

초·중등학교를 위한 적정 인터넷 대역폭 산정 방안 연구

박형용[†] · 김성조^{††}

요 약

인터넷은 학교 교육정보화에 있어서 가장 중요한 인프라가 되었다. 따라서 학교 교육정보화 교육의 효율성을 위해서는 인터넷 적정 대역폭 제공 여부가 매우 중요한 요소이다. 특히 인터넷 신기술을 활용한 다양한 수업모형들이 개발되고 있으며, 이를 지원하기 위해서는 적재적소에 인터넷 적정대역폭이 제공되어야 한다. 본 연구는 현재 학교에서 사용하고 있는 인터넷 트래픽 유형 및 사용량을 분석하고, 이를 토대로 학교급별 적정 대역폭 산정 방안을 제안하고자 한다.

주제어 : 인터넷 적정 대역폭, 인터넷 트래픽

A Study on Proper Internet Bandwidth Estimation for Elementary & Secondary Schools

Park Hyeong Yong[†] · Kim Sung Jo^{††}

ABSTRACT

The Internet is one of the most infrastructure for information technology in school education. Providing the Internet with a proper bandwidth is an important element for efficient school education for information technology, especially because several instructional models based on new Internet technologies are under development. To support these instructional models, it is important for the schools to provide the proper Internet bandwidth wherever necessary. In this paper, the amount and pattern of internet usage in school were analyzed. Based on this analysis, we propose how to figure out a proper bandwidth for a different ladder of schools.

Keywords : Proper Internet Bandwidth, Internet Traffic

[†] 정회원: 한국교육학술정보원 책임연구원
^{††} 정회원: 중앙대학교 컴퓨터학과 교수(교신저자)
논문접수: 2008년 4월 26일, 심사완료: 2008년 7월 25일

1. 서 론

초·중등학교 통신망은 1997년부터 교단선전화와 ICT(Information Communication Technology) 활용교육 등 선진화된 교육방법의 도입을 목적으로 구축되었으며 인프라의 규모와 속도, 접속환경, 안정성 등 질적인 면과 양적인 면에서 꾸준히 성장하여 교육에 활용되고 있다. 그 결과 대부분의 학교에서 교무실 및 교실을 포함한 학교시설에서 네트워크에 접속한 PC를 통해 인터넷을 이용할 수 있는 교육환경이 구축되었다. 학교에서 사용하고 있는 인터넷은 2000년도 교육인적자원부와 초고속국가망 통신사업자간의 '초·중등 인터넷 무료 특별 할인을 위한 협약서(2000.7)'을 통해 학교에서 저렴하게 사용하였으며, 인터넷 사용 대역폭은 학교 학급수를 기준으로 1~5학급인 학교는 256Kbps, 6~17학급인 학교는 512Kbps, 18학급 이상인 학교는 2Mbps를 사용하였다[1][2].

그러나 교육인적자원부 ICT 활용수업에 대한 지침에 따라 인터넷 트래픽이 급격히 증가하면서 학교에서 사용 중인 인터넷 대역폭에 대한 증속이 필요하게 되었으며, 이에 따른 인터넷 대역폭 보급기준의 수정 및 보완이 요구되었다. 이에 한국교육학술정보원에서 '03년도에 300Kbps 동영상 스트리밍을 사용한다고 가정하고 학교 규모별 적정대역폭을 산정하였다. 학급수가 1~5학급인 학교는 2Mbps, 6~17학급인 학교는 5Mbps, 18학급 이상인 학교는 10Mbps를 권장하였다. 그러나 학교에서 인터넷을 이용하는 단말기의 증가와 인터넷 활용 증가로 학교 인터넷 대역폭 증가에 대한 요구가 높아지고 있으며, 이에 새로운 학교 인터넷 적정대역폭 산정기준 방안에 대한 연구가 필요하게 되었다[3].

현재 초·중등학교에서 사용하고 있는 인터넷 대역폭 현황은 2Mbps 이하는 전체 31%에 해당하고, 10Mbps 이하는 98%에 해당한다. 학교 급별 인터넷 대역폭 현황은 <표 1>과 같다[1].

그러나 일반 가정에서 사용하는 초고속인터넷의 경우 대부분 ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line), VDSL(Very high bit rate Digital Subscriber Line), 케이블 모뎀,

FTTH(Fiber To The Home) 등을 이용하여 인터넷을 사용하고 있으며, ADSL은 상향 1Mbps 하향 8Mbps이고, VDSL은 상향 10Mbps 하향 50Mbps, 케이블 모뎀은 최대 상향 10Mbps, 하향 30Mbps이다. 요즘 통신 사업자에서 신규 서비스 방식으로 제공하는 FTTH 경우 상하향 100Mbps을 제공하고 있다[4]. 이를 고려할 경우 학교 인터넷 회선속도(대부분 10Mbps이하)는 사용자 다수가 동영상 및 멀티미디어 자료를 활용하는 교육 환경을 지원하는데 제한조건이 되고 있다.

