

웹 서버의 NIC 버퍼 사이즈가 LAN 성능에 미치는 영향

The Effect of NIC Buffer Size of Web Server on the Performance of LAN

金鎮喜*, 辛凡錫*, 權景熙*

Jin-Hee Kim*, Bum-Suk Sin*, Kyung-Hee Kwon*

요 약

네트워크의 성능 향상에 영향을 미치는 여러 요소 중에서, 본 연구에서는 NIC(Network Interface Card) 버퍼 사이즈(Buffer Size)가 웹 서버와 LAN(Local Area Network)에 어떤 영향을 미치는지를 분석하였다. 버퍼 사이즈의 조절을 통해서 내부 네트워크의 패킷 분실율, 처리량, RTT(Round Trip Time), 수신율의 변화를 NS-2를 사용하여 시뮬레이션 해보고 그 결과를 비교하여 이더넷(Ethernet)에서의 웹 트래픽에 미치는 영향을 분석하였다.

Abstract

Among many factors to affect the network performance, this paper analyses how the buffer size of NIC(Network Interface Card) can affect web server and LAN(Local Area Network).

We use the ns-2 which is defacto network simulation tool to observe the changes in drop rate, throughput, RTT(Round Trip Time), effective throughput depending on varying buffer sizes. And we analyse the effect of NIC buffer size on the web traffic in Ethernet.

keyword : NIC, buffer size, RTT, 처리량(throughput), 분실율(drop rate)

1. 서론

통신에 사용되는 프로토콜은 각각의 기능에 따라 네트워크의 전체 성능에 많은 영향을 미치게 된다. 데이터 링크(Data Link) 계층도 네트워크의 성능에 미치

는 영향은 크다고 볼 수 있으나 상대적으로 그에 대한 연구는 미미한 수준이다. NIC(Network Interface Card) 칩 셋(Chip Set)에서의 버퍼 사이즈 (Buffer Size)나 MTU(Maximum Transmission Unit: 최대전송 단위), 지원하는 통신방식이 전이중 통신인지 반이중 통신인지, 그리고 네트워크 드라이버의 품질, 1500바이트 이상의 대형 패킷(Packet)을 지원하는지 아닌지는 네트워크의 성능에 큰 영향을 미친다. 이중에서도 특히 NIC 칩 셋의 버퍼 사이즈는 대역폭 (Bandwidth) 요구가 많은 웹 서버의 응답 메시지 처리에 많은 영향을 미친다.

TCP/IP에서 NIC는 IP로부터 받은 수백에서 수천 바이트의 데이터를 하나의 패킷(Packet) 단위로 묶어

*檀國大學校 電子計算學科

(Dept.of Computer Science, DanKook Univ.)

※이 연구는 2003학년도 단국대학교 대학 연구비의 지원으로 연구되었습.

接受日:2003年 8月 24日, 修正完了日:2003年 11月 21日

정해진 프로토콜의 표준인 전송속도로 매체를 통해 네트워크로 전송한다. 즉, NIC의 가장 기본적인 기능은 빠른 속도의 패킷을 송수신하는 것이다. 이를 지원하기 위해 제조회사 마다 약간의 차이는 있으나, NIC는 데이터의 입출력과 기본적인 기능을 관장하는 콘트롤 칩(Control Chip), 통신전용 칩과 데이터 저장을 위한 버퍼로 구성되어 있다. 버퍼는 가격에 따라 크기가 다르며 컴퓨터와의 통신은 내부 인터럽트를 이용해 이루어진다.

컴퓨터에서 전송 요구가 발생하면 NIC로 데이터를 일정한 형태로 만들어 보내고 NIC에서는 이 정보를 일단 버퍼에 저장한 다음 직렬로 네트워크로 보낸다. 여기서 네트워크 드라이버라고 하는 소프트웨어가 컴퓨터와 NIC 사이에 패킷을 주고 받게 해 주는데 이때에 버퍼를 필요로 한다. 보통 버퍼는 데이터를 순환 방식으로 저장하기 때문에 링 버퍼라고도 부르는데, 송신용 버퍼가 사용하고 남은 자리를 수신용 버퍼가 사용하며 수신용 버퍼가 일반적으로 더 크다.

