

# 인터넷 서버 성능 모니터링 시스템의 설계

○  
 선 동 국\* · 김 상 옥\* · 김 성 조\*  
 \* 중앙대학교 컴퓨터공학과

## Design of Performance Monitoring System for Internet Servers

\*Dong Guk Sun, \*Sang Wook Kim, \*Sung Jo Kim

\* Dept. of Computer Science & Engineering, Chung-Ang University

### 요 약

인터넷의 사용자 수는 매년 급격히 증가하고 있으며, 사회 전반에 걸쳐 인터넷에 대한 의존도도 더욱 높아 가고 있으나, 현재 인터넷 환경에서는 사용자에 대한 서비스의 지연 및 단절 사태가 빈번하게 발생하고 있다. 이에 대한 원인으로서는 네트워크 자체보다는 서버에 의한 지연 현상이 더 심각한 것으로 보고되고 있다. 인터넷의 수요 및 전송량의 폭증에 따라 인터넷 서버의 병목현상이 더욱 심화될 것으로 예상됨에 따라, 인터넷 환경의 신뢰성 증대 및 성능 향상을 위해서는 인터넷 서버 성능의 효과적인 관리가 중요하다. 현재 ISP들은 웹, 전자메일, FTP, DNS, Proxy 등 다양한 서비스를 제공하기 위해 다수의 호스트들을 사용하고 있으며, 이러한 다수의 서버 시스템 관리를 위해서 많은 관리비용을 소모하고 있다. 그러나 지금까지의 인터넷 서버 관리 시스템들은 웹 중심의 서비스 관리와 로그 분석 기능만을 지원하고, 서버 시스템 자체의 성능관리 기능은 매우 미약한 형편이다. 본 논문에서는 인터넷 서버의 성능 메트릭을 정의하고, 인터넷 서버 성능 모니터링 시스템을 설계한다.

### 1. 서론

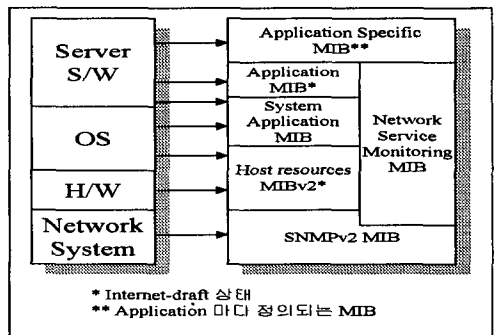
인터넷 사용자 수는 매년 급격히 증가하고 있어, 2005년에는 5억명에 달할 것으로 예상되고 있다. 최근에는 단순한 정보 검색 이외에도 웹을 통한 전자상거래가 급격히 확산되고 있으며, 인터넷 은행과 인터넷 주식시장 등 우리 사회의 경제 기반까지 인터넷에 대한 의존도가 급격히 높아지고 있다. 그러나 현재 인터넷 환경은 사용자에 대한 서비스의 중단 및 지연 사태가 빈번하게 발생하고 있으며, 캐나다의 CA\*net2 CA-Project에서 수행된 시범사업의 연구결과에 의하면 전송상에서 보다 서버에서 발생하는 지연현상이 더욱 심각한 것으로 보고되었다[1]. 또한 인터넷의 수요 및 전송량의 폭증에 따른 인터넷 서버에서의 병목현상이 더욱 심화되고 있다. 이에 따라, 인터넷 환경의 신뢰성 증대 및 성능향상을 위해 인터넷 서버 성능 관리의 중요성이 절증하고 있다.

