

# COMNAS : 통신망에 대한 성능분석 도구\*

COMNAS : Performance Analysis Tool for Communication Networks

김명희\*\*, 채기준\*\*

Myoung-Hee Kim, Ki-Joon Chae

## Abstract

In this paper, we have developed a performance analysis tool for communication networks called COMNAS. COMNAS analyses the performance of wide area networks such as Korea Educational Network and Korea Research Environment Open Network which include local area networks such as Ethernet and Token Ring. COMNAS consists of model constructor, simulation implementor, output analyzer and user interface. Attributes of communication networks for modeling either have default values or are entered by user as object units, and implementation of simulation is automatically proceeded by user interface. Output results obtained by COMNAS are the status of node, link and entire network such as mean message transmission delay, throughput, utilization, and so on, and they can be selectively obtained upon the request of the user.

## 1. 서론

1970년대 후반 Xerox사에서 Ethernet이라는 근거리 통신망 (Local Area Network: LAN)을 처음 소개한 후 국내에서도 1980년대 중반 이후 근거리 통신망의 보급이 급격히 증가하는 추세이다.

정보화 사회의 기반 조성을 위해 정부가 추진하고 있는 행정망, 금융망, 교육 연구망, 국방망, 공안망 등 5대 국가 기간 전산망은 우리나라의 중추가 되는 광역 통신망으로서 1990년대 중반까지는 각 통신망을 완성하고 2000년까지는 이를 단일 전산망으로 통합해서 운영할 계획으

로 있다. 특히 2000년대 중반까지 「초 고속 국가 전산망」의 건설계획이 신경제 계획 정보산업 발전전략으로 발표되었고 현재 세부 추진계획을 마련중에 있다[1][4].

앞으로 완성될 국가 기간 전산망이나 Internet등의 광역 통신망 등에 근거리 통신망들을 연결하는 것은 필연적인 것이 될 것이다. 그러나 이와 같은 광역 통신망을 설치하는 데에는 많은 경비가 들기 때문에 한번 설치 후에는 다른 전산망으로 바꾸는 것은 매우 힘들다. 그렇기 때문에 전산망을 설치하기 전에 성능면이나 경제적인 면 등을 고려하여 어떠한 연결 방법이 주어진 상황에 적당한 것인가를 판단하여 설치하는 것이 설치 후의 여러가지 문제점들

\* 본 논문은 통신학술연구지원국의 지원에 의해 수행되었음

\*\* 이화여자대학교 전자계산학과

을 방지하는데에 매우 중요하다.

따라서 회선 교환망과 패킷 교환망, 근거리 통신망에서 광역 통신망과의 연결, 일반 통신망에서 1 Gbits/sec 이상의 초 고속 통신망으로 다양하고 급속한 변화에 따른 새로운 통신망의 설계에 앞서 통신망의 성능분석을 위한 정확하고 손쉬운 평가도구의 개발이 무엇보다도 우선적으로 요구된다고 할 수 있다.

통신망의 성능 예측방법은 분석적 계산방법이나 컴퓨터 모델을 이용한 시뮬레이션 방법이 사용되어진다. 두 방법 중 대상 통신망의 실험상황을 자유롭게 제어할 수 있다는 면에서 시뮬레이션을 이용한 방법이 보다 선호되고 있다 [6][7][8].

컴퓨터 시뮬레이션 모델은 일반 프로그래밍 언어로 구현되어질 수 있으나, 시뮬레이션 언어 혹은 시뮬레이션 패키지에 의한 것이 용이한 방법이 될 수 있다. 시뮬레이션 언어를 사용할 경우에 있어서 일반적인 내용의 모델을 구축할 때는 사용상의 편리함이 큰 장점으로 간주될 수 있으나 특수한 분야를 대상으로 할 경우에는 역시 장시간의 노력이 요구되어질 뿐 아니라 새로운 시뮬레이션 언어를 이해하고 또 그에 익숙해져야 한다는 부담이 추가된다. 그러므로 특수한 분야의 복잡한 모델링을 시도할 경우에는 시뮬레이션 언어로 만들어진 시뮬레이션 패키지의 사용이 보다 효과적인 방안이 될 수 있다 [6][8].

통신망의 성능 분석을 위한 시뮬레이션 패키지가 많이 존재하지만, 다음과 같은 사항들을 주요 문제점으로 지적할 수 있다.

첫째, 근거리 통신망 또는 광역 통신망 단위의 모델 구축은 가능하나 이들을 연결한 인터넷워크의 모델링이 원활하지 못하다.

둘째, 모델 구축을 위한 입력 파라미터의 종류와 내용이 매우 복잡하다.

셋째, 출력결과의 내용이 매우 복잡하고, 비교·분석 기능이 부족하다.

그러므로 이러한 문제점을 보완하는 보다 기능적인 통신망의 모델링 및 분석 도구의 개발이 필요하다.

본 논문에서는 근거리 통신망, 광역 통신망, 그리고 여러 종류의 근거리 통신망들을 다양한 서비스를 제공하는 광역 통신망을 통하여 연결한 인터넷워크의 성능 분석을 위하여 객체화 개념을 이용한 모델 구축 기능, 시뮬레이션 수행 기능, 그리고 결과 데이터의 출력 및 비교·분

석 기능을 제공하는 새로운 평가도구인 COMNAS (Communication Network Analysis System)를 개발하였다.

