KNOM2001 우수 논문

사용자 관점의 웹 서비스 성능저하 원인분석 시스템 구조 설계 및 구현

Design and Implementation of Diagnostic System Architecture for the Performance Degradation of Web Service

천기요, 박상근, 최덕재
전남대학교 정보통신 연구소
{kiyoch, psk}@tyranno.chonnam.ac.kr, dchoi@chonnam.ac.kr

요 약

다양한 인터넷 응용 서비스의 등장으로 인해 웹 서비스에 대한 사용자 요구사항을 만족시키기 위한 서비스 수준의 관리 필요성이 대두되고 있다. 지금까지는 서비스를 제공받는 사용자가 겪는 서비스 중단이나 성능저하에 대하여 원인을 분석하고 이에 대한 적절한 해결을 제시하지는 못하고 있기 때문에 제공하는 서비스 자체에 문제가 없더라도 사용자는 서비스에 불신을 갖게 된다. 본 논문에서는 사용자관점에서의 웹 서비스의 중단이나 성능저하 원인을 분석할 수 있는 진단 시스템 구조와 진단 메커니즘을 제시하였다. 이를 통해 사용자에게 제공받는 서비스에 객관적인 평가를 제시하고, 서비스 제공자에게는 발생한 문제에 대한 명확한 책임 규명이 가능하게 되어 서비스 관리에 대한 투명성을 확보할 수 있을 것이다.

1. 서 론

인터넷 망 기술의 발전과 폭발적인 사용자의 증가로 인해 웹을 기반으로 한 전자상거래, 가상 쇼핑몰, 사이버 금융 및 증권 서비스, VOD 서비스 등 다양한 형태의 서비스가 등장하였으며, 이를 통해 이윤을 창출하려는 시도가 다각적으로 이루어지고 있다. 이와 함께 웹 서비스의 성능을 향상시키기 위한 연구로써 서버의 부하를 분산하는 방안이나 IETF가 제시한 WWW 서비스에 대한 관리정보를 이용하여 웹 서버의 성능 및 가용성을 측정하여 성능을 관리하려는 등의 노력들이 이루어져 왔다. 하지만, 인터넷 망은 서비스 질을 보장할만한 신뢰성을 제공하지 못하기 때문에 웹 서버의 성능이 우수하다 하더라도, 복잡한 망 환경이나 계층화된 서비스 등의 여러 원인으로 인해 고객은 일관된 서비스 질을 받기가 어려운 실정이다. 그러므로 웹 서비스 성능 저하의 다양한 요인들을 고객의 입장에서 분석하고, 서비스 질 저하에 대한 원인을 관리할 필요성이 제기된다.

본 논문에서는 사용자의 관점에서 웹 서비스의 성능상태를 감시하고, 성능저하 원인을 발견하기 위한 진단 시스템(Diagnostic System : DS)을 설계하고 이를 구현하여 테스트하였다. DS는 웹 서비스를 진단하기 위해, 서버 망과 사용자 망의 적절한 곳에 Monitor를 두었으며, DS와 Monitor들 사이의 통신은 SNMP를 기반으로 하였다. DS는 Monitor들이 수집한 관리정보들을 수집하여 진단 메커니즘을 통해 분석하고, 결과를 실시간으로 사용자에게 전달할 수 있다. 따라서 신뢰성이 결여된 웹 서비스의 특성을 고려한 DS의 설계 및 구현은 서비스제공자에게는 양질의 서비스를 중단 없이 제공할 수 있는 활용방안을 제시하며, 고객에게는 정확한 성능저하 원인을 제공한다.

본 연구의 결과로 웹 서비스의 원활한 제공에 있어 이해 관계를 갖는 관련자로 하여금 신뢰성과 투명성을 제공하게 될 것이다. 즉, ISP는 고객에게 서비스의 성능 저하나 서비스 중단에 대한 원인을 분석하여 제공함으로써 서비스에 대한 신뢰성을 높일 수 있게 될 것이며, 인터넷 백본망을 제공하는 망 제공자들과 발생

본 연구는 2000년 한국과학 재단 목적기초 연구사업에 의하여
지원되었음(과제번호 : 2000-1-30300-006-2)

가능한 문제에 대한 명확한 책임규명으로 서비스의 투명성을 보장할 수 있을 것이다. 웹 서비스를 이용하는 사용자 뿐만 아니라 웹 서비스의 100% 가용성을 기대하며 광고로 수익을 얻는 고객이나 홈페이지 계정을 갖고 있는 계정자들까지 다양하게 적용되어 질 수 있다.

2장에서는 관련연구에 대해 살펴보고, 3장에서는 진단시스템의 구조를 제시하였다. 4장에서는 수행절차와 알고리즘을 통해 진단 메커니즘 제시하였으며, 5장에서는 DS 시스템을 이용하여 특정 웹 사이트에 대한 시뮬레이션 결과를 살펴본다.

