

# 인터넷 트래픽 측정 시스템 개발

정태수\*, 윤승현\*, 양지호\*

\*한국전자통신연구원 네트워크기술연구소 인터넷구조팀

e-mail : tsjeong@etri.re.kr

## Internet traffic measurement system

Tae Soo Jeong\*, Seung Hyun Yoon\*, Ji Ho Yang\*

\*Internet Architecture Team, Network Technology Laboratory, ETRI

### 요 약

네트워크 설계, 관리, 트래픽 엔지니어링 등을 수행하기 위해서는 우선적으로 인터넷 트래픽을 측정하여 품질(또는 성능)과의 관계 및 트래픽 변화 추세 등을 파악하는 것이 필요하다. 그러나 인터넷 트래픽 특성 및 구조로 인하여 한가지 방법으로는 네트워크 상태를 명확히 측정하는 것이 어려우며, 현재까지 목적에 따라 다양한 방법이 개발되어 시도되는 상황이다.

본 연구는 국내 인터넷 트래픽 상황을 지속적이고 대규모적으로 살펴보고자 하는 목적으로 수행되었다. 본 논문에서는 먼저 인터넷의 품질 또는 트래픽 특성 분석을 위하여 사용되는 측정방법을 그 특성에 따라 분류하고 상이목적용을 위해 설계된 인터넷 트래픽 측정 인프라를 구성하는 측정 시스템들과 그 특성을 살펴보고자 한다. 특히 본 측정시스템은 네트워크 성능(품질)과 트래픽 규모에 동시에 초점을 맞추어 설계 제작되었으며, 상시측정, 실시간 데이터 처리, 분석 및 실시간 상황판 제공 기능을 갖고 있다.

### 1. 서론

WWW 으로 인한 인터넷의 폭발적인 증가는 데이터 통신용으로 시작된 인터넷에 많은 변화를 가져왔다. 특히 음성통신, 영상통신과 같은 실시간 응용들의 인터넷 사용이 가속화 되고 있다. 또한 이미 회사 또는 기업의 통신 인프라로 자리를 굳혀가고 있는 인터넷을 통하여 저가격으로 가상전용회선(VPN)을 제공하려는 활동이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 변화들은 인터넷에 일정 수준이상의 품질을 제공할 수 있는 능력을 요구하는 것들이다.

그러나 인터넷은 단일 서비스에 일정한 양자원을 소모하는 진화망과는 달리 하나의 인프라를 통하여 다양한 품질을 요구하는 여러가지 응용서비스가 동시에 이용되며, 각각이 비대칭적인 트래픽을 발생시켜 복잡한 트래픽 특성을 나타낸다. 또한 인터넷의 구조는 품질을 결정짓는 주요요소인 물리계층의 구조가 다양하게 사용되고 있기 때문에 예측가능한 품질의 네트워크를 설계하거나 기존 네트워크의 품질을 측정하거나 예측하는 것도 간단하지 않다.

이와 같은 상황에서 인터넷 품질을 제어, 관리하기 위해서는 품질목표를 설정하거나 제어방법을 연구하는 것은 물론이며, 이에 앞서 선행적으로 인터넷 트래픽을 측정하고 그 특성을 분석하는 방법에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 인터넷의 트래픽 규모 및 성능을 파악하기 위한 측정 시스템을 설계, 개발하고자 한다.

### 2. 선행연구 고찰

인터넷 트래픽에 대한 연구는 '90년대 초반부터 시작되어 '90년대 중반 이후부터 차세대 인터넷 프로젝트와 더불어 본격적인 측정방법에 대한 연구가 진행되었다[5,8,11]. 이들로부터 측정방법에 대한 연구를 비롯한 트래픽 특성 분석, 측정관련 표준화 작업[10] 등이 이루어지고 있다. 그러나 현재까지 뚜렷하게 성립된 단일 방법론이나 기준은 없으며[1,12], 측정하고자 하는 목적에 따라 측정방법에 대한 연구 또한 매우 다양하게 시도되고 있는 정이다. [4,9] 특히, 국내의 경우는 연구 측면에서 트래픽을 측정하고 분석하는 활동이 상대적으로 부족한 것으로 파악되고 있다.

