

# 트래픽 효율성 분석에 의한 대학 외부망의 운영 전략

최무희<sup>†</sup>, 안병태<sup>\*\*</sup>, 김성진<sup>\*\*\*</sup>, 류시국<sup>\*\*\*\*</sup>, 강현석<sup>\*\*\*\*\*</sup>

## 요 약

국내의 많은 대학들은 매년 교육전산망에서 망 서비스 업자를 공개 입찰로 선정한 결과에 따라 교내망을 자신에 맞게 다양한 방법으로 외부망과 연결시키고 있다. 그런데 이들 중 특히, 여러 외부망을 연동시키는 대학에서는 연동 비용에 따라서 전산망 운영 방식을 결정하는데 있어 보다 복잡한 문제에 부딪치고 있다. 따라서 이러한 대학들은 자신의 전산망 운영 방식을 보다 적합하게 결정할 수 있는 지원체계가 시급하다. 본 논문은 전국의 대학전산망 운영자를 대상으로 한 트래픽 관리에 대한 설문조사를 바탕으로 하여 회선 이용율에 기반한 트래픽 효율성을 분석하였다. 그리고 이를 이용하여 두 사업자를 동시에 채택하고 있는 대학의 효율적인 외부망 연동 전략 방안을 제시한다.

## An Operating Strategy of Outer Networking of University According to Traffic Efficiency Analysis

Mu-Hee Choi<sup>†</sup>, Byeong-Tae Ahn<sup>\*\*</sup>, Sung-Jin Kim<sup>\*\*\*</sup>,  
Si-Kook Ryu<sup>\*\*\*\*</sup>, Hyun-Suk Kang<sup>\*\*\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

Each university in Korea has connected its campus network to outer network with a variety methods since every year KREN adopted an open bid in selecting a network service company. In particular many universities connected two or more outer networks have faced more complex decision problems about their network operations due to the intricacy of the networks. So, those university needs the system which helps the managers to select the optimum operating method for their campus networks. In this paper, campus network traffic efficiency based on utilization was analyzed using the manager's answers to the questions for traffic management. And, by the result of analysis, the link strategy to outer networks was suggested for the universities running simultaneously two outer networks.

**Key words:** Traffic Efficiency(트래픽 효율성), KREN, Utilization(이용율), Bandwidth(대역폭)

## 1. 서 론

최근 대학에서도 다양한 멀티미디어 응용들이 보편화되면서 인터넷 상의 트래픽이 크게 증가하고 있

다. 이에 따라 대학망에 네트워크 장비, 라우터, 초고속 통신망, 바이러스, P2P 등등 다양한 문제가 나타나고 있는데, 특히 대학에서도 트래픽 폭주가 심각해지면서 망 속도가 치명적으로 느려지고 있다. 이렇게

※ 교신저자(Corresponding Author) : 강현석, 주소 : 경남 진주시 가좌동 900(660-701), 전화 : 055)231-1265, FAX : 055)231-1265, E-mail : hskang@nongae.gsnu.ac.kr

접수일 : 2004년 5월 14일, 완료일 : 2004년 8월 26일

<sup>†</sup> 경상대학교 대학원 전기공학과 박사과정

(E-mail : mhdancer@hanmail.net)

<sup>\*\*</sup> 정회원, 경상대학교 컴퓨터과학부 박사과정

(E-mail : ahnbt@hanmail.net)

<sup>\*\*\*</sup> 준회원, 연암공업대학 컴퓨터정보기술과 교수

(E-mail : sjkim@yc.ac.kr)

<sup>\*\*\*\*</sup> 종신회원, 경남정보대학 컴퓨터정보계열 교수

(E-mail : skryu@kit.ac.kr)

<sup>\*\*\*\*\*</sup> 종신회원, 경상대학교 컴퓨터과학부 교수, 컴퓨터.정보통신 연구소 연구원

※ 이 논문은 2003년 한국 교육전산망 운영 본부에서 주관하는 "망 다원화에 따른 트래픽 관리 효율화 방안 연구"라는 주제로 수행한 연구결과입니다.

폭주하는 트래픽을 해결하는 가장 손쉬운 방법 중의 하나는 회선의 대역폭을 증설하는 것이다. 하지만 급증하는 트래픽에 직면하게 될 때마다 큰 비용을 들여 회선을 단순히 증설하는 것만으로는 해결책이 아니다. 무엇보다 합리적인 망 대역폭의 확보를 위해 대학들은 가장 중요한 관심사 중의 하나가 비용에 대비한 적절한 대역폭의 확보이다[1].

국내에서는 2001년부터 교육전산망이 상용망 서비스 업체들에 위탁 운영되면서 대학들은 각자의 결정에 따라 자신의 교내망을 다양한 방법으로 외부망과 연결하여 사용하고 있다[5]. 이때 채택한 연결 방법에 따라 다른 전산망 운영 정책을 사용하게 된다. 그런데 여러 사업자(대개는 2개 사업자)를 동시에 채택하여 연동시키는 대학에서는 사업자간의 연동 비용이 중요한 운영 정책 중 하나이다. 그러나 현재 이러한 대학들이 전산망 운영정책을 효과적으로 결정하는데 도움을 줄 수 있는 지원체계가 거의 없다.

