이더넷 장비의 단대단 성능시험 방법론

김용선*

*한국전자통신연구원

A Methodology for End-to-end Performance Testing of Ethernet Equipments

Yong-Sun Kim*

*ETRI

E-mail : yskim@netc.etri.re.kr

요 약

본 논문에서는 이더넷 장비의 단대단(End-to-end) 성능시험에 기반한 시험 방법론을 기술하고 이것을 이용하여 실제로 이더넷 허브를 시험한 결과를 제시한다. 시험대상장비에 입력과 출력을 통해 장비만의 성능을 측정하는 방법과 달리 클라이언트-서버모델 기반의 단대단 성능시험은 시험대상장비에 연결된 사용자의 입장에서 장비의 성능을 측정하므로 사용자 관점에서 객관적이고 직관적인 비교 데이터를 제시해줄 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 단일 네트워크 장비, 특히 이더넷 장비의 성능시험에 이러한 클라이언트-서버 모델을 적용하기 위해 여러 가지 사용자 응용, 예를 들면 파일 업로드(File Upload), 파일 다운로드(File Download), 질의(Inquiry), 신용 확인(Credit Check) 등을 수행할 때 처리율(Throughput)이나 응답시간(Response Time)을 측정하여 결과를 분석한다. 그리고 본 논문에서는 단대단 성능평가 방법론과 함께 시험대상 장비만의 처리율을 측정하여 단대단 성능평가의 단점을 보완하는 방법도 제시한다.

Ⅰ. 서론

네트워크 장비에 대한 공정한 시험은 장비생산 업체나 수요자 모두에게 책임감과 신뢰감을 가지게 하는 기반이 되어 네트워크 장비의 질적 성장을 유도할 수 있다. 또한 새로운 네트워크 장비의 출현은 새로운 시험 방법론의 연구를 요구하고 있기 때문에 이들은 서로 상호보완의 관계에 있게 된다. 본 논문에서는 단일 네트워크 장비, 특히 이더넷 장비의 성능시험에 클라이언트-서버 모델을 적용하기 위해 여러 가지 사용자 응용, 예를 들면 파일 업로드, 파일 다운로드, 질의, 신용 확인, 데이터베이스 갱신 등을 수행할 때 처리율이나 응답시간을 측정하여 결과를 분석한다. 또한 단대단 성능평가 방법론과 함께 시험대상 장비만의 처리율을 측정하여 단대단 성능평가의 단점을 보완하는 방법도 제시한다. 본 논문의 성능시험은 IETF RFC1242[1], RFC1944[2], RFC2285[3]에서 정의되어 있는 성능평가(Benchmarking)에 필요한 성능시험 요소를 포함하고 있다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서는 단대단 성능시험을 위한 시험환경 구성 및 방법론에 대해 기술하고 Ⅲ장에서는 실제로 이더넷 허브를 시험대상장비로 하는 단대단 성능시험과 함께 시험대상 장비만의 시험을 수행하여 그 결과를 비교 분석한 후 Ⅳ장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 시험환경 구성 및 방법론

2.1 단대단 성능시험 환경 구성

네트워크 사용자가 자신의 단말을 이용하여 파일을 서버로부터 다운로드 받거나 파일 백업 서버로 파일을 업로드하거나 데이터베이스에 정보를 갱신하는 등의 작업을 수행할 때 사용자에게는 직접적으로 보이지는 않지만 네트워크에 연결된 여러 종류의 네트워크 장비를 거쳐야만 한다. 예를 들면 이더넷의 경우, 먼저 사용자 단말의 이더넷 NIC(Network Interface Card), 허브, 스위치, 라우터 등을 거쳐야 서버에 접속할 수 있게된다. 이러한 네트워크에 연결된 장비들 각각에 대한 일반적인 입력과 출력을 이용하여 측정된 처리율, 지연 등의 성능은 실제 사용자가 느끼는 성능과 차이가 크거나 동떨어질 수 있다. 그리고 네트워크에 연결된 상태에서 클라이언트-서버 모델의 단대단 성능시험은 네트워크 장비에 대한 성능이라고 하기보다는 네트워크 자체에 대한 성능이 될 수 있고, 실제망에서 시험할 경우 망의 부하라든가 망에 연결된 사용자의 수 등이 일정하지 않아 객관적인 결과를 얻기가 힘들다.

