

## 통합관리망의 토폴로지설계

송명규<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>남서울대학교 정보통신학과

# Topology Design for Integrated Management Network Myeong-Kyu Song<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Information Communication Eng., Namseoul University

**요약** 본 논문에서는 다양한 네트워크의 통합관리를 위한 네트워크토폴로지를 설계하는 방법을 제안한다. 이를 위해 TMN-DCN 디바이스를 정의하고 이를 주요요소로 이용하기로 한다. 이 때 관리정보량이 주요변수가 된다. 또한 네트워크 관리특성의 주요요소로 떠오르는 네트워크 서바이벌특성이 포함되는 네트워크 토폴로지의 간단한 설계방법을 제안한다. 이들 방법은 링크비용을 최소화 하면서 전체 트래픽 량을 지원할 수 있다. 실제 설계 예를 통하여 그 결과를 확인한다. 설계방법이 간단하게 제안 되었지만 서바이벌 특성구현과 관리 네트워크설계에 관한 보편적으로 적용할 수 있는 최적의 설계알고리즘이 존재하지 않기에 본 논문에서 제안된 설계방법이 실제 관리망의 구축 시 활용될 수 있다.

**Abstract** A design method of network Topology for Integrated Management of various Networks is proposed and an example is shown. The TMN-DCN devices are assigned for each of the various networks. These devices have functions of network management. Also we propose the simple design methods of the network topology with survivability as one of the network management elements. The design methods are very simple but very useful. Because there is no general design algorithm for optimal topology with network survivability.

**Key Words :** TMN-DCN, Survivability, Integrated Network Management, Topology Design

### 1. 서론

근래에 통신망의 관리는 안정적인 통신서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 즉 장애발생시 네트워크서비스를 중단하지 않고 장애를 복구하는 방법 등이 많이 연구되고 있다[1-5]. 이를 서바이벌 특성이라 하며, 최근에는 생물학적 면역시스템의 유기적인 관계와 기능을 네트워크관리에 적용시키기 위한 개념이 등장하였다[6]. 이와 같은 환경에서 지금까지 실제로 적용하기 힘들었던 TMN(Telecommunication Management Network)[7]개념을 활용하여 실제로 활용 가능한 통합 관리망의 설계방법을 제안한다. 실제로 TMN은 다양한 네트워크 환경에서 종합적이고 자동적인 네트워크관리를 위한 매우 유용한 개념이다. 이와 같은 TMN의 목적에 따라 TMN-DCN(Data Communication Network)을 우선적으로 고려해야 한다. 이는 논리적인 구조일수도 있고 물리적인구조가 될 수도 있

다. TMN-DCN은 네트워크관리시스템에서의 다양한 개념이 포함되어야 하고 다양한 매개체를 수용할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 이를 위해 TMN-DCN 디바이스를 정의하고 이를 주요요소로 이용하기로 한다. 그리고 물리적구조의 실제 설계 예를 들도록 한다. 이때 물리적인 TMN-DCN의 토폴로지를 설계하는 방법을 제안하여 이용한다. 또한 단순 네트워크관리의 주요특성으로 떠오르고 있는 서바이벌 특성을 포함하는 네트워크 토폴로지의 간단한 설계방법을 제안한다. 실제로 서바이벌특성을 갖는 네트워크에 관해서는 부분적인 연구는 많이 되고 있으나 일반적으로 적용할 수 있는 최적의 알고리즘은 아직 존재하지 않는다. 이는 생물학적 면역시스템특성을 서바이벌기능을 갖는 네트워크설계에 적용하려는 연구[9]까지 등장한 것으로 확인할 수 있다. 제안된 방법들은 일반적으로 쉽게 실제설계에 적용시킬 수 있는 휴리스틱한 설계방법이다. 일반데이터보다 중요하다고 할 수 있는 정보(본 논문에서는 네트워크

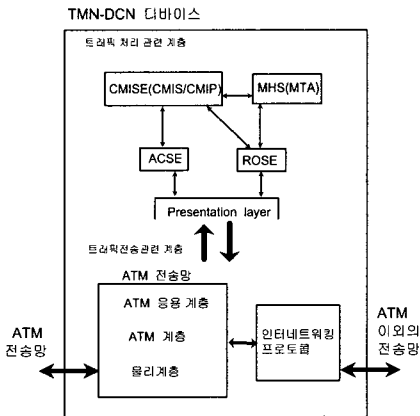
\*교신저자 : 송명규 (mksong@nsu.ac.kr)

접수일 09년 04월 18일 수정일 (1차 09년 05월 06일, 2차 09년 06월 02일, 3차 09년 06월 09일) 게재확정일 09년 06월 17일

관리정보)를 빠르고 안전하게 전송할 수 있는 네트워크 설계와 네트워크관리측면에서 주요한 특성으로 떠오르는 네트워크 서바이벌특성을 포함하는 네트워크 설계방법을 아주 단순하지만 쉽게 실제 설계에 적용할 수 있도록 하였다.

