

유전자 알고리즘을 이용한 경제적 LAN 설계

염창선 · 이한진

부경대학교 경영학부

Economic Design of Local Area Networks using Genetic Algorithms

Chang-Sun Yum · Han-Jin Lee

Division of Business Administration, Pukyong National University

In this paper, the design problem of local area networks is defined as finding the network topology minimizing cost subject to reliability constraint. The design problem includes issues such as multiple choices of link type for each possible link, multiple choices of hub type for each hub, and allocation of the users to the hubs. To efficiently solve the problem, a genetic approach is suggested. According to the experiments, the proposed approach improves search performance.

Keywords : Local Area Network, Economic Design, Reliability, Genetic Algorithm

1. 서 론

기업은 기업 내 정보처리기기들의 연결을 통해 자원을 공유하고 다양한 부문에서 생성되는 정보를 빠르게 교환하여 과업수행에 활용코자, 기업 내부 네트워크로 근거리 네트워크(LAN : Local Area Network)를 설치 운영하고 있다.

LAN이 기업 내 자원공유와 정보교환을 위한 중요한 역할을 하게 됨에 따라 LAN의 단절은 기업 활동에 직접적인 영향을 미치게 되었다. 이에 따라 신뢰성 있는 LAN 설계의 필요성이 제기 되어 왔다. 네트워크 설계 문제의 일종인 LAN 설계 문제는 NP-hard 문제에 해당된다(Wood, 1986; Cancela와 Khadiri, 1995; Dengiz 등, 1997).

LAN은 물리적 연결형태에 따라 버스형, 링형, 트리형, 그리고 스타형으로 나누어진다. 이 중 본 연구의 대상인 스타형의 LAN은 네트워크 동작의 중심적 역할을 하는 허브나 스위치 같은 분배 장비에 PC와 같은 사용자들의 장비가 케이블을 통해 연결된 형태이다.

LAN 설계와 관련된 기존의 연구를 살펴보면 다음과 같다. Ersoy와 Panwar(1993)는 SA(Simulated Annealing)를

이용하여 신장트리(spanning tree)를 제약조건으로 하고 평균 네트워크 지연(average network delay)을 최소화하는 LAN 설계 방법을 제시하였다. Elbaum과 Sidi(1996)은 유전자 알고리즘(GA : Genetic Algorithm)을 이용하여 Ersoy와 Panwar(1993)의 LAN 설계 문제를 풀었다. Filho와 Galvão(1998)은 TS(Tabu Search)를 이용하여 신장트리를 제약조건으로 하고 비용을 최소화하는 LAN 설계 방법을 제시하였다. 그리고 Gen과 Kim(1998)은 GA를 이용하여 신장트리를 제약조건으로 하고 평균 메시지 지연과 비용을 최소화하는 다목적 LAN 설계 방법을 제시하였다. 기존의 LAN 설계 연구들은 허브 간의 연결 및 허브와 사용자간의 연결을 위해 한 가지의 허브와 링크 유형만을 고려하는 LAN 설계 방법에 한정되었다. 그러나 본 연구에서는 스타형을 대상으로 다양한 허브 유형과 링크 유형을 고려하는 보다 현실적인 LAN 설계 방법을 제시하고자 한다.

이 설계 방법은 신뢰도를 제약조건으로 하고 비용을 최소화하는 LAN 설계 방법으로 효율적인 탐색을 위해 GA를 이용한다.

2. LAN 설계 문제의 표현

2.1 기본 가정 및 표기 형식

본 연구의 LAN 설계를 위한 가정은 다음과 같다.

- 각 노드(허브 또는 사용자(PC))의 위치는 주어져 있다.
- 각 링크는 무방향적(bi-directional)이다.
- 네트워크에 있어 중복된 링크는 존재하지 않는다.
- 허브의 상태, 허브간 링크의 상태는 고장(failed)이거나 비고장 상태로 한정한다.
- 각 허브와 링크의 실패는 독립적이다.

LAN 설계를 위한 표기 형식은 다음과 같다.