본 논문에서는 단일 네트워크 장비, 특히 이더넷 장비의 성능시험에 이러한 클라이언트-서버 모델을 적용하여 각 장비가 사용자 입장에서 얼마만큼의 성능을 보이는 지를 측정하게 된다. 이러한 성능시험을 하기 위해서는 그림 1에서 보는 바와 같이 시험대상장비에 사용자 단말을 로컬로 연결해야한다. 왜냐하면 다른 외부의 영향이 없는 상태에서 클라이언트-서버 모델의 단대단 성능을 측정해야 객관적으로 다른 시험대상장비와 비교할 수 있기 때문이다.

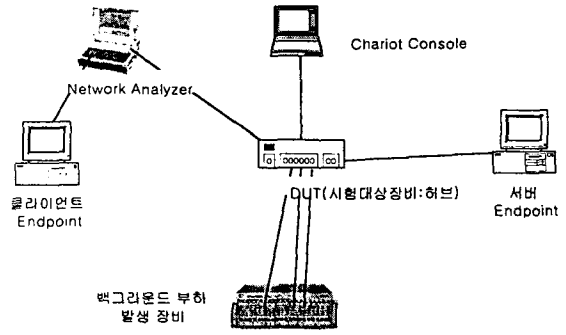

그림 1. 단대단 성능시험 환경구성

2.2 단대단 성능시험 방법론

본 논문에서는 이러한 로컬로 구성된 망에서 클라이언트-서버 기능을 에뮬레이트하기 위해 Ganymede Software Inc 의 Chariot Version 2.2 라는 시험용 프로그램을 사용하였다 [4]. 이 프로그램은 크게 데이터를 수집하여 결과를 보여주는 Console 프로그램과 실제로 사용자 단말에서 클라이언트와 서버 역할을 수행하는 Endpoint 프로그램으로 구성된다. Endpoint 프로그램은 사전에 공식적인 검증을 받은 스크립트를 이용하여 파일 업로드, 파일 다운로드, 신용 확인, 질의 등의 사용자 응용을 에뮬레이트하게 된다. 표 1은 대표적으로 시험에 사용되는 스크립트의 동작을 설명하고 있다.

표 1. 성능시험에 사용되는 스크립트에 대한 설명

스크립트의 종류	설명
파일 업로드	클라이언트는 서버에게 특정 크기의 파일을 업로드하고 확인(Confirmation) 메시지를 받는다.
파일 다운로드	클라이언트는 서버에게 파일을 요청하고 서버로부터 요청한 크기의 파일을 다운로드한다.
질의	클라이언트는 서버에게 Request(100bytes)를 보내고 서버는 이에 대한 응답으로 클라이언트에게 Reply(100bytes)를 보낸다.
신용 확인	클라이언트가 하나의 Record(100bytes)를 서버에게 보내면 서버는 그 Record를 받고 그에 대한 응답으로 확인(Confirmation) 메시지를 되돌려준다. 클라이언트가 서버에게 신용확인을 요청하고 서버는 이에 대한 승인을 해주는 스크립트이다.

