

論文 2003-40TC-10-16

차세대 품질 서비스 제공을 위한 지능형 MPLS 트래픽엔지니어링 서버 시스템

(Intelligent MPLS TE Server System for Next generation QoS Services)

崔 台 相 * , 尹 承 鉉 * , 鄭 炯 錫 * , 金 昶 勳 * , 朴 貞 淑 * ,
李 秉 俊 * , 鄭 泰 洙 *

(Tae-Sang Choi, Seung-Hyun Yoon, Hyung-Seok Cheong, Chang-Hoon Kim, Jung-Sook Park, Byung-Joon Lee, and Tae-Soo Jeong)

요 약

인터넷이 최선형 서비스 망에서 양질의 서비스를 제공하기 위해 필수적인 통신 기반 수단으로 진화되어가고 있으며 이러한 서비스를 제공하는 것이 매우 경쟁적으로 되어감에 따라 대규모 NSP나 ISP들은 그들의 망의 성능과 효율적인 자원의 활용에 대해 더욱 관심을 기울이게 되었다. 이러한 현상은 자연스럽게 서비스 제공자들이 트래픽엔지니어링 기술에서 해답을 찾는 환경으로 유도하였다. 본 논문은 대규모 MPLS기반 IP 망에서 적용되어 트래픽 측정, 분석, 모델링 및 제어를 할 수 있는 트래픽엔지니어링 솔루션을 제안한다.

Abstract

As the Internet is quickly evolving from best-effort networks to a very critical communications infrastructure that requires higher quality Internet services and the delivery of such communications services become competitive, large-scale NSPs or ISPs have to concern much more on the performance and efficient resource usages of their networks. This situation naturally leads the providers to seek a possible solution from traffic engineering (TE) methodologies. In this paper, we propose a TE server solution for a large-scale MPLS-based IP autonomous system, which addresses these TE requirements such as the measurement, characterization, modeling and control of Internet traffic.

Keywords : MPLS, Traffic Engineering, QoS

I. 서 론

인터넷이 최선형 서비스 망에서 양질의 서비스를 제공하기 위해 필수적인 통신 기반 수단으로 진화되어가고 있으며 이러한 서비스를 제공하는 것이 매우 경쟁적으로 되어감에 따라 대규모 NSP나 ISP들은 그들의 망의

성능과 효율적인 자원의 활용에 대해 더욱 관심을 기울이게 되었다. 이러한 현상은 자연스럽게 서비스 제공자들이 트래픽엔지니어링 기술에서 해답을 찾는 환경으로 유도하였다.

비록 트래픽엔지니어링이 대규모 NSP나 ISP들에게는 일상의 업무이긴하지만 IGP 매트릭스 기반의 기존의 방식이나 오버레이 망 방식을 사용해 왔었다. 전자의 경우 일부 해결책이 되긴하지만 문제를 일시적으로 우회하거나 신뢰성 등에 문제를 가지고 있었다. OSPF나 ISIS 매트릭스 값을 변경함으로써 혼잡을 겪고 있는 트래픽

* 正會員, 韓國電子通信研究院

(Internet Traffic Management Team, ETRI)

接受日字:2003年9月7日, 수정완료일:2003年10月10日

흐름이 새롭게 계산된 경로로 옮겨질 수가 있다. 그러나 오래지않아 결국 새로운 경로로 문제를 옮기게 된다. 그리고 이방식은 망 전자적인 자원 최적화를 이룰수 없게 해서 결국 안전성을 보장할 수 없게 된다. 후자의 경우는 ATM 혹은 Frame Relay 망에 주로 사용되었던 방식으로 풀메시 부담, cell tax 및 통합의 부족을 초래한다. 위에서 언급한 것들외에 기존의 트래픽엔지니어링 방식은 사용자의 서비스 품질에 대한 요구사항을 충족시키지 못한다.

MPLS는 이러한 단점을 보완하고 예상가능하고 신뢰성있으며 효율적인 트래픽엔지니어링 해결방안으로 소개되었다^[1]. 레이블기반의 패킷 전달, 조건기반의 명시적 패스 계산 및 호설정과 같은 기능들이 이러한 문제들의 해결방안이었다. 그러나 실제 운영상황에서는 이러한 MPLS 제품들이 여러가지 문제점들을 노출했다. 호설정 표준을 제외한 대부분의 기능들이 상이하여 이기종의 제품들이 공존하는 망환경에서는 예상치못하는 상호운용성 문제를 야기시켰다. 온라인 경로계산 알고리즘은 한번에 하나의 LSP밖에 고려를 할수 없으며 따라서 광역적 자원 최적화를 이룰수가 없다. 또한 현재의 표준으로는 트래픽트링크를 정의할 수 있는 방법이 없어서 망관리자가 직접 이러한 정책을 수립해야되는 부담을 안기게되었다. 마지막으로 트래픽 측정, 분석 및 형상관리 기능은 여전히 망서비스 관리자의 몫으로 남아있다.

참고문헌[2]에 따르면 인터넷 트래픽엔지니어링은 서비스중인 IP 망의 성능 평가 및 최적화를 다루는 인터넷 네트워크 엔지니어링의 한 부분이라고 정의하고 있다. 이 기술은 인터넷 트래픽의 측정, 분류, 모델링 및 제어에 위한 과학적인 원칙 및 기술응용을 모두 포함한다. 본논문에서는 이러한 요구사항을 해결하기위한 대규모 MPLS기반 IP망에서의 트래픽엔지니어링 서버 솔루션인 Wise<TE>를 제안한다. 비록 트래픽엔지니어링 기술은 중단간에 적용이될 때 가장 효율적인 효과가 있으나 본 논문의 목표는 특정 도메인내에서 해결방안을 목적으로 하고 있으며 도메인간의 문제는 향후에 해결할 문제로 남겨두었다. 다음은 서버의 핵심 기능들을 설명한다.

