

Web 트래픽 기반의 전용 회선 대역폭 결정에 관한 연구

서 상 현[†] · 최 영 수[†] · 안 성 진^{††} · 정 진 옥^{†††}

요 약

이 논문에서는 Web 사이트를 설계할 때 응답시간과 관련해서 고려되어야 할 요소 중[10, 15, 16], 인터넷 연결 회선의 대역폭 결정에 참조될 수 있는 자료를 제시한다. 이를 위해 다양한 환경에서 Web 세션 도착율에 따른 응답시간과 회선 이용율의 변화를 관찰하고, 이를 통해 특정 대역폭의 회선에 대해 Web 서비스가 한계 응답시간 내에 보장될 수 있는 Web 세션 도착율의 임계치를 구한다[15, 16]. 이 논문에서는 데이터 수집을 위해 실험 네트워크를 구성하고, 자체적으로 구현한 패킷 생성기를 이용하여 세션 도착율의 변화에 따른 Web 트래픽을 시뮬레이션한다. 응답시간은 패킷 생성기가 생성한 각각의 HTTP(Hyper-Text Transfer Protocol) 요청 패킷이 전송되는 시점부터 HTTP 응답 메시지가 도착하는 시점까지의 경과된 시간으로 구하고, 회선 이용율은 SNMP(Simple Network Management Protocol)를 이용해 자체 구현한 데이터 수집기로 구한다[3]. 이 실험의 결과는, Web 사이트를 설계할 때 네트워크 전문가가 아니더라도 인터넷 연결 회선의 대역폭 결정 문제를 해결하는데 쉽고 유용하게 참조될 수 있다.

A Study on Planning for Leased-line Bandwidth based-on Web Traffic

Sang-Hyeon Seo[†] · Young-Su Choi[†] · Seong-Jin Ahn^{††} · Jin-Wook Chung^{†††}

ABSTRACT

In this paper, we report the data that can be referenced for planning for Internet-connection leased-line bandwidth when a web site is designed. The factors that are related to Web service response time can be found in [10, 15, 16]. For this report, we observed the change of response time and line utilization with changing Web session arrival rate. And with changing various parameters, at specific line, we resolved the threshold of Web session arrival rate at which Web service is guaranteed within the minimum response time [15, 16]. We configured the test network for data collection and simulated Web traffic with the packet generator which can generate a Web traffic through a Web session arrival rate. Response time is the interval between the time that HTTP(Hyper-Text Transfer Protocol) request packet was sent and the time that HTTP response packet arrived at. Line utilization was measured by data collector with SNMP(Simple Network Management Protocol)[3]. The result of this study could be easily and usefully referenced by non-network-experts when they design their web site and plan for Internet-connection line bandwidth.

† 준 회원 : 성균관대학교 대학원 전기전자 및 컴퓨터공학부
†† 종신회원 : 성균관대학교 컴퓨터교육과 교수
††† 종신회원 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수
논문접수 : 2000년 6월 25일, 심사완료 : 2000년 6월 27일

1. 서 론

World Wide Web(혹은 Web)은 빠른 속도로 가장 인기 있는 인터넷(Internet) 서비스 중의 하나가 되었으며, 이와 더불어 HTTP는 WAN(Wide Area Network) 상에서 데이터를 전송하는 대표적인 수단이 되었다. 1994년 HTTP 트래픽은 전체 인터넷 트래픽 중에서 바이트량과 패킷량에서 각각 5%에 지나지 않았다. 그러나 1995년에는 인터넷 패킷량에서 22%, 인터넷 바이트량에서 26%로 증가했고, 1999년 AT&T의 Anja Feldmann의 조사에 의하면, HTTP 트래픽은 인터넷 패킷량의 55%, 인터넷 바이트량의 56%에 이르고 있다[10, 14].

Web이 인터넷의 "killer-app"으로 불려지면서, Web 상에서 광고와 정보를 제공하는 새로운 비즈니스들이 생겨나고 있다. 이제는 경쟁자라면 누구나 회사의 Web 사이트를 운영하고 있거나, 운영을 계획하고 있을 것이다. 그리고 전자상거래 활성화 등과 맞물려, 경쟁력 있는 Web 사이트가 비즈니스 사회에서 승패를 판가름하게 될 것이다. 여기서 경쟁력이라 하면 사이트 내용의 유용성, 오락성 등 사이트 특성에 따라 다양할 수 있다. 그러나 공통적인 경쟁 요소는 Web 사이트 이용자에게 빠른 응답시간을 제공하는 것이다. [15]에 따르면 Web 이용자들은 한 페이지에서 다른 페이지로 이동하는데 1초 이하의 응답시간을 기대한다. 그러나 인터넷과 같은 Best Effort 네트워크에서는 QoS(Quality of Service)를 보장 할 수 없기 때문에, Web 이용자들에게 일정 응답시간 이내에 서비스를 제공한다는 것은 어려운 문제이다.

