

향후 네트워크 트래픽 수용계획을 고려한 전력통신망의 토폴로지 및 링크용량 설계

김 선 익[†] · 박 명 혜[†] · 오 도 은[†] · 임 용 훈[†] · 이 진 기^{**} · 조 선 구^{***}

요 약

전력연구원에서는 ATM WAN 통합망 기반 구축을 통하여 통신회선 임대비용의 절감과 안정적이고 고속의 인터넷 서비스를 수용함으로써 통신망의 경쟁력을 확보하는 것을 목표로 ATM 기반 전력통신망을 설계하였다. 이를 위하여 기존의 패킷통신망 트래픽 통계 분석결과와 연간 트래픽 증가량 예측치를 기반으로 향후 서비스 수용계획을 고려한 토폴로지와 링크용량을 설계하였으며, 이를 바탕으로 전력통신망에서의 ATM 스위치 기반 네트워크 모델을 확립하였다. 본 논문에서는 ATM 기반 전력통신망의 설계결과를 요약한다.

Design of Network Topology and Link Capacity for the future Power Telecommunication

Sun-ic Kim[†] · Myung-Hye Park[†] · Do-En Oh[†] · Young-Hun Im[†] · Jin-Kee Lee^{**} · Seon-Ku Cho^{***}

ABSTRACT

This paper documents the ATM based Power Telecommunication Network Model designed by KEPRI (Korea Electric Power Research Institute). This model is designed for leased-line cost reduction by implementing the integrated services network as well as supporting the high speed internet service. We analyzed the traffic statistics of the existing packet network and estimated the network topology and link capacity. Therefore we modeled the ATM based Power Telecommunication Network based MPLS and VP technology. In this paper, we introduce network topology and link capacity for the future Power Telecommunication designed by KEPRI.

키워드 : 트래픽 분석(Traffic Analysis), 링크용량 설계(Link Capacity Design), 네트워크 설계(Network Design), 네트워크 모델(Network Model), 비동기식 전달 모드(Asynchronous Transfer Mode)

1. 서 론

최근 전력산업구조개편에 의한 발전부문 분리에 따라 전력통신망의 분리가 진행되고 있으며, 향후 송·배전부문의 분리와 함께 또다시 망의 분리가 예상된다. 이와 같은 외부 경영환경의 변화에 정보통신망의 진화가 능동적으로 이루어져야함은 물론, 기업의 경쟁력 향상을 위해서는 내부의 정보통신 서비스 수준 향상의 요구가 어느 때 보다도 절실히 요구되고 있다. 또한 전력산업의 비 주력업종 분리 정책에 따라 과거 한전이 전국의 기간망으로 구축, 운영하던 2.5Gbps 동기식 광전송망(SONET)이 통신회선

임대 회사인 파워콤으로 이전됨에 따라 전력통신망의 운영에 필요한 통신회선을 임대하여야만 하고 이에 따른 막대한 비용을 지불해야하는 환경으로 바뀌었다. 따라서 보다 더 경제적이고 효율적인 전력통신망의 구성 방안이 필요하게 되었다.

이러한 환경변화에 효과적으로 대처하고 급속히 발전하고 있는 정보통신기술 환경에 적응하며, 보다 높은 정보통신 서비스를 제공하기 위해서는 전력통신망의 고도화 및 지능화가 필수적이라 하겠다. 따라서 현 전력통신망의 현황과 문제점 분석을 토대로 현재는 물론 향후 예상되는 새로운 멀티미디어형 서비스 요구들을 유연하게 수용하고, 통신망의 경쟁력을 확보하기 위해서는 ATM 기술을 기반으로 하는 체계적이고 통합적인 형태의 초고속 전력통신망이 확보되어야 한다. 이를 위해서 본 논문에서는

† 정 회 원 : 한국전력공사 전력연구원 정보통신그룹 선임연구원
** 정 회 원 : 한국전력공사 전력연구원 정보통신그룹 책임연구원
*** 정 회 원 : 한국전력공사 전력연구원 정보통신그룹장
논문접수 : 2001년 5월 18일, 심사완료 : 2001년 6월 25일

다음과 같은 내용에 초점을 맞추어 전력통신망을 설계하였다.

- 경제적 통신망 구성을 위해 ATM WAN 구간의 데이터 통신망에 전화망, 사내방송망 서비스등의 개별망을 통합 구성하여 통신회선 임대비용 절감기반 구축
- ATM 기반의 전력통신망에서 사내외 고객 서비스 향상을 위한 안정적이고 고속의 인터넷 서비스 수용기반 구축

본 논문의 본문에서는 ATM 기반 전력통신망의 설계를 위하여 수행한 연구내용을 요약하여 기술하였다. 제 1 절에서는 전력통신망에 대한 설계방향을, 제 2 절에서는 전력통신망 구조분석 결과와 트래픽 발생량을 측정하여 분석한 결과를, 제 3 절에서는 현재 트래픽 분석을 통한 이상적인 토폴로지 및 링크용량 설계결과를, 제 4 절에서는 향후 서비스 수용계획을 고려한 토폴로지와 링크용량 설계결과를, 제 5 절에서는 향후 서비스 수용계획을 고려한 ATM 기반 전력통신망 설계결과인 MPLS 망 설계결과와 가상회선(VP) 분배모델 설계결과를 기술하였다.

본 논문의 결론에서는 연구결과와 요약과 향후 전력통신망 구축방향에 대해 기술하였다.

