

다양한 부하상황에서의 HW L4 스위치와 SW L4 스위치의 성능 비교

임유진, 최은미
한동대학교 정보통신학과
{inppo}@seed.handong.edu, {emchoi}@handong.edu

Performance Comparison of HW and SW L4 Switches in Various Workload

Yoojin Lim, Eunmi Choi
Department of IT, Handong Global University

요 약

HW와 SW L4 스위치를 이용하여 구성된 웹 클러스터 시스템의 특성을 다양한 부하 상황에서 나타나는 성능 결과를 이용하여 비교를 하였다. 성능 평가 단위로 초당 처리하는 Request 들의 수와 각 시스템에서의 스피드업을 이용하였으며, 그 결과는 사용한 L4 스위치와 부하의 특성에 따라 성능의 안정성이나 스피드업의 차이로 나타난다. 적은 크기의 다량의 요청이 있는 부하 상황에서는 HW L4 스위치를 사용하는 것이 뛰어난 성능을 보였고, 서버에 부하를 많이 주는 Request 상황에서는 HW와 SW의 성능 차이가 줄어들게 되었다. 이런 요소를 고려할 때 비용 대 성능 비의 효과적인 웹 클러스터 시스템을 구성할 때 어떠한 스위치를 사용하는 것이 좋을 지에 대한 결정에 주요한 실험 결과를 제공을 하였다.

1. 서론

웹 클러스터 시스템은 같은 서비스를 제공하는 여러 서버들로 하나의 시스템을 구성하며, 사용자들로부터 들어오는 요청들을 서버들의 앞 단에서 L4 스위치를 이용하여 RR (Round-Robin)이나 LC (Least Connection) 등의 부하 분산 알고리즘을 사용하여 서버들에게 나누어서 수행시킴으로써 성능을 높인다. [1] 서버들의 개수를 증가함에 따르는 웹 클러스터 시스템의 성능의 평가를 스피드업(Speed-up)을 이용하여 측정하여, HW L4 스위치와 SW L4 스위치의 특성에 따른 성능을 비교하였다. 또한, 다양한 부하 상황에서 이 두 종류의 L4 스위치의 특성에 따라서 성능의 차이에 대한 비교와 분석을 하였다.

2 장에서는 특성이 다른 대표적인 웹 클러스터 시스템 두 개를 소개하고, 3 장에서는 이 두 스위치에 따라 구성되는 클러스터 시스템의 구조를 보인다. 4 장에서는 가장 많이 사용되는 부하 상황을 소개하며, 5, 6 장에서는 실험 환경과 7 장에서는 결과를 분석하고 결론을 8 장에서 하도록 한다.

2. 하드웨어 L4 스위치 vs. 소프트웨어 L4 스위치

클러스터 시스템을 만들기 위하여 L4 스위치를 사용하여 외부에서 시스템으로 들어오는 트래픽을 제어하여 안 단의 서버에게 할당을 한다. L4 스위치에서는 일반적인 스위치처럼 L2 에서 패킷을 전달하는 대신 L4 에서 패킷의 데이터를 조사하여 패킷을 원하는 컴퓨터로 전달 혹은 거부하는 등 관리자가 원하는 작업을 할 수 있다. 이러한 L4 스위치는 하드웨어 혹은 소프트웨어의 형태로 크게 두 종류로 나누게 된다.

이 논문에서 사용한 하드웨어 형태의 L4 스위치는 Nortel Networks의 Alteon Web Switch AD3(AWS) 제품이다. [2] 이 시스템은 제공하고 있는 WebOS 를 통하여

서버 로드밸런싱 기법을 사용하여 웹 트래픽 관리가 가능하고, 어플리케이션을 지원하며, 안정적인 네트워크 확장을 제공한다. [2] 또한 헬스체크(Health-check), 다양한 모니터링과 글로벌 로드밸런싱을 사용하여 가용성을 높인다. 그리고 방화벽의 역할도 가능하기 때문에 보안성을 제공을 하고 있다.

소프트웨어 형태의 L4 스위치는 Linux Virtual Server(LVS)와 같이 하나의 세그먼트(Segment)내에서 서비스를 제공할 서버들과 함께 있는 로드밸런서에 클러스터링을 가능하게 해주는 어플리케이션을 설치하는 형태이다. 이 논문에서 사용한 LVS의 특징은 리눅스 시스템에서의 로드밸런서를 사용하여 확장성이 높은 클러스터 시스템을 만들었고, 모니터링과 헬스 체크 등 여러 소프트웨어를 사용하여 가용성을 확장하였다. [3]

3. 웹 서버 클러스터의 구성

이 논문에서는 AWS와 LVS, 두 가지의 클러스터 시스템을 사용하였다. 이들은 클라이언트에서 요청된 트래픽이 로드밸런서를 거쳐 실제 서버들에게 전달되는 형태를 가지게 된다.