- LSP 구성관리 및 준실시간 모니터링: Wise<TE>는 목표망이 이기종의 라우터나 스위치로 구성되더라도 LSP 관리를 위한 통일되고 일관성있는 구성 패널을 제공한다. 구성패널은 단순하고 직관적인 모습을 가지며 관련 표준과 다양한 라우터 운영체제를 지원하

도록 설계되었다. 설정된 LSP들은 COPS, SNMP 및 CLI를 이용하여 실시간으로 polling을 하며 그 결과들은 저장되고 관리자에게 GUI를 통하여 통보된다.

- IP, MPLS, 라우팅 토폴로지의 다양한 시각화: 망 관리자가 망과 라우팅 특성을 효과적으로 이해하고 대처하기 위해서는 IP 토폴로지 뿐만 아니라 MPLS 및 라우팅 프로토콜과 관련된 정보를 확보할 필요가 있다. MPLS 뷰는 대역폭할당뷰, LSP 대역폭 예약상황뷰, 링크 affinity 뷰, 링크와 터널의 관계뷰로 나뉘어진다. 이러한 다양한 뷰는 관련 프로토콜들이 어떻게 설정되었으며 어떤 경로로 플로우가 흘러가는지를 쉽게 보여준다. 또한 OSPF의 링크 상태 데이터베이스와 BGP 경로 속성을 분석하기 때문에 관리자는 설정 실수로 인한 라우팅의 문제점 등을 진단할 수가 있다.
 - 트래픽엔지니어링 정책 관리: 망관리자는 MPLS 트래픽엔지니어링 정책을 설정 마법사를 이용하여 쉽게 생성, 편집, 저장, 제거를 할 수 있으며 생성된 정책은 원하는 하나 이상의 라우터에 쉽게 설정 혹은 설정취소할 수 있으며, 정책기반으로 관리되기 때문에 정책간의 충돌이나, 중복성, 문법 혹은 의미상의 문제점들을 사전에 해결할 수 있다.
 - MPLS용 IP 트래픽 측정 및 분석: Wise<TE>는 LSP의 트래픽 양에 대한 측정 및 분석 기능을 실시간으로 제공한다. 따라서 망관리자는 각 LSP의 utilization, 혼잡정도 등을 시간대별로 파악하고 관리할 수 있다. 라우터가 플로우기반 측정 기능을 제공할 경우 라우터들간, 서버넷간, 및 인접 AS간의 트래픽 동향을 이해하는데 중요한 플로우별 트래픽 측정 및 분석이 가능하다.
 - 지능적인 경로 계산, 추천 및 다양한 시뮬레이션: Wise<TE>는 라우터에서 가진 CSPF 알고리즘과 비슷한 기능을 보유하고 있으며 따라서 직접 LSP를 망에 설정하기전에 미리 경로의 계산을 서버의 CSPF 알고리즘을 통해서 해볼 수 있으며 측정된 트래픽 분포와 통계값과 같이 사용될 경우 링크와 노드 장애에 대한 시뮬레이션과 망 전역적 최적화 시뮬레이션이 가능하다.
- 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장은 서버 구조와 설계원리에 대한 개요를 기술한다. III장은 시스템 구성 요소별 구조와 기능을 설명한다. 구현상의 경험 관련 정보를 IV장에서 설명하며 V장에서는 결론과 향후과제에 대해 언급한다.

II. 시스템 구조 및 설계

1. 전체 시스템 구조

<그림 1>은 상위개념의 Wise<TE> 구조를 보여준다. 각 기능 블록에 대한 간략한 설명은 아래에서 자세한 내용은 3장에서 제공한다.

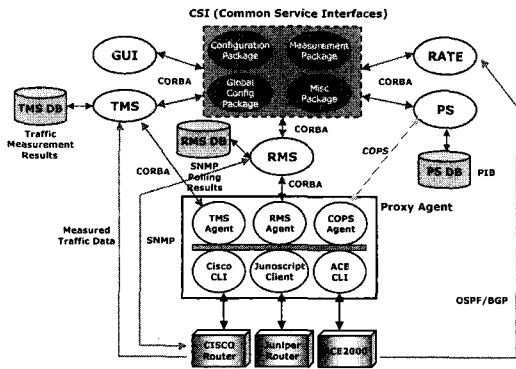


그림 1. Wise<TE > 전체 구조도
Fig. 1. Wise<TE> Overall Architecture.

Wise<TE> 시스템은 CSI, GUI, PS, RMS, TMS, RATE, 및 PA 로 구성된다. (CSI: Common Service Interface, GUI: Graphical User Interface, PS: Policy Server, RMS: Resource Monitoring Server, TMS: Traffic Measurement & Analysis Server, RATE: Routing Advisor for Traffic Engineering, PA: Proxy Agent) CSI는 모든 서버의 공통된 인터페이스를 제공하며 주요기능으로는 광역 설정, MPLS 트래픽엔지니어링 관련 설정, 트래픽 측정정보 관리 등이 있으며 GUI와 타 서버간의 중간 매개 역할을 한다. 이러한 공통 기능은 CORBA IDL^[6]로 명시되고 구현되었으며 시스템의 확장성과 상호운용성을 제공함으로써 기존의 망관리/서비스관리 시스템과의 연동도 용이하다. 보다 자세한 설명은 II장 2절에서 설명된다.