2. 본 론

2.1 전력통신망에 대한 네트워크 설계방향

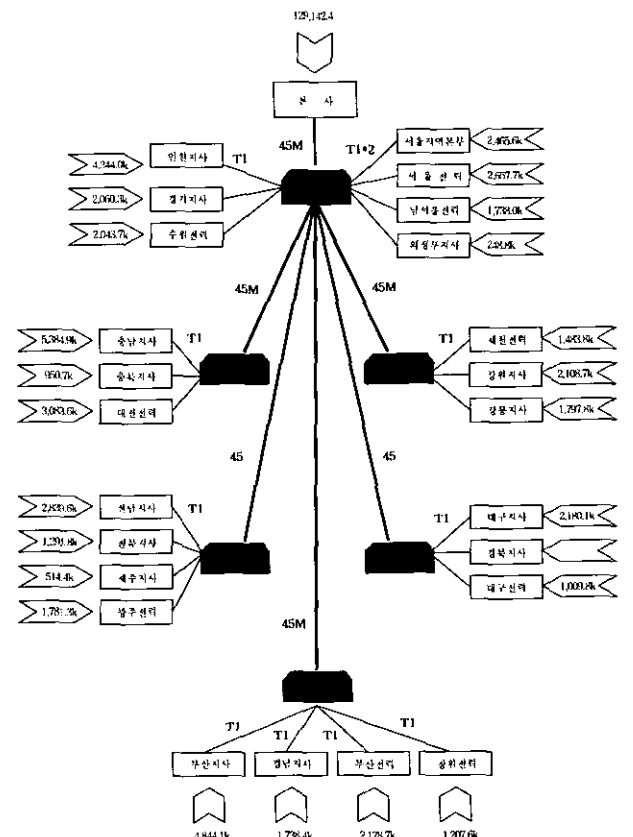
전력통신망 설계방향은 기존의 전력통신망 분석결과[1], 전력용 ATM 네트워크 모델 설계를 위한 요구사항 분석결과[2], ATM과 인터넷의 연동기술 분석결과(MPLS)[3], 가상회선(VP/VC) 분배기술 분석결과(초기 PVP/PVC, 최종 SVP/SVC)[4]를 사내 backbone core 망에 적용하여 향후 각 개별망 서비스를 통합하는 방향으로 하였다.

- 통신 자회사 파워콤 발족에 따른 통신회선 임대비용의 발생으로 회선임대 비용의 최소화를 반영해야 한다. 회선임대 비용을 최소화하기 위하여 1차적으로 WAN 구간을 대상으로 각 개별망을 ATM 망에 통합하며, 점차적(중장기적)으로 Access 구간도 통합 추진한다.
* ATM WAN 통합망 구축 순서 : 데이터(packet) 통신망 -> 사내방송 -> DDD망 -> IBM 온라인망
- ATM WAN 통신망 구축을 통하여 최소한 WAN 구간에서의 통신품질(QoS)을 보장한다.
- 판매 SI, 전자화 지점 구축 등에 따른 트래픽 증가 요인과 전력산업구조개편(발전회사 분리)에 따른 트래픽 감소 요인을 반영한다.

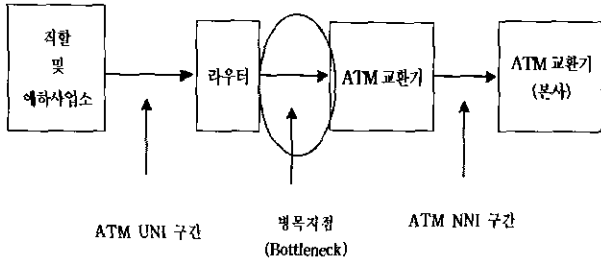
2.2 전력통신망 분석

전력통신망 환경에 적합한 ATM WAN 통신망의 설계를 위하여 기존의 전력통신망을 패킷통신망을 중심으로 분석한 결과를 기술한다. 패킷통신망은 사내 LAN 망들을 연결하는 전국적 규모의 데이터 통신망으로서 각 사업소의 사용자들은 패킷통신망을 통하여 본사 및 여러 사업소로 연결이 가능하다. 대부분의 각종 서버들은 본사에 설치되어 있어 트래픽이 본사로 집중되는 star형 토폴로지로 망이 구성되어 있다. 실제적인 네트워크 성능분석을 하기 위해 NMS를 이용하여 측정 트래픽 데이터를 분석하였다. 네트워크 전송지연을 유발시키는 congestion 발생가능성을 파악하기 위하여 peak 트래픽량에 중점을 두었다. 다음 (그림 1)은 사내 ATM 네트워크 트래픽 흐름도를 나타낸다.

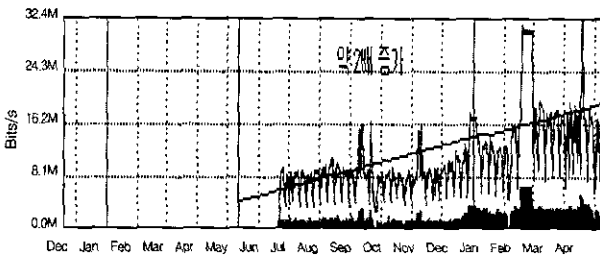
NMS에서 제공되는 데이터중 (그림 2)에서 보는 바와 같이 WAN 백본구간과 직접 연결되는 각 라우터별 인터페이스 회선이용률을 이용하였다. 분석결과 WAN 백본 구간과 라우터간(ATM 교환기↔라우터)에 bottleneck 현상이 발생됨을 알 수 있었으며, 본사 라우터와 본사 ATM 교환기간 DS3 인터페이스 및 각 사업소 라우터와 ATM 교환기간 T1 인터페이스는 트래픽 발생량(peak치 기준)을 수용하지 못하여 지연이 발생될 것으로 예상된다[5,6].



(그림 1) 사내 ATM 네트워크 트래픽 흐름도



(그림 2) 트래픽 병목(Bottleneck)지점



(그림 3) 트래픽 연간 변화율

(그림 3)에서는 일년간 트래픽의 변화율을 나타낸 것으로 1년 동안 약 2배의 데이터 트래픽 증가를 보여주고 있다. 일반적으로 데이터 트래픽 규모는 연간 1.5~2배의 증가율을 보인다.

2.3 현재 트래픽 분석을 통한 이상적인 토폴로지 설계

전력통신망에서의 트래픽 분석 및 예측결과 다음과 같은 문제점을 도출할 수 있었다. 가장 근본적인 문제점은 통신망의 topology가 본사를 중심으로 하는 star형이라는 것과 본사에 대부분의 서버가 집중되어 있음으로 인해 failure 발생시 우회경로가 없으며, 망이 커질수록 효율이 저하될 가능성이 크며, 본사가 bottleneck 지점이 될 수 밖에 없는 구조이다. 또한 star형 토폴로지로 인해 본사에 집중된 서버의 분산과 회선비용을 절감하기 위한 통합망 구조에 적합하지 않다는 것이다. 따라서 우선적으로 현재의 네트워크 토폴로지를 전력통신망 설계방향과 현재 트래픽과 노드간의 거리를 고려한 이상적인 네트워크 토폴로지를 설계하였다[7, 8].

