

논문 2010-47TC-11-2

# GOSST를 이용한우편물 교환센터의 가중치 반영 최적 위치의 선정

( Weighted Optimal Location of Mail Distribution Center Using GOSST )

김 인 범\*, 김 준 모\*\*

( Inbum Kim and Joonmo Kim )

## 요 약

우편물 배송에 있어서 신속함과 비용의 최소화를 위하여 각 구간별 운송거리와 더불어 우편 운송차량 수와 같은 가중치를 고려하여 우편물의 총 이동 거리를 최소화 할 수 있는 최적의 교환센터 선정이 필요하다. 본 논문은 구간별 운송 차량수와 운송 거리를 고려하여, 국내 주요 도시에 위치한 우편 집중국을 연결하는 최적 위치의 교환센터를 GOSST 이론을 이용하여 찾는 방법을 제안한다. 이 방법으로 교환센터의 위치를 선정할 경우, 현재의 대전을 교환센터로 하는 방법은 물론, 운송차량 수와 같은 가중치를 고려하지 않은 스타이너 트리 방법에 비해 전체 우편물의 총 이동거리를 줄일 수 있다. 제안 방법은 신속한 배송과 비용의 최소화는 물론 환경 보호 측면에서도 바람직하다 할 수 있다. 제안된 방법은 실험에서 스타이너 트리를 이용한 방법에 비해 2.52%, 현재의 방법에 비해 6.66%의 우편물의 총 이동 거리를 절감시킬 수 있었다. 제안된 방법은 우편물 배송 뿐 아니라, 다양한 전압 및 가중치를 고려해야하는 송전 시스템 라우팅, 배전선로망 구성, 전력 중계소의 위치 선정 등에도 활용가능하다.

## Abstract

For swiftness and economic feasibility of parcel delivery, optimal location of mail exchanging centers considering not only section delivery distance but also some weights like the number of delivery vehicles are necessary. In this paper, a mechanism with section delivery distance and vehicle number for locating of mail distribution centers which connect some mail centers of major cities in Republic Korea by applying GOSST theory is proposed. This mechanism for locating mail exchange centers can make the total delivery distance of postal matters less than not only present method which assigns Daejun as mail exchange center, but also Steiner tree method which does not consider weights like number of delivery vehicles. The mechanism is good for protecting the environment as well as rapid and economic delivery. In experiment, the proposed mechanism could curtail total delivery distance by 2.52 percentages compared with Steiner tree method and by 6.66 percentages compared with present method. The mechanism may be used in electric power transmission routing, distribution line topology design, power relay station locating where various voltages and other weights should be considered.

**Keywords :** Grade of Services Steiner Minimum Tree, Steiner Tree, Mail Distribution Center, Weight

## I. 서 론

전통적인 우편물의 배송은 그 수요가 줄고 있으며,

최근 홈쇼핑, 전자상거래 등의 활성화로 인해 택배 사업 등 새로운 우편물의 배송은 급속히 확대되고 있다. 효과적인 배송 경로는 우편물을 신속하고 경제적으로 전달하기 위한 매우 중요한 요소이다. 본 논문은 수도권과 영남권, 호남권, 영동권 등 4개의 권역과 현재의 교환센터인 대전을 최적의 방법으로 연결할 수 있는 새로운 교환센터의 위치를 찾는 방법을 제시한다. 제안 방법은 단순히 기하학적인 거리를 최단으로 연결하는 것이 아니라, 운송하는 차량의 수를 가중치로 하여 우

\* 정회원, 김포대학 IT학부

(Member, School of Information Technology, Kimpo College)

\*\* 정회원-교신저자, 단국대학교 컴퓨터학부

(Member, Computer Science & Engineering, Dankook University)

접수일자: 2010년4월20일, 수정완료일: 2010년11월10일

편물의 총 운송거리를 최소로 하는 교환센터를 찾는 것이다. 이를 위해 각자의 고유한 서비스 요청 등급을, 즉 서로 다른 가중치를 가지는 다수의 노드들 사이에 최적의 서비스를 제공할 수 있게 하는 GOSST (Grade Of Services Steiner minimum Tree) 이론을 적용하였다<sup>[1~2]</sup>. GOSST 이론은 다양한 전압 및 가중치를 고려한 배전선로망의 최적화, 송배전 시스템의 라우팅, 도로 및 철도, 항로 등에 이용가능하다.