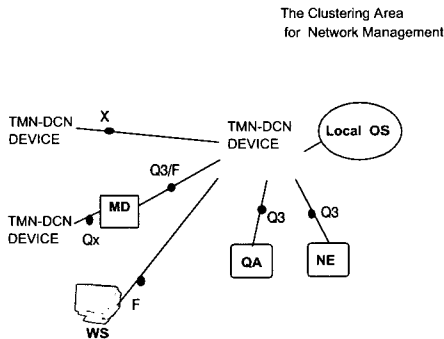
## 2. 기본개념

TMN-DCN디바이스는 본 논문에서 정의한 개념이다.

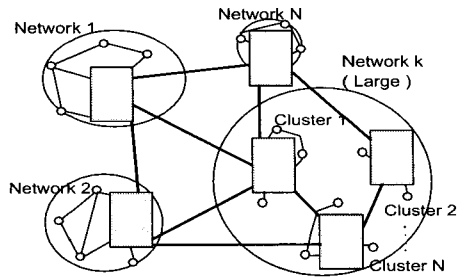


[그림 1] TMN-DCN디바이스(프로토콜구조)

그림 1에는 TMN-DCN 디바이스의 프로토콜구조를 나타내었고, 그림 2에는 지역시스템관리의 역할을 나타내었다. 여기에는 전통적인 NE-NE (Network Element), NE-OS(Operation System), OS-OS통신 등이 지역관리시스템이나 보다 일반적인 통신에 이용되는 것과 같이 이용된다. 대규모의 네트워크에서 망관리 시스템은 여러개의 TMN-DCN 디바이스를 이용한다. 이들 각각의 해당네트워크의 지역관리시스템의 역할을 해야 한다. TMN-DCN디바이스를 하나의 망 노드로 생각할 수 있다.

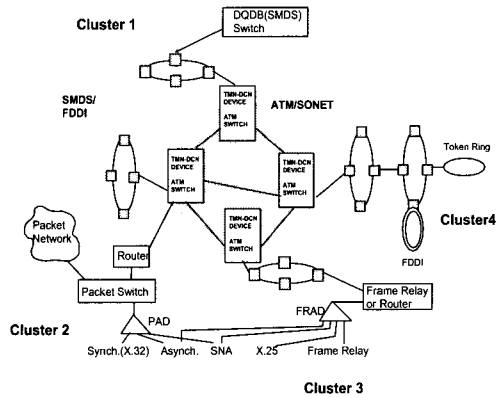


[그림 2] TMN-DCN디바이스(지역관리시스템)



The symbol of TMN-DCN Device

[그림 3] TMN-DCN 구조



[그림 4] 통합관리를 위한 TMN-DCN

그리고 이를 이용하여 TMN-DCN의 토폴로지그림 3를 설계한다. 광섬유를 이용한 고속 네트워크의 구축 시에는 ATM을 근간으로 하는 TMN-DCN 구조를 그림 4에 나타내었다.

## 3. 설계방법과 설계 예

설계방법은 TMN-DCN디바이스의 할당과 각 TMN-DCN 디바이스의 연결(토폴로지설계)로 구성되고 세부적인방법은 5 단계로 나눌 수 있고 다음과 같다.

### 제 1 단계 : 관리중심의 선택(중심노드선택)

중심노드를 찾는 기존의 방법 중에는 임의로 선택하는 방법과 스타(Star)구조로 된 여러 트리(Tree)를 이용하여 총 경로의 길이를 줄이는 방법이 있다. 임의로 선택하는 방법은 여러 번 설계를 실시해야하는 단점과 최종설계의 총 설치비용을 줄인다는 장점을 갖는다. 총 경로의 길이를 줄이는 방법은 한 번의 비교적 간단한 설계로 적당한

총 설계비용을 유지한다. 본 논문에서의 중심노드는 종합 관리시스템이 위치해야하는 지역의 노드(TMN-DCN디바이스)를 나타내기 때문에 지정된 중심노드를 이용하여 설계를 실시한다. 예를 들어 한 국가의 통신망 종합관리는 그 나라의 수도에서 이루어지는 것으로 결정될 수 있다.