현재 인터넷 전용선 대역폭 결정은 Web 서버 운영자 측(사용자 측)에서 회선 비용과 LAN 노드 수 등을 고려해서 ISP(Internet Service Provider) 측과 상담을 통해 이루어진다. LAN 노드 수 등에 따른 대역폭 결정에 관한 자료는 미비한 상태지만[5] 등에서 찾을 수 있다. 그러나 이러한 경우에도 Web 사이트 이용자들에게 적정 수준의 서비스를 제공하기 위해 Web 서비스의 응답시간 혹은 Web 세션 도착율을 고려한 대역폭 결정 지침 자료는 전무한 상태이다. 따라서 이 논문에서는 Web 사이트 이용자들에게 적정 수준의 서비스를 제공될 수 있도록 인터넷 연결 회선의 대역폭을 결정하는데 참조될 수 있는 자료를 마련하고자 한다.

이 논문에서는 Web 사이트를 설계할 때 응답시간과

관련해서 고려되어야 할 요소 중[10, 15, 16], 인터넷 연결 회선의 대역폭 결정에 참조될 수 있는 자료를 제시한다. Web 서버와 ISP 사이의 인터넷 연결 회선에 대해 한계 응답시간 이내에 서비스 제공이 보장되도록 회선 대역폭을 확보하는 것은, 인터넷 상에서 응답시간에 영향을 미치는 많은 요소들 중 Web 사이트 설계자가 응답시간 향상을 위해 영향을 미칠 수 있는 것 중 하나이다[16]. 이를 위해 다양한 환경에서 Web 세션 도착율에 따른 응답시간과 회선 이용율의 변화를 관찰하고, 이를 통해 특정 대역폭의 회선에 대해 Web 서비스가 한계 응답시간 내에 보장될 수 있는 Web 세션 도착율의 임계치를 구한다[15, 16]. 이 논문에서는 데이터 수집을 위해 실험 네트워크를 구성하고, 자체적으로 구현한 패킷 생성기를 이용하여 세션 도착율의 변화에 따른 Web 트래픽을 시뮬레이션한다. 응답시간은 패킷 생성기가 생성한 각각의 HTTP(Hyper-Text Transfer Protocol) 요청 패킷이 전송되는 시점부터 HTTP 응답 메시지가 도착하는 시점까지의 경과된 시간으로 구하고, 회선 이용율은 SNMP(Simple Network Management Protocol)를 이용해 자체 구현한 데이터 수집기로 구한다[3]. 이 실험의 결과는, Web 사이트를 설계할 때 네트워크 전문가가 아니더라도 인터넷 연결 회선의 대역폭 결정 문제를 해결하는데 쉽고 유용하게 참조될 수 있다.

2장에서는 실험 환경 및 실험 방법에 대해 다루고, 3장에서는 이 실험 결과를 바탕으로 Web 세션 도착율에 따른 응답시간과 회선 이용율의 관계 분석을 통해 Web 세션 도착율의 임계치를 구한다. 마지막으로 4장에서는 연구의 결론과 향후 연구 계획에 대해 다룬다.

2. 실험 환경

2.1 Web 서비스 응답시간

<표 1>은 응답시간에 따른 인간의 특성을 3가지로 분류한 것이며, 인간은 1초 이내의 빠른 응답시간을 원한다. 그러나 불행히도 Web 이용자들은 수초 이상의 응답시간을 경험하게 된다. 현재 Web 이용자가 페이지를 이동하는데 필요한 응답시간의 한계는 최소 10초 이내로 유지되어야 한다. 왜냐하면, 이는 사용자가 기다리는 동안 주의를 집중할 수 있는 시간의 한계이기 때문이다[15, 16]. 이 논문에서는 Web 서비스의 한계 응답시간(RT_{limit})을 10초로 가정한다. 그러나 인터넷

넷에서 중단 간에 존재할 수 있는 모든 회선과 장비를 고려해서 응답시간의 한계를 구한다는 것은 매우 어려운 문제이며, 이는 Web 사이트 설계자의 몫이라고 보다는 ISP 혹은 ISP 백본망 설계자의 몫이라고 볼 수 있다. 단지, Web 사이트 설계자가 사용자 응답시간에 영향을 미칠 수 있는 요소는 Web 서버와 ISP 사이의 인터넷 연결 회선 구간으로 제한된다. 만일 ISP 측에서 ISP 백본망에서의 한계 응답시간($RT_{backbone}$)을 보장한다면, Web 사이트 설계자는 Web 서버와 ISP 구간 사이의 한계 응답시간(RT_{server})을 RT_{limit} 와 $RT_{backbone}$ 의 차로 가정할 수 있다. 이 논문에서 사용된 응답시간에 대한 자료는 실험 네트워크 상에서 수집된 것이며, $RT_{backbone}$ 이 고려되지 않았다. 즉 RT_{limit} 을 RT_{server} 로 가정한다. 따라서, 대역폭 결정에 직접 적용하기보다는 하한값으로 참조되거나 $RT_{backbone}$ 값을 고려해서 적용되어야 할 것이다.

〈표 1〉 응답시간의 3가지 범주

시간	설 명
0.1초	시스템이 즉각적인 반응을 보이고 있다고 느낄 수 있는 시간의 한계
1.0초	지연을 인식하기는 하지만, 사고의 흐름에 방해를 주지 않는 시간의 한계
10초	대화에서 주의를 집중할 수 있는 시간의 한계

2.2 Web 트래픽 모델

기존의 트래픽 모델(포아송 분포, 지수 분포 등)로는 Web 트래픽의 특성을 표현할 수 없음이 알려졌다[7-9, 11, 14, 17]. Web 트래픽의 특성을 이해하기 위해 WWW에서 사용되는 프로토콜인 HTTP에 대한 이해가 어느 정도 필요하다. HTTP는 단순한 요청-응답 프로토콜로 설계되었다. 클라이언트는 서버로 연결을 설정하고, 요청을 보내고, 응답을 받은 후 연결을 종료한다. Web 문서인 HTML(Hyper Text Markup Language) 문서는 인라인 이미지를 포함할 수 있다. Web 브라우저는 다음과 같은 방법으로 인라인 이미지를 처리한다. 우선, Web 브라우저는 HTML 문서에 대한 HTTP GET 요청을 보낸다. 그런 다음, HTML 문서 내에 포함된 각각의 인라인 이미지에 대해서도 HTTP GET 요청을 보낸다.