웹 트래픽은 그 특성상 다른 트래픽에 비해 클라이언트와 서버 사이에 연결 시간은 짧지만 접속 횟수는 많다. 접속 횟수 만큼이나 서버의 NIC 버퍼에는 많은 클라이언트 측의 요청이 쌓이게 되는데 이 버퍼의 크기가 적으면 클라이언트 측의 요청이 분실되게 된다. 이로 인해 클라이언트 측이 재전송 타임아웃 시간 경과 후에 재요청을 요구하는 패킷을 재전송하게 된다. 이 재요청 패킷은 대역폭을 비경제적으로 낭비한다. 그리고 혼잡(Congestion)과 같은 또 다른 네트워크 문제를 야기하게 된다. 그렇다고 지나치게 큰 버퍼를 할당한다는 것은 또 다른 낭비의 요인이 된다. 이렇게 NIC 버퍼의 크기가 LAN의 성능에 많은 영향을 미치나 여기에 대한 체계적인 연구는 없는 실정이다.

따라서 본 논문에서는 웹 서버의 NIC 버퍼 사이즈가 이더넷(Ethernet)으로 연결된 LAN(Local Area Network)에 미치는 영향을 시뮬레이션을 통해 알아보고자 한다. 시뮬레이션 도구로는 NS-2(Network Simulator-2)를 사용하였으며 NIC 버퍼 사이즈를 조절할 경우 패킷 분실율, 처리량(Throughput), RTT(Round Trip Time), 그리고 수신율의 변화를 통해 네트워크에 어떠한 영향을 미치는지를 조사 및 분석하였다. 패킷 분실율은 버퍼 사이즈의 제약으로 인해 전송된 패킷이 분실되는 것으로 이는 송신원으로 하여금 분실된 패킷을 재전송하게 하므로 패킷 분실율이 커지면 네트워크 성능은 떨어진다. 처리량이란 네트워크로 유입된 데이터의 양을 뜻하며 처리량이 커지면 대역폭

의 사용 효율이 커진다는 의미이지만 지나치게 커지면 트래픽의 혼잡으로 인해 오히려 역효과가 난다. RTT는 응답시간을 나타내며, 수신율은 네트워크에 유입된 총 데이터 양과 서버와 클라이언트에 의해 수신된 데이터의 총량과의 비율이다. 네트워크로 유입된 데이터들은 분실, 오류 또는 장시간의 지연으로 인해 다시 유입될 수 있으며 다시 유입되는 데이터의 양은 프로토콜에 따라 다르다. 따라서 수신율은 대역폭이 얼마나 효율적으로 사용되는가 하는 효율성(Efficiency)의 척도가 될 수 있다.

II. 네트워크의 구성

본 연구에서는 그림 1과 같은 토폴로지의 이더넷(Ethernet)을 구성하여 실험을 진행하였다. 이더넷이라는 용어는 IEEE 802.3을 포함하여 Xerox사에서 개발된 Ethernet Specification을 만족하는 모든 LAN을 지칭하는 용어로 사용된다. Ethernet과 IEEE 802.3은 모두 CSMA/CD 방식을 사용하지만 약간의 차이가 있다. IEEE 802.3은 데이터 링크 계층 중 MAC(Medium Access Control) 계층만 정의하고 LLC(Logical Link Control) 계층은 정의하지 않고 기존 WAN의 데이터 링크 계층의 프로토콜을 사용할 수 있게 한다.

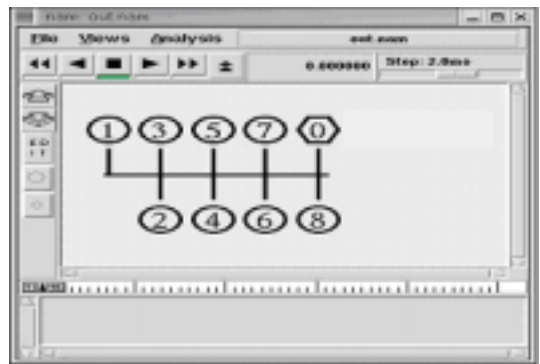


그림 1. 네트워크 토폴로지
Fig. 1. Network topology

LAN의 세부 환경은 [표 1]과 같은 형태로 설정하였다. [표 1]의 Mac Layer의 Mac 802.3은 IEEE 802.3과

꼭 같지는 않지만 CSMA/CD를 사용하는 이더넷이며 NS-2에서 사용하는 이더넷 표준이다.

