

망토폴로지 최적화와 라우팅을 위한 알고리즘에 대한 연구

A study on the Algorithm for Mesh Network Topology Optimization and Routing

김 동 춘^{1*} · 나 승 권¹ · 편 용 국²

¹한국폴리텍대학 강릉캠퍼스 전자통신학과

²강원도립대학 정보통신학과

Dong-Choon Kim^{1*} · Seung-kwon Na¹ · Yong-Kug Pyeon²

¹Department of Electronics and Communication, Korea Polytechnic College Gangneung Campus, Gangwon-do 210-932, Korea

²Department of Communication and Information, Gangwon Provincial College, Gangwon-do 210-804, Korea

[요 약]

노드들 간의 설치비용과 트래픽 요구량이 주어졌을 때, 이 조건을 만족하는 메쉬망을 설계하는 주요 고려사항으로는 설계시간, 비용, 지연, 신뢰성등 여러 가지가 있으며, 일반적으로 설계시간을 줄이고, 비용은 작게, 지연은 적게, 신뢰성이 높은 메쉬망을 설계하여야 한다. 설계시간에 대한 문제는 Aaron Kershenbaum이 제안한 MENTOR (mesh network topology optimization and routing) 알고리즘에 의해 최소화를 이루는데 성공하였지만 비용, 지연, 신뢰성에는 여전히 문제가 남아있다. 본 논문에서는 MENTOR의 설계시간의 장점을 유지하면서 다른 성능인자들을 만족시킬 수 있는 새로운 망설계 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안된 알고리즘의 설계결과는 MENTOR 알고리즘의 성능인자들보다 개선되었음을 보여주었다.

[Abstract]

We consider the problems that consist of designing time, establishment cost, delay time and reliability in designing a mesh network when given link costs and traffic requirements between nodes. Designing time, establishment cost and delay time are less, reliability is higher in designing a mesh network. One of the problems designing time is solved by mesh network topology optimization and routing (MENTOR) algorithm that Aaron Kershenbaum propose, but the others remain. In this paper we propose a new mesh network design algorithm with small computational complexity that the others are solved. The result of the proposed algorithm is better than MENTOR's in total establishment cost, delay time and reliability.

Key word : Computational complexity, Delay time, Establishment cost, Mesh network design algorithm, Reliability.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.1.53>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 15 January 2015; Revised 26 January 2015
Accepted (Publication) 23 February 2015 (28 February 2015)

*Corresponding Author; Dong-Choon Kim

Tel: +82-33-610-6181

E-mail: kdchoon@kopo.ac.kr

I. 서론

컴퓨터 산업이 발전함에 따라 망은 양적으로 크게 확장되어 기존의 알고리즘으로는 최적의 망설계의 해를 구하는데 많은 계산량이 필요하게 되었다[1]-[3]. 이러한 계산량의 문제는 Aaron Kershenbaum이 1991년에 제안한 MENTOR (Mesh network topology optimization and routing) 알고리즘에 의해 최소화를 이루는데 성공하였다[4]-[5].

메쉬망을 설계하는 주요 고려사항으로는 설계시간, 비용, 지연, 신뢰성등 여러 가지가 있으며, 일반적으로 설계시간을 줄이고, 비용은 작게, 지연은 적게, 신뢰성이 높은 가능한 메쉬망을 설계하여야한다.

일반적으로 메쉬 토폴로지를 구하는 방법은 branch exchange 방법과 heuristic 알고리즘을 이용한 방법 두 가지로 나눌 수 있다. branch exchange 방법은 하나의 메쉬 토폴로지를 구하는데 최소한 $O(N^5)$ 정도의 계산량이 필요하다. 이것은 50에서 100개 정도만 되더라도 많은 계산 시간이 소요된다. 또한 이 알고리즘은 비용함수의 non-convex 특성 때문에 산재해 있는 지역 최소 값에 빠지기 쉽다[1]-[3].