[14]에 따르면 Web 트래픽을 3가지 관점에서 특징 짓고 있는데 <표 2>와 같다. Web 문서에 대한 하나의 요청은 1개에서부터 n개의 인라인 이미지에 대해 부가적인 HTTP 트래픽을 유발시키는데, 이러한 특성

이 Web 트래픽의 집단적인(bursty) 특징을 설명한다 (n은 HTML 문서에 포함된 인라인 이미지 수). Web 세션의 도착 자체는 포아송 분포를 따르는 반면, 언급된 바와 같은 특성에 의해 TCP 연결과 HTTP 패킷 도착에 있어서는 self-similar한 특성을 보인다. 트래픽의 통계적 특징이 self-similar하다는 것은, 측정된 트래픽이 time-scale이 변하더라도 동일한 통계적 특성을 지니는 성질을 말한다. 이러한 특징을 fractal-like라고도 하며, 기존 전화망이나 패킷망에서 사용되었던 포아송 모델, packet train 모델 및 Markov-Modulated poisson model과는 매우 다른 특성을 나타낸다[17].

〈표 2〉 Web 트래픽 특성

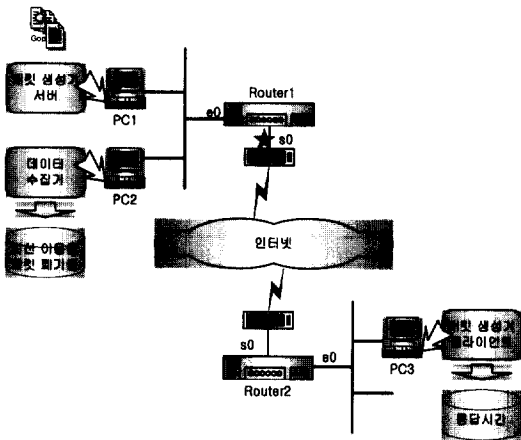
관 점	특 성
Web 세션	포아송 과정
TCP 연결	self-similar
패킷	self-similar

이러한 Web 트래픽의 집단적인 특성도 단지 HTTP 트래픽에 대해서만 고려한 것이다. [11]에 따르면 각각의 HTTP 요청은 DNS(Domain Name System) 질의 패킷을 생성하고, Web 브라우저는 각각의 HTTP 요청에 포함된 URL에 대해 DNS 명을 주소로 변환해야 한다. 그러나 이 실험에서는 실험 네트워크 상에서 수행되었기 때문에, DNS 서비스를 사용하지 않는다. Web 트래픽에서 가장 일반적인 객체의 유형은 Graphic Interchange Format(GIF)이다. 이것은 HTML 문서 내에서 인라인 이미지로 사용되기 때문이다. 인라인 이미지로 사용된 GIF 이미지의 평균 크기는 17005 바이트이고 크기의 중간값은 4513 바이트로 보고하고 있다[11].

2.3 실험 네트워크

데이터를 수집하기 위한 실험 환경으로 라우터 2대, DSU 2대, PC 3대로 구성된 (그림 1)과 같은 실험 네트워크를 구성하였다. 각 라우터는 10Mbps 이더넷 인터페이스와 56Kbps 시리얼 인터페이스 두개를 가지고 있으며, 각 라우터의 시리얼 인터페이스 중 하나씩을 56Kbps DSU 2개로 연결함으로써 최소한의 인터넷을 구성하였다. 이때 회선 이용율에 초점을 맞추기 위해, 정적 라우팅을 통해 동적 라우팅 프로토콜이 라우터에 미치는 오버헤드와 라우팅 프로토콜에 의해 발생하는 트래픽의 영향을 제거하였다. 그리고 10Mbps 이더넷 인터페이스에는 3대의 PC가 연결되었다. 각 PC에는

자체 구현한 트래픽 생성기 서버, 데이터 수집기, 트래픽 생성기 클라이언트 프로그램이 각각 실행된다. 실험에 사용된 장비에 대한 자원은 <표 3>과 같다. 실험은 Web 세션 도착율과 인라인 이미지 수에 따라 패킷 생성기에 의해 Web 트래픽을 생성하고 그에 따른 응답시간을 측정함과 동시에, 데이터 수집기를 통해 회선 이용률과 패킷 폐기율을 측정함으로써 수행된다. 각 절차는 2.4절과 2.5절에서 각각 설명된다.