본 논문은 먼저 COMNAS의 개요와 COMNAS에서 모델링할 수 있는 대상과 그 범위를 설명한 다음, COMNAS의 구현에 대해서 모델 구축기, 시뮬레이션 수행기, 결과 분석기의 세 부분으로 구분하여 상세히 설명한다. 마지막으로 COMNAS의 사용 예를 보임으로써 모델링 및 시뮬레이션의 수행, 그리고 결과 분석의 전 과정에 대한 이해를 용이하게 한다.

## 2. COMNAS의 개요

COMNAS는 근거리 통신망, 광역 통신망, 인터넷워크에 대한 모델링 기능을 제공한다.

먼저 국가 기간 전산망 중 교육전산망(KREN: Korea Educational Network)과 연구전산망(KREONet: Korea Research Environment Open Network)을 기본 광역 통신망으로 삼아, 이를 패킷교환망으로 구축하고 객체화하였다. 따라서 광역 통신망의 모델링을 위해서는 이러한 기본 광역 통신망을 사용하거나 사용자가 새로운 광역 통신망을 정의하도록 하였다.

근거리 통신망으로는 IEEE 802.3[12]에 의해 표준화가 되어있고 매체 접근 제어방식 (MAC: Medium Access Control)으로 CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) 프로토콜을 사용하며 전세계적으로 가장 많이 사용되어지고 있는 Ethernet과, IBM에 의해 개발되었고 성능면에서 Ethernet보다 우수하다고 평가받고 있으며 IEEE 802.5[13]에 의해 표준화가 되어있는 Token Ring을 사용하도록 하였다.

또한 근거리 통신망들을 광역 통신망에 연결하는 인터넷워크를 모델링할 수 있도록 하였다.

시뮬레이션 수행은 COMNET II.5를 이용하였으며, 시뮬레이션 수행 후 생성되는 결과 데이터는 사용자의 요구에 따라 전체 통신망의 평균 메시지 지연시간(mean message delay), 처리량(throughput), 각 노드나 링크의 이용률(utilization)등 각 노드와 링크, 전체 통신망의 상태에 대한 내용 등으로 출력된다.

COMNAS가 가지고 있는 기능들은 다음과 같다.

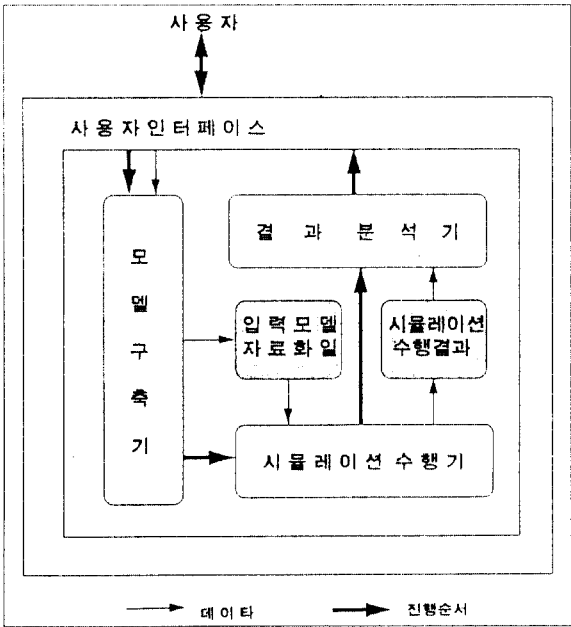
첫째, 근거리 통신망과 광역 통신망, 이들이 연결된 인터넷워크의 모델링

둘째, 동일 자료에 대한 반복입력의 자동화 셋째, 기본 광역 통신망의 객체화 (연구전산망과 교육전산망)

넷째, 출력형태의 다양화 및 비교 분석 결과 제시 다섯째, 전 작업과정의 메뉴방식 사용자 인터페이스에 의한 진행

위의 내용을 수행하는 COMNAS는 <그림 1>과 같이 모델 구축기, 시뮬레이션 수행기, 결과 분석기, 사용자 인터페이스로 이루어진다. COMNAS의 수행과정은 다음과 같은 순서로 진행되어진다.<(그림 1)의 화살표 참조)

첫째, 모델 구축기를 이용한 통신망의 설계 둘째, COMNET II.5 를 이용한 시뮬레이션 수행 셋째, 결과 분석기를 통한 결과 비교 및 분석 즉, 사용자는 사용자 인터페이스를 통해 원하는 통신망 모델을 모델 구축기를 이용하여 구성한다. 모델 구축기에 의해 생성된 입력모델 자료화일은 시뮬레이션 수행기에 입력되어 시뮬레이션 된다. 시뮬레이션 수행 후 생성된 결과는 결과 분석기에 입력되어 분석되며, 사용자가 사용자 인터페이스를 통해 선택한 사항에 대해 분석된 결과가 다양한 형태로 출력된다.



(그림 1) COMNAS의 구조

### 3. 대상 및 범위

#### 3.1 대상 통신망

이 절에서는 COMNAS의 대상이 되는 광역 통신망과 인터넷네트워크에 대해서 간단히 설명하고자 한다.