내부에서의 0번 노드에는 웹 서버가 설치되어 있고, 그외의 모든 노드에는 웹 클라이언트가 설치되어 있다. 그리고 모든 노드는 웹 트래픽을 일정시간 간격으로 시뮬레이션이 끝나는 시간까지 무한정으로 발생시킨다.

표 1. LAN의 세부환경
Table 1. Configuration of LAN

Link	Configuration
Bandwidth	10Mbps
Delay	1ms
Link Layer	LL Type, DropTail
Mac Layer	Mac 802.3
Physical Layer	Channel
Packet Size	1000Byte

III. 시뮬레이션 및 성능분석

3.1 시뮬레이션

본 연구에서는 다음의 세 가지 사실을 가정하였다. 첫째, TCP버전(Version) 중에서, 빠른 재전송과 회복 메커니즘으로 현재 가장 많이 사용하는 TCP/Reno를 사용하였다.

두째, TCP의 동작과정에서 송.수신되어지는 응답신호(ACK;ACKnowledge)의 에러 및 분실율은 0%이다.

셋째, 내부 네트워크의 노드들은 반이중 통신회선에 의해 연결되어 있다.

서론에서 언급하였듯이 웹 서버의 NIC 버퍼 사이즈를 10에서 시작하여 100까지 변화시켜가며, 네트워크 성능의 척도가 될 수 있는 분실율, 처리량, RTT, 그리고 수신율의 변화를 관찰하였다.

본 실험에서는 처리량의 단위가 Mbit/s이며, 버퍼 사이즈는 패킷의 수를 의미 하는데, NS-2에서는 50개가 디폴트로 설정되어 있다.

3.2 네트워크 성능분석

그림 2에서 보는 바와 같이 웹 서버의 NIC 버퍼 사이즈가 70일 때, 분실되는 패킷은 거의 없었다. NIC의 가격이 버퍼 사이즈에 따라 그다지 많은 차이가 나지 않는다는 점을 감안하면 적은 경비로 네트워크의 성능을 높일 수 있다고 볼 수 있다.

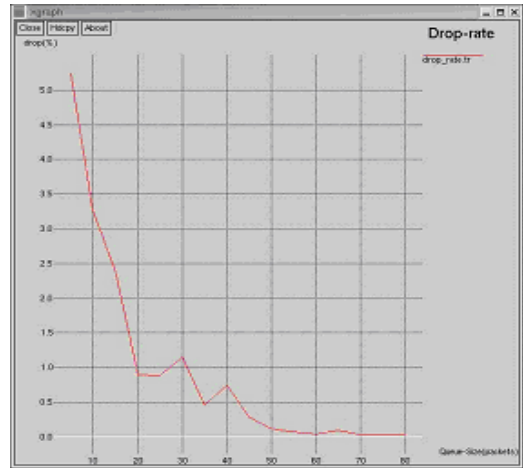


그림 2. 분실율의 변화

Fig. 2. change of drop rate

그림 3은 버퍼 사이즈에 따른 처리량을 보여주고 있다. 비록 분실율이 거의 0%에 가까워지는 버퍼 사이즈 70 근처에서부터 처리량은 매우 안정적으로 변하고 있으나 버퍼 사이즈가 10 에서부터 70 까지는 처리량이 분실율과 거의 관계가 없음을 알 수 있다. 물론 버퍼 사이즈가 처리율에 영향을 미치지만, 그 영향이 웹 트래픽의 특성에 비하면 너무나 미약하다는 것을 말하고 있다. 웹 트래픽은 peak load를 전혀 예상할 수 없는 특성이 있고 NS 에서도 웹 트래픽의 발생 빈도는 난수를 이용하기 때문이다. 따라서 NIC의 버퍼 사이즈는 이더넷의 처리량에는 거의 영향을 미치지 못한다는 것을 알 수 있다.