<표 1> 초등학교 선정 기준 세부 내역
(단위: Mbps, 회선)

학급	2M 미만	2M	3~10M	11M~	계
초등학교	208	2,361	3,594	3	6,166
중학교	60	798	2,090	3	2,951
인문고	1	56	1,373	16	1,446
실업고	-	18	585	107	710
특수학교	3	12	124	-	139
계	272	3,245	7,766	129	11,412

따라서 학교에서 인터넷 대역폭 증속을 요구하고 있으나, 학교 예산 등을 고려할 경우 인터넷 대역폭 증속에 어느 정도 한계가 있다. 물론 일부 학교의 경우 현재 인터넷 대역폭을 사용하는데 충분한 학교도 있다. 하지만 학교에 대한 적정대역폭 산정 기준이 없어 학교정보화 담당자의 경우 인터넷 대역폭을 어느 정도 신청해서 사용해야 할지 어려움을 겪고 있다. 현재 사용 중인 인터넷 대역폭이 적정한지부터, 향후 인터넷 대역폭 증감을 위한 계획 수립 방안이 없는 것이 현실이다. 또한 신규 학교의 경우 인터넷 대역폭 신청을 위한 학교 급별 신청기준이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 전국 11,000여개 학교를 대표하는 표본을 추출하고 이를 토대로 현재 사용하고 있는 인터넷 트래픽 현황을 분석하여, 이를 기준으로 학교 인터넷 적정대역폭 산정 방안을 제시하고자 한다.

2. 학교 표본 추출 방법

2.1 학교 선정 기준

학교인터넷 트래픽 사용현황 분석을 위해서 현재 학교에서 사용하고 있는 트래픽 수집이 선행되어야 한다. 하지만 전체 11,000여개 학교의 트래픽을 모두 수집하여 분석하는 데는 한계가 있다. 따라서 학교 표본을 선정하여 인터넷 트래픽 및 사용 환경을 분석하고자 한다. 학교 표본 집단 선정기준은 인터넷 트래픽을 발생시킬 수 있는 요소를 선정하여 반영하였다. 현재 학교에서 인터넷을 사용하고 있는 유형을 보면 학교 급별로 현저하게 차이를 나타내고 있다. 초등학교의 경우 교실을 중심으로 애니메이션 및 동영상 유형의 콘텐츠를 주로 사용하고 있으며, 중등학교의 경우 수업과목별 인터넷을 사용하는 유형이 다양하다 [3][5]. 특히 인문계 고등학교의 경우 수능을 중심으로 사용하는 경우가 많다. 또한 인터넷 트래픽을 유발시키는 PC 보급기준은 학급 수 및 학생 수를 고려하여 보급하고 있다. 따라서 학교 표본 집단 선정기준은 다음과 같은 기준으로 선정하고자 한다.

첫째, 학교 급별 학교 수를 반영한 표본 집단 학교 수를 선정한다.

둘째, 학교 인터넷 트래픽을 발생시키는 PC 보급 기준(학급 수, 학생 수 등)을 고려하여 학교를 선정한다.

셋째, 인터넷 속도별 회선수를 고려하여 학교를 선정한다.

2.2 학교선정 방법

학교선정 시 사용한 통계자료는 객관성을 고려하여 학교 인터넷 속도별 회선 수, 학급 수 및 학생 수 등에 대한 통계 자료는 교육인적자원부 및 한국교육개발원의 교육통계연보(2006년)를 활용하였다[6]. 학교 급별 학교 수를 반영한 표본 집단은 전체 약 11,000개 학교 중에서 학교 급별 학교 수(초등학교 약 6,000개, 중학교 약 3,000개, 인문고 약 1,400개, 실업고 약 700개)를 고려하여 표본 집단 학교 수는 초등학교 32개, 중학교 16개, 인문고등학교 16개, 실업 고등학교 8개 학교를 선정하였다. 학교 급별 학교 특성을 고려하여 표본 집단 선정은 학급수, 학생 수, 학교에서 사용 중인 통신망 대역폭 분포를 고려하였다.

2.3 학교 표본 집단 선정

초등학교 32개교 표본 집단 선정은 <표 2>와 같은 기준으로 하였으며 기준에 대한 근거는 다음과 같다.

첫째, 초등학교의 경우 6학년으로 구성되어 있어, 학급 수 편차가 중등학교보다 크므로 학급수를 중등학교(2단계)의 2배에 해당하는 4단계(6학급 이하, 7~18학급, 19~36학급, 37학급 이상)로 구분하였다.