(그림 1) 실험 네트워크

<표 3> 실험 네트워크 구성 장비 자원

장비 유형	제품명	자 원		비고
라우터	Cisco 2501	메모리	4096 byte	2대
		커널	IOS V 11.2 ROM V 5.2	
		인터페이스	56Kbps serial (2) 10Mbps Ethernet	
호스트	Intel Pentium II	CPU	300MHz	3대
		메모리	64MBytes	
		HDD	5GBytes	
DSU	GoldStar GSD-56LD	인터페이스	56Kbps RS-232C	2대
			56Kbps Tel	

2.4 패킷 생성 및 응답시간 측정

이 연구에서 사용되는 패킷 생성기는 Web 브라우저 역할을 수행하는 패킷 생성기 클라이언트와 Web 서버 역할을 수행하는 패킷 생성기 서버로 구성되며, 이들은 JAVA를 이용해 구현하였다. 패킷 생성기 클라이언트는 <표 4>의 조건에 따라 지수 분포를 따르는 확률

변수를 생성함으로써, Web 트래픽을 시뮬레이션 한다. 이때 패킷 생성기 서버는 클라이언트의 세션 도착에 대해 하나의 응답 패킷만을 생성하는 것이 아니라 인라인 이미지 수를 파라미터로 각각의 인라인 이미지에 대한 응답 패킷을 동시에 생성한다. 패킷 생성기 서버는 다중 스레드를 이용해서 HTML 문서에 대한 응답 패킷 생성과 각각의 인라인 이미지에 대한 응답 패킷 생성을 독립적으로 처리한다. self-similar한 특성을 갖는 트래픽을 발생시키기 위해 [17]에서는 Pareto 분포 함수를 사용하였으며, 이때의 Hurst 파라미터 $\alpha = 1.27$ 을 사용하였다. 그러나 이 논문에서는 [17]에서와 같이 패킷 레벨에서 트래픽을 발생시키지 않고 응용 레벨에서 세션 도착율에 의해 트래픽을 발생시켰다. 이렇게 함으로써 패킷 생성 알고리즘을 단순화했으며 (그림 2)에 나타나 있다.

<표 4> 패킷 생성 조건

조 건	설 명
Web 세션 도착	포아송 분포
Web 세션 도착 간격	지수 분포
Hs	HTML 문서 크기(5000 바이트)
Is	인라인 이미지 크기(3000 바이트)
In	인라인 이미지 수
λ	단위시간당 평균 Web 세션 도착 수

[8]에서는 HTML 문서의 크기를 대략 작은 페이지(5Kbyte), 중간 페이지(25Kbyte), 큰 페이지(100Kbyte)로 분류하였다. 인라인 이미지에 대한 통계는 앞에서 언급되었다[11]. 그러나 이 실험에서는 HTML 문서 크기를 5000 바이트로, 인라인 이미지의 크기는 중간값보다 작은 3000 바이트로 가정한다. 왜냐하면, 현재 상업용 사이트의 상품 광고의 인라인 이미지를 보면 50 x 50 픽셀 크기의 GIF 이미지를 상품 카탈로그로 선호하고 있다. HTML 문서와 인라인 이미지 크기에 있어서 보다 다양한 통계적 조건에서 데이터를 수집하는 것이 바람직하겠지만, 현재 실험 환경의 회선 대역폭(56 Kbps)에 대해서 이를 적용하기에 무리가 있었다. 따라서, 파라미터 중에서 HTML 문서의 크기와 인라인 이미지 크기는 각각 5000 바이트(작은 페이지)와 3000 바이트(대략 50 x 50 픽셀 GIF 이미지)로 사용한다. Web 세션 도착 간격을 나타내는 확률변수 생성 알고리즘은 (그림 2)에 나타나 있다. Web 세션 도착율 λ 를 파라미터로, 지수 분포를 따르는 Web 세션 도착

<pre> /***** Web 세션 도착 시뮬레이션 알고리즘(클라이언트) *****/ //U : 0.1 사이의 균등분포를 따르는 임의의 수 // : Web 세션 도착율 평균 // t : Web 세션 도착 간격 while(true){ //균등분포를 따르는 확률변수 생성 U = getUniformRandom(); //지수분포를 따르는 확률변수로 변환 t = (-1)*(1/)*ln U ; //다음 Web 세션 도착 시간동안 대기 wait(t); //Web 세션 요청 메시지 전달 sendHTTPRequest(); } </pre>	<pre> /***** Web 패킷 생성 알고리즘(서버) *****/ //Hs : HTML 문서 크기 //Is : 인라인 이미지 크기 //In : 인라인 이미지 수 //isArriaval : Web 세션 도착 여부 플래그 if(isArrival == true){ //파라미터에 따른 패킷 생성 byte[] htmlPkt = new byte[Hs]; byte[] inlneImagePkt = new byte[Is]; //HTML 문서에 대한 트래픽 생성 write(htmlPkt); //인라인 이미지에 대한 트래픽 생성 for(int i=0; i< In; i++) write(inlneImagePkt); } </pre>
---	---

(그림 2) Web 세션 도착 시뮬레이션 및 패킷 생성 알고리즘

간격을 구한다[4].

응답시간은 패킷 생성기 클라이언트 측에서 각각의 요청 패킷을 생성하는 시점부터 응답 패킷을 수신할 때까지 경과된 시간이다. HTML 문서와 그 문서에 포함된 인라인 이미지 수만큼의 요청 패킷을 처리하는 스레드가 동시에 실행되고, 각각의 요청 패킷에 대해 응답시간을 측정한다. 이때 실험에서 측정된 응답시간은 Web 서버와 ISP 사이의 단일 구간을 고려한 것이기 때문에, 직접 사용되기 보다는 실험 조건을 고려해서 응답시간의 하한값으로 참조되어야 한다.

