다양한 형태의 통신망 성능 분석을 위한시뮬레이션 도구의 개발*

윤복식**

Development of α simulator for the performance evaluation of various types of communication networks

Bok Sik Yoon

〈Abstract〉

Due to the drastic technological innovation and introduction of various kinds of new communication services, the structure and operation of communication networks are becoming complicated and diversified more and more. Accordingly, the necessity of flexible simulation tools which can be utilized for various performance evaluation jobs in various types of communication networks is growing. In this article, various existing simulation tools are briefly surveyed and the requirements for the simulator dedicated for the performance evaluation of communication networks are discussed. Then, a strategy to develop a simulator dedicated for the performance evaluation of communication networks is proposed. Our approach is based on the prototyping strategy, in which a relatively simple prototype structure is developed first and more functions are added whenever necessary. By following this strategy, a simulator can be developed and evolved in a timely manner at a relatively small cost.

1. 서 론

근래의 광통신을 비롯한 통신관련 기술의 비약적인 발전과 정보사회의 도래에 따라 LAN, MAN,기업통신망, PSTN, ISDN 등과 같은 다양한 형태의 통신망들이 다양한 용도로 사용되고 있다. 또한 통신서비스도 간단한 음성통화로부터, 데이터 전송 및 화상 정보들이 혼합된 다중매체 서비스들로 다양화되는 경향을 보이고 있다[13]. 망의 구조가 복잡, 다양해지고 신규 서비스의 도입, 기술적인 혁신 주기가 빨라지면서 망 성능을 정확하게 파악할 수 있는 성능분석 도구들의 필요성이 증대되고 있다[14]. 통신시장의 국제화 경향에 따라 통신서비스 종류나 품질을 부단히 개선하여 소비자들의 욕구를 충족시키지 못하면 선진 외국에 통신 시장을 잠식당할 우려가 큰 작금의 우리의 실정에서 비용 절약적인 품질 개선의 방안을 신속하게 찾아 적절하게 대응하는 것이 긴요하다. 통신비용의 절감을 위해서는 되도록 신규 투자의 비용을 줄이면서 질의 향상을 도모해야 하는데 결국 기존 통신망의 구조의 부분적인 조정을 통한 접속품질 향상 기술의 개

* 본 연구는 부분적으로 1996년도 홍익대학교 교내연구비에서 보조를 받았음

** 홍익대학교 기초과학과

발이 필요하다. 이러한 신기술의 개발이나 망 구조의 변경 시에 대안들의 적합성을 검토하기 위해 적절한 망성능 분석도구는 필수적이다.

물론 망성능 분석은 확률적인 모형에 근거한 수학적인 방법을 이용하거나[8], 실측 자료들의 수집을 통한 성능측정에 의해 행해질 수도 있다. 전자는 간편성의 측면에서 후자는 정확성의 측면에서 각각 우월성을 가지고 있으나, 전자의 경우 망이 복잡해지고 발생되는 트래픽이 다양할 때는 정확성이 떨어진다는 단점을 충분히 보완해야 하며 후자의 경우 하드웨어적인 실험을 통해서만 자료가 수집되므로 비용과 시간의 낭비가 크고 융통성이 부족하다는 단점이 있다. 시뮬레이션은 하드웨어적인 실험을 대신해 주기 때문에 비용이 절감되고 수학적인 분석 방법에서 얻기 힘든 다양한 성능 척도들을 상세하게 계산해 줄 수 있어 두 가지 분석 방법의 단점을 보완할 수 있기 때문에 최근 통신 및 컴퓨터 시스템 분석에 많이 이용되고 있다[8,11]. 그러나 특정한 통신망의 성능 분석을 수행할 때마다 별도의 시뮬레이션 모델을 구축하고 이에 대한 특정 시뮬레이션 패키지를 개발한다는 것은, 비용과 시간 측면에서 매우 불합리하게 여겨진다. 다양한 구조의 통신망에서 다양한 상황 및 목적에 맞추어 시뮬레이션을 보다 간편, 신속하고 효율적으로 수행하기 위해서는 통신망 분석을 위주로 하는 시뮬레이터가 개발될 필요가 있을 것이다.

이러한 필요성에 따라 본 논문에서는 본격적인 통신망 성능분석 전용 시뮬레이터의 개발에 도움을 줄 수 있는 기본적인 개발전략이 연구된다. 물론 충분한 유연성을 가진 본격적인 시뮬레이터의 개발은 주어진 시간 및 자금의 여건상 매우 어렵기 때문에, 점진적으로 기능들이 보완될 수 있도록 핵심이 되는 부분의 프로토타입화[2,7]를 적절히 행해 주고 성능평가 시뮬레이션 과업을 몇 가지로 전형화 하는 관점에서 연구를 수행할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 향후 본격적인 고기능의 시뮬레이터로 진화하기에 용이하면서 기본적인 성능분석에 실용적으로 이용될 수 있도록 연구될 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 서론에 이어 2절에서 기존의 통신망 시뮬레이션 소프트웨어를 조사되어 비교 분석된다. 3절에서는 통신망 성능분석 시뮬레이터가 갖추어야 할 일반적인 요건과 요구기능들이 정리되고 4절에서 공용망 성능 분석을 위한 시뮬레이터의 개발 전략이 제시된 후 마지막 5절에서 결론이 맺어진다.