둘째, 학급당 학생 수는 지역별 특성(대도시, 중소도시 등)과 학급 수에 따른 학생 인원(학급수가 작을 경우 학생 수도 적음)을 고려하여 18학급 이하인 경우 30명 이하(전체 31.6%), 19학급 이상인 경우 31~35명(전체 37.2%)과 36~40명(전체 24.5%)의 학급으로 구성된 학교를 조사 대상으로 선정하였다.

셋째, 인터넷 대역폭은 18학급 이하인 경우 학급 당 학생 수를 고려하여 2Mbps와 6~10Mbps, 19학급 이상인 경우 3~5Mbps와 6~10Mbps인 학교를 조사 대상으로 선정하였다.

<표 2> 초등학교 선정 기준 세부 내역

학급수	학급당 학생수(명)	대역폭 (Mbps)	방과후 수업	학교수
6 이하	20이하	2 6~10	o x	2 2
	31~35	2 6~10	x	2
		o		2
7~18	21~30	2 6~10	o x	2 2
	31~35	2 6~10	x	2
		o		2
19~36	31~35	3~5 6~10	o x	2 2
	36~40	3~5 6~10	x o	2 2
		o		2
37 이상	31~35	3~5 6~10	o x	2 2
	36~40	3~5 6~1M	x o	2 2
		x		2

중학교 16개교 표본 집단 선정은 <표 3>와 같은 기준으로 하였으며 기준에 대한 근거는 다음과 같다.

첫째, 중학교의 경우 학교 수 및 학급 수 분포를 고려하여 20학급(20학급이하 전체 약 50% 해

당)을 기준으로 2단계로 구분하였으며, 20학급 이하를 대표할 수 있는 3~8학급(20학급 이하의 약 60%), 20학급 이상을 대표할 수 있는 27~32학급(21학급 이상의 약 33%)으로 대상을 선정하였습니다.

둘째, 학급당 학생 수는 지역별 특성(대도시, 중소도시 등)과 학급 수에 따른 학생 인원(학급수가 작을 경우 학생 수도 적음)을 고려하여 3~8학급의 경우, 한 학급당 21~30명(30명 이하의 약 62%), 36~40명(31명 이상의 약 50%)의 학생 수로 이루어진 학교를 조사 대상으로 포함하였다. 27~32학급 경우, 한 학급당 31~35명(31명 이상의 약 33%), 36~40명으로 구성된 학교를 조사 대상으로 하였다.

셋째, 인터넷 대역폭은 3~8학급인 경우 학생 수가 상이하므로 3단계(2Mbps, 3~5Mbps, 6~10Mbps)로, 27~32학급인 경우는 2단계(3~5Mbps, 6~10Mbps)로 세분화하여 선정하였다.

<표 3> 중학교 선정 기준 세부 내역

학급수	학급당 학생수(명)	대역폭 (Mbps)	방과후 수업	학교수
3~8	21~30	2	o	2
		3~5	x	2
	36~40	2	x	2
		6~10	o	2
27~32	31~35	3~5	o	2
		6~10	x	2
	36~40	3~5	x	2
		6~10	o	2

인문 고등학교 16개교 표본 집단 선정은 <표 4>와 같은 기준으로 하였으며 기준에 대한 근거는 다음과 같다.

첫째, 인문 고등학교의 경우 전체 학교 수를 이동분하는 29학급을 기준으로 표본의 오차범위를 줄이기 위하여 29학급 이하를 대표할 수 있는 21~26학급(29학급 이하의 약 25%), 30학급 이상을 대표할 수 있는 30~35학급(30학급 이상의 약 40%)으로 구분하여 선정하였다.

둘째, 학급당 학생 수는 지역별 특성(대도시, 중소도시 등)과 학급 수에 따른 학생 인원을 고려하여 21~26학급의 경우 한 학급당 21~30명(30명 이하의 약 88%), 31~35명(31명 이상의 약 59%)으로 이루어진 학교를 조사 대상으로 선정하였으며,

30~35학급 경우, 한 학급당 31~35명, 36~40(31명 이상의 약 38%)명으로 구성된 학교를 조사 대상으로 하였다.

셋째, 인터넷 대역폭은 학급 당 학생 수와 현재 각 고등학교에 설치된 회선 속도를 고려하여 모두 6~10Mbps인 학교를 조사 대상으로 하였다.

<표 4> 인문 고등학교 선정 기준 세부 내역

학급수	학급당 학생수(명)	대역폭 (Mbps)	방과후 수업	학교수
21~26	21~30	6~10	o	2
		6~10	x	2
	31~35	6~10	x	2
		6~10	o	2
30~35	31~35	6~10	o	2
		6~10	x	2
	35~40	6~10	x	2
		6~10	o	2

실업고등학교 8개교 표본 집단 선정은 <표 5>와 같은 기준으로 하였으며 기준에 대한 근거는 다음과 같다.

첫째, 실업 고등학교의 경우 해당 교육청의 규모를 고려하여 대도시 4개교, 중소도시 4개교를 구분하여 선정하였다.