2. 관련 연구

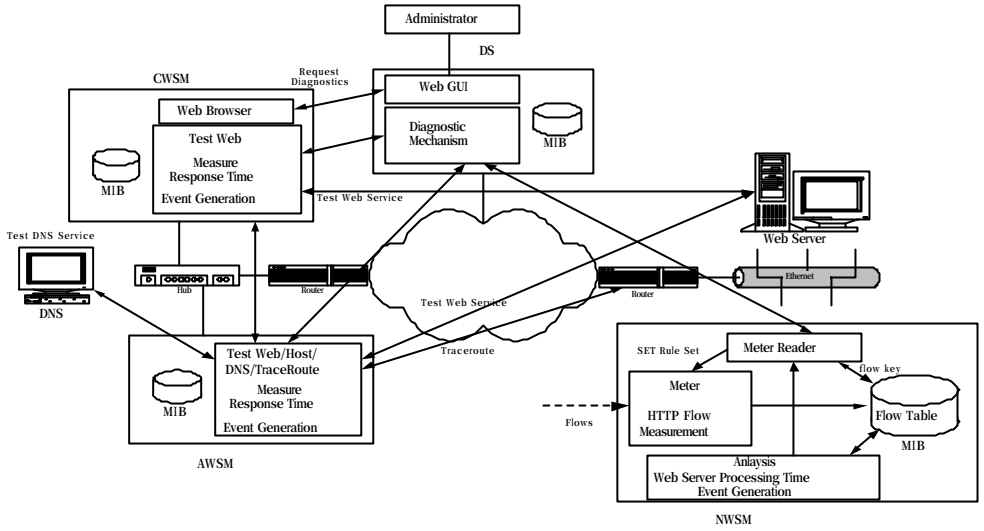
웹 서비스의 성능관리는 서버의 성능 향상을 위한 다양한 연구들이 진행되어 왔다. 특히 많은 사용자들이 동시에 접근하였을 경우나 멀티프로세서에 운영되는 경우 등에 대한 서버의 부하를 분산하기 위한 방법들이 논의되었다[1][2][6]. 또한, 웹 서버의 성능에 미치는 요소를 정의하거나, 다양한 벤치마크를 통해 웹 서버의 성능을 측정하는 방법들에 관한 연구들도 이루어져 왔다[3][4]. IETF에서는 다양한 응용서비스의 관리를 위한 관리 정보들을 정의하려는 노력들이 있었는데, CPU, Memory 등의 시스템 수준에서 응용을 관리하기 위해 필요한 관리정보를 정의한 System Management MIB, 모든 응용들에게 공통으로 관리되어야 하는 프로세스 수준의 상태 정보나 Channel 정보 등을 다루는 Application Management MIB 등을 제공하고 있다[8][12]. 이러한 관리정보는 웹 서버 시스템에서 SNMP Agent의 형태로 운영되어 관리시스템에 웹 서비스의 성능상태를 보고하게 된다. 웹 서비스의 성능을 관리하기 위해, 클라이언트에 Agent를 심어 서버의 응답시간을 측정하거나 이들 사이의 Bandwidth를 측정하는 방식이나 ping, traceroute 등을 이용하여 얻어진 데이터를 수집하여 웹을 통해 보여주는 방식 그리고 인터넷의 노드 사이에 서비스의 성능을 분석하게 하는 등 여러 가지 방식으로 제시하고 있다[3][4][5].

이러한 연구들은 웹 서버의 성능향상을 위한 다양한 알고리즘이나 모델들을 제공하였지만, 웹 서비스를 이용하는 사용자가 체감하는 모든 불편에 대한 충분한 이유를 제시할 수 없기 때문에 사용자는 웹 서버의 문제가 아닐지라도 마치 서버의 문제인 것처럼 인식하여 불신을 갖게 된다. 이는 문제의 원인을 서버이외에 인터넷 망이나 사용자의 망, 그리고 사용자의 시스템, DNS 서비스 등 다양한 관점에서 해석할 수 있는 구조를 필요로 한다.

3. 사용자 관점에서의 웹 서비스 진단 시스템 구조

사용자가 이용하는 웹 서비스의 성능저하나 중단을 파악하기 위해 문제의 원인을 제공하는 도메인을 사용자 망, 인터넷 백본, 서버 망으로 나누어 살펴볼 수 있다. 사용자 망 도메인에서는 사용자 시스템의 문제, 사용자 망의 게이트웨이나 라우터의 문제, DNS 문제 등으로 웹 서비스를 이용할 수 없는 경우가 발생하며, 서버 망 도메인의 경우, 서버의 다운, 서버의 부하 발생, 서버 망의 게이트웨이나 라우터의 문제 등으로 서비스를 제공하지 못하는 경우가 발생한다. 또한, 인터넷 백본에서 잦은 Congestion의 발생으로 패킷 손실률이 높아지는 경우 서비스의 가용성에 악영향을 미치게 된다. 제안하는 진단시스템은 이와 같은 성능저하나 서비스 장애에 대한 원인을 분석하도록 (그림 1)과 같이 설계하였다.

정확한 진단을 위해 진단시스템은 사용자 망, 사용자 시스템, 서버 망의 3곳에 Monitor를 두어 진단에 필요한 관리정보를 수집하게 된다. DS는 이러한 관리정보를 바탕으로 사용자가 직면하고 있는 서비스의 상태를 파악하여 그 원인을 분석하여 제공한다. 진단은 서비스에 대한 Response Time를 기반으로 이루어지게 되며, 웹상의 서비스 정보가 요구로부터 사용자에게 도달하는 시간은 DLT(DNS Lookup Time), CPT(Client Processing Time), NRT(Network Response Time), SPT(Server Processing Time), ART(Application Response Time) 등으로 구성되는데, 본 논문에서는 다음과 같이 정의하였다.