PS는 IETF의 Policy WG^[7]에서 제정한 표준구조를 따르며 망 전체에 걸쳐 영향을 가지는 MPLS 트래픽엔지니어링 정책에 대한 결정, 중복성 검사, 수락 제어에 대한 기능을 수행한다. 정책전달을 위해서 COPS프로토콜을 사용하며 복잡한 구성관리를 자동화하는 역할을 한다.

망 자원과 트래픽데이터는 RMS와 TMS가 담당한다.

먼저 RMS는 인터페이스 트래픽 양, 토폴로지 정보, LSP 구성정보와 같은 망자원 정보를 수집한다. TMS는 인접 AS 트래픽 매트릭스, 서버넷간 트래픽 매트릭스, 노드간 트래픽 매트릭스를 수집 분석한다. 이 모든 정보들은 RMS와 TMS DB에 저장되며 타서버는 필요시 이 정보를 활용하게 된다.

RATE는 수집되거나 분석된 트래픽 정보를 이용한 시뮬레이션 기능을 수행한다. 지원이 가능한 시뮬레이션은 LSP 경로 가용성 검사, LSP 경로 수정 결과분석, 노드 및 링크 장애, 광역 자원 최적화 시뮬레이션이다. 그리고 각 구성요소간의 통신은 상호운용성을 고려하여 국제 표준 혹은 defacto 표준 프로토콜인 COPS, SNMP, CORBA, LDAP^[8] 및 SQL을 사용하고 있다.

이러한 통합 기능은 Wise<TE>가 복잡한 MPLS 트래픽엔지니어링 구성관리를 자동화하도록 하며 망의 자원활용을 최적화하기위한 시뮬레이션 및 분석 기능을 제공하여 향후 망의 설비계획을 세우는데 도움을 주는 역할을 한다.

2. 설계 원칙, 요구사항 및 결정사항

Wise<TE>의 주요 설계원칙은 객체 지향성이다. 이 원칙을 기반으로 본 시스템을 보다 확장성있고 상호운용성이 보장되는 시스템으로 만들수 있다. 객체 및 그들간의 관계에 관한 명확한 설계는 시스템의 확장성을 보장하도록 한다. 또한 기존의 타 망관리 시스템과의 연계도 쉽도록 한다.

<그림 2>는 MPLS 토폴로지와 트래픽정보를 관리하기 위한 CSI 인터페이스의 일부를 보여준다. 필수 객체 클래스와 관계가 설명되어있다. 대문자 C로 끝나는 클래스는 구성정보를 담기위한 것이며 M으로 끝나는 클래스는 트래픽 측정정보를 담기위한 것이다. 예를 들면

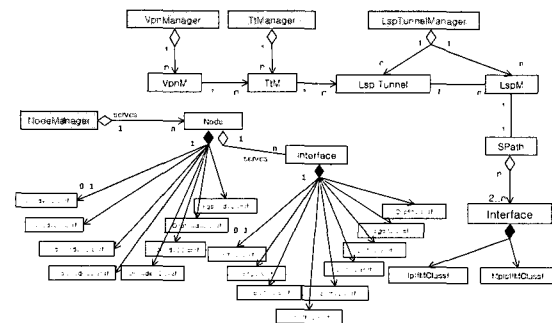


그림 2. Common Service Interfaces (CSI) 객체 모델
Fig. 2. Common Service Interface (CSI) Object Model.

LspM 클래스는 LSP 통계치를 일간, 주간, 월간, 연간별로 제공하기 위한 인터페이스를 가진다. 노드와 인터페이스 클래스는 각 유형에 따라 관련된 classification 클래스를 포함한다. 노드는 IP 노드, MPLS 노드, OSPF 노드 혹은 BGP 노드의 역할을 할수 있으며 이와 유사하게 인터페이스도 IP, MPLS, OSPF 등의 역할을 할수있다. 비록 물리적으로는 하나의 노드 이거나 인터페이스이지만 논리적으로는 서로 다른 기능을 동시 혹은 별개로 할 수 있는 것이다.

각 객체의 생명주기는 관리 클래스에 달려있다. 각 서버들은 관심있는 객체들을 생성, 수정, 삭제, 혹은 찾기를 할 경우 이들 관리자 클래스를 통해서 할 수가 있다. MPLS 구성 및 트래픽 기능을 공통인터페이스로 모델링함으로써 Wise<TE>의 모든 서버들은 필요한 정보를 쉽게 액세스할 수 있으며 따라서 시스템을 보다 확장성 있도록 하였다.

본 설계원칙은 다양한 토폴로지 뷰를 가능케하며 각 토폴로지 별로 서로 상이한 통계정보를 표현할 수가 있다. 예를 들면 IP 토폴로지에서는 인터페이스 통계치를 MPLS 토폴로지에서는 LSP 통계정보를 표현할 수 있다. 이러한 설계 원칙은 광인터넷에서의 트래픽엔지니어링과 같이 새로운 기능을 쉽게 추가할 수 있도록 하였다.

CSI외에도 대부분의 타 서버도 객체 지향성을 따랐으며 CORBA로 구현하였다.

III. 세부모듈 구조 및 기능

1. Policy Server

PS는 정책 매니저 (PR), 정책결정모듈(PDM) 및 정책 저장소(PR)로 구성된다. <그림 3>은 이러한 세부 모듈을 보여준다. PM은 GUI, 타 PS, 혹은 NMS와 상호통신한다. 먼저 정책을 받고, 문법 및 의미의 무결정을 검사 받고 저장소에 저장하며 COPS 메시지로 인코딩하며 적절한 프록시 에이전트에 전달하며 응답에 대한 처리를 한다. 세부사항은 아래와 같다.