2.5 회선 이용률과 패킷 폐기율 측정

회선 이용률과 패킷 폐기율을 측정하기 위해 사용된 데이터 수집기는 패킷 생성기에 의해 생성된 Web 트래픽에 대해, Web 서버와 ISP 사이의 인터넷 연결 회선에 해당하는 (그림 1)에서 Router 1의 s0 회선 이용률과 패킷 폐기율을 측정한다. 회선 이용률은 회선의 대역폭을 기준으로 회선의 유통 바이트량을 백분율로 구한다[13]. 패킷 폐기율은 전체 출력 패킷(출력 유니캐스트 패킷 + 출력 비유니캐스트 패킷)을 기준으로 출력 폐기 패킷의 백분율로 구한다[13]. 이 논문에서는 회선 이용률과 패킷 폐기율에 대한 임계치를 각각 90%와 50%로 가정한다. 이는 선행 연구[18]에서 얻은 결과를 바탕으로 한 것이다. 이 실험에서는 회선 이용

률과 패킷 폐기율의 변화를 정밀하게 관찰하기 위해 폴링 주기를 5초로 설정하였다.

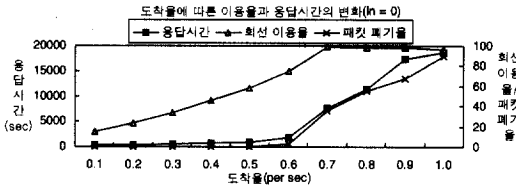
3. 실험 결과 및 고찰

<표 5>, (그림 3), (그림 4)는 인라인 이미지를 포함하지 않은 조건 하에서 수집된 데이터이다. <표 5>에서 첫번째 열은 Web 세션 도착율을 나타내고, 두번째 열은 각 세션 도착율에 따라 생성된 패킷의 응답시간에 대한 평균과 표준 편차를 나타낸다. 세번째 열은 회선 이용률 평균과 표준 편차를 나타내고, 네번째 열은 패킷 폐기율을 나타낸다. 테이블에서 청색으로 표시된

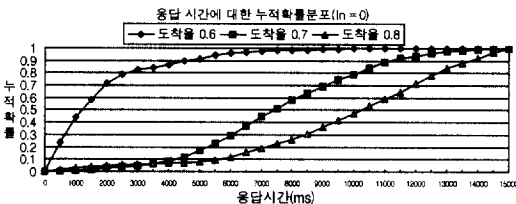
<표 5> 도착율에 따른 응답시간과 이용률의 변화 (Hs = 5K, Is = 3K, In = 0)

	도착율 (per sec)	응답시간(ms)		이용률(%)		패킷 폐기율(%)
		AVG	STDEV	AVG	STDEV	
청색	0.1	567	590	14.58	15.52	0
	0.2	459	278	23.44	26.85	0
	0.3	491	282	33.49	24.20	0
	0.4	583	511	35.49	27.20	0
	0.5	3019	699	63.12	23.51	61.6
황색	0.6	1520	1814	74.45	27.31	2.43
	0.7	7720	3192	95.72	6.28	35.86
적색						

행은 회선 이용율이 90% 이하이면서, 응답시간이 10초 이하임을 나타낸다. 그리고, 황색으로 표시된 행은 이용율이 90% 이상이면서, 응답시간이 10초 이하임을 나타낸다. 마지막으로 적색으로 표시된 행은 이용율이 90% 이상이고, 응답시간이 10초 이상임을 나타낸다.



(그림 3) 도착율에 따른 이용율과 응답시간의 변화 (Hs = 5K, ls = 3K, ln = 0)



(그림 4) 응답시간에 대한 누적확률분포 (Hs = 5K, ls = 3K, ln = 0)

(그림 3)은 응답시간과 회선 이용율 및 패킷 폐기율의 관계를 보다 직관적으로 이해할 수 있도록 <표 5>를 그래프로 표현한 것이다. <표 5>와 (그림 3)으로부터 몇 가지 사실을 관찰할 수 있다. 첫째, Web 세션 도착율이 0.6 이하에서는 회선 이용율이 도착율과 비례해서 증가함에도 불구하고, 응답시간은 변화가 거의 없다. 따라서, 한계 응답시간 이내에 Web 서비스를 제공하기에 회선 대역폭이 충분하다고 판단할 수 있다. 둘째, 도착율이 0.7일 경우, 회선 이용율이 포화상태(95.72%)에 이르면서 응답시간에 현저한 변화가 발생하고(도착율 0.6에서의 응답시간 보다 5.9초 증가), 동시에 폐기 패킷이 현저히 증가했다(도착율 0.6에서의 패킷 폐기율 보다 33.37% 증가). 응답시간의 현저한 증가 원인은 패킷 폐기율이 증가되면서 TCP 재전송 메커니즘에 의해 HTTP 메시지가 재전송 되기 때문인 것으로 분석된다. 셋째, 도착율이 0.8을 넘어서면서 회선 이용율은 포화상태로 유지되고, 패킷 폐기율도 50% 이상을 넘어서면서 응답시간과 패킷 폐기율은 계속 증가한다.