##### 3.1.1 광역 통신망

광역 통신망은 근거리 통신망과 대조적으로 넓은 지역을 포함하고 다양한 구조로 이루어진다. COMNAS의 모델 구축기는 이러한 광역 통신망을 모델링하는데 있어서 데이터그램을 사용하는 패킷교환망을 기본으로 하였으며, 모델링하는 작업은 두 가지 방법으로 수행될 수 있다.

첫째, 객체화되어 있는 광역 통신망인 연구전산망 또는 교육전산망에 사용자가 정의한 노드를 연결하여 통신망을 확장한다.

둘째, 사용자가 새로운 광역 통신망을 구성한다.

객체화된 광역 통신망인 연구전산망과 교육전산망은 5대 국가 기간 전산망에 속하는 것으로서 현재 구축되어 있는 연구전산망의 내용은 다음과 같다[3].

- 서울, 대덕 연구단지 내 연구기관 상호 연동 서비스
- 주요대학 및 기업체 연구소 연동 서비스
- 서울~대덕간 고속 통신로 개설(T1:1.544 Mbps)
- 대덕~창원간 연구기관 상호 연결 (기계(연),전기(연))
- 연구 분야의 국내 전산망 상호 연동 (HANA/SDN, DACOMNET 등과의 연동)
- 해외 연구망과 전용회선 연동 (56 Kbps) 미국 NSFNET의 지역망인 CERFNET과의 연동, Internet 서비스 개시

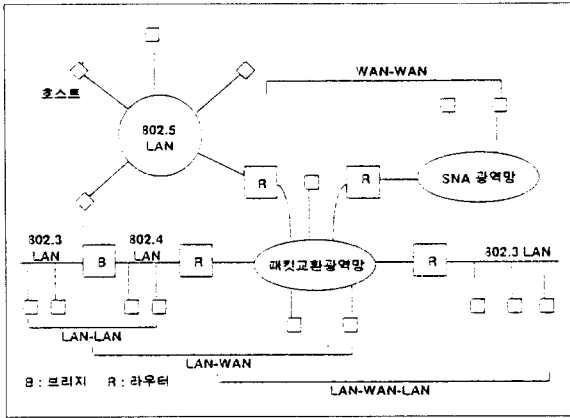
현재 추진하고 있는 교육전산망은 이중구조를 가지며, 그 내용은 다음과 같다[2].

- KREN-BITNET
  - RSCS 프로토콜을 기초로 하는 해외 BITNET과 연결
  - 9600 bps 전용선, 동경이과대학과 연결(통신위성을 통해 연결)
- KREN-Internet
  - TCP/IP 프로토콜을 기초로 하는 해외 Internet과 연결
  - 56 Kbps 전용선, 한국통신과 연결(라우터를 통하여 연결)

### 3.1.2 인터넷워크

근거리 통신망들과 메인 프레임들은 그들간에 상호 연결될 뿐만 아니라 국가적인 광역 통신망 또는 국제적인 광역 통신망들과도 종종 연결된다. 이러한 상호연결(interconnection)의 형태는 <그림 2>와 같고 LAN-LAN, LAN-WAN, WAN-WAN, LAN-WAN-LAN으로 구분할 수 있다.

COMNAS의 모델 구축기에서도 특정 노드를 브리지(bridge)나 라우터(router)로 지정하여 인터넷워크를 구축할 수 있다.



<그림 2> 인터넷워크의 예

### 3.2 모델 구축 범위

COMNAS가 통신망을 모델링하는 과정에서 다루는 대상은 크게 객체화된 WAN, 노드, 링크, 트래픽으로 나누어진다.

첫째, 객체화된 WAN은 연구전산망과 교육전산망을 [1]에 근거하여 구성하였으며, 사용자가 WAN의 노드와 링크는 변경시킬 수 없다. 그리고 연구전산망과 교육전산망이 동시에 모델링될 수 없다.

둘째, 통신망의 노드는 사용자가 정의한 노드와 WAN 객체의 노드를 포함하여 150개까지 정의할 수 있다.

셋째, 통신망의 링크는 크게 일대일 링크(point-to-point link) 그리고 다중 링크(multilink)로 구분할 수 있으며, 일대일 링크는 300개, 다중 링크는 20개까지 정의할 수 있다.

넷째, 통신망의 트래픽은 노드사이에 전송될 메시지를 의미하는데, 300개까지 정의할 수 있다. 메시지의 도착시간 간격은 상수(Constant) 또는 지수분포(Exponential dist.), 정규분포(Normal dist.), 일양분포(Uniform dist.)를 사용하도록 하였고, 메시지의 크기는 역시 상수 또는 정규분포, 일양분포, 포아송 분포(Poisson dist.)를 사용하도록 하였다.

위의 파라미터들에 대한 제한은 COMNAS 구축환경의 하드웨어적인 제한에 기인한다. COMNAS는 IBM-PC 486 상에서, C언어를 사용하여 실험적으로 구현되었다.

### 3.3 결과 분석 범위

COMNAS의 결과 분석기를 사용하여 통신망의 시뮬레이션 결과를 분석한다. 결과 분석기의 기능은 크게 한 통신망의 성능을 분석하는 것과 여러 통신망의 성능을 비교 분석하는 것으로 나눌 수 있다.

먼저, 한 통신망의 성능을 분석하는 데 있어서 분석하려는 대상이 가질 수 있는 정보와 그 범위는 다음과 같다.