한편 heuristic 알고리즘은 적은 계산량에 의하여 동일 조건을 만족하는 많은 메쉬망들을 짧은 시간에 설계할 수 있다. 이렇게 설계된 망들 중, 최소의 망을 선택하는 것이 휴리스틱 알고리즘이다. 휴리스틱 알고리즘이 적은 계산량을 갖더라도, 결과의 신뢰성을 높이려면 많은 메쉬망들을 설계해야하므로 결국 최종 메쉬망 설계를 하는데는 많은 시간이 소요될 수 있을뿐만 아니라 많은 설계들 중 최소의 비용을 갖는 메쉬망을 선택하더라도 비경제적인 설계가 될 위험성을 포함하게 있다. 휴리스틱 알고리즘의 대표적인 것은 MENTOR 알고리즘이다. MENTOR 알고리즘은 $O(N^2)$ 계산량을 가지며, 입력데이터인 설치비용이 삼각 부등식을 만족해야 한다는 제한 조건이 있다 [4]-[5].

본 논문에서는 이와같은 기존의 알고리즘이 갖고 있는 문제점들을 보완하면서 계산량이 비교적 적은 메쉬망 설계 알고리즘을 제안하고자 한다.

II. 입력 데이터 조건과 성능 인자

일반적으로 메쉬망 설계에 널리 쓰이고 있는 MENTOR 알고리즘은 휴리스틱 알고리즘이기 때문에 특정한 변수에 대한 설계결과에 대한 비교는 무의미하다. MENTOR 알고리즘의 설계 결과는 변수를 변화시켜 구한 결과들 중 최소비용의 결과를 선택하여 제안 알고리즘과 비교한다. 비교되는 제안 알고리즘의 결과는 설계대상이 비용일 때는 임계치가 1 일 때의 결과이고 설계대상이 성능인자들의 최적화일 때는 이 변수를 변화시키면서 최적화 되었다고 생각되는 결과를 선택한다.

다음은 제안 알고리즘을 적용하기 위하여 필요한 몇 가지 제

한 사항들이다.

2-1 입력 데이터 조건

1) 채널의 조건

- (1) 각 채널은 동일한 용량을 갖는다.
- (2) 큐잉 지연과 블럭킹을 야기하지 않은 범위까지 만 채널용량을 사용하고 이 이상은 허용하지 않는다고 가정한다.

2) 트래픽(t_{ij})의 조건

- (1) 각 노드는 근원지(source)와 목적지(destination)역할을 모두 할 수 있다.
- (2) 수신 경로와 송신경로는 다를 수 있다.

3) 비용(c_{ij})의 조건

비용(c_{ij})은 i 와 j 에 대해 대칭(symmetric)이다.

2-2 성능인자

1) 설계시간

망을 설계하는 데 소요되는 시간으로 계산량(computational complexity)으로 추정함.

2) 설계비용

요구조건을 만족시키는 망을 구축하는 총비용으로 가능한 작게 설계함.

3) 지연

설계된 망에서 발생(처리)되는 총트래픽 양으로 추정하며 가능한 작게 설계함.

4) 신뢰성

노드와 노드 사이에 연결되는 링크의 수로 추정하고 가능한 많이 설계함.

III. 제안 메쉬망 설계 알고리즘

제안 알고리즘의 설계원리는 크게 두 가지로 보면, (1) 직접 링크를 고려하는 노드 쌍의 순서는 설치비용의 순으로 정한다. 비용이 큰 링크는 직접링크를 먼저 고려하여 넘겨받는 트래픽을 적게 한다. 이러한 순서는 비용이 큰 링크를 가능한 설치하지 않게 한다.

(2) 직접링크 고려시 영향을 주는 우회경로의 실효 트래픽량인 $(T_i + T_j)\%L_c$ 의 확률분포는 0부터 채널용량까지 균일하다고 가정한다 (여기서, T_i : 입력 데이터로 사용되는 트래픽양,

T_b : 우회경로로 선택되어 넘겨받은 트래픽양, L_c : 유효 채널 용량, % : 모듈러 연산자).

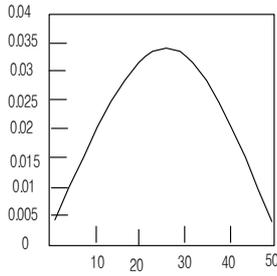


그림 1. 확률 분포 (1)
Fig. 1. Probability of distribution (1).