(그림 1) 진단시스템 구조

NRT - 사용자의 망의 Egress Node에서 서버 망의 Ingress Node 까지의 IP 패킷의 RTT (Round Trip Time)으로 정의한다. 인터넷 백본 망의 정확한 진단을 위해서 이 경로에 존재하는 모든 Node들에 대한 RTT까지도 측정하여 MIB에 저장된다

ART - HTTP 패킷에 대한 웹 서버의 Response Time으로 정의한다. 이때의 Response Time은 HTTP 패킷의 Connection Setup Time을 측정한 것이다. ART에 대한 측정은 사용자 망을 대표하는 특정 시스템이 주기적으로 측정하여 웹 서버를 감시하며, 실제 사용자가 웹 서비스를 이용하는 경우에 사용자 시스템에서도 ART를 측정하도록 한다.

CPT & SPT - CPT는 사용자 시스템에서 요청이 발생한 후 사용자 망의 Egress Node까지 걸리는 시간이며, SPT는 서버가 서비스 요청을 받아 서비스를 제공할 때까지의 시간으로 정의한다. CPT는 사용자의 시스템을 진단하고, SPT는 성능을 향상시키기 위해 다양한 메커니즘들이 포함된 웹 서버의 처리시간을 의미한다.

DLT - 처음 웹 서비스를 요청하기 위해 해당 Domain Name에 대한 IP주소를 얻기 위해 이용되는 DNS Lookup Time으로 정의한다.

이들 시간을 측정하기 위해 사용자 시스템과 사용자 망 그리고 서버 망에 Monitor를 두어 이들 측정하도록 하였다.

▶ CWSM(Client-Level Web Server Monitor)

웹 서비스를 사용하는 고객의 시스템 내에 위치하여 실제 서비스 이용 요청이 발생하였을 때 해당 웹 서비스에 대한 ART를 측정한다. 측정결과가 정해진 threshold 값을 초과하는 경우에 DS에게 Event를 발생하여 진단을 요청하게 된다. CWSM의 기능은 다음과 같다.

- ART 측정
- 측정결과에 대한 Event 생성
- 사용자 망에 문제가 발생하였을 경우 Web를 통한 원인분석 결과 제공

▶ AWSM(Application-Level Web Server Monitor)

고객의 시스템이 위치하고 있는 망 내에 위치하여 웹 서비스에 대한 ART를 측정한다. 또한 ART를 구성하는 CPT, NRT, DLT를 측정한다. 주기적으로 웹 서버를 모니터하고 있다 측정결과가 정해진 threshold 값을 초과하는 경우에 DS에게 Event를 발생하여 진단을 요청한다. 또한 사용자 망의 문제를 검사하기 위해서 게이트웨이와 라우터

의 정보를 알고 있다. 사용자 망에서 문제가 발생하였을 경우 사용자 시스템, 게이트웨이, 라우터등에 문제가 없는지 점검한다. AWSM의 기능은 다음과 같다.

- ART/CPT/NRT/DLT 측정
- 측정결과에 대한 Event 생성
- 사용자 시스템 및 사용자 망의 문제 검사

▶ NWSM
(Network-Level Web Server Monitor)

성능을 측정하고자 하는 웹 서버가 있는 망에 위치하여 SPT를 측정한다. IETF에서 제시한 Flow Measurement Architecture에 근거하여 특정 사용자로부터의 웹 서버에 대한 http 패킷의 SPT를 측정한다. 이때 요청 client와 패킷의 종류, threshold 등의 제약조건인 Rule set을 DS로부터 다운을 받아 그에 적합하게 측정하게 된다. 측정결과가 정해진 threshold 값을 초과하는 경우나 Flow Key에 적합한 새로운 패킷이 수집되는 경우 DS에게 Event를 발생한다. 이들 정보는 Transport Address와 패킷이 캡쳐된 시간, 패킷수로 구성된 Flow Table에 유지된다. NWSM의 기능은 다음과 같다.

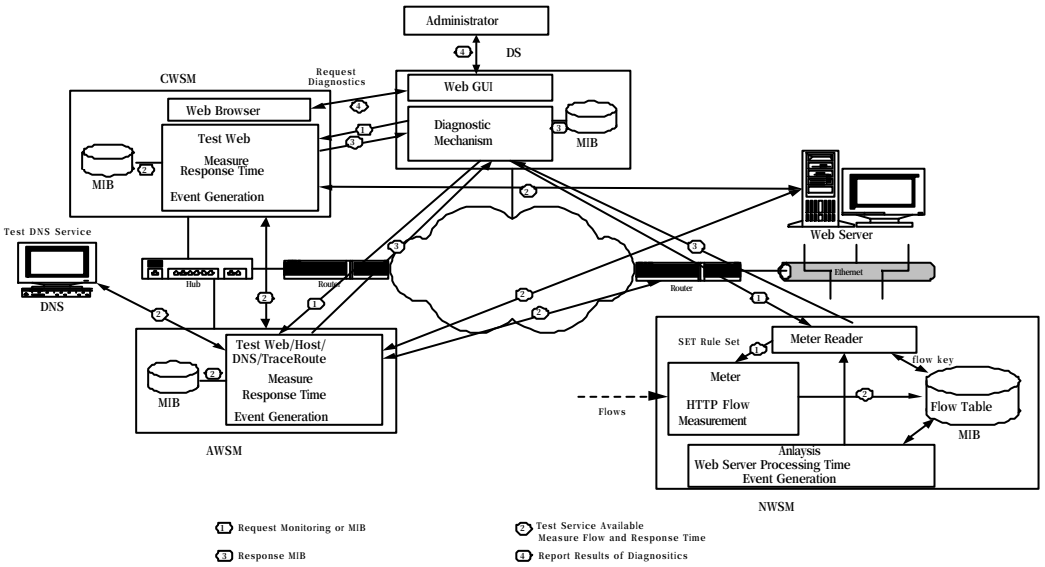
- SPT 측정
- 측정결과에 대한 Event 생성
- 서버 및 서버 망의 문제 검사

DS는 이러한 Monitor들의 관리정보를 바탕으로 진단 메커니즘을 사용하여 서비스를 진단한다. 이러한 진단 메커니즘은 4장에서 살펴본다.