현재 ISP들은 웹, 전자메일, FTP, DNS, Proxy 등 다양한 서비스를 제공하고 있는데, 이러한 서비스들의 품질을 향상시키기 위해서 다수의 호스트들을 이용하고 있다. 그러나 현재의 인터넷 서버 관리 시스템들은 웹서버를 중심으로 하여, 서비스 관리와 로그 분석기능만을 지원하고 있어서, 서버 시스템 자체의 성능을 효과적으로 관리할 수 없다. 이렇듯 현재 분산되어 있는 다수의 인터넷 서버 시스템 및 서버 프로세스들의 성능을 효과적으로 모니터링 할 수 있는 시스템의 부재로 인하여 ISP들은 이러한 서버들을 관리하기 위해서, 많은 관리비용을 소모하고 있다. 이러한 문제의 해결을 위해 본 논문에서는 인터넷 서버 시스템 및 서버 프로세스의 상태를 효과적으로 모니터링 할 수 있는 도구를 개발하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 인터넷서버 관리와 관련된 연구들을 소개하고, 3절에서는 인터넷 서버 성능 메트릭을 정의한다. 4절에서는 인터넷 서버 성능 모니터링 시스템의 설계에 대해서 소개하고, 5절에서 결론과 향후 연구 과제에 대하여 기술한다.

### 2. 관련 연구

사회 전반적으로 인터넷 서비스에 대한 의존도가 급격히 높아감에 따라 인터넷 서버를 효과적으로 관리하기 위한 다양한 노력들이 이루어지고 있는데, 그 대표적인 그룹이 IETF(The Internet Engineering Task Force)이다. IETF는 SNMP를 기반으로 한 네트워크 관리 프레임워크로서 인터넷 서버의 관리를 위한 표준안 작업을 1990년 초부터 수행하여 인터넷 서버 시스템을 구성하는 다양한 요소들에 대한 체계적인 MIB들을 하고 있는데, 금년 5월에는 System Application Management MIB (SYSAPPL-MIB)과 Application Management MIB (APPLICATION-MIB)을 확장하여 WWW 서비스 MIB를 RFC2549로서 발표하였다[4]. (그림 1)은 현재 IETF에서 정의하고 있는 인터넷 서버 관리와 관련된 MIB의 체계이다.



(그림 1) 인터넷 서버 관리와 관련된 MIB 체계

IETF의 MIB 정의 작업과는 별도로 보스턴 대학의 OCEANS(Object Caching Environments for Applications and Network Services) 그룹에서는 웹과 같은 분산 정보 시스템

(Distributed Information System)의 성능향상을 위해서 몇 가지 프로젝트를 수행하고 있다. 초기에 이 그룹은 웹을 사용하는 클라이언트들의 특성을 주로 분석하였다. 이 과정에서 서버의 성능을 진단하기 위해 웹 서버와 운영체제(Operating System)에서의 활동과 자원의 사용을 측정하기 위한 "Webmonitor"라는 모니터링 도구를 개발하였다. 현재는 웹 문서들의 참조지역성(reference locality)에 대한 분석작업이 진행 중이다. 이와 함께 이러한 분석작업을 통해서 얻은 지역성을 이용하여 클라이언트가 필요한 문서를 선인출(Prefetching)하는 메커니즘과 캐싱(caching)에 관한 연구 및 HTTP 성능 분석 작업들이 진행되고 있다[6]. 그러나, 이 그룹의 연구는 웹서버의 성능을 크게 향상시킬 수는 있었지만, 서버의 관리 측면에서는 크게 기여하지 못하고 있다.

한편, 웹서버 모니터링을 위하여 Freshwater Software사의 "SiteScope"나 Webtrend 사의 "WebTrends" 등의 제품들이 발표되어 있다. 이러한 제품들도 웹서버의 자원관리 기능은 매우 미약한 편이고, 주로 웹서비스 관리와 로그분석 기능을 강조하고 있다[7,8].

### 3. 인터넷 서버 성능 메트릭

고품질의 인터넷 서비스 제공을 위하기 위해서는 다양한 성능 메트릭이 정의되어야 한다. RFC 1514[3]과 RFC 2564[5]에서는 호스트의 자원과 애플리케이션의 관리와 관련된 다양한 MIB들을 정의하고 있다. 하지만 이러한 MIB들이 인터넷 서버의 성능 관리에 바로 적용되기에는 너무 복잡하고, 다양하다. 이에 따라 논문에서 <표 1>과 같은 성능 메트릭을 새로이 정의하여 사용하였다.