첫째, 통신망에서 정의된 노드, 링크, 데이터 메시지에 대한 정보가 있다. 노드의 정보는 프로세서 수, 버퍼의 크기 그리고 패킷 당 처리시간 등이 있으며, 150개까지 처리가능하다. 링크는 일대일 링크와 다중 링크로 구분하고, 일대일 링크의 정보는 전송률, 전파지연시간 등이 있다. 그리고 다중 링크의 정보로는 일대일 링크와 같은 정보와 접근 프로토콜에 대한 정보등이 있다. 일대일 링크와 다중링크를 포함하여 150개까지 처리가능하다.

데이터 메시지의 정보는 source, destination, 메시지 도착시간 간격, 메시지 크기등이 있으며, 500개까지 처리가능하다.

둘째, 대상 통신망의 시뮬레이션 수행 후 생성되는 결과 데이터에 대한 통계량이 있다. 예를 들면 사용된 버퍼량, 처리된 패킷수, 블럭된 패킷수 등의 노드의 이용률, circuit의 이용률, 전송된 패킷수, bandwidth 등의 circuit 그룹의 성능, 그리고 메시지 지연시간 통계량(message delay statistics)이 있다.

다음으로, 여러 통신망의 성능을 비교 분석하는데 있어서는 최대 10개의 통신망을 비교 분석할 수 있으며, 그 비교의 대상이 되는 것은 메시지 지연시간과 처리량이다. 그

리고 리스트, 표, 그래프와 같은 출력 형태를 갖는다. 결과 분석 파라미터에 있어서도 3.2 모델 구축 범위에서와 마찬가지로 이유로 제한이 있게된다.

#### 4. 시스템의 구현

COMNAS는 모델 구축기와 결과 분석기에 의해 입력부분과 출력부분이 수행된다. 입력되어진 내용이 출력결과로 만들어지기 위한 시뮬레이션의 수행은 시뮬레이션 수행기에 의해서 이루어진다. 모델 구축기와 결과 분석기가 필요로 하는 데이터는 <그림 1>에서 보여지는 바와 같이 입력모델 자료화일과 시뮬레이션 수행결과이다.

모델 구축기는 사용자가 편리하게 통신망 모델을 구축하는 것에 초점을 두었으며 이와 관련된 특성은 다음과 같다.

첫째, 연구전산망과 교육전산망을 기본 광역 통신망으로 객체화하였으며, 사용자가 모델링하는 과정에서 동일 속성의 노드와 트래픽을 객체화할 수 있도록 하였다.

둘째, 일반적인 통신망 성능분석 도구의 복잡한 모델링 과정 대신 사용자에게 통신망의 구성을 위해 중요한 사항에 대해서만 입력하게 함으로써 모델링 과정을 간소화하였다. 또한 그래픽 사용자 인터페이스에서 모델링을 위해 모든 사항을 일일이 지정해야 하는 단점을 보완하여 text-based로 구현한 메뉴방식의 사용자 인터페이스를 통해 통신망을 구성할 수 있도록 하였다.

결과 분석기는 사용자가 구성한 통신망에 대한 시뮬레이션 수행 후 결과 데이터의 비교분석을 효과적으로 수행하는 것에 초점을 두었으며 그 특성은 다음과 같다.

첫째, 일반적인 통신망 성능분석 도구가 광범위한 결과 데이터를 하나의 리스트로 보여주는 것 대신 사용자의 관심 분야에 국한시켜 선택적으로 출력하도록 하였다.

둘째, 출력형태를 다양하게 하였다. 즉, 하나의 통신망에 대한 결과 데이터 분석은 한 화면 단위로 볼 수 있도록 처리하였고 여러 통신망에 대한 비교 분석 결과는 표, 그래프 형식으로 시각적으로 처리하였다.

#### 4.1 모델 구축기

##### 4.1.1 기능 및 구조

통신망 시뮬레이션을 위한 통신망 모델링 도구는 사용

자가 편리하게 모델링할 수 있는 기능과 성능분석을 위해 모델링된 통신망의 파라미터를 쉽게 변화시킬 수 있는 기능을 가져야 한다. 본 모델 구축기 COMIN은 이러한 기능을 구현하는데 있어서 특히 객체지향의 개념을 도입하여 쉽게 사용자가 모델링하고 모델링된 통신망을 변화시킬 수 있도록 하였다.

본 모델 구축기는 다음과 같은 기능을 갖는다.

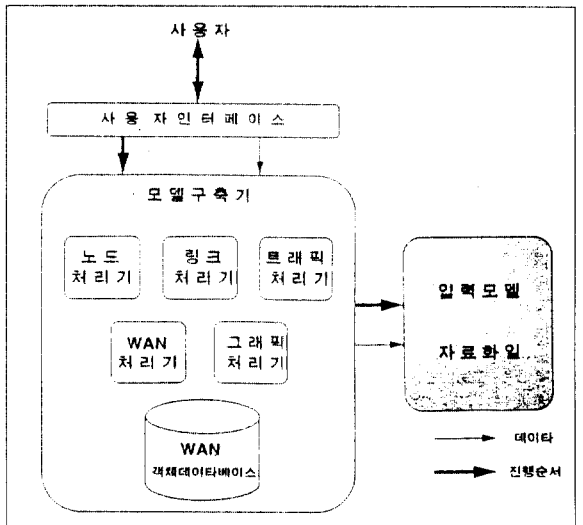
첫째, 네트워크에 관련된 모든 입력사항을 요구하는 대신 중요한 입력변수만을 제시하여 이에 대한 입력만으로도 네트워크의 모델링이 가능하도록 하였다.