4. 진단 메커니즘

4.1 진단 메커니즘 수행절차

DS의 진단 메커니즘은 사용자의 요구나 세 Monitor로부터의 진단 요청 Event에 의해 수행되며, 아래의 (그림 2)와 같이 진단 메커니즘의 수행절차는 크게 4 단계로 이루어진다.



(그림 2) 진단 메커니즘의 수행절차

①과정은 DS가 Monitor에게 수집된 정보를 요청하거나 수집을 요청하는 단계이며, ②, ③ 과정은 각 Monitor가 실시간으로 정보를 수집하거나 수집된 정보를 DS에게 전달하는 단계이다. ④과정은 DS가 수집된 정보를 바탕으로 진단 알고리즘을 수행하여 결과를 보고하

는 단계이다.

▶ 진단요청
- CWSM과 AWSM은 측정된 ART가 threshold를 초과하는 경우에 DS에게 진단을 요청하는 Event를 보낸다. NWSM은 서버의 CPT가 threshold를 초과하는 경우에 DS에게 진단을 요청하는 Event를 보낸다. 또한 사용자가 웹 브라우저를 통하여 DS에 접근하여 진단을 요청할 수 있다.
일정시간이 지난 후에도 DS로부터 응답 메시지가 도착하지 않으면, CWSM과 AWSM은 사용자 시스템 및 사용자 망의 문제 여부를 진단하고, NWSM은 서버 및 서버 망의 문제 여부를 진단한다.

① 측정 및 측정결과 요청
- DS는 주기적으로 또는 Monitor로부터 Event가 오는 경우에 각 Monitor에게 서비스를 감시하도록 요청하고 측정된 결과 정보를 요청한다.
- 웹을 통한 사용자의 직접 요청이나 CWSM의 요청으로 인한 경우 CWSM에게 측정을 요청한다.
②,③ 측정 및 측정결과 보고
- CWSM는 웹 서버의 상태를 점검하고, ART를 측정하여 DS에게 보고한다.
- AWSM은 사용자 시스템, 웹 서버, DNS, 사용자 망의 게이트웨이 및 라우터의 상태를 점검하고, ART와 NRT, DLT를 측정한 후, 결과를 DS에게 보고한다.
- NWSM은 서버 및 서버 망의 게이트웨이 및 라우터의 상태를 점검하고 Rule set에 정의된 flow를 Metering하여 SPT를 측정하여 DS에게 보고한다.
④ 진단 및 결과보고
- DS는 수집된 정보를 바탕으로 진단 알고리즘에 의해 현재 서비스 상태를 진단하여 사용자 및 서버 관리자 등에게 보고한다.

4.2 진단 알고리즘

DS는 수집된 정보를 이용하여 진단 알고리즘을 수행하여 다음과 같은 진단결과를 얻는다.

▶ 사용자 망 및 서버 망의 문제 진단
사용자 망의 문제가 발생하는 경우나 서버 또는 서버 망에 문제가 발생하는 경우에는 웹 서비스가 사용자에게 중단되는 상태가 된다. DS는 이들 Monitor에게 메시지를 보내 일정시간 이상동안 응답 메시지가 오지 않으면 이를 사용자 망과 서버 망의 문제로 진단한다(DS 시스템이 존재하는 망의 문제가 발생하는 경우도 고려해야 한다). 이러한 경우 DS는 사용자에게나 서버관리자에게 진단결과를 보고할 수 없으며, AWSM과 NWSM이 진단하여 보고하도록 한다.

▶ DNS 진단
CWSM으로부터 제공받은 DLT가 threshold를 초과하는 경우에는 DNS 서비스에 문제가 있음을 진단하고 대상 웹 서버의 도메인 네임에 대한 IP 주소를 사용자에게 제공하여 서버에 접근할 수 있도록 한다.

▶ 백본망 진단
AWSM으로부터 제공받은 NRT가 threshold를 초과하는 경우에는 인터넷 백본망에 문제가 있음을 진단하고 경로에 존재하는 node들에 대한 RTT를 바탕으로 지연이 큰 곳을 진단하여 이를 보고한다. 진단을 위해 보내어지는 패킷이 라우터 관리자에 의해 버려지는 경우에 대해서도 추가로 고려해야 한다.

▶ 서버 진단
NWSM은 특정 사용자로부터의 요청된 http 패킷에 대한 서버 SPT를 측정하고, SPT가 threshold 값을 초과하는 경우 서버의 상태를 진단하여 이를 DS에게 보고한다. 이때 서버가 다운된 경우와 과부하가 발생한 경우로 나누어 보고한다.

제안하는 알고리즘은 측정된 ART, NRT, SPT, DLT의 값과 이들에 대한 최소 기대치 Threshold 값과의 비교를 통해 수행된다.
Threshold는 웹 서비스 제공자와 사용자사이의 서비스 계약에서 명시되어야 하는 것으로 웹 서버의 성능과 망의 속도 그리고 각각 고객의 시스템의 수준 등을 고려하여 일정 수준 이상의 서비스를 제공할 것을 약정한 것이다.