단순히 기하학적 거리를 최소화하기 위해, 스타이너 트리 이론을 이용한 우편물 교환센터의 최적 위치 선정에 관한 연구가 있다<sup>[3]</sup>. 이 연구는 현재의 대전 교환센터를 한 개의 중심(Hub)으로 기능시켜 전국의 우편물을 집중하여 처리함으로써 인건 문제를 해결하고, 우편물의 구간 전송 거리의 합을 줄이는 효과가 있었음에도 불구하고 우편물의 실제 총 이동 거리에 영향을 미치는 가중치를 고려하지 않았다. 우편물의 실제 총 이동 거리는 각 구간별 전송거리와 가중치인 각 구간별 운송 차량수를 모두 고려해한다. 같은 구간 거리라 할지라도, 운송 차량수가 많은 구간이 우편물의 총 이동 거리는 더 클 것이다. 따라서 기하학적 거리와 함께 이러한 가중치를 고려한 최적의 교환센터의 선정이 현실세계에서 오히려 더 필요하다 할 수 있다. 특히 국가적으로 추진 중인 녹색성장 국가전략의 3대전략 및 10대 정책방향에 부응하여, 배송을 위한 전체 교통량을 감소할 수 있는 적절한 위치의 교환센터의 위치 선정은 시대적 요구에 잘 부합한다고 할 수 있다. 또한 본 연구에서 제안하는 방법은 단순히 길이를 기준으로 한 배전선의 최적화 및 송전 시스템의 라우팅에서 탈피하여, 사용자의 각기 다른 수요를 고려한 최적화에 적용 가능할 것이다.

본 연구는 스타이너 트리 이론을 이용한 우편물 교환센터의 최적 위치에 관한 연구<sup>[3]</sup>와 비교하기 위하여, 각 구간별 거리와 더불어 각 구간별 운송 차량수의 비율을 가중치로 하여 우편물의 총 이동 거리를 최소화시키는 교환센터들의 최적 위치를 찾는 방법을 제안한다. 제안된 우편물 배송 방법은 기존의 스타이너 트리를 이용한 방법과 현재의 대전을 교환센터로 하는 방법의 우편물의 총 이동거리를 비교하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 본 연구와 관련된 스타이너 트리와 GOSST 연구에 대한 기술이고, III장은 본 논문에서 제안된 GOSST 이론을 적용한 위치 선정의 방법과 이에 대한 실험 내용이고 IV장은 결론이다.

### II. 관련 연구

#### 1. Steiner Minimum Tree

네트워크 연결 길이의 최소화하는 문제 중의 하나는 평면상의 점들에 대해, 특정 점 S를 추가하여, 입력 점들을 S와 연결하여 최소의 길이의 트리를 얻을 수 있는 스타이너 포인트 S를 찾는 것이다. 또한 여러 개의 노드들을 최소 길이로 모두 연결하는 문제는 성형 토폴로지에서 새로운 하나의 점을 찾아 이것과 다른 입력 노드들과 연결하는 것이다. 또한 여러 개의 스타이너 포인트들을 도입하여 모든 입력 단말 노드들을 연결하는 최단 길이의 네트워크를 찾는 방법이 연구되었는데, 이러한 네트워크를 최소 스타이너 트리(Steiner Minimum Tree)라고 한다<sup>[4~5]</sup>. 이 문제는 NP-Complete 문제에 포함되는 것으로, 다항 적 시간 내에 문제에 대한 해를 구할 수 없다<sup>[5]</sup>. 따라서 최소 스타이너 트리 문제는 근사 트리를 구하여 근사 비율을 높이는 연구와 근사 트리를 구하는 휴리스틱에 관한 연구들이 수행되었다. 또한 근사 스타이너 트리를 이용하여 원격 검침 시스템을 구성하는 검침기, 중계기, 집중기의 배치 및 연결을 근사 스타이너 트리를 이용한 방안 에 관한 연구가 있었다<sup>[6]</sup>. 멀티캐스팅 문제를 스타이너 트리를 이용하여 해결하려는 연구도 시도 되었었는데, 멀티 캐스트 통신에서의 QoS(Quality of Service)를 처리할 수 있는 다중 제약 멀티 캐스트 처리 알고리즘이 발표되었다<sup>[7]</sup>.