둘째, 사용자가 객체화된 WAN을 선택하여 모델링하려는 통신망에 사용할 수 있도록 하였다.

셋째, 통신망에 사용될 노드나 트래픽은 동일한 속성을 갖는 것이 많다. 따라서 본 모델 구축기에서는 사용자로부터 노드와 트래픽에 대해 대표적 속성을 갖는 객체를 정의할 수 있도록 하였다. 그렇게 함으로써 같은 속성을 갖는 모든 노드와 트래픽의 속성을 변화시키고자 할 경우 일일이 지정하지 않고 정의된 객체의 속성만 변화시키면 된다.

넷째, 사용자의 전체적인 통신망에 관한 입력 사항이 입력된 후, 이에 따라 최종적인 통신망의 토폴로지를 자동적으로 그래픽화하여 화면에 제시해 주는 기능을 제공한다.

본 모델 구축기의 구조는 <그림 3>과 같다. 사용자는 사

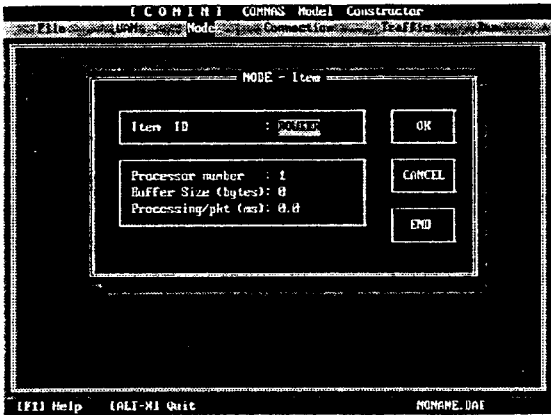


<그림 3> 모델 구축기의 구조

용자 인터페이스를 통해 통신망을 모델링한다. 구축된 통신망에서 사용자가 정의한 노드, 링크, 트래픽은 각각 노드 처리기, 링크 처리기, 트래픽 처리기에 의해 처리되고, 사용자가 선택한 WAN은 WAN 처리기에 의해 WAN 객체 데이터베이스에 있는 해당 WAN의 정보를 이용하여 처리된다. 그리고 위에서 사용자가 정의한 사항들을 이용해 그래픽 처리기가 그래픽 정보를 만들어 낸다. 최종적으로 모델 구축기는 처리기들에서 나온 결과를 통합하여 입력모델 자료화일을 생성한다.

### 4.1.2 인터페이스

입력 사용자 인터페이스는 <그림 4>와 같이 File, WAN, Node, Connection, Traffic, Run 으로 구성되며, 그 내용은 다음과 같다.



<그림 4> 모델 구축기의 인터페이스

#### (1) File

입력 사용자 인터페이스를 통해 모델링하고자 하는 통신망 모델의 이름을 지정하거나 이미 작성된 통신망 모델을 로드한다. 메뉴에는 New, Load, Save, Save as, Quit가 있다.

#### (2) WAN

모델링에 사용될 객체화된 WAN을 선택한다. 현재 연구전산망과 교육전산망이 제공되며, 메뉴에는 KREONet, KREN이 있다.

#### (3) Node

통신망에 있는 노드들을 정의하고, 프로세서 수, 버퍼

크기 같은 속성을 지정한다. 동일 속성을 갖는 노드들을 그룹으로 정의하는 기능도 제공한다. 메뉴에는 Node Item, Node Group이 있다.

노드는 통신망 트래픽을 위한 출발지와 목적지를 표현하고 패킷 스위치 뿐만아니라 주 컴퓨터, 근거리 통신망의 워크스테이션에 이르는 다양한 장치들 나타낼 수 있다.

#### (4) Connection

노드사이의 링크를 정의하고, 전송률, 전파지연시간, 연결될 노드 같은 속성을 지정한다. 일대일 링크 뿐만 아니라 Ethernet이나 Token ring 같은 다중 링크도 정의가 가능하다. 메뉴에는 Point-to-Point, Ethernet, Token Ring이 있다.

Ethernet이나 Token Ring의 프로토콜은 표준에 따라 미리 지정해 내장시켰기 때문에 사용자가 정의할 필요가 없다.

#### (5) Traffic

노드들 사이의 트래픽을 정의한다. 메시지 도착 간격, 메시지 크기와 같은 트래픽의 속성들을 지정하며, 메뉴에는 COS Define, Traffic Object, Traffic Define, Traffic Detail이 있다.

특별히 트래픽을 객체로 정의하는 기능을 제공한다. 따라서 많은 수의 트래픽을 간단하게 만들 수 있고, 성능분석을 위해 트래픽들의 메시지 도착 간격이 축소 혹은 증가될 때 빠르게 트래픽의 속성들을 변화시킬 수 있는 기능을 제공하게 된다.

#### (6) RUN

모델링된 통신망에 대한 시뮬레이션을 수행할 때 필요한 파라미터들을 지정한다. 예를 들면 시뮬레이션 수행시간, 통계량의 초기화여부 등을 지정한다.

