


그림 1. 집중국 운송망도

집중국운송 시스템은 대전 1개소를 Hub로 하는 Hub & Spokes System을 기본으로 하고 Point & Point System을 절충한 방식을 채택하고 있다. 즉 집중국간 직 발송이 가능한 것은 직 발송하고 나머지 물량을 대전교환센터에서 교환하는 방식이다.

1개 허브 국으로 전국의 물량을 처리함에 따라 명절 등 물량이 집중 도착될 경우 차량소통이 혼잡하며, 최종 차량이 도착 하여야 교환이 마무리 되므로, 운송시간이 지연된다. 운송거리도 길어져 운송비가 커진다.

### 다. 대전센터와 권역별 운송비 현황

표 2 는 전국을 4개 권역으로 가상하여 각 지역과 대전센터 간의 2006 년도 운송현황이다.

표 2. 2006년 대전센터와 권역별 운송현황

권역별	운송 차량 수 (비율%)	운송 거리 (km)	운송비 단가 (원)	운송비 총계 (비율%)
수도권	34,516 (33.8)	182	260,914	9,005 (31.2)
영남권	31,841 (31.2)	269	314,687	10,019 (34.8)
호남권	18,629 (18.2)	168	245,531	4,574 (15.9)
강원권	17,231 (16.8)	252	303,560	5,230 (18.1)
계	102,217	871		28,828

Remark: 1. 운송 차량 수는 각 지역별 총 차량수  
 2. 운송거리는 각 지역별 평균 운송거리  
 3. 운송비단가는 8t 차량 기준

### 3. Steiner Tree 이론을 이용한 최적 우편물 운송망 구축

#### 3.1 Steiner Tree를 이용한 직사각형의 최단거리 연결

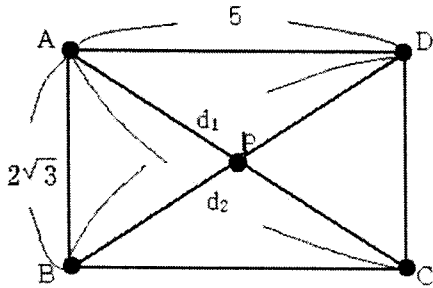


그림 2

는 직사각형이며 AC, BD는 대각선이다. 중심점 P에서 ABCD를 동시에 연결하는 선분의 길이  $\overline{PA}$ ,  $\overline{PB}$ ,  $\overline{PC}$ ,  $\overline{PD}$  는

$$L_x = d_1 + d_2 = 2\sqrt{37} = 12.16 \quad (1)$$

이 된다.

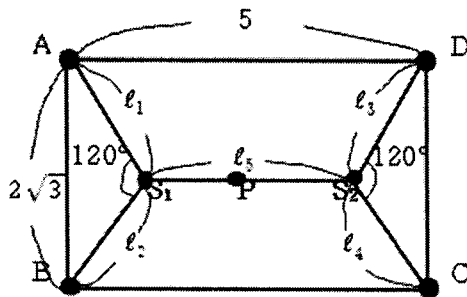


그림 3

그림 3의  $S_1$ ,  $S_2$  점은 Steiner point 이다. 네 점 ABCD와  $S_1$ ,  $S_2$  점을 연결하는 선분  $\overline{AS_1}$ ,  $\overline{BS_1}$ ,  $\overline{S_1S_2}$ ,  $\overline{DS_2}$ ,  $\overline{CS_2}$  길이는

$$L_s = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 = 11 \quad (2)$$

이 된다. Steiner tree가 네 점을 연결하는 최단거리임을 알 수 있다.[3],[4],[5]

#### 3.2 Steiner Tree 이론을 이용한 최적 우편물 운송망 구축

Steiner tree를 이용하여 수도권, 영동권, 영남권, 호남권의 우편 집중국 4 곳을 기하학적으로 가장 짧게 연결하는 연결센터 2 곳을 찾아보자.