Threshold값을 정하기 위해서는 미리 웹 서비스에 대한 모니터링이 선행되어야 하며 그 결과 얻어진 패턴을 분석하여 정하게 된다. 이때 Threshold 값은 더 나아가 Fault Management나 Account Management의 근거가 되는 것으로 신중히 결정되어야 한다. SLA_ART는 웹 서비스제공자와 사용자사이의 서비스 계약인 SLA에 명시되는 ART에 대한 Threshold 값으로 정의하며, SLA_NRT는 웹 서비스제공자와 망 제공자 사이의 SLA에 명시되는 NRT에 대한 Threshold 값으로 정의한다. SLA_SPT는 웹 서비스제공자가 사용자와의 SLA를 준수하기 위해 요구되어지는 웹 서버의 처리시간에 대한 Threshold값으로 정의하며, SLA_DLT는 DNS 처리시간에 대한 Threshold값으로 정의한다.

웹 서비스의 ART가 SLA_ART보다 작을 때는 서비스가 원활히 제공되는 경우이다. ART가 SLA_ART보다 클 경우는 진단이 필요한 경우로, 먼저 NWSM과 Web Server가 살아 있는지를 체크하고 둘 다 응답이 오지 않는 경우에는 서버 망의 문제라고 진단한다. AWSM가 살아있는지 검사하고 응답이 오지 않는 경우는 사용자 망의 문제로 진단한다. 서버 망과 사용자 망의 문제가 없다면 먼저 SPT가 SLA_SPT를 초과한 경우 Server delay로 진단한다. 그렇지 않은 경우는 서버의 처리에 문제가 없는 경우로 다시 NRT를 점검한다. NRT가 SLA_NRT를 초과하면 Backbone_Delay로 진단하며, CPT가 CPT_Threshold보다 큰 경우는 사용자 망에 문제가 발생한 것으로 진단한다. 마지막으로 DLT가 DLT_Threshold를 초과하는 경우는 DNS로 인한 성능 저하로 판단한다. 이때 사용자 망에서 문제가 발생한 경우 정확한 진단은 AWSM이 수행한다.

SLA_ART : 웹 서비스 제공자와 사용자 사이에 계약된 ART
SLA_NRT : 서비스제공자와 망 제공자 사이에 계약된 NRT
SLA_SPT : 웹 서버의 처리시간에 대한 Threshold
SLA_DLT : DNS 처리에 대한 Threshold

```
if( ART <= SLA_ART )
    No_Problem
else {
    if( ! is_NWSM_alive & ! is_Server_alive )
       Server_Network_Problem;
    if( ! is_AWSM_alive )
       Client_Network_Problem;
    else {
       if( SPT > SPT_Threshold )
          Server_Delay;
       if( NRT > SLA_NRT)
          Backbone_Delay
       if( CPT <= CPT_Threshold )
          Client_Network_Delay;
       if( DLT > DLT_Threshold )
          return DNS_Delay;
          }
    }
```

(그림 3) 서비스 진단 알고리즘

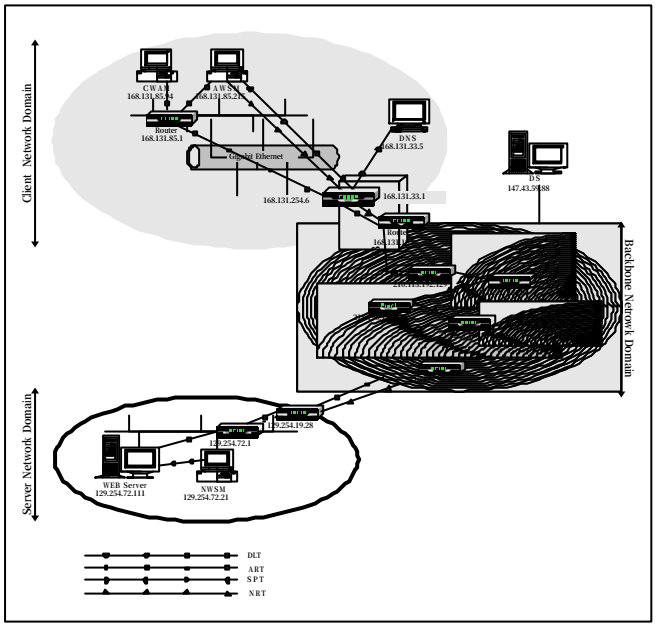
5. 진단시스템 구현

본 장에서는 앞에서 설계된 구조를 바탕으로 구현한 진단 시스템의 개발환경 및 요구사항을 기술하고, 구현된 시스템을 이용한 테스트 결과를 살펴보겠다.

5.1 개발환경 및 요구사항

DS, AWSM, NWSM은 Linux 환경에서, CWSM은 사용자에게 친숙한 Window 환경에서 구현하였다. DS와 이들 Monitor 사이의 통신은 SNMP를 기반으로 하며, Java를 이용하여 구현하였다. DS에 필요한 웹 서버는 Apache Web Server 1.3.12를 사용하였고 JSP 엔진으로 Tomcat을 사용하였다. 또한 수집된 데이터는 그래프를 생성하여 브라우저를 통해 보여주기 위해 RRDTool을 이용하였다. DS나 Monitor의 MIB을 저장하기 위한 Database로는 Postgres SQL을 사용하였다. NWSM은 Flow Measurement를 위해 패킷 캡쳐 라이브러리 Libpcap를 사용하였다.