## 4.2 시뮬레이션 수행기

모델 구축기를 통해 생성된 입력모델 자료화일은 COMNET II.5에서 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 처리되어 시뮬레이션 수행기의 입력이 된다. 시뮬레이션 수행기는 COMNET II.5에서 COMNET과 COMNETAN에 해당된다. 시뮬레이션 수행기에서 생성된 결과 데이터는 결과 분석기의 입력이 된다.

다음은 COMNAS에서 시뮬레이션 수행을 위하여 사용

한 COMNET II.5에 대하여 간단히 설명한다. COMNET II.5는 각종 네트워크들의 디자인과 성능평가를 위한 시뮬레이션 패키지로 6개의 모듈로 구성되어 있고 그 내용은 다음과 같다[11].

- COMNETIN : 네트워크의 기술(description)을 생성, 수정하기 위한 그래픽 에디터
- COMNET : 네트워크 시뮬레이션 프로그램
- COMNETAN : 애니메이션을 포함한 네트워크 시뮬레이션 프로그램
- COMPLIT : 링크, 프로세서, 그리고 버퍼에 대한 활용도를 그래프로 표현
- COMTRAN : event trace file을 이진 코드에서 아스키 코드로 변환
- GRAPHICS : 모델링 element에 대한 새로운 아이콘을 생성

COMNET II.5의 네트워크 기술(description)을 위한 데이터는 네트워크 토폴로지, 네트워크 트래픽, 네트워크 작동의 세 부류로 나누어지고, 성능평가에 대한 출력보고서를 제공한다.

### 4.3 결과 분석기

#### 4.3.1 기능 및 구조

통신망 시뮬레이션의 결과 데이터는 통신망의 성능분석에 반드시 필요하며 성능분석은 통신망의 모델링만큼 매우 중요하다. 본 논문에서 개발한 결과 분석기 COMOUT은 사용자가 정의한 통신망 모델의 시뮬레이션 수행 후 생성된 결과 데이터를 제공한다.

본 결과 분석기의 기능은 다음과 같다.

첫째, 사용자가 선택한 노드, 링크, 데이터 메시지의 기본 속성이나 통계량 등을 화면 단위로 출력한다.

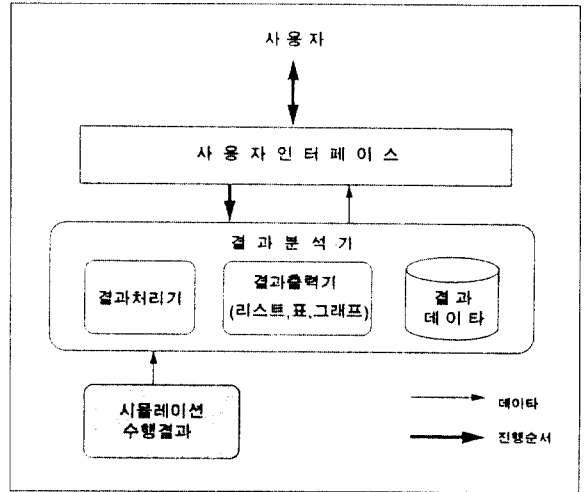
둘째, 전체 통신망의 성능분석을 위한 데이터를 출력한다.

셋째, 여러 통신망의 비교를 위해 처리량과 평균 메시지 지연시간에 있어 시각적으로 비교할 수 있는 기능을 제공한다.

본 결과 분석기의 구조는 <그림 5>와 같다.

사용자는 사용자 인터페이스를 통해 분석할 통신망 모델을 선택한다. 결과 처리기에서는 사용자가 선택한 통신망의 시뮬레이션 결과를 분석하여 결과 데이터를 만들어

내고, 결과 출력기를 통해 리스트, 표, 그래프 형식으로 출력한다. 사용자는 사용자 인터페이스를 통해 원하는 결과 데이터를 원하는 출력형태로 볼 수 있다.



<그림 5> 결과 분석기의 구조

#### 4.3.2 인터페이스

출력 사용자 인터페이스는 <그림 6>과 같이 File, Attributes, Statistics, Net-Performance, Plot 으로 구성되며, 그 내용은 다음과 같다.

##### (1) File

출력 사용자 인터페이스를 통해 시뮬레이션 수행 결과를 출력하고 비교·분석하고자 하는 파일들의 이름을 지정하고 로드한다. 메뉴에는 Load, Multi-Load, Quit이 있다.

##### (2) Attributes

Attributes는 통신망에서 사용자가 정의한 노드, 링크, 그리고 데이터 메시지 즉, 트래픽의 속성을 보여준다. 메뉴에는 Node, Link, Data Message가 있다.

##### (3) Statistics

Statistics는 통신망 시뮬레이션 결과의 각종 통계량을 보여준다. 메뉴에는 Node Utilization, Circuit Performance, Message Delay가 있다.

노드 이용률로 버퍼 사용률, 블럭된 패킷 수, 스위치 이용률등을, 링크 이용률로 사용된 대역폭(bandwidth), 전송된 프레임 수, 전송된 패킷 수, 이용률등을 보여준다. 통

신망의 성능분석에 중요한 지연시간의 분석에 도움을 주기 위해서 한계값(delay limit)을 초과하는 평균 메시지 지연시간을 갖는 출발지 노드와 도착지 노드의 목록을 보여 준다.