2. 기존의 통신망 시뮬레이션 도구들

이산 사건 시뮬레이션(discrete-event simulation)은 1960년대 이후 생산시스템의 설계, 군사무기 시스템 또는 전술의 평가, 운송 시스템의 설계, 컴퓨터 시스템의 성능평가 등을 위한 도구로써 널리 사용되어 왔다[15]. 시뮬레이션이 통신망 분석을 위해 사용된 것은 불과 5년에서 10년 사이의 일로 비교적 최근의 일[1,2,3,5]이지만 망의 복잡성이 더해지면서 시뮬레이션의 효용성은 증대되고 있다. 아직까지 만족할 만한 기능을 갖는 종합적인 통신망 전용 시뮬레이터는 소개되지 못하고 있지만 통신망 분석에 유효한 다양한 시뮬레이션 소프트웨어들이 이미 상품화되어 있다[1,4]. 본 절에서는 이들의 종류와 특성들을 소개한다.

통신망 시뮬레이션을 위한 소프트웨어들은 크게 3가지로 분류할 수 있다.

(1) 범용(general purpose)의 시뮬레이션 언어

통신망에 국한된 것이 아닌 일반적인 시스템에서의 시뮬레이션을 간편하게 해주는 많은 시뮬레이션 패키지들이 개발되어 있는데 이중에는 통신망 분석을 위한 특별한 모듈이나 성질을 갖는 것도 있다. 대표적으로 Arena, BONeS[9], BONeS DESIGNER, MODSIM Ⅱ, SES/workbench, SIMAN/cinema Ⅴ, GPSS/H, SIMSCRIPT Ⅱ.5, SLAMSYSTEM[6] 등이 있는데, 이중에서 BONeS DESIGNER 와 SES/workbench 만이 통신용 모듈을 갖고 있다. 범용 시뮬레이션 언어를 사용하면, 시스템의 복잡성과 무관하게 거의 모든 종류의 통신망도 모형화할 수 있는 장점이 있으나 프로그래밍 전문가가 필요하고, 복잡한 망을 모형화할 때 coding 과 debugging을 위해 비교적 많은 시간이 소모된다는 단점이 있다.

(2) 통신망 지향적인 시뮬레이션 언어

특별히 통신망을 위해 만들어진 시뮬레이션 언어로는 OPNET Modeler 등을 들 수 있는 데 이것을 사용하면 시뮬레이션 모형화와 프로그래밍의 시간과 노력이 절약되는 장점이 있으나 본격적인 시뮬레이터에 비해서 프로그래밍 과정에 보다 많은 노력이 요구된다.

(3) 통신망 지향적인 시뮬레이터

별도의 프로그래밍의 과정이 필요 없이 특정한 형태의 통신망을 손쉽게 시뮬레이션 해 줄 수 있는 통신망 시뮬레이터의 예로는 BONeS PlanNet, COMNET Ⅲ, L.NET Ⅱ.5, NETWORK Ⅱ.5 등을 들 수 있다. 시뮬레이터에서 고려대상으로 하고 있는 특정한 망의 경우 그래픽 환경에서 대화상자를 통해 메뉴 방식으로 해당 항목들을 선택하여 모형을 지정하고 목표로 하는 시뮬레이션을 수행하게 하므로 프로그램 개발시간이 범용의 시뮬레이션 언어에 비해 상당히 짧아지고 통신망 분석과 밀접하게 관련된 모형 구조를 가지므로 프로그래밍 지식이 없는 사람도 매우 전문적인 통신망 시뮬레이션을 손쉽게 수행할 수 있게 되는 장점이 있다. 그러나 시뮬레이터에서 표준화한 망구조나 프로토콜에 맞는 통신망에만 적용할 수 있어 적용대상에 제약이 있게 된다는 단점도 있다. 예를 들어 LAN 시뮬레이션의 경우 LAN의 형태는 Ethernet, token ring 등으로, LAN의 스테이션은 PC, workstation 등으로, LAN의 연결장치는 bridge, router 등으로 표준화를 해두기 때문에 여기에 설정된 것과 다른 망요소가 있을 때는 사용이 곤란해진다.

지금까지 보고된 대표적인 통신망 분석용 시뮬레이션 패키지 7개를 간략히 비교한 표를 아래 〈표 1〉에 제시했다(보다 다양한 패키지들의 비교는 [4, 10] 참조).

3. 통신망 시뮬레이터의 요구조건

3.1 일반적인 시뮬레이터의 요구조건

시뮬레이션 소프트웨어의 개발은 통신망의 측면뿐만 아니라 시뮬레이션 방법론의 측면에서도 기술적 전문성을 필요로 한다. 본 절에서는 일반적으로 시뮬레이터가 갖추어야 할 바람직한 요건들을 기술한다.