시험대상장비인 허브에 실제망에서처럼 측정하고자 하는 사용자 트래픽외에 다른 목적지 주소를 가지는 트래픽, 즉 백그라운드 트래픽(Background Traffic)을 만들어 내기 위해 트래픽 생성 및 분석 장비인 Netcom Systems의 SmartBits 2000 이라는 장비를 사용한다. SmartBits 2000의 포트 1과 포트 2에서 허브를 거쳐 포트 3으로 트래픽을 전송하도록 설정하고 포트 1과 포트 2의 부하(Load)를 10%, 20%, 30%, 40%로 증가시켜 가면서 시험을 반복 수행한다. 본 시험에서는 이와 같은 포트 1과 포트 2로부터 생성되는 부하를 20%, 40%, 60%, 80%의 백그라운드 부하(Background load)로 매핑하여 사용하였음을 밝혀둔다. 허브는 기본적으로 자신으로 입력된 데이터를 자신을 제외한 모든 포트로 전달하는 기능을 가지므로 이와 같이 포트 1과 포트 2에서 포트 3으로 트래픽을 전달할 경우 그들간에도 충돌이 발생할 수 있다. 이에 대해 각 부하별로 시험을 하였으며 그 세부 결과, 즉 각 포트별로 전송된 프레임수, 수신된 프레임수, 충돌이 일어난 프레임수, 프레임 손실율 등의 결과는 생략하고 최종 매핑결과를 표 2에 나타내었다.

표 2. Utilization (백그라운드 부하와의 매핑관계)

Load(Port1,2)(%)	10		20		30		40		50	
Frame Size(bytes)	64	1518	64	1518	64	1518	64	1518	64	1518
Utilization(%)	20.0	20.0	40.0	40.0	60.0	60.0	79.9	80.0	86.5	99.0

표 2에서 Utilization(%)은 실제로 시험대상장비를 통과하는 트래픽이 링크를 점유하고 있는 비율을 나타낸다. 이 값은 Network Analyzer인 HP Internet Advisor에 의해 측정되었다. 표 2의 결과로부터 부하가 10%~40%일 경우 Utilization은 20%~80%가 됨을 알 수 있다. 그러므로 이 값은 Chariot 2.2를 이용한 처리율, 응답시간 측정 시 백그라운드 부하로 이용된다.(단, 50%이상이 될 경우 충돌이 많이 발생하여 64 byte 프레임의 경우 Utilization이 86.5가 됨을 알 수 있다.) 이와 같은 환경은 부하가 증가함에 따라 충돌이 증가함을 보여주고 있어 실제의 백그라운드 트래픽 환경을 모델링하여 줄 수 있다. 그리고 각 시험마다 이더넷의 경우 가장 작은 프레임 크기인 64 bytes를 가지는 백그라운드 트래픽과 가장 큰 프레임 크기인 1518 bytes 백그라운드 트래픽을 사용하여 그들간의 결과를 비교한다.

Ⅲ. 이더넷 허브 성능시험 수행 및 결과 분석

본 장에서는 Ⅱ장에서 제시한 단대단 성능시험 환경구성 및 방법을 이용하여 실제로 100 Mbps 속도의 이더넷 허브의 성능시험을 수행하고 그 결과를 분석한다. Ⅱ장에서 설명했던 Chariot Version 2.2 프로그램을 이용하여 파일 업로드, 파일 다운로드, 질의, 신용 확인의 총 4가지 형태의 클라이언트-서버 응용에 대해 성능시험을 수행한다. 그리고 이의 단점을 보완한 시험대상장비만의 성능시험도 수행하여 그 결과를 제시한다.

3.1 파일 업로드 처리율 성능시험

이 절의 성능시험에서는 그림 1과 같은 환경에서 클라이언트가 파일을 서버로 업로드할 경우 파일의 크기를 100 Kbytes, 1M bytes, 10 Mbytes로 변화시켜가면서 백그라운드 부하를 64 bytes 프레임과 1518 bytes 프레임 각각에 대해 20%, 40%, 60%, 80%로 하였을 때 허브의 처리율(Throughput)을 측정하였다. 여기서 처리율은 다음과 같이 정의된다.

$$\text{Throughput} = (\text{Bytes_Sent} + \text{Bytes_Received_By_Endpoint_1}) / \text{Measured_Time} \quad (1)$$

식 (1)에서 Endpoint_1은 클라이언트에 해당하며 처리율

은 클라이언트가 보내고 받은 총 데이터를 시험수행시간으로 나눈 값으로 정의됨을 나타낸다. 이 값은 실제 사용자 단말의 사양에 영향을 받을 수 있다. 즉, 이더넷 NIC, CPU 속도, 메인보드의 버스 속도 등이 영향을 미칠 수 있는 요소이다. 될 수 있는 한, 단말의 영향을 최소화하기 위해 클라이언트와 서버 컴퓨터에는 Windows 98을 최소사양으로 설치하였다. CPU는 펜티움 II 400 MHz, 100 Mbps의 버스 속도, NIC는 현재 널리 사용되고 있는 10/100 Ethernet Adapter제품 중에 한가지를 선택하여 사용하였다.