<표 1> 웹 서버 성능 메트릭

그룹	항목	비고
CPU 및 시스템	CPU 부하	1분, 5분, 15분 평균
	현재 프로세스 수	
	최대 프로세스 수	
서버 프로세스	프로세스(쓰레드) 수	
	프로세스(쓰레드) CPU 사용량	
	프로세스(쓰레드) 크기	
메모리	실제 메모리(Physical Memory)	사용량/전체크기
	스왑 공간(swap space)	사용량/전체크기
네트워크	네트워크 대역폭(Bandwidth)	
	진입/진출 트래픽	
	네트워크 이용률	트래픽/대역폭
	에러율	
응답시간	응답시간	

#### 3.1 CPU 및 시스템

인터넷 서버 시스템에서는 때로는 하나의 서버 프로세스만이 활성화되어 있지 않고, 동시에 다양한 서버 프로세스들이 동시에 활성화되어 있을 수도 있다. 그러므로 인터넷 서버 시스템 전체의 프로세스의 개수에 대한 모니터링이 필요하다. 이와 함께 동시에 활성화 가능한 최대 프로세스 수에 대한 정보도 필요하다. 또한 CPU 부하(load)가 증가하면 시스템의 응답시간이 길어지게 되므로, uptime 명령으로 확인할 수 있는 것처럼 최근 1분, 5분, 15분간의 평균 CPU load에 대한 모니터링이 필요하다.

#### 3.2 인터넷 서버 프로세스

인터넷 서버 프로세스는 애플리케이션에 따라 서비스의 요청을 프로세스 또는 쓰레드 단위로 처리한다. 예를 들어서 Apache 웹 서버와 같은 경우에는 서비스를 프로세스 단위로 처리하게 되어 있다. 서비스의 요청이 없을 때에는 설정 파일에서 정한 개수만큼의 프로세스가 활성화되어 있다가 서비스의 요청이 증가함에 따라 새로운 프로세스를 포크(fork)하게

된다. 이와는 달리 Netscape 사의 Enterprise Web Server의 경우에는 서비스가 쓰레드(thread)단위로 처리되고, 활성화된 웹 서버 프로세스는 하나뿐이다. 따라서 인터넷 서버의 해당 애플리케이션의 프로세스 및 쓰레드의 개수를 모니터링 하여야 한다. 이와 함께 프로세스 및 쓰레드의 개수가 증가하게 되면 CPU 사용량은 당연히 증가하게 되므로, 현재 인터넷 서버 프로세스들이 어느 정도의 CPU를 사용하고 있는가에 대한 정보가 필요하다. 또한 각 프로세스 및 쓰레드들의 이미지 크기에 대한 정보도 필요하다.

#### 3.3 메모리

3.2절에서 기술하였듯이 서비스의 요청에 따라 인터넷 서버에서 활성화되어 있는 프로세스나 쓰레드 수는 변화하게 되는데, 이와 함께 메모리의 사용량 변화하게 된다. 메모리는 한정된 자원이므로 인터넷 서버의 성능을 효과적으로 관리하기 위해서는 메모리의 사용량에 대한 모니터링이 필요하다. 메모리와 관련된 항목으로는 실제 메모리와 스왑 공간의 크기 및 사용량이 포함된다.

#### 3.4 네트워크

인터넷 서버 시스템은 네트워크를 통하여 서비스를 제공하므로, 네트워크의 성능에 대한 모니터링이 필요하다. 네트워크와 관련된 성능 메트릭은 현재 시스템에 연결되어 있는 네트워크 인터페이스의 대역폭, 진입/진출 트래픽, 인터페이스의 이용률과 에러율 등을 포함한다.