- PDM 관리 모듈: 복잡한 정책 도메인을 관리하기 위해서는 각 도메인을 소규모 관리가능한 규모의 그룹으로 세분화할 필요가 있다. 각 그룹은 하나의 PDM에 의해서 관리된다. 하나이상의 PDM이 있을 경우 이 모듈은 각 PDM에 대한 정보를 관리하다가 적절

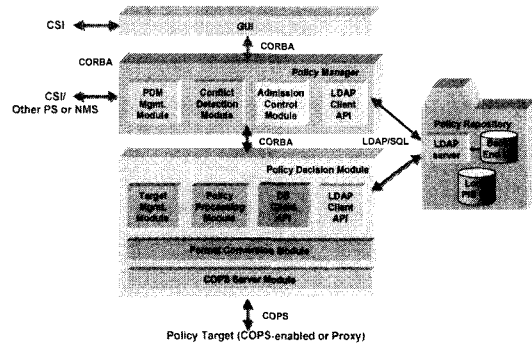


그림 3. 정책서버 구조
Fig. 3. Policy Server Architecture.

한 PDM을 찾아주는 역할을 담당한다.

- 정책충돌검사모듈: 정책을 설정하기전 기존의 정책과의 충돌여부를 검사할 수 있어야한다. 각 정책들은 조건과 액션으로 구성되며 이 모듈은 설정하고자 하는 정책의 조건을 검사하고 동일한 액션과 충돌되는 것이 없는지를 검토한다. 정책의 충돌양상은 크게 두 가지로 나눌수 있는데 첫번째는 현재의 망 상태를 반영하는 경우이고 두번째는 반영하지 않는 경우이다. 후자는 비교적 쉽게 충돌을 검사할 수 있으나 전자의 경우 수락제어 및 기타 최적화 문제와 연계되어 있어 쉽지 않은 문제이다. 이모듈은 수락제어 결정이 필요할 시에는 수락제어 모듈과 긴밀하게 협력을 해야 한다.
- 수락제어모듈: 정책률은 하부 망의 자원 가용상태를 파악하지 않고는 설정할 수가 없다. 이 모듈은 자원의 상태를 검사하고 요청된 정책의 수락여부를 망의 트래픽 분포와 측정 정보^[9]를 바탕으로 결정한다.
- Target 관리 모듈: 한 PDM은 여러 개의 정책 target을 그룹으로 관리한다. 이 기능은 대규모의 망을 관리하기위해서는 필수적인 요소이다. 본 시스템은 쓰레드 기반의 모듈 설계로 이 문제를 해결하였다.
- 정책처리모듈: 새로운 정책률이 생성되거나 기존의률이 수정되었을 경우 이 모듈은 이 룰의 설정 스케줄을 관리한다.
- PIB나 LDAP 클라이언트 API: 이 모듈은 LDAP 혹은 PIB^[10] 저장소에 정보를 저장 혹은 읽기 위한 API를 제공한다.
- 포맷 변환 및 COPS 서버 모듈: 이 모듈은 정책률을 COPS 메시지로 인코딩하거나 디코딩하며 적절한 정책 target에 전달을 하거나 받는 역할을 한다.

정책 target은 PS에서 내려온 정책들을 라우터에 전달하고 설정해야 되는 역할을 하는 요소이다. 대부분의 상용 라우터들은 아직 정책기반 처리기능을 가지고 있지 못하다. 이러한 경우를 위해서 본 시스템은 프락시 방식을 사용하였다. 본 요소는 이러한 환경에 적응하기 위해서 정책 기반 처리기능을 갖춘 라우터와 그렇지 못한 라우터를 모두 수용하게 설계되었다. 따라서 이기종의 다양한 장비들을 수용할 수 있게되었다.

2. Resource Monitoring Server

RMS는 망의 물리적 설정 및 라우팅 설정 정보를 수집하고 관리망의 토폴로지를 자동으로 발견하며 인터페이스 In/Out 바이트수와 같은 간단한 트래픽 통계정보를 수집한다. 토폴로지는 IP 계층에만 국한되지 않고 MPLS 및 라우팅 토폴로지도 포함한다. MPLS 토폴로지는 다시 대역폭할당류, LSP 대역폭 예약상황류, 링크 affinity 류, 링크와 터널의 관계류 네가지로 분류된다. 이러한 다양한 류를 통해서 관리자들은 관련 프로토콜들이 어떻게 설정되었으며 어떤 경로로 플로우가 흘러가는지를 쉽게 파악할 수 있다.

망의 토폴로지 자동 발견을 위해서 RMS는 시스템, 인터페이스 및 링크 정보를 MIBII^[11]에서 SNMP 프로토콜을 이용하여 읽어와서 CSI의 토폴로지 생성 메소드를 호출한다. 이 메소드는 다시 관련 노드, 링크 및 인터페이스를 생성하도록 노드 및 링크 매니저의 메소드를 호출한다. 이 과정에서 가져온 정보를 바탕으로 다양한 유형의 노드, 링크 및 인터페이스가 결정된다. 예를 들어 특정 인터페이스는 IP 및 MPLS 전달 기능 각각을 혹은 모두를 지원한다. 일단 토폴로지 생성 과정이 끝나면, 새롭게 발견된 노드와 인터페이스를 주기적으로 폴링하기위해서 RMS 및 TMS의 폴링 리스트에 등록한다.

