

네트워크 설계 및 분석 시스템 개발*

최재원, 이광휘
창원대학교 컴퓨터공학과
e-mail : {jwchoi, khlee}@sarim.changwon.ac.kr

Development of a Network Design and Analysis System

Jae-Won Choi, Kwang-Hui Lee
Dept. of Computer Engineering, Changwon National University

요 약

본 논문에서는 네트워크를 설계하고 분석할 수 있는 도구를 연구 개발하였다. 사용자는 간단한 설정 과정과 직관적인 인터페이스를 이용하여 네트워크를 설계할 수 있다. 사용자 요구 수준을 반영하여 생성되는 트래픽이 설계된 네트워크에 유입되고 그 성능이 분석된다. 시뮬레이션 과정은 네트워크와 장비의 실제 동작 원리에 기반을 두고 수행되도록 하였다. 본 시스템의 개발을 통하여 국부적인 이론 연구에만 한정되고 있는 네트워크 분석 도구의 개발에 대한 전체 프레임워크의 설계 방향과 실용화 방안을 제시하였다.

1. 서론

네트워크는 특정 기관의 사업적 요구뿐만 아니라 개인 사용자의 다양한 서비스 욕구를 충족시키기 위한 주요 수단이 되었다. 이로 인하여 네트워크 자원의 활용 분야와 사용량이 기하급수적으로 늘어나고 있어 효과적인 관리 수단이 필요하며 이미 많은 연구가 진행되었다[1-3]. 하지만 효율적인 네트워크 관리는 한정된 자원의 활용률을 증대시킬 수는 있으나 초기 설계 자체가 잘못 되었을 경우에는 한계를 가진다. 네트워크 설계의 궁극적인 방향은 한정된 비용과 자원으로 그 효율을 극대화하는 것이다. 이를 위해서는 장비의 활용도와 성능을 체계적으로 분석할 수 있는 수단이 필요하다[4, 5].

본 논문에서는 네트워크를 설계하고 분석할 수 있는 시뮬레이션 시스템을 설계하고 구현하였다. 사용자는 직관적인 인터페이스와 간단한 설정 과정을 이용하여 네트워크 토폴로지를 설계하고 장비의 성능을 결정하게 된다. 시뮬레이션에 사용되는 트래픽은 사용자 요구 수준이 반영될 수 있도록 유형을 가지는 수학적 분포 함수로 생성되도록 하였다. 설계된 네트워크는 실제 장비와 동일한 방식으로 동작하여 시뮬레이션이 수행되고 그 로그를 이용하여 성능을 분석하게 된다. 따라서 본 논문은 네트워크 설계와 분석을

위한 도구를 개발함으로써 시뮬레이션 도구의 전체 프레임워크와 그 실용화 방안을 제시하는데 목적이 있다.

2. 시스템의 개요 및 구조

네트워크를 분석하고 성능을 예측하기 위한 시뮬레이션 도구의 필요성으로 인하여 몇몇 관련 연구가 진행되고 있다. 하지만 실용적인 도구의 개발보다는 특정한 성능 인자에 대한 연구에 국한되며 수학적 이론에 근거를 둔 경우가 많다. NS-2, SIMSCRIPT, OPNET, EcoPREDICTOR 등이 실제 개발되어 활용되고 있는 도구들이다. 이러한 도구들은 구입과 학습에 대한 많은 비용을 필요로 하고 있어 실용적인 사용보다는 학술적인 요구에 적합하다[6-10].

2.1 연구 방향

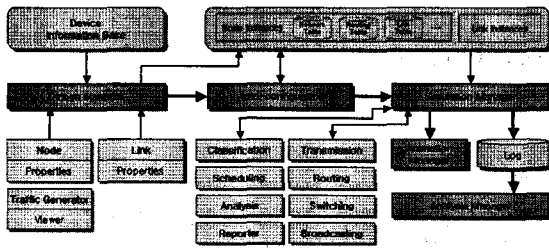
본 연구에서 개발한 시스템은 네트워크를 설계하고 성능을 분석하기 위한 것으로서 쉬운 사용법과 직관적인 인터페이스를 가진다. 또한, 성능 결정 요소의 핵심적인 사항만을 추출하여 반영함으로써 효과적이고 가시적인 방법으로 이를 시뮬레이션한다. 그 과정은 수학적 모형을 이용하지 않고 실제 장비 또는 프

* 본 논문은 한국과학재단의 산학협력연구(101-2001-000-00061-0)로 수행된 결과의 일부임.