이를 해결하기 위해 본 논문은 전국의 대학전산망 운영자를 대상으로 트래픽 관리에 대한 설문조사를 실시한 결과, 전체 응답자의 70%가 트래픽 폭주에 따른 망 속도 저하를 우려하고 있으며 비용 대비 적정 대역폭의 결정에 애로를 겪고 있었다[4]. 이를 해결하기 위한 방안으로 본 논문은 회선 이용율에 기반한 트래픽 효율성을 분석하였다. 트래픽 효율성에 영향을 미치는 요인으로는 오류율(Error rate), 지연율(Delay), 응답시간(Response Time)[8,9]등 많은 요인이 있지만 본 논문에서는 트래픽 효율성을 위한 이용률을 이용하여 비용대비 적정 대역폭을 결정할 수 있는 외부망 연동 전략을 제시한다. 즉, 현재의 국내 대학들이 처한 환경에 맞추어 대학전산망의 트래픽 수요를 예측하여 적합한 대역폭 확보를 보다 단순하게 결정할 수 있는 방안을 제시한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 알아보고 3장에서는 망연동 대학들의 트래픽 이용율과 대역폭 연동비율을 기초로 트래픽 효율성을 분석한다. 4장에서는 대학전산망을 관리하기 위하여 대역폭을 증설할 때 사용할 수 있는 연동 전략을 제시한다. 5장에서는 제시된 연동 전략을 바탕으로 예측 결과를 알아보고, 6장에서는 결론 및 향후과제를 제시한다.

## 2. 관련 연구

일부 대학에서는 전산망 관리자가 전산망의 상태

를 관측하다가 부하가 높은 경로의 트래픽을 부하가 낮은 경로로 분산시키는 방식으로 트래픽을 관리하고 있다[2]. 그러나 이러한 방식은 정확성이 다소 떨어지고 실시간으로 관리하기 힘든 문제를 안고 있다. 그래서 현재의 트래픽 상태를 SNMP(Simple Network Management Protocol)를 이용해 망관리 시스템이 자동으로 인지하여 부하를 동적으로 분산시키는 방법을 많이 사용한다[3]. 하지만 이를 사용하더라도 근본적인 트래픽 증가 문제를 해결하기는 힘들다.

현재 일부 대학들은 트래픽 정보를 얻기 위해 NMS(Network Management System)[8]를 사용하고 있다. 그러나 기존의 상용 NMS들은 다양한 기능을 바탕으로 많은 관리 정보를 제공하는 하지만 사용하기가 어렵고 무엇보다 가격이 비싼 편이다. 따라서 기능은 다소 부족하지만 공개용 트래픽 감시 도구인 MRTG[7]를 많이 이용하고 있다. 하지만 이것도 시스템의 사용을 위한 환경 설정이 쉽지 않고 전산망의 환경 변화에 따라 관리자의 운영 부담이 높아지는 단점이 있다. 최근에는 MRTG의 기능을 확장하여 웹으로 사용자의 개입을 최소화하여 관리하기가 보다 쉬운 모니터링 도구들도 출현하였다[6,8]. 하지만 이를 대학전산망 전체에 도입하여 사용하기에는 여전히 망 운영자의 능력에 크게 의존하게 된다.

현재 대학전산망에 트래픽 폭주를 일으키는 주요 요인으로는 P2P(43%), Virus(25%), 동영상(14%), 기타(18%)로 집계되었다. 특히 최근들어 대학들은 실시간 동영상 강의나 화상회의 같은 멀티미디어를 더욱 많이 사용하고 있다. 이에 따라 점점 더 많은 대역폭을 필요로 한다. 이때 IP 트래픽이 사용하는 대역폭을 관리할 수 있는 제품인 Solalis Banswidth Manager[11] 등을 통해 트래픽의 우선순위를 책정하여 필요한 대역폭을 보장하여 전산망이 혼잡해지는 위험을 줄일 수 있다. 그러나 이러한 제품은 Solalis 운영체제 환경에 제한적으로 사용할 수 있으며 대학사정에 얼마나 적합한지 미지수이고 고가의 비용을 지불해야 한다.

이렇게 트래픽의 적절한 관리를 위해서는 여러 가지 실시간 관리도구를 사용할 수 있다. 하지만 사용상의 어려움 및 높은 비용, 망관리자의 능력에 의한 의존성 등이 여전히 남아 있다. 이후의 장에서는 이러한 도구들이 갖는 단점을 어느 정도 극복하기 위해, 현재의 국내 대학들이 처한 환경에 맞추어 트래픽 효율성을 분석한 다음(3장) 대학전산망의 트래픽

수요를 예측하여 적합한 대역폭 확보를 보다 단순하게 결정할 수 있는 방안(4장)을 제시한다.

### 3. 대학 전산망의 트래픽 효율성 분석

#### 3.1 망 이용률 정보의 확보

적정한 대역폭의 확장 등을 결정하기 위해서는 대학 현장에서 수집되는 다양한 정보를 필요로 한다. 즉, 가격대비 최대의 효과를 낼 수 있는 적정한 대역폭 확장량을 결정하기 위해서는 이용률 등의 정보가 필요하다. 이를 위해 전국 대학들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 우리는 특히 두 사업자를 동시에 채택하여 연동시키는 방법을 쓰고있는 대학들로 분석 대상을 한정하였다. 그리고 전산망 성능에 영향을 미치는 인자들[10]은 트래픽 폭주, 바이러스, P2P, 라우터 성능, 백본망 등 여러 가지가 있지만, 우리는 이 가운데 대학전산망의 백본상에 나타나는 해당 회선의 이용률(Utilization)을 중심으로 트래픽 효율성을 분석하였다. 우리의 주관심사는 대학 구성원들이 비용 대비 회선 이용률을 가능한 적정한 상태로 유지될 수 있도록 하는데 있기 때문이다. 설문에 응답한 대학은 전체 대학의 12%인 48개 대학이었으며, 이 가운데 67%에 해당되는 대학이 망연동 대학(두 사업자를 동시에 채택하여 연동시키는 방법을 쓰고있는 대학)이었다. 비록 회수된 설문지의 양이 충분하지 못하여 균형잡힌 분석에는 다소의 어려움이 있었지만, 일부 미비한 사항에 대해서는 방문조사를 통해 보완하였으며 실무 책임자에게 직접 조사된 내용이기 때문에 비교적 정확한 자료라고 할 수 있다. 보다 자세한 것은 참고문헌 [4]를 참조하기 바란다. 이 장에서는 이를 바탕으로 대학 전산망의 트래픽 효율성을 분석한다.