둘째, 학급당 학생 수는 지역별 특성(대도시, 중소도시 등)과 학급 수에 따른 학생 인원을 고려하여 한 학급당 21~30명(32.8%), 31~35명(48.4%)의 학생으로 구성된 학교를 조사대상으로 하였다.

셋째, 인터넷 대역폭은 학급 당 학생 수와 현재 각 고등학교에 설치된 회선 속도를 고려하여 대도시는 6~10Mbps, 10Mbps 이상인 학교를 대상으로 하고, 중소도시는 6~10Mbps인 학교를 대상으로 선정하였다.

<표 5> 실업 고등학교 학교 선정 기준 세부 내역

지역	학급당 학생수(명)	대역폭 (Mbps)	방과후 수업	학교수
대도시	21~30	6~10	x	1
		11이상	o	1
	31~35	6~10	o	1
		11이상	x	1
중소도시	21~30	6~10	x	1
	31~35	6~10	o	1
	21~30	6~10	o	1
	31~35	6~10	x	1

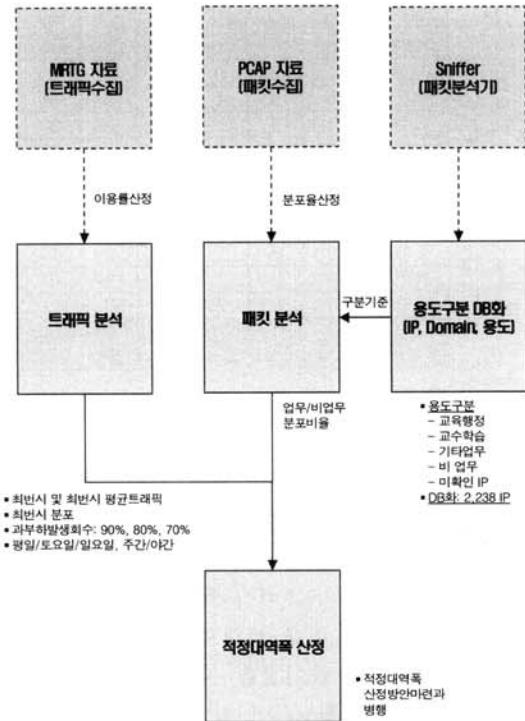
3. 학교 인터넷 적정대역폭 산정방법

학교 인터넷 적정대역폭 산정은 현재 학교에서 사용하고 있는 트래픽 특성 및 유형을 조사하여 이를 토대로 적정대역폭 산정방안을 수립하였다 [7]. 초기 학교 인터넷 대역폭은 인터넷에서 제공하는 서비스가 다양하지 않고, 사용되는 콘텐츠 크기도 별 차이가 없었다. 그러나 인터넷에서 제공하는 서비스가 다양화되고 이로 인한 콘텐츠도 텍스트 중심에서 멀티미디어 환경으로 변하게 되었으며, 이로 인한 인터넷 서비스 사용 패턴이 이용자에 따라 다양하게 되었다[8]. 따라서 기존 학교 규모별 또는 보유 PC를 기준으로 인터넷 대역폭을 단순하게 산정하는 것은 현실에 적합하지 않게 되었다. 따라서 이러한 변화를 반영하기 위해서는 기존 학교 규모별 인터넷 트래픽 사용 추이를 분석하고, 사용 트래픽 유형을 반영한 학교 인터넷 적정대역폭 산정방안을 제시하였다. 이를 위해서는 우선 학교 트래픽 사용 유형 분석이 요구되는데 이를 위해서 MRTG(Multi Router Traffic Grapher) 데이터를 활용하였다. MRTG는 네트워크 링크 상의 트래픽 부하를 감시하기 위한 도구로써 SNMP(Simple Network Management Protocol)를 이용한 MIB(Management Information Base) 정보를 사용한다[9]. MRTG는 SNMP로 라우터의 트래픽 양을 읽어내기 위한 Perl 스크립트를 사용하였다. 또한 트래픽 데이터를 기록하고 네트워크 접속점의 트래픽을 그래프로 표시하기 위해 처리속도가 빠른 C 프로그램을 사용하였다[10][11]. 또한 학교 트래픽 유형은 스니퍼(Sniffer)를 이용하여 데이터를 수집하고 분석하였다. 스니퍼는 네트워크상의 트래픽 데이터를 분석하여 문제점을 제시함으로써 장애가 발생할 때 신속히 원인을 파악하고 해결하는 관리도구이다.

3.1 데이터 수집 방법

MRTG 데이터는 학교 인터넷 서비스 제공 사업자(테이콤, SKN)가 제공하는 웹 서비스 데이터를 기준으로 5분 단위 트래픽 사용량을 수집하여

분석하였다. 또한 스니퍼 데이터는 학교을 방문하여 수업 시작시간(오전9시)부터 수업종료시간(오후 5시)까지 데이터를 수집하고, 수집된 자료 중 목적지 IP를 분석하여 학교 트래픽 사용 유형을 분석하였다.