- n : 허브의 수
- m : 사용자의 수
- s_i : i 번째 허브, $i = 1, 2, \dots, n$
- u_j : j 번째 사용자, $j = 1, 2, \dots, m$
- $ks_i (\in \{1, 2, 3, \dots, v\})$: s_i 의 허브 유형, 여기서 v 는 허브 유형의 가지 수
- ms_i : s_i 에 연결 가능한 최대 노드(다른 허브와 사용자) 수
- l_{ij} : s_i 와 s_j 간 링크
- $kl_{ij} (\in \{0, 1, 2, 3, \dots, t-1\})$: s_i 와 s_j 간의 링크 유형, 여기서 t 는 링크 유형의 가지 수
- d_{ij} : s_i 와 s_j 간 거리
- h_{ij} : s_i 와 u_j 간 거리
- $y_{ij} (\in \{0, 1\})$: s_i 와 u_j 간 연결 유무
- cs_i : s_i 의 설치비용(\$)
- cl_{ij} : l_{ij} 의 설치비용(\$)
- cu : 허브와 사용자간 단위거리 당 링크 설치비용 (\$/m)
- $\mathbf{x} (= \{ks_1, ks_2, \dots, ks_n ; kl_{1,2}, kl_{1,3}, \dots, kl_{n-1,n} ; (y_{1,1}, y_{2,1}, \dots, y_{n,1}), (y_{1,2}, y_{2,2}, \dots, y_{n,2}), \dots, (y_{1,m}, y_{2,m}, \dots, y_{n,m})\})$: LAN 설계 구조
- $su_j (\in \{1, 2, \dots, n\})$: u_j 와 연결된 허브의 번호
- $\tilde{\mathbf{x}} (= \{ks_1, ks_2, \dots, ks_n ; kl_{1,2}, kl_{1,3}, \dots, kl_{n-1,n} ; su_1, su_2, \dots, su_m\})$: 염색체 표현을 위한 LAN 설계구조
- $C(\mathbf{x})$: LAN 설계의 총 비용
- $R(\mathbf{x})$: LAN 설계의 신뢰도
- R_0 : 요구되는 최소의 LAN 신뢰도

2.2 LAN 설계 문제의 모형

LAN 설계 문제는 다음과 같이 모형화될 수 있다.

목적함수 :

$$\text{Min } C(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n cs_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n cl_{ij} + cu \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m h_{ij} \cdot y_{ij} \dots \dots \dots (1)$$

제약조건 :

$$R(\mathbf{x}) \geq R_0 \dots \dots \dots (2)$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ (j \neq i)}}^n b_{ij} + \sum_{j=1}^m y_{ij} \leq ms_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \dots \dots (3)$$

$$b_{ij} = \begin{cases} 0, & kl_{ij} = 0 \text{ 이면} \\ 1, & kl_{ij} > 0 \text{ 이면} \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^n y_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, m \dots \dots \dots (4)$$

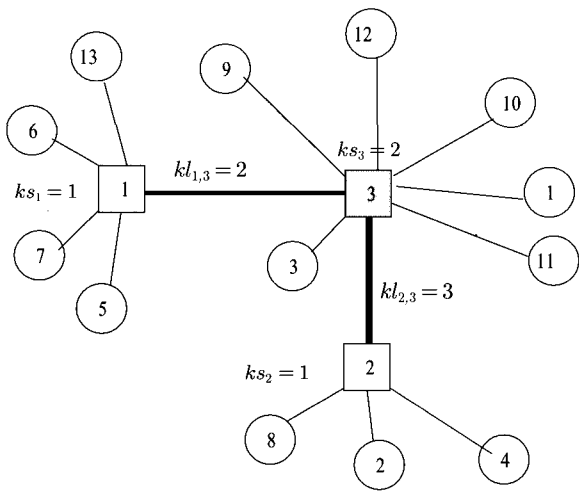
$$\sum_{\substack{j=1 \\ (j \neq i)}}^n kl_{ij} \geq 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \dots \dots \dots (5)$$

목적함수인 식(1)은 허브 설치비용, 허브간 링크 설치비용, 그리고 허브와 사용자간 링크 설치비용의 합으로 구성되는 총 설계비용의 최소화를 의미한다. 허브 설치비용은 각 허브 설치비용(cs_i)의 합으로 계산된다. 각 허브의 설치비용은 그 허브의 유형(ks_i)에 의존한다. 허브간 링크 설치비용은 각 허브간 링크 설치비용(cl_{ij})의 합으로 계산된다. 각 허브간 링크 설치비용은 그 링크의 유형(kl_{ij})에 의존하는 단위거리 당 설치비용과 거리(d_{ij})의 곱으로 계산된다. 그리고 허브와 사용자간 링크 설치비용은 모든 허브와 사용자간에 동일한 링크가 설치된다는 가정 하에, 각 허브와 사용자간에 연결이 있는 경우(y_{ij})의 단위거리 당 링크 설치비용(cu)과 거리(h_{ij})의 곱에 대한 총합으로 계산된다.

제약조건인 식(2)는 LAN 신뢰도 제약을 나타낸 것이며, 식(3)은 각 허브는 연결할 수 있는 최대의 노드 수(ms_i)에 제약 받는다는 것을 의미한다. 허브의 연결 가능한 최대 노드 수는 허브의 유형에 의존한다. 그리고 식(4)는 각각의 이용자는 반드시 한 개의 허브와 연결되어야 함을, 식(5)는 한 개의 허브는 반드시 한 개 이상의 다른 허브와 연결되어야 함을 의미한다.