제 2 단계 :관리정보관련 입력데이터구성

본 논문에서는 TMN-DCN설계를 하기 위해 관리정보에 관련된 트래픽량을 순수한 전송 트래픽량에 대한 비율로 나타내었다. 그리고 링크설치비용에 부가되는 관리비용관련부분도 순수한 통신망의 링크설치비용에 대한 비율로 나타내었다. 각각의 비율을 트래픽 매개변수 매트릭스  $TPAR(TP_{ij})$ 와 링크설치비용 매개변수 매트릭스  $CPAR(CP_{ij})$ 로 표현하였다. 이와같이 구성된 입력자료를 이용하기 위해 사용한 구체적인 종합관리망 물리구조설계는 기존의 휴리스틱(huristic)한 방법[4]과 신속한 관리정보의 전송을 위한 설계방법을 제안하여 사용하였다. 우선 이용되는 입력데이터의 형태를 살펴보면 다음과 같다. (매트릭스 형태)

- $N$  : TMN-DCN 디바이스 개수.
- $TRAFFIC(T_{ij})$  :  $N \times N$  서비스 트래픽
- $M\_TRAFFIC(MT_{ij})$  :  $N \times N$  관리정보
- $COST(C_{ij})$  :  $N \times N$  링크설치비용 .
- $M\_COST(MC_{ij})$  :  $N \times N$  망관리 비용
- $T\_TRAFFIC(TT_{ij})$ : $N \times N$  전체 트래픽 요구량.
- $T\_COST(CT_{ij})$  :  $N \times N$  전체 링크설치비용.
- $T\_I(T_i)$  :  $1 \times N$  관리정보관련 트래픽 가중치
- $C\_I(C_i)$  :  $1 \times N$  관리정보관련 설치비용 가중치
- $TPAR(TP_{ij})$  :  $N \times N$ 관리정보관련 트래픽 비율.
- $CPAR(CP_{ij})$ :  $N \times N$  관리정보관련 설치비용 비율.
- $i, j$  :  $0 \leq i, j \leq N-1$

설계의 입력데이터 중  $N, TRAFFIC$  그리고  $COST$  는 TMN-DCN만 독립적으로 고려한 논문[3]의 설계 예에서 사용한 데이터를 이용하였다. 이 데이터들은 한국통신에서 운용중인 전기통신망을 기본으로 하여 얻어진 것이다. 그리고  $M\_COST$ 와  $M\_TRAFFIC$ 매트릭스는 다음과 같이 구할 수 있다. 단 모든  $N \times N$  입력 매트릭스는 설치비용과 트래픽량 관점에서 대칭성을 갖고 있기에 삼각 매트릭스(Triangular Matrix)로 계산한 후에 최종 매트릭스값을 결정한다.

$$MT_{ij} = T_{ij} \times TP_i \quad (0 \leq i, j < N) \text{-----} \textcircled{1}$$

$$MC_{ij} = C_{ij} \times CP_i \quad (0 \leq i, j < N) \text{-----} \textcircled{2}$$

그리고 설계에 직접 사용되는 전체 트래픽량과 링크설치비용을  $T\_TRAFFIC$ 와  $T\_COST$ 로 표현하였다.  $T\_TRAFFIC$  와  $T\_COST$ 매트릭스는 다음과 같이 구한다.

$$T\_TRAFFIC = TRAFFIC + M\_TRAFFIC \text{ --} \textcircled{3}$$

$$T\_COST = COST + M\_COST \text{ -----} \textcircled{4}$$

수식 1과 2에서의 매개변수  $TP_{ij}$ 와  $CP_{ij}$ 는 각각  $TPAR$ 와  $CPAR$ 행렬의 요소이다. 이 요소들은  $T\_I$ 와  $C\_I$  행렬에서 얻을 수 있고  $T\_I$ 와  $C\_I$ 의 요소값들은 각각의 TMN-DCN디바이스가 관리정보에 대한 처리량 또는 중요도를 나타낸다. 각 요소의 값은 0보다 크고 1보다 작은 값을 갖는다. 요소의 값이 0이라는 것은 해당 TMN-DCN디바이스가 관리정보를 처리하거나 관리정보 관련 트래픽을 전송하지 않음을 나타낸다. 그리고 각 요소의 값이 1이면 관리정보관련 트래픽량과 비용이 서비스 트래픽량과 비용과 동일함을 나타낸다.  $T_i$ 와  $C_i$ 를 이용하여  $TPAR$ 와  $CPAR$ 의 요소 값들을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$CP_{ij} = C_i + C_j, \quad TP_{ij} = T_i + T_j \text{-----} \textcircled{5}$$