〈표 1〉 대표적인 통신관련 시뮬레이션 소프트웨어 비교표

S/W	SLAM-SYSTEM	NETWORK II.5	OPNET	MODSIM II	L.NET II.5	GPSS/H	COMNET II.5/III
제작사	Prisker Corporation	CACI Product Co.	MIL-3 Inc.	CACI Product Co.	CACI Product Co.	Wolverine Software Corp.	CACI Product Co.
적용업무	네트워크 모델의 적용 분야. 이산사건 및 연속 모델링	컴퓨터 및 통신망	통신 및 분산 시스템	객체지향적 시뮬레이션	통신, LAN 분석	제조업, 통신	통신, WAN, LAN 분석
시장	제조업, 통신	통신	통신	군사업무, 통신	통신	제조업, 통신	통신
지원H/W 및 OS	PC, 8MB, Windows, OS/2	PC, 2MB, Window, OS/2	Workstation, 8MB	Workstation, 16MB	IBM/PC, 2MB, Windows, OS/2	IBM/PC, 2MB, Windows, OS/2	IBM/PC, 2MB, Windows, OS/2
특징	대형 프로젝트 업무에 적합. 다른 소프트웨어의 프로그램에 적용 가능. 범세계적으로 많은 사용자.	컴퓨터 통신망 분석 용 팩키지. 별도의 프로그램 없이 음성 및 데이터 트래픽 분석, 라우팅 알고리즘 등에 적용 가능.	컴퓨터 통신망 시스템의 성능 분석 또는 설계. 모델링 및 분석 패키지. 그래픽으로 편집	객체지향적 시뮬레이션 언어. 블록구조	LAN 통신 분석. 별도의 프로그램 없이 음성 및 데이터 트래픽 분석.	이산사건 시뮬레이션 언어로 속도, 융통성,에러 체크 기능이 좋음	음성통화 WAN, LAN 분석에서 프로그램 없이음성 및 데이터 트래픽 분석 가능

3.1.1. 일반적인 요건

① 모델링의 융통성 : 시뮬레이션 소프트웨어의 가장 중요한 요건중의 하나이다. 대개의 망들은 독특한 특성들을 가지고 있는데, 만약 요구되는 특성을 반영할 수 없다면 유사한 다른 시스템으로 근사화 되어 모델링이 되어야 하므로 유효성을 보장하기 힘들 것이다. 사용자가 새로운 형태의 노드, 링크, 프로토콜, 메시지등을 정의 할 수 있도록 충분한 융통성을 허용해야 한다.

② 모형 개발의 용이성 : 점점 신속한 망의 분석이 요구됨에 따라 되도록 짧은 시간에 정확한 모델링을 할 수 있어야 한다. 이를 위해 사용자 인터페이스(user interface)는 메뉴와 마우스를 사용한 point-and-click approach를 사용하고, 모형 파라미터의 입력이 되도록 간편해야 이상적일 것이다. 물론 계층적 모델링(hierarchical modeling)과 재사용성(reusability), 대화형 교정자(interactive debugger), 모형 검증 기능 등을 구비하고 있으면 바람직할 것이다.

③ 빠른 수행속도 : 특히 시뮬레이션 되어야하는 사건의 수가 많을 때 매우 중요하다. 대규모 망도 모형화 할 수 있어야 한다.

④ animation 기능 : 시뮬레이션에서 bug를 찾는데, 또한 시뮬레이션이나 모델의 본질을 손쉽게 이해시키는데 유용하다.

⑤ 자동적인 반복 수행 기능 : 주요 결정 변수를 변화시키면서 효과를 분석할 때 매우 편리한 기능이다.

⑥ 사용 지침 구비 : 친절하고 편리한 설명서가 프로그램 내부에 저장되어 언제든지 사용자가 이용할 수 있어야 한다.

3.1.2. 모듈의 내장

시뮬레이션 모델링의 간편성과 시간의 단축을 위해 주요 하드웨어 장치와 프로토콜에 대해 내장된 다양한 모듈을 구비하는 것이 바람직하다. 예를 들면, bridges, routers, Ethernet, token ring, FDDI, TCP/IP, packet radios, satellites등에 대한 모듈이 필요할 것이다.

3.1.3 통계적 기능

통신망에 내재되어 있는 확률적 양태를 반영하기 위해 충분한 통계적 장치들을 구비해야 한다.

① 다양한 난수를 만들 수 있는 난수발생자

② 트래픽의 도착간격, 처리시간 등을 표현할 수 있는 다양한 확률분포

③ 노드나 링크와 같은 모델 요소들의 확률적인 고장 생성 장치: 자연적인 재해 후에 망의 재구성 등을 분석하는데 유용하다.

④ 반복 수행 시의 독립성을 보장하는 장치 : 즉 새로운 반복마다 새로운 난수열을 사용하되, 같은 초기 상태에서 시작하고, counter를 "0"으로 재배치하는 등의 작업을 자동적으로 수행해 주는 장치가 필요하다.

⑤ 기타 통계적 자료처리, 데이터 베이스, 도표화 등을 위한 장치들이 필수적이다.

3.1.4 고객 지원

세미나, 소프트웨어 오류들에 대해 기술적 지원, 적절한 사용을 위한 문헌제공, 규칙적인 소프트웨어의 개선, 뉴스레터, 사용자 협의회, 콘설팅 서비스 등의 지원 체제가 필요하다.

3.1.5 출력 보고서

① throughput, utilization, end-to-end delay, buffer size 등의 표준적인 성능 척도들을 주는 일반적인 보고서 외에 특별한 목적으로 사용자가 정의한 통계량에 대한 특수 보고서도 쉽게 작성되도록 해야 한다.

② 생성된 출력 자료에 대해 평균, 확률, 백분위의 추정치, 신뢰구간 등을 계산할 수 있어야 한다.

③ 다양한 도표를 만들 수 있어야 하고, 개별적인 관찰자료들 외부 파일로 제공하여 통계 또는 그래픽 패키지 등을 이용한 추가적인 분석이 가능하도록 해야 한다.