로토폴과 동일한 방식으로 동작한다. 이는 이론적이고 이상적인 수학 이론의 한계를 탈피함으로써 다양한 토폴로지 및 트래픽 모델을 시스템에 반영하고 실제 계의 동작 과정에 따른 성능을 분석하고 예측하기 위함이다.

2.2 시스템의 구조

네트워크를 구성하거나 확장하는 과정은 먼저 노드와 링크를 이용하여 전체적인 토폴로지를 형성한다. 다음으로 각 장비의 성능을 결정한 후 시뮬레이션을 거쳐 그 성능을 분석하고 예측하는 것이다. (그림 1)은 본 시스템의 전체적인 구조와 흐름을 나타낸다.



(그림 1) 시스템의 전체 구조도

(1) 디자인 매니저(Design Manager)

네트워크를 설계하기 위한 환경에 해당하는 부분으로서 토폴로지와 장비의 종류 및 속성들을 지정할 수 있는 사용자 인터페이스를 제공한다. 네트워크를 설계하기 위해 선택할 수 있는 항목으로는 라우터, 2계층/3계층 스위치, 허브, 호스트, 호스트 그룹, 링크, 서브넷, 랜(WAN) 등이 있다. 호스트와 호스트 그룹, 랜에는 트래픽 발생기와 이에 대한 설정 항목들이 추가되어 있다. 이들은 네트워크에 트래픽을 발생시키기도 하고 패킷 전송의 최종 목적지가 되기도 한다. 호스트 그룹은 동일한 특성을 가진 여러 호스트들을 모아 놓은 것을 가리킨다. 그리고 랜은 하나의 설계된 네트워크와 연결되는 외부 네트워크를 표현하는 것으로 내부 네트워크로 트래픽을 유입시키기도 하고 반대로 내부 트래픽이 외부 네트워크로 나가는 출구가 되기도 한다. 서브넷은 복잡한 네트워크의 경우 하나의 화면에서 모든 토폴로지를 구성하기 어렵다는 점에 착안하여 전체 네트워크를 여러 개의 서브넷으로 분할하여 별도의 화면에서 설계할 수 있는 수단을 제공하는 것이다.

사용자는 해당 노드와 링크를 이용하여 네트워크를 설계하고 토폴로지를 구성한 다음 각각의 구성 요소에 대한 성능을 결정하게 된다. 일반 사용자의 경우 개별적인 성능 파라미터를 설정하는 과정이 어렵고 번거롭다. 따라서 본 시스템은 하드웨어 자원 및 성능에 관한 정보들을 장비 정보 베이스(Device Information Base)로 구성하여 제공한다. 여러 장치 벤더들이 제공하는 실제 제품 모델명에 따라 간단한 스크립트 형태로 기술되어 있으며 시스템에 자동 임포트된다. 사용자는 단순히 특정한 제품 모델만을 선택함으로써 그

성능이 자동으로 결정되고 필요에 따라 수정 가능하다. 링크는 회선의 종류, 대역폭을 나타내는 Bandwidth (bps), 전송에 소요되는 회선상의 지연 시간을 나타내는 Delay (ns) 등이 설정된다. 라우터와 같은 장비의 경우 다음과 같은 성능 파라미터를 설정할 수 있다.

- Capacity (bps): 성능에 해당하는 데이터 처리량
- Packet Per Second (pps): 초당 처리하는 패킷 개수
- Memory (byte): 전체 버퍼 메모리의 용량
- Latency (ns): 노드에서 소요되는 대기 시간
- Queue Scheduling Type: 큐 스케줄링 방식
- Routing Protocol: 라우팅 프로토콜의 종류

디자인 매니저는 사용자에게 의해 설계된 네트워크 정보들에 대하여 객체를 생성하고 시스템이 구동되는 동안 유지 및 관리한다.