2.3 LAN 설계 구조의 염색체 표현

<그림 1>은 3개의 허브(사각형)에 13명의 사용자(원형)를 연결하는 LAN 설계의 예를 보여주고 있다. 이 예에서 허브간 링크를 위해 선택 가능한 링크 유형은 0, 1, 2, 3으로 가지 수(t)는 4이다. 허브의 유형은 두 가지로 최대 연결 노드 수가 5인 유형 1과 8인 유형 2이다. <표 1>은 <그림 1>의 허브간 링크 유형을 보여 주고 있으며, <표 2>는 <그림 1>의 허브와 사용자간 연결 유무를 보여주고 있다.



<그림 1> LAN 설계의 예

<표 1> 허브간 링크 유형

kl_{ij}	1	2	3
1	-	0	2
2		-	3
3			-

(주) 허브간 링크 유형은 4가지로 0, 1, 2, 3이다.

<표 2> 허브와 사용자간 연결 유무

y_{ij}	사 용 자													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
허브	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
	2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	3	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0

(주) 1은 허브와 사용자간에 연결이 있음을 의미하고, 0은 연결이 없음을 의미한다.

<그림 1>의 예는 LAN 설계 구조 $x(= \{1, 1, 2 ; 0, 2, 3 ; (0, 0, 1), (0, 1, 0), (0, 0, 1), (0, 1, 0), (1, 0, 0),$

$(1, 0, 0), (1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1), (0, 0, 1), (0, 0, 1), (0, 0, 1), (1, 0, 0)\}$ 로 표현된다. 이 설계 구조의 전반부(허브 영역)는 허브의 번호 순에 의한 허브 유형을 나타내고, 중반부(허브간 링크 영역)는 <표 1>의 이상향 삼각형 모양의 각 행을 1줄로 나열한 것으로 허브간 링크 유형을 나타낸다. 그리고 후반부(사용자 영역)는 <표 2>의 각 열을 괄호로 묶어 나열한 것으로 사용자와 허브간의 연결 유무를 나타낸다.

위의 LAN 설계 구조 x 는 염색체 표현을 위한 설계 구조 $\tilde{x} = \{1, 1, 2 ; 0, 2, 3 ; 3, 2, 3, 2, 1, 1, 1, 2, 3, 3, 3, 3, 1\}$ 형태로 나타낼 수 있다. 설계 구조 \tilde{x} 는 설계 구조 x 와 동일하나 단지, 사용자 영역에 표현된 이전 형태의 특정 사용자와 허브간의 연결 유무를 n 진 형태로 압축하여 표현한 것으로 특정 사용자가 어느 허브와 연결되었는 지를 나타낸다. 즉, \tilde{x} 의 사용자 영역은 <표 2>의 사용자 번호 순서대로 사용자와 연결된 허브 번호를 나타낸다. 후반부 첫 번째 숫자 3은 사용자 1번이 허브 3번과 연결되어 있음을 의미한다.

설계 구조 $\tilde{x} = \{1, 1, 2 ; 0, 2, 3 ; 3, 2, 3, 2, 1, 1, 1, 2, 3, 3, 3, 3, 1\}$ 는 유전자 연산을 위해 동일한 형태인 염색체(chromosome) $\{1\ 1\ 2 ; 0\ 2\ 3 ; 3\ 2\ 3\ 2\ 1\ 1\ 1\ 2\ 3\ 3\ 3\ 3\ 1\}$ 로 표현될 수 있다.

n 개의 허브와 m 개의 사용자를 갖는 LAN 설계의 탐색 대상 해의 수는 다음과 같다.

$$v^n \times t^{n(n-1)/2} \times n^m \dots\dots\dots (6)$$

v^n 는 n 개의 허브가 v 개의 허브 유형 중 하나를 선택할 수 있는 경우의 수이고, $t^{n(n-1)/2}$ 은 t 개의 허브간 링크 유형을 가지고 n 개의 허브간을 연결할 수 있는 경우의 수이다. 그리고 n^m 은 m 명의 사용자가 각각 n 개의 허브 중 하나에 연결될 수 있는 경우의 수이다. 그러므로 3개의 허브와 13명의 사용자, 그리고 4가지의 허브간 링크 유형과 2가지의 허브 유형이 고려된 <그림 1>과 같은 형태의 LAN 설계 문제는 $2^3 \times 4^{3(3-1)/2} \times 3^{13} = 816,293,376$ 개의 탐색 대상 해를 갖는다.

3. 경제적 LAN 설계

3.1 경제적 LAN 설계를 위한 절차

GA를 이용한 경제적 LAN 설계의 주요 절차는 다음과 같다.