<그림 1> 학교인터넷 적정대역폭 산정 방법

3.2 학교 사용 트래픽이용률 분석

초·중등학교 인터넷 트래픽 이용률 그래프를 분석해 보면 초등학교는 트래픽이 집중하는 시간대가 짧고, 집중하는 정도가 심하게 나타났다. 수업 시 교사의 지시에 따라 수동적으로 트래픽을 발생하는 것으로 보인다. 중학교는 초등학교와 유사하나 트래픽이 집중하는 시간대가 다소 길어지는 현상이 나타났다. 고등학교는 트래픽이 집중하는 시간이 길고, 비교적 장시간 동안 많은 트래픽이 발생하였다. 이는 초등학교, 중학교와 달리 학생이 학습목적을 위하여 자신의 의지에 따라 능동적으로 트래픽을 발생하는 것으로 보인다. 또한 요즘 학교에서 수행하고 있는 방과 후 수업과 학교트래픽 이용률 연관성을 보면 방과 후 수업을

<표 6> 학교 급별 트래픽 최번시 현황

구분	학급	시간대별 최번시 회수															합계		
		7시	8시	9시	10시	11시	12시	13시	14시	15시	16시	17시	18시	19시	20시	21시	22시	23시	
평일	초등학교	0	15	44	55	62	23	48	51	35	5	0	1	1	1	1	0	2	344
	중학교	0	4	28	9	20	29	44	27	18	1	2	0	0	0	0	2	0	186
	인문고	0	15	19	23	17	23	42	30	13	6	2	4	1	1	1	2	0	202
	실업고	0	2	15	7	5	3	14	13	10	1	1	3	0	0	0	0	0	82
	소계	0	36	106	94	104	78	148	121	76	13	5	8	2	3	2	4	2	814
	분포비율	0%	4%	13%	12%	10%	18%	15%	9%	2%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
토요일	초등학교	2	2	9	11	11	0	1	2	0	1	1	0	0	2	0	0	2	46
	중학교	0	2	1	6	5	0	3	1	2	2	0	0	0	2	0	0	0	25
	인문고	1	4	2	4	2	3	3	1	2	1	1	0	0	1	1	0	0	27
	실업고	0	0	2	3	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	11
	소계	3	8	14	24	19	3	8	4	4	5	2	0	1	5	1	0	3	109
	분포비율	3%	7%	13%	22%	17%	3%	7%	4%	4%	5%	2%	0%	1%	5%	1%	0%	3%	
일요일	초등학교	0	0	2	0	1	5	7	7	0	1	2	0	3	4	3	1	2	46
	중학교	0	3	2	1	2	1	2	1	4	0	0	0	1	1	2	2	1	25
	인문고	0	0	1	2	2	0	3	1	4	1	2	1	1	1	4	1	1	27
	실업고	0	0	2	0	0	2	1	0	2	0	1	1	0	0	1	0	0	11
	소계	0	3	7	3	5	8	13	9	10	2	5	2	5	6	10	4	4	109
	분포비율	0%	3%	6%	3%	5%	7%	12%	8%	9%	2%	5%	2%	5%	6%	9%	4%	4%	

80% 이상의 학교에서 시행하고 있지만, 실제 네트워크를 활용하는 수업은 40% 수준이며[12] 방과 후 수업 시간이 일일 평균 2시간 이내로 길지 않고, 대다수의 교직원 및 학생들이 업무를 보고 수업을 하는 시간대가 일치하지 않으므로 학교 인터넷 속도의 느림 현상에는 거의 무관한 것으로 판단된다[13]. 이를 토대로 학교 트래픽 분석 결과 인터넷 사용 특이점을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 인터넷 이용시간이 짧고 트래픽이 일정시간 대에 몰린다. 대다수가 업무를 보고 수업을 진행하는 일과시간이 짧고, 방학기간에는 트래픽이 거의 없으며, 수업의 특성상 동일 시간에 많은 트래픽을 생성시킨다. 둘째, 대용량 콘텐츠 전송이 많다. 학습효과를 높이기 위한 멀티미디어 자료 사용이 많으며, 특히 EBS 방송 강의 등 동영상 강의 시청이 활성화 되어가고 있고, 개인단말기 사용과 e-Book, u-School을 일반화할 경우 대용량 전송이 증가할 것으로 예상된다. 학교 급별 트래픽 최번시 현황은 <표 6>에 나타나 있으며, 학교 급별 트래픽 현황은 <표 7>과 같다[13].