망 토폴로지 자동발견 과정을 거치면 다양한 토폴로지가 알려지기 때문에 RMS는 인터페이스 및 LSP 트래픽 정보를 수집할 수 있게 된다. 일부 MIB이 상용라우터에 탑재되지 않은 관계로 CLI 폴링을 통해서도 정보 수집이 이루어진다.

3. Traffic Measurement and Analysis Server

트래픽엔지니어링을 위해서 가장 중요한 기능은 트래픽 수집, 구분 및 분석이다. 이 정보를 통해서 효율적인 트래픽엔지니어링이 가능한 것이다. 따라서 TMS는 Wise<TE>의 핵심 모듈이다.

폴링기반의 모니터링외에 TMS는 cflowd^[12], 시스코의 트래픽 매트릭스 시스템^[10] 혹은 JUNIPER의 MPLS 통계 파일^[13]과 같은 방식도 사용한다.

TMS는 인접 AS 매트릭스, 서버넷 매트릭스 및 LSP 트래픽 통계치 세가지 트래픽 정보를 관리한다. 인접 AS 매트릭스와 서비넷 매트릭스는 cflowd를 사용한다. Cflowd는 cflowd mux, cflowd 및 cflowd collector로 구성되어있다. Cflowd mux는 netflow기능이 동작하는 라우터로부터 수집된 원천데이터를 처리하는 역할을 하며, cflowd는 각 라우터의 인터페이스별 테이블데이터를 생성관리한다. 마지막으로 cflowd collector는 cflowd가 생성한 테이블데이터를 수집하여 ARTS 파일^[14] 형식으로 저장한다. TMS 는 이러한 세가지 틀 중 일부를 수정하여 본 시스템에서 요구하는 매트릭스를 생성한다.

LSP 트래픽 통계자료는 매우 중요한 역할을 한다. 이 정보를 수집하기위해서는 각라우터의 특성에 많은 영향을 받는다. 일부는 관련 MIB을 지원하는 반면 일부는 CLI에 의존해야 된다. 따라서 본시스템에서는 모든 시스템에서 지원되는 CLI 기반 수집 기능을 구현하였다. 관련 MIB이 모든 라우터에서 지원될 경우 쉽게 전환이 가능하게 설계되어있다. 수집 정보의 정확성을 위해서 시스코의 트래픽 매트릭스 시스템 혹은 JUNIPER의 MPLS 통계 파일과 같은 방식도 사용한다.

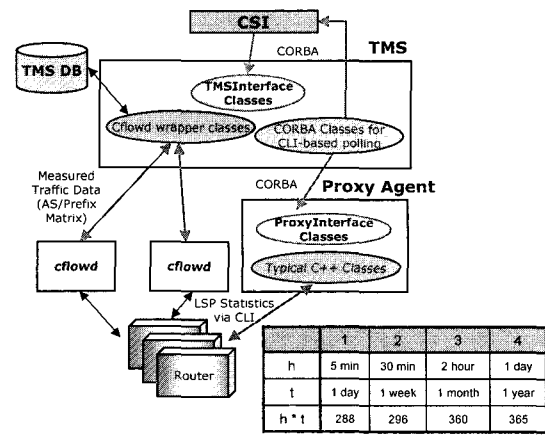


그림 4. TMS 구조
Fig. 4. TMS Architecture.

<그림 4>는 TMS의 세부구조와 각 모듈간 및 타 모듈간의 관계를 보여준다. Cflowd는 직접 라우터에서 정보를 수집하며 LSP 트래픽 통계를 위해서는 프락시 에이전트를 통해서 CLI 폴링으로 수행된다. 테이블은 어

떻게 수집된 원천데이터가 가공되는지를 보여준다. 각 테이블은 5분에서 1일까지 다양한 폴링 간격을 가진다. 이들 통계자료는 GUI, PS, 등과 같은 여러사용자들에게 두가지 방식으로 전달된다. LSP 통계치는 M 클래스 정보이므로 TMS가 직접 관련 클래스 객체 즉, LspTunnelM 및 TtM 에 CORBA set 메소드를 이용하여 업데이트한다. 서버넷 및 인접 AS 매트릭스 데이터는 CORBA 메소드를 통해서 CSI의 관련 객체의 인터페이스에 접근하며 TMS는 관련 정보를 DB에서 추출 가공하여 다시 요구사용자에게 돌려준다. 이 트래픽 정보가 어떻게 시각화되는지는 3.5절에서 보여준다.

4. Routing Advisor for Traffic Engineering

RATE은 관리자가 관리대상 망의 일관성있는 정책 설정을 위해서 라우팅 제어 기능과 다양한 시뮬레이션 기능을 담당한다. 망 관리자는 특정 링크의 상태가 변했을 때 현재 망의 상태와 주어진 조건을 만족하는 경로가 가능한지 알기를 원하며 있다면 어떻게 기존의 트래픽을 옮길 것인지 하는 문제를 해결하기를 원한다. 또한 특정 노드나 링크에 장애가 발생했을시 어떤 결과가 생기는지를 시각화해 보고 싶은 요구사항이 있다. 또한 장기적인 설비 계획 측면에서도 광역 자원 최적화는 LSP 별 경로 계산 및 최적화의 제약점을 해결할 수 있는 방법이다.