다만 최근 1-2년 동안 초고속 서비스 가입자가 늘면서 상업적인 목적에서 이의 성능을 사용자에게 알려주고 비교분석하기 위한 인터넷 사이트나 도구가 생겨나고 있다[2][3]. 하지만 이들 사이트의 결과는 연구개발, 네트워크 설계, 네트워크 관리 등에 사용할 수 있는 정보 제공이 미흡하며, 이론적으로 오류를 내포할

가능성을 갖고 있기 때문에 네트워크를 설계, 관리하는데 직접적으로 사용할 수 있는 트래픽 측정방법에 대한 연구 및 활동이 필요한 실정이다.

인터넷 트래픽 측정은 그 사용목적에 따라서 측정방법이 다양하게 분류될 수 있다.[7,8] 현재 관리자를 위해서는 네트워크관리시스템(NMS)에서 사용되는 SNMP 기반 Passive 측정방식이 가장 널리 사용되고 있다. 그러나, 인터넷의 특성상 한가지 방법만으로는 네트워크의 상태를 파악하는 것은 어려운 일이다. NMS 시스템 또한 우선적으로 장애관리에 그 초점에 맞추어져 있기 때문에 네트워크 품질을 파악하는 것은 여타 방법을 동원해야 가능하다.

측정활동들을 측정방법에 따라 분류해 보면 다음과 같이 나누어 볼 수 있다.[15]

- Test 패킷을 이용하는 방식(능동적인 측정)
  - ; 일반사용자 입장에서 인터넷 품질을 살펴보는 방식
  - 한 호스트에서 특정 호스트로 1 회 측정하는 형태(ex. ping, traceroute)
  - 2 지점에서 단대단 성능을 1 회 측정하는 형태(ex. netperf)
  - 1 지점에서 다지점으로 성능을 측정하여 DB 를 구축하는 서버 형태(ex ping-er)
  - 상기 형태의 측정서버를 다지점에 구축하여 데이터를 수집, 분석하는 형태
  - 다지점에 측정장치를 구축하고 장치간 성능을 측정하는 형태(ex. surveyor [12])
- 네트워크 장치(특히 라우터)의 기능을 활용하는 방식(수동적인 측정)
  - ; 네트워크 관리 차원에서 네트워크 상황을 살펴보는 것.
  - SNMP MIB 정보 등을 이용하여 단순히 네트워크 상황을 수집, 분석하는 형태 (ex. MRTG)
  - NMS(통산 SNMP 기반)를 이용하여 네트워크 상황을 모니터 하고 제어하는 형태 (상용제품들)
- 회선 또는 네트워크 장치에서 패킷을 수집하는 방식(수동적인 측정)[13]
  - ; 트래픽의 특성을 분석하는 것이 목적인 경우.
  - 회선에서 물리적으로 신호를 분리하여 패킷을 측정하는 형태 (ex. OCxMON)
  - Ethernet 에서 broadcast 되는 패킷이나 목적지(또는 소스) 시스템에서 패킷을 수집하는 형태(ex. tcpdump)

- 네트워크 장비에서 패킷 종류를 분류하여 분석하는 형태 (Cflowd)
- 서버, 단말에 통계수집 프로그램을 설치하여 분석하는 형태(log 분석기, vital agent)

3. 연구목표 및 요구사항

본 연구의 트래픽 측정시스템 개발은 국내 인터넷 트래픽의 전반적인 규모와 성능을 종합적으로 측정하고 On-line 실시간으로 현황을 파악할 수 있도록 하는 것을 목표로 하고 있다. 따라서 측정시스템의 기능적 요구사항을 도출하면 다음과 같다.

- 인터넷 트래픽 특성은 지속적으로 변하기 때문에 상시 측정을 기본으로 하며, 이를 종합 관리하는 트래픽센터에서는 데이터 관리자, 실시간 데이터 처리 기능이 요구됨
- 필요에 따라 적용을 제한없이 확대할 수 있는 확장성 있는 구조를 고려함
- 운용상 다양한 위치에 측정장치를 위치시키기 위해 측정장치는 무인(자동)운용을 할 수 있도록 설계하며, 측정스케줄 및 측정자료의 원격관리 및 송수신기능을 고려함.