그림 2는 파일 업로드에 대한 시험대상장비인 100M 허브의 처리율 성능시험 결과이다.

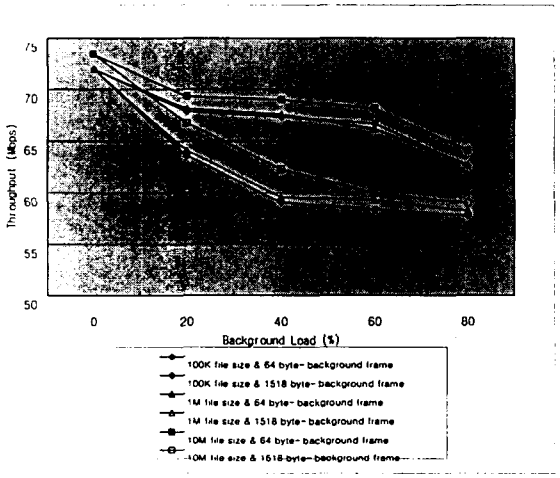

그림 2. End-to-end Throughput for File Upload(Mbps)

그림 2로부터 파일크기가 클수록, 그리고 백그라운드 부하가 작을수록 측정하고자 하는 처리율은 증가함을 알 수 있다. (TCP에서는 처음으로 File을 보내고 나서 상대편으로부터 응답이 올 때까지 대기하게 된다. 그러므로 파일 크기가 클수록 이러한 대기 시간이 상대적으로 줄어들게 되어 더 나은 처리율을 보이게 된다.) 또한 백그라운드 부하의 프레임 크기가 64bytes인 경우가 1518bytes 인 경우 보다 더 나은 처리율을 보이고 있다. 이것은 백그라운드 부하의 프레임 크기가 클수록 공유매체의 점유율이 커짐을 의미한다. (보다 긴 프레임이 전송될 경우 Endpoint는 보다 긴 시간동안 대기상태에 있기 때문에 처리율이 떨어지게 된다.)

3.2 파일 다운로드 처리율 성능시험

이 절의 성능시험은 3.1절의 시험과 반대의 경우로 역시 그림 1과 같은 환경에서 클라이언트가 파일을 서버로부터 다운로드할 경우 파일의 크기를 100 Kbytes, 1M bytes, 10 Mbytes로 변화시켜가면서 백그라운드 부하를 64 bytes 프레임과 1518 bytes 프레임 각각에 대해 20%, 40%, 60%, 80%로 하였을 때 허브의 처리율을 측정하였다. 그림 3은 이 시험에 대한 결과이다.

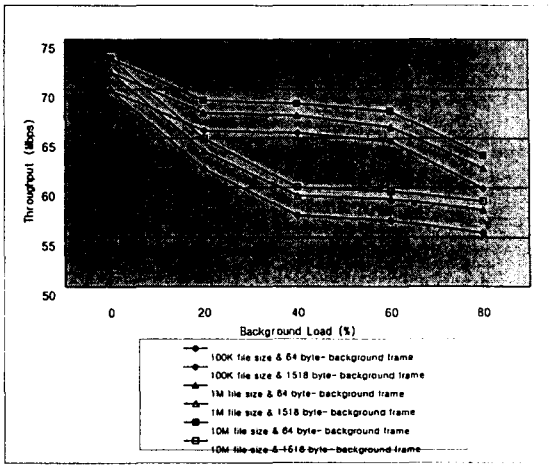

그림 3. End-to-end Throughput for File Download(Mbps)

그림 3으로부터 파일 업로드의 경우와 비슷하게 파일크기가 클수록, 그리고 백그라운드 부하가 작을수록 측정하고자 하는 처리율은 증가함을 알 수 있다. 역시 백그라운드 부하의 프레임 크기가 64bytes인 경우가 1518bytes 인 경우 보다 더 나은 처리율을 보이고 있다.