본 논문에서 이루어진 테스트는 전남대학교 망 내의 웹 서비스 사용자가 직접 DS에 접근하여 웹 서비스 성능저하에 대해 진단을 요청한 경우이다. 테스트의 기반이 되었던 DS 시스템을 좀더 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.



(그림 4) 진단 시스템 환경

구 분	IP	운영체제	시스템	기타
DS	147.44.59.88	Linux Kernel V.2.4.1	Pentium III –550MHz	Apache 1.3.14
Client (CWSM)	168.131.85.88	Windows 2000	Pentium III -500 MHz	Apache 1.3.14
Web Server	129.254.72.111	Linux Kernel V.2.4.1	Pentium III -1GHz	
AWSM	168.131.85.215	Linux Kernel V.2.4.1	Pentium III -500 MHz	
NWSM	129.254.72.21	Linux Kernel V.2.4.1	Pentium III - 1 GHz	Libpcap -0.4
Client Network	내부 망은 Gigabit Ethernet으로 연결 외부는 T3로 연결되어 KORNET망을 사용			

ART - Client (168.131.85.88)과 AWSM (168.131.85.215)에서 발생한 HTTP 요청에 대해 WEB Server(129.254.72.111)가 응답하는 데 걸리는 시간을 말한다. 이 경우 HTTP 1.1 버전을 사용하므로, Response Time은 웹 페이지에 대한 것이 아니라 Http Connection이 이루어진 시간이다.

NRT - 사용자 망 Egress Node (168.131.18.3) 라우터에서 부터 서버 망의 Ingress Node인 129.254.19.28 사이에서 IP 패킷의 RTT (Round Trip Time)을 가리킨다. 본 논문의 경우 사용자 망을 넘어서 거치는 Node의 개수는 대개 5개정도이며 각각 Node에 대한 RTT의 값 또한 측정한다. 이때의 Node에 대한 정보는 망의 상황에 따라 바뀔 수 있다.

DLT - AWSM (168.131.85.215) 에서 DNS Server (168.131.33.5)로 DNS 요청을 하여 응답을 받는 시간으로 DNS Lookup Time을 가리킨다.

SPT - NWSM (129.254.72.21)은 Client와 AWSM, WEB Server (129.254.72.111) 사이의 모든 Http에 대해 요청이 들어온 시간과 그에 대한 응답을 나간 시간을 뺀 시간으로 서버의 프로세싱 시간을 측정한다.

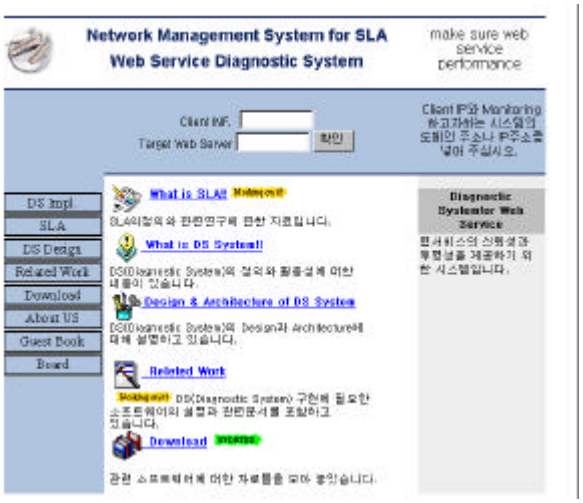
CPT - Client (168.131.85.88)에서부터 사용자 망의 Egress Node (168.131.18.3)까지의 RTT를 말한다.

Threshold - 본 논문에서는 아직 구체적인 SLA에 대해 논의되어진 것이 아니므로 협의된 값이 나온 것은 아니나 DS System의 중요 부분이므로 임의로 그 값을 정했다.사용되어진 Threshold 값은 여러 번의 테스트한 결과 얻어진 것이다. 현재 테스트 용으로 사용되어진 WEB Server는 테스트한 결과에 따르면 원활히 서비스가 이루어질 경우 ART와 NRT는 같은 시간에 측정할 때 근소한 차이(10ms 이내)를 보였다. 망의 사용이 많은 10시부터 18시까지는 약 600ms ~ 800ms 정도의 속도로 측정되었으나 망의 사용이 상대적으로 작은 23시부터 1시 사이에는 30ms ~ 100ms의 속도가 측정되어 졌다. 또한 다양한 이유로 인해서 서비스가 상당히 저하되나 서비스가 이루어 지는 경우에는 대략 1초 정도의 속도가 보장되었다. 이러한 결과를 토대로 ART와 NRT의 Threshold 값을 0.5초와 1초 둘을 두었다. 0.5초 이상의 시간이 걸린 경우, 서비스는 이루어지지만 최적의 상태는 아니고 1초 이상의 경우는 SLA의 위반이라고 간주하였다. DLT와 SPT의 경우 응답은 3ms ~ 10ms 이내로 측정되었다. 그러므로 5ms를 Threshold로 두었다.

5.2 DS 시스템 구현

DS 시스템은 Client가 진단 요청을 웹을 통해 직접 하거나 각 Monitor가 성능 저하에 대해 DS에 직접 Event를 발생하였을 때 진단을 시작하며, 진단 결과는 브라우저를 통해 직접 Client가 확인 할 수 있다. 이러한 특징은 서

버쪽 망 내에 NWSM을 설치 가능한 경우에는 웹 서비스를 하고있는 어떠한 웹 서버에 대해서도 테스트가 가능하다. Client가 직접 브라우저로 접근하여 진단을 요청할 경우 (그림 5)와 같은 사용자 인터페이스를 통해 자신의 IP와 모니터링 하고자 하는 웹 서버의 IP 혹은 URL을 입력한 후 모니터링을 시작한다. 일단 모니터링을 시작하면 길게는 10분의 시간이 소요되므로, 모니터링을 시작하거나, 기존의 모니터링이 끝난 결과값을 가져올 것인가를 선택할 수 있으며 모니터링이 다 끝난 후 Client는 자신이 모니터링 하고자 한 웹 서버를 선택하면 진단의 결과를 볼 수 있게 된다.