3.2. 통신망 성능분석 전용 시뮬레이터의 요구기능

실제로 통신망 설계자와 운영자가 필요로 하는 시

뮬레이터는 사용자가 원하는 시스템 configuration을 구성할 수 있어야 하며 사용자가 원하는 design issue에만 초점을 맞추어 적용할 수 있고 망의 구조 변경 시 빠르고 간편하게 적용할 수 있어야 한다. 컴퓨터 시스템과 통신망을 모델링하는 일반적인 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 노드와 링크(방향이 있음)로 망의 구조를 잡고 유향 그래프로 표현한 다음 다양한 메시지에 대응하는 transactions을 정의하고, 유향 그래프에서의 transactions의 흐름을 설정해 주어야 하고 transaction의 흐름에 따라 처리시간, 자원관리, 흐름제어, 계층 등을 생성 또는 소멸시키는 행위를 적절히 규정할 수 있어야 한다. 또한 Ethernet, token ring과 같은 다양한 선택적 모듈이 구비되어 있고 시뮬레이션 중에 또는 끝난 후에 결과를 수치적으로 또는 그래프 형태로 보일 수 있으면 유리할 것이다. 본 절에서는 일반적인 통신망 성능분석 시뮬레이터의 요구기능을 상세히 정리한다.

통신망 시뮬레이터의 요구조건들을 시뮬레이션에서의 요구 기능과 사용자 인터페이스에서의 요구 기능, 컴퓨터 시스템에서의 요구 기능들로 나누어 볼 수 있다[12]. 사용자 인터페이스 요구 기능에서는 사용자 계층의 접속 권한, 윈도우나 네트워킹 환경, 모델 및 실행 결과의 출력 기능 등이 고려되고, 시스템 요구 기능에서는 하드웨어 측면과 소프트웨어 측면에서 검토될 수 있지만, 이들은 구체적인 소프트웨어의 설계에서 고려해야 할 문제이므로 상세히 분석하지 않고 시뮬레이션 수행을 위한 요구 기능에 초점을 맞추어 분석한다.

일반적으로 시뮬레이터 기능은 사용자가 시뮬레이션 모델을 정의하는 부문, 시뮬레이터가 시뮬레이션 Kernel과 Library를 이용하여 실행하는 부문 그리고 통계량을 수집하여 사용자에게 결과를 제시해 주는 부문으로 구성된다. 본 연구에서는 국내 통신망의 다양한 구조, 트래픽 및 망제어 모델, 사후 처리 등을 쉽게 모델링 할 수 있도록 시뮬레이션의 기능을 다음 3가지 사항에 초점을 맞춘다.

① 시뮬레이션 모형 정의 기능 : 기존의 통신망을 포함할 수 있도록 포괄적인 모형을 고려하는데 망 모형 정의 기능, 트래픽 모형 정의 기능, 망제어 모형 정의 기능으로 구분한다.
② 시뮬레이션 실행에서의 기능 : 호처리 기능, 망 자원 관리 기능, 시뮬레이션 제어 기능
③ 분석 단계에서의 기능 : 통계량 수집 기능, 결과 분석 기능

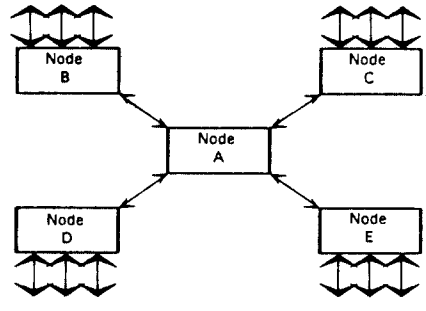
3.2.1. 망모형 정의 기능

통신망은 교환기 등으로 이루어지는 노드와 노드를 연결하는 링크로 구성되어 있다. 따라서 망의 모형을 정의하기 위해서는 노드와 링크들의 연결 모양을 알려주는 망 토폴로지와 링크, 노드의 특성을 지정해주는 과정이 필요하다.

1) 망 토폴로지

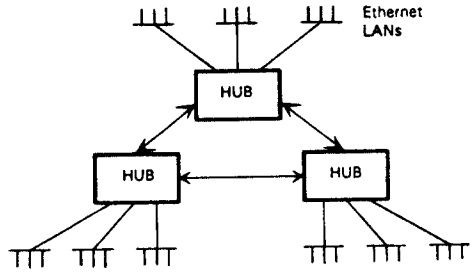
우리 나라의 시내망이나 시외망은 수요의 증가에 따라 점진적으로 증설된 형태이기 때문에 표준적인 망 토폴로지에 맞출 수는 없다. 본 절에서는 기간망(backbone network)에서 주로 고려되는 망 토폴로지를 소개한다.

(1) 스타(star) 토폴로지 : 중심노드(hub node) 하나에 다른 노드들이 연결되어 있어 모든 통신이 중심노드를 통하여 이루어지는 구조이다. 최대 2 hop로 이루어져 망의 관리에는 매우 편리하나 중심노드가 고장이 나면 전체 시스템이 가동을 못하게 되는 단점이 있다[그림 1].



〈그림 1〉 스타(star) 토폴로지

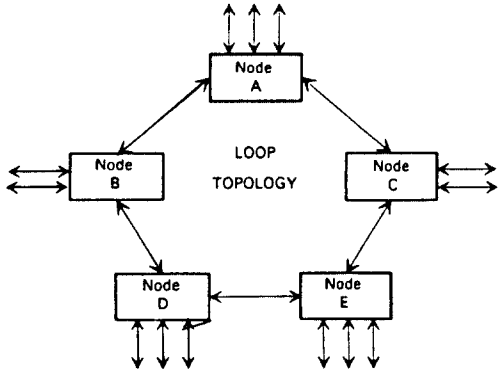
LAN들이 집중국(중심노드)에 묶여있고 중심노드들이 상호 결합된 상황에서 주로 이용되는 분산형 스타(distributed star) 토폴로지로 변환되어



〈그림 2〉 분산형 스타(star) 토폴로지

이용되기도 한다[그림 2].