(그림 4)는 도착율이 0.6, 0.7, 0.8일 경우의 응답시간

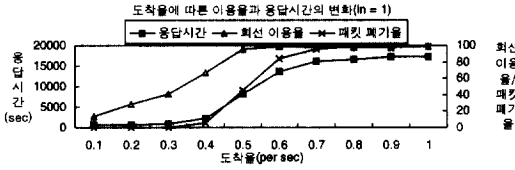
에 대한 누적 확률 분포를 나타낸 것이다. 도착율이 0.6일 경우 응답시간이 10초 이내에 들어올 확률은 0.99이고, 도착율 0.7과 0.8에 대해서는 확률이 각각 0.78, 0.47이다.

위 사실로부터 Hs가 5000 바이트, ln가 0인 Web 사이트의 경우, 56Kbps의 인터넷 회선에서 평균 10초 이내의 응답시간으로 서비스를 제공할 수 있는 Web 세션 도착율의 임계치를 0.7로 판단한다. 다르게 표현하면, 이미지를 포함하지 않고 평균 HTML 문서 크기가 5000 바이트인 Web 사이트를 설계할 경우, Web 세션 도착율 0.7에 대해 평균 10초 이내의 응답시간으로 서비스를 제공하고자 한다면, 56Kbps의 대역폭이면 충분하다고 판단한다. HTML 문서에 인라인 이미지가 포함된 경우에 대해 수집된 데이터는 부록에 나타난다. 이 실험의 결과인 <표 5>~<표 9>로부터 임계치 판단 조건은 평균 응답시간이 10초 이하이고, 회선 이용율이 90% 이상이면서, 패킷 폐기율이 50% 이하인 조건을 만족하는 최대의 Web 세션 도착율이다.

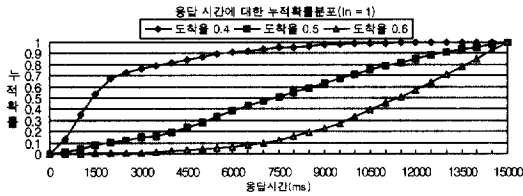
이 논문에서 수집한 자료를 Web 사이트 설계자가 대역폭 결정을 위해 적용하기 위해 우선적으로 Web 서비스 제한 응답시간 내에 서비스 가능한 단위 시간(초, 분, 시간 단위) 당 접속자 수인 λ를 결정해야 한다. 그리고 설계하는 사이트를 구성하는 HTML 문서의 평균 크기(Hs), HTML 문서에 포함된 인라인 이미지의 평균 크기(Is)와 평균 개수(ln)를 결정한다. 이 값이 결정되면 <표 5>~<표 9>와 같은 도착율에 따른 응답시간과 이용율의 변화표를 결정할 수 있다. 그리고 이러한 조건에서 제한 응답시간 내에 서비스가 가능한 최소 대역폭을 선택함으로써 비용 효과적인 인터넷 연결 회선의 대역폭을 결정할 수 있다.

<표 6> 도착율에 따른 응답시간과 이용율의 변화 (Hs = 5K, ls = 3K, ln = 1)

	도착율 (per sec)	응답시간(ms)		이용율(%)		패킷 폐기율(%)
		AVG	STDEV	AVG	STDEV	
청색	0.1	614	291	13.03	17.91	0
	0.2	729	403	28.85	24.87	0
	0.3	931	588	40.46	34.90	0
	0.4	2283	2332	67.41	31.54	5.14
황색	0.5	8111	4820	94.93	15.31	45.12
적색	0.6	15000	10000	100	100	100
	0.7	15000	10000	100	100	100



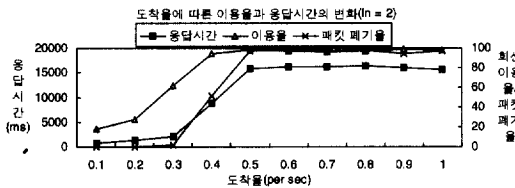
(그림 5) 도착율에 따른 이용율과 응답시간의 변화 (Hs = 5K, Is = 3K, In = 1)



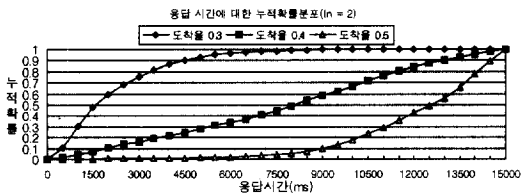
(그림 6) 응답시간에 대한 누적확률분포 (Hs = 5K, Is = 3K, In = 1)

<표 7> 도착율에 따른 응답시간과 이용율의 변화 (Hs = 5K, Is = 3K, In = 2)

	도착율 (per sec)	응답시간(ms)		이용율(%)		패킷 폐기율(%)
		AVG	STDEV	AVG	STDEV	
청색	0.1	340	48	17.83	23.17	0
	0.2	322	310	27.64	30.36	0.10
	0.3	2133	179	61.23	34.22	0.29
황색	0.4	8785	5346	94.66	16.57	41.31
적색						



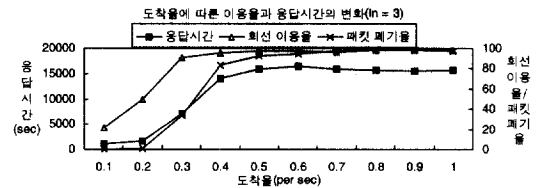
(그림 7) 도착율에 따른 이용율과 응답시간의 변화 (Hs = 5K, Is = 3K, In = 2)