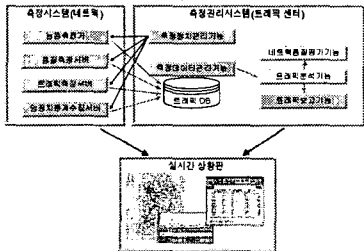
각 측정장비 및 트래픽 센터에서 목표로 하는 기능은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 국내 종합 인터넷 트래픽 규모 관리
  - ISP 사업자의 지역별 트래픽 규모 파악
  - ISP 사업자간 트래픽 규모 파악
  - 해외구간 트래픽 규모 파악
  - 국내 전체 인터넷 트래픽 측정 및 추이 파악
- 국내 종합 인터넷 품질 관리
  - 지역별 인터넷 품질 파악
  - ISP 사업자별 인터넷 품질 파악
  - 국내 전체 인터넷 품질의 상황 및 추이 파악
  - 인터넷 사용자 관점에서의 인터넷 품질 파악
- 트래픽 성능 측정 및 분석
  - 구간별 트래픽 측정, 모니터링 및 패턴 분석
  - 국내 인터넷 망 안정성 측정 및 분석

4. 측정시스템

4.1 전체구조

측정시스템은 망에 투입되어 네트워크의 성능 및 상태를 모니터링하는 측정장비와 이를 수집, 분석, 관리하는 트래픽센터 부분으로 나뉜다. 측정장비는 측정항목, 적용용이성, 확장성을 고려하여 총 4종의 5가지 시스템으로 나뉜다. 측정시스템의 구성은 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 측정시스템

각 측정시스템의 기능 및 특성을 정리하면 다음과 같다.

- 트래픽 센터
  - 인터넷 트래픽 통계 및 측정 관리
  - 실시간 인터넷 현황 파악을 위한 상황판
  - 지역별, ISP 별, 기간별 인터넷 통계 처리
- 망장치 통계수집 서버
  - 독자적인 ISP 트래픽 통계 장치로 활용 (기존의 MRTG 대응)
  - SNMP 기반의 트래픽 규모 수집 및 트래픽 센터로 전송
- 능동측정기
  - 주요지점에 설치된 능동측정기 간의 네트워크 성능 측정, 결과는 센터로 전송
  - GPS 를 이용하여 정확한 시각 동기화를 통해 편도

(One-Way)성능 측정

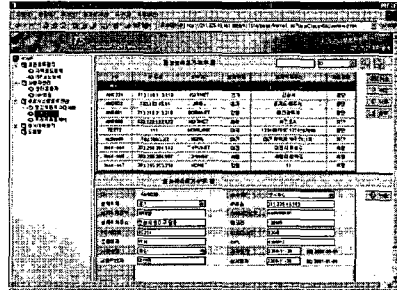
- 트래픽 측정 서버 (TM server: Traffic Measurement Server)
  - 이용자 측면의 인터넷 체감 성능 측정
  - 지연, 손실, 경로, 웹응답시간 측정 및 실시간 상황판 제공
- 품질측정 서버 (QM server: Quality Measurement Server)
  - 인터넷 이용자를 활용한 인터넷 성능 측정
  - 이용자들에게 즉각적인 성능 측정 결과 제공

4.2 트래픽 센터

트래픽센터는 측정장비 관리 및 데이터 유지, 분석을 위하여 크게 세가지 사용자 인터페이스를 갖고 있으며, 각각 센터관리자 인터페이스, 센터운영자 인터페이스, 상황판으로 나뉜다. 또한 데이터 송수신, 데이터 처리 및 분석을 위하여 상시 백그라운드 수행되는 기능이 존재한다.

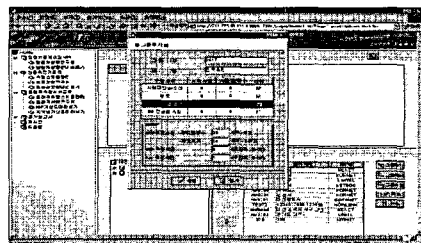
센터 관리자 인터페이스에서는 센터서버 및 측정장비를 유지 관리하기 위한 기능을 수행하는데 표준코드 관리기능, 사용자 및 상황판 사용자 관리기능, 측정장비 등록관리 기능, 측정장비 장애 관리 기능, 센터 및 측정장비 접속기능, 서버접속 이력관리 기능 및 DB 유지 보수 기능을 갖추고 있다.