#### 3.2 분석에 이용된 계산식

일반적으로 트래픽의 최고점(Peak)을 측정함으로써 대규모 데이터의 전송 등을 파악해야 좀 더 효과적으로 전산망 트래픽을 관리할 수 있다[3,11]. 하지만 설문조사와 현장 관리자와의 면담에서 대학 전산망은 기업이나 연구소에 비해 최고점 트래픽 처리에 상대적으로 민감하지 않으며, 오히려 전체적인 이용형태에 주로 관심이 있어서 전체 응답자의 72%는 트래픽의 평균 부하 처리에 관심이 높은 것으로 나타

났다[4]. 따라서 우리는 트래픽의 최고점 보다는 평균값을 효율성 분석에 사용하였다. 전산망 트래픽 분석에 사용된 식은 6가지이다.

##### 3.2.1 회선의 트래픽 이용률

회선의 트래픽 이용률 U(Utilization)은 해당 회선이 트래픽 처리를 위해 일정시간 동안 어느 정도 이용되고 있나를 나타낸다.

우선 식(1)과 같이 인바운드(Inbound) 이용률과 아웃바운드(Outbound) 이용률을  $U_i(n)$ 과  $U_o(n)$ 을 정의할 수 있다.

$$\left. \begin{aligned} U_i(n) &= T_i(n) / \text{Bandwidth}(n) \\ U_o(n) &= T_o(n) / \text{Bandwidth}(n) \end{aligned} \right\} \text{식 (1)}$$

식 (1)에서 n은 대학에서 n은 대학에서 사용하는 외부망의 종류로서, 이 논문에서는 A망과 B망 만으로 한정한다(사업자명은 익명으로 한다). 즉,  $n = \{A, B\}$ 이다. 그리고  $T_i(n)$ 과  $T_o(n)$ 은 전산망 n에서 트래픽이 가장 많이 발생한 시간대에 측정된 인바운드와 아웃바운드 평균 트래픽 속도[9]를 뜻한다.

식 (1)을 이용해 전산망 n의 회선 이용률 U(n)를 계산하는 식 (2)를 정의할 수 있다.

$$U(n) = \text{AVG}(U_i(n) + U_o(n)) \quad \text{식 (2)}$$

보통의 경우 전산망 용량은 평균 트래픽을 적절하게 처리할 수 있도록 정해지므로, 우리는 인바운드와 아웃바운드의 평균값을 이용한다[3]. 즉, 전산망 n의 이용률 U(n)은 정량적 의미에서의 트래픽 기준값으로 전산망 n의 인바운드와 아웃바운드 이용률을 평균한 값이다. 따라서 여기서 AVG는 평균을 의미한다. 우리는 앞으로 U(n)을 각 대학이 전산망 n을 이용하는 정도를 측정하는 지수로 활용할 것이다.

##### 3.2.2 망연동 이용률

우리는 망연동 대학을 분석 대상으로 했다. 따라서, 전체적인 이용률을 분석하기 위해서는 이 두 외부망을 같이 고려해 평균을 내어 사용할 필요가 있다. 이를 위해 우리는 A망과 B망(현재 국내 대학에서 주로 사용하는 외부망은 두 종류로, 여기서는 정확한 회사명은 밝히지 않기로 한다)의 이용률을 평균한 값으로 다음 식 (3)의 망연동 이용률 CU (Co-network Utilization)를 정의한다.

$$CU = \text{AVG}(U(A)+U(B)) \quad \text{식 (3)}$$

이것은 앞으로 각 대학의 트래픽 관리 정도를 비교하기 위한 기준값으로 사용된다. 한 대학의 전산망 상태와 전산망 운영 기술은 외부망의 종류에 구분없이 동일하게 적용될 것이므로 두 외부망의 이용율을 평균한 것이다.

### 3.2.3 대역율

전산망 n의 대역율(Bandwidth Ratio) BR은 식 (4)로 표시된다.

$$BR(n) = B(n) / CB * 10 \quad \text{식 (4)}$$

B(n)은 외부망 n의 대역폭을 말하며, CB(Co-network Bandwidth)는 망연동 대학의 외부망 대역폭의 합을 의미한다. BR(n)은 각 대학이 A망과 B망으로부터 공급받는 대역폭의 비율을 말한다. 우리는 비율의 합을 10으로 두고 망연동 대학의 대역율 구성을 비교하였다.

