

최적경로 알고리즘을 활용한 경제적인 통신망 설계 적용 사례

Case Study for Telecommunication Network Design based on Optimal Path Algorithm

정주영* / Ju-Young Jung 전철민*** / Chul-Min Jun

최윤수** / Yun-Soo Choi 조성길**** / Seong-Kil Cho

요약

본 논문에서는 GIS와 네트워크 알고리즘을 이용하여 통신관망의 설계를 최적화 하였다. 구체적이고 계량적인 분석을 위해 신규로 조성되는 대규모의 도시개발지역을 대상으로 하여 기존의 설계방식에 의해 산출된 통신관망과 최적경로 알고리즘을 이용한 통신관망과의 건설비용을 비교하였다. 본 연구의 결과 GIS와 최적경로 알고리즘을 적용한 설계 결과가 기존의 설계방법에 비해 상당한 비용절감 효과가 있음을 보여준다. 연구 대상지역에서 기존설계에 의해 산출된 통신관로의 거리는 5,267m이며 최적경로를 적용한 결과는 4,807m로 460m(9.5%)의 차이를 보였다. 결과를 비용으로 산정했을 경우 약 19,469천원(8.7%)의 비용절감 효과를 보였다. 본 연구에서 제시된 최적화 기법은 기존 설계기법에 비해 통신관망의 공사비의 절감 이외에 설계과정의 표준화 및 자동화가 가능하므로 이를 이용한 자동설계 시스템 개발로 설계비용과 인력이동에 따른 설계업무 적응기간 단축과 인건비 절감이 가능하며, 또한 설계 결과에 대한 객관적 검증이 가능할 것으로 판단된다.

Abstract

In this paper, several network algorithms were tested to find an optimal one for telecommunication network design. Algorithms such as Dijkstra's shortest path algorithm, Ford-Bellman's shortest path algorithm, Prim's minimum spanning tree algorithm, and Kruscal's minimum spanning tree algorithm were reviewed and compared in terms of feasibility and resulted network construction cost. Then an optimal algorithm that is most suitable for telecommunication network design was selected.

For more specific and quantitative analysis of the selected algorithm, it was implemented to a real telecommunication network construction site. The analyzed results showed that the suggested design method, when compared with the conventional one, reduced the network construction cost considerably. The total network length estimated by the conventional method were 5267 meters while the suggested method resulted in 4807 meters. Thus the new method reduced the total network length by 8.7 percent, which is equivalent to 97,469,000 Won of construction cost. Considering the frequent telecommunication network constructions, due to new urban developments in the nation, the economic benefit of the

■ 논문접수 : 2005. 12. 12 ■ 심사완료 : 2006. 05. 26

* 한국통신(주) SI사업본부 컨설팅팀 과장(narciss@kt.co.kr)

** 서울시립대 지적정보학과 부교수(choiys@uos.ac.kr)

*** 서울시립대 지적정보학과 부교수(cmjun@uos.ac.kr)

**** 교신저자 서울시립대 지적정보학과 조교수(skcho@uos.ac.kr)

suggested telecommunication network design method will be significant.

In addition to the construction cost savings, the suggested telecommunication network design procedure possesses several other economic benefits. Since the design procedure can be standardized and automatized, it can reduce the design cost itself and the skill acquirement periods required for new or inapt design crews. Further, due to the standardized and automatized design procedure, any telecommunication network design results can be accessed more objectively.

주요어: 통신관망, 최단경로알고리즘, Minimum Spanning Tree알고리즘, GIS

Keywords: Keyword : Telecommunication Network, Shortest Path Algorithm, Minimum Spanning Tree Algorithm, GIS

I. 서 론

현재 통신망 설계는 해당업무 경험이 풍부한 관련 직원이 현장조사에서 계획, 설계까지 직접 수작업으로 처리하고 있다. 이는 구간이 짧고 단순한 통신망 설계에는 적합할지 모르지만 단위가 큰 택지조성, 신도시 개발지역 등 일정규모 이상의 통신망 설계에 있어서는 설계자의 숙련도, 경험 등에 따라 그 결과가 큰 차이를 보일 수 있다. 또한 수작업 설계에 의한 방법은 그 결과가 최적해가 아닌 경우가 많을 뿐만 아니라 설계의 타당성이나 적합성을 사정할 근거도 희박하다. 이러한 기존 관망 설계의 문제점은 인력 순환에 따라 경험이 부족한 직원이 설계를 담당할 경우 더욱 심각할 수 있다.

본 연구는 통신 인프라 시설 중 가장 기본이 되는 것은 통신관로 시설의 설계를 GIS와 네트워크 알고리즘을 적용하여 그 과정을 표준화하고 결과를 최적화함으로써 기존의 경험 의존적이고 주관적인 설계기법의 비효율적 통신관로 설계기법에 대한 대안을 제시하고자 한다.

통신 네트워크를 구축함에 있어 가장 큰 비용을 수반하는 것은 인프라시설 비용이다. 본 연구에서는 기초 인프라시설의 경제적인 경로 산정을 위해 최적경로 알고리즘의 특

성과 적용 타당성을 검토하고 선정된 최적 알고리즘을 실제 설계가 완료된 대상 지역에 적용하여 얻은 결과를 기존 방법의 결과와 비교하였다. 이를 위해 최단경로 알고리즘인 Dijkstra 알고리즘과 Minimum Spanning Tree알고리즘인 Prim 알고리즘을 비교 검토하고 통신 인프라설계에 적합한 알고리즘을 선정하였다. 또한 연구결과의 객관적 비교 검토를 위하여 기존의 통신망 계획, 설계의 방법으로 설계가 완료된 지역을 대상으로 최적경로 알고리즘을 적용하여 경로를 산정하였고, 최적경로와 기존의 설계방식에 의해 설계된 경로의 건설비용을 비교하였다.