특히 모든 인터페이스는 JAVA 로 작성되어 원격작업이 가능하도록 구현되었으며, 이에 따른 보안정책을 갖추고 있다.



(그림 2) 센터관리자 기능(측정장비 등록 관리)

센터 운영자는 측정 스케줄 관리, 실시간 상황판 구성을 담당하며, 운용자 보고서를 통하여 네트워크 상황을 파악하고 분석하는 역할을 담당한다. 특히 능동측정기의 경우는 모든 측정 기능을 센터에서 제어하기 때문에 상세한 스케줄 관리 기능을 제공한다.



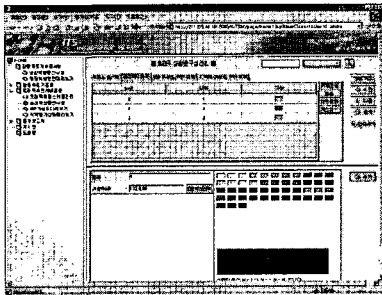
(그림 3) 센터운영자 기능(능동측정기 측정스케줄 관리)

실시간 상황판 구성기능은 측정장비를 추가설치, 제거하거나 측정대상 및 스케줄의 변경에 따라 알맞은 상황판을 GUI 만으로 생성, 변경, 삭제 가능하도록 되어 있다. 특히 각 상황판을 볼 수 있는 권한을 사용자 및 상황판 별로 선택하는 기능이 있기 때문에 실시간 상황판 인터페이스에서 필요한 사람에게 필요한 상황판만을 제한적으로 제공하는 것이 가능하다.

또한 네트워크 분석을 위하여 센터운영자 다음과 같은 보고서를 제공한다.

- 트래픽 망 (기간별, 구간별)
  - 네트워크 성능 보고서 (개별, 총괄)
  - 트래픽 기상도 보고서 (총괄, 지역별, 서버별, 측정대상별)
  - 국내 트래픽 통계 (사업자간, 사업자별, 지역간)
- 각각은 출력 및 파일저장 기능을 갖추고 있어 서버에서 제공하지 않는 분석을 위하여 데이터를 다운로드 할 수 있도록 구성

되어 있다.



(그림 4) 센터운용자 기능(상황판 중 트래픽 기상도 구성)

실시간 상황판 제공 기능은 원격지 회원에게 운영자가 구성한 각 상황판을 인터넷을 통하여 제공하는 기능으로서 센터에서 제공이 가능한 상황판은 다음과 같다.

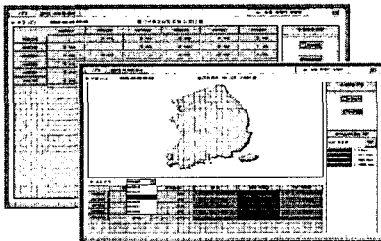
- 망장치 상황판
  - (망장치 통계수집서버 자료 기반)
  - 현재 국내인터넷의 지역간 트래픽 량
  - 국내-해외간 트래픽 량
  - 트래픽 규모의 변화 추이
- ISP 기상도
  - (트래픽 측정서버 자료 기반)
  - ISP 품질지수, 네트워크 성능 총괄
  - 변화추이
- 지역별 기상도
  - (트래픽 측정서버 자료 기반)
  - 각 ISP 별로 지역별 기상도 및 변화추이
- (능동측정기 기반 상황판)
  - 능동측정기를 바탕으로한 상황판은 설치 위치 및 센터 운영자의 스케줄 설정, 상황판 구성에 따라 다양한 상황판을 운영자가 구성하여 제공할 수 있다.
  - 상황판 예
    - ISP 간 네트워크 성능 상황판
    - 지역간 네트워크 성능 상황판
    - 국내-해외간 네트워크 성능 상황판

(그림 5) 상황판 예 (능동측정기 기반 상황판)

센터는 측정스케줄관리, 데이터 관리기능을 담당하고 있으며 각 측정장비의 통신기능을 갖고 있으며, 인터넷 상의 안정적인 송수신을 위하여 다양한 보안기능을 갖추고 있다. 또한 대규모 데이터의 효율적인 운용과 분석을 위하여 백그라운드에서 데이터를 분석하고 분석된 결과를 저장하는 기능이 상시로 수행된다.