(1) 매개변수(parameter) 초기화

- g : 세대(generation) 수
- g_{max} : 최대 세대 수
- s : 개체집단(population)의 크기
- $m\%$: 돌연변이 염색체의 비율
- r_m : 돌연변이 형질의 비율

(2) 초기 세대의 개체집단 생성($g = 1$)

- (a) 초기 세대의 개체집단을 무작위로 생성한다.
- (b) 초기 세대의 개체집단을 신뢰도 계산함수와 비용 계산함수로 보낸다.
- (c) 초기 세대의 가장 우수한(best) 해를 검사한다.

(3) 반복적인 교배 및 돌연변이 연산

- (a) 교배 및 돌연변이
 - 순위기반 선택에 따라 현재 세대의 개체집단으로부터 서로 다른 두 부모가 선택된다.
 - 균등교배를 통해 자손이 생성된다.
 - 생성된 자손을 돌연변이 비율에 따라 돌연변이 연산을 한다.
 - 자손이 충분히 생성되었을 때, 부모들은 자손에 의해 대체된다.
- (b) 새로운 개체집단을 신뢰도 계산함수와 비용 계산함수로 보낸다.
- (c) 새로운 가장 우수한 해를 검사한다.
- (d) 최대 세대 수까지 ($g = g_{max}$) 반복한다.

3.2 초기 세대의 개체집단 생성

초기 세대의 개체집단 구성을 위해, 염색체 허브 영역의 각 형질에 대해 허브 유형을 무작위로 결정하고, 염색체 허브간 링크 영역의 각 형질에 대해 허브간 링크 유형을 무작위로 결정한다. 그리고 염색체 사용자 영역의 각 형질에 대해 허브 번호를 무작위로 결정한다. 단, n 개의 허브간 연결이 최소한 신장트리가 되도록 하기 위해 허브간 링크 영역의 형질이 0이 아닌 값을 $n-1$ 개 이상 갖도록 한다(Kershenbaum, 1993; Rao, 1998). 예를 들어, <그림 1>의 LAN 설계 예에 있어 초기 개체집단 내의 염색체가 다음과 같이 생성될 수 있다.

{ 2 1 2 ; 2 0 3 ; 1 2 3 2 2 1 1 2 3 2 3 3 3 }

3.3 교배 및 돌연변이

교배 연산을 위해 두 개의 염색체를 순위기반 선택(rank based quadratic procedure)을 적용하여 선택한다(Tate

와 Smith, 1998). 선택된 두 부모 염색체 내의 각각의 형질에 대해 0과 1사이의 난수를 발생시켜 임계확률(0.5) 이상인지 여부에 따라 형질(allele)에 대해 교배를 하는 균등교배를 실시한다. 예를 들어, 아래와 같이 부모 1과 부모 2가 선택되었고, 각 형질에 난수가 발생되었다고 가정하자.

부모1 :

{ 2 1 1 ; 2 0 3 ; 1 2 3 2 2 1 2 2 3 2 3 3 3 }

부모2 :

{ 1 2 1 ; 1 1 0 ; 3 2 2 2 2 1 1 2 3 3 1 3 3 }

난수 :

.2 .6 .1 ; .5 .3 .7 ; .4 .5 .3 .7 .8 .5 .4 .6 .2 .1 .6 .3 .2

자손 :

{ 1 1 1 ; 2 1 3 ; 3 2 2 2 2 1 1 2 3 3 3 3 3 }

위의 예에서 난수가 임계확률 0.5이상인 2, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 14, 17번째 형질에 대해서는 부모 1의 형질을 자손에게 물려주고 그 외의 형질에 대해서는 부모 2의 형질을 자손에게 물려주어 자손 염색체를 만든다.

다음으로 행해지는 돌연변이 연산은 모든 염색체의 특정 비트가 고정되는 것을 방지하고 탐색공간을 넓히려는 시도로써 지역 최적해(local optimal)에 빠질 확률을 줄여준다.

돌연변이 연산은 먼저 자손 염색체들 중에서 돌연변이 염색체의 비율($m\%$)에 따라 돌연변이 대상 염색체를 무작위로 선택한다. 그리고 돌연변이 형질의 비율(r_m)에 따라 형질을 무작위로 선택하고, 역시 선택한 형질에 대해 무작위로 형질의 값을 결정한다. 예를 들어, 돌연변이 대상 염색체가 {1 1 1 ; 2 1 3 ; 3 2 2 2 2 1 1 2 3 3 3 3 3}이고 돌연변이 형질의 비율($r_m=0.2$)에 따라 1, 4, 13, 18번째 형질이 무작위로 선택되고 허브 영역의 형질인 1번째 형질에 대해 허브 유형이 3로, 허브간 링크 영역의 형질인 4번째 형질에 대해 허브간 링크 유형이 3으로, 그리고 사용자 영역의 형질인 13, 18번째 형질에 대해 허브 번호가 2, 1로 결정되었다면, 돌연변이된 염색체는 {3 1 1 ; 3 1 3 ; 3 2 2 2 2 1 2 2 3 3 3 1 3}이다.