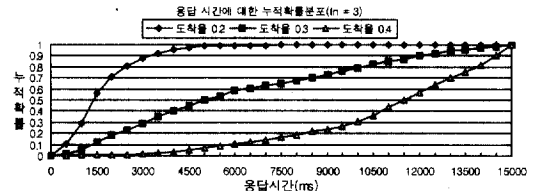
(그림 8) 응답시간에 대한 누적확률분포 (Hs = 5K, Is = 3K, In = 2)

<표 8> 도착율에 따른 응답시간과 이용율의 변화 (Hs = 5K, Is = 3K, In = 3)

	도착율 (per sec)	응답시간(ms)		이용율(%)		패킷 폐기율(%)
		AVG	STDEV	AVG	STDEV	
청색	0.1	122	18	17.83	23.17	0
	0.2	122	18	27.64	30.36	0.10
황색	0.3	7183	320	90.44	21.75	33.71
적색						



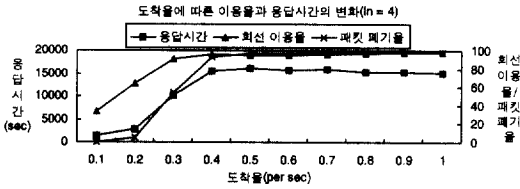
(그림 9) 도착율에 따른 이용율과 응답시간의 변화 (Hs = 5K, Is = 3K, In = 3)



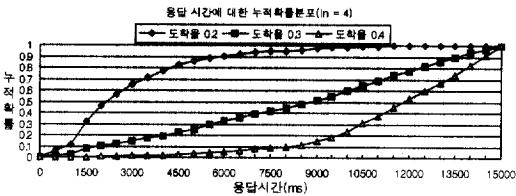
(그림 10) 응답시간에 대한 누적확률분포 (Hs = 5K, Is = 3K, In = 3)

<표 9> 도착율에 따른 응답시간과 이용율의 변화 (Hs = 5K, Is = 3K, In = 4)

	도착율 (per sec)	응답시간(ms)		이용율(%)		패킷 폐기율(%)
		AVG	STDEV	AVG	STDEV	
청색	0.1	165	99	33.24	33.04	0.19
	0.2	205	247	64.11	37.36	5.46
황색	0.3	9164	6235	93.88	22.42	44.428
적색						



(그림 11) 도착율에 따른 이용율과 응답시간의 변화 (Hs = 5K, Is = 3K, ln = 4)



(그림 12) 응답시간에 대한 누적확률분포 (Hs = 5K, Is = 3K, ln = 4)

4. 결 론

이 논문에서는 Web 사이트를 설계할 때 인터넷 연결 회선의 대역폭 결정 문제를 해결하는데 쉽고 편리하게 참조될 수 있는 자료를 마련하고자 하였다. 이를 위해, Web 트래픽을 시뮬레이션하고 HTTP 요청에 대한 응답시간을 측정할 수 있는 패킷 생성기, 회선 이용율과 패킷 폐기율을 측정할 수 있는 데이터 수집기를 각각 JAVA를 이용해 구현하였다. 또한 Web 서비스의 한계 응답시간과 회선 이용율, 패킷 폐기율을 기반으로, 특정 대역폭 회선에서의 Web 세션 도착을 임계치를 구하였다. 이 실험의 결과는, Web 사이트를 설계할 때, 네트워크 용량 계획 전문가 혹은 네트워크 설계 전문가가 아니더라도 인터넷 연결 회선의 대역폭 결정 문제를 쉽게 해결하는데 참조될 수 있을 것으로 기대된다.

이번 연구에서는 다소 열악한 실험 환경으로 인해 실험 조건에 제약이 많은 상태에서 실험이 진행되었다. 따라서, 아쉽게도 이 연구 결과가 적용될 수 있는 범위 또한 제한적이다. 그러나 향후 보다 다양한 장비와 회선(128Kbps, 256Kbps, T1, E1, T3 등)을 마련하여 폭넓은 자료가 확보된다면, 네트워크 전문가가 아니더라도 Web 사이트를 설계할 때, 인터넷 연결 회선에 지나친 비용을 투자한다거나, 사이트 이용자에게 지나치게 오래 기다리게 하는 과오를 미연에 방지하는

데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

다른 한편으로, 이 논문에서는 실측을 통해 시뮬레이션 도구를 이용한 결과보다 더욱 신뢰성 있는 데이터를 수집하고자 하였다. 그러나 실험 환경 자체가 너무 열악하고 제한적이어서 설계 지표로 활용될 수 있을 정도의 폭넓은 데이터를 얻지는 못하였다. 향후 우선적으로 이번 실험과 동일 조건 하에서 시뮬레이션 도구를 통해 수집된 결과와 이번 연구 결과를 비교하여 실측 데이터와 시뮬레이션 데이터의 오차에 대한 분석이 필요하겠다. 그리고 실험 환경의 제약을 피해 다양한 파라미터를 적용한 시뮬레이션 데이터의 수집이 필요하겠다. 이렇게 함으로써 최종적으로는 실측 데이터와 시뮬레이션 데이터의 오차를 보정한 결과를 통해 신뢰성 있고 폭넓게 적용 가능한 설계 지표를 마련할 수 있을 것이다. 이런 의미에서 이번 연구는 또 다른 의미가 있다고 본다.