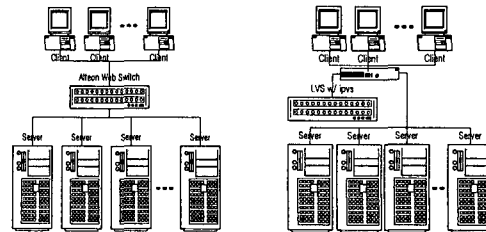


그림 1. AWS 구성도

2. LVS 구성도

AWS는 그림 1과 같은 형태로, AWS가 클라이언트들과 서버들의 사이에 위치하여 스위치의 역할과 로드

밸런서의 역할을 동시에 한다.

그에 비해 LVS 는 그림 2 와 같은 형태로, 웹 요청이 스위치 안쪽으로 들어오면 LVS 의 로드밸런서가 그 요청을 실제서버로 다시 전달하게 된다. 특성에 따라 ARP 문제는 해결 되어있어야 한다.[4]

4. 다양한 부하의 종류

서버에서 제공하는 웹 서비스에 따라 서버에 가중되는 부하의 특성이 달라지게 된다. 이 논문에서 사용된 부하 특성은 다음과 같다.

1) Fine-Grained Request

내용이 매우 작은 문서들을 요청하는 Request 들을 다량 처리하는 부하 상황을 말한다. 서버에서 요청을 처리하는데 사용되는 자원이 가장 적고 네트워크 대역폭을 적게 사용하기 때문에, 일반적으로 어떤 시스템의 최대 연결 개수를 측정하는데 사용된다.

2) Dynamic Memory Request

서버에서 요청을 처리하는데 사용되는 자원이 크고 가변적인 작업을 요청하는 부하를 말한다. 이 때, 하나의 요청에서 주로 사용되는 자원은 메모리로 정한다. 메모리의 할당량이 다른 자원보다 시스템 전체 성능에 큰 영향을 미치기 때문이다.[5]

3) Web-Tree Request

Web-bench 의 standard workload tree 는 보다 정확한 벤치 마크를 위하여 일반적인 웹 부하에 따라 서버에 저장해 놓은 미리 정의된 정적, 동적인 페이지들이다.[6] 일반적인 부하 상황을 표현하기 위한 요청으로 사용 하였다.

5. 성능 평가 방법

웹 클러스터 시스템을 평가할 때는 크게 두 가지 방법이 사용된다. Request 의 총 처리된 개수는 웹 서비스를 제공하는 시스템이 시간당 처리한 요청 수를 나타내며 다른 시스템의 성능 비교치로 많이 쓰인다. 스피드업은 클러스터를 구성하는 서버가 한 대일 때의 Number of request 값과 여러 대일 경우의 Request 총 개수에 대한 비율이다. 일반적으로 스피드업이 이상적인 경우인 선형적인 형태로 증가하지 않는 이유는, 서버의 개수의 증가에 따른 Communication Overhead 와 Task 의 분할 시 Overhead 를 들 수 있으며, 이외에도 L4 단의 스위치에서 Request 할당의 로드밸런서의 문제로 인하여 성능의 증가가 제대로 이뤄지지 않는 것을 고려할 수 있다.

6. 실험 환경 및 세팅

실험에 사용한 클러스터 시스템의 사양과 클라이언트들의 주요 사양, 그리고 환경은 다음과 같다.

AWS 는 Network Address Translation 방식을 사용하고, 100Mbits*8 포트 중 3 포트를 클라이언트들에게 할당한다. LVS 는 ipvs 0.8.0 을 사용하고 Direct Routing 방식을 사용한다. 웹 클러스터 시스템을 구성한 실제 서버들은 Dual CPU(pIII-900MHz * 2)와 Memory (512MB)를, 클라이언트들은 CPU (PIV-1.4GHz)와 Memory(256MB)를 사용한다. 네트워크 대역폭은

100Mbit 이고, 테스트 들은 Web-bench tool[7]과 Perfmon[8]을 사용한다.

각 클러스터 시스템의 스피드업을 보다 정확히 측정하기 위하여 클러스터를 구성하는 서버들을 동종의 것들로 구성하였고, 모든 실험에서의 스피드업 비교치는 서버의 수가 달라지는 각 실험의 최고 성능치의 평균으로 하였다. 이 때, 성능치는 Request/second 로 한다. 또한 Dynamic Memory Request 에서는 ASP file 을 사용하여 요청되는 메모리의 크기나 사용시간을 비교적 정확하게 조절한다.