#### 4.3 망장치 통계수집서버

망장치 통계수집서버는 트래픽 규모를 파악하기 위하여 설계,

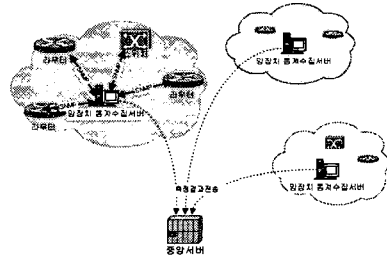


개발된 장비로서 라우터나 스위치의 MIB 정보로부터 트래픽량에 대한 부분을 polling 하여 네트워크의 트래픽 량을 파악한다.

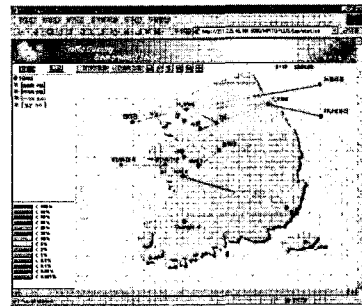
그런데 이때 사용하는 SNMP 프로토콜은 보안기능이 취약하여 각 ISP의 관리하에 있는 네트워크 외에 센터 또는 기타 위치에서 사용할 경우 망에 치명적인 위협을 줄 수 있다. 따라서 본 연구에서는 망장치 통계 수집서버를 해당 ISP 내부에 설치하여 관리 및 보안을 ISP 운영자에게 일임하고 측정되는 자료중 일부를 요약하여 안정적인 방법으로 센터에 전송받아 취합하는 방법을 사용하였다.

망장치 통계수집서버는 매우 편리한 사용자 인터페이스를 통

하여 쉽게 환경설정을 할 수 있도록 개발되었으며, 강력한 MAP 기반 상황판을 자체적으로 제공하여 ISP 관리에 도움이 되는 기능을 포함하고 있다.



(그림 6) 망장치 통계수집서버 구성예



(그림 7) 망장치 통계수집서버

망장치 통계수집서버의 사용자 인터페이스 기능을 정리하면 다음과 같다.

- 표준코드 관리기능
  - 코드 다운로드(센터로부터), 코드추가, 삭제
  - ISP 코드, 지역 코드, 국가 코드, 장비분류코드
- 장치 구성
  - 장비 등록
  - 회선 연결 기능
  - 장비 정보 관리 기능
- 네트워크 상황보기 기능
  - 노드, 회선정보 보기
  - 실시간 트래픽 보기 (지역간, 지역별, 타 사업자간, 해외사업자간)
  - 각 트래픽 양의 변화 추이
- 트래픽 통계보고 기능
  - 일, 월, 년별 통계보고서

(그림 8) 트래픽 통계 보고 기능

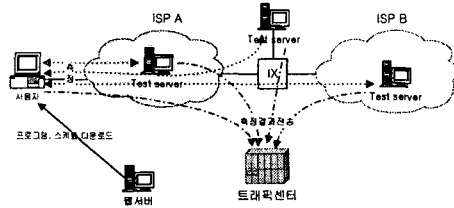
#### 4.4 트래픽 측정 서버, 능동측정기

트래픽 측정서버와 능동측정기는 test 패킷을 이용하여 네트워크 성능을 측정하는 방식으로 설계되었다. (참고 [15])

트래픽 측정서버는 ICMP, HTTP 프로토콜을 기반으로 RTT 및 패킷손실, 경로 측정 및 웹서버의 성능측정기능을 갖고 있으며, 소프트웨어만으로 구성되어 능동측정기에 비하여 적용성이 좋은 반면에 네트워크 성능을 측정하는데 한계를 갖고 있다. 특히 최근 보안문제로 인하여 ICMP 패킷을 필터링하는 경우가 증가하고

있어 향후 적용범위가 줄어들 것으로 예측된다. 다만 Web Client 로봇기능을 이용하여 유명 웹사이트를 측정하는 기능을 갖고 있으므로 서버를 지역별로 위치시키고 데이터를 수집할 경우 지역별 사용자 체감품질을 비교하여 나타낼 수 있다. (센터 상황판의 가상도 기능)