현재까지 발표된 많은 근사 최소 스타이너 트리를 구성할 수 있는 휴리스틱 중에서 정삼각형과 이에 대한 외접원을 이용하여 스타이너 포인트를 찾는 것이 대표적인 방법이다<sup>[8]</sup>. 이 방법은 실선으로 연결된 경로 AB와 BC를 구성하는 세 노드 A, B, C를 이용하여 삼각형 ABC를 생성한 후, 삼각형 ABC의 세 변 AB, BC, AC 가운데 가장 긴 길이의 변을 찾는다. 이때, 가장 긴 변을 AC라 가정할 때, AC를 한 변으로 하는 정삼각형 ACQ를 생성한다. 이 정삼각형에 포함되지 않은 노드 B는 새로 생성된 정삼각형 ACQ의 외부에 위치하게 된다. 정삼각형 ACQ를 포함하는 외접원을 생성한 후, 노드 B에서 정삼각형 ACQ의 노드 Q에 대해 직선을 연결한다. 이 직선과 정삼각형의 외접원과의 교점을 S라 할 때, S를 스타이너 포인트로 정의한다.

#### 2. Grade of Services Steiner Minimum Tree

현실세계에서 네트워크로 대표되는 경로를 통해 여

러 중간 노드들을 거쳐, 다양한 형태와 대 용량의 데이터와 정보, 전력과 에너지, 또는 차량 및 항공기, 선박 등이 이동되고 있다. 이 때, 각 노드들의 정보나 서비스에 대한 요구, 또는 처리할 수 있는 능력은 획일적이지 않고 여러 등급으로 구분할 수 있다. 문제 영역에 따라 각 노드들의 서비스 요구를 만족하거나, 또는 각 노드들의 처리 능력을 고려하여 이동 대상의 흐름에 문제가 없으면서도 경제적인 네트워크가 설계되어야 할 것이다. 이러한 문제에 적용할 수 있는 것이 GOSST(Grade Of Services Steiner Minimum Tree)이다. GOSST 문제는 모든 터미널 노드들과 추가되는 gosst 포인트들을 모두 연결하는 최소 비용의 네트워크를 찾는 문제이다. 이 GOSST에서는 임의의 두 노드 사이에는, 두 노드가 요청하는 서비스 등급 중 최소 등급 이상의 서비스를 제공할 수 있는 중간 노드들로 구성된 경로가 한 개 이상 존재해야 한다. 이러한 조건을 G-Condition이라 부른다<sup>[9]</sup>. 요청 서비스 등급은 처리 용량으로 변환될 수 있다. gosst 포인트는 G-Condition을 만족시키는 GOSST를 위해 추가되는 노드들이다. GOSST의 구축 비용은 모든 단말노드들을 연결하며 G-Condition을 만족하는 네트워크들 중에서 가장 작다.