#### (4) Net-Performance

통신망 전체의 처리량과 평균 메시지 지연시간을 보여 준다. 여기서 처리량은 전송하고 받은 모든 메시지와 관련된 총 바이트수를 총 시간 간격으로 나눈 값이고, 평균 메시지 지연시간은 메시지를 보낸 후 목적지 노드에 마지막 바이트가 도착할 때까지 걸리는 시간들의 평균을 의미한다.

#### (5) Plot

여러개의 화일 안에 구성된 통신망들에 대해 처리량과 평균 메시지 지연시간을 비교, 분석할 수 있도록 한다. 표, 그래프 같은 출력 형식을 갖는다. 메뉴에는 Table, Throughput, Message Delay가 있다.

MODE UTILIZATION STATISTICS	
MODE	ROUTER
BUFFER USE (BYTES)	
AVERAGE	2.10
STANDARD DEVIATION	37.82
MAXIMUM	1124.88
PACKETS PROCESSED	617
PACKETS BLOCKED	0
PMT SWITCH WAIT TIME (MS)	
AVERAGE	0.
STANDARD DEVIATION	0.
MAXIMUM	0.
PROCESSOR UTILIZATION	
PROCESSORS PER MODE	1
AVG BUSY PROCESSORS	0.
UTILIZATION %	0.

〈그림 6〉 결과 분석기의 인터페이스

## 5. 사용 예

실제 통신망을 대상으로 COMNAS를 이용한 성능분석 과정을 보이고자 한다.

대상 통신망은 객체화된 광역 통신망인 연구전산망에 근거리 통신망을 라우터로 연결한 형태이다. 근거리 통신망은 CSMA/CD 프로토콜을 사용하는 Ethernet으로 4개의 노드가 연결되도록 구성한다. 라우터는 연구전산망 노드 중 포항과 사용자가 정의한 근거리 통신망을 연결한다.

모델 구축기에서 통신망을 모델링하는 과정은 다음과 같다. 먼저 통신망의 노드를 정의하고 그 속성을 지정한 후, 통신망의 토폴로지를 정의한다. 즉, 노드들 사이의 링크를 정의하고 그 속성들을 지정한다. 그 다음, 통신망의 트래픽을 정의한 후, 시뮬레이션 수행과 관련된 RUN 파라미터를 지정한다. 여기서 시뮬레이션 길이는 1000초로 하였고, 통계량은 Reset을 하지 않도록 지정하였다. 모델 구축기를 이용해 위에서 모델링한 통신망은 COMNET II.5에서 제공하는 COMNETIN에서 그 통신망의 토폴로지를 확인할 수 있다. (〈그림 7〉 참조)

모델링 과정이 끝난 후, COMNET II.5의 시뮬레이션 수행기인 COMNET 또는 COMNETAN을 이용해 시뮬레이션을 수행한다. COMNETAN은 통신망의 시뮬레이션과 애니메이션을 동시에 수행할 수 있고, COMNET은 시뮬레이션만을 수행할 수 있다.

시뮬레이션이 끝난 통신망의 결과 데이터를 비교 분석하기 위해 결과 분석기를 사용한다. 먼저, 한 통신망에 대한 결과 분석을 원하는 경우는 해당 통신망을 포함하고 있는 화일을 로드하고, 만약 여러 통신망에 대한 결과의 비교 분석을 원하는 경우는 모든 통신망에 대한 화일들을 로드한다. 다음 한 통신망에 대한 결과 분석을 원하는 경우에 한하여 Plot을 제외한 모든 메뉴에서 원하는 항목을 선택하여 화면에 출력된 결과를 얻는다. 그리고 여러 통신망에 대한 결과의 비교 분석을 원하는 경우에는 Plot을 선택해 처리량과 메시지 지연시간에 대해 가시적으로 비교된 결과를 얻는다.

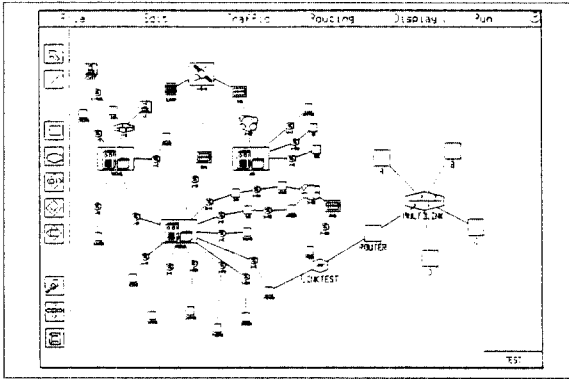
위에서 설명한 방법으로 대상 통신망을 모델링하고 시뮬레이션을 수행하면 〈그림 8〉과 같은 수행결과를 얻게 된다.

아직 연구전산망이 제대로 운영되고 있지 않기 때문에 결과 데이터는 의미가 없으나, 다양한 부하량에 대한 통신망의 처리량과 메시지 지연시간을 조사하면 그 의의를 찾을 수 있겠다.