경로 가용성 검사 기능은 효율적인 LSP 설정을 가능케한다. Wise<TE>의 서버에 탑재된 CSPF 알고리즘은 실제 LSP를 설정하기 전에 현재의 망상태와 조건을 기준으로 미리 경로를 계산해보고 만족할 경우 설정을 할 수 있는 기능을 제공한다. 또한 서버 기반 CSPF는 online CSPF가 가지는 프로세싱 자원의 부족으로 인해 수행할 수 없는 문제를 극복할 수 있기 때문에 보다 다양한 알고리즘의 적용이 가능하다. 즉 offline 서버의 큰 장점 중에 하나인 것이다.

경로 속성 수정 시뮬레이션은 관리자가 속성 변화에 대해 실제 어떠한 변화가 일어나는지를 시각적으로 확인할 수 있는 기능이다. 속성은 affinity 와 같은 단순한 것에서부터 전체 경로를 수정하는 여러 속성의 변화에 이르기까지 다양하다. 이 시뮬레이션은 망 관리자가 특정 링크가 혼잡시 우회 경로를 생성하고 링크의 혼잡상태가 실제로 어떻게 변화하는지를 직접 확인할 수 있도록 해준다. 이 기능은 정책기반 MPLS 설정 기능과 통합되어있기 때문에 관리자가 원할시 우회 경로를 직접 설정할 수 있는 강력한 기능을 가진다.

노드 및 링크 장애 시뮬레이션은 online protection/recovery 기능에 의존하며 진행결과를 시각화하는 역할을 한다. 모두 네가지의 경우가 있는데 두가지는 주 경로가 explicit 혹은 dynamic일 경우이고 나머지 두가지는 보조 경로가 explicit 혹은 dynamic일 경우이다. 상황에 따라 이 모듈은 결과를 바로 시각화하기도 하고 경로계산 및 설정후 시각화 할 수도 있다.

광역 최적화 시뮬레이션은 자체적으로 개발한 알고리즘을 사용하고 있다. 이 알고리즘은 측정된 ingress/egress 트래픽 양, 최대 홉 개수, 원하는/원하지않는 노드나 링크의 리스트 등과 같은 조건하에서 사용자 대역폭 요구사항을 만족하는 최적 경로의 리스트를 구한다. 이 알고리즘은 다중 경로가 존재할 경우 로드분할의 비율도 계산할 수 있다. 구현의 편리성을 위해서 분할 비율은 이산값으로 선택했다. 이렇게 계산된 값은 RATE 을 거쳐서 GUI에서 시각화 되며 관리자는 원할경우 직접 관련 LSP 설정을 시도할 수있다. 알고리즘에 관한 상세 설명은 첨부된 [15] 논문을 참조하기 바란다.

5. 토폴로지 및 트래픽 뷰 관리자

앞장에서 언급되었듯이 RMS와 TMS는 트래픽데이터를 수집하고 분석하여 의미있는 정보로 변환하는 역할을 한다. 이러한 정보가 조직적으로 정리되면 더욱 유용한 정보가 될 수가 있다. 토폴로지 및 트래픽 뷰 관리자가 이 역할을 한다. <그림 5>는 인접 AS 매트릭스뷰, 서버넷 매트릭스뷰, MPLS 통계뷰 세가지 상이한 트래픽 통계뷰를 보여준다. 인접 AS 매트릭스 뷰는 관리 AS와 인접한 AS간의 트래픽 양을 색상별로 시각화한다. 서버넷 매트릭스뷰는 관심있는 서버넷 간의 트래픽 양을 색상별로 시각화한다. 인접 AS 매트릭스는 AS간

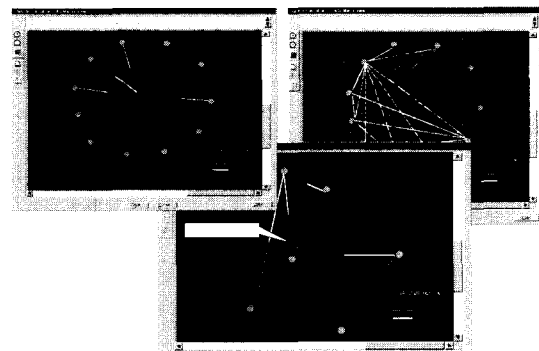


그림 5. 트래픽통계 뷰 스냅샷
Fig. 5. Traffic Statistics View Snapshot.

의 트래픽양을 보여주는 반면 서버넷메트릭스뷰는 관리 AS 내의 특정 서버넷간의 트래픽양을 보여주는 측면에서 상이하다. MPLS 통계뷰는 MPLS 계층의 트래픽 양과 토폴로지를 보여준다. 링크에서는 링크의 특성 즉 MPLS LSP의 개수, 트래픽의 양등을 풍선 도움말형태로 시각화하며 자세한 정보도 테이블형태로 가능하다.

이들뷰 외에도 대역폭 예약뷰는 링크들의 예약가능대역폭 대비 예약된 대역폭의 양을 보여준다. 링크 affinity 뷰는 링크의 affinity 정보를 색상으로 표현한다. 마지막으로 링크 및 터널뷰는 L2 링크와 LSP 터널간의 관계를 보여준다.

IV. 구현

현재 위에서 설명된 구조 및 설계원칙을 바탕으로 Wise<TE> 시스템의 구현은 거의 완료된 상태이다. 완성은 2001년 말에 될 것으로 예상된다. 시스템 개발은 Sun 워크스테이션에서 진행중이며 CORBA의 구현을 위해서 MICO^[16]를 사용하였고 폴링엔진 및 서버의 백엔드 기능은 C++ 로 구현되었다. COPS는 COPS PR RFC^[17]를 기준으로 자체 개발되었으며 COPS 서버와 클라이언트 프로토콜 엔진은 향후의 확장성을 고려하여 객체지향적으로 설계 및 구현되었다. 많은 수의 클라이언트를 수용하기 위해서 POSIX 쓰레드가 사용되었다. 다양한 트래픽 데이터는 시스템의 데이터 접근 속도를 향상시키기 위해서 DB에 저장된다. 비록 개발은 Sun Solaris환경에서 이루어졌으나 Linux나 FreeBSD와 같은 OS도 지원한다. GUI는 이식성을 위해서 Java로 구현되었다.