그림 1에는 주어진 네트워크에 처리 용량이 각기 다른 세 개의 단말노드 A, B, C가 있다. 노드 A의 처리 용량은 2이고 C의 처리 용량이 3이지만 A와 C 사이의 처리 용량은 중간에 위치하는 노드 B(용량 1) 때문에 1을 초과할 수 없고, 따라서 노드 A와 C사이의 처리 흐름은 제한을 받게 된다. 이 문제를 해결하기 위해, 그림 2와 같이 용량이 2인 gosst 포인트를 추가하고 터미널 노드 A, B, C에 연결시켜 새로운 네트워크를 구성하는 방법을 제안한다. 이 방법에서, A와 C사이의 처리 용량은 2로 증가하지만 이 네트워크의 길이는 증가할 가능성이 있기 때문에 새로이 생성되어 연결되는 gosst 포인트의 위치를 잘 선택해야 한다. 네트워크의 길이를 줄이면서 동시에 모든 노드 사이의 흐름에서 각 노드들

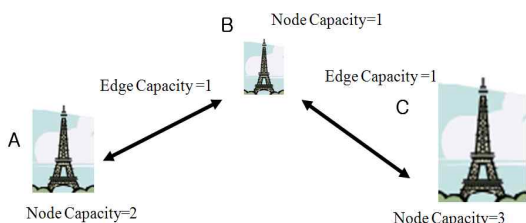


그림 1. 다른 처리 용량의 노드들로 구성된 네트워크  
Fig. 1. Given network with different capacity nodes.

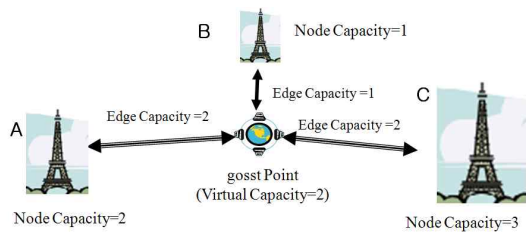


그림 2. gosst 노드가 추가되어 새로 구성된 네트워크  
Fig. 2. New network with different capacity nodes by a gosst point.

의 처리 용량을 최대한 활용케 하는 네트워크의 구성이 GOSST 문제의 해가 되는 것이다.

GOSST에 관련된 연구들은 주로 최적화분야에 집중해왔다<sup>[1-2, 10-11]</sup>. GOSST는 ESM(Euclidean Steiner Minimum Tree) 문제의 일반화된 형태로, ESM 문제는 모든 단말노드가 같은 요구 서비스 등급 혹은 처리 용량을 가지는데 비해서 GOSST 문제는 각기 다른 요구 서비스 등급 혹은 처리 용량을 가질 수 있다. 많은 연구자들은 GOSST 문제가 최적화 해법의 이론적 한계에 도달된 것으로 믿고 있으며, 이에 대한 대부분의 최적화 알고리즘은 이 문제가 PTAS( Polynomial Time Approximation Scheme) 문제에 속한다는 것을 증명하기 위해 개발되었다. PTAS 문제는 이론적으로 매우 큰 다항식 적 실행시간이 경과되면 (1+ε) 근사 해를 얻을 수 있다고 정의된다. J. Kim 등은 GOSST 문제에 대한 근사비율을 (1+ε)로 줄인 PTAS를 발표하였다<sup>[2]</sup>. 그러나 이러한 근사 알고리즘의 실행시간을 현실적인 수준으로 낮춘다면, 이 문제의 최적 해에 대한 근사도는 매우 악화될 것이다. G. Xue 등은 GOSST 문제의 서비스 등급의 수를 2와 3으로 한정하여 최적화 휴리스틱 알고리즘을 발표하였고<sup>[1]</sup>, C. Colbourn 등은 serial-parallel 네트워크에 GOSST를 적용하여 서비스 등급 r과 터미널 노드 N에 대해서 O(r<sup>3</sup>N)의 실행시간을 가지는 알고리즘을 발표하였다<sup>[10]</sup>. 이 연구들은 특수한 상황을 가정하여 GOSST 문제를 축소 변형시킨 것이라 할 수 있다. M. Karpinski 등은 GOSST 문제를 멀티미디어 통신을 위한 멀티캐스팅에 적용 가능한 최적화 알고리즘을 발표하였다<sup>[11]</sup>.