3.3 질의 응답시간 성능시험

이 절의 성능시험에서는 그림 1과 같은 환경에서 클라이언트가 서버에게 질의할 경우 서버로부터의 응답시간을 측정한다. 백그라운드 부하를 64 bytes 프레임과 1518 bytes 프레임 각각에 대해 20%, 40%, 60%, 80%로 증가 시켜가면서 응답시간을 측정하였다. 여기서 응답시간은 다음과 같이 정의된다.

Response Time = Measured_Time / Transaction_Count (2)

식 (2)에서 응답시간은 총 시험 수행시간을 질의가 일어난 횟수로 나눈 값으로 정의됨을 알 수 있다. 이것은 곧 한 번의 질의가 일어나는 데 걸리는 평균 시간이라고 볼 수 있다. 여기서 Transaction이란 질의가 수행되기 위해 클라이언트와 서버간에 필요한 일련의 행위(서로간에 정해진 메시지를 주고받는 등의 행위)라고 볼 수 있다. 그림 4는 질의에 대한 시험대상장비인 100M 허브의 응답시간 성능시험 결과이다.

그림 4로부터 백그라운드 부하가 커질수록 대체적으로 측정하고자 하는 Endpoint Pair의 평균 응답시간이 증가함을 알 수 있다. 또한 백그라운드 부하의 프레임 크기가 64 bytes인 경우가 1518 bytes 인 경우 보다 대체로 더 작은 평균 응답시간을 보이고 있다. 이것은 백그라운드 부하의 프레임 크기가 클수록 공유매체의 점유율이 커짐을 의미한다. (보다 긴 프레임이 전송될 경우 Endpoint는 보다 긴 시간동안 대기상태에 있기 때문에 응답시간이 떨어지게 된다.)

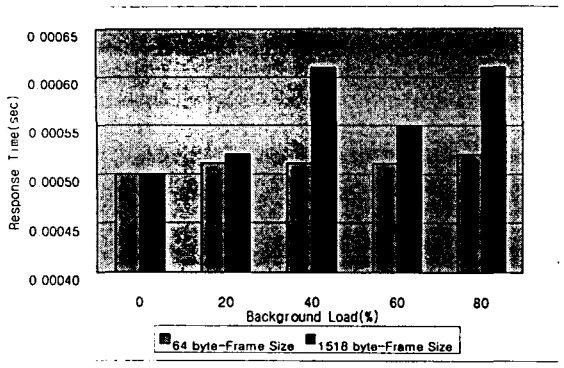

그림 4. End-to-End Response Time for Inquiry

3.4 신용 확인 응답시간 성능시험

이 절의 성능시험에서는 그림 1과 같은 환경에서 클라이언트가 신용에 대한 정보를 서버에게 요청하면 서버가 그에 대한 확인메시지를 다시 클라이언트에게 보낼 때 서버로부터의 응답시간을 측정한다. 백그라운드 부하를 64 bytes 프레임과 1518 bytes 프레임 각각에 대해 20%, 40%, 60%, 80%로 증가 시켜가면서 응답시간을 측정하였다. 그림 5는 신용 확인에 대한 시험대상장비인 100M 허브의 응답시간 성능시험 결과이다.

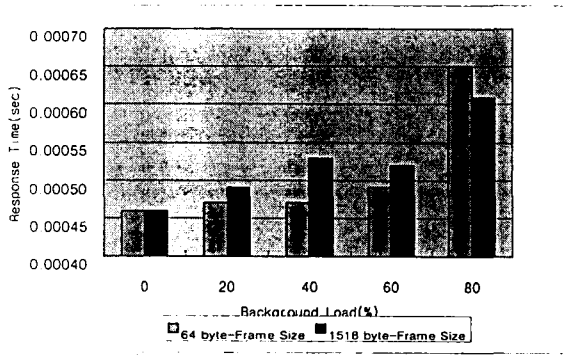

그림 5. End-to-End Response Time for Credit Check

그림 5에로부터 백그라운드 부하가 커질수록 대체적으로 측정하고자 하는 Endpoint Pair의 평균 응답시간이 증가함을 알 수 있다. 또한 백그라운드 부하의 프레임 크기가 64 bytes인 경우가 1518 bytes 인 경우 보다 대체로 더 작은 평균 응답시간을 보이고 있다.