### 3.2.4 공헌율: CR(Contribution Ratio)

식 (5)는 전산망 n의 공헌율(Contribution Ratio) CR을 나타낸다.

$$CR(n) = U(n)/U(A+B)*10 \quad \text{식 (5)}$$

이 공헌율(CR)는 전산망 n의 이용율이 공급받는 대역폭의 비율에 비해서 얼마나 잘 이용되었는지 나타내는 비교척도로 사용된다. 식 (4)에서 대역율(BR)의 합을 10으로 맞추었기 때문에 CR도 같은 조건으로 맞추기 위해 10을 곱하였다. 일반적으로 BR 값에 비해 CR 값이 높으면 해당 회선이 잘 이용된 것으로 볼 수 있다.

### 3.2.5 대역폭 증설용량: BI(Bandwidth Increase)

식 (6)을 사용하여 대역폭 증설용량(Bandwidth Increase) BI를 계산한다.

$$BI = IU * CB / CU \quad \text{식 (6)}$$

여기서 IU는 대학이 향상시키고 싶어하는 CU의 증가율(%)를 의미한다. 예를 들어, IU = 20%이라 함은 대학의 현재 망연동 이용율 CU에서 20% 더 증가시키고 싶은 이용율을 말한다. CB(Co-network Bandwidth)는 A망과 B망에서 공급받는 대역폭의 합을 말한다.

## 3.3 대학전산망 트래픽 이용율 분석

우리는 트래픽 이용율을 높이기 위해 대역폭 용량을 증가시키고자 할 때, 대학에 알맞는 대역폭 용량과 대역율을 추천할 수 있도록 한다. 즉, 대학이 현재의 CU 상태에서 증가시키고 싶은 트래픽 이용율 증가치를 입력하면, 대역폭 증설 용량과 A망과 B망의 대역율을 추천할 수 있도록 한다. 이를 위해 이 절에서는 트래픽 이용율을 분석한다.

### 3.3.1 평균 트래픽 이용율

트래픽 이용율이 최대 임계치를 넘으면 예측치 못하는 트래픽 폭주가 있을시에 병목현상을 야기시킬 수 있다. 이런 상태가 자주 발생하면 회선의 증설을 계획해야 할 것이다. 반면에 회선의 이용율이 최소 임계치에 미치지 못하면 회선이 낭비되며 이용자는 너무 저조한 트래픽 속도 때문에 불편을 느끼게 된다. 트래픽 이용율에 대한 최대최소 임계치에 대한 표준값은 아직 정해진 바 없고 사용자나 공급자가 적절하다고 판단되는 기준값을 사용하고 있는 실정이다[11]. 이 논문에서는 50%이상의 이용율을 회선의 낭비가 없는 것으로 판단되는 기준으로 정했다. 기준 이상은 50% 이상의 이용율을 말하며 기준 미만은 50% 미만을 일컫는다. 실제로 50% 이용율은 사용자가 불편을 느낄 수 있는 속도이지만, 이 논문에서는 대학 실정을 감안하여 회선의 충실한 이용에 초점을 맞추었다.

표 1은 A망과 B망의 이용율(Ui/Uo)별 대학수를 비교한 것이다.

기준 이상의 이용율을 보이는 대학 소계(음영으로 표시된 줄)를 살펴보자. 두 사업자 모두 인바운드 이용율이 더 높으나, A망은 과반수 이하의 대학들이 기준 이상의 이용율을 나타내고 있으며, B망은 인바운드와 아웃바운드 모두 과반수 이상의 대학들이 기준 이상의 이용율을 보이고 있다. 따라서 B망을 이용하는 대학들이 인바운드와 아웃바운드에서 모두 대

표 1. A망과 B망의 In/Out 이용율별 총 대학수와 총 이용율 (단위 : 대학수)

Ui/Uo	A망		B망	
	In	Out	In	Out
50%이상	11(46%)	6(25%)	18(75%)	14(58%)
50%미만	13(54%)	18(75%)	6(25%)	10(42%)

역폭의 낭비없이 더 잘 사용하고 있다고 볼 수 있겠다.

3.3.2 망연동 대학의 대역율 기대효과

A망과 B망을 같이 사용하는 대학들은 각기 나뉠 대로의 이유로 두 사업자로부터 공급받는 대역폭의 비율을 다르게 사용하고 있다. 설문조사 결과로부터 대역율(BR)이 망연동 이용율(CU)에 미치는 기대효과가 어떠한지 분석하여 보기로 한다.

1) 대역율(BR)로 살펴본 대학 분포

표 2. CU를 기준한 대역율별 대학의 분포 (단위 : 대학수)

CU	2:8	3:7	4:6	5:5	6:4	7:3	8:2	합 계
50% 이상	0	2 (8%)	2 (8%)	7 (29%)	0	1 (4%)	1 (4%)	13 (54%)
50% 미만	1 (4%)	0	0	7 (29%)	1 (4%)	1 (4%)	1 (4%)	11 (46%)

표 2는 CU를 기준한 대역율별 대학의 분포를 나타낸 것이다. 각 대학들이 절대적으로 많이 이용하고 있는 BR이 5:5로써 망연동 대학의 전체중 58%가 이를 따르고 있다. 기준 이상을 보이는 대학에서는 BR 구성이 5:5, 4:6, 3:7 순서로 선두 그룹을 보이고 있다.

2) 최다빈도 대역율에 따른 대학전산망의 이용율

표 3은 기준 이상의 CU를 나타내는 대학들이 채택하고 있는 비율별로 그룹화한 결과이다. 같은 비율에 속한 대학들의 U(n) 및 CU 평균값을 구해 보았다.