따라서 지역관리시스템역할을 하는 TMN-DCN디바이스의 관리정보처리 및 트래픽 전송 정도를 서비스 트래픽량과 서비스링크설치비용과의 비율을 나타내는 매개변수 매트릭스가  $TPAR$ 과  $CPAR$ 이다.

[표 1] 링크 설치비용 (COST)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0									
1	560	0								
2	44	610	0							
3	450	100	490	0						
4	480	323	505	240	0					
5	200	350	270	180	250	0				
6	140	500	180	280	610	260	0			
7	210	330	250	200	305	170	230	0		
8	340	310	295	210	126	100	450	250	0	
9	670	360	690	390	205	470	720	520	370	0

**【표 2】** 트래픽요구량 (TRAFFIC)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	680	730	626	577	570	526	521	535	499
1		0	461	362	313	306	262	257	271	235
2			0	358	336	329	285	280	294	258
3				0	232	225	181	176	190	154
4					0	175	131	126	140	105
5						0	124	119	133	98
6							0	75	89	54
7								0	84	49
8									0	63
9										0

0:서울 1:부산 2:인천 3:대구 4:광주  
5:대전 6:원주 7:청주 8:전주 9:제주

표 1과 표 2에 TRAFFIC과 COST메트릭스가 나타나 있다. 이 입력 데이터들은 한국통신의 통신망 이용가 입자수와 운용중인 통신망 시설 수를 기본으로 얻어진 입력 데이터이다. 전국을 10개의 지역으로 나누고 각기 지역관리시스템을 할당하여 관리 망의 노드측 TMN-DCN 디바이스의 설치위치로 활용하였다. 10개 지역의 관리시스템(TMN-DCN디바이스)이 위치한 도시는 서울(0), 부산(1), 인천(2), 대구(3), 광주(4), 대전(5), 원주(6), 청주(7), 전주(8), 그리고 제주(9)이다.

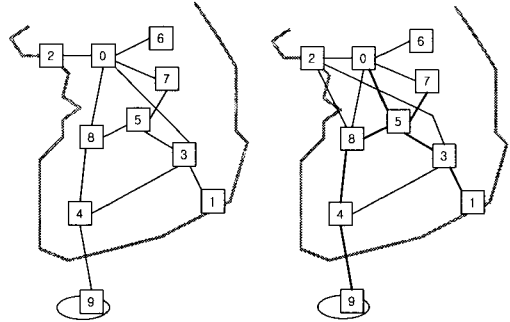
**제 3 단계 :** 관리정보관련 트래픽의 최소경로선택  
본 논문에서는 관리정보의 신속한 처리에 중점을 두고 있다. 각각의 노드(지역관리시스템)와 중심노드(종합관리시스템)사이의 최소경로를 이룰 수 있는 스패닝트리(Spanning Tree)를 구하는 것이 3단계의 목표이다. 기본적으로 'Dijkstra'의 최단경로알고리즘을 단순하게 변형하여 이용하였다.

**제 4 단계 :** 관리정보관련 트래픽을 위한 추가링크 선택

제 3 단계에서 구한 스패닝트리가 관리정보관련 트래픽을 처리할 수 있도록 링크의 추가설치를 고려한다. 이때 트래픽은 중심노드와 다른 노드들 사이에서만 고려된다. 즉 관리정보관련 트래픽이 종합관리시스템으로 송·수신되는 경우만을 고려하여 추가링크의 설치여부를 결정한다. 즉 3 단계에서 선택된 경로가 종합관리시스템(중심노드)으로 송·수신되는 관리정보관련 트래픽을 수용할 수 있도록 부족한 링크용량을 갖는 곳에 추가로 링크를 설치하도록 한다.