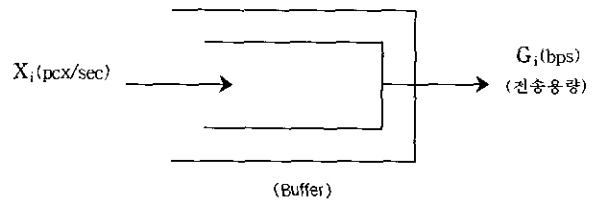
트래픽 발생량의 경우 본사와 지사간, 각 지사와 지사간의 트래픽에 대한 정확한 데이터가 없고, 대부분의 트래픽이 본사로 집중되고 이러한 트래픽이 본사에서 가공되어 더 많은 트래픽이 각 지사로 분산된다는 경험적 사실을 토대로 분석하였으며, 각 지사에서 나오는 트래픽의 90%가 본사로 가고 나머지 트래픽이 균일하게 각 지사로 분산되며, 본사에서 발생한 트래픽의 30%는 재경지역, 15%는 대전지역, 15%는 광주지역, 15%는 제천지역, 10%는 대구지역, 15%는 부산지역으로 분산된다는 가정을 하여 분석을 시도하였다.

2.3.1 링크용량 배정 방법

전체 투자비가 주어지고 지연시간을 최소화 하는 방법은 전체 투자비를 추정하기 어렵기 때문에 실제 network의 설계시 적용하기 매우 어렵다. 따라서 지연시간이 주어졌을 때 비용을 최소화하여 용량을 결정하는 방법을 사용하였다 [10-13].

Packet 전송시 지연시간을 구하기 위하여는 몇 가지 가정이 필요하며 여기서는 다음 (그림 4)와 같은 M/M/1 queuing model을 선택하여 아래의 가정을 전제로 하여 계산된다[14].

- 입력측의 packet은 들어오는 즉시 저장되며, 출력시는 들어온 순서대로 나간다(FIFO).
- Node내에서의 packet처리 방법 및 저장 방법은 무시한다.
- packet에 따라 붙는 부가 조건도 무시한다.
- Packet 처리시간은 queuing buffer에서 발생하는 지연 시간에 비하면 무시할 정도로 작다.
- Buffer의 크기는 무한대로, 들어오는 입력을 모두 저장할 수 있다.



(그림 4) 기본적인 Queuing 모델

이러한 가정하에서 각 선로의 지연 시간을 계산하면 다음 식이 구해진다.

$$T_i = \frac{1}{\mu C_i - \lambda_i}, \mu C_i > \lambda_i$$

여기에서 λ_i 는 i 번째 본 단위 시간당 packet 도착량이고, T_i 는 선로의 지연시간, μC_i 는 단위 시간당 처리되는 packet 수이다. 그리고 허용지연시간과 각 링크의 packet 도착량이 주어질 때, 각 link capacity는 위식으로부터 구할 수 있다.

2.3.2 Topology 설계를 위한 Flow Chart 및 설계방법

- 입력 parameter
 - a. 각 node간의 traffic분포
 - b. 각 node간의 거리

- c. 선로단가
- d. 평균 packet 길이
- e. 허용되는 최대 지연시간
- f. 허용되는 최대비용

● 설계에 있어 가정된 사항

- a. M/M/1 queue model 사용
- b. 모든 link에서 발생하는 지연시간은 서로 독립적이다.
- c. Node는 무한개의 buffer를 갖는다.
- d. Cost-capacity relation : linear cost
- e. Node distance table은 node간의 직선 거리이다.
- f. 각 선로는 full-duplex line이다.
- g. Routing방법 : fixed routing
- h. Minimum spanning tree를 형성하는 link에 priority를 준다.
- i. Reliability constraint : node-connectivity(two connectivity)

Topology 설계를 위해서 사용한 방법은 각 link간의 traffic 분포를 주고 지연시간이 허용하는 범위 내에서 전체 비용을 최소로 하는 방법이다[10, 15] 이 방법의 초기상태로 먼저 full-connected network를 가정하고 가장 이용이 적은 link부터 하나씩 제거하는 방법을 택하였다. 여기서 reliability 제한조건으로 node-connectivity로 two connectivity를 사용하였다. 그러나 보통의 경우 node-connectivity 뿐만 아니라 arc-connectivity constraint도 고려하는데 이러한 조건을 program에 부과하는 작업은 상당히 어려운 작업으로, 여기서는 이 제약조건을 사용하지 않고 이 문제가 발생할 경우에는 program에서 output된 결과를 가지고 조정하고자 하였다.

다음으로 algorithm을 단순하게 하기 위해 minimum spanning tree를 형성하는 link에 가중치를 크게 주었다. 이는 minimum spanning tree를 형성하는 link는 topology design에 반드시 포함된다는 가정에 근거한다. 그러나 이러한 가정은 topology output이 최적치로 접근하는데 가장 큰 저해요소로 등장할 수도 있다.

Minimum spanning tree에 가중치를 크게 줄 수 있는 조건은 첫째, 각 node는 멀리 떨어져 있는 node보다 인접한 node사이의 정보교환이 더 많다. 둘째, 멀리 떨어진 node보다 인접한 node사이의 data전송이 reliability 제한조건이 크다. 셋째, 각 node간의 상대적인 거리의 편차가 커야 한다. 먼저 지리적으로 가까이에 있으면서 서로 간에 정보교류가 적은 지역에서는 이 조건이 적용되지 않는다. 또한 가까이 인접한 지역사이의 data 전송에 보다 중요한 data가 오간다는 가정이 성립해야 하고, node간의 상대적인 거리가 일정한 지역에서는 minimum spanning tree에 가중치를 크게

줄 의미가 없어진다. 이러한 가정을 근거로 하여 얻어진 topology는 suboptimal solution일 수 밖에 없다.

그러나 minimum spanning tree를 결정하는 요소로 여기서는 node사이의 distance를 사용하는데 이 distance table에 각 node사이의 reliability나 traffic양, 중요도에 따라 가중치를 가하거나 trade-off function에 가중치를 줌으로써 어느 정도 보상할 수 있다.

한편, 각 link에 capacity를 할당하는 방법으로 위의 식을 사용하였을 때 여기서 $d_i = 0$, $d_{io} = 0$ 로 linear cost인 것으로 가정하였다.