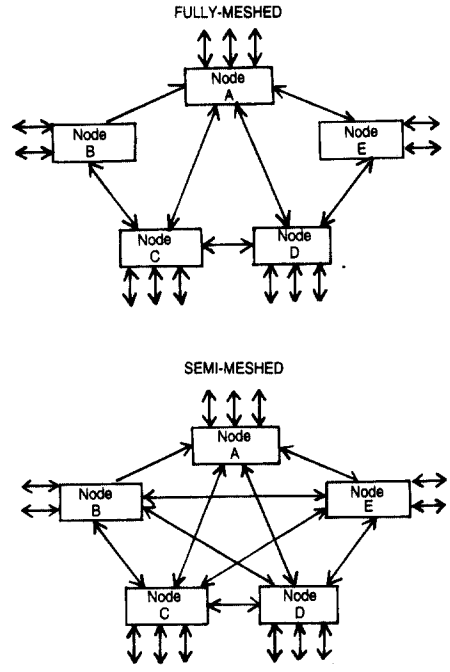
(2) 루프(loop) 토폴로지 : 각 노드가 이웃한 2개의 노드에 연결되어 고리 형태를 하는 구조로 각 노드의 주기능이 지역 노드와 교신하고 점간의 통신(point-to-point communication)이 비교적 근거리에서만 이루어지는 상황에서 편리하다. hop의 수에는 제한이 없고 DQDB에서 이용되고 있다[그림 3].



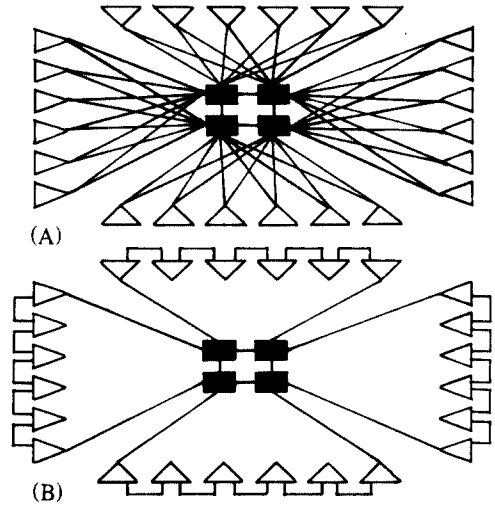
〈그림 3〉 루프(loop) 토폴로지

(3) 그물형(meshed) 토폴로지 : 각 노드들 사이를 직접 연결하는 링크를 전부(fully meshed) 또는 일부(partially meshed) 두는 형태로 신뢰성이나 전송속도 등은 향상되나 각 포트에서의 하드웨어, 소프트웨어가 복잡해지고 링크가 과도하게 필요하게 되는 단점이 있다[그림 4].

(4) 기타 : daisy chain access 노드를 이용하는 구조, 기간망 내부에 기간망을 두는 다중구조(back-



〈그림 4〉 그물형(meshed) 토폴로지



〈그림 5〉 daisy chain access 토폴로지

bones within backbones)등 다양한 형태가 가능하다[그림 5].

2) 노드 특성

각 노드별로 지정해야 할 파라미터로는 노드 ID, 노드의 종류(교환기의 종류를 표시(local switch, transit switch, combined switch 등)), 용량(Erlang, Mbps 등), 처리지연시간, 버퍼(버퍼 ID, 버퍼의 유형, 버퍼용량 등), 고장관리(신뢰성이나 생존성(survivability)의 시뮬레이션이 가능하도록 고장시간, 수리시간 파라미터가 필요), 단위모듈당 용량 및 비용(중계단자당 비용), 지역코드(노드가 소속된 지역의 코드), 라우팅 기능(계층적 라우팅(hierarchical routing) 인지 비계층적 라우팅인지, 정적(static) 라우팅인지 동적(dynamic) 라우팅인지를 구별하고 fixed 라우팅과 alternate-path 라우팅의 여부, 목적지 코드, 다음 노드의 ID등의 정보가 포함된 라우팅 테이블을 구성할 수 있어야 함), 트래픽 처리 및 망자원 관리 기능(호수락제어, 흐름제어, 체증제어)등 이 있다.

3) 링크의 특성

링크 ID, 링크 종류, 용량(Erlang, Mbps등으로 표시하고 서브링크가 있으면 분할하여 처리), 링크의 방향성(연결해 주는 두개의 노드에 관한 정보와 방향의 정보가 필요), 링크의 길이(Km단위), 전송 지연 시간, 고장관리 기능(신뢰도, survivability의 분석이 가능하도록 고장, 복구 기능을 지원해야 하고 수리 및 고장 시간 분포를 설정할 수 있어야 함), 단위 용량당 비용 등을 지정할 수 있어야 한다.

3.2.2. 트래픽 모형 정의 기능

- 입력 트래픽의 모형 : 기존망의 경우에는 주로 포아송 모형이 사용됨. 그러나 ISDN을 고려하면 결정론적인 모형, 포아송 과정, 기하 분포 과정, IPP, MMPP 등을 포함해야 함.
- 트래픽 유형 ID, 평균 발생률, 최대 발생률, 호 도착 간격분포, 호 지속시간분포, 연결 모드, 발신지, 착신지, 우선순위 등을 규정.
- 트래픽 생성 : 트래픽 소스 형태, 트래픽 파라미터.