능동측정기는 2 대 이상의 능동측정기가 연동되어 상호간의 네트워크 성능을 측정하는 방식으로 구성된다. ICMP 패킷을 사용하지 않으며, GPS 모듈을 내장하여 상호간 시각을 동기화 하는 장치를 장착하여 편도패킷이면, 편도패킷손실 측정이 가능하기 때문에 네트워크 성능 문제를 파악할 때 ICMP 기반의 측정보다 원인 파악이 세분화 될 수 있으며, 네트워크 양 끝단에 장비가 장착되므로 양방향에서 상호간 도달하는 경로 및 전송율(TCP, UDP) 측정이 가능하다.



(그림 10) 품질측정서버 Type-2 네트워크 구성도

이러한 방식의 측정은 사용자가 특별한 소프트웨어의 설치없이 수행되므로 Type-1 에 비하여 쉽게 적용할 수 있으나 반면, 측정시간 및 참여자 수의 편차로 인해 통계적인 처리에 좀더 노력을 기울여야 한다.

#### 4.5 품질측정서버 및 단말 소프트웨어

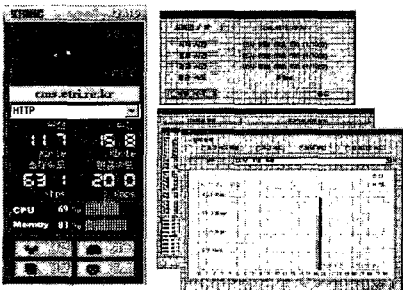
앞절에서 설명한 측정장비들은 Linux(또는 Solaris)기반의 전용 시스템을 사용하여 측정이 수행되기 때문에 데이터의 통계적인 오류의 예측 및 제거가 가능하여 통계량의 신뢰성이 높은 반면 사용자 구간의 특성을 반영하기에는 한계를 갖고 있다. 만일 인터넷사용자를 측정에 직접 참여시켜 네트워크의 성능을 측정할 경우 다양한 네트워크 상에서 인터넷을 사용하는 사용자의 실제 체감 품질을 파악할 수 있을 것이다.

다만 이러한 방법을 이용할 경우에 고의적 또는 사용자 실수, 단말의 상태불량 등에 통계량이 영향을 받기 때문에 데이터 분석 후 실시간으로 결과를 제공하기 어려우며, Off-line 분석이 필요하다. 때문에 서버에서는 데이터 오류 및 통계적인 오류를 제거해 내는 필터링 기능이 필수적으로 필요하다.

본 연구에서 설계된 품질측정 서버는 서버와 단말로 구성되는데 수동&상시측정 방식인 Type-1 과 능동&수시측정방식인 Type-2 로 나뉜다.

##### • Type-1 품질측정서버 및 단말 소프트웨어

Type-1 품질측정 단말 소프트웨어는 사용자의 단말(Windows OS)에 설치되어 사용자가 실제로 인터넷을 사용할 때 성능을 측정하여 서버로 주기적으로 전송하도록 되어 있다. 사용자는 측정 결과를 서버에 전송해 주는 대신 인터넷 사용시에 유용한 다양한 기능을 프로그램으로부터 제공받는다. 기능을 요약하면 다음과 같다.



(그림 9) 품질측정서버 단말 (QMS)

이는 일정한 수 이상의 회원을 모집하여 네트워크의 품질을 측정하는 방식으로 운용될 것이며, 이에 따라 서버는 회원 및 정보관리 기능을 보유하게 된다.

서버측에서는 업로드된 데이터를 이용하여 상황판을 비롯하여 지역별, ISP 별, Brand 별, 회선속도별, URL 별로 통계를 낼 수 있으며, 정렬, 필터링, 데이터 저장을 기간별로 수행하는 기능이 갖고 있다. 특히 단말 소프트웨어 설치시 등록된 사용자 정보와 실제 업로드 데이터의 정보사이에 오차가 발생하는 경우 또는 IP 와 사용자 정보사이에 불일치하는 자료가 발생하는 경우에 이를 필터링 하는 기능을 기본내장하고 있다.