II. 최적경로 알고리즘

최적경로 산정을 위한 알고리즘은 많은 분야에서 적용, 연구 되었으며, 그중 최단경로(Shortest Path; SP) 알고리즘과 Minimum Spanning Tree(MST) 알고리즘, 그리고 유전 알고리즘(Genetic Algorithm)등을 들 수 있다. 최단경로 알고리즘은 한 지점에서 다른 지점까지 또는 모든 지점에서 모든 지점까지의 최단거리를 계산하며, 이 경우 각 노드와 노드 사이(링크)의 거리를 통과하는데 필요한 제비용을 고려하되 링크의 용량이나 수요는 고려치 않음이 일반적이다(Evans와 Minieka, 1992). 최단경로 알고리즘은 전통

적인 4단계 수요분석과정 중 통행 배분(trip Assignment)에 자주 이용되며(Sheffi, 1992), 최근의 카 네비게이션의 경로 탐색에 주로 이용된다.

한편 Minimum Spanning Tree 알고리즘은, 주어진 노드들을 최소 비용으로 모두 연결시키는 문제를 푸는 알고리즘이며, 이 경우 각 링크를 연결하는데 필요한 비용의 합을 최소화하는 해를 구한다(Evans와 Minieka, 1992). 유전알고리즘은 비교적 최근에 개발된 알고리즘으로서 대중교통 노선설계와 시설물 위치 결정 문제에 이용된 사례가 있으나(김현명, 임용택, 1999) 단순 최단경로에 관련되어 설계 적용에 관하여 진행된 사례는 거의 없는 실정이다.

본 연구에는 한국통신데이터(KT Data Inc.)의 Jeosri반 GIS 패키지인 TOMS (Telecommunication Outbound Management System)의 내장기능 중 그동안 교통과 시설물 입지 문제에서 오랫동안 적용되어 그 타당성이 인정되어온 최단경로 알고리즘과 Minimum Spanning Tree 알고리즘을 중심으로 해당알고리즘의 내용과 본 연구의 대상인 통신망설계 문제에서의 적용 타당성을 우선 분석하였다.

2.1 최단경로 알고리즘

최단경로탐색은 GIS 네트워크 분석에서 가장 기본적인 기능으로서 주어진 시작 노드에서 목표 Node까지의 최소비용을 갖는 경로를 찾아준다. 여기서, 네트워크란 노드와 노드를 연결하는 링크들의 집합이며, 각 링크에 비용이 부가되어 진다.

GIS에서 네트워크의 대표적인 예로써 도로망, 통신망 등을 들 수 있다. 이러한 것들을 네트워크로 Modeling하여 검색과 분석을 할

수 있다. 네트워크 분석에서 제공되는 기능들은 경로탐색(Path Finding), 자원할당(Resource Allocation), 적지선정(Location Allocation), 연결성(Connectivity), 네트워크 유량문제(Network Flow Problem) 등이 있다.

네트워크 상에서 최단경로를 찾는 알고리즘 중 일반적으로 널리 알려진 알고리즘이 Dijkstra 알고리즘이며 네트워크에서 단일 시작 Node에서 모든 다른 Node간의 최단 경로를 찾아준다(이신준, 양성봉, 1999). 이 알고리즘은 최적경로 즉 최단경로의 부분경로 또한 최단경로라는 성질을 기초로 하여 개발되었다. 노드 1에서 모든 노드까지의 최단경로가 경로의 길이 순서로 정렬되어 있다고 가정하자. 즉 교점 1에서 모든 교점까지의 최단경로 중에서 가장 짧은 최단경로가 되는 교점에 교점번호 2를 부여하고 다음으로 짧은 최단경로가 되는 교점을 3이라고 한다. 즉 교점1에 가장 가까운 교점을 2라 하고 그 다음으로 가까운 교점을 3이라 하는 방법으로 시발점에 가까운 순서로 교점번호를 부여한다. 교점 1에서 교점 i 까지의 경로를 P_i 라고 하면 최단경로의 길이는 다음과 같은 순서로 커진다.

P_i 보다 짧은 경로는 $(i - 2)$ 개 있다.

$$P_2 \leq P_3 \leq \dots \leq P_n$$

알고리즘은 먼저 P_2 를 구하고 다음은 P_3 을 구하는 방식이며 마지막으로 가장 긴 최단경로를 구한다.

[Dijkstra의 최단거리 알고리즘]

Step 0. [초기화, 모든 교점 j 에 d_{1j} 를 임시표지 π_j 로 기록한다($j=2, \dots, N$).

교점 1과 j 를 연결하는 호가 없으

면 $d_{ij} = \infty$ 라고 간주함.]

$$\pi_i^* \leftarrow 0$$

$$\pi_j \leftarrow d_{ij} (j=2, \dots, N)$$

Step 1. [모든 임시표지 π_j 중에서 최소치를 선택하여 이를 영구표지 함. 영구 표지된 교점을 i 라고 함.]

$$\pi_i^* \leftarrow \min [\pi_j]$$

π_i 를 π_i^* 로 수정한다.