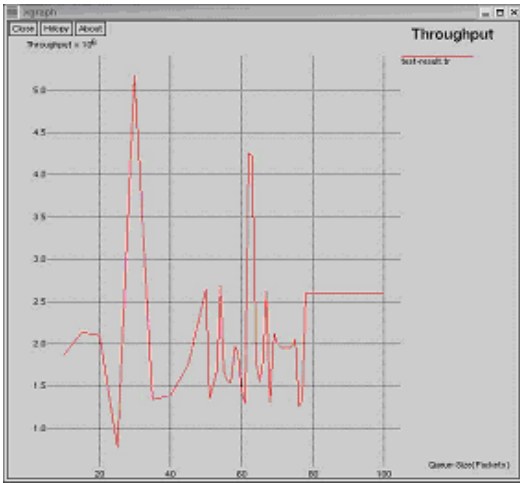


그림 3. 처리량의 변화

Fig. 3. Change of throughput

그림 4는 버퍼 사이즈에 따른 RTT의 변화이다. LAN의 특성 상 모든 노드가 근거리에서 위치하고 있기 때문에 웹 서버의 NIC 버퍼 사이즈는 RTT에 거의 영향을 미치지 못한다.

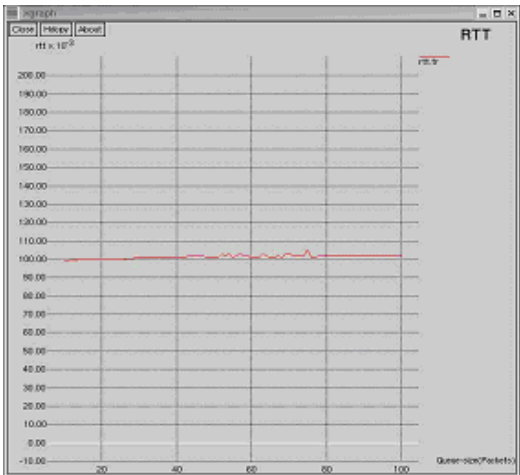


그림 4. RTT의 변화

Fig. 4. Change of RTT

그림 5는 수신율의 변화이다. 수신율은 LAN에 연결된 모든 노드가 수신한 데이터의 총량을 전송한 데이터의 총량으로 나눈 것이다. 그림 3에서 보면 버퍼

사이즈가 30일 때의 처리량이 버퍼 사이즈가 70일 때의 처리량보다 높은 것을 볼 수 있다. 그러나 수신율은 그 반대이다. 즉 대역폭은 버퍼 사이즈가 70일 때, 더욱 효율적으로 이용된다는 의미이다. 그림 5에서 나타난 수신율을 TCP의 관점에서 보면 그 영향이 더욱 크다고 볼 수 있다. TCP에서 흐름제어하는 방식이 Go-Back-N 인지 Selective Reject 인지에 따라 분실된 데이터에 대한 재전송 데이터의 양이 크게 다르기 때문이다.

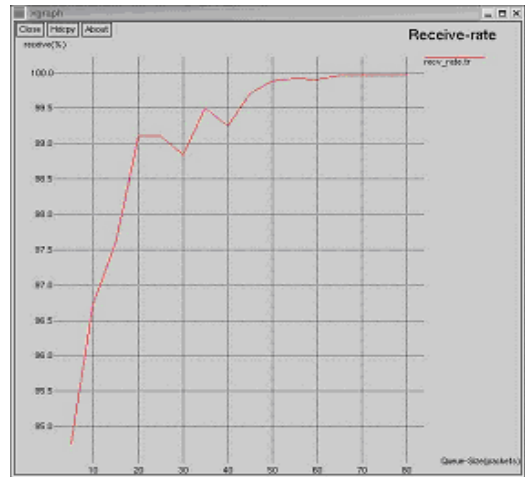


그림 5. 수신율의 변화

Fig 5 Change of receive rate

따라서 TCP의 관점에서는 분실율이 크다고 해서 수신율이 적어지는 반대의 현상이 반드시 일어나는 것은 결코 아니다. 본 연구에서 사용한 TCP Reno는 Go-Back_N을 사용하기 때문에 TCP나 응용 계층에서의 수신율은 그림 5에서 보다 분실율이 높은 버퍼 사이즈에서는 크게 떨어진다.