<표 7> 학교 급별 인터넷 트래픽 현황

요일	학급	최번비평균 속도(Kbps)	일일평균과부하회수	
			80~89%	90%이상
평일	초등학교	4,973	11.7	11.7
	중학교	4,941	10.9	10.9
	인문고	8,509	32.3	32.3
	실업고	10,297	32.0	32.0
토요	초등학교	1,887	2.2	2.2
	중학교	2,847	5.8	5.8
	인문고	5,454	13.3	13.3
	실업고	5,857	9.5	9.5
일요	초등학교	323	0.2	0.2
	중학교	415	0.1	0.1
	인문고	3,668	14.9	14.9
	실업고	1,662	0.5	0.5

3.3 학교 사용 트래픽 패킷 분석

스니퍼를 이용하여 학교 트래픽 패킷 유통정보를 분석한 결과, 교육청 업무 서비스 IP를 제외한 나머지 공인 IP의 경우 63%가 업무와 관련이 있고, 31%가 업무와 관련이 없으며, 나머지 6%는 분석이 불가하였다. 업무와 관련이 없는 31%는 경우와 해석에 따라서 기타 업무 및 교수학습 업무로 분류될 수 있다. 또한 비업무로 구분되는 IP의 경우 교육업무에서는 다양성이 요구되므로 사이트의 성격만으로 업무와 비업무를 구분하는 것은 의미가 없는 것으로 판단된다. 또한 학교에서 사용하는 패킷 사이즈를 분석한 결과 학교에서 유통된 패킷크기는 최대크기인 1,501바이트 이상

의 분포비율이 절반 이상 넘게 나타났으며 이미지 등 용량이 큰 멀티미디어파일을 전송하고 있음을 의미함으로 트래픽 증가에 대한 대응방안 수립 시 고려해야 할 사항으로 생각된다[14].

4. 학교 인터넷 적정대역폭 산정방안

4.1 적정대역폭 산정 변수

학교 인터넷 대역폭 산정 시 고려해야 할 분야는 크게 두 가지로 구분될 수 있다. 첫째는 학교에서 인터넷을 사용하는 PC 보급 현황이고, 둘째는 현재 인터넷을 사용하고 있는 트래픽 유형 및 이용 현황이다. PC 보급 기준 항목을 분석해 보면 학교 인터넷 적정대역폭 산정에 영향을 주는 변수를 추출할 수 있다. 우선 PC 보급 기준을 살펴보면, 교사 및 교직원은 1인 1 PC 보급을 기준으로 하고 있으며, 교사 및 교직원은 학생 수 및 학급 수 규모에 따라 정해진다. 또한 학교에 설치된 컴퓨터실은 학급수를 기준으로 설치되었으며, 컴퓨터실 보유대수는 학급의 학생 수에 의해 결정된다. 따라서 학교 PC 보급에 가장 큰 요인은 학생 수, 학급 수, 교직원수이다. 그러므로 이러한 환경을 고려하여 학교 급별 트래픽 유형을 분석하는 것이 타당하다. 학교에서 사용하는 트래픽 현황 분석을 위한 주요 변수는 트래픽 이용량이다. 트래픽 이용량 분석은 MRTG에서 제공하는 5분 평균 트래픽 이용률 데이터를 이용하였다. 학교 수업 환경을 고려할 경우 학교 급별로 상이하나 대개 수업시간이 시작되는 9시부터 수업이 종료되는 16시까지 인터넷 트래픽 양이 많으며, 방과 후에는 트래픽 양이 거의 없다. 따라서 24시간을 기준으로 트래픽 양을 분석하는 것보다 수업 시간을 기준으로 분석하는 것이 합리적이다. 그리고 대역폭에 영향을 주는 변수를 중심으로 분석해 보면, 인터넷 서비스를 가장 많이 활용하는 최번시는 트래픽이 집중되는 정도를 나타낸다. 하루 중 최번시 평균 트래픽은 대역폭산정에 유효한 요인이며 적정대역폭 산정에 큰 영향을 주는 항목이다. 트래픽 최대 이용률은 Burst 패킷 트래픽의 자료해석에 왜곡을 주기 쉬운 변수이다. 이상 트래픽이 단 한번만 나타나도 최대 이용 속도로

기록되어 측정기간이 길수록 자료왜곡이 심하며 이상 트래픽의 출현 확률이 높다. 평균이용트래픽은 측정기간 누적트래픽 량을 측정기간으로 나눈 값으로 실제 이용트래픽의 차이를 보정하기 위해 최번시 분포비율과 유효측정 기간비율을 감안하면 적정 대역폭 산정에 유효한 변수가 된다. 최번시 평균 이용 속도의 맹점은 수업시간 전체를 대변하지 못한다는 데 있기 때문에 이를 보정하기 위해 일과 중 과부하 발생회수를 적정대역폭 산정에 포함하는 것이 필요하며 이는 대역폭 점유율이 일정 비율이상인 회수를 반영한 것이다.