더 이상 임시표지가 없으면 Step 3으로 간다.

Step 2. [Step 1에서 영구 표지된 교점 i 의 모든 인접교점 j 의 임시 표지를 수정함. 영구표지 π_i^* 에 호의 길이 d_{ij} 를 합한 값과 기존의 임시 표지 π_j 를 비교하여 작은 값을 선택함.]

$$\pi_j^* \leftarrow \min[\pi_j, \pi_i^* + d_{ij}]$$

Step 1로 되돌아간다.

Step 3. [종료]
종료한다.

Step 1에서 영구 표지할 최소치를 찾을 때 여러 개의 교점이 같은 최소치를 갖게 되면, 어느 것을 선택하여도 무관하다. 선택되지 않은 것들은 다음 반복단계에서 차례대로 선택되어 영구 표지된다.

[Prim의 Minimum Spanning Tree알고리즘]

Prim의 Minimum Spanning Tree알고리즘은 주어진 네트워크의 모든 노들을 최소비용으로 연결하는 해를 찾는다. 그 과정은 임의의 한 교점에서 시작하여 이에 인접한 최

소비용의 Link를 선정한다. 이에 의해 두 개의 교점으로 구성된 나무가 형성되는데 다음에는 이 두 교점에 인접한 최소비용의 Link를 선정한다. 이에 의해 세 개의 교점으로 구성된 나무가 형성되는데 이 과정을 모든 교점이 연결될 때까지 계속 반복한다. 이 과정에서 형성되는 나무의 교점 집합을 U , Link의 집합을 T 라고 하면 Prim 알고리즘은 다음의 과정으로 기술된다.

Step 0. [초기화]

임의의 교점을 선정한다. 이를 편의상 교점 i 라고 하자.

교점 집합 U 에 선정된 교점을 포함시킨다. 즉 $U \leftarrow \{i\}$

U 에서부터 각 교점 j 까지의 비용 C_{ij} 를 초기화한다. 즉 $C_i \leftarrow C_{ij}$

Step 1. [U 에 포함된 교점에 인접해 있고 최소비용을 갖는 Link를 선정함]

(U 에 포함된 교점에 인접한 교점 중에서 최소 C_j 를 갖는 교점 j 를 선정한다.)

$$C_j \leftarrow \min\{C_k : k \notin U\}$$

(j 를 U 에 포함시키고 선정된 Link(i, j)를 T 에 포함시킨다.)

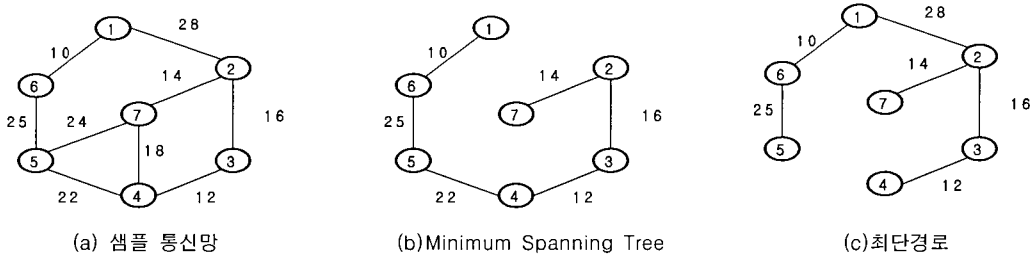
Step 2. [U 에 포함된 교점에서 그 외의 교점까지의 비용을 수정함]

(최근에 U 에 포함된 교점을 j 라고 하자. U 에 포함되지 않은 각 교점 k 에 대해 비용을 수정한다.

$$C_k \leftarrow \min\{C_k, C_{jk}\}$$

U 에 포함되지 않은 교점이 없으면 Step 3으로 간다. 아니면 Step 1로 간다.

Step 3. [종료]



<그림 2-2> 샘플 통신망과 알고리즘별 최적해

종료한다.

III. 통신관망 설계 알고리즘의 선정

통신관망의 특성을 고려한 최적 알고리즘을 선정하기 위해 Dijkstra의 최단경로 알고리즘과 Prim의 Minimum Spanning Tree 알고리즘을 동일한 샘플네트워크에 적용하고, 각 알고리즘의 결과 값이 통신망 특성을 기준으로 건설 비용측면에서 경제적인 알고리즘을 선정 하였다. 이를 위해 우선 다음과 같이 통신 네트워크의 특성을 정리하였다:

케이블 공급자와 대형가입자를 연결할 수 있는 모든 경로를 대상으로 한다.

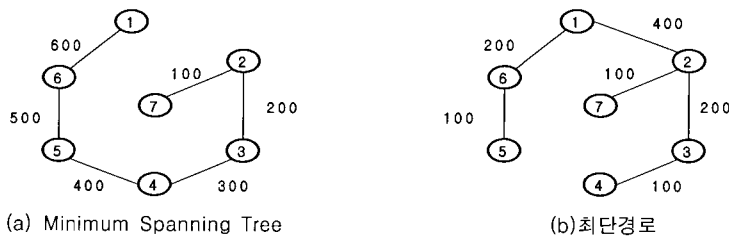
링크의 거리에 따른 비용은 거리(m)와 용량(회선수)에 비례한다.

노드는 위치와 개소 수는 공통으로 적용하고, 용량에 따른 비용 차이를 고려한다.