클라이언트들에 있는 에이전트들을 사용하여 웹 트래픽을 일으키는 Web-bench tool 에서는 여러 파라미터(Parameter)들을 조절하여 한 순간에 일어나는 트래픽의 양을 결정한다.

7. 실험 결과

우선 특성이 일반적인 경우라고 할 수 있는 Webtree 부하 상황에서 AWS 와 LVS 의 성능을, 실제 서버를 늘려가면서 측정하였다.

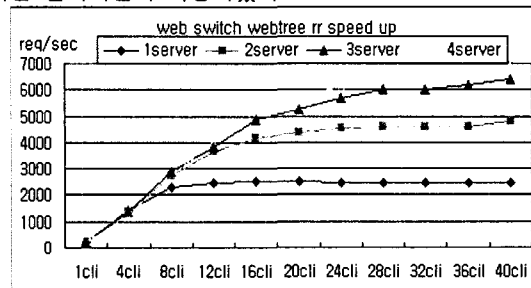


그림 3. Requests/sec of AWS in Webtree

그림 3 은 AWC 가 Webtree 부하상황에서 서버의 개수와는 상관없이 안정적인 Requests/sec 그래프를 보여준다. 이 때, 각 그래프들이 일정 수치에 이르면 더 이상 증가하지 않는다. 그 이유는 각 서버에서 Perfmon 을 사용하여 측정된 NIC 의 Bytes Total/sec 의 값을 통해 알 수 있다. 서버들은 성능 측면에서 아직 여유가 있는데 클라이언트의 3 포트가 순간적인 대역폭을 300MB 로 한계를 지었기 때문에 그 곳에서 병목 현상이 생긴다. 실제로 3 서버일 때의 각 Bytes Total/sec[8]와 4 서버일 때를 비교해보면, 4 서버일 때의 각 수치들이 더 적게 측정된 것을 볼 수 있다.

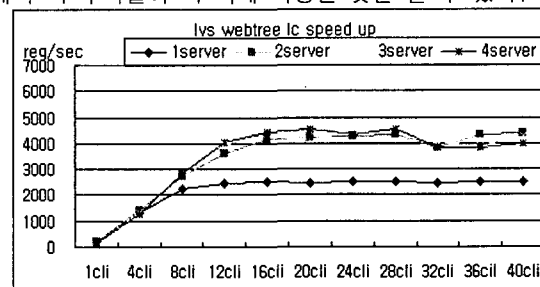


그림 4. Requests/sec of LVS in Webtree

LVS 는 그림 4 에서 보는 것처럼 Webtree 상황에서 1

서버일 때를 제외하고는 AWS에 비해 성능이 안정적이지 않다. 서버들의 상태를 보면 CPU나 네트워크 대역폭 자원들에 여유가 충분히 있음에도 불안정하고 성능이 올라가지 않는 것은 LVS 자체에 병목현상이 생긴 것으로 볼 수가 있다.

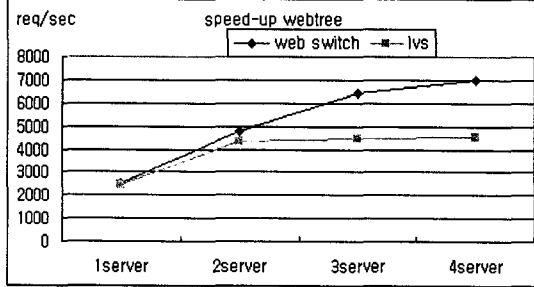


그림 5. Speed-up comparison in Webtree

그림 5는, 그림 3과 4를 사용하여 스피드업을 비교한 그림이다. 원칙적으로는 이 값들을 1서버의 값으로 나눠서 해야 하지만, 변화 추세가 중요하므로 측정된 값으로 그래프를 나타내었다. AWC는 안정적으로 스피드업이 이뤄지고 있으나, LVS는 그렇지 않다. AWC의 4서버의 기울기가 꺾긴 이유가 대역폭 때문인 것으로 고려할 때 클라이언트 포트를 더 확보하면 더 좋은 스피드업을 보여줄 것이다.