표 3에서 BR 5:5, CU 72%가 의미하는 바는 5:5 비율을 채택한 대학들이 두 사업자가 제공하는 대역폭을 평균적으로 72% 쓰고 있다는 의미이다. 선두그룹의 비율구성인 5:5, 4:6, 3:7의 순서가 1)과 동일하다. 여기서는 8:2, 7:3 비율을 쓰는 대학의 평균 CU가 50% 이상으로 기록되고 있기 때문에, 이들도 괜찮은 비율 구성이라고 보고 포함시키기로 한다. 이용율의 크기 순서대로 보면 A망은 7:3, 8:2 비율에서 기준 미만의 CU를 보이는 반면, B망은 모든 비율에서 기

표 3. 기준이상의 CU를 내는 대학이 채택한 대역율별 평균 이용율 통계

BR	5:5	4:6	3:7	8:2	7:3
U(A)(%)	60	58	56	36	39
U(B)(%)	83	82	83	80	69
CU(%)	72	70	69	58	54

준 이상이다.

3) 대역율별 CU의 평균

이제 BR별로 그룹화 하여 CU의 평균을 구해 보기로 한다. 표 4에서 평균 CU가 50% 이상인 BR은 4:6, 3:7, 5:5, 7:3 의 순이다. 그런데 8:2 비율은 50% 이하의 평균값을 보여, 2)에서 괜찮은 비율 구성에 포함시켜 보았지만 이후부터는 제외시키기로 한다.

표 4. 대역율별로 그룹화된 CU의 평균

BR	2:8	3:7	4:6	5:5	6:4	7:3	8:2
CU(%)	12	69	70	53	8	51	44
순 위	6	2	1	3	8	4	5

이상에서 살펴본 바에 의하면, 어느 BR이 절대적으로 좋다고 말할 수는 없지만 대체로 B망의 비율값이 더 높은 구성일수록, 그리고 BR 값의 차이가 적을수록 좋은 이용율을 내고 있는 것으로 보인다. 우리는 이러한 분석 결과를 토대로 지금까지 모든 경우에서 기준 이상의 이용율에 속해 있는 5:5, 4:6, 3:7, 7:3의 비율을 추천하고자 한다. 그런데 6:4 비율은 수집된 데이터의 부족으로 지금까지 외면당해 왔지만 분석 결과 BR값의 차이가 적을수록 좋은 비율 구성이 된다는 것을 참조하여 추천 비율 구성으로 6:4도 포함시킨다. 따라서 우리는 3:7, 4:6, 5:5, 6:7, 7:3 을 우수한 비율 구성의 표본으로 결정한다. 이러한 BR 구성의 표본은 앞으로 언급될 대역폭 증설용량 때 추천할 만한 BR 구성으로 사용될 것이다. 따라서 만약에 대역폭 증설후 BR이 1:9, 2:8, 8:2, 9:1이 나올 경우는 보다 좋을 것으로 보이는 비율 구성으로 조정될 것이다.

3.3.3 대역폭 증설용량 분석

현실적으로 대부분의 대학은 비용 때문에 늘어나는 수요를 충분히 만족시킬 만큼의 대역폭을 확보할 수 없는 실정이다. 그런데 설문조사 결과 현재 최고의 대역폭을 사용하고 있으며 대학의 여러 조건도 비슷한데도 대학간의 이용율이 크게 차이나는 경우가 나타났다. 이것은 대역폭만 높인다고 대학전산망의 성능을 향상시킬 수 있다고 확신할 수 없는 대목이다. 그래서 여기서는 각 대학이 지금과 같은 대학전산망 상태와 운영 기술을 가지고 있으면서 좀 더 트래픽 이용율을 높이기 위해 사용할 수 있는 대역율

대비 공헌을 방법을 제안한다.

대학마다 두 사업자로부터 공급받는 대역율(BR)에 대해 공헌율(CR)은 얼마인지 알아보자. 3.2.4에서 이미 언급한 식 (5)로부터 A망과 B망의 이용율에 대한 공헌 비율 즉, 공헌율을 구하였다. 예를 들어 보겠다. 표 5는 K대학에서 측정된 데이터와 이 논문에서 사용된 식에 의해 산출된 결과 표이다.

A망의 BR 7.5보다 CR 3.1이 더 낮으므로 대역율에 비해 낮게 이용되었다고 해석할 수 있다. 한편, B망은 BR 2.5에 비해 CR 6.9가 높게 나왔으므로 K대학은 A망보다 B망의 대역폭을 더욱 효율적으로 이용하고 있다고 할 수 있다.

이렇게 BR 값과 CR 값을 비교해 봄으로써 해당 대학의 대역폭 이용 능력을 판단해 볼 수 있다. 이러한 결과로 해당 대학에서 효율적인 트래픽 관리를 위해 BR을 조정하거나 대역폭을 더 늘리고자 할 때 대역율에 비해 공헌율이 더 높은 사업자 쪽으로 증설을 한다면 보다 나은 트래픽 효율을 달성할 가능성이 높다는 것을 알 수 있다. 실제로 설문조사 결과에서도 위의 사례인 K대학은 B망의 회선을 증설할 계획을 가지고 있었다.

표 5. K대학의 대역율(BR) 대비 공헌율(CR)

	대역폭	Ti	To	Ui (n)	Uo (n)	U (n)	BR (n)	CR (n)
A망	140 Mbps	40 Mbps	60 Mbps	29%	43%	36%	7.5	3.1
B망	47 Mbps	30 Mbps	45 Mbps	64%	96%	80%	2.5	6.9

## 4. 대역폭 증설 결정 규칙

### 4.1 대역폭 증설용량 결정

지금까지 각 대학의 트래픽 관리 지수로 CU을 사용하였다. 대학이 현재 그대로의 트래픽 상태를 유지한다고 전제하고 대역폭 증설용량 또한 이 값을 기준으로 산출하고자 한다. 단순히 대역폭만 늘여서 트래픽을 좀 더 원활히 관리하고자 할 때, 전산망 운영자에게 적정한 대역폭 증설용량(Bandwidth Increase)을 제시하기 위함이다.