그림 2-2의 (a)는 알고리즘 비교를 위해 사용한 7개의 노드와 9개의 대안 링크를 가진 샘플 통신망이다. 그림에서 링크위의 숫자는 각 링크의 거리를 나타낸다.

그림 2-2의 (a)와 (b)는 각각 샘플 통신망을 Minimum Spanning Tree 알고리즘과 최단경로 알고리즘을 이용하여 링크 거리만 고려하여 구한 결과이다. 두 결과 모두 Cycle이 존재하지 않으며, Minimum Spanning Tree 형태를 보여준다. Minimum Spanning Tree 알고리즘의 결과(그림 b)는 총 비용이 99이며, 최단거리 알고리즘을 해(그림 c)는 총 비용이 105로 나타나 링크 거리만을 고려할 때 Minimum Spanning Tree 알고리즘이 비용측면에서 최단거리 알고리즘보다 비용이 적음을 알 수 있다.

그림 2-3은 위의 결과를 바탕으로 각 노드에 포함된 통신 이용자가 100가입자씩 있다고 가정하고 이를 수용하기 위한 통신 케이블을 나타낸다.



<그림 2-3> 통신케이블 필요 용량

〈표 2-2〉 Minimum Spanning Tree알고리즘과 최단경로알고리즘의 케이블 및 통신관로 건설비용 비교

구 분	규 격	건설단가 (천원/m)	노드간 거리 (m)		건설비용 (천원)	
			MST	최단경로	MST	최단경로
통 신 케이블	100	7,015	14	51	98,210	357,765
	200	9,710	16	26	155,360	252,460
	300	12,981	12		155,772	
	400	16,625	22	28	365,750	465,500
	500	19,264	25		481,600	
	600	23,117	10		231,170	
통신관로	4공	4,232	99	105	418,968	444,360
합 계					1,906,830	1,520,085

자료: KT, 2005

그림 2-3의 (a)는 (b)에 비해 대용량의 케이블이 필요함을 알 수 있다. 즉, Minimum Spanning Tree알고리즘의 해는 전체 링크 길이는 최소화 하였으나 시점인 ①번 노드에서 ⑦ 노드까지의 케이블 공급을 위해서는 전체 노드를 경유하여야 하므로 초기 링크에 부하를 가중시키는 결과를 초래한다. 반면 최단경로 알고리즘의 두 방향(∪ 방향 ①-②-③-④ 및 ∪ 방향 ①-⑥-⑤)으로 분산되어 초기 링크의 용량 부담을 완화하는 결과를 보여준다. <표 2-2>는 두 알고리즘의 결과를 바탕으로 통신망을 건설했을 경우와 통신관로를 건설했을 경우의 비용을 보여준다.

(표 2-2)에서 총 네트워크의 거리가 Minimum Spanning Tree알고리즘보다 최단경로 알고리즘이 길어 통신관로 건설비용은 25,392천원 경제적인 결과를 보여준다. 그러나 통신케이블 시공을 감안했을 경우 총 건설비용이 각각 1,906,830천원, 1,520,085천원으로 최단경로 알고리즘이 386,745천원 경제적인 결과를 보여준다. 이는 통신관로의 특성상 관망의 길이와 각 링크의 부하 용량을 고려할 경우 Minimum Spanning Tree알고리즘 보다는 최단경로 알고리즘이 보다 경제적인 결과를 나타냄을 보여주고 있다.

따라서 본 연구에서는 최단경로 알고리즘이 통신네트워크 설계상에서 경제적인 알고리즘으로 판단되며 따라서 최단경로 알고리즘을 이용하여 연구를 수행 하고자 한다.

3. 최단경로 알고리즘을 활용한 통신망 설계

3.1 연구 대상지역 선정

3.1.1 연구 대상지역의 선정기준

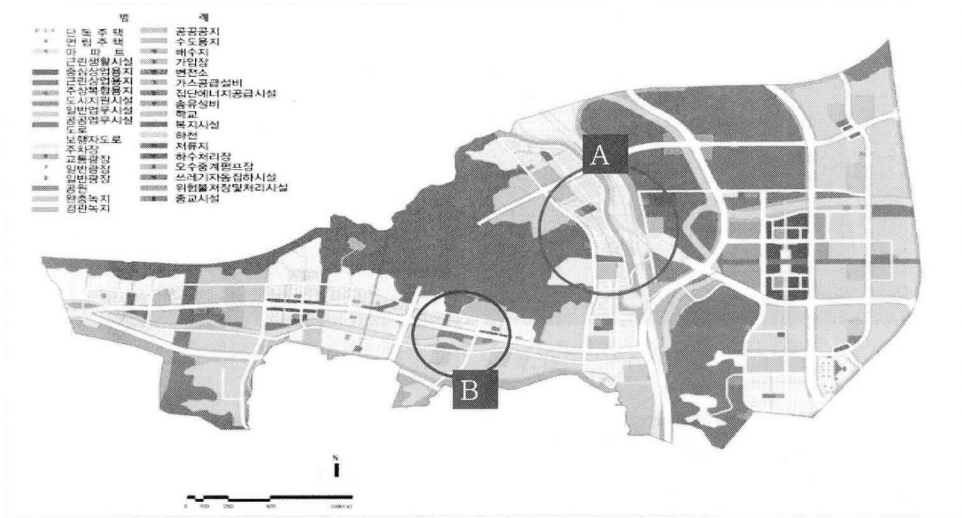
본 연구 대상지역은 기존의 방법으로 설계가 이미 완료된 지역 중 판교 신도시를 선정하였다. 판교 신도시는 계획단지의 규모와 통신망 구축과 관련하여 다음과 같은 특성을 가지고 있다:

개발 계획 중인 신도시 중 규모가 가장 크다 (건설교통부, 2005)

통신망이 공동으로 구축된다(성남시 등 5개 사업자)

통신관련 기본 계획이 기존의 설계 방식에 의해 진행되었다.