3.4 LAN 신뢰도 계산

본 연구의 LAN 신뢰도는 각 사용자 그리고 사용자와 허브간의 링크 고장이 LAN 시스템의 정상 운영에 영향을 주지 않고 독립적으로 수리가 가능하므로, 네트워크의 구성요소인 허브와 허브간 링크를 대상으로 다음과 같은 알고리즘을 사용하여 계산한다(Van Slyke와 Frank, 1972; Aggarwal 등, 1975).

(1) 매개변수(parameter) 초기화

- $R(x)=0$
- r : 네트워크 상태 인스턴스의 신뢰도

(2) LAN 상태(network state)의 인스턴스(instances) 생성

(a) n 개의 허브와 z 개의 허브간 링크로 구성된 LAN 설계는 허브의 상태(고장 또는 비고장)와 허브간에 연결된 링크의 상태(고장 또는 비고장)로 인해 발생 가능한 $2^{(n+z)}$ 개의 LAN 상태 인스턴스를 가질 수 있다. LAN이 정상적으로 작동하기 위해서는 모든 허브가 비고장이고 허브간 비고장의 링크로 최소한 신장트리를 형성해야 한다. 그러므로 n 개의 비고장 허브와 z 개의 허브간 링크 중 최소한 $n-1$ 개 이상의 허브간 비고장 링크를 포함하는 LAN 상태 인스턴스들을 생성한다. 즉 n 개의 허브와 z 개의 허브간 링크로 구성된 LAN 설계에 대해 n 개의 허브가 모두 비고장인 $\sum_{i=n-1}^z C_i$ 개의 네트워크 상태 인스턴스를 생성한다(단, $z \geq n-1$).

(b) 생성한 모든 LAN 상태 인스턴스를 스택(stack)에 담는다.

(3) 비고장 링크 기반의 신장트리 검사

- (a) 스택이 비어있으면 종료한다.
- (b) 스택에서 맨 위의 LAN 상태 인스턴스를 꺼낸다.
- (c) LAN 상태 인스턴스의 허브간 비고장 링크들만으로 신장트리를 형성하는지를 검사한다.
 - 신장트리를 형성하지 않으면, 3(a)로 간다.
 - 신장트리를 형성하면, (4)로 간다.

(4) LAN 신뢰도 계산

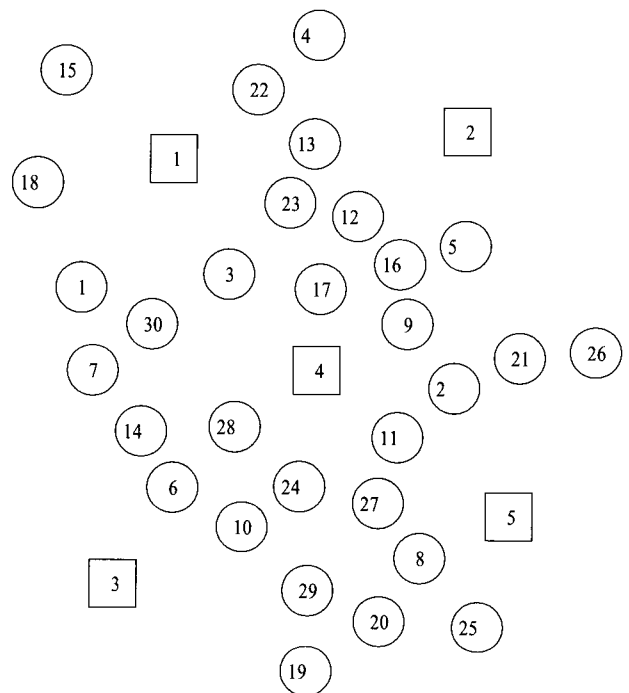
- (a) LAN 상태 인스턴스에 대한 신뢰도(r)를 계산한다.
 - 각 허브 및 허브 간 링크의 유형에 따른 신뢰도를 확인한다.
 - 고장 상태인 링크는 $1 -$ 신뢰도를 신뢰도로 사용한다.
 - 허브 및 허브간 링크의 모든 신뢰도를 곱한다.
- (b) LAN 신뢰도 $R(x) = R(x) + r$
- (c) (3)(a)로 간다.

구에서 제시하는 GA를 이용한 설계 방법의 성능을 실험한다. 실험은 PentiumIV(1.8GHz)와 512MB RAM으로 구성된 PC 환경에서 이루어졌다.