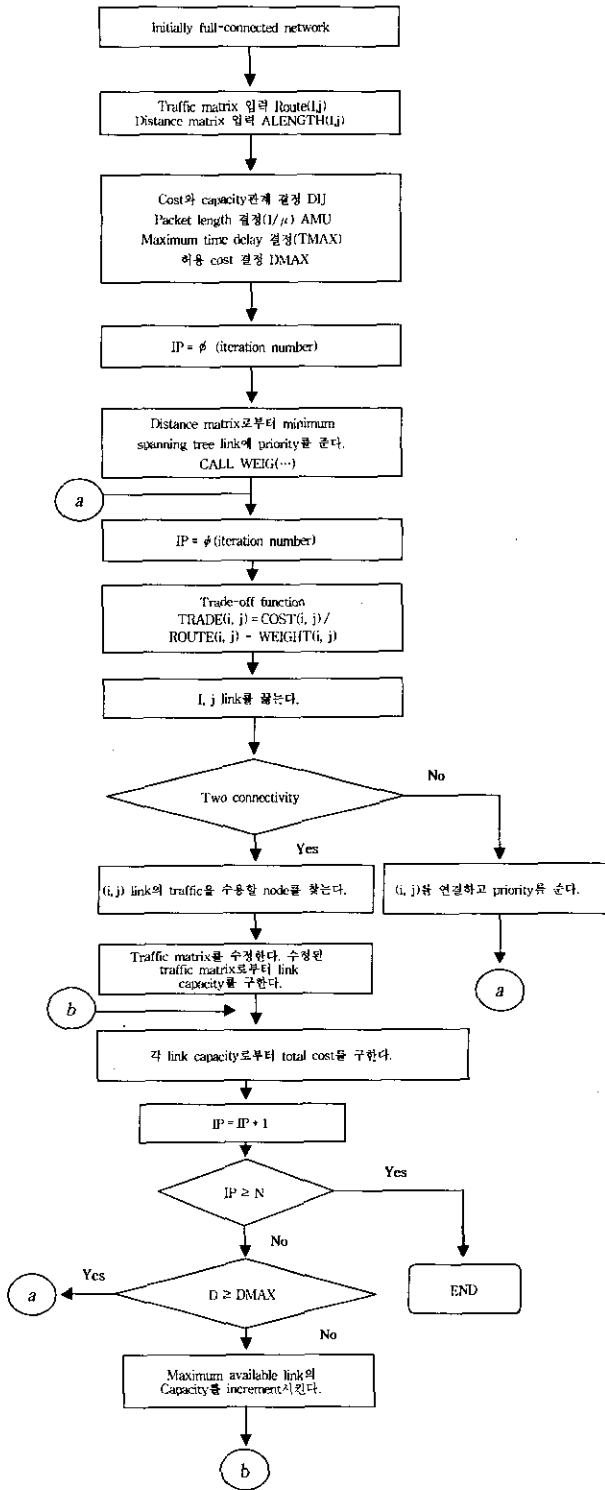
(그림 5)의 flow chart를 설명하면 먼저 full-connected network에서 각 data들을 입력시키고 minimum spanning tree link에 가중치를 크게 준다. 이때 minimum spanning tree를 구하는 방법은 Prims algorithm에 의한다. 다음 입력된 traffic table로부터 minimum link capacity와 link cost를 구한다. 이때 이용이 가장 적은 link를 제거하기 위해 trade-off function을 $TRADE(i,j) = COST(i,j)/ROUTE(i,j) \cdot WEIGHT(i,j)$ 라 두고, 단위 traffic rate에 대하여 가장 cost가 많이 드는 link를 제거한다. 제거한 link가 two-connectivity조건을 만족하지 않으면 link를 다시 연결하고 끊어지지 않도록 가중치를 준다. 끊어진 link에 대하여는 그 link가 처리하던 traffic을 처리해줄 다른 link를 Bellman-Fords shortest path algorithm에 의하여 찾는다. 이렇게 하여 바뀌어진 traffic matrix에 대하여 다시 각 link capacity와 cost를 계산한다. 그리하여 다음 번에 제거할 link를 찾고 total cost가 허용조건을 만족하면서 최대 지연시간을 줄이는 과정으로 들어가 loop 시행횟수가 N 번을 넘으면 loop를 빠져 나와 topology output을 print 한다.

2.3.3 이상적 topology 도출 결과

2.3.3.1 입력 parameter 값과 설정근거

- 평균 packet 길이 : 10000 bit
- 최대 지연시간 : 0.002
- 용량 증가 : 0.01

현재 이더넷 프레임은 MAC 헤더(14 byte)와 IP 헤더(20 byte) TCP/UDP 헤더(20 byte) 등이 붙은 후 사용자 데이터가 들어가는 형태로 최대 프레임 사이즈가 1500 byte로 전송된다. 즉 큰 사이즈의 패킷은 여러개의 프레임을 나누어 전송되어지나 실제 제어용 패킷처럼 작은 사이즈의 패킷도 많이 발생하므로 평균 패킷 길이를 약 10000 bit로 설



(그림 5) Topology 설계를 위한 Flow Chart

정하였으므로, 지연시간은 ATM 교환기의 경우 한 노드를 지나는 동안 약 1 msec 정도의 지연이 발생한다. 실제 음성 트래픽 경우 종단간 지연이 20 msec 이하로 전송되어야 소리의 끊김이 없이 들을 수가 있다. 여러 개의 노드를 지난다는 것을 가정할 때 각 노드 당 최대 허용 지연시간을 2

msec로 두는 것이 타당하다. 용량 증가 파라미터에 있어서 실제 장비의 경우에는 granularity가 있어서 정해진 threshold 이내의 트래픽에는 영향을 주지 않으나 threshold를 넘어설 경우에는 더 높은 용량의 장비로 교체해야 한다. 프로그램 상에서는 0.01씩 증가하면 계속 iteration을 수행 후 최적값을 찾게 된다. 이 값을 더 작게 설정하면 더 정교한 값을 얻게 되는 것이다.