GOSST 문제는 스타이너 트리 문제에 속하는 이론적인 문제라고 간주되었기에 실제 응용에 관한 충분한 연구가 이루어지지 않았다. 그러나 이 문제에 대한 현실적인 해는 다양한 전압 및 가중치를 고려할 수 있는 송배전 시스템의 라우팅, 선로망의 설계나 전자회로의

설계, 도로 및 철도의 설계, 선박 및 항공기의 항로 개발 등에 활용될 수 있기 때문에 현실적인 시간 복잡도의 휴리스틱에 대한 연구 및 설계는 필요할 것이다<sup>[9]</sup>. 따라서 본 논문에서는 GOSST 문제에 대한 일반적인 휴리스틱을 연구하고 이를 바탕으로 현재의 우편 교환센터의 최적 위치를 선정하는데 활용할 수 있는 방안을 제안한다.

### III. GOSST를 이용한 우편물 교환센터의 최적 위치 선정

본 논문에서 우편 교환센터의 최적 위치를 선정하기 위해 제안하는 방법은 다음과 같다.

- 1) 현재 각 권역의 우편집중국 도시와 우편 교환국 도시인 대전과의 연결 토폴로지를 노드와 간선으로 변환한 트리 T 생성
- 2) T를 구성하는 노드와 간선들에 대하여 최소 신장 트리Tsp를 생성
- 3) 최소 신장 트리 Tsp의 모든 노드들의 쌍에 대하여, G-Condition을 조사하여 위반되는 노드들을 찾고 이들의 가중치를 G-Condition에 부합할 수 있는 최소치로 증가시킴
- 4) Tsp 에 존재하는, 임의의 인접한 두 간선 E1, E2을 구성하는 세 노드 N1, N2, N3을 대상으로 Brute-Force 방법으로 최적의 gosst 노드 Ng찾음. 두 간선 E1, E2를 제거하고 세 노드와 gosst 노드를 연결하는 간선인 N1Ng, N2Ng, N3Ng를 생성
- 5) Tsp의 모든 인접한 두 간선들에 대하여 과정 (4)를 수행하여 새로운 트리 T'을 생성
- 6) T'을 구성하는 노드와 간선을 입력으로 최소 신장 트리 T'sp를 생성
- 7) T'sp에서 연결 차수가 1인 gosst 노드와 이를 연결하는 간선들을 제거하여 최종 GOSST 인 Tgosst 생성

위 방법의 과정 (1)에서는 주어진 문제를 노드와 간선으로 변환하여 그래프로 표현한다. 이 그래프를 입력으로 다항식 적 시간 내에서 생성되는 최소 길이의 최소 신장 트리를 찾는다. 최소 신장트리는 Prim의 알고리즘을 이용하여 최적의 트리를 생성할 수 있다. 과정

(3)에서 최초의 신장 트리의 모든 노드 쌍에 대하여 G-Condition을 만족하도록 각 노드들의 처리용량, 또는 서비스 요청 등급을 대표하는 가중치를 조정하게 된다<sup>[9, 12~13]</sup>. 연속적인 간선을 구성하는 세 노드에 대한 해당 gosst 노드를 찾는 과정 (4)에서는, 세 노드로 구성되는 삼각형 내의 모든 후보 gosst 노드들에 대하여 최소의 비용, 즉 거리와 가중치 곱의 합이 최소가 되는 후보 gosst 노드를 찾기 위해 Brute Force 방법을 사용한다. 후보 gosst 노드란 입력으로 주어진 정밀도로 생성되는 삼각형 내부의 좌표에 위치하는 노드들로, 입력 정밀도가 높을수록 정확한 gosst 노드를 생성할 수 있으나, 계산 양과 많은 시간이 필요하다. 그림 3은 대한민국의 주요도시의 위치를 나타낸다<sup>[14]</sup>. 그림 4는 대전 을 우편물의 교환센터의 허브(Hub)로 활용하여 전국의 우편물을 배송하는 방법을 보인다. 각 구간별 선분의 굵기는 [표 1]에 나타나있는 2006년 각 구간별 운송차량 현황을 반영하여 표현하였다<sup>[3]</sup>. 따라서 각 구간별 선