3.2.3. 망제어 모형 정의 기능

- 트래픽 제어 방법 : 연결 수락 제어, 흐름 제어, 오류 제어, 체증 제어, 우선순위 제어 등을 적용망의 특성에 따라 설정.
- 망 자원 관리 방법 : 라우팅 방법(고정 라우팅, 대체경로 라우팅, 무작위 라우팅, 최단 거리 라우팅, 다중 경로 라우팅등), 대역폭 할당 방법, 링크관리(정적 관리, 동적 관리), 망상태 표 관리 등의 설정.

3.2.4. 호처리 기능

- 호수락 제어 : 망의 혼잡정도를 파악하고 요청된 호를 수락 또는 블락킹하는 기능.
- 신호 전달 방식 : 통화나 정보의 흐름과 동일한 채널을 이용하는 inband signalling 또는 별개의 호처리 채널을 이용하는 common-channel signalling의 방식에 따라 처리.

3.2.5. 망 자원 관리 기능

1) 라우팅

통신망에서는 목적지, 트래픽 특성, 망의 부하 등을 고려하여 경로를 설정하게 되는데 라우팅 방법은 기본적으로 각 노드별로 고정된 라우팅 테이블에 따라 다음 노드까지 연결하는 고정(fixed) 라우팅, 대체 경로를 제공하는 대체경로(alternate-path) 라우팅이 있다. 대체 경로를 설정할 때 랜덤 라우팅, 최단 거리 라우팅, 교대적 라우팅의 방법들이 있고 이들을 조합한 다중경로(multi-path) 라우팅의 방법이 있다. 이들 방식별로 모듈을 만들어 노드의 특성으로 설정하게 하고 망 전체에 관련사항은 가상의 망관리 시스템을 상정하여 중앙통제 형태의 망제어가 이루어 지게 해야 할 것이다.

2) 대역폭 할당

수락된 호에 대해 경로상의 링크들에 대해 대역폭을 할당.

3) 링크관리

정적 관리(완전 공유(complete sharing), 완전 분할(complete partitioning), 가변 분할(movable boundary)등

의 방법이 가능) 및 동적 관리(망 부하에 따라 링크용량 변경).

3.2.6. 시뮬레이션 제어 기능

1) 초기화 기능

망과 트래픽의 초기 상태 표현 기능, 시뮬레이션의 초기 조건 표현 기능, 초기 편차를 적절히 제거해 줄 수 있는 기능, 안정상태로의 진입을 판정해주는 근거 제공 기능 등.

2) 시간제어 기능

시뮬레이션 시작시간 이후 종료시간까지의 시뮬레이션 상의 시간 경과를 측정하고 제어하는 기능, 다음 사건(next event)을 포착하고 스케줄링 해 주는 기능.

3) 종료제어 기능

시뮬레이션 시간에 따른 종료 및 트래픽의 처리량에 따른 종료.

4) 반복성 보장

난수 발생기의 초기치를 같게 두면 동일한 시뮬레이션 과정을 수행하게 하는 기능, 시뮬레이션을 반복 수행 하고자 할 때 전체 과정을 반복 수행할 수 있는 기능, 파라미터가 다른 경우의 분석을 수행하기 위한 동일 과정의 반복 수행 기능 등.

5) 강제중단(interrupt) 기능

시뮬레이션 수행 중에 사용자의 의도에 따라 종료시키거나 잠시 중단하여 중간결과를 확인하게 하는 기능, 잠시 중단 후 계속 수행을 해 줄 수 있는 기능 등.

3.2.7. 통계량 수집 기능

1) 분석대상 망 지정 기능

분석 대상을 전체 망 또는 부분 망(subnetwork)으로 지정할 수 있고, 특정 그룹의 노드, 링크, 버퍼 등을 지정하여 자료 수집을 할 수 있어야 한다.

2) QOS 파라미터 관련 통계량

call-setup delay, 블락킹 확률, 패킷 전송시간, 대기시간 등.

3) 망성능 파라미터

망 패킷 처리율, 노드와 버퍼의 이용률(utilization), 최대 버퍼 이용률, 버퍼에서의 지연시간, 대기열의 길이 등

4) 통계량 수집 기간 및 간격 조절 기능

수집기간의 시작 시간, 종료 시간 지정 기능, 특정 event 발생 시마다 수집 기능, 일정한 시간 주기마다 수집 기능 등.

3.2.8. 결과 분석 기능

1) 통계량 출력 기능

수집된 통계량을(시간, 측정치)와 같은 형태로 제공하고 추후 분석을 위하여 파일로 제공하는 기능.

2) 통계량 요약 결과보고 기능

통계량의 평균, 분산, 최소, 최대, 최종값 등의 요약결과 제공.

3) 보고서 및 그래프 제공 기능

결과에 대한 보고서를 용도에 따라 제공 기능, 통계량 자체에 대한 3차원 plotting 기능, 히스토그램 및 fitting 기능, scatter diagram 기능 등.

4) 반복된 시뮬레이션의 결과 비교 기능

파라미터를 달리하여 시뮬레이션을 반복했을 때 결과의 차이를 보고서 또는 그래프 형태로 비교할 수 있는 기능.

5) 진행과정의 애니메이션 기능

시뮬레이션 실행중의 진행과정을 도표 또는 그림으로 표현하는 기능.

4. 통신망 성능 분석을 위한 시뮬레이터의 개발 전략

4.1. 기본 요건

4.1.1. 적용대상

적용범위에서 Ethernet, FDDI등 LAN으로 구성되는 접속망(access network)은 제외하고 디지탈 회선교환이 주가 되는 공중망(PSTN)을 주 대상으로 원형을 구성한다. ISDN, ATM, 이동통신망, 기타 액세스 망등은 추후 모듈로서 덧붙인다. 물론 기존의 통신망을 포함할 수 있도록 포괄적인 모형을 고려한다.