**제 5 단계 :** 전체 트래픽량 처리를 위한 직접링크설치  
직접링크의 선택은 우선 직접링크를 고려해야 되는 노

드 쌍의 순서를 결정해야 한다. 즉 스패닝트리를 구성하는 노드들 사이에 직접링크가 설치되어 있지 않은 노드 쌍들의 직접링크설치여부를 고려하는 순서를 정해야 한다[3].



(a)서비스트래픽만이용한결과 (b)전체이용결과

**【그림 5】** 설계결과

결과는  $TP_0$ 와  $CP_0$ 를 0.2(20%)로 선택한 것이다. 그리고 다른값 ( $TP_i, CP_i; 0 < i < 10$ )은 0.1(10%)로 선택하였다. 설계결과가 그림 5에 나타나 있다.

설계에 따른 비용은 추가 링크 설치로 인한 설계비용의 차이가 있으며 표 3에 나타나 있는 것과 같이 종합관리를 위한 시스템의 수에 따라 양간의 차이가 있음을 알 수 있다.

**【표 3】** 설계비용과 총트래픽

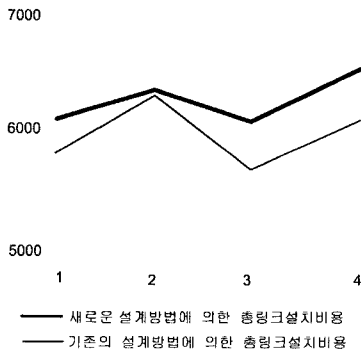
\* 종합관리를 위한 시스템의 위치  
1: 0 번 노드    2: 0, 5 번 노드  
3: 0, 1 번 노드    4: 0, 5, 1번 노드

구분	총설치비용		총트래픽량	
	기존방법	제안방법	기존방법	제안방법
1	5839	6123	25830	26679
2	6285	6571	26564	27419
3	5668	6050	26479	26262
4	6058	6489	27264	26992

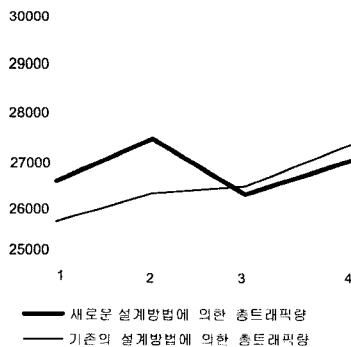
그리고 기존에 가장 일반적인 메쉬(Mesh) 네트워크 토폴로지설계방법인 MENTOR[8] 방법을 이용한 설계를 실시하여 제안된 방법과 비교하였다. MENTOR 방법은 네트워크 설계 시 전체트래픽을 수용하면서 설치비용을 최소화 할 수 있는 가장 일반적인 알고리즘이다. 그 결과가 표 3과 그림 6, 그림 7, 그림 8에 나타나 있다.

그림 6에 설치비용이 기능이 추가 된 제안 방법이 더 큰 것을 알 수 있다. 그림 7에서는 총트래픽 양이 비교 되었는데 제안된 방법이 3, 4 번의 경우 더 우수한 특성을 갖고 있음을 발견하였다.

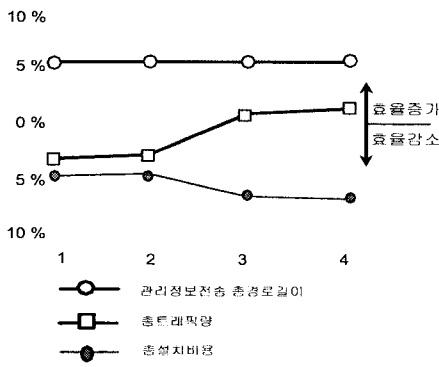
그림 8은 기존의 방법과 제안된 방법의 효율성을 비교하였는데 앞에서 언급한 설치비용과 총 트래픽 량이 그 내용이 다. 모두 기존의 방식에 대해서 제안된 방식의 차이를 백분율로 표현하였다. 그결과를 보면 제안된 방법이 특정 데이터(본 논문에서는 관리정보)의 신속한 전송에 유리함을 알 수 있고 설치 비용은 증가하지만 전체 트래픽 량에서는 일부의 경우 기존에 방식보다 우수함을 알 수 있다.