그림 3. 대한민국 주요 도시의 위치  
Fig. 3. The location of major cities in Republic of Korea

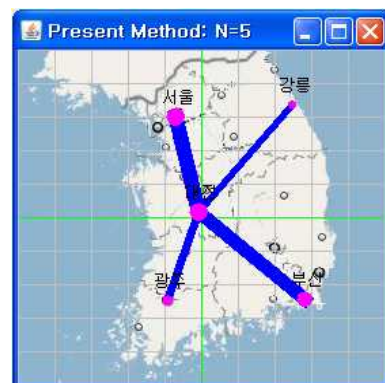


그림 4. 대전 교환센터를 이용한 현재의 우편물 이동 방법  
Fig. 4. Present delivery method using Daejeon as mail distribution hub center.

표 1. 우편 집중국 도시의 변환 좌표와 구간별 운송 차량 현황(2006년)

Table 1. Mapped coordinates of mail center cities and delivery vehicle information for each section (2006).

구간	변환 좌표	운송 차량 수	구간 운송 차량비율
서울-대전	(-0.70, 3.00) ~ (-0.05, 0.15)	34516	33.8%
강릉-대전	( 2.50, 3.35) ~ (-0.05, 0.15)	17232	16.8%
광주-대전	(-0.90, -2.50) ~ (-0.05, 0.15)	18629	18.2%
부산-대전	( 2.85, -2.45) ~ (-0.05, 0.15)	31841	31.2%
합계		102,218	100%

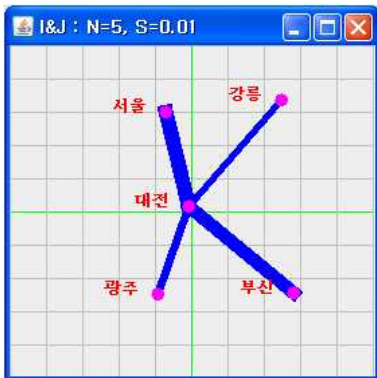


그림 5. 우편 집중국 도시를 가상 좌표축으로 변환  
Fig. 5. Mapping mail center onto virtual coordinate.

분의 길이와 선분의 굵기의 곱이 해당 구간에서의 우편물의 총 이동거리가 될 것이다. 그림 5는 그림 3에 위치한 우편 집중국과 우편 교환국이 위치한 도시를 가상의 좌표축으로 이전하여 좌표 값을 얻고 이를 표시한 것이다. 해당 도시의 좌표는 [표 1]에 나타나 있다. 그림 6은 각 구간별 운송차량을 고려하지 않고, 단순히 각 구간 거리를 최소화시키는 두 개의 스타이너 포인트를 찾고, 이를 연결한 후에 각 구간별 운송차량의 현황에 따라 선분의 굵기를 표현하였다. 그림 7은 본 논문에서 제안하는 GOSST 이론을 활용한 방법으로 각 구간별 운송차량의 현황을 가중치로 고려하여 전체 이동 거리를 최소화시키는 두 개의 gosst 노드를 생성하여 우편물을 이동시키는 방법이다.

[표 2]에는 현재의 방법과 스타이너 트리 방법, 그리고 본 논문에서 제안하는 GOSST 방법을 이용하여 얻은 우편물의 총 이동 거리를 계산한 결과가 나타나 있고, [표 3]은 각 방법의 구간 거리의 합과 총 이동 거리에 대한 비교이다. 이 표에서 GOSST 방법은 스타이너



그림 6. 스타이너 트리를 이용한 우편물 이동 방법  
Fig. 6. Mail distribution method using Steiner Tree.