2.3.3.2 6개 ATM switch를 연결한 경우의 출력 결과

● 실험 데이터

각 ATM 스위치간의 트래픽은 각 지역 ATM 스위치에서 서울 본사 ATM 스위치로 90%, 나머지 트래픽이 타 지역 ATM 스위치로 균등하게 분배되며, 본사에서 발생한 트래픽은 재경지역으로 30%, 대구를 제외한 나머지 지역으로 각각 15%, 대구로 10%씩 분산되는 것으로 가정하고, <표 1>과 같이 정리하였다. 각 ATM스위치간의 거리는 <표 2>와 같다.

<표 1> 6개 노드간의 traffic양

(단위 : kbps)

	서울	대전	광주	제천	대구	부산
서울	본사 (30%)	19,371.36 (15%)	19,371.36 (15%)	19,371.36 (15%)	12,914.24 (10%)	19,371.36 (15%)
	재경 (90%)	309.16 (2%)	309.16 (2%)	309.16 (2%)	309.16 (2%)	309.16 (2%)
	소계	19,680.52	19,680.52	19,680.52	13,223.40	19,680.52
대전	8,477.28 (90%)	188.38 (2%)	188.38 (2%)	188.38 (2%)	188.38 (2%)	188.38 (2%)
광주	5,784.39 (90%)	128.54 (2%)	128.54 (2%)	128.54 (2%)	128.54 (2%)	128.54 (2%)
제천	4,851.27 (90%)	107.81 (2%)	107.81 (2%)	107.81 (2%)	107.81 (2%)	107.81 (2%)
대구	2,870.91 (90%)	63.80 (2%)	63.80 (2%)	63.80 (2%)	63.80 (2%)	63.80 (2%)
부산	8,971.92 (90%)	199.38 (2%)	199.38 (2%)	199.38 (2%)	199.38 (2%)	199.38 (2%)

<표 2> 각 ATM 스위치간의 거리

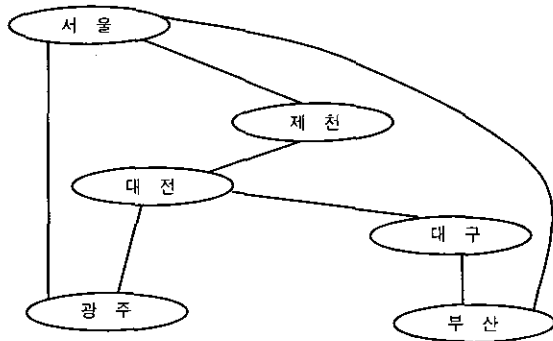
(단위 : km)

	서울	대전	광주	제천	대구	부산
서울	0	143	270	115	235	328
대전	143	0	138	115	116	199
광주	270	138	0	250	170	194
제천	115	115	250	0	145	237
대구	235	116	170	145	0	93
부산	328	199	194	237	93	0

• 산출된 topology와 link capacity

다음 (그림 6) 및 <표 3>은 설계 프로그램을 수행한 결과인 6개 노드의 보정 전 topology 및 6개 노드간의 보정 전 link capacity를 나타낸다.

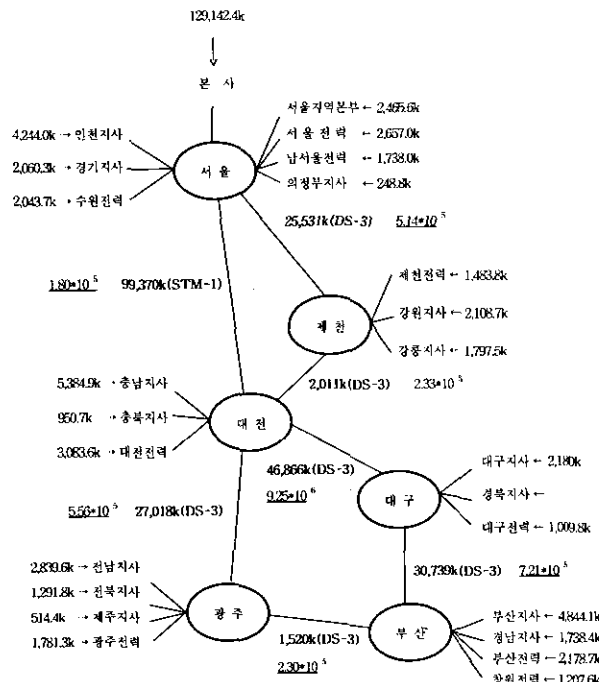
실제 프로그램을 수행한 결과와 그것을 heuristic한 방법으로 실제 상황에 맞게 보정할 필요가 있다. 실제 보정



(그림 6) 6개 노드의 보정 전 topology

<표 3> 6개 노드간의 보정 전 link capacity (단위 : kbps)

	서울	대전	광주	제천	대구	부산
서울	53,155.01	0.00	20,180.52	53,084.44	0.00	20,180.52
대전	0.00	688.38	1,059.37	12,428.29	14,572.86	0.00
광주	6,284.39	1,014.16	628.54	0.00	0.00	0.00
제천	16,699.46	33,835.16	0.00	607.81	0.00	0.00
대구	0.00	4,160.45	0.00	0.00	563.80	988.53
부산	9,471.92	0.00	0.00	0.00	1,297.52	699.38



(그림 7) 6개 노드의 보정 후 topology

<표 4> 6개 노드간의 보정 후 link capacity

(단위 : kbps)

	서울	대전	광주	제천	대구	부산
서울	53,155.01	72,765.08	0.00	20,180.52	0.00	0.00
대전	26,604.50	688.38	20,476.71	1,080.10	33,996.42	0.00
광주	0.00	6,541.47	628.54	0.00	0.00	757.08
제천	5,351.27	931.24	0.00	607.81	0.00	0.00
대구	0.00	12,869.19	0.00	0.00	563.80	20,540.51
부산	0.00	0.00	763.18	0.00	10,198.60	699.38

전의 topology의 경우 서울_부산 link와 서울_광주 link는 satellite나 microwave를 통하지 않고는 실제 구축이 어려운 망이다. 즉 서울_부산이나 서울_광주는 direct link로 관로를 구축할 경우 많은 비용이 소요되어 이런 형태로 관로를 구축할 수는 없고 서울_대전 등의 관로를 공유하는 형태로 구축하는 것이 바람직하다. 따라서 heuristic한 방법으로 resource가 가장 작게 드는 shortest path의 실제 구축 가능한 topology로 보정해 주어야 하고 그렇게 할 경우 two connectivity를 갖는 두개의 ring topology로 보정해 주는 것이 타당하다. 다음 (그림 7)은 설계 프로그램을 수행한 결과를 실제 상황에 맞도록 보정한 6개 노드의 보정 후 topology를 나타내며 <표 4>는 보정한 topology와 이를 기반으로 현재의 트래픽과 허용 delay time을 0.002초로 두었을 때, 각 link의 capacity를 나타낸다.