표 5에 나타난 K대학의 경우, A망과 B망의 대역폭은 각각 140Mbps, 47Mbps 이므로 CB는 187Mbps이다. 만약 이 대학에서 CU를 10% 더 높이기 원한다면,

식 (6)에 의해 필요한 대역폭 BI = 32(Mbps)가 된다. 즉, B망의 대역폭을 79Mbps로 늘인다면 현재 CU에서 10%의 이용율 향상을 볼 수 있을 것으로 판단된다. 이 경우 A망은 그대로 140Mbps로 두게 된다.

### 4.2 대역율(BR) 결정

이제 A망과 B망의 BR이 어떻게 변하는지 살펴보자. K대학의 경우에 대역폭 증설후의 A망:B망의 BR은 6.4:3.6이 된다. 우리는 보다 정확한 계산을 위하여 소수점 둘째 자리에서 반올림하였다. 이를 한자리수 정수값 비율로 고친다면 6:4가 된다. 이 비율은 3.3:2에서 밝힌 바 있는 우수한 비율 구성이다. 이러한 결과에 따라 K대학은 현재 상태에서 이용율을 평균 10% 올리고 싶다면, A망의 대역폭은 140Mbps, B망은 79Mbps로 조정할 것을 추천한다.

대역폭 증설후의 BR에 대해 좀 더 자세히 알아보자. K대학의 경우에 B망의 CR이 BR보다 더 높게 나왔기 때문에 B망의 BR을 증가시킬수록 이용율이 향상될 것으로 판단된다. 아래 표 6은 B망의 BR이 1씩 늘어날 경우 CR는 어떻게 변하는지 예측해본 것이다.

이 때 CR의 변화 예측은 아래 식 (7)을 사용하여 산출할 수 있다.

$$\text{예측CR}(n) = \text{현재CR}(n) * \text{증설후BR} / \text{현재BR}(n) \quad \text{식 (7)}$$

예를 들어, '증설후 1'의 경우에 해당하는 예측 CR(n)을 식 (7)로 구하면, 예측CR(A) = 2.7이며, 예측CR(B) = 9.7이 된다. 표 6의 오른쪽에 약간 기울여져 표시된 값들인 CR(n)은 이러한 방법으로 예측되어 산출되었다. 그렇다면 BR보다 CR이 높은 사업자

표 6. 대역을 조정에 대한 공헌율의 변화

	대역율 BR(n)		공헌율 CR(n)	
	A망	B망	A망	B망
현재	*7.5	*2.5	*3.1	*6.9
증설후 1	6.4	3.6	2.7	9.7
증설후 2	5.5	4.5	2.3	12.5
증설후 3	4.5	5.5	1.9	15.3
증설후 4	3.5	6.5	1.5	18.1
증설후 5	2.5	7.5	1.1	20.9

쪽으로 가장 큰 값의 BR로 대역폭을 증설하면 더욱 좋은 효과가 날 것으로 생각할 수 있다. 그러나 CR 열을 자세히 살펴보면 아래로 내려 올수록 A망과 B망 사이의 차이값이 심화되고 있다. BR 열 역시 A망과 B망의 차이가 커지므로 이는 별로 권장할 수 없다. 첫째는 3.3.2 절의 결과에 따라 두 사업자간의 BR 값의 차이가 작을수록 높은 이용율을 보였기 때문이다. 둘째는 A망과 B망이 상호 회선 공유가 되고 있지 않은 현실에서 BR 값의 차이가 너무 크면 트래픽 관리에 어려움이 있을 것으로 추정되기 때문이다.

4.3 대역폭 증설 규칙

지금까지 대역폭 증설을 위해 적용할 수 있는 과정과 규칙을 요약하면 다음과 같다.

[과정 1] A망과 B망의 대역폭과 가장 트래픽이 많이 발생하는 시간대에 회선의 평균 속도를 각각 입력 받는다.

[과정 2] 식 (1)에서부터 식 (3)을 적용하여 A망의 이용율 U(A), B망의 이용율 U(B), 이를 평균한 망연동 이용율 CU를 구한다.

[과정 3] 식 (4)와 식 (5)를 적용하여 대학에서 사용하고 있는 외부망의 대역폭 BR과 공현율 CR을 구한다.  $n = \{A, B\}$ 이다.

규칙 1: If  $BR(n) < CR(n)$  then CR이 더 큰 망 n에 대역폭을 증설한다.

[과정 4] 현재 망연동 이용율 CU를 참고하여 대학이 증가하기 원하는 망연동 이용율 증가치 IU를 퍼센트로 입력받는다.

[과정 5] 식 (6)을 적용하여 대역폭 증설용량 BI를 산출한다.

규칙 2: If  $BR(n) < CR(n)$  then CR이 더 큰 망 n의 증설후대역폭 = 기존대역폭 + BI

규칙 3: If  $BR = CR$  then 각 망 n의 증설후대역폭 = 기존대역폭 + 해당 망 n의 BR로 각각 나눈 BI

[과정 6] 과정 5의 결과를 가지고 식 (4)를 적용하여 각 망 n의 BR를 구한다.