4.1.2. 주요 적용 분야

프로토타입 도구에서는 PSTN에서의 트래픽의 집중을 방지하기 위한 라우팅 문제, 혼잡 처리 방식분석, 트래픽 상황에 따른 스위치에서의 처리능력 등 실제적인 망 운용상의 성능 분석 문제와 망의 신뢰성에 관련된 평가 문제들을 직접적인 대상으로 한다.

4.2. 개발 전략

본 절에서는 시간과 비용이 제약이 있는 현실적인 여건에서 통신망 성능분석 시뮬레이터를 개발하는 전략을 기술한다.

4.2.1. 개발체계

시뮬레이터를 개발하기 위한 체계로 대략 두 가지의 방식을 생각할 수 있다. 우선 다음과 같은 단계를

> 대상 문제의 정의-요구조건 분석-소프트웨어 설계-프로그래밍-시험-운용 및 유지

거쳐 전체 시스템을 한꺼번에 개발하는 방식이 있을 수 있는데 이 방식을 따르기 위해서는 충분한 개발 기간과 집중적인 자금 지원 및 전문적인 인력 확보 및 조직이 이루어져야 할 것이다. 현실적으로 그러한 여건이 구비되지 못한 상황에서는 핵심이 되는 부분만을 고려하여 원형(prototype)을 만들어 놓고 필요에 따라 시스템을 확장 시켜 가는 방식이 보다 바람직할 것이다.

원형-확장의 방식을 따를 원형은 다양한 대상 문제들에 적용될 수 있도록 충분히 핵심적이고 추상적이어서 추후 예기치 못한 문제에 적용하게 될 때에도 최소의 주변도구 만을 변형시켜 사용할 수 있어야 할 것이다. 또한 추후 모듈식 확장이 용이하도록 자료구조에서 충분한 여유를 주어야 할 것이다.

4.2.2. 사용언어

시뮬레이터 개발에서 사용하게 될 언어 또는 소프트웨어 도구의 선정은 개발의 용이성의 측면과 소프트웨어 비용의 측면에서 개발초기에 결정해야 할 중요한 사항중 하나이다. 2절에서 살펴본 바와 같이 시뮬레이션을 위해서는 C, FORTRAN과 같은 범용의 프로그램 언어, SLAMSYSTEM, SIMSCRIPT Ⅱ.5, GPSS/H 등의 범용의 시뮬레이션 언어, 또는 OPNET Modeler, BONeS PlanNet, COMNET Ⅲ 등의 통신망 전용 시뮬레이터(혹은 시뮬레이션 언어) 등을 사용하게 되는데 시뮬레이터의 개발에서도 이들 중 하나를 선정해 사용해야 할 것이다.

이들 중 범용의 프로그램 언어를 사용하는 방법은 가장 근본적인 개발 방법이어서 다른 소프트웨어에 기초한 방법보다 프로그램상의 융통성과 효율성을 높일 수 있고 별도의 소프트웨어 없이 손쉽게 사용할 수 있는 도구를 만들어 낼 수 있으며 이식성이 좋다는 장점이 있으나 모든 도구를 모두 처음부터 새로 프로그램을 해야하기 때문에 노력과 시간이 과도하게 소요된다는 단점이 있다.

또한 통신망 전용 시뮬레이터를 사용하는 방법은 이미 많은 모델 및 도구들이 내장되어 있고 사용자 인터페이스도 갖추어져 있기 때문에 적은 시간과 노력으로 고도의 복잡성을 가진 모델에도 적용할 수 있는 시뮬레이터를 만들어 낼 수 있다는 장점이 있으나 개발 및 사용 시에 값이 비싼 기존의 시뮬레이터를 구입해야 하며, 융통상과 유연성에 상당한 제약이 생긴다는 단점이 있어 본격적인 시뮬레이터의 개발 방법으로는 문제가 있다.

따라서 위의 두 가지 방법의 단점을 어느 정도 보

완해 줄 수 있는 범용의 시뮬레이션 언어를 사용하는 방법이 본 연구에서 추구하고 있는 단기간의 소규모 투자에 의한 원형-확장 개발 방식에 가장 현실성이 있다고 보여진다. 범용의 시뮬레이션 언어를 사용하면 시뮬레이션 자체에 필요한 핵심 도구들이나 그래픽 환경, 사용자 인터페이스 등이 이미 갖추어져 있어서 시뮬레이션 자체에만 노력을 집중할 수 있으므로 범용의 프로그램 언어를 사용하는 방법보다 시간과 노력을 대폭 절약할 수 있고, 통신망 관련 요구 조건에 미리 정해진 제약이 없으므로 기존의 시뮬레이터를 사용하는 것 보다 훨씬 융통성 있는 개발 환경이 조성된다. 실제로 컴퓨터 통신망 전용의 시뮬레이터인 NETWORK Ⅱ.5는 SIMSCRIPT Ⅱ.5 언어를 사용하여 개발되었고 일반적인 통신망 시뮬레이터인 COMNET Ⅲ는 객체 지향적 언어인 MODSIM Ⅱ.5를 사용하여 개발되었다.