[그림 6] 총 설치비용 비교



[그림 7] 총 트래픽 비교



[그림 8] 효율성 비교

## 4. 서바이벌특성을 갖는 네트워크 설계에와 결과분석

본 논문에서 서바이벌 특성이란 물리적인 이중경로의 보장을 나타낸다. 하나의 물리적 전송로에 문제가 생기면 즉시 다른 경로를 통하여 계속적인 네트워크서비스를 가능하게 하는 것이다. 이것은 기존의 네트워크에 다중경로를 찾는 알고리즘을 적용하여 구현할 수 있다. 그러나 전제조건은 물리적으로 다중경로가 보장되는 네트워크라야 한다는 것이다. 따라서 네트워크를 새로 구축할 시 미리 다중경로를 염두에 두고 최소한 이중경로가 각 노드 쌍 사이에 존재하도록 설계하는 것이 중요하다. 본 논문에서 제안한 서바이벌특성을 갖는 설계방법이 이중경로를 보장하게 되며 이방법이 설치비용 면에서 앞절의 방법과의 비교를 통하여 그 효율성을 분석한다.

구체적 설계방법은 앞 절의 설계방법과 4.5단계에서 차이를 보인다.

### 4.1 설계방법

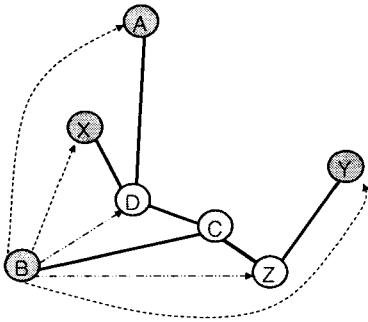
3 장의 설계방법중 1, 2, 3 단계는 동일하고 4, 5 단계에서 차이가 난다.

#### 제 4 단계 : 이중경로 보장을 위한 링크 선택

제 3 단계에서 구한 스페닝 트리에서 각 노드에 연결된 링크의 수를 파악한다. 노드에 링크의 연결된 수가 하나이면 이는 해당노드에 대해서는 이중경로가 존재할 수가 없다. 따라서 스페닝 트리의 각각의 노드 중 링크가 하나만 연결된 노드들만을 선택해서 이중경로보장을 위한 링크를 설치해야 한다. 방법은 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 링크가 하나뿐인 노드 중 우선적으로 트래픽 량이 가장 많은 순서로 먼저 고려하여 링크가 하나인 노드들 중에 연결하고 마지막노드가 하나남은경우는 전체노드를 대상으로 최소링크설치비용이 되는 노드에 연결하는 것이고, 두 번째는 처음부터 전체노드를 대상으로 최소링크설치비용이 되는 노드에 연결하는 방법으로 설치비용에 따른 스페닝 트리에 형태에 따라 전체비용이 차이가 생긴다.

그림 9에서 짙은 색의 A, B, X, Y의 4개 노드가 링크가 하나뿐인 노드로 직접링크설치의 대상이 된다. 노드B를 우선고려하면 첫 번째 방법(방법 A)은 노드 B와 노드 X, A, Y사이의 직접링크설치여부(그림 6에서 점선화살표)이다. 즉 링크 B-X, B-A, B-Y의 설치비용이 최소인 링크를 설치한다. 두 번째 방법(방법 B)은 노드 B와 다른 전체노드와의 직접링크설치를 고려한다. (그림 6에서 이

중점선 화살표를 포함한 모든화살표)



[그림 9] 이중경로보장을 위한 직접링크설치

제 5 단계 : 전체 트래픽 량 처리를 위한 추가링크 및 설치

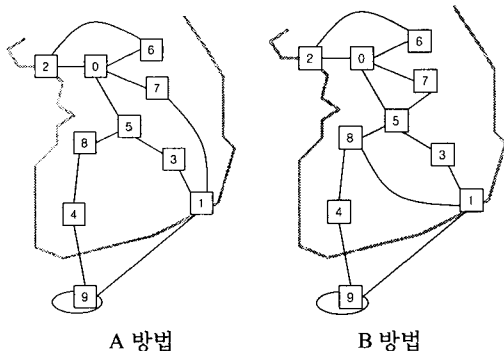
추가링크는 모든 노드사이에서 이중경로가 보장된 상태에서 전체 트래픽 량을 고려하여 설치하게 된다. 추가링크에는 존재하는 링크의 수를 늘리는 경우와 직접링크를 설치하는 경우도 포함된다. 우선순위에 따라 트래픽의 전송로를 확인하고 각 링크에 분담되는 용량을 계산하여 임계값을 넘어가는 링크에 추가적으로 링크를 설치한다.

4.2 설계결과

설계결과가 그림 10과 표 4에 나타나있다.