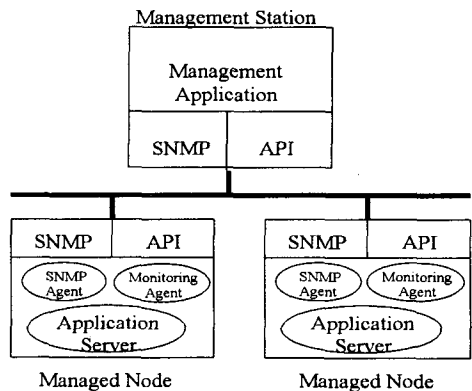
#### 3.5 응답시간

인터넷 서버 시스템에서 가장 중요한 것은 사용자의 서비스 요청에 대한 빠른 응답이다. 그러므로 인터넷 서버 시스템에서 응답시간은 가장 중요한 인터넷 서버 성능 메트릭 중 하나이다.

### 4. 설계

#### 4.1 구성

본 모니터링 시스템의 기본 구성도는 <그림 1>과 같다. 시스템은 크게 관리대상 시스템(Managed Node)과 관리 시스템(Management Station)으로 구성된다. 관리대상 시스템에는 SNMP 에이전트와 모니터링 에이전트가 탑재된다. SNMP 에이전트는 기본적인 시스템 정보와 네트워크 트래픽과 관련된 정보를 수집하여 관리 시스템으로 전달한다. 모니터링 에이전트는 현재 SNMP 에이전트들에서 지원을 하고 있지 않는 서버 전체의 CPU 사용량, 애플리케이션 별 쓰레드 및 프로세스



(그림 2) 시스템 구성도

의 개수, 애플리케이션별 CPU 사용량 등 인터넷 서버 자원과 연관된 정보를 수집한다. 관리 시스템에는 관리 애플리케이션이 탑재되고, 관리 대상 시스템과 SNMP 및 API를 통하여 서로 통신을 한다.

### 4.2. SNMP 에이전트

대부분의 서버 시스템에는 기본적으로 SNMP 에이전트들이 탑재되어 있으므로, 관리 대상 시스템에 대한 일반적인 시스템 정보들과 네트워크와 관련된 성능 메트릭은 SNMP 에이전트를 이용하여 얻는다. SNMP 에이전트를 이용하여 수집하는 정보는 <표 2>와 같다.

<표 2> 시스템 구성 관리

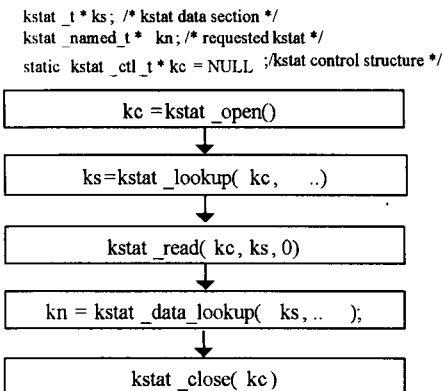
그룹	항목	내용
시스템 정보	name	시스템의 이름
	OID	시스템의 OID
	Location	시스템의 물리적인 위치
	version	시스템에 사용되는 OS의 버전
	Date	시스템의 현재 날짜와 시간
	Uptime	시스템을 처음 켜(power on) 시간
	User	시스템에 접속된 사용자 수
네트워크	Bandwidth	인터페이스의 최고 전송 속도
	In/Out Octet	인터페이스의 진입/진출 바이트 수
	Utilization	인터페이스의 이용률
	In/Out Error	에러가 발생한 패킷 수

### 4.3 모니터링 에이전트

서버 시스템 관리를 위해서 다양한 MIB들이 정의되고 있지만, 현재 구현되어 있는 대부분의 SNMP 에이전트들은 이를 지원하지 못하고 있다. 이에 본 시스템에서는 기본 시스템 정보와 네트워크 관련정보를 제외하고는 별도의 에이전트를 이용한다. 본 절에서는 모니터링 에이전트에서 다양한 정보를 수집하는 방법에 대해서 기술한다.