2.3.3.3 현재 Star Topology와 Ring Topology 비교

현재 topology는 서울을 중심으로 한 star topology이지만, 제시된 ATM 교환기간 접속 트래픽과 각 ATM 스위치간의 물리적인 거리를 입력 factor로 사용하여 얻은 결과로는 대전을 중심으로 한 2개의 ring 형태의 topology가 도출되었다.

Star topology는 failure가 발생했을 경우에 모든 링크가 본사 지역간에 연결된 형태이어서 우회 경로로 데이터를 전송할 수가 없으며 본사가 bottleneck 지점이 되어 망 규모가 커질수록 더욱 망의 효율이 저하된다. 이 형태는 실제 운영하기는 쉬운 점은 있으나 reliability를 줄 수가 없다. 그리고 각 지점마다 링크로 연결되어 각 link에 excess capacity가 많고 각 link를 설치하는데 과도한 비용이 들어갈 수 있다.

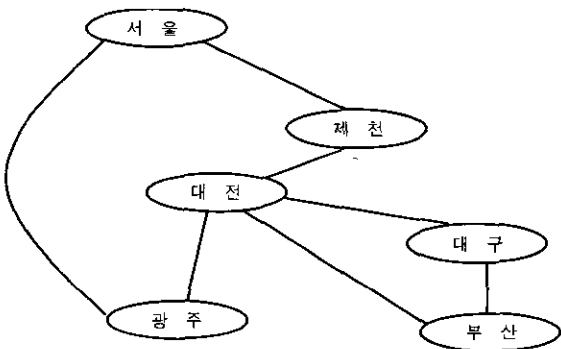
Ring topology는 two connectivity와 같은 reliability를 가지면서 traffic을 분산시켜 link efficiency를 높이는 최소 비용 구조이다. 즉 전력통신망의 경우 현재의 traffic을 충분히 수용하면서, 더 작은 link capacity, 더 짧은 link 길이를 요구하므로 star topology보다 더욱 바람직한 형태로 트래픽 뿐만 아니라 거리 즉 비용에 대한 제약조건을

고려할 경우 나오는 최적 topology이다. 현재 통신사업자의 국내 통신망이 이와 같은 ring topology로 되어있으며 망 구축 시 last drop 지점에서 500m 이내 영역만 linear형, tree형, star형으로 묶여있고 line이 100-1000가닥 정도의 sub-feeder plant 지점과 1000가닥 이상의 feeder plant 지점까지는 ring topology로 구성하는 것이 일반적이다.

2.4 향후 서비스 수용계획을 고려한 토폴로지와 링크용량 설계
향후 트래픽이 연간 1.5배로 증가할 것으로 가정하고 3년 후의 topology와 backbone core망에서의 link capacity를 설계하였다. 단, 본사와 사업소 트래픽의 흐름비율이 90 : 10으로 분배되는 경우만을 고려하였는데 이는 경험적으로 가장 적합한 경우이기 때문이다. <표 5>는 예측된 트래픽이다. 여기에서 대전-부산간 직접 연결보다는 대전-대구-부산으로 트래픽이 전송되는 것이 바람직하고, 광주와 부산의

<표 5> 6개 노드간의 traffic양 예측(연간 1.5배 증가-3년후)

	서울	대전	광주	제천	대구	부산
서울	177,710.7	66,421.76	66,421.76	66,421.76	44,629.38	66,421.76
대전	28,610.82	635.79	635.79	635.79	635.79	635.79
광주	19,522.32	433.83	433.83	433.83	433.83	433.83
제천	16,373.04	363.85	363.85	363.85	363.85	363.85
대구	9,689.32	215.32	215.32	215.32	215.32	215.32
부산	30,280.23	672.90	672.90	672.90	672.90	672.90

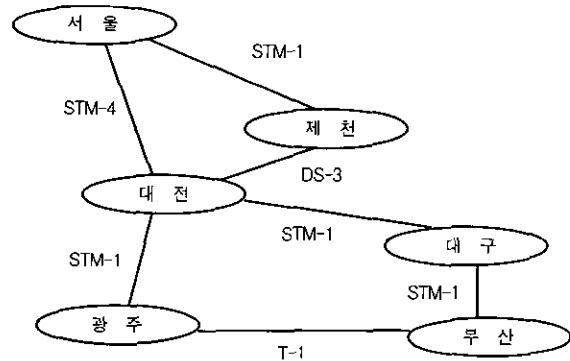


(그림 8) 6개 노드의 보정 전 topology(연간 1.5배 증가-3년후)

<표 6> 6개 노드간 보정 전 link capacity (연간 1.5배 증가-3년후)

	서울	대전	광주	제천	대구	부산
서울	178,210.70	0.00	66,921.76	244,394.66	0.00	0.00
대전	0.00	1,135.79	2,387.86	71,038.21	113,348.46	1,569.62
광주	20,022.32	2,235.32	933.83	0.00	0.00	0.00
제천	85,453.41	179,428.30	0.00	863.85	0.00	0.00
대구	0.00	41,788.41	0.00	0.00	715.32	67,500.93
부산	0.00	1,845.80	0.00	0.00	32,126.03	1,172.90

two-connectivity를 위해 광주-대구 link 연결보다는 광주-부산 link 연결이 적합하다. 보정 전,후 topology, 보정 전, 후 link capacity는 각각 (그림 8), (그림 9), <표 6>, <표 7>과 같은 결과를 보였다.



(그림 9) 6개 노드의 보정 후 topology(연간 1.5배 증가-3년후)

<표 7> 6개 노드간 보정 후 link capacity (연간 1.5배 증가-3년후)

	서울	대전	광주	제천	대구	부산
서울	178,210.70	244,394.00	0.00	66,921.76	0.00	0.00
대전	88,602.69	1,135.79	67,921.40	2,457.89	113,550.40	0.00
광주	0.00	20,889.96	933.83	0.00	0.00	1,367.65
제천	16,873.04	1,955.44	0.00	863.86	0.00	0.00
대구	0.00	42,246.02	0.00	0.00	715.36	68,136.72
부산	0.00	0.00	1,388.23	0.00	33,232.78	1,172.91

2.5 향후 서비스 수용계획을 고려한 ATM 기반 전력통신망 설계

(그림 10)은 backbone 망에 ATM switch를 설치하여 스타형 토폴로지로 구성하였을 경우의 전송량을 토대로 시설 용량 설계를 한 것이다.

