

# 네트워크 설계와 시뮬레이션

박명혜\*, 김선익\*, 오도은\*, 이진기\*, 조선구\*  
\*한국전력공사 전력연구원  
e-mail:pmh@skepri.re.kr

## Networks Design and Simulation

Myung-Hye Park\*, Sun-Ic Kim\*, Do-En Oh\*, Jin-Kee Lee\*, Sun-Ku Cho\*  
\*KEPRI, Power System Lab. Computer&Communications Group

### 요약

전력연구원에서는 기존 사내 통신망 트래픽 분석을 통해 최적의 네트워크 모델을 설계하고 설계된 모델을 기반으로 시뮬레이션을 수행함으로써 향후 트래픽 증가와 수요 현황을 토대로 한 중장기적인 관점에서의 바람직한 네트워크 모델을 제시할 수 있는 방향을 제시하기 위한 연구를 수행하고 있다. 본 논문에서는 해당 연구와 관련하여 도출한 네트워크 설계안과 시뮬레이션 결과에 대해 기술하고 있다.

## 1. 서론

모든 기업들은 네트워크 트래픽 증감요인과 대·내외 투자환경 변화에 효과적으로 대응하기 위하여 경제적이고 효율적인 정보통신망 구성이 필요하다. 전력연구원에서는 기존 사내 통신망 트래픽 분석을 통해 최적의 네트워크 모델을 설계하고 설계된 모델을 기반으로 시뮬레이션을 수행함으로써 향후 트래픽 증가와 수요 현황을 토대로 한 중장기적인 관점에서의 바람직한 네트워크 모델을 제시할 수 있는 방향을 제시하기 위한 연구를 수행하고 있다. 본 논문은 2장에서 네트워크 설계, 3장에서 시뮬레이션, 마지막으로 4장에서 결론으로 맺는다.

## 2. 네트워크 설계

### 2.1 트래픽 분석

효율적인 네트워크 설계를 위해서는 설계에 필요한 요구사항 분석이 선행되어야 한다. 특히 현재 운영중인 망을 중심으로 한 정확한 트래픽 분석이 필요하다. 트래픽 분석의 목적은 여러 통신망 설비를 경제적으로 사용하여 가입자에게 만족스러운 서

비스를 제공할 수 있는 조건을 찾아내는 것이다.

이 때 사용되는 트래픽은 최번시에 측정된 것을 사용한다. 모든 서비스 요구를 지연이나 손실 없이 처리하려면 과도한 링크의 용량이 요구되므로 이용자에게 불편을 주지 않은 어느 정도의 지연이나 손실을 허용함으로써 효율적인 투자가 이루어지도록 한다. 이를 위해 기존 정보통신망을 중심으로 트래픽 발생량 및 특성을 분석한다. 이를 통해, 현재 트래픽과 노드간 거리를 고려한 이상적인 토폴로지를 도출한다. 그리고 향후 서비스 수용계획을 고려한 토폴로지와 링크 용량을 제시한다

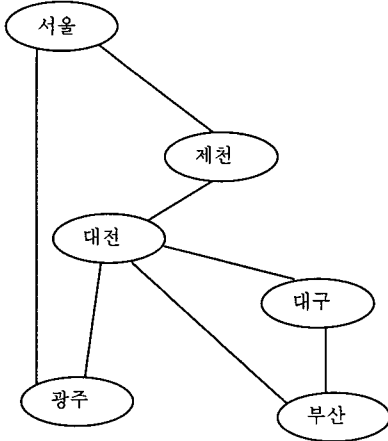
### 2.2 토폴로지 및 링크용량 설계

본 절에서는 6개 ATM switch를 연결한 경우의 출력 결과를 정리하였다.

여기에서는 각 지역 ATM 스위치에서 서울 본사 ATM 스위치로의 트래픽이 약 90%이고 나머지 10%의 트래픽이 각 해당지역을 제외한 나머지 지역으로 균등 분산되는 것으로 가정하였다.

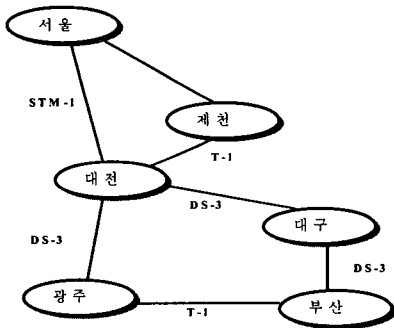
○ 토폴로지와 링크용량

위와 같이 주어진 노드간 트래픽과 거리에서는 아래와 같은 토폴로지 및 링크용량이 이상적인 것으로 나타났다.