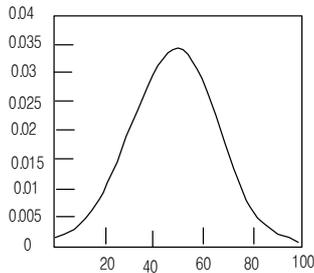


그림 2. 확률 분포 (2)
Fig. 2. Probability of distribution (2).

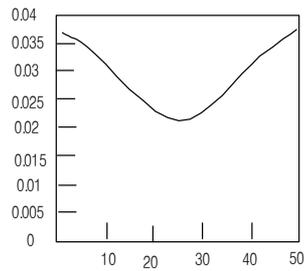


그림 3. 확률 분포 (3)
Fig. 3. Probability of distribution (3).

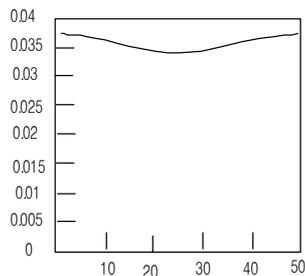


그림 4. 확률 분포 (4)
Fig. 4. Probability of distribution (4).

망 설계 과정에서 실패 트래픽양의 분포를 알아보기 위해 입력 데이터로 사용된 트래픽양의 확률분포를 그림 1로 가정하였다. 우회경로의 트래픽양 $T_i + T_b$ 이며, 넘겨받은 회수가 한 번이면 T_b 는 입력 데이터로 사용된 트래픽양이므로 확률분포는 그림 2와 같이 그림 1에 나타난 확률분포의 컨볼루션이 된다.

실패 트래픽양의 $[T_i + T_b] \% L_c$ 이므로 확률 분포는 그림 3과 같이 나타낼 수 있다. 그림 1.은 균일 분포와 차이가 있으나 그림 3은 균일 분포에 가까워졌다는 것을 알 수 있다. 그림 4는 그림 3과 같은 분포를 갖는 트래픽양이 더해진 실패 트래픽의 확률분포를 나타내었다. 즉, 넘겨받은 횟수가 많으면 결국 우회경로의 확률 분포는 균일 분포에 더욱 더 가까워진다. 즉 노드수가 많을수록 균일 실패 트래픽양이 균일 분포에 가까워진다. 위의 결과는 대다수의 확률분포에 대해 타당하므로 특정한 메쉬망 설계에만 국한되는 것이 아니라 일반적인 설계에도 설계원리의 두 번째 항목은 적용될 수 있음을 보여준다.

우회경로의 실패 트래픽양이 0에서 채널용량까지 균일하게 분포한다면 직접링크를 고려하는 노드 i 와 노드 j 사이의 트래픽이 노드 k 를 통하여 우회되었을 때 평균 추가비용 Ca 은 식 (1)과 같이 정의할 수 있다.

$$Ca = (t_{ij} \% L_c) / L_c \times (c_{ik} + c_{kj}) \quad (1)$$

k : 우회 노드, t_{ij} : $[T_i + T_b]$
% : 모듈러 연산자
 $(t_{ij} \% L_c) / L_c$: 우회경로에 추가될 링크 확률

우회경로의 선택은 우회 가능한 노드중 위의 평균 추가 비용이 가장 적은 경로를 선택한다. 단, 우회경로는 두 노드 쌍으로 이루어진다.

노드 쌍 사이에 직접링크를 고려할 때, $t_{ij} \% L_c$ 에 대해 아래 식 (2)를 만족하면 노드 쌍 사이에 직접링크를 설치한다. 즉, 직접링크 설치비용이 우회되었을 때의 평균 추가비용보다 경제 적임을 나타낸다.

$$c_{ij} \leq (t_{ij} \% L_c) \times (c_{ik} + c_{kj}) / L_c \quad (2)$$

위 식을 만족하여 직접링크를 설치하였을 때는 사용 가능한 채널용량이 존재한다. 송신경로와 수신경로가 다를 수 있다면 이러한 여분의 채널용량을 경제적으로 이용하여 망을 설계할 수 있다. 여분의 채널용량을 사용할 때도 평균 비용이 적은 것을 선택하여 망을 설계한다.