그림 7. GOSST를 이용한 제안된 우편물 이동 방법  
Fig. 7. Proposed mail distribution method using GOSST.

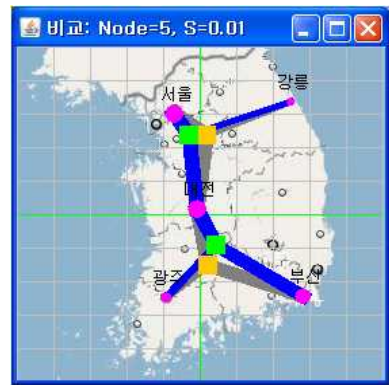


그림 8. GOSST와 스타이너 트리를 이용한 방법의 비교  
Fig. 8. Comparison between GOSST and Steiner tree mail distribution method.

트리 방법에 비해 구간 거리의 총합은 비록 1.95% 증가했으나 우편물의 총 이동거리는 2.52% 감소했으며, 현재의 방법보다는 6.66% 감소되었다.

그림 8은 GOSST 방법과 스타이너 트리 방법을 비교하여 표현한 것이다. 이 그림에서 gosst 노드의 위치가 스타이너 포인트에 비해 가중치, 즉 운송차량이 많은 구간으로 약간 편향되었다.

표 2. 각 방법 별 우편물 총 이동거리의 비교

Table 2. Total delivery distance comparison by delivery methods.

구간	구간 길이	구간 운송 차량비율	총 이동거리			
			(현재)	(Steiner)	(GOSST)	
서울-대전	2.92	33.8%	98.80	167.55	154.27	150.55
강릉-대전	4.09	16.8%	68.75			
광주-대전	2.78	18.2%	50.65	172.17	171.00	166.54
부산-대전	3.90	31.2%	121.52			
합계	13.69	100%	339.69	339.72	325.27	317.09

표 3. 각 방법별 구간 길이 합 및 총 이동거리 비교

Table 3. Comparative analysis of sum of section delivery distance and total delivery distance by delivery method.

	구간 길이 합	증감비율(%)		총 이동 거리	증감비율(%)	
		to 현재	to Steiner		to 현재	to Steiner
현재	13.69	0.00	16.02	339.72	0.00	4.44
Steiner	11.80	-13.81	0.00	325.27	-4.25	0.00
GOSST	12.03	-12.13	1.95	317.09	-6.66	-2.52

### IV. 결 론

본 연구는 스타이너 트리를 이용한 우편물 교환센터의 최적 위치 선정의 연구를 개선한 것으로<sup>[3]</sup>, 단순히 구간 거리만을 고려하지 않고, 우편물 운송 차량수와 같은 가중치를 감안한 최적의 교환센터의 위치를 선정하는 방법을 제안하였다. 실험결과 제안된 방법으로 선정된 위치에 교환센터를 선정할 경우, 현재의 대전 교환센터를 중심 허브로 한 방법에 비해 6.66%, 스타이너 트리 이론을 적용한 방법에 비해서는 2.52%의 우편물의 총 이동 거리의 절감을 얻을 수 있었다.

본 연구에서는 우편물 운송을 위한 교환센터만을 대상으로 했으나, 제안된 방법은 가중치를 고려한 전력선의 배전 선로망의 설계, 다양한 전압의 송전 시스템의 라우팅, 전력 중계소의 최적 위치 선정 및 도로 및 철도, 항로의 설계 등에 이용가능하다.

향 후, 본 논문에서 제안한 방법에 대한 일반화 과정과 무수히 많은 노드들로 구성된 많은 교환센터와 집중국을 대상으로 한 GOSST 적용 방법에 관한 연구, 또한 실시간 응용에 가능한 신속한 실행 시간을 얻기 위한 PTAS 기법의 적용과<sup>[2]</sup>, 현실적인 문제에서 접할 수 있는 문제를 처리하기 위한 다양한 가중치의 모델링 및 처리 방안에 대한 연구가 필요하다.