[그림 1] 보정 전 토폴로지

이 결과는 알고리즘의 two-connectivity 조건을 만족시키기 위해 형성된 topology로써 현실적인 운영에 있어서 문제가 발생할 수 있기 때문에 heuristic한 방법으로 보정해 주어야 한다. 서울과 광주간에 직접적인 link보다는 서울-대전-광주로 연결되는 link가 더 현실적이다. 광주와 부산의 two-connectivity 조건을 만족시키기 위해 대전-부산간 link 대신에 광주-부산간 link를 설정하는 것이 바람직하다.



[그림 2] 보정 후 토폴로지

따라서 위와 같은 토폴로지를 만들어, 각 링크의 용량을 보정해 준다. 대전-서울 링크 용량의 경우 [그림 1]에서 대전-서울 간의 링크는 없는데, [그림 2]에서 새로 생김으로써, 광주-서울, 대전-서울, 대구-서울, 부산-서울의 트래픽이 링크를 통해 본사에 도착함을 알 수 있다. 따라서 대전-서울 간의 링크 트래픽을 알 수 있고, 링크 용량도 구할 수 있다. 이들 트래픽은 대전-서울 링크가 없을 때, 광주-서울, 대전-제천, 제천-서울 링크를 경유해서 본사에 도착했으므로, 광주-서울, 대전-제천, 제천-서울 링크에서는 대전-서울 링크에 더해준 트래픽 양만큼 빼준다.

림 2]에서 새로 생김으로써, 광주-서울, 대전-서울, 대구-서울, 부산-서울의 트래픽이 링크를 통해 본사에 도착함을 알 수 있다. 따라서 대전-서울 간의 링크 트래픽을 알 수 있고, 링크 용량도 구할 수 있다. 이들 트래픽은 대전-서울 링크가 없을 때, 광주-서울, 대전-제천, 제천-서울 링크를 경유해서 본사에 도착했으므로, 광주-서울, 대전-제천, 제천-서울 링크에서는 대전-서울 링크에 더해준 트래픽 양만큼 빼준다.

### 3. 시뮬레이션

#### 3.1 네트워크 설계의 적절성 검증

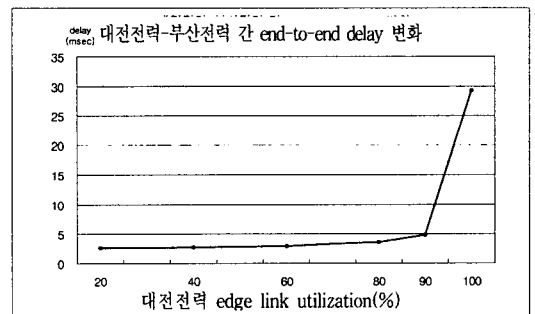
##### ○ 시뮬레이션 설정

이 시뮬레이션에서는 OPNET 시뮬레이션 툴을 이용하여 다른 모든 노드의 트래픽은 연간 1.5배씩 증가할 때 3년 후 상황대로 트래픽을 발생시키고, 특정 두 end-to-end 노드 중 한 노드의 link utilization을 점차 증가시킬 때, end-to-end delay와 end-to-end throughput 및 backbone link의 utilization의 변화를 살펴보았다.

이 시뮬레이션에서는 대전 ATM 스위치에 연결되어 있는 사업소의 트래픽을 20%, 40%, 60%, 80%, 90%, 100%로 증가시켜, 사업소로부터 다른 edge node까지의 delay나 throughput의 변화 및 backbone의 utilization의 변화를 출력하였다.

##### ○ 결과

##### ① End-to-end delay



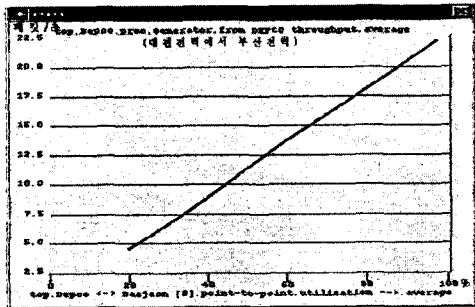
[그림 3] End-to-end delay 변화

대전 전력에서 발생하는 트래픽을 링크용량 즉, 45M를 기준으로 20%, 40%, 60%, 80%, 90%, 100%로 증가시켰을 때, 해당 사업소로부터 다른

ATM스위치에 연결된 부산전력, 광주전력, 대구전력, 제천전력, 서울전력, 본사까지의 각 end to end delay는 exponentially 증가함이 확인되었다. 특히, 링크 용량 대비 90% 이상의 트래픽이 발생할 때, delay time은 급격히 증가하는데, 그 증가폭이 너무나 커서 20%나 90%에서의 delay time간에도 큰 차이가 있음에도 그래프상에서 거의 delay time이 비슷한 듯한 모습을 띄었다. 다음 그림은 대전전력과 대전 ATM 스위치간의 링크의 utilization이 증가할 때 대전전력과 부산전력 간의 delay time의 변화를 보여준다.