[과정 7] 대역폭 구성을 점검한다.

규칙 4: If  $BR = 7:3, 6:4, 5:5, 4:3, 3:7$  then 전과정을 끝낸다.

규칙 5: If  $BR = 9:1, 8:2$  then 대역폭(기존의 CB + 증설용량)을 계산, 식 (4)를 적용하여 이 대

역폭을 6:4로 분배한다.

규칙 6: If  $BR = 1:9, 2:8$  then 대역폭(기존의 CB + 증설용량)을 계산, 식 (4)를 적용하여 이 대역폭을 4:6으로 분배한다.

5. 이용율 향상 예측 결과

지금까지의 분석 내용을 가지고 L대학이 이용율 향상을 시도했을 때, 대역폭 예상도를 살펴보자.

표 7에서 L대학이 현재 대역폭을 A망:B망을 5:5 비율로 각각 30Mbps, 30Mbps로 사용하고 있을 때, 우리의 분석식에 의해 이용율이 14%로 계산되었으며 공현율은 A망이 더 높게 나타났다(음영 부분). 따라서 L대학의 대학망 운영결과 A망이 더 잘 운영되고 있는 것으로 판단되므로, 10%씩 이용율 향상을 시도했을 때 A망쪽으로 대역폭을 증설하도록 추천한다. 규칙 2와 과정 6에 따라 계산된 대역폭, BR, CR 값들이 표 7에 나타나 있으며, 그림 1은 이용율

표 7. 이용율 향상시 추천 대역폭과 예측 공현율

CU(%)	대역폭(Mbps)		BR		CR	
	A망	B망	A망	B망	A망	B망
14	30	30	5	5	7	3
24	74	30	7	3	9.8	1.8
34	117	30	8	2	11.2	1.2
44	161	30	8	2	11.2	1.2
54	205	30	8	2	12.6	0.6
64	248	30	8	2	12.6	0.6
74	292	30	8	2	12.6	0.6
84	335	30	8	2	12.6	0.6
94	379	30	8	2	12.6	0.6
104	423	30	8	2	12.6	0.6

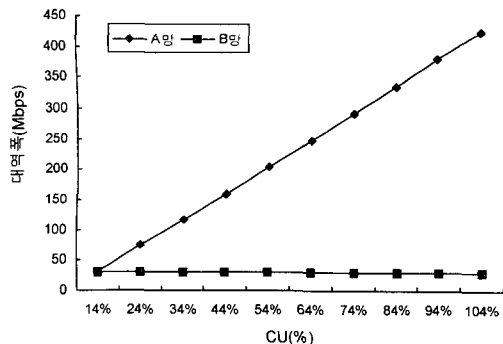


그림 1. 이용율 향상시 추천 대역폭

향상시 변화되는 대역폭의 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 그런데 A망만을 계속 늘이다 보니 규칙 4와 규칙 5에 의해 CU 34%일 때부터 대역을 조절 과정이 필요하게 된다. 이에따라 다시 계산된 결과가 표 8이다.

위의 두 표를 비교해 볼 때 표 7에서 A망의 CR은 늘어난 반면에 B망의 CR은 CU가 증가할수록 감소한다. 따라서 B망은 대역율에 비해 점점 더 낮은 공헌율을 보임으로 결국 B망을 더 잘 이용하지 못하게 될 것으로 예측된다. 그림 2는 대역을 조정 후 대역폭을 그래프로 나타낸 것이다. 표 8을 보면 대역율이 조정된 CU 34%일 때부터 A망의 CR이 CU 24%일 때보다 감소하였지만 그대신 B망의 CR은 늘어났으며, 이 후부터 A망과 B망의 CR은 일정하게 되어 두 망이 안정적으로 운영될 것으로 예측된다. 대역폭 증설량도 표 7에서 A망이 최대 423Mbps인 반면 표 8에서는 272Mbps로 4.2에서 언급한대로 한쪽 망만 크게 늘임으로 인한 비효율성을 줄였다.

표 8. 대역율 조정후 추천 대역폭과 예측 공헌율

CU(%)	대역폭(Mbps)		BR		CR	
	A망	B망	A망	B망	A망	B망
14	30	30	5	5	7	3
24	74	30	7	3	9.8	1.8
34	88	59	6	4	8.4	2.4
44	115	76	6	4	8.4	2.4
54	141	94	6	4	8.4	2.4
64	167	111	6	4	8.4	2.4
74	193	129	6	4	8.4	2.4
84	219	146	6	4	8.4	2.4
94	245	164	6	4	8.4	2.4
104	272	181	6	4	8.4	2.4

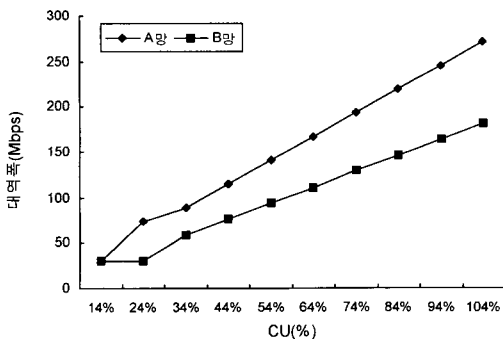


그림 2. 대역율 조정후 추천 대역폭

## 6. 결 론

지금까지 대학에서 망 다원화에 따라 여러 외부망을 연동시킬 때 트래픽을 관리하기 위해 트래픽 효율성 분석을 바탕으로 연동 전략을 결정할 수 있는 방안을 제시하였다. 이는 해마다 변할 수 있는 교육망의 환경변화에 망연동 대학이 대처할 수 있는 한가지 방법이다.