제안 알고리즘의 설계과정은 다음 5 단계로 이루어진다. 1, 2, 3단계가 끝난 후, 2, 3단계의 정보를 이용하여 1단계의 순서로 4, 5단계를 수행한다. 각 단계의 계산 량에 사용된 N은 노드 수이다.

1단계 : 직접링크를 고려하는 노드쌍 순서 결정하기

비용이 큰 노드 쌍부터 적은 비용으로 순서를 결정한다. 계산량은 $O(N^2)$ 차수를 갖는다.

2 단계 : 우회노드 결정하기

노드 i 와 노드 j 사이에 직접링크가 설치되지 않을 때, t_{ij} 의 전송경로를 평균 추가비용을 최소로 하는 노드를 우회노드로 선택한다. 단, 직접링크 고려 노드쌍의 설치비용보다 큰 노드쌍들은 우회경로로 사용하지 못한다. 평균 추가 비용이 가장 작은 경로를 선택하기 때문에 계산량은 $O(N^3)$ 를 갖는다.

3 단계 : 기본 응용 노드쌍 찾기

2 단계에는 우회노드가 없는 노드쌍을 기본 노드쌍이라 하고, 기본 노드쌍들을 우회경로로 사용하는 노드쌍들은 응용노드쌍이라 칭한다. 각 각의 기본 노드쌍들을 우회경로로 사용하는 응용노드쌍 중 가장 비용이 적은 노드쌍들을 찾는다. 이러한 노드쌍을 기본응용 노드쌍이라 칭한다. 기본 응용노드쌍들은 기본 노드쌍으로 트래픽을 넘겨주는 마지막 노드쌍이므로 직접링크 설치비용과 우회 설치소요비용을 정확히 계산할 수 있다.

4 단계 : 직접링크 설치하기

직접링크를 고려하는 노드쌍의 트래픽양은 $\lfloor t_{ij}/L_c \rfloor \times L_c + t_{ij} \% L_c$ 로 나타낼 수 있으며, 두개의 요소에 각기 다른 방법으로 직접링크를 고려한다.

① $\lfloor t_{ij}/L_c \rfloor \times L_c$ 에 대한 직접링크 설치방법

$$c_{ij} \leq c_{ik} + c_{kj} \quad (3)$$

k : 우회노드
 $\lfloor \quad \rfloor$: 정수연산자

식 (3)을 만족하면 직접링크 설치

② $t_{ij} \% L_c$ 에 대한 직접링크 설치방법

$$c_{ij} \times slack \leq (t_{ij} \% L_c) \times (c_{ik} + c_{kj}) / L_c \quad (4)$$

k : 우회노드

slack : 신뢰도를 향상시키고자할 때 쓰는 변수이며 일반적으로 작을수록 신뢰도는 높아지나 비용이 많아지며, 식 (4)를 만족하면 직접링크 설치를 설치한다. 기본응용 노드쌍의 직접링크는 기본 노드쌍으로 트래픽을 넘겨주는 마지막 노드쌍이므로 확률적 접근보다는 실제 계산에 의해 직접 링크를 설치한다.

5 단계 : 여분의 채널용량 이용하기

단계 4에서 채널 용량보다 적은 트래픽 양에 대하여 직접링크가 설치되면 여분의 채널 용량이 존재한다.

그런 경우 평균비용이득이 가장 큰 노드 쌍부터 찾아 여분의 채널용량을 이용하며, 이용 후에도 여분의 채널이 남는다면 다시 평균비용 이득이 있는 노드 쌍을 찾아 이용한다.

IV. 설계 및 결과 고찰

이번 절에서는 기존의 MENTOR 알고리즘에서 사용되어진 데이터(표 1과 표 2)를 이용하여 제안 알고리즘으로 메쉬망 설계를 한다[4],[5].