첫 번째 문제(문제 1)는 3개의 허브와 13명의 사용자를 네트워크로 연결하는 경우이고, 두 번째 문제(문제 2)는 5개의 허브와 30명의 사용자를 네트워크로 연결하는 경우이다. 두 문제 모두 신뢰도 제약조건(R_0)은 0.850으로 한다. 이와 같은 두 문제를 위해 사용된 허브간 링크 유형의 속성은 <표 3>과 같다. 허브와 사용자간의 단위거리 당 링크 설치비용(cu)은 1.0\$/m이다. 그리고 허브와 사용자 위치가 <그림 2>에 표현되어 있다. 허브의 속성, 허브간 거리 및 허브와 사용자간 거리가 각각 <표 4>, <표 5>, <표 6>에 나타나 있다. 문제 1을 위해, <그림 2>, <표 5>, 그리고 <표 6>에서는 허브 번호가 1~3, 사용자 번호가 1~13으로 한정되어 사용되고, <표 4>에서는 허브 유형이 1~2로 한정되어 사용된다.

<표 3> 허브간 링크 유형의 속성

링크 유형	신뢰도	단위거리 당 비용(\$/m)
0(비연결)	0	0
1	0.910	1.0
2	0.930	1.5
3	0.950	4.0



<그림 2> 허브와 사용자 위치

4. LAN 설계의 성능 실험

이 장에서는 두 개의 LAN 설계 문제를 통해, 본 연

<표 4> 허브의 속성

허브 유형	신뢰도	허브 당 설치 비용(\$/허브)	최대 연결 노드 수
1	0.940	110	5
2	0.960	200	8
3	0.980	580	16

(주) 문제 1은 허브 유형 1과 2로 한정한다.

<표 5> 허브간 거리

(단위 : m)

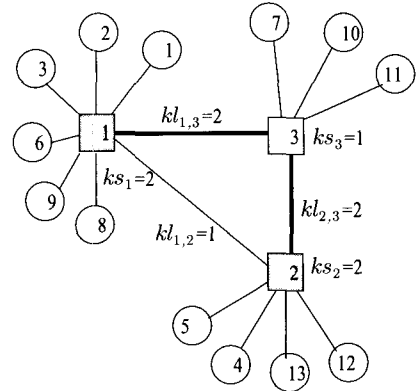
d_{ij}	1	2	3	4	5
1	-	84	65	72	95
2		-	78	56	69
3			-	82	87
4				-	100
5					-

(주) 문제 1은 허브 번호 1~3으로 한정한다.

4.1 문제 1 : 3개의 허브와 13명의 사용자

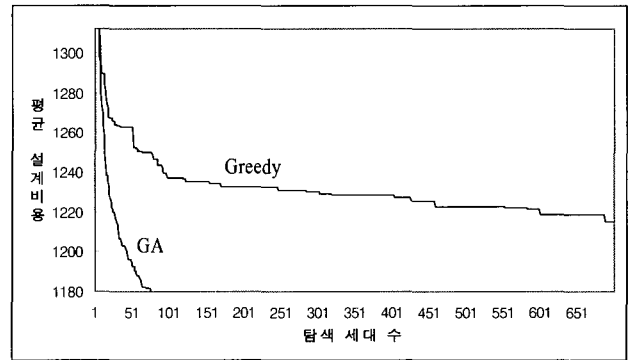
3개의 허브와 13명의 사용자를 네트워크로 연결하는 문제 1에 대해 먼저 GA를 이용한 LAN 설계를 수행하였다. 초기 탐색 실험을 통해 초기화 값($g_{max} = 700, s = 20, m\% = 25, r_m = 0.20$)을 얻은 후, 3.1절에 제시한 설계 절차에 따라 실험을 수행하였다. 그 결과 <그림 3>에 나타나 있는 것과 같은 설계 구조를 갖는 비용이 1161.5\$이고 네트워크 신뢰도가 0.852인 가장 우수한 해 {221 ; 122 ; 1112213113322}를 찾았다.

문제 1은 열거적(enumerative) 탐색을 할 수 없을 정도로 탐색 대상 해의 수(816,293,376)가 매우 크다. 그러므로 열거적 탐색 방법 대신에 greedy 탐색 방법(Deeter와 Smith, 1998)을 사용하여 GA를 이용한 설계 방법과의 성능을 비교코자 한다.



<그림 3> 가장 우수한 해(1161.5\$)

본 연구에서 적용한 greedy 탐색 방법은 3.1절에서 제시한 GA를 이용한 설계 절차와 동일하나, 단지 교배 및 돌연변이를 통해 새로운 개체집단을 형성하는 대신에 염색체의 형질 값으로 무작위로 선택된 링크 유형을 사용함으로써 새로운 개체 집단을 생성한다. GA를 이용한 설계 방법과 greedy 탐색 방법 각각에 대해 10개의 seed를 사용하여, 탐색 세대 수의 증가에 따른 평균 설계비용의 추이를 살펴보았다. 그 결과가 <그림 4>에 나타나 있다.