### 참고 문헌

- [1] G.L. Xue, G.H. Lin. and D.Z. Du, "Grade of Service Steiner Minimum Trees in Euclidean Plane," *Algorithmica*, Vol.31, pp.479-500, 2001.
- [2] J. Kim, M. Cardei, I. Cardei and X. Jia, "A Polynomial Time Approximation Scheme for the Grade of Service Steiner Minimum Tree Problem," *Algorithmica*, Vol.42, pp.109-120, 2005.
- [3] 양성덕, 유용규, 이상중, "Steiner Tree 이론을 이용한 우편물 교환센터의 최적 위치 선정," *한국조명전기설비학회 논문지*. Vol.22, No.9 pp.82-87, 2008.
- [4] F.K. Hwang, "A Primer of the Euclidean Steiner problem," *Annals of Operations Research*, Vol.33, pp.73-84, 1991.
- [5] E.J. Cockayne and D.E. Hewgrill, "Improved computation of plane Steiner minimal tree," *Algorithmica*, Vol.7, pp.219-229, 1992.
- [6] 김재각, 김인범, 김수인, "원격 검침 시스템에서 근사 최소 스타이너 트리를 이용한 집중기 및 중계기의 효율적인 배치와 연결," *한국통신학회 논문지 B*, Vol. 34 No. 10, pp.994-1003, 2009.
- [7] 이성근, 한치근, "다중 제약이 있는 멀티캐스트 트리 문제에 관한 연구," *한국인터넷정보학회 논문지*, Vol. 5, No.5, pp.129-138, 2004.
- [8] B. Bell, "Steiner Minimal Tree Problem," <http://www.css.taylor.edu/~bbell/steiner/>, 1999
- [9] I. Kim and C. Kim, "An Enhanced Heuristic Using Direct Steiner Point Locating and Distance Preferring MST Building Strategy for GOSST Problem," *International Journal of Computer Science and Network Security*, Vol.7, No.2, pp.164-175, 2007.
- [10] C.J. Colbourn and G. Zue, "Grade of Service Steiner Trees in Serial-Parallel Networks," *Advances in Steiner Trees*, pp.1-10, 1998.
- [11] M. Karpinski, I.I. Mandoiu, A. Olshevsky and A. Zelikovsky, "Improved Approximation Algorithms for the Quality of Service Multicast Tree Problem," *Algorithmica*, 42, pp.109-120, 2005.
- [12] J. Park and C. Choi, "Bayes Stopping Rule for MAC Scheme in Wireless Sensor Networks," *Journal of IEEK*, vol. 45-TC, no. 7, pp.53-61, July 2008.
- [13] J. Park, J. Ha and C. Choi, "Bayesian Cognizance of RFID Tags," *Journal of IEEK*, vol. 46-TC, no. 5, pp.524-531, May 2009.
- [14] <http://maps.google.co.kr/maps?hl=kol>, 2010

— 저 자 소 개 —



김 인 범(정회원)  
1989년 서울대학교 컴퓨터공학과  
학사  
1991년 서울대학교 컴퓨터공학과  
석사  
2007년 위스콘신주립대-밀워키  
전산학 박사

1996년~현재 김포대학 IT학부 부교수  
<주관심분야 : 네트워크 알고리즘, 데이터베이스,  
컴퓨터 이론>



김 준 모(정회원)  
1989년 서울대학교 컴퓨터공학과  
학사  
2001년 University of Minnesota  
전산학 박사  
2002년~2004년 한국정보보호  
진흥원 연구원

2004년~현재 단국대학교 컴퓨터학부 부교수  
<주관심분야 : Approximations for NP-hard  
problems>