(그림 11)은 전력통신망의 용량 설계를 바탕으로 실제 교환장비를 설치했을 때의 네트워크 설계도를 나타낸다. Back bone 쪽에 6개 노드 중 2개 서울, 대전의 backbone노드를 모두 protection과 이중화, OAM기능이 있는 교환기로 구축하고, 나머지는 멀티플렉서를 설치하고, 25개의edge노드를 DS-3급 혹은 STM-1급 교환장비로 구축하는 것이 바람직하다.

앞에서 기술한 전력통신망의 전송망 용량 설계도 및 ATM switch 기반 네트워크 설계도를 고려할 경우, 여러 대안에서의 구축비용에 대해 기술한다. 각 대안에 대한 구축비용은 <표 8>과 같다.

① 백본교환장비(ATM스위치)

* 공중용 ATM스위치(protection과 이중화,OAM기능 포함) : 2~3억/개, 16*16port

* 사설용 ATM스위치(reliability 보장 안됨) : 2~4천만원/개

* ATM Multiplexer : 1.3억~1.5억

② Edge교환장비

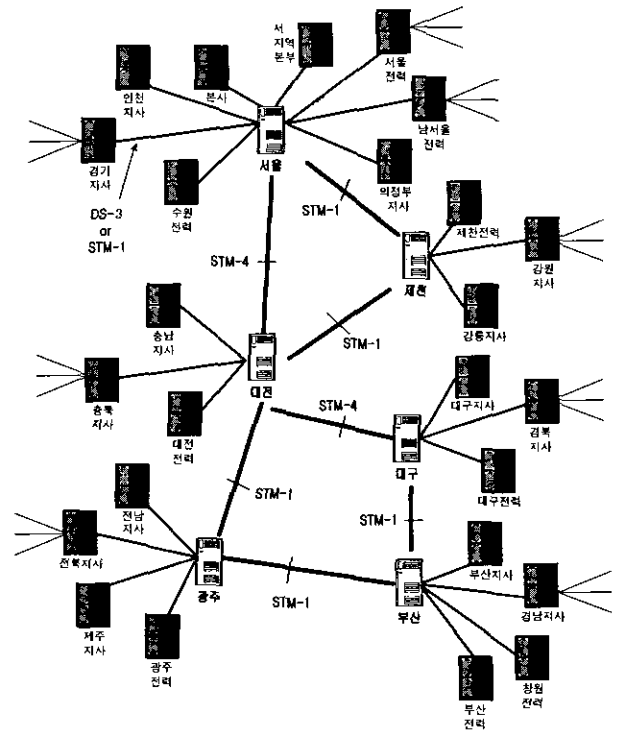
* 622M급 용량처리(edge교환기1) : 1억/개

* 155M급 용량처리(edge교환기2) : 7~8천만원/개

Case 1) 가장 신뢰성 있는 망을 구축하는 경우 : 6개의 backbone 노드를 모두 공중용 ATM 스위치로 구축하고, 25개의 edge노드를 622M급 router로 구축한다.

Case 2) 저렴한 비용으로 망을 구축하는 경우 : 서울, 대전 backbone 노드를 공중용 ATM 스위치로, 나머지는 사설용 ATM 스위치로 구축하고, 25개의 edge노드를 622M급 router로 구축한다.

Case 3) 신뢰성과 비용을 고려한 최적의 망을 구축하는 경우 : 그 중요성이 가장 높은 서울, 대전의 backbone 노드를 모두 protection과 이중화, OAM기능이 있는 교환기로 구축하고, 나머지는 멀티플렉서를 설치하고, 25개의 edge노드를 622M급 router로 구축한다.



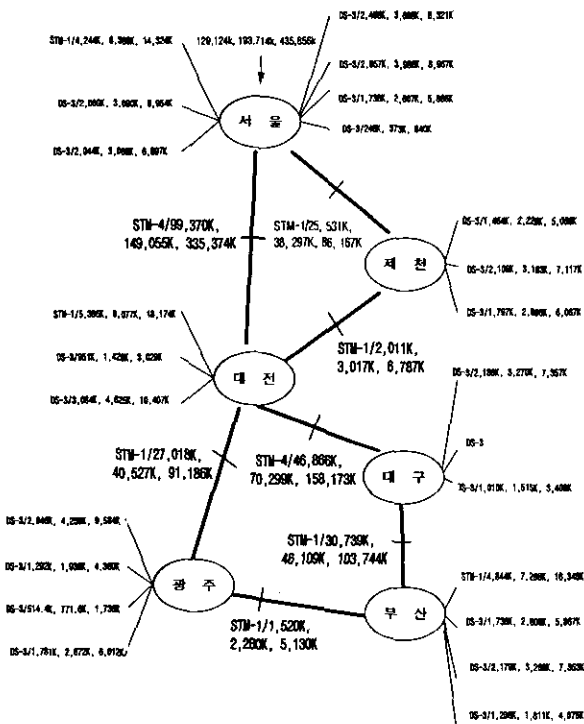
(그림 11) ATM Switch 기반 네트워크 설계도

<표 8> 교환장비 구축비용 (회선비용을 제외한 장비구축비용만 고려)

	Case 1	Case 2	Case 3
공중용 ATM 스위치	6*(2~3)억	2*(2~3)억	2*(2~3)억
사설용 ATM 스위치	0	4*(0.2~0.4)억	0
ATM 멀티플렉서	0	0	4*(1.3~1.5)억
Edge 교환기(622M급)	25*1억	25*1억	25*1억
총 비용	37~43억	29.8억~32.6억	34.2억~37억

3. 결론

본 논문에서는 향후 망이 IP 망을 중심으로 통합되는 형태로 진화할 것으로 보고 현재의 전력통신망의 트래픽 뿐만 아니라 향후 2~3년 많게는 5년 뒤의 트래픽 증가량을 예측해 보고 이 중에서 1년에 1.5배의 트래픽 증가시 3년 후를 기준으로 하여 이 용량에 적합한 망 topology 및 link 용량을 설계하였으며 이를 바탕으로 향후 서비스 수용계획을 고려한 ATM 기반 전력통신망 설계결과인 ATM switch 기반 망을 설계하였다. 이 형태에서 고려해야 할 것은 reliability와 availability 관점에서 어느 정도의 요구사항을 만족시킬 것인가에 따라 비용에 엄청난 차이가 있을 수 있다. 서로 trade off 관계에 있다. 사실 품질 부분 전송선로의 reliability나 availability가 강조될수록 비용이 많이 들며 SDH 기반 링 형태의 망으로 구축



link 사실 용량 / 현재 traffic 망, 1년후 traffic 망, 3년후 traffic 망(bps)

(그림 10) 전송망 용량 설계도

해야 한다.