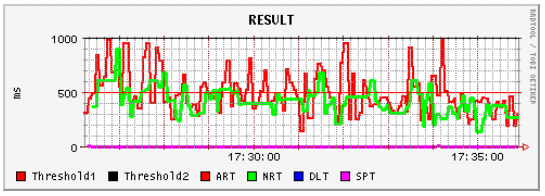
(그림 5) 진단 시스템
사용자 인터페이스

5.3 웹 서비스 진단 결과

Client는 위와 같은 간단한 입력을 통해 웹 서버의 모니터링을 하게 되는데 실제 이 시스템을 이용하여 얻은 몇 가지의 테스트의 결과를 살펴보겠다.
다음의 테스트의 결과는 실제 웹 서비스를 하고있는 임의의 웹 서버를 선정하여 진단한 결과이다. 결과적으로 얻어진 데이터는 하나의 예이며, 앞으로 다양한 웹사이트를 진단할 수 있다.

5.3.1 웹 서비스가 원활한 경우

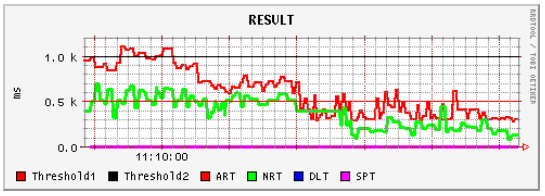
(그림 6)의 경우는 ART, NRT, DLT, SPT 모두가 Threshold 값 이하에서 이루어지는 경우로 서비스가 비교적 원활하게 이루지고 있다.



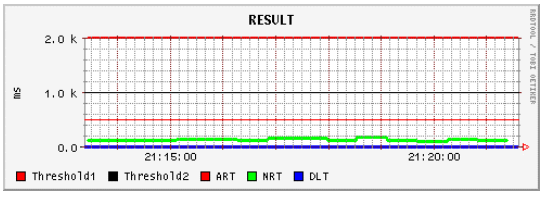
(그림 6) 웹 서비스가 원활한 경우

5.3.2 서버의 망이 잘못된 경우

진단 알고리즘을 살펴보면 서버쪽이 문제가 발생한 경우는 크게 서버의 망에 지연이 발생한 경우와 서버가 다운이 된 경우로 볼 수 있다.
(그림 7)의 진단 결과를 살펴보면 DLT와 SPT는 정상이고, NRT가 Threshold 값 이내에서 어느 정도 보장되고 있음에도 ART가 상대적으로 높게 측정된 것을 알 수 있다. 즉 서버 망의 지연이 서비스 저하의 원인인 것이다.
이에 비해 (그림 8)은 ART가 일률적으로 2초를 나타내고 있다. DLT와 NRT가 Threshold에 훨씬 미치지 않을 만큼 좋은 상태이지만 ART가 전혀 응답이 되지 않는 경우로 서버가 다운된 상태임을 알 수 있다.



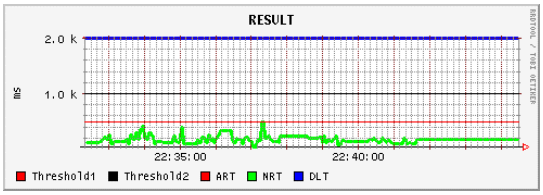
(그림 7) 서버 망이 지연되는 경우



(그림 8) 서버가 다운된 경우

5.3.3 DNS 서비스가 이루어지지 않는 경우

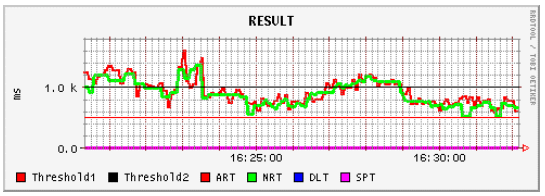
(그림 9)은 DLT와 ART가 전혀 응답을 하지 않고 있음을 알 수 있다. 그러나 NRT는 원활한 상태이다. 즉 진단결과는 DNS Server에 문제가 발생했음을 알 수 있는 것이다.



(그림 9) DNS 서버가 다운된 경우

5.3.4 망의 지연이 큰 경우

DLT와 SPT는 문제가 발생하지 않았으나 ART와 NRT의 값의 변화가 비슷함을 알 수 있다. NRT가 지연되면 ART도 지연되어지고 있는 것이다. 이는 NRT가 원활하면 서비스에도 별 문제가 발생하지 않음을 의미한다. 즉 망의 문제로 인해 서비스가 원활히 이루어지고 있지 않는 경우이다.



(그림 10) 망의 지연이 큰 경우

5.4 웹 진단 시스템의 개선점

웹 진단 시스템은 웹 서비스의 특성에 알맞게 서비스 성능을 Response Time을 이용하여 진단하였다. 제시한 웹 진단 시스템에서 사용되고 있는 ART는 단순히 HTTP Connection Setup Time만을 사용하였는데 웹 페이지에 대한 특성을 고려한 ART로 개념을 확장하여야 한다. 예를 들어 웹 페이지는 크게 HTML로 구성된 정적 페이지와 CGI로 구성된 동적 페이지로 구성되는데 각 페이지에 대해 특성에 알맞은 모니터링이 이루어져야 할 것이다. 또한, 웹 서버에 부하를 Threshold까지 증가시킨 후 테스트 하는 Active Measurement 방식을 도입하여 ART와 NRT와의 관계를 규명하고, 웹 부하시 SPT를 측정하여야 할 것이다.