(2) 자동 구성기(Auto-configurator)

설계된 네트워크를 시뮬레이션하기 위해 필요한 기본 환경이나 구성 정보 등을 자동으로 설정하는 일종의 전처리기이다. 실제 장비의 운용과 마찬가지로 시뮬레이션 자체를 위해 필요한 사항들을 사용자가 직접 수동으로 설정하는 것은 많은 오류 가능성을 내포하므로 이를 방지하기 위한 것이다. 디자인 매니저에 의해 생성되고 유지되는 정보들을 이용하여 네트워크를 구분하고 각 장비의 특성을 판별한 후 아래와 같은 작업들을 수행한다.

- 개별 구성 요소에 대한 유일한 ID의 할당
- 유일한 IP 주소의 할당
- 유일한 물리(MAC) 주소의 할당
- 고유한 ID와 주소에 대한 할당 오류 검사
- 링크와 같은 논리적 설계 오류 검사

(3) 시뮬레이션 매니저(Simulation Manager)

노드의 동작에 따른 패킷의 흐름을 가시화하는 애니메이션 매니저와 함께 실제 시뮬레이션을 수행하는 일을 담당한다. 디자인 매니저와 자동 구성기에 의하여 생성되고 유지되는 정보들을 수집한 후 시뮬레이터가 초기화되고 애니메이션 매니저가 가동된다. 중단 노드는 트래픽을 발생시키고 중간 노드는 패킷 처리를 위한 스케줄링, 테이블 갱신, 경로 선정, 전송 매커니즘 등을 이용하여 패킷을 전달함으로써 시뮬레이션을 수행한다. 또한, 이러한 과정에서 동반되는 패킷 처리와 전달에 관한 모든 이력들을 로그 파일로 기록한다.

(4) 어널리시스 매니저(Analysis Manager)

시뮬레이션 과정에서 생성된 로그 기록을 이용하여 네트워크와 장비에 대한 성능을 분석한다. 분석 결과를 특정한 수치 정보로만 제공하는 기존의 몇몇 도구들과는 달리 그래프로 그 성능을 도시화하여 보고서 형식으로 출력할 수 있도록 함으로써 예측 및 정책 결정의 자료로 활용될 수 있도록 한다.

3. 모듈의 설계와 동작

본 장에서는 시스템을 이루는 핵심 모듈에 대한 설계 방향과 동작 원리를 설명하고자 한다.

3.1 유일한 ID와 주소의 할당

시스템이 각 장치들을 효율적으로 구분하고 제어할 수 있도록 하기 위해 자동 구성기에 의하여 부여되는 주요 ID는 아래와 같다. 여기서 3계층 스위치의 경우 VLAN(Virtual Local Area Network)을 구성하는 수단의 제공을 위하여 각 인터페이스에 그룹 ID를 적용하여 네트워크를 구분할 수 있도록 한다.

- 노드 ID: 노드에 할당
- 인터페이스 ID: 인터페이스에 할당
- 그룹 ID: 인터페이스에 할당. VLAN에 적용
- 링크 ID: 링크에 할당

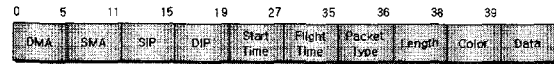
개별 노드에 할당되는 IP 주소와 각 인터페이스마다 할당되는 물리 주소도 자동 구성기에 의하여 생성 및 부여되며 그 구조는 (그림 2)와 같다.



(그림 2) IP 주소와 물리 주소의 구조 (단위: bit)

3.2 시뮬레이션 패킷의 구조

시뮬레이션을 실제 동작과 동일하게 수행하기 위하여 본 시스템에서는 패킷을 직접 생성하여 목적지로 전달한다. 시뮬레이션의 효율을 높이기 위해 실제 패킷의 구조를 일부 변경하여 (그림 3)과 같은 구조를 가지며 구현상으로는 바이트 배열 형태이다.