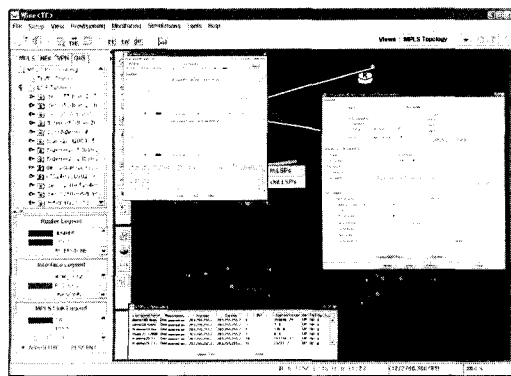


그림 6. Wise<TE> 메인 사용자 인터페이스
Fig. 6. Wise<TE> Main GUI.

<그림 6>은 Wise<TE> GUI의 주요부를 보여준다. 왼편의 트리제어부는 MPLS 트래픽엔지니어링 물을 생성, 편집, 제거, 수정할 수 있는 기능을 하며 편리성을 높이기 위하여 설정 마법사를 사용하였다. 일단 새로운 물이 생성되면 특정 라우터에 직접 설정을 할 수도 있고 정책의 역할을 지정하고 역할별로 여러 라우터에 동시에 설정을 할 수도 있다. IETF의 정책기반 관리시스템에서는 역할기반 정책 설정만을 명기하고 있으나 특정 타겟기반 정책설정도 관리대상의 망 토폴로지를 잘 이해하고 있는 관리자에게는 실질적으로 유용한 기능이 될 수 있다. 오른편의 맵창은 자동으로 발견된 망의 토폴로지를 IP, OSPF, BGP 및 MPLS 뷰로 시각화해준다. 또한 트래픽 상황을 색상으로 구분해서 표시한다. 시뮬레이션의 결과는 별도의 창에 시각화함으로써 기존의 상태와 비교할 수 있다.

현재 Wise<TE> 시스템의 기능을 검증하기 위해서 시험망을 구축해두었다. 시험망은 8개의 상용 백본 라우터 (3개의 7000 시리즈 시스코 라우터, 4개의 쉐퍼 라우터, 1 라오넷 라우터^[18])로 구성된다. Fast ethernet, Giga Ethernet, OC-3 Pos/ATM 등의 다양한 인터페이스도 지원하고 있다. 모든 라우터는 거의 풀메시로 연결되어 다양한 경로설정을 가능토록 하였다. 대규모 실험은 아직 하지않은 상태이며 곧 계획을 수립할 예정이다.

V. 결론 및 향후 계획

MPLS는 IETF에 의해서 표준 트래픽엔지니어링 방식으로 제안되었다. 그러나 실제 운용을 하면서 예기치 못한 문제들이 발생하였다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기위한 트래픽엔지니어링 서버 솔루션인 Wise<TE>를 제안하였다. 그러나 몇가지 더 보완되어야 될 주요 기능으로는 트래픽 통계 보고 기능, MPLS VPN 설정 및 모니터링 기능 등을 들 수 있다. 또한 QoS 기반의 서비스를 제공하기 위해서는 현재의 MPLS 기능에 서비스 클래스 구분 기능이 추가되어야 되는데 IETF의 DiffServ aware MPLS TE가 이 목적으로 표준이 진행 중에 있다. Wise<TE>는 서버 기반의 Diffserv-aware TE 기능을 지원하기위해 확장이 가능하다. 그리고 종단간의 트래픽엔지니어링이 궁극적인 목표이지만 해결되어야 될 문제가 많으며 계속 연구를 진행 중에 있다. 마지막으로 광인터넷이 대규모의 ISP나 NSP의 백본 기술로 자리를 잡아가고 있다. 따라서 다음 단계로 광인터넷

의 트래픽엔지니어링 문제를 Wise<TE>에 접목하는 일이 장기적으로 가장 중요한 일이다.