3.5 시험대상장비 자체에 대한 처리율 성능시험

이 절의 성능시험에서는 단대단 성능시험의 단점, 즉 장비의 성능이 단말에 민감하다는 단점을 보완하기 위하여 시험대상장비 자체만을 시험하였다. 이 시험에서는 Netcom SmartBits 2000을 이용하여 시험대상장비인 허브의 한 포트에서 다른 한 포트로의 전송을 시도하여 처리율을 측정한다. 그림 6은 이에 대한 처리율을 보여준다.

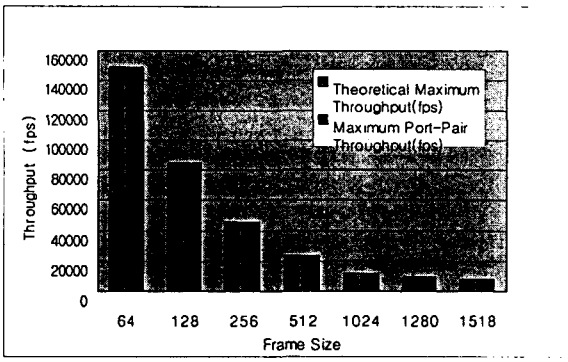

그림 6. Throughput in One 1-to-1 100M Hub

그림 6의 경우 이론적인 처리율과 실제 처리율이 같음을 알 수 있다. 여기에서 시험대상장비인 허브에 프레임의 길이를 달리하여 초당 몇 프레임을 전송할 수 있는가를 측정하였다. 이론적인 처리율에 대한 계산은 RFC1944[2], RFC2285[3]를 참조한다. 이더넷 스위치의 경우는 N개의 포트에 대해 이와 같은 성능시험을 수행할 수 있으며 이 경우 실험치는 스위치에 성능에 따라 다른 값을 가진다. 이에 대한 시험은 현재 진행 중에 있다.

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 클라이언트-서버 모델을 이용하여 단대단으로 이더넷 장비의 성능시험을 수행하는 시험 방법론을 기술하고 실제로 이더넷 허브를 시험하기 위해 파일 업로드(File Upload), 파일 다운로드, 질의, 신용 확인 등의 사용자 응용을 수행할 때 처리율이나 응답시간을 측정하여 결과를 분석했다. 처리율 성능시험을 통해 파일크기가 클수록, 그리고 백그라운드 부하가 작을수록 측정하고자 하는 처리율은 증가하고 프레임의 크기가 작은 경우에 처리율이 높았음을 알 수 있었다. 그리고 응답시간 성능시험을 통해 백그라운드 부하가 커질수록 백그라운드 부하의 프레임 크기가 작을수록 대체로 더 작은 평균 응답시간을 보여줌을 알 수 있었다. 그리고 단대단 성능시험의 단점을 보완하기 위한 시험대상장비 자체에 대한 간단한 처리율 시험을 하였다. 추후에는 이러한 단대단 성능시험을 이더넷 스위치나 무선 LAN 등에 적용할 계획이며 시험대상장비 자체에 대한 시험도 다른 네트워크장비에 적용하여 시험할 계획에 있다.

참고문헌

[1] RFC 1242, "Benchmarking Terminology for Network Interconnection Devices," IETF, July 1991.

[2] RFC 1944, "Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices," IETF, May 1996.

[3] RFC 2285, "Benchmarking Terminology for LAN Switching Devices," IETF, Feb. 1998.

[4] "Chariot User Guide Version 2.2," Ganymede Software Inc., 1995-1998.