참 고 문 헌

- [1] Priscilla Oppenheimer, "Top-Down Network Design," Macmillan Technical Publishing, 1999.
- [2] Laura Chappell, "Introduction to Cisco Router Configuration," Cisco Press, 1999.
- [3] William Stallings, "SNMP, SNMPv2, SNMPv3 and RMON 1 and 2," Addison-Wesley, 1999.
- [4] Michael K. Molloy, "Fundamentals of Performance Modeling," Prentice Hall, 1998.
- [5] John Blommers, "Practical Planning for Network Growth," Prentice Hall, 1995.
- [6] Su, C. L., Lu, C. N., Lin, M. C., "Wide area network performance study of a distribution management system," Transmission and Distribution Conference, 1999 IEEE, Vol.1, pp.136-141, 1999.
- [7] Jerkins, J. L. ; Wang, J. L., "A close look at traffic measurements from packet networks," Global Telecommunications Conference, 1998. GLOBECOM 1998. The Bridge to Global Integration. IEEE, Vol.4, pp.2405-2411, 1998.
- [8] Heidemann, J., Obraczka, K., Touch, J., "Modeling the performance of HTTP over several transport protocols," Networking, IEEE/ACM Transactions on, Vol.5, Issue : 5, pp.616-630, Oct. 1997.

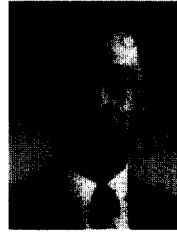
- [9] Crovella, M. E., Bestavros, A., "Self-similarity in World Wide Web traffic : evidence and possible causes," Networking, IEEE/ACM Transactions on, Vol.5, Issue : 6, pp.835-846, Dec. 1997.
- [10] Prefect, F., Doan, L., Gold, S. Wicki, Th. ; Wilcke, W., "Performance limiting factors in http(Web) server operations," Compccon '96. 'Technologies for the Information Superhighway', Digest of Papers, pp. 267-272, 1996.
- [11] Sedayao, J., "World Wide Web network traffic patterns," Compccon '95. 'Technologies for the Information Superhighway', Digest of Papers., pp.8-12, 1995.
- [12] 홍원택, 최영수, 정진욱, "효율적인 성능관리를 위한 TCP/IP 네트워크 이용률 예측에 관한 연구", 한국정보처리학회 추계학술발표논문집, 1998.
- [13] 안성진, 정진욱, "SNMP MIB-II를 이용한 인터넷 분석 파라미터 계산 알고리즘에 관한 연구", 정보처리학회, 제5권 제8호, pp.2102-2116, 1998.
- [14] Anja Feldmann, "Web Peformance Characterization," <http://www.research.att.com/~anja>, 1999.
- [15] Jakob Nielsen, "The Need for Speed," <http://www.useit.com/alertbox/9703a.html>, 1997.
- [16] Jakob Nielsen, "Response Times : The Three Important Limits," <http://www.useit.com/papers/responsetime.html>, 1994.
- [17] 김철, 김영탁, "IP-over-ATM 체계의 Internet Traffic에 대한 Self-Similarity 특성 분석", 통신학회 하계종합학술대회, 1999.
- [18] 서상현, 최영수, 정진욱, "실측 데이터를 통한 네트워크 선로 이용률과 응답시간의 관계 분석", 정보처리학회 춘계학술발표대회, 2000.



서 상 현

e-mail : shseo@songgang.skku.ac.kr
 1999년 성균관대학교 정보공학과 졸업(학사)
 1999년~현재 성균관대학교 전기 전자 및 컴퓨터공학부 대학원 석사과정

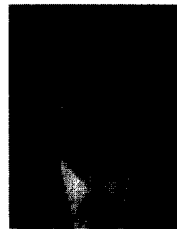
관심분야 : 응용 서비스 관리, 네트워크 관리



최 영 수

e-mail : yschoi@songgang.skku.ac.kr
 1988년 성균관대학교 정보공학과 졸업(학사)
 1997년 성균관대학교 대학원 정보공학과 졸업(석사)
 2000년 성균관대학교 대학원 전기 전자 및 컴퓨터공학부 박사과정

1991~1993년 삼성 SDS 정보통신추진실 근무
 관심분야 : 네트워크 관리, 인터넷 응용 서비스, 초고속 통신망



안 성 진

e-mail : sjahn@comedu.skku.ac.kr
 1988년 성균관대학교 정보공학과 졸업(학사)
 1990년 성균관대학교 대학원 정보공학과 졸업(석사)
 1998년 성균관대학교 대학원 정보공학과 졸업(박사)

1990년~1995년 한국전자통신연구원 연구 전산망 개발실 연구원

1996년 정보통신 기술사 자격 취득
 1999년~현재 성균관대학교 컴퓨터교육과 전임강사
 관심분야 : 네트워크 관리, 트래픽 분석, 보안 관리



정 진 욱

e-mail : jwchung@songgang.skku.ac.kr
 1974년 성균관대학교 전기공학과 학사
 1979년 성균관대학교 대학원 전자공학과 석사
 1991년 서울대학교 대학원 계산통계학과 박사

1982년~1985년 한국과학기술 연구소 실장
 1981년~1982년 Racal Milgo Co. 직원연구원
 1985년~현재 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수

관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 네트워크 관리, 네트워크 보안