범용 시뮬레이션 언어를 사용하여 시뮬레이터를 개발할 때 해당 시뮬레이션 언어의 보급 정도가 문제가 되는데 되도록 사용자가 많으면서 통신망 분석에 적합한 구조를 가진 언어를 선정하는 것이 유리할 것이다. 2장에서 살펴본 범용 시뮬레이션 언어 중에서 기본 모델링 기법이 프로세스 중심의 네트워크 형태로 되어 있어 통신망의 시뮬레이션에 적합하고 특히 큐잉현상을 중심으로 모델링이 이루어지기 때문에 국내외에서 통신망 성능 분석에서 많이 사용되고 있는 SLAMSYSTEM등과 같은 범용 시뮬레이션 언어를 선택하여 통신망 전용 모듈을 구축해 가는 방식으로 개발되는 것이 바람직 할 것이다.

5. 결 론

실제로 통신망을 운영하는 입장에서 망설계나 관리 및 운영에서의 여러 가지 대안들을 신속하게 평가 분석하기 위한 통신망 성능분석 시뮬레이터의 필요성은 재론할 여지가 없을 것이다. 본 연구에서는 본격적인 시뮬레이터의 개발에 앞서 기존의 통신망 시뮬레이터 또는 시뮬레이션 언어들의 특징과 장단점을 분석하고, 일반적인 통신망 성능분석 시뮬레이터의 요구조건을 기술하였다. 이들 분석을 바탕으로 시뮬레이터의 개발전략을 수립하여 제시하였는데 주어진 시간과 자금, 인력이 제한된 여건 하에서는 본격적인 다기능의 시뮬레이터를 집중적으로 개발하려는 접근방법보다는 기본적인 공중망에서 긴요한 성능분석 문제들을 분석해 줄 수 있는 프로토타입적인 시뮬레이터를 만들고 그 위에 점차적으로 필요한 모듈을 부착하여 확장해 가는 접근방법이 바람직하고 또 기본적인 프로그램 언어보다는 통신망 시뮬레이션에 적합한 SLAMSYSTEM등과 같은 시뮬레이션 언어를 선택하여 통신망 모듈을 구축해 가는 방식을 따를 것을 제안하였다. 본 연구의 결과를 바탕으로 향후 원형-확장의 방식으로 SLAMSYSTEM등을 이용한 기본적인 성능분석용 시뮬레이터가 개발될 수 있을 것이다.

【참고문헌】

[1] I. Chlamtac and W.R. Franta, "A generalized simulator for computer networks," *Simulation*, pp. 123-132, 1982(Oct.).

[2] A. Dupuy, J. Schwartz, Y. Yemini and D. Bacon, "NEST: A network simulation and prototyping testbed," *Communications of the ACM*, v.33, n.10, 1990(Oct.).

[3] G. Edwards and R. Sankar, "Modeling and simulation of networks using CSIM", *Simulation*, v. 58, no.2, pp.131-136, 1992(Feb.).

[4] A.M. Law and M.G. McComas, "Simulation software for communications networks: the state of the art," *IEEE Communications Magazine*, v.32, no. 3, pp.44-50, 1993 (Mar.).

[5] W. Lemppenau , "A Universal Environment Simulator for SPC Switching System Testing," *ITC 11*, Kyoto, Japan , 1985(Sep.).

[6] A.A. Pritsker, C.E. Sigal, R.D. Hammesfahr, *SLAM II : Network Models for Decision Support*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1989.

[7] P.F. Roth, M. Ilyas and H.T. Mouftah, "SIMULATION: A Powerful tool for prototyping telecommunications networks," *Simulation*, v.58, 78-82, 1992.

[8] M. Schwartz, *Telecommunication Network*, Addison-

Weseley, 1987

[9] K.S. Shanmugen, V.S. Frost, and W. Larue, "A Block-Oriented Network Simulator(BONeS)™," *Simulation*, v.58, no.2, pp.83-94, 1992(Feb.).

[10] J.J. Swain, "Flexible tools for modeling," *OR/MS Today*, v.20, no.6, pp.2-78, 1993(Dec.).

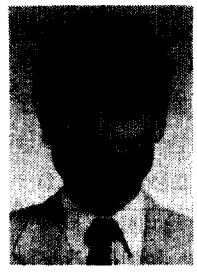
[11] B.W. Unger, D.J. Goetz, and S.W. Maryka, "Simulation of SS7 Common Channel Signaling," *IEEE Communications Magazine*, v.32, no.3, pp. 52-62, 1993(Mar.).

[12] 유기혁, B-ISDN 망 시뮬레이터 개발을 위한 요구조건분석 연구 최종보고서, 한국통신기술주식회사 부설연구소(TM KTI92DAH4-0001-P92AA), 1992.

[13] 윤복식, 최문기, B-ISDN에서의 서비스 품질 및 망성능의 문제, 경영과학, v.11, 147-159, 1994.

[14] 이강원, ISDN 교환망의 성능분석 방법 구축과 성능분석의 Software Tool 개발 최종보고서, 한국통신 연구개발단(93U019), 1993.

[15] 이영해, 백두권, 시스템 시뮬레이션, 경문사, 1991.



윤 복 식

현재 홍익대학교 공과대학 기초과학과 (응용수학 전공) 부교수로 재직중이다. 서울대학교 산업공학과에서 공학사(1980) 및 공학석사(1982), 미국 U. C. Berkeley대학에서 OR분야 Ph.D(1988)를 취득하였다. 국토개발연구원 연구원(1982-3), 전자통신연구소 선임연구원(1989) 역임. 주요관심분야는 응용확률론, 통신시스템 분석, 확률적 최적화 및 스케쥴링, 시뮬레이션등이다.