본 연구는 더 나아가 사용자와 ISP간에 SLA 규약을 따르는 서비스를 위한 연구가 이루어 져야 하므로 Response Time이라는 단순한 파라미터보다 다양한 SLA 파라미터에 대한 연구가 이루어져 적용되어야 할 것이며 Threshold를 SLA에 적합하게 정하는 연구도 이루어져야 한다.

6. 결 론

본 논문에서는 인터넷을 기반으로 한 대부분의 응용 서비스들의 기반 서비스가 되는 웹 서비스 성능 진단을 위한 시스템 구조를 제시하였다. 이를 기반으로 사용자가 서비스를 이용할 때 발생하는 성능저하나 서비스 중단에 대한 원인을 분석하여 제공하는 메커니즘을 제시하였다. 본 연구의 결과로 웹 서비스의 제공자는 사용자에게 서비스의 성능저하나 서비스 중단에 대한 원인을 분석함으로써 서비스에 대한 신뢰성을 제공할 수 있게 되었으며, 인터넷 백본망을 제공하는 망 제공자들과는 발생한 문제에 대한 명확한 책임규명을 가능하게 하여 서비스 관리에 대한 투명성을 확보할 수 있게 되었다. 이를 통해 웹 서비스 제공자는 더 많은 사용자를 확보하고, 운영을 위한 비용의 절감을 이룩하여 다른 사업자들에 비해 경쟁력을 갖추게 될 것이다. 향후에는 Mobile Agent 기반의 Monitor를 개발하여 다양한 사용자가 다양한 웹 서버에 대해 진단할 수 있도록 시스템을 확장하고자 한다.

[참고문헌]

[1] T.T.Kwan, R.E.McGrath, and D.A.Reed, "NCSA's World Wide Web Server: Design and Performance," IEEE Computer, November 1995.

[2] D.Dias, W.Kish, R.Mukherjee, and R.Tewari, "A Scalable and Highly Available Web Server," In Proceedings of the 1996 IEEE Computer Conference(COMPCON), February 1996.

[3] Wimon ho, WayneM.Loucks and Ajit Singh “Monitoring The Performance of a Web Service”,

IEEE 1998
[4] L Cottrell and C Logg. “Tutorial on WAN Monitoring at SLAC” . *http://www.slac.stanford-.edu/comp/net/wanmon/tutorial.html*, March 1997.
[5] V Paxson. “Toward a Framework for Defining Internet Performance Metrics”. *Proceedings of INET’96*, 1996
[6] N.J.Yeager and R.E.McGrath, *Web Server Technology* Morgan Kaufmann Publishers, 1996
[7] System Performance Evaluation Cooperation (SPEC), SPECweb96, http://www.specbench.org/osg/web96.
[8] Nina Bhatti, Anna Bouch, Allan Kuchinsky, “Integrating user-perceived quality into Web server design” http://www.elsevier.com/locate/comnet, 2000.
[9] D.Mosedale, W.Foss, and R.McCool, "Lesson Learned Administering Netscape's Internet Site," IEEE Internet Computing, April 1997.
[10] Balachander Krishnamurthy, CraigE.Wills, “Analyzing factors that influence end-to-end Web performance” http://www.elsevier.com/locate/comnet, 2000
[11] D.Mosberger and T.Jin, httpperf-a tool for measuring web server performance, in: Workshop on Internet Serer Performance, Madision, WO, June 1998, http://www.ds.wisc.edu/~cao/WISP98/final-versions/davidm.ps.
[12] RFC2287, "Definitions of System-Level Managed Objects for Applications," IETF, February 1998.
[13] Jeong Soo Han, Seong Jin Ahn, Jin Wook Chung, "Web-based Performance Manager System for a Web Server," IEEE, 1998.
[14] RFC2594 "Definitions of Managed Objects for WWW Services," IETF,May 1999.
[15] RFC2564, "Application Management MIB," IETF, May 1999.
[16] Tomohiro Igakura, Toru Egashira and Yoshiaki Kiriha, "Front-End-Based Service Performance Monitoring," APNOMS2000, October 2000.

천 기 요
1997.2 조선대학교 법학 학사
2001~ 현재 전남대학교 전산학 석사과정
<관심분야> 인터넷 서비스 관리, SLA 연구, 네트워크 관리

박 상 근
1996.8 전남대학교 전산학 학사
1999.8 전남대학교 전산통계학 석사
2001~ 현재 전남대학교 전산학 박사과정
<관심분야> 네트워크 관리, 서비스 관리, TMN, WBEN

최 덕 재
1982 서울대학교 컴퓨터공학 학사
1984 한국과학기술원 전산학 석사
1995 Univ. of Missouri-Kansas 컴퓨터망 박사

1984~1996 전남대학교 전자계산소 운영부장
1997~1998 전자통신연구원 통신시스템연구단 위탁 연구원
1996~2000 전남대학교 전산학과 부교수
2001.1~ 현재 전남대학교 전산학과 교수
<관심분야> 네트워크 관리, 서비스 관리, TMN, 차세대 인터넷