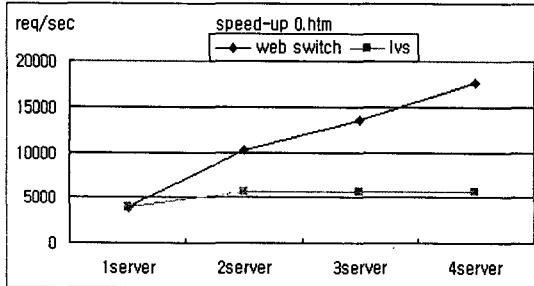


그림 6. Speed-up comparison in Fine-grain request

Webtree 부하 상황과 같은 방법으로 Fine-grain 부하 상황에서 두 L4 스위치를 이용한 클러스터 시스템의 스피드업을 비교하였다. AWC는 매우 뛰어난 스피드업을 보여주었지만, LVS는 Webtree 때와 마찬가지로 일정 수치이상의 req/sec 한계로 스피드업이 좋지 않았다.

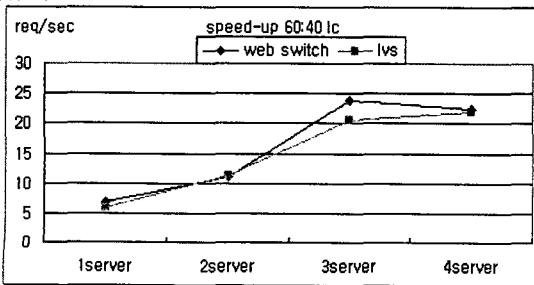


그림 7. Speed-up comparison in Dynamic memory request
Dynamic Memory 부하 상황에서는 즉, 실제 서버들에

게 부하가 많이 가는 경우에는 AWS와 LVS가 거의 차이가 없었다. 이는 실제 서버들의 CPU와 Memory 자원의 상태가 전체 시스템의 성능에 매우 큰 영향을 주기 때문이다. 위 상황에서는 동질의 서버를 계속 추가하면 좀더 스피드업이 향상될 것이나 부하의 다양성을 고려하여 이질적인 자원 요청을 전제로 하였다.

이 결과들의 볼 때, 서버들에게 할당되는 부하가 적을수록 하드웨어의 장점을 가지고 있는 AWS가 좋은 성능과 스피드업을 보였으며, 이에 반하여 LVS는 상대적으로 불안정하고 스피드업의 한계를 보였다. 하지만 서버들에게 주는 부하가 많은 상황에서는 두 종류의 스위치가 거의 유사한 결과를 보였다.

8. 결론 및 제안

이 논문에서는 Alteon Web Switch와 Linux Virtual Server를 통해 만든 웹 클러스터를 Webtree request, Fine-grain request, Dynamic Memory request와 같이 특성이 다른 여러 부하 상황에서 각 시스템의 스피드업을 고려하여 성능 평가 하였다. 사용한 L4 스위치의 형태가 HW인지 SW인지에 따라 그리고 부하의 특성에 따라 성능의 안정성이나 스피드업이 달라지게 된다.

어떤 서비스를 제공하는 웹사이트의 서버들을 L4 스위치를 사용하여 웹 클러스터 시스템으로 구성하기 위해서는 먼저 서버에 어떠한 부하가 많이 걸리는지 특성을 파악해야 하고, 유저들의 서비스 순간 요청 수를 알아낸 후 안정성을 고려하여 적당한 L4 스위치를 선택해야 한다. 특히 비용면을 비교한다면, 사전 분석 없이 비싼 Alteon Web Switch와 같은 HW L4 스위치를 사용하더라도 안정적인 성능을 어느 정도 보일 수 있지만, LVS 같은 SW L4 스위치는 상대적으로 매우 싸고 최적화가 가능하기에, 여러 요소를 고려하여 부하 분석을 통한 알맞은 선택이 필요하다.

9. REFERENCE

- [1] Rajkumar Buyya, "High Performance Cluster Computing vol. 1", Prentice Hall, 1999
- [2] "Alteon Web Switches", <http://www.nortelnetworks.com/products/01/alteon/webswitch/index.html>
- [3] "LVS documents", <http://www.linuxvirtualserver.org/Documents.html>
- [4] "ARP problem", http://www.linuxvirtualserver.org/Joseph.Mack/HOWTO/LVS-HOWTO.arp_problem.html
- [5] Li Xiao, "Dynamic Cluster Resource Allocations for Jobs with Known and Unknown Memory Demands", IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS, VOL. 13, NO. 3, 2002
- [6] "WebBench's standard workload tree", <http://www.ctestinglabs.com/benchmarks/webbench/3w1/about/3w1wrktree.asp?visitor=X>
- [7] "WebBench", <http://www.veritest.com/benchmarks/webbench/webbench.asp?visitor=X>
- [8] "Monitoring and Tuning Your Server", <http://www.microsoft.com/technet/treeview/default.asp?url=/technet/prodtechnol/iis/reskit/iis50rg/iischp5.asp>