<그림 4> GA를 이용한 설계 방법과 greedy 탐색 방법의 성능 비교(문제 1)

<표 6> 허브와 사용자간 거리

(단위 : m)

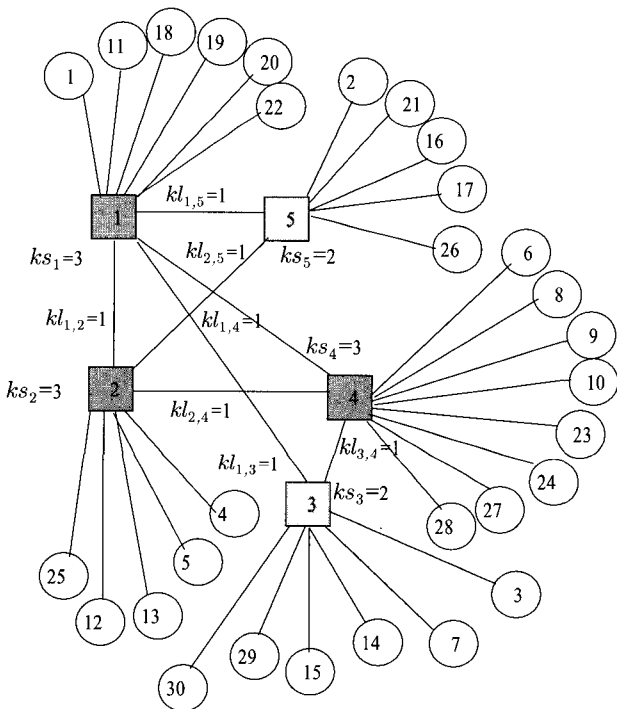
h_{ij}	사 용 자																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
허브	1	22	27	15	39	32	35	50	35	28	49	32	34	33	43	411	26	35	17	20	32	49	14	33	46	42	46	34	52	50	37
	2	46	44	33	19	25	49	44	43	37	46	45	26	29	49	469	49	50	43	36	421	181	23	19	43	25	18	47	79	46	43
	3	32	43	24	44	45	50	20	41	41	37	35	47	48	161	43	50	48	32	13	33	50	44	32	36	34	30	32	23	21	33
	4	34	42	17	46	26	19	43	29	26	15	16	38	47	35	49	36	45	49	34	30	48	47	18	21	47	26	19	28	48	37
	5	45	14	50	45	34	45	49	31	42	40	29	46	37	49	49	24	44	35	15	21	13	37	25	46	38	15	23	44	49	43

(주) 문제 1은 허브 번호 1~3과 사용자 번호 1~13으로 한정한다.

GA를 이용한 설계 방법은 탐색 세대 수가 증가함에 따라 평균 설계비용이 급격히 떨어져 약 70세대 수에서 1180\$ 이하로 수렴하는 반면에 greedy 탐색 방법은 700세대 수에 이르기까지 약 50번의 설계비용 감소를 가졌으며, 700세대 수에서 평균 설계비용 1215\$을 가졌다. 이 결과는 GA를 이용한 설계 방법이 greedy 탐색 방법보다 효율적인 설계 방법이라는 것을 보여 주고 있다.

4.2 문제 2 : 5개의 허브와 30명의 사용자

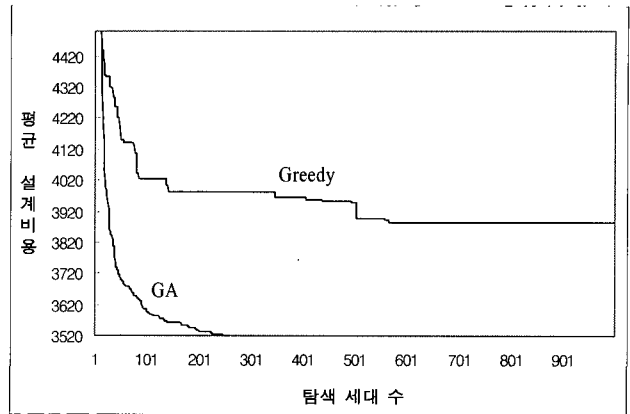
5개의 허브에 30명의 사용자를 네트워크로 연결하는 문제 2에 대해 GA를 이용한 LAN 설계를 수행하였다. 초기 탐색 실험을 통해 초기화 값($g_{max} = 1,000, s = 30, m\% = 25, r_m = 0.25$)을 얻은 후, 3.1절의 설계 절차에 따라 실험을 수행하였다. 그 결과 <그림 5>에 나타나 있는 것과 같은 설계 구조를 갖는 비용이 3366\$이고 네트워크 신뢰도가 0.851인 가장 우수한 해 {33232 ; 1111011100 ; 15322434441223355111 5144254433}를 찾았다.