전력통신망의 경우에는 신뢰성 및 망 구축 비용 등을 고려하여 backbone 쪽에 MPLS 기능이 있는 ATM 장비를 설치하여 ATM 교환망에 사내 Data망 및 사내 방송망, 그리고 DDD망 IBM 온라인망 등을 모두 MPLS 기반 인터넷 망으로 통합하는 형태로 설계하여 ATM의 장점인 statistical gain을 얻을 수 있고 강력한 망 관리 기능등을 이용하여 트래픽 제어가 가능한 망을 구축하는 것이 바람직하다.

참 고 문 헌

[1] 한국전력공사 전력연구원, 「광역 통합 교환기술 적용 연구」, [대전]: 동연연구소. KEPRI/TR.99EJ33.J1999.226, 1999.

[2] 한국전력공사 전력연구원, 「사내 ATM 네트워크 모델 설계를 위한 요구사항 분석」, [대전]: 동연연구소. KEPRI/TM.99PS01.P2000.246, 2000.

[3] 한국전력공사 전력연구원, 「ATM과 인터넷(IP)의 연동 기술(IP over ATM) 분석」, [대전]: 동연연구소.KEPRI/TM.99PS01. P2000.451, 2000.10.

[4] 한국전력공사 전력연구원, 「가상회선(VP/VC) 분배기술 분석」, [대전]: 동연연구소.KEPRI/TM.99PS01.P2000.452, 2000. 10.

[5] 한국전력공사 전력연구원, 「본사 LAN 운영상태 진단 및 분석」, [대전]: 동연연구소.KEPRI/TM.99PS01.P2000. 48, 2000. 02.

[6] 한국전력공사 전력연구원, 「본사 LAN 분석」, [대전]: 동연 구소.KEPRI/TM.99PS01.P2001.077, 2001.03.

[7] 한국전력공사 전력연구원, 「ATM 기반 전력통신망 설계」, [대전]: 동연연구소.KEPRI/TM.99PS01.P2000.582, 2000.10.

[8] 한국전력공사 전력연구원, 「ATM 기반 전력통신망 2차 설계」, [대전]: 동연연구소.KEPRI/TM.99PS01.P2001.017, 2001. 01.

[9] 한국전력공사 전력연구원, 「ATM 기반 전력통신망에서의 IP 연동모델 및 가상회선 분배모델 수립」, [대전]: 동연구 소.KEPRI/TM.99PS01.P2001.079, 2001.03.

[10] M. Gerla and L. keleinrock, On the topological design of distributed computer networks, IEEE Trans. Commun., Jan., 1977.

[11] M. Schwartz : Computer-Communication Network Design and Analysis, Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, 1977.

[12] A. Tanenbaum, : Computer Network, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.Y., 1981.

[13] R. R. Boorsyn and H. Frank, Large-scale network topo-

logical optimization.

[14] L. Kleinrock, Queuing Systems, Vol.2 : Computer Applications, New York : John Wiley, 1976.

[15] M. Gerla and L. Kleinrock, Topological design of distributed computer networks , IEEE Trans. Commun., Vol.Com-25. Jan., 1977.



김 선 익

e-mail : sikim@kepri.re.kr
 1990년 충남대학교 계산통계학과(학사)
 1998년 충남대학교 컴퓨터학과 통신프로토콜 전공(석사)
 1990년~1992년 한국전력공사 전자계산소
 1993년~현재 한국전력공사 전력연구원 정보통신그룹 선임연구원

관심분야 : 네트워크 분석 및 설계, 통신프로토콜, 트래픽 엔지니어링



박 명 혜

e-mail : pmh@kepri.re.kr
 1993년 경북대학교 전자공학과(학사)
 1995년 경북대학교 전자공학과 정보통신 전공(석사)
 1995년~현재 한국전력공사 전력연구원 정보통신그룹 선임보연구원

관심분야 : ATM, MPLS, 네트워크 분석 및 설계, 모델링 및 Simulation



오 도 은

e-mail : hifive@kepri.re.kr
 1993년 명지대학교 전자계산학과(학사)
 1993년~1996년 한국전력공사 전남지사
 1996년~현재 한국전력공사 전력연구원 정보통신그룹 선임보연구원
 관심분야 : 컴퓨터 통신, 네트워크 관리, 데이터베이스



임 용 훈

e-mail : adsac@kepri.re.kr
 1996년 건국대학교 전자공학과(학사)
 1998년 건국대학교 전자공학과(석사)
 1996년~2000년 한국전력공사 전자통신처
 2000년~현재 한국전력공사 전력연구원 정보통신그룹 선임보연구원

관심분야 : ATM, 통신프로토콜, 정보통신응용



이진기

e-mail : jklee@kepri.re.kr

1982년 충남대학교 계산통계학과(학사)

1999년 충남대학교 컴퓨터과 데이터베이스 전공(석사)

1982년~1989년 한국전력공사 전자계산소

1989년~현재 한국전력공사 전력연구원
정보통신그룹 책임연구원

관심분야 : 네트워크, 데이터베이스



조선구

e-mail : csk9306@kepri.re.kr

1974년 숭실대학교 전자공학과(학사)

1997년 충남대학교 전자공학과 정보시스템 전공(석사)

1976년~1981년 한국전력공사 계통 운용부

1981년~1993년 한국전력공사 정보처리처

1993년~현재 한국전력공사 전력연구원 정보통신그룹장

관심분야 : 정보시스템 구축 및 적용, 객체지향 DB, 통신 네트워크