데이터의 획득 여부와 연구기간의 제약 등으로 실험은 신도시의 샘플지역 2곳을 선정하여 수행 하였다. 그림 3-1의 판교신도시의 토지이용도에서 통신망은 모든 가입자와



〈그림 3-1〉 판교신도시 토지이용 계획도 (건설교통부, 2005)

연결되어야 하므로 그림 3-1의 녹지와 산림 지역을 제외하고는 모든 지역이 최종 노드가 된다. 그 중 그림의 A, B 지역에 대해 통신망의 최단경로 알고리즘(Dijkstra Algorithm)을 적용하여 공사비용을 산출하고 이를 기존 설계에 따른 공사비와 비교하고자 한다. 샘플지역의 시작 노드는 케이블 공급자로부터 최단거리가 되는 지역을 선정하였고, 리크속성은 통신관망 중 관로공수 및 기타 공사여건 등은 리크속성에 포함시키지 않았다.

3.2 대상지역 통신관망의 특징

통신관망의 구성은 맨홀과 맨홀을 연결하는 PVC재질의 관으로 구성된다. 가입자의 수요수와 거리, 공급되는 통신서비스에 따라 케이블 수량이 결정되며 결정된 케이블 수량에 의해 관로공 수가 결정된다. 통신관로는 상수, 하수도나 가스배관과 달리 관에서 직접 분기되거나 허용 최소 곡률반경 이하로 굴곡된 시공을 할 수 없다. 이것은 통신 케이블이 가진 특성에 기인한다. 또한 다른

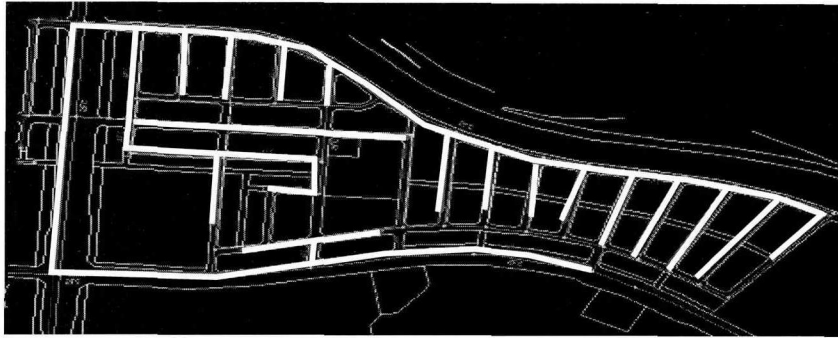
지하시설물과 마찬가지로 도로의 선형에 따라 매설되며 일정거리 이상으로 관로를 매설할 수 없다. 케이블이 생산되는 길이의 제한이 있기 때문이다. 따라서 통신관로는 일정거리와 도로의 교차점(분기점)에 통신관로를 중계할 수 있는 맨홀이 항상 존재해야 한다. 실험은 당초 설계가 통신관망의 특성 및 샘플 지역의 여건 등을 고려하여 설계 및 계획되었으므로 주된 내용을 그대로 유지하면서 구성된 망의 경로만을 다루었다.

3.3 Dijkstra 알고리즘을 이용한 최단경로 결정

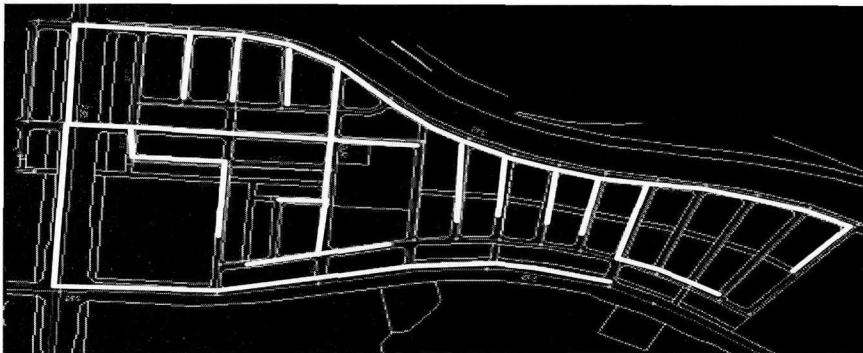
3.3.1 샘플 지역 A의 최단경로

그림 3-1의 샘플 지역 A의 기존 방법에 의한 통신망 설계 즉, 노드인 통신맨홀은 기존 설계위치를 유지하며 최단경로 알고리즘을 적용하였다. 링크(통신관로)의 경우에는 기존 경로와의 비교를 위해 노드와 노드를 연결할 수 있는 모든 경우를 고려한다.