<그림 5> 가장 우수한 해(3366\$)

문제 2는 문제 1보다 훨씬 더 탐색 대상 해의 수 ($3^5 \times 5^{(5-1)/2} \times 5^{30} = 2.21007E+30$)가 크다. 그러므로 열거적 탐색을 하기 어려워 문제 1에서 적용한 greedy 탐색 방법을 사용하여 GA를 이용한 설계 방법과 성능을 비교하였다. 두 설계 방법을 적용하여 실험한 결과인 탐

색 세대 수의 증가에 따른 평균 설계비용의 추이가 <그림 6>에 표현되었다.



<그림 6> GA를 이용한 설계 방법과 greedy 탐색 방법의 성능 비교(문제 2)

GA를 이용한 설계 방법은 탐색 세대 수가 증가함에 따라 평균 설계비용이 급격히 떨어져 약 250세대 전후에서 3520\$ 이하로 수렴하는 반면에, greedy 탐색 방법은 초기 해에서 1000세대 수에 이르기까지 약 40번의 설계비용 감소를 가졌으며, 1000세대 수에서 평균 설계비용 3880\$을 가졌다. 이 결과는 문제 1보다 더 큰 규모의 문제 2에 대해서도 문제 1에서 얻은 결과와 유사하게 GA를 이용한 설계 방법이 greedy 탐색 방법보다 효율적인 설계 방법이라는 것을 보여 주고 있다.

5. 결 론

LAN이 기업 내의 자원공유와 정보교환을 위한 중요한 수단으로 활용되면서, LAN의 단절은 기업 활동에 직접적인 영향을 미치게 되었다. 이에 따라 기업은 최소한의 비용으로 신뢰성 있는 LAN을 설치하여 운영하길 원한다.

본 연구에서는 이러한 기업의 요구에 맞추어, 다양한 허브의 수준 및 링크 수준을 고려하는 새로운 LAN 설계 방법을 제시하였다. 이 설계 방법은 효율적인 해의 탐색을 위해 유전자 알고리즘을 이용한다. 두 개의 LAN 설계 문제를 대상으로 하는 탐색성능 실험을 통해, 본 연구에서 제시한 LAN 설계 방법이 greedy 탐색 방법보다 우수하다는 것을 보였다.

본 연구에서 제시한 LAN 설계 방법이 네트워크 신뢰도를 중요시하고 최소의 비용으로 LAN을 설계코자 하는 기업에 널리 활용되길 기대한다.

참고문헌

- liability Analysis-Part I", *Networks*, Vol. 1, No. 3 1972, pp. 49-64.
- [1] Aggarwal, K. K., Gupta, J. S., and Misra, K. B., "A Simple Method for Reliability Evaluation of a Communication System", *IEEE Transactions On Communication System*, Vol. 23, No. 5, 1975, pp. 563-566.
- [2] Cancela, H. and El Khadiri, M., "A Recursive Variance-Reduction Algorithm for Estimating Communication-Network Reliability", *IEEE Transactions On Reliability*. Vol. 44, No. 4, 1995, pp. 595-602.
- [3] Deeter, D. L., and Smith, A. E., "Economic Design of Reliable Networks", *IIE Transactions*, Vol. 30, No. 12, 1998, pp. 1161-1174.
- [4] Dengiz, B., Altıparmak, F., and Smith, A. E., "Efficient Optimization of All-Terminal Reliable Networks Using an Evolutionary Approach", *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 46, No. 1, 1997, pp. 11-17.
- [5] Elbaum, R. and Sidi, M., "Topological Design of Local-Area Networks using Genetic Algorithms", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 4, No. 5, 1996, pp. 766-778.
- [6] Ersoy, C. and Panwar, S. S., "Topological Design of Interconnected LAN/MAN networks", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 11, No. 8, 1993, pp. 1172-1182.
- [7] Filho, V. J. M. and Galvão, R. D., "Design of Interconnection of Local Area Networks", *International Transactions in Operational Research*, Vol. 5, No. 3, 1998, pp. 211-231.
- [8] Gen, M., IDA, K., and Kim, J. R., "A Spanning Tree-Based Genetic Algorithm for Bicriteria Topological Network Design", *Proceedings of IEEE International Conference on Evolutionary Computation*, 1998, pp. 15-20.
- [9] Kershenbaum, A., *Telecommunication Network Design Algorithms*, McGraw-Hill, Inc., New York, 1993.
- [10] Rao, V. V. B., "Most-vital Edge of a Graph with respect to Spanning Trees", *IEEE Transactions on Reliability*, Vol 47, No. 3, 1998, pp. 6-7.
- [11] Tate, D. M. and Smith, A. E., "A Genetic Approach to the Quadratic Assignment Problem", *Computers and Operations Research*, Vol 22, No. 1, 1995, pp. 73-83.
- [12] Wood, R. K., "Factoring Algorithms for Computing K-Terminal Network Reliability", *IEEE Transactions On Reliability*. Vol. 35, No. 3, 1986, pp. 269-278.
- [13] Van Slyke, R. M., and Frank, H., "Network Re-