참 고 문 헌

- [1] E. Rosen, A. Viswanathan, R. Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture", RFC3031, IETF, Jan. 2001.
- [2] D.O. Awduche, et al., "Overview and Principles of Internet Traffic Engineering", Internet Draft: draft ietf tewg principles 00.txt, IETF, Feb. 2001.
- [3] J. Boyle, "The COPS (Common Open Policy Service) Protocol", Internet Draft: draft-ietf-rap-cops-03.txt, 1998.
- [4] J.D. Case, M. et al., "Simple Network Management Protocol (SNMP)", RFC1157, IETF, May. 1990.
- [5] Juniper Network Inc., "Traffic engineering for new public network", <http://arachne3.juniper.net/techcenter/techpapers/200004.pdf>, April, 2000.
- [6] OMG, "The Common Object Request Broker: Architecture and Specification", Revision 2.2, Feb. 1998.
- [7] H. Mahon, et. al, "Requirements for a Policy Management System", Internet Draft: draft-ietf-policy-req-02.txt, November 2000.
- [8] Yeong, W., Howes, T., and S. Kille, "Lightweight Directory Access Protocol", RFC 1777, IETF, March 1995.
- [9] TMS, <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios121/121newft/121t/121t5/tms.htm>, Cisco Inc.
- [10] M. Fine, et al., "Framework Policy Information Base", Internet Draft: draft-ietf-rap-frameworkpib 05.txt, IETF, July, 2001.
- [11] K. McCloghrie, M.T. Rose, "Management Information Base for Network Management of TCP/IP based internets:MIB II", RFC1213, IETF, March 1991.
- [12] cflowd, <http://www.caida.org/tools/measurement/cflowd/index>.
- [13] Juniper's stat file, <http://www.juniper.net/techpubs/software.html>.
- [14] ARTS++, <http://www.caida.org/tools/utilities/arts/>.
- [15] Y. Lee, Y. Seok, Y. Choi, C. Kim, "Explicit Multipath Traffic Engineering in MPLS Networks", submitted to Globecom2001.
- [16] <http://www.mico.org>.
- [17] K. Chan, et. al, "COPS Usage for Policy Provisioning (COPS PR)", RFC3084, March 2001.
- [18] <http://www.raonet.co.kr>
- [19] Francois Le Faucheur, et al., "Requirements for support of Diff Serv aware MPLS Traffic Engineering", Internet Draft: draft-ietf-tewg-diff-te-reqts-01.txt, IETF, June 2001.

저 자 소 개



崔 台 相(正會員)

1995년 12월 : 미주리-캔사스 주립 대학 컴퓨터통신학과 공학박사.
1996년 4월~1998년 12월 : ETRI 멀티미디어통신팀에서 "고품질 VOD 시스템" 개발. 1999년 1월~2001년 12월 : ETRI 인터넷구조팀에서 "MPLS

기반 트래픽엔지니어링 서버" 개발. 2002년 1월~현재 : ETRI 인터넷트래픽관리팀에서 "컨텐츠 인식기반 인터넷 응용 트래픽 수집 및 분석 시스템" 개발. <주관심분야 : 인터넷 트래픽 엔지니어링, QoS 관리, 트래픽 분석>



朴 貞 淑(正會員)

2001년 2월 : 대구가톨릭대학교 전산통계학과 이학박사. 2001년 2월~2001년 12월 : ETRI 인터넷구조팀에서 "MPLS 기반 트래픽엔지니어링 서버" 개발. 2002년 1월~현재 : ETRI 인터넷트래픽관리팀에

서 "컨텐츠 인식기반 인터넷 응용 트래픽 수집 및 분석 시스템" 개발. <주관심분야 : 인터넷 트래픽 엔지니어링, 트래픽 측정, 성능 분석, 트래픽 모델링.>



尹承鉉(正會員)

1997년 2월 : 성균관대학교 산업공학과 공학박사. 1997년11월~1998년 12월 : ETRI NTB 팀에서 네트워크 시뮬레이션 연구. 1999년 1월~2001년 12월 : ETRI 인터넷구조팀에서 "MPLS 기반 트래픽엔지니어링 서버" 개발. 2000년 6월~2001년 5월 : "국가 인터넷 통계 수집 시스템을 위한 인터넷 트래픽 측정시스템" 개발. 2002년 1월~현재 : ETRI 인터넷트래픽관리팀에서 "국제회선 인터넷 요금 분담을 위한 인터넷 응용 트래픽 수집 및 분석 시스템" 개발. <주관심분야 : 인터넷 트래픽 엔지니어링, 트래픽 측정 및 분석, 망 설계, 시스템 성능분석>



李乘俊(正會員)

1998년 : 서울대학교 컴퓨터공학과 공학석사. 2001년 12월~현재 : ETRI 인터넷트래픽관리팀에서 "인터넷망 관리를 위한 Wise<NT> 시스템" 및 "컨텐츠 인식기반 인터넷 응용트래픽 수집 및 분석 시스템"



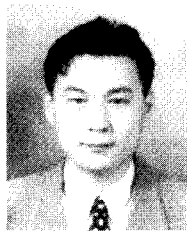
鄭泰洙(正會員)

1983년 2월 : 경북대학 전자공학과 공학석사. 1983년 3월 : ETRI 데이터통신연구실, 통신망구조연구실 연구원, 광대역통신방식연구실, 광대역프로토콜연구실 실장, 체계종합팀, 인터넷구조팀 팀장. 현재 : 인터넷트래픽관리팀 팀장, 관심분야는 통신망기술, 인터넷 트래픽 엔지니어링, QoS 관리



金承勳(正會員)

1999년 2월 : 서울대학교 컴퓨터공학과 석사. 1999년 3월~2001년 12월 : ETRI 인터넷구조팀에서 "MPLS 기반 트래픽엔지니어링 서버" 개발. 2002년 1월~현재 : ETRI 인터넷트래픽관리팀에서 "응용 인식가능한 설정형 인터넷 응용 트래픽 수집 및 분석 시스템" 개발. <주관심분야 : 인터넷 운용, 인터넷 트래픽 측정 및 관리, 차세대 인터넷 응용 등.>



鄭炯錫(正會員)

2000년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 공학박사. 1999년 11월~2001년 12월 : ETRI 인터넷구조팀. "DiffServ기반 QoS 설정 서버" 개발, "MPLS 트래픽엔지니어링 서버" 개발. 2002년 1월~현재 : ETRI

인터넷트래픽관리팀에서 "컨텐츠 기반 인터넷 응용 트래픽 수집 및 분석 시스템" 개발. <주관심분야 : 차세대 망관리 기술, 인터넷 트래픽 분석>