1 단계 : 노드 쌍 정렬하기

표 3의 정렬순서에서 같은 순위를 갖는 노드 쌍들의 순서를 바꾸면, 설계결과가 달라질 수 있으므로 링크설치비용이 대칭이면 정렬순서에 주의를 해야 한다. 그러나 노드수가 수십 개 이상인 경우에는 거의 차이가 없다. 링크 설치비용이 대칭이 아니고 값이 전부 다르면 정렬순서는 하나가 된다. 예에서는 같은 순위에 있더라도 앞에 있는 노드 쌍을 먼저 고려한다.

표 1. 설치 비용

Table 1. Establishment Cost.

노드	0	1	2	3	4	5
0	0	1446	1307	2254	1074	80
1	1446	0	271	1473	1468	1526
2	1307	271	0	1723	1528	1387
3	2254	1473	1723	0	1422	2334
4	1074	1468	1528	1422	0	1154
5	80	1526	1387	2334	1154	0

표 2. 트래픽 요구량

Table 2. Traffic requirements.

노드	0	1	2	3	4	5
0	0	23	23	20	6	22
1	23	0	7	7	8	8
2	23	7	0	20	13	7
3	20	7	20	0	23	4
4	6	8	13	23	0	10
5	22	8	7	4	10	0

표 3. 소오트된 설치비용

Table 3. Establishment cost sorted.

순위	노드쌍	비용	순위	노드쌍	비용
1	5-3, 3-5	2334	9	4-3, 3-4	1422
2	5-0, 0-5	2254	10	5-2, 2-5	1387
3	3-2, 2-3	1723	11	2-0, 0-2	1307
4	4-2, 2-4	1528	12	5-4, 4-5	1074
5	5-1, 1-5	1526	13	4-0, 0-4	1154
6	3-1, 1-3	1473	14	2-1, 1-2	271
7	4-1, 1-4	1468	15	5-0, 0-5	80
8	1-0, 0-1	1466			

표 4. 우회경로

Table 4. Circuitous paths.

순위	노드쌍	우회노드	순위	노드쌍	우회노드
1	5-3, 3-5	0	9	4-3, 3-4,	
2	3-0, 0-3	4	10	5-2, 2-5	0
3	3-2, 2-3	1	11	2-0, 0-2	
4	4-2, 2-4	1	12	5-4, 4-5	0
5	5-1, 1-5	0	13	4-0, 0-4	
6	3-1, 1-3	4	14	2-1, 1-2	
7	4-1, 1-4	0	15	5-0, 0-5	
8	1-0, 0-1	2			

2 단계: 우회경로 정하기

우회경로는 우회경로의 설치비용이 가장 적은 경로를 선택한다. 우회노드를 고려하는 노드쌍보다 순위가 높은 노드쌍은 우회경로에서 제외된다. 예에서는 링크설치비용이 대칭이므로 우회노드가 없는 노드쌍을 연결하면 MST가 되고 대칭이 아닐 때는 2(M-1) 보다 많은 노드쌍들이 우회노드를 갖지 못한다. 표 4.는 우회경로를 나타내었다.

3 단계 : 기본 응용 노드쌍 찾기

4 단계 : 직접 링크 설치

5 단계 : 여분의 채널용량 이용하기

위의과정들은 모두 표 5에 나타내었다. 순위는 직접링크를 고려하는 순서이다. 3단계에서, 기본응용 노드쌍이면 ‘Yes’라 표시하였고, 사용되는 기본 노드쌍을 표시하였다. 4단계에서 직접링크가 설치되면 ‘Yes’라 쓰고 설치된 채널의 개수를 표시하였고 우회경로를 이용하면 ‘No’라고 나타내었다. 5단계는 직접링크를 설치하고 여분의 채널용량이 존재하여 그 채널 용량을 이용할 수 있을 때는 ‘Yes’로 나타내었다. 이어분의 채널을 이용한 트래픽양은 경로가 명시적이어야 하므로, 사용한 노드쌍과 트래픽 양을 나타내었다.

경로는 노드쌍사이의 트래픽이 어떤 노드들을 통해 전송되는지를 가르쳐준다. 표에 나타낸 경로는 우회된 트래픽은 우선권을 갖는다고 가정하여 나타내었다. 직접링크가 연결된 링크 설치비용을 계산하면 26493이고 총트래픽양은 564이다. 그림 5.는 제안 알고리즘의 설계결과인 메쉬망을 나타내었다.