4.2 적정대역폭 산정 방안

인터넷 서비스를 제공하고 있는 통신사업자가 서비스 이용자에게 제시하는 일반적인 인터넷 대역폭 적정기준은 현재 사용 중인 인터넷 대역폭을 기준으로 적정 비율 이상일 경우 증속을 권장하고 있다. 여기서 가장 일반적인 권장 적정 비율은 70%이며, 인터넷 대역폭에 민감할 경우 60~65%, 그렇지 않을 경우 75~80%정도를 제시한다. 하지만 사용 중인 인터넷 대역폭의 적정 비율을 산정하는 방안이 제시되지 않고 있다. 특히, 학교의 인터넷 트래픽의 경우 일반 이용자와 상이하게 학교 방과 후 및 공휴일에는 거의 트래픽이 발생하지 않고 있으므로 학교 환경에 적합한 산정 방안이 요구된다. 따라서 인터넷 대역폭 적정 비율 산정 방안 수립을 위해 학교 적정 대역폭 산정 변수를 반영하고 학교 트래픽 이용률 및 패킷분석 자료를 시뮬레이션 한 결과 가장 적합한 대역폭 산정은 현재 사용 중인 회선대역폭에 보정 값을 반영하여 적정대역폭을 구하는 것으로, 산정식은 다음과 같다.

$$\text{적정대역폭}[bps] = \text{회선대역폭} \times \{[\text{최번시 평균 이용률}/\text{증속기준 이용률}] + \text{과부하 고려비율} \times 90\% \text{이상 출현률} + \text{과부하 고려비율} \times 80\sim89\% \text{출현률}\}$$

- 최번시 평균 이용률: 최번시 평균 이용 속도/ 회선대역폭
- 증속기준 이용률: 이용트래픽의 Burst한 특성

을 처리하기 위한 증속기준 이용률

- 과부하 고려비율: 이용률은 회선대역폭에 제한 받으므로 회선대역폭을 초과하는 정도를 처리할 수가 없고, 최번시 평균 이용 속도가 일과시간 전체를 대변하지 못하므로 과부하 발생회수를 대역폭 산정에 반영
- 90%이상 출현률: (90%이상 발생회수 × 5분)/(산출일과시간 × 60분)
- 80~89% 출현률 : (80~89% 발생회수 × 5분)/(산출일과시간 × 60분)

여기서 보정 값에 해당하는 {[최번시 평균 이용률/증속기준 이용률] + 과부하 고려비율 × 90%이상 출현률 + 과부하 고려비율 × 80~89% 출현률}의 산출 기준은 다음과 같다. 최번시 평균 이용률은 최번시 평균 이용 속도를 회선 대역폭으로 나눈 값으로 최번시는 트래픽 이용량을 기준으로 5분 평균 트래픽이용량을 1시간단위 즉, 연속한 12개의 트래픽 이용량을 더하여 평균한 값이 가장 큰 시간범위를 최번시로 선정하였다. 학교 인터넷 트래픽 사용이 수업시간에 집중되므로 이를 반영하기 위해 시간대를 기준으로 최번시를 선정하기보다는 트래픽 이용량을 기준으로 선정함으로써 학교 인터넷 트래픽 이용 환경을 보다 효율적으로 반영할 수 있다. 증속 기준 이용률은 이용트래픽의 Burst한 특성을 감안하여 대량 패킷을 처리하는 버퍼링 여유대역폭을 반영한 기준 이용률로 인터넷 서비스 통신사업자가 인터넷 대역폭 증속 기준으로 제시하는 일반적인 권장 비율 70%를 적용하였다. 또한 학교 인터넷 트래픽 이용률을 분석한 결과 80%이상 대역폭을 사용하는 경우가 학교 일과시간(08:00~17:00) 기준으로 22.4% 이상 발생하고 있으며 그중 90%이상이 18.6%를 차지하고 있다. 이러한 학교 인터넷 트래픽 이용 특성을 고려하여 80~89% 출현률 및 90%이상 출현률을 반영하였으며, 이에 대한 과부하 고려비율로 90%이상(70%의 약 1.3배)은 30%, 80~89% (70%의 약 1.2배)는 20%를 추가 반영하였다.

예) 일과시간을 9시간으로 하였을 경우

$$\text{적정대역폭} = \text{회선대역폭}((\text{최번시 평균 이용률}/0.7) + 0.3 \times 90\%\text{이상 출현회수}/(9 \times 12)) +$$

$$0.2 \times 80\sim89\% \text{ 출현회수}/(9 \times 12))$$

상기 적정 대역폭 산정 방안으로 초·중등학교 60개 학교(초등학교 24개교, 중학교 14개교, 인문고 15개교, 실업고 7개교)를 대상으로 적용한 결과 36개교(60%)가 증속이 요구되었으며 이중 40%미만 증속은 23개교(63%), 40~100%미만 증속은 11개교(31%), 100%이상 증속은 2개교(6%)로 나타났다. 감속은 24개교(40%)로 40%미만 감속은 19개교(79%), 40~100%미만 감속은 5개교(21%)로 나타났다. 학급별 적정 대역폭 산정 결과는 <표 8>과 같다.