#### 4.3.1. CPU 부하

CPU 부하 정보는 kstat을 이용하여 얻어온다. Unix 커널은 연결리스트(linked-list)로 구성이 되어있는 kstats라는 통계 정보를 가지고 있고, 이 kstat로부터 다양한 통계 정보를 얻을 수 있도록 다양한 라이브러리를 제공하고 있다. kstat로부터 통계 정보를 얻어오는 일반적인 순서는 (그림 3)과 같다.



(그림 3) 커널 통계 정보 수집

### 4.3.2 프로세스 및 쓰레드 정보

프로세스 및 쓰레드에 관련된 정보들은 /proc 파일 시스템을 사용하여 수집한다. SunOS 5.6에서 제공하는 /proc 파일 시스템은 각 프로세스의 쓰레드에 대한 정보들을 가지고 있다. 하지만 SunOS 5.5에서는 쓰레드에 대한 정보는 있지 않고, 프로세스에 대한 정보만을 가지고 있다. 이러한 파일 시스템의 구조적 차이 때문에 각 버전에 따라 프로세스 정보를 가져오는 방법에도 약간의 차이가 있지만 Sun OS 5.6에서도 이전 버전과의 호환성을 유지하기 위해서 ioctl()을 이용하여 프로세스들에 대한 정보를 얻을 수 있도록 하고 있으므로, ioctl()을 이용해서 프로세스 및 쓰레드와 관련된 정보를 수집한다.

### 4.3.3 메모리 정보

실제메모리의 최대 크기는 sysconf()를 사용하여 얻을 수 있고, 실제 메모리에서 사용 가능한 메모리의 용량은 앞에서 설명한 kstat 라이브러리를 이용하여 얻을 수 있다. 스왑 공간에 대한 정보는 swapctl()와 anoninfo 구조체를 통하여 획득한다.

### 4.3.4 응답 시간

인터넷 서버는 네트워크를 통해서 사용자의 서비스 요청에 응답한다. 하지만 네트워크 상태는 가변적이어서 네트워크를 거치게 되면 인터넷 서버의 정확한 응답시간을 얻을 수 없다. 그래서, 에이전트는 관리대상 시스템 내부에서 인터넷 서비스의 해당 포트로 연결을 설정한 후, 네트워크 지연이 포함되지 않은 순수한 인터넷 서버의 응답시간을 획득한다.

## 5. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 인터넷 서버 성능 메트릭을 새로이 정의하였고, 이 성능 메트릭에 기반한 인터넷 서버 성능 모니터링 시스템을 설계하였다. 서버에서의 병목현상이 갈수록 심화되고 있는 현재의 인터넷 환경에서 본 관리 시스템의 사용은 서버에서의 병목 현상을 완화시켜 인터넷의 성능을 향상시킬 수 있으며, ISP들이 고품질의 서비스 제공에 도움이 될 것이다.

향후 본 시스템은 모니터링된 성능 메트릭과 웹서비스와의 상관 관계를 분석하여, 서비스 및 시스템 확장을 계획할 수 있는 기능을 추가할 것이다. 이와 함께 인터넷 서버 시스템의 구성 정보를 관리하는 기능도 포함되어야 한다. 또한 네트워크 관리 도구 및 로그 파일 분석도구와의 연동을 통하여 통합 관리 시스템으로 확장시킬 계획이다.

### [참고 문헌]

- [1] CANARIE, <http://www.canarie.ca/>
- [2]C. Kalbfleisch, "Applicability of Standards Track MIBs to Management of World Wide Web Servers", RFC 2039, IETF, November 1996
- [3]P. Grillo, S. Waldbusser, "Host Resource MIB", RFC 1514, IETF, September 1993
- [4]H. Hazewinkel, et al, "Definitions of Managed Objects for WWW Services", RFC 2549, IETF, May 1999
- [5]C. Kalbfleisch, et al, "Application Management MIB", RFC 2564, IETF, May 1999
- [6]Boston University OCEANS(Object Caching Environments for Applications and Network Services) group, <http://cs-ftp.bu.edu/groups/oceans>
- [7]Freshwater Software, <http://www.freshwatersoftware.com/>
- [8]WebTrends Corp, <http://www.webtrends.com>