◎ 단일 채널을 사용한 설계결과 비교

표 6.은 예제의 설계 결과와 MENTOR 알고리즘의 설계결과를 나타내었다. 설계대상은 비용이므로 이 성능인자가 가장 중요한 대상이다.

제안 알고리즘의 계산량은 $O(N^2)$ 이고 MENTOR 알고리즘은 $O(N^2)$ 이지만, MENTOR 알고리즘은 휴리스틱 알고리즘이기 때문에 많은 설계들을 하여야 한다. 즉 계산량은 제안 알고리즘보다 작지만 실제 소요시간이 적다고 단언할 수 없기 때문에 계산 소요시간에서도 제안 알고리즘이 많다고 단정지을 수는 없다.

표 5. 설계과정 및 결과

Table 5. The process and result.

순위	노드 쌍	우회 노드	3단계	직접링크 :Yes 우회경로 :No	5단계	경로 (트래픽양)
1	5-3	0	No	No	No	5-0-3(4)
2	3-5	0	No	No	No	3-0-5(4)
3	3-0	4	No	Yes : 1개	No	3-0(20)
4	0-3	4	No	Yes : 1개	No	3-0(20)
5	3-2	1	No	No	No	3-1-2(20)
6	2-3	1	No	No	No	2-1-3(20)
7	4-2	1	No	No	No	4-3-1-2(13)
8	2-4	1	No	No	No	2-1-4(13)
9	5-1	0	No	No	No	5-0-1(8)
10	1-5	0	No	No	No	1-0-5(8)
11	3-1	4	Yes:(3-4)	Yes: 2개	Yes(4-1):20	3-1(7)
12	1-3	4	Yes:(4-3)	Yes: 1개	No	1-3(4)1-4-3(3)
13	4-1	0	No	No	No	4-3-1(8)
14	1-4	0	No	Yes: 1개	No	1-4(8)
15	1-0	2	Yes:(1-2)	Yes: 1개	No	1-0(16)1-2-0(7)
16	0-1	2	Yes:(2-1)	Yes: 1개	No	0-1(16)0-2-1(7)
17	4-3		No	Yes:2개	No	4-3(23)
18	3-4		No	Yes:1개	No	3-4(23)
19	5-2	0	Yes:(0-2)	No	No	5-0-2(7)
20	2-5	0	Yes:(0-5)	No	No	2-0-5(7)
21	2-0		No	Yes:2개	No	2-0(23)
22	0-2		No	Yes:2개	No	0-2(23)
23	5-4	0	Yes:(5-0, 0-4)	No	No	5-0-4(10)
24	4-5	0	Yes:(4-0, 0-5)	No	No	4-0-5(10)
25	4-0,		No	Yes:1개	No	4-0(6)
26	0-4		No	Yes:1개	No	0-4(6)
27	2-1		No	Yes:2개	No	2-1(7)
28	1-2		No	Yes:2개	No	1-2(7)
29	5-0		No	Yes:3개	No	5-0(22)
30	0-5		No	Yes:3개	No	0-5(22)

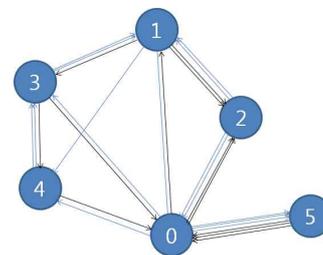


그림 5. 설계결과(1)
Fig. 5. The result(1).

표 6. 결과(1)

Table 6. The result(1).

알고리즘	총설계비용	총트래픽양	신뢰성	비고
MENTOR	28530	510	9	
제안(1)	26492	564	9	slack =1
제안(2)	26782	525	10	slack =0.6

표 7. 결과 (2)

Table 7. The Result (2).