##### 가. 권역별 위치도와 Steiner point

그림 4는 전국을 4개 권역으로 하고 Steiner Tree 이론을 적용한 가상 운송도이다

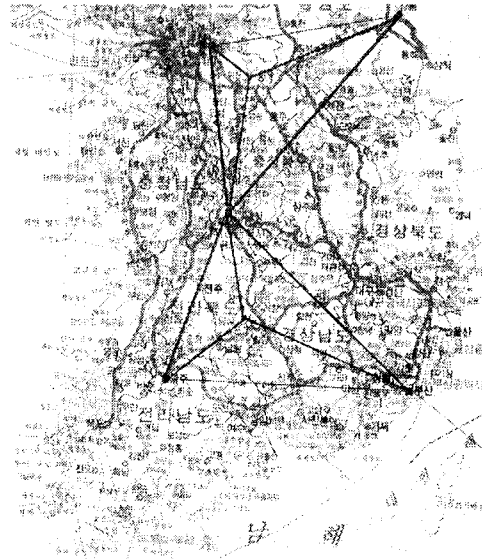


그림 4 권역별 위치도와 Steiner Point

##### 나. Steiner point 와 개략 거리

- steiner point  $S_1$  : 경기도 이천시 부발읍~경기도 여주군 능서면 경계 근처
- steiner point  $S_2$  : 전라북도 장수군 반암면~전라북도 함양군 백전면 경계 근처
- steiner tree point 를 이용한 연결점들의 거리(적색)
  - $l_1$  : 경기도 하남시 ~ 경기도 이천시 : 1.65 [cm]
  - $l_2$  : 강원도 강릉시~경기도 이천시 : 5.5 [cm]
  - $l_3$  : 대전광역시~경기도 이천시 : 4.45 [cm]
  - $l_4$  : 대전광역시~전라북도 장수군 : 3.5 [cm]
  - $l_5$  : 부산광역시~전라북도 장수군 6.15 [cm]
  - $l_6$  : 광주광역시~전라북도 장수군 : 3.35 [cm]

$$\therefore L_s = \sum_{i=1}^6 l_i = 24.6 \text{ [cm]} \quad (3)$$

#### 다. 대각선 연결점의 개략 거리

- 4 주요도시와 기존 대전과의 연결거리 (청색)

$\ell_1$  : 경기도 하남시~대전광역시 : 5.5 [cm]

$\ell_2$  : 강원도 강릉시~대전광역시 : 8.8 [cm]

$\ell_3$  : 광주광역시~대전광역시 : 5.9 [cm]

$\ell_4$  : 부산광역시~대전광역시 : 8.5 [cm]

$$\therefore L_x = \sum_{i=1}^4 \ell_i = 28.7 \text{ [cm]} \quad (4)$$

#### 라. Steiner point 로 단축되는 거리

$$L_x - L_s = 28.7 - 24.6 = 4.1 \text{ [cm]} \quad (5)$$

Steiner point 에 의한 연결망이 기존의 대전을 중심으로 하는 대각선 운송망에 비해 약 14.3% 짧아진다. Steiner Tree 이론을 이용한 최적 우편물 운송망이 구축될 경우,

- 운송시간 단축
- 운송비 절감
- 택배시장의 경쟁력 확보

등의 효과를 기대할 수 있다. 이렇게 찾아진 Steiner point는 현실적으로 실현이 불가능 지라도 수학적으로 최단거리를 제시하는 그 자체만으로도 의미가 있다

## 4. 결론

운송시간 및 비용 최소화를 위한, 물류센터의 최적 위치를 선정 하는 것은 매우 중요하다. 본 논문은 전국의 주요 도시에 배치된 각 우편집중국을 기하학적으로 가장 짧게 연결하는 교환센터의 최적 위치를 찾는 방법을 제시한다. 배전시스템의 최적화, 전력계통의 routing 등에 이용되고 있는 Steiner tree 이론을 최단거리 우편물 운송망 구축에 적용하였다. Steiner tree로부터 선정된 위치에 교환센터를 설치할 경우, 운송비를 절감하여 경영수지를 개선할 뿐 아니라 신속한 배달을 최우선으로 하는 택배 시장에서 우위를 점할 수 있을 것으로 기대된다. 향후 현실적 문제를 감안한 절충된 최적위치 선정에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다. Steiner tree 이론은 최단거리를 연결하는 전력소의 위치선정 등 전력계통에도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### Reference

- [1] 로지스틱스21 편집부, “화물운송론 2007”, 한국물류정보, pp. 21-441
- [2] 정보통신정책연구원, “우정동향 주간브리프 종합본 (2006.5-2006.12)” pp. 3-314

[3] Derek R. Dreyer, Michael L. Overton, “Two Heuristics for the Euclidean Steiner Tree Problem”, September 30, 2002.

[4] Th. W. Ruijgrok, “The exact solution of a three-body problem”, Eur. J. phys. Vol.5, 1984 pp.21-24

[5] D. Z. Du, F. K. Hwang, G. D. Song, G. Y. Ting, “Steiner Minimal Trees on Sets of Four Points”, Discrete Compute Geom, Vol.2, 1987 pp.401-414