[표 4] 결과 비교

설계방법	총 비용	추가비용	총트래픽량
A	5594	6750	27068
B	5294	6398	27999



[그림 10] 서바이벌특성을 갖는 네트워크설계

앞 장의 MENTOR방식[8]과 제안된 방식의 설계결과

표 3의 비용측면에서 비교할 때 전체설치비용이 기본적인 설계에서는 비슷하지만 서바이벌특성에 따른 추가비용이 늘어남에 따라 비용의 부담이 두 배정도 필요함을 알 수 있다. 이는 각각의 네트워크 상황에 따라 이 정도의 비용을 감수 할 것인지를 판단해야 한다.

5. 결론

본 논문에서는 TMN-DCN 디바이스를 이용하여 통합네트워크관리용 TMN-DCN의 토폴로지를 설계하는 방법과 주요관리특성인 서바이벌특성을 갖는 네트워크를 설계하는 간단한 방법을 제안하였다. 이 방법은 일반적으로 쉽게 실제 설계에 적용 시킬 수 있는 휴리스틱한 설계방법이 된다. 따라서 일반데이터보다 중요하다고 할 수 있는 정보를 빠르고 안전하게 전송할 수 있는 네트워크 설계와 네트워크관리측면에서 주요한 특성으로 떠오르는 네트워크 서바이벌특성을 포함하는 네트워크 설계방법을 아주 단순하지만 쉽게 실제 설계에 적용할 수 있는 방법을 찾았다는 것이 중요한 성과라 할 수 있다.

설계결과 관리정보의 트래픽량 증가로 총설계비용이 증가하기 때문에 TPAR값과 CPAR값의 선택이 중요하다는 사실을 알았고, 이 값들에 대한 중요성과 선택한 값들의 타당성에 대한 조사는 개별적 네트워크에 대해서 수행되어야 할 것이다. 그리고 서바이벌특성 즉 이중경로보장은 두 배가량의 링크설치비용을 수반함을 보였다. 이는 실제 네트워크 설치시 서비스품질의 향상과 비용의 증가라는 문제가 항상 있음을 확인해준다. 이것은 상식적인 결과일수도 있다. 다만 서바이벌특성을 갖는 네트워크를 설계하는 최적의 일반적 설계알고리즘이 존재하지 않는 상황에서 본 논문에서 제안한 설계방법들이 실제 네트워크 구축시 활용될 수 있을 것이다. 앞으로 TMN-DCN 디바이스의 보다 구체적인 설계가 실제 구축네트워크에 따라 연구되어야 하고 서바이벌특성을 보다 일반적으로 적용시킬 수 있는 네트워크설계방법이 연구되어야 할 것이다.

참고문헌

[1] N. DFO. "On survivability of communications systems" IEEE Trans. on Communication Technology vol. COM-12, pp. 227-228, December 1964.  
 [2] PAULB ARAN, "On Survivability of Networks", IEEE Trans. on comm. technology Sept. 1965.  
 [3] Benjamin K. Chen and Fouad A. Tobagi "Netwo

- rk Topology Design to Optimize Link and Switching Costs" ICC 2007 proceedings.
- [4] Dahai Xu Elliot Anshelevich, "On Survivable Access Network Design: Complexity and Algorithms" IEEE INFOCOM 2008 proceedings.
- [5] Michele N. Lima., Helber W. da Silva, Aldri L. dos Santos, Guy Pujolle, "An Architecture for Survivable Mesh Networking", IEEE "GLOBECOM" 2008 proceedings.
- [6] Huiqiang Wang, Guosheng Zhao, and Jian Wang, "Survivable Network system: An Immune Approach" 2008 International Conference on Internet Computing in Science and Engineering(ICICSE).
- [7] ITU-T(CCITT) Recommendation M.3010, 'Principle for Tele-communication Management Network (TMN)', Oct. 1992.
- [8] Aaron Kershenbaum, P. Kermani and G. A. Grover, "MENTOR: An Algorithm for Mesh Network Topological Optimization and Routing", IEEE Trans. comm., vol. 39, no. 4, April 1991.
- [9] H. Wang, G. Zhao and J. Wang, "Survivable Network System: An Immune Approach", 2008 International Conference on Internet Computing in Science and Engineering, pp329~331.

송 명 규(Myong-Kyu Song)

[정회원]



- 1987년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학사)
- 1989년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1996년 8월 : 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야>

네트워크설계,관리, 정보통신, 통신시스템