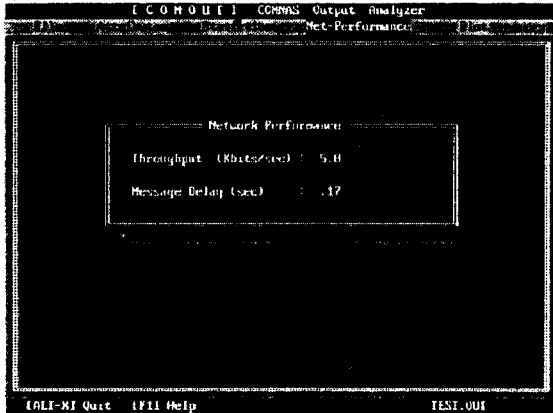
## 6. 결론

본 논문에서 구현되어진 COMNAS는 통신망의 모델링과 성능분석, 결과 제시 단계에 각각 객체화와 분석결과 선택출력, 출력 형태의 다양화 기능을 갖도록 하였다. 즉, 모델링을 위한 대상 통신망의 속성들은 사용자에 의





(그림 7) 대상 통신망의 토폴로지



(그림 8) 대상 통신망의 시뮬레이션 수행 결과

해 객체단위로 입력되어지도록 하며, 또한 default로도 처리될 수 있고, 시뮬레이션 수행은 사용자 인터페이스를 통하여 자동적으로 이루어진다. COMNAS를 사용하여 생성되는 출력결과로는 전체 통신망의 평균 메시지 지연시간, 처리량, 각 노드나 링크의 사용량 등 각 노드와 링크, 전체 통신망의 상태에 대한 내용 등이 있으며, 사용자가 원하는 자료를 선택하여 출력시킬 수 있다. 또한, 동일 통신망에 대하여 입력 변수들을 변화시켜 여러 번의 시뮬레이션을 수행하였을 때 처리량과 메시지 지연시간 등의 출력 변수들이 어떻게 변하는가를 비교하기 위한 그래프도 출력자료로서 얻어진다.

이와같이 COMNAS에 의해서는 통신망의 모델링, 구축 모델의 시뮬레이션 수행, 그리고 수행결과의 제시만이 가

능할 뿐 구현 모델의 타당성 및 수행결과의 의미에 대한 검증 기능은 포함되어 있지 않다. 그러나 실제 통신망의 타당성 분석을 위해서는 위의 두 검증 작업이 반드시 필요하다 고 보며, 이에 대한 작업과 또한 보다 효율적인 애니메이션과 그래픽 기능의 추가가 연속 연구로 이루어질 수 있다.

또한 COMNAS 에서 대상으로 하고 있는 통신망이 연구전산망이나 교육전산망으로 제한되어 있는데 앞으로의 연구를 통하여 ATM 이나 B-ISDN 등의 다양한 통신망들을 포함한 광역 통신망의 성능분석 도구의 개발을 시도할 수 있다.

## 참고문헌

- [1] 제1회 한국 학술 전산망 워크숍, 「KRNET '93」, 1993.
- [2] 서울대학교 중앙교육연구전산원, 「교육전산망 발전계획에 관한 연구」, 교육부, 1992.
- [3] 학술연구전산망 심의회, 「학술연구전산망 심의회 개요」, 1991.
- [4] 전산망조정위원회, 「국가기간전산망기본계획」, 체신부, 1992.
- [5] 박성주, "B-ISDN을 위한 객체지향 시뮬레이션 모델링 기술 연구", 한국통신, TM KTI 91FAH4-0002-P93AA, 1993.
- [6] Frost V.S., LaRue W., Mckee A.G., "A tool for local area network modeling and analysis", *Simulation*, Nov 1990, pp.283-298.
- [7] Kurose K., Mouftah H.T., "Computer-aided Modeling, Analysis and Design of Communication Networks", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Vol.6, No.1, 1988, pp. 83-94.
- [8] Roth P.H., Ilyas M., Mouftah H.T., "Simulation: A powerful tool for prototyping telecommunications networks", *Simulation*, Feb 1992, pp.78-81.
- [9] Stallings W., *Data and Computer Communications*, 4th edition, MACMILLAN, 1994.
- [10] Tanenbaum A.S., *Computer Networks*, 2nd edition, Prentice Hall, 1988.
- [11] CACI, COMNET II.5 User's Manual
- [12] IEEE Standard 802.3, "Local Area Network: Carrier

Sense Multiple Access with Collision Detection(CSMA /CD) access method and physical layer specifications”, 1992.

[13] IEEE Standard 802.5, “Local Area Network: Token Ring access method and physical layer specifications”, 1989.

● 저자소개 ●



**김명희**

1974.2 이화여대 졸, 사회학전공(문학사)

1979.8 서울대학교 대학원졸  
전산학 전공(이학석사)

1986.2 독일 Göttingen 대학교 대학원졸  
전산학 전공(이학박사)

1986.3~1987.2 서울대, 이화여대 강사

1987.3~현재 이화여자대학교 전자계산학과 교수  
관심분야: 시뮬레이션 방법론 및 응용, 성능평가



**채기준**

1982.2 연세대학교 수학과 학사

1984.5 미국 Syracuse Univ. 전산과학 석사

1990.5 미국 North Carolina State Univ. 전산공학 박사

1990.8~1992.2 미국 해군사관학교 전자계산학과 조교수

1992.3~현재 이화여자대학교 전자계산학과 조교수

관심분야: 컴퓨터통신 및 네트워크, 성능평가