알고리즘	총설계비용	총트래픽양	신뢰성	비고
MENTOR	26236	510	9	
제안	25716	508	11	slack =0.6

제안(2)는 제안 알고리즘에서 구한 설계들 중 설계비용과 트래픽양에서 최적으로 간주될 수 있는 결과를 택한 것이다. 제안(2)은 MENTOR 알고리즘과 설계결과에 대해 비용면에서 7%의 이득이 있고, 신뢰성이 1 증가하고, 총 트래픽은 약 3%정도 증가하였다. 비용 면만을 고려한다면 제안(1)의 설계를 선택하면 되고 지연과 신뢰성을 고려한다면 제안(2)을 선택하면 된다.

◎ 다중채널을 이용한 설계결과의 비교

단위 트래픽당 비용은 채널용량에 대해 이산적인 concave 함수이므로, 다중채널을 이용하여 망을 설계할 경우는 용량이 큰 채널을 이용하여 설계한 다음, 큰 채널용량보다 적은 트래픽에 대하여 적은 용량의 채널을 이용하면 효과적인 망설계를 할 수 있다. 이러한 망을 설계할 때는 임계치slack를 변화시키면서 휴리스틱 방법으로 망을 설계한다. 위의 표 6은 한 개의 채널 용량 D TELPAK 만으로 이루어진 망을 설계한 결과이다. 여기에 C TELPAK이 사용될 수 있고, C TELPAK의 비용이 D TELPAK의 비용×30/85, 채널용량이 6이라 한다. 이 두개의 채널을 사용하여 설계한 결과와 MENTOR 알고리즘의 결과를 표 7와 같이 비교할 수 있다.

제안 알고리즘에서 구한 값은 임계치slack = 0.6일 때 25716 이고 MENTOR 알고리즘에서 구할 수 있는 최소값은 26236이다. 제안 알고리즘이 2%의 비용 이득뿐만 아니라 총 트래픽양과 신뢰성 면에서도 좋은 설계임을 보여준다. 이 결과로부터 다중채널을 갖는 메쉬망 설계에서도 제안 알고리즘을 적용할 수 있음을 보여준다.

위의 모든 설계 결과들은 MENTOR 알고리즘에서는 트리구

조를 결정하는 변수 α 와 직접링크 임계치를 결정하는 변수 slack을 각각 0.01씩 변화시켜 10000개의 설계된 망들 중에서 가장 최소의 설계비용을 갖는 망을 선택하였고, 제안 알고리즘에서는 설계대상이 성능인자의 최적화 일 때는 slack을 0.5부터 1.까지 0.01씩 증가시켜 만든 50개의 망들 중에서 선택하고 설계대상이 최소비용일 때는 slack = 1로 고정시켜 한 개의 망을 설계한다. 위의 설계들은 비교의 공정성을 기하기 위해 사용된 데이터들을 모두 MENTOR 알고리즘 예제에서 선택하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 단일 채널 용량을 이용한 메쉬망 설계에서 적은 계산량 ($O(N^3)$)으로 여러 목적(설계비용, 지연, 신뢰성)에 적용할 수 있는 알고리즘을 제안하였고 설계 결과들은 이를 뒷받침하고 있다. 특히 많은 노드로 이루어진 망 설계에는 MENTOR 알고리즘보다 더 좋은 성능을 보여주었다. 그리고 다중채널을 사용한 메쉬망 설계에도 적용될 수 있음을 보였다. 제안 알고리즘의 설계 결과를 좀더 복잡한 설계 알고리즘의 초기 토폴로지로 적용한다면 더욱 더 효과적인 메쉬망을 설계할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] M. Sschwartz, *Computer communications. Network Design and Analysis*, New Jersey, OH: Prentice-Hall, 1977.
- [2] C. L. Monma and D. D. Sheng, "Backbone network design and performance analysis : 6. methodology for packet switching networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.1, pp. 946-965, Sept. 1986.
- [3] H. J. V. Norman, *LAN/WAN Optimization Techniques*, Boston, MS: Artech House ,1992.
- [4] A. Kershenbaum, "MENTOR: An Algorithm for Mesh Network Topological Optimization and Routing," *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 39, pp. 503-513 April 1991.
- [5] A. Kershenbaum, *Telecommunication Network Design Algorithm*, New York, NY: McGraw-Hill, 1993.