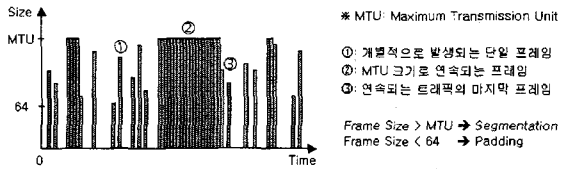
(그림 3) 시뮬레이션 패킷의 구조 (단위: byte)

- DMA(Destination MAC Address)
- SMA(Source MAC Address)
- SIP(Source IP)
- DIP(Destination IP)
- Start Time: 패킷 생성 시각
- Flight Time: 패킷 전달 시각
- Packet Type: 패킷의 종류
- Length: 데이터 필드의 길이
- Color: 패킷 구분을 위해 예약된 필드
- Data: 제어 정보 및 데이터 필드

3.3 트래픽의 생성

시뮬레이션에서 트래픽의 발생 패턴은 중요한 역할을 한다[11]. 중단 노드에서는 크기, 발생 간격, 목적

지 지정 등의 방법으로 트래픽이 생성된다.



(그림 4) 이더넷 프레임의 분할과 패딩

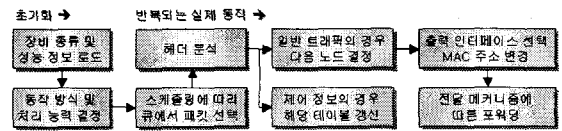
(그림 4)는 이더넷에서의 일반적인 트래픽 양상을 나타내는 것으로 이를 적합하게 표현하기 위하여 <표 1>과 같은 종류의 항목 설정 수단을 제공한다. 발생되는 트래픽의 크기는 포아송, 기하, 일양, 가우시안, 지수, 삼각, 파래토, 열량, 감마, 로그 노말 확률 분포와 같은 수학 함수를 사용한다[12].

<표 1> 트래픽 생성 방식

계층	모드	설명
프레임	싱글	링크를 통해 최종적으로 전송되는 프레임의 크기를 기본 단위로 하여 생성. 즉, (그림 4)의 ①만을 단일 함수로 지정.
	혼합	링크를 통해 최종적으로 전송되는 프레임의 크기를 기본 단위로 하여 생성하되 (그림 4)의 ①, ②, ③을 각각 개별 분포 함수로 지정하고 이에 대한 비율을 설정.
데이터	싱글	중단 사용자가 전송하는 데이터의 크기를 기본 단위로 하여 트래픽을 생성. 하위 계층에서 MTU에 따라 분할 또는 패딩.

3.4 노드의 동작

장비와 프로토콜에 대한 동작 메커니즘을 직접 구현하여 탑재함으로써 패킷의 처리, 라우팅, 스위칭, 브로드캐스팅 등에 따른 세부 기능들이 실제 작동되도록 하였다. (그림 5)는 라우터와 같은 중간 노드에서 패킷이 처리되는 과정을 나타낸다.



(그림 5) 중간 노드에서의 패킷 처리 절차

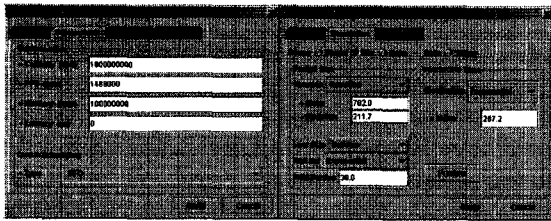
3.5 로그와 성능 분석

어널러시스 매니저는 시뮬레이션 과정에서 생성된 로그 정보를 분석하여 아래와 같은 성능을 평가한 후 리포트 형식으로 제공한다.