② End to-end throughput

대전전력에서 발생하는 트래픽을 링크용량 즉, 45M를 기준으로 20%, 40%, 60%, 80%, 100%로 증가시켰을 때, 대전으로부터 다른 ATM스위치에 연결된 부산전력, 광주전력, 대구전력, 제천전력, 서울전력, 본사까지 각 end-to-end throughput은 delay와 달리 linear하게 증가했다. 다음 그림은 대전전력에서 발생하는 트래픽의 증가에 따른 대전전력으로부터 부산전력까지 트래픽의 throughput을 나타낸다.



[그림 4] Throughput변화

③ Backbone Utilization변화

앞서 설명한 바와 같이 모든 edge node의 link utilization을 변화시켜서 이때의 backbone utilization의 변화를 살펴봄으로써, 네트워크 설계의 적절성 여부를 판단할 수 있다. 본 논문에서 설계한 네트워크에서 edge link의 용량은 모두 45M로 동일하므로, 하나의 edge link의 utilization을 변화시켜 backbone의 utilization변화를 살펴보는 것만으로 전체 네트워크 디자인의 적절성을 판단하기에는 충분하다. Edge link의 utilization이 100%에 도달해도 saturation된 backbone은 없으므로 본 논문에서 설계한 네트워크 토폴로지는 적절함을 알 수 있다. 그

리고 대전\_서울간의 backbone을 제외하고는 그 영향이 미약함을 확인할 수 있다.

○ 결론

시뮬레이션에서 얻은 edge link의 utilization 변화에 따른 각 backbone의 utilization변화를 살펴볼 때, edge link의 utilization이 100%에 도달해도 saturation된 backbone이 없기 때문에 본 연구에서 제시한 네트워크 디자인은 적절한 것으로 판단된다.

3.2 네트워크 성능분석

○ 시뮬레이션 설정

이 시뮬레이션에서는 3.1절에서와 동일한 시뮬레이션 타임과 Seed를 이용하였다.

○ 결과

① End-to-end delay

본 논문에서 망을 설계할 때, 종단간 최대허용 지연을 20msec로 두었는데 이는 음성 트래픽의 경우 종단간 지연이 20 msec 이하로 전송되어야 소리의 끊김이 없이 들을 수가 있기 때문이다. 그리고 대부분의 트래픽이 여러 개의 노드를 지난다는 것을 가정하여 각 노드 당 최대 허용 지연시간을 2 msec로 두었다. 다음 결과에서 근접 노드간 지연시간은 2 msec이하이고 다소 먼 거리의 종단간 지연시간도 20 msec이하이므로 본 시뮬레이션에서 얻은 모든 edge node 간의 delay는 충분히 만족할만한 수준이라고 할 수 있다.

② End-to-end throughput

사내 트래픽은 모든 트래픽이 본사와 edge node들간에 집중되는 특성을 지니므로, edge node 간의 트래픽은 극히 미미하다. 다음 시뮬레이션 결과도 그러한 특성을 정확히 반영하고 있다. 두 edge node간 throughput은 delay와 동일한 방법으로 probe model을 만들 때, 모든 edge node간의 end to end throughput을 출력하도록 설정하여 결과를 얻을 수 있다.

③ Backbone & Edge Utilization

사내 네트워크는 지사 간의 트래픽 보다는 지사와 본사간의 트래픽이 많고, 각 지사로부터 본사로의 트래픽보다 본사로부터 지사로의 트래픽이 더 많이 발생하므로 동일 링크상에서 하향(downlink)으로의 utilization이 높게 나타난다.

## 4. 결론

본 논문에서는 기존 사내 통신망 트래픽 분석을 통해 최적의 네트워크 모델을 설계하고 설계된 모델을 기반으로 시뮬레이션을 수행함으로써 향후 트래픽 증가와 수요 현황을 토대로 한 중장기적인 관점에서의 바람직한 네트워크 모델을 제시할 수 있는 방향을 제시하기 위해 수행한 네트워크 설계안와 시뮬레이션 결과에 대해 기술하였다.

향후 네트워크 진화계획 수립시 본 연구에서 수행한 네트워크 설계안과 시뮬레이션 결과를 기초자료로 활용할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] "Packet Switching에 의한 Computer 통신망 개발-KORNET 설계, Routing 및 Flow 제어연구", 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 통신연구실 보고서
- [2] Mischa Schwartz, "Computer-Communication Network Design and Analysis," Prentice-Hall Inc..