그림 3-2은 기존 설계방식에 의해 계획된 통신관망 경로를 보여주며, 그림 3-3은



〈그림 3-2〉 기존 설계방식에 의해 계획된 경로



〈그림 3-3〉 Dijkstra 알고리즘을 이용한 최단경로

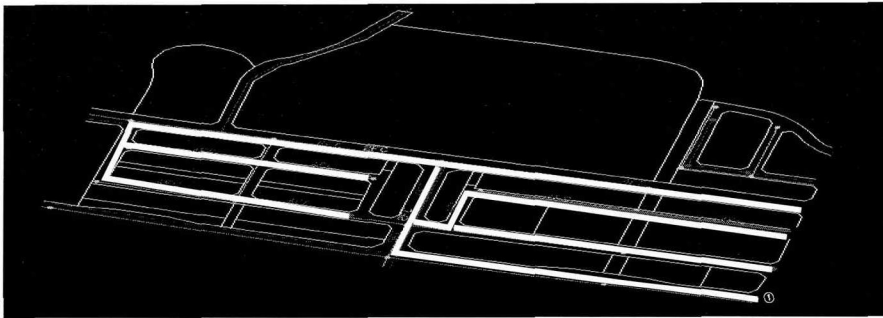
총 46개의 노드와 추가된 9개의 링크를 포함하여 Dijkstra 알고리즘으로 최단경로 탐색을 수행한 결과의 경로를 나타냈다. 통신관망의 각 노드에 연결된 최대 링크는 4개이며 이것은 도시내부 도로의 교차로(4거리)지역이다. 이런 교차로 지역을 많이 포함한 경로에서 기존 설계방식과 차이가 발생하였다. 즉 대부분의 직선구간과 시작 노드에서 가까운 지역은 기존 설계방식과 비슷한 결과를 보여 주지만 시작 노드에서 먼 지역과 여러 번 굴절되는 최종 노드까지는

전혀 다른 경로를 보여준다.

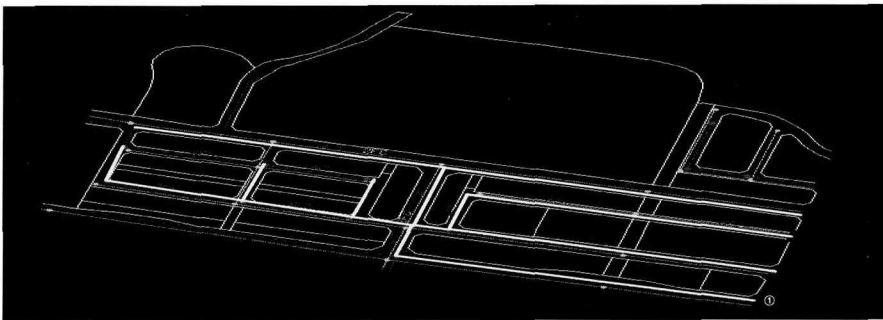
표 3-5에 보이는 바와 같이 Dijkstra 알고리즘을 이용하여 구한 최단경로는 기존 설계방법에 의한 결과에 비해 11.2% 단축되었다. 각 링크의 속성은 앞서 언급된 바와 같이 가입자 수용수와 서비스 제공 방법에 따라 관로공 수가 변화하겠지만 표 3-5는 각 링크의 관로공 수는 무시하고 거리만으로 변화량을 산출하였고 관로공수와 지역여건, 공사방법 등을 고려한 비용검토는 다음장에서 자세히 검토하였다.

〈표 3-5〉 Dijkstra 알고리즘 결과와 기존설계의 차이

	기존설계방식	Dijkstra 알고리즘 적용	변화량
링크길이	3,730m	3,311m	- 419m (- 11.2%)



〈그림 3-4〉 기존설계에 의한 경로



〈그림 3-5〉 Dijkstra 알고리즘에 의한 최단경로

3.3.2 샘플 지역 B의 최단경로

B지역에 대한 실험도 A지역과 동일한 방법으로 수행하였다. 기존의 방법에 의해 설계/계획된 경로를 기준으로 하고 노드(벤홀)의 위치 또한 기존 설계량 및 위치를 변경하지 않고 실험하였다. 기존 설계상에 포함되지 않았더라도 노드 간 연결이 가능하다고 판단되는 경우의 링크는 최종 경로에 포함될지의 여부를 떠나 계산 과정에 모두 포함시켜서 실험을 수행하였다.

Dijkstra 알고리즘을 이용하여 최단경로를 결정하기 전 기존 설계방법에 의해 설계된 각 노드의 경로는 그림 3-4와 같다. 그림

3-5는 Dijkstra 알고리즘에 의한 각 노드에 대한 최단경로를 나타낸다.

A 지역의 실험과 마찬가지로 시작 노드와 가장 먼 기존 경로와 최종 결정된 경로와의 차이가 있음이 나타났다. 표 3-8은 B 지역의 Dijkstra 알고리즘 적용 전후의 링크 거리의 변화량을 나타내었다. 각 경로의 차이를 링크속성인 거리의 변화량을 살펴보면 당초 기존방법에 의한 설계의 링크 속성거리가 1,537m 이었으나 Dijkstra 알고리즘을 이용한 최단경로로 결정된 링크 속성거리는 1,496m로 2.7% 단축되었다.

〈표 3-8〉 B 지역의 Link 거리 변화량

	기존설계방식	Dijkstra 알고리즘 적용	변화량
속성 Link의 거리	1,537m	1,469m	- 41m (- 2.7%)

신규 개발지역의 2곳에 대한 실험결과 기존방법에 의해 설계된 통신망의 총 연장은 5,267m이며 Dijkstra 알고리즘을 통해 결정된 최단경로의 총 길이는 4,807m이다. 즉 기존 설계방식에 의해 계획된 통신망이 최단경로 알고리즘을 통해 결정된 통신망보다 460m (평균 8.7%)더 길게 설계되었다는 것을 본 연구를 통해 알 수 있었다.