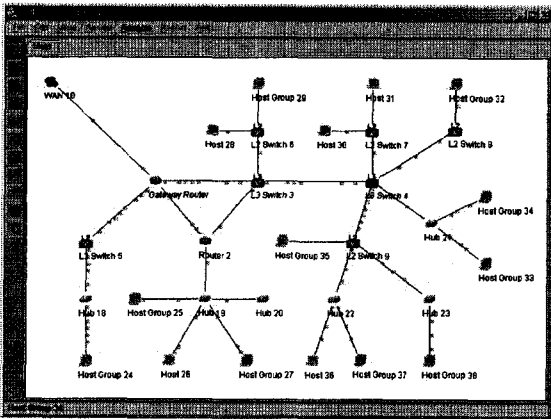
- 패킷 처리율(Throughput)
- 장비 사용률(Utilization)
- 패킷 드롭(Drop)
- 노드 지연(Delay)
- 링크 성능
- 단대단(End-to-End) 지연

4. 시스템의 구현

본 시스템은 자바 언어를 이용하여 GUI 환경으로 구현되었다. (그림 6)은 장비에 대한 파라미터 설정의 예를 보여 주고 있으며, (그림 7)은 시뮬레이션 진행 과정을 애니메이션으로 가시화하여 실제 패킷의 흐름을 동적으로 보여주는 화면이다. 그리고 분석 결과의 예를 (그림 8)에 나타내었다.



(그림 6) 장비의 파라미터 설정



(그림 7) 시뮬레이션의 진행

(그림 8) 분석 결과 화면의 예

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 네트워크를 설계하고 분석할 수 있는 도구를 개발함으로써 시뮬레이션 소프트웨어에 대한 구조와 실용화 방안을 제시하고자 하였다. 제안 시스템의 주요 특징으로는 실제 장비와 프로토콜의 동

작에 기반을 두고 시뮬레이션을 수행하여 그 분석 결과를 제공한다. 또한, 네트워크나 프로그래밍에 대한 전문적인 지식 없이도 간단하고 직관적인 방법으로 네트워크를 설계하고 그 성능을 분석할 수 있다. 설계된 네트워크는 수학적인 모형을 사용하지 않고 직접 트래픽을 생성하여 적용시킴으로써 각각의 패킷을 실제로 처리하는 방식으로 시뮬레이션이 수행되었다.

향후 연구로는 추가적인 프로토콜의 구현, 응용 서비스에 대한 성능 분석, 이동 네트워크 환경에 대한 고려, 분석 결과의 정확성 검증 등이 있다.

참고문헌

- [1] Tobias Oetiker and Dave Rand, *MRTG*, <http://people.ee.ethz.ch/~oetiker/webtools/mrtg/>
- [2] Se-Hee Han, Hong-Taek Ju, Myung-Sup Kim and James W. Hong, "Design of Next Generation High-Speed IP Network Traffic Monitoring and Analysis System", in *Proc. of APNOMS 2002*, Jeju, Korea, pp. 282-293, September 25-27, 2002.
- [3] Jae-Won Choi and Kwang-Hui Lee, "A Web-based Management System for Network Monitoring", in *Proc. of IPOM 2002*, Dallas, Texas USA, pp. 98-102, October 29-31, 2002.
- [4] Teresa C. Mann-Rubinson, Kornel Terplan, *Network Design: Management and Technical Perspectives*, CRC Press, Aug. 1998.
- [5] Robert S. Cahn, *Wide Area Network Design: Concepts and Tools for Optimization*, Morgan Kaufmann Publishers, May 1998.
- [6] Lee Breslau, Deborah Estrin, Kevin Fall, Sally Floyd, John Heidemann, Ahmed Helmy, Polly Huang, Steven McCanne, Kannan Varadhan, Ya Xu, Haobo Yu, "Advances in Network Simulation", *IEEE Computer*, Vol. 33, No. 5, pp. 59-67, May 2000.
- [7] USC Information Science Institute, *NS-2*, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [8] CACI Products Company, *SIMSCRIPT*, <http://www.simscript.com/>
- [9] OPNET Technologies, Inc., *OPNET*, <http://www.opnet.com/>
- [10] Compuware Corporation, *EcoPREDICTOR*, <http://www.compuware.com/>
- [11] 전의수, 이광휘, "웹 트래픽 모델링 및 특성에 관한 연구", *2002년도 한국통신학회 추계종합학술발표회*, Vol. 26, pp. 432, November 23, 2002.
- [12] 배영주, *현대 통계학의 이해와 응용*, 교우사, Mar. 2001.