우리는 일반적인 성능지표를 참고하여 전산망의 성능을 평가하는 여러 항목 가운데 가장 기본적인 트래픽 이용율을 중심으로 회선의 트래픽 효율을 분석하였는데, 회선의 이용율을 다루는 분석 결과는 대학에서 대역폭의 증설용량을 결정하거나 외부망들의 대역폭 비율을 결정하는데 중요한 요소가 된다. 우리는 이를 이용해 각 대학에 맞는 맞춤형 대역폭을 제시함으로써 전산망 최적화 구축을 위한 모범 솔루션을 제시하였다.

향후 과제는 다음과 같다. 우선 매년 변경될 교육 전산망에 대비하여 2개의 사업자 만으로 제한하지 않고 다른 외부망도 고려하여 트래픽 효율성을 분석하여야 한다. 한편, 트래픽 효율성 분석을 위해 우리는 대학전산망의 백본에서 측정된 회선의 트래픽 이용율의 평균값이라는 동일 기준을 모든 대학에 적용시켰다. 그러나 이외에도 트래픽 효율성에 영향을 미치는 오류율(Error rate), 지연율(Delay), 응답시간(Response Time) 등과 같은 인자들의 상관관계를 정밀히 분석하여 적용시켜야 보다 정확도가 높아질 것으로 예상된다.

## 참 고 문 헌

[1] “유해 트래픽 차단을 통한 가용 네트워크 대역폭의 확장”, [http://www.secuinfo.com/ips/ips\\_guide/FA.pdf](http://www.secuinfo.com/ips/ips_guide/FA.pdf)

[2] 장우현, “BGP에서 Traffic 제어”, <http://www.whchang.com/~whchang/doc/traffic-at-bgp.ppt>

[3] 정연기, “통신망 트래픽 측정용 통합 시스템 구조”, 한국멀티미디어학회 학술대회 논문집, pp. 387-390, May 2004.

[4] 강현석, “망 다원화에 따른 트래픽 관리 효율화 방안 연구”, <http://www.kren.ne.kr/service/pds/>



page/pds\_view.asp

- [5] 최재원, 이광희, “네트워크 설계 및 확장을 위한 성능 분석 도구의 구현”, 창원대학교 컴퓨터공학과, June 2003.
- [6] IBM, Homepage for Tivoli NetView, <http://www.tivoli.com/products/index/netviw>
- [7] T. Oetiker and D. Rand, “Multi Router Traffic Grapher(MRTG)”, <http://people.ee.ethz.ch/~oetiker/webtools/mrtg>
- [8] C. Jaewon and L. Kwanghui, “A Web-based Management System for Network Monitoring,” Proc. of IPOM 2002, Dallas, Texas USA, pp. 98-102, Oct. 29-31, 2002.
- [9] 김덕준, “인터넷(Kornet)트래픽 관리 기술 기준”, <http://webzine.kt.co.kr/s-trends/200303/0202.asp>
- [10] NMS, Homepage for (주)가인정보기술, <http://www.gainit.co.kr>
- [11] Sun Microsystems, “Solalis Bandwidth Manager 1.6”, [http://www.sun-catalogue.com/productinfo.xml?site=KR\\_KOR&catalogue=FC&segment=FC\\_R&item=FC\\_SC\\_CAT&id=508](http://www.sun-catalogue.com/productinfo.xml?site=KR_KOR&catalogue=FC&segment=FC_R&item=FC_SC_CAT&id=508)



**최 무 희**

1983년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업  
 2002년~2004년 경상대학교 컴퓨터공학과 석사과정 수료  
 2004년~현재 경상대학교 전기공학과 박사과정

관심분야 : 내장형데이터베이스, MPEG-7&Multimedia 데이터베이스



**안 병 태**

1999년 2월 국민대학교 전산과학부 졸업  
 2001년 2월 경남대학교 컴퓨터공학부 석사 졸업  
 2003년~현재 경상대학교 컴퓨터과학부 박사과정  
 2001년~현재 Best Click Com-

puter 대표

관심분야 : Embedded Database, Multimedia, XML



**김 성 진**

1981년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
 1995년 2월 영남대학교 대학원 전자공학과 전산전공(공학박사)  
 1983년~1984년 삼성전자 시스템 개발부

1996년 7월~1997년 7월 University of California Santa Cruz, 연구교수  
 1985년 3월~현재 연암공업대학 컴퓨터정보기술과 교수  
 관심분야 : 데이터베이스, 컴퓨터 통신



**류 시 국**

1980년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1989년 8월 영남대학교 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1997년 8월 경상대학교 컴퓨터과학과 졸업(공학박사)  
 1980년 3월~현재 경남정보대학

컴퓨터정보계열 교수  
 관심분야 : 객체지향 데이터베이스, 멀티미디어



**강 현 석**

1974년 3월~1981년 2월 동국대학교 전자계산학과 학사  
 1981년 3월~1983년 2월 서울대학교 전산과학 이학석사  
 1986년 3월~1989년 9월 서울대학교 전산과학 이학박사  
 1981년 3월~1984년 2월 한국전

자통신연구원 연구원  
 1984년 3월~1993년 2월 전북대학교 전임강사, 교수, 부교수  
 1993년 3월~현재 경상대학교 컴퓨터과학부 교수, 컴퓨터.정보통신 연구소 연구원  
 관심분야 : 멀티미디어, 내장형 데이터베이스