<표 8> 학급별 적정 대역폭 산정 결과

학급	학교수	증속학교수	감속학교수
초등학교	24	10(42%)	14(58%)
중학교	14	8(57%)	6(43%)
인문고	15	13(87%)	2(13%)
실업고	7	5(71%)	2(29%)
계	60	36(60%)	24(40%)

이를 토대로 적정 대역폭에 대한 학교 통신망 담당자 만족도 조사 결과 전체 응답자(48명) 중 69%(33명)가 만족, 25%(12명)가 불만족, 6%(3명)가 보통으로 응답하였다. 여기서 불만족 응답자의 경우 인터넷 대역폭 감속에 해당하는 학교가 대부분을 차지하였다.

5. 결 롬

적정대역폭 산정식은 현재 인터넷 서비스를 사용하고 있는 학교 인터넷 사용 트래픽을 기준으로 대역폭 증감을 위한 방안이다. 이 적정대역폭 산정식은 학교에서 사용하고 있는 트래픽 변화에 따라 변동될 수 있다. 특히 최번시 평균 이용률은 최번시 시간에 따라 변동이 많을 것으로 생각된다. 학교 급별로 상이하겠지만, 주로 인터넷을 이용하는 컴퓨터실 활용 수업시간대가 평균 이용률이 높은 것으로 조사되었다. 따라서 적정대역폭 산정식을 이용하기 위해서는 연간 인터넷 트래픽 사용 추이를 사전에 분석하고 이를 토대로 적정 대역폭 산정식을 적용하는 것이 타당할 것으로 보여 진다.

인터넷 적정대역폭 산정식은 학교 인터넷 트래

의 유형에 따라 변동될 수 있다. 특히 증속기준 이용률 또는 과부하고려 비율은 향후 환경에 따라 변동되어야 할 것으로 보여 진다. 즉 적정대역폭 산정식은 급변하는 인터넷 환경을 반영하기 위해서는 계속적인 방안 연구가 요구되어 진다.

참 고 문 헌

- [1] 교육부(2007), 교육정보화백서
- [2] 이재호 외(2007), 초중등 교육정보인프라 보급 및 관리 효율화 방안 연구, 한국교육학술정보원
- [3] 장익 외(2003), 초중등학교 통신망 인프라 고도화 방안 연구, 한국교육학술정보원
- [4] 유재택 외(2002), 학교정보화를 위한 신정보화기기 구축 및 활용 모형 연구, 한국교육학술정보원
- [5] 이옥화 외(2005), 신기술의 교육적 활용 방안 연구, 한국교육학술정보원
- [6] 한국교육개발원(2006), 교육통계연보
- [7] TM Forum(2003), Service Level Agreement Management Handbook
- [8] M. Crovella and A. Beswtavros, Self-similarity in World-Wide Web Traffic : Evidence and Possible Causes, Proc. of ACM Sigmetrics Conference on Measurement and Modeling of Computer Systems, May 1996
- [9] Cisco Technology - Simple Network Management Protocol, <http://cisco.com/wrap/public/533/3.html>
- [10] 유해리(2005). 공공기관의 서비스 품질 향상을 위한 네트워크 트래픽 측정을 통한 적정 대역폭 산정 및 향후 요구 대역폭 분석, 성균관대학교(석사학위논문)
- [11] Tobias Oetiker and Dave Rand, MRTG:Multi-Router Traffic Grapher, <http://www.mrtg.org>
- [12] NIS 설문조사 보고 자료(2007), 한국정보사회진흥원
- [13] NIS 통신망 컨설팅 보고서(2007), 한국정보사회진흥원
- [14] K., McCloghrie and M.Rose(1990),

Management Information Base for Network Management of TCP/IP based Internet, RFC 1156

박 형 용



1992 중앙대학교
전자계산학과(공학학사)
1995 중앙대학교
소프트웨어공학(공학석사)
2005 ~ 2007 중앙대학교 컴퓨터공학
박사과정 수료
2000 ~ 현재 한국교육학술정보원 재직
관심분야: 네트워크, IPTV, 네트워크 보안
E-Mail: hypark@keris.or.kr

김 성 조



1975 서울대학교
응용수학과(공학학사)
1977 한국과학기술원
전산학과(이학석사)
1987 Univ. of Texas at Austin(공학박사)
1980 ~ 현재 중앙대학교 컴퓨터공학부 교수
관심분야: 이동컴퓨팅, 유비쿼터스컴퓨팅
E-Mail: sjkim@cau.ac.kr