4. 결정된 최단경로의 경제성 분석

경제성 분석은 신규 개발지역의 통신망 구축 설계를 기존 방법인 인력 중심의 설계에 의해 발생될 수 있는 최단경로 오류로 인한 비용낭비 측면에서 접근하였다. 통신서비스의 공급은 서비스 공급자로부터 가입자 인근까지의 시설인 최종 통신맨홀까지 통신관로를 시공하고 최종맨홀에서 가입자 댁내까지 서비스공급을 위한 케이블을 연결하여 이루어진다. 현재의 도시개발 측면에서 볼 때 통신관로는 도시미관 및 환경에 의해 가공시설로 구성되기 어려우며 예전처럼 국가사업이 아닌 여러 개의 민간 사업자들이 자체 망을 구성하고 있다. 본 연구의 대상지역인 판교신도시 같은 경우도 지상시설이 아닌 지하시설로 이루어지며 각 통신사업자별로 별도의 망을 구성하고 있다. 2002년부터는 대단위 계획도시에 통신망 공동구축이 추진되고 있으며 이는 국가적 예산절감과 통신사업의 비효율성 제거, 입주 고객센터 항상차원에서 중점 추진되고 있다 (한국토지공사, 2003).

최단경로 알고리즘을 활용하여 경로를 산출하고 그 결과에 따른 비용절감액을 산출하

기 위하여 다음과 같은 기준을 적용하였다.

통신관로 건설비용만을 산출한다.

통신관로 시설은 PVC재질의 $\varnothing 100\text{m/m}$ 관 4공 매설을 기준으로 한다.

신규 개발지 이므로 포장 층의 절단, 파쇄는 제외한다.

작업은 통상적인 여건에서 수행되며 주간 작업 대가를 적용한다.

위 기준에 의해 산출된 두 경로 산정량 차이에 대한 비용은 19,469천원으로 계산되었다. 표 4-2는 최단경로에 따른 금액 비교표이다. 표 4-2 최단경로에 따른 금액 비교표는 연구대상지역에 통신망을 구축하는 하나의 사업자만을 고려하였다. 연구대상지역에는 총 5개의 통신관련 사업자가 자체 망을 건설한다. 각 사업자들은 앞서 언급된 정보통신 관로 공동 구축에 의해 같은 경로로 계획 되었다. 따라서 본 연구에 의해 산출된 절감액은 연구 대상지역내 통신망을 구축하는 각 사업자들에게 금액의 차이는 있겠지만 공통적으로 절감할 수 있는 부분이라 하겠다. 또한 산출된 금액은 실험 대상으로 삼은 샘플 지역 2곳만의 최단경로 결정에 의한 금액이므로 개발지역 전체를 대상으로 했을 경우와 차이가 있을 것이다. 단순한 계산에 의해 절감예상 금액을 산출한다면

$$19,469\text{천원} \times 5\text{개사업자} = 97,345\text{천원}$$

으로 약 1억 원의 비용절감 효과를 기대할 수 있다. 이 금액 또한 통신관망 완료 후 건설되는 케이블 건설비용은 제외한 금액이다. 통신관망의 거리차이로 인해 내부에 건

〈표 4-2〉 최단경로에 따른 금액 비교표

	기존설계방법	Dijkstra 알고리즘 적용	금액차이
Sample지역 A, B	222,916천원	203,447천원	19,469천원 (8.7%)

설되는 케이블 길이 또한 통신관로의 거리만큼 증가하게 된다. 케이블 건설과 관련된 비용은 케이블 종류, 규격, 가입자 수에 따라 현저한 차이를 보이므로 연구대상지역의 개발과 분양 등으로 어느 정도의 수요수가 예상되어야 산출할 수 있는 부분으로 본 연구에서는 제외한다. 다만 케이블의 건설비용은 통신관로 건설비용보다 높으므로 절감비용은 매우 클 것이다.

또한 위에서 보인 통신망 설계의 최적화기법은 GIS와 최적경로망 알고리즘을 활용함으로써 개인의 경험이나 설계 성향에 적게 영향을 받는다. 즉, 주어진 설계조건에 대해서 단 하나의 최적해가 나올 것이며, 만일 동일하지 않은 결과가 나올 때에도 알고리즘 특성상 동일한 결과 (총 경로 길이)를 얻게 되어 비용상의 차이가 발생하지 않게 된다 (Minieka, 1978). 따라서 GIS와 최적경로망 알고리즘을 활용한 설계는 통신망 설계과정을 표준화할 수 있으며, 설계의 최적값을 알 수 있으므로 설계 비용, 공사비용 등에 대한 객관적 검토와 감사에 활용될 수 있으며, 결과적으로 비용을 절감할 수 있을 것이다.