IV. 결론

데이터 링크 계층에서 네트워크의 성능 향상을 위해 조정할 수 있는 Parameter에는 서론에서 지적한 대로 4가지가 있다. 본 연구에서는 그 중에서 NIC의 버퍼 사이즈가 이더넷의 성능에 미치는 영향을 분실율, 처리량, RTT, 그리고 수신율의 관점에서 분석하였다.

NIC의 버퍼 사이즈는 분실율에는 상당한 영향을 미쳤으나 처리량이나 RTT에 미치는 영향은 미미했다. 처

리량에 미치는 영향이 미미한 것은 웹 트래픽의 특성이 기여하는 부분도 있으며 RTT에 미치는 영향이 미미한 것은 LAN이라는 특성의 기여가 크다고 볼 수 있다.

데이터 분실은 송신원으로 하여금 분실된 데이터를 재전송하며, 또한 재전송된 데이터는 네트워크에 트래픽의 혼잡이라는 또 다른 문제를 야기한다.

NIC는 우리 주변에서 가장 흔히 볼 수 있는 가장 값 싼 네트워킹 부품이다. LAN에 연결된 웹 서버 하나에만 버퍼 사이즈가 큰 NIC를 설치해 줌으로써 그림 5에서처럼 데이터 링크 계층에서 수신율을 5% 높힐 수 있다는 것은 주목해 볼 만하다.

참고문헌

[1] Larry L.Peterson/Bruce S.Davie Computer Networks A systems approach. Morgan Kaufmann
 [2] 김진희, 권경희 □□재전송 타임아웃 간격의 범위 조절에 의한 Web 서버의 성능향상□□, 정보처리학회 추계학술대회, 제 9권 제 2호, 2002
 [3] □□The Network Simulator ns-2□□, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
 [4] "NS by Example", <http://nile.wpi.edu/NS/>
 [5] 권경희, □□Web Engineering□□, 배움터
 [10] W. Richard Stevens, TCP/IP Illustrated, Volume 1 The Protocols, Addison Wesley, 2001
 [6] 박도용, □□무선망에서의 TCP 성능향상 기법에 관한 연구□□, 건국대학교대학원 석사학위 논문, 2002
 [7] Kevin Fall, Kannan Varadhan, □□The ns Manua 1□□, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/doc/Index.html>
 [8] L.Wood, □□Introducing ns", <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/L.Wood/ns/>
 [9] Marc Greis, "ns tutorial", <http://www.isi.edu/nsnam/ns/tutorial>
 [10]Chadi Barakat, Eitan Altman, and Walid Dabbous, "On TCP Performance in a Heterogeneous Network", IEEE Communications Magazine , pp.40-46, Jan.,2000
 [11] Konstantinos Michael Pentikousis, "Error Modeling for TCP Performance Evaluation", Master Thesis, State University of New York at Stony Brook, 2000
 [12]전철완, 권경희 "윈도우 사이즈 조절을 통한 내부

네트워크의 성능향상", 한국정보처리학회 2003 춘계학술대회, 제 10권 제1호, pp 1189 -1192.

[13] James Martin, Local Area Network, Prentice Hall, 1989

저 자 소 개

金鎮喜 (學生會員)



1999년 한국방송통신대학교 전자계산학과(이학사)
 2001년 단국대학교 전자계산학과 컴퓨터과학(이학석사)
 2002년 ~ 단국대학교 전자계산학과 컴퓨터과학(박사과정중)
 관심분야 : 컴퓨터 네트워크, TCP/IP

辛凡錫 (學生會員)



2003년 단국대학교 기초과학부 전자계산학과 (이학사)
 2003년 ~ 현재 단국대학교 전자계산학과 대학원 (석사과정)
 관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 프로토콜

權景熙 (正會員)



1976년 고려대학교 물리학과(이학사)
 1986년 Old Dominion Univ. Dept. of Computer Science(M.S.)
 1992년 Louisiana State Univ. Dept. of Computer Science(Ph.D.)
 1979년 ~ 1984년 산업연구원 연구원

1993년 ~ 현재 단국대학교 부교수

관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 알고리즘 분석 및 설계, 웹공학