##### • Type-2 품질측정서버

Type-2 품질측정서버는 Java 기반 측정소프트웨어를 다운로드 해주는 웹서버와 실제 측정이 수행될 때 사용자 단말과 상호간 측정을 수행하는 Test-Server 로 구성된다. 이는 사용자 단말과 망내 주요위치에 설치된 test-server 간의 네트워크 성능을 측정하는 것으로서 양 끝단에 측정 소프트웨어가 실행되므로 양방향에서 전송율, 경로 측정등 다양한 항목에 대한 측정이 가능하다.

#### 5. 결론 및 추가 연구사항

본 연구에서는 인터넷 성능측정 방법을 살펴보고 국내 인터넷 전체를 대상으로 트래픽 규모 및 성능을 산출하기 위하여 설계 및 개발된 측정장치와 센터시스템을 살펴보았다.

이와 같은 측정시스템들이 망에 도입될 경우, 국내 인터넷 트래픽의 현황 및 변화를 한눈에 파악할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 본 연구의 결과는 한국인터넷정보센터의 주도로 급근 하반기부터 트래픽 규모 측정방법을 시작으로 도입이 진행될 예정이다.

네트워크 상의 회선에 흐르는 패킷을 수집하여 분석하는 방법은 한 회선의 상황을 정밀하게 측정하거나 트래픽 패턴을 연구하기 위한 트래픽 수집하는데 매우 유용한 방법이지만 확장성이 매우 떨어지고 네트워크 전체를 측정하는데 사용되기에는 부적절하여 본 연구에서는 제외되었다.

그러나 향후 인터넷에서 SLA 모니터링, QoS 모니터링, 트래픽 엔지니어링, 회선요금 분담 조정 등을 목적으로 할 경우에는 이러한 수동측정 장치의 개발 및 이로부터 발생하는 대량의 자료 처리 방법에 대한 연구가 필요하다. 외국의 경우 LAN 환경 또는 저속 인터페이스용 장비는 일부 상용화 되어 있으며, 관련 연구가 [5], [15] 진행되고 있는 상황이다. 국내의 경우도 국제 인터넷 회선요금 분담조정을 위하여 이와 같은 기능의 시스템 개발이 시급이 요구되고 있다.

#### 참고 문헌

- [1] "Network Traffic Measurement and Experiments", IEEE Communications Magazine, pp120-185, 2000.
- [2] <http://www.benchmark.co.kr>
- [3] <http://www.nfratech.co.kr>
- [4] <http://www.nlanr.org>
- [5] <http://www.vbns.net>.
- [6] J. Sumimoto, K. Mase, T. Yokoi, "Service Quality and Traffic Management for the Internet [II], IP Measurement Methods, 전자정보통신학회지(일본), v.82.n.10, pp.1256-1263, 1999.
- [7] K. Mase, "Service Quality and Traffic Mangement for the Internet [I]: Network Modeling and An Overview", 전자정보통신학회지(일본), v.82.n.10, pp.1054-1061, 1999.
- [8] K. Thompson, G.J. Miller, R. Wilder, "Wide-Area Internet Traffic Patterns and Characteristics", IEEE Network, pp.10-23, 1997.
- [9] M. Crovella, C. Lindemann, and M.Reiser, "Internet performance modeling: the state of the art at the turn of the century", Performance Evaluation, v.42 Issues 2-3, p91-108, 2000.
- [10] RFC 2330, "Framework for IP Performance Metrics", 1998.
- [11] S. Banerjee, D. Tipper, B.H. Martin Weiss, "Traffic Experiments on the vBNS Wide Area ATM Network", IEEE Communications Magazine, v.35.n.8, 1997.
- [12] S. Kalidindi, M.J. Zekauskas, "Surveyor: An Infrastructure for Internet Performance Measurements", INET'99, 1999.
- [13] T. Kushida, "An empirical study of the characteristics of Internet traffic", Computer Communications, v.22 N.17, 1607-1618, 1999.
- [14] 문승복, "인터넷 트래픽 측정 기술", KRNAT 2001.
- [15] 윤승현, 양지호, 정태수, "인터넷 트래픽 측정 방법 연구, NCS 2000, 2000.