5. 결 론

연구는 기존의 인력중심으로 이루어지는 통신 인프라시설인 통신관망 설계에 GIS의 최단경로 기법을 적용하여 최적경로를 구하고 양 방법의 공사비용 차이를 계량적으로 비교하였다. 연구의 설계가 완료된 대규모 신도시의 통신관망에 최단경로 기법을 다시 적용하였다. 최단경로 기법은 Dijkstra 알고리즘을 이용하여 경로를 산출하였고 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

신규 개발지역의 사례를 통해 최단경로 알고리즘이 통신망설계에 활용될 수 있으며

통신망 설계의 최적화를 통해 비용절감 측면 등 몇 가지 성과가 있었다. 이러한 결과는 현재의 인력중심의 계획/설계단계에서 상당한 비효율이 내재되어있고 이러한 비효율적 경로선정을 GIS의 최단경로 기법을 적용하여 손쉽게 개선할 수 있음을 알 수 있다. 실험결과에서 나타났듯이 대상지역의 극히 일부인 2곳의 샘플지역만을 실험했을 경우 약 1억 원의 비용절감 가능성이 있으며, 전체지역을 대상으로 검토하고 통신관로 내부에 건설되는 케이블 비용까지 계산 한다면 추가로 절감되는 비용은 매우 클 것이다.

통신망을 설계할 시 GIS의 최단경로 기법을 적용할 경우 비용감소 이외에 설계과정을 객관적이고 표준적으로 시행할 수 있는 잇점이 있다. 즉, 본 연구에서 제시된 최적 통신망은 설계업무의 숙달 정도에 관계없이 누구나 동일한 결과를 얻을 수 있다. 따라서 기업 환경의 변화로 인력이동이 극심한 현실에서 인력중심의 설계를 GIS 최단경로 알고리즘을 활용한 설계로 대체한다면 경험 유무와 업무능력을 따른 통신망 설계 효율의 차이를 최소화하고 진행을 원활히 수행할 수 있고 인력변동에 대한 유연성 또한 높아질 것으로 기대된다. 즉, 인력위주 설계에 따른 개인적 업무 이해도 및 경험적 이론 적용으로 동일 지역의 설계 산출물이 각기 다르게 나타나는 문제를 예방하고 설계 효율을 제고함으로써 설계비용 자체도 절감할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 강맹규, 네트워크와 알고리즘, 박영사, 1999
2. 김용, 이병하, 자동경로지정기법 적용에 의한 인천국제공항의 항공등화시스템 설계에 관한연구, 2002
3. 김익기, ATIS를 위한 수정형 덩굴망 최단

- 경로 탐색 알고리즘의 개발, 대한교통학회지 제 16권 제2호(1998), pp. 157-167
4. 김현명, 임용택, 유전알고리즘을 이용한 전역탐색 최단경로 알고리즘 개발, 대한교통학회지 제17권, 제2호(1999), pp. 163-178
5. 김형진, 유완, 양인철, 유전자 알고리즘을 이용한 최단경로 탐색, 연세대학교 석사논문, 2000
6. 신현곤, 박희경, Genetic Algorithm을 이용한 상수관망의 최적설계, 대한상수도학회지, 제12권 제1호(1998), pp.70-80
7. 이승재, 장인성, 박민희, 유전 알고리즘을 이용한 이중목적 최단경로 모형개발에 관한 연구, 대한교통학회지 제 18권 제3호(2000), pp. 77-86
8. 이신준, 양성봉, GIS네트워크상에서의 효율적인 최단경로 알고리즘, 1999
9. 임강원, 임용택, 교통망 분석론, 서울대학교출판부, 2003
10. 정수일, 최단경로 알고리즘의 계산효율 비교, 대한산업공학회지 1권 1호(1975), pp. 69-71
11. 최기주, 도시교통망 이론 1, 청문각, 2004
12. 한국토지공사, 정보통신관로 공동구축을 통한 국가적 예산 절감 사례, 2003
13. Evans, James, Evans Minieka, Optimization Algorithms for Networks and Graphs, Marcel Dekker, New York, NY, 1992
14. E. W. Dijkstra, A note on two problems in connection with graphs, Numerical Mathematics, 1959
15. Harvey J. Miller, Shin-Ling Shaw, Geographic Information System for Transportation, Oxford University press, 2001
16. KT, KT표준품셈, 2005
17. Sheffi, Yosep, Urban Transportation Networks, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1992

정주영

1997년 한경대학교 토목공학과 (공학사)
 2005년 서울시립대학교 도시과학대원 (공학석사)
 2006년~현재 한국통신(주) SI사업본부 컨설팅팀
 과장
 관심분야: GIS-T, U-City

최윤수

1984년 서울시립대학교 졸업 (학사)
 1986년 서울시립대학교 토목공학과 졸업 (석사)
 1992년 성균관대학교 토목,환경및측지학과 졸업 (박사)
 1991년 2000년 국립한경대학교 토목공학과 교수
 2001년~현재 서울시립대학교 지적정보학과 부교수
 관심분야: 측지측량, GPS, u-city, u-방재공학

전철민

1997년 Texas A&M University 도시 및 지역계획학과 도시 및 지역계획학박사
 1990년 서울대학교 대학원 도시공학과 (공학석사)
 1988년 서울대학교 도시공학과 (공학사)
 2006년~현재 서울시립대학교 지적정보학과 부교수
 관심분야: LIS, 공간데이터베이스, 시스템통합

조성길

2001년 美 남가주대 (Los Angeles, California) 도시계획대학원 졸업 (교통계획학 박사)
 1994년 美 퍼듀대 (West Lafayette, Indiana) 대학원 토목공학과 졸업 (교통공학 석사)
 1992년 서울대학교 환경대학원 졸업 (도시계획학 석사)
 1987년 서울시립대학교 토목공학과 졸업(토목공학사)
 2006년~현재 서울시립대학교 지적정보학과 조교수
 관심분야: GIS-T, 교통계획