

통신망 분석을 위한 시뮬레이션 패키지

李一雨, 曹基星, 孫昌秀

韓國電子通信研究所 移動網構造研究室

I. 서론

1960년대 이후 새로운 시스템의 설계 또는 시스템의 성능 개선을 위해 discrete-event 시뮬레이션이 광범위하게 사용되어 왔으며, 이의 응용분야는 생산 시스템의 설계, 군사용 무기 생산 시스템의 평가, 다양한 통신망의 분석 그리고 컴퓨터 시스템을 위한 하드웨어 혹은 소프트웨어 요구사항의 평가 등에 광범위하게 사용되어 오고 있다. 이를 수행하는 수단으로서 대부분의 시스템 분석가들은 다양한 언어(C, FORTRAN 등)를 이용하여 개별적인 특성에 맞게 시뮬레이션을 위한 프로그래밍을 수행하는 형태를 취하고 있다. 현재 위성통신을 포함한 디지털 이동통신 시스템, Asynchronous Transfer Mode(ATM)를 기반으로 하는 광대역 통신 시스템 그리고 음성, 문자, 영상 등을 지원하는 멀티미디어 통신 시스템 등이 연구, 개발되어 왔다. 이러한 시스템의 성능을 평가하기 위해 프로그래밍을 통한 시뮬레이션은 너무 많은 오버헤드를 가지게 된다.

본 고에서는 통신망 분석에 유용한 시뮬레이션 패키지의 형태에 대해서 구분하고, 현재 사용되고 있는 시뮬레이션 패키지에 대해 살펴보기로 한다. 또한 각 응용분야에 따른 시뮬레이션 패키지 선택에 있어서 중요한 접근 방법을 제시하고자 한다.

II. 시뮬레이션 패키지의 분류

통신망의 시뮬레이션을 위한 패키지는 다음 <표 1>에 열거한 바와 같이 일반적인 목적의 시뮬레이션 언어, 통신망 지향의 시뮬레이션 언어 그리고 통신망 지향의 시뮬레이터 등과 같이 3가지로 분류할 수 있다.^[1] 시뮬레이션 패키지들은 문제의 정형화(problem formulation), 정보와 데이터의 수집(information & data collection), 모델의 검증(model validation), 트래픽의 모델링(traffic modeling) 그리고 시뮬레이션 결과에 대한 분석까지도

담당한다.

(표 1) 시뮬레이션 패키지의 분류

구분	패키지 (소프트웨어)명	제작회사
일반적인 목적의 시뮬레이션 언어	Arena	Systems Modeling Corp.
	BONeS DESIGNER	Cadence Design Systems, Inc.
	GPSS/H	Wolverine Software Corp.
	MODSIM II	CACI Products Company
	SES/workbench	Scientific and Engineering Software, Inc.
	SIMAN/Cinema 5	Systems Modeling Corp.
	SIMSCRIPT II.5	CACI Products Company
	SLAMSYSTEM	Pritsker Corp.
통신망 지향의 시뮬레이션 언어	OPNET Modeler	MIL 3, Inc.
	OPNET Radio Modeler	MIL 3, Inc.
통신망 지향의 시뮬레이터	BONeS PlanNet	Cadence Design Systems, Inc.
	COMNET III	CACI Products Company
	L.NET II.5	CACI Products Company
	NETWORK II.5	CACI Products Company

1. 일반적인 목적의 시뮬레이션 언어(general purpose simulation language)

생산 시스템 모델링 또는 전투모의실험 등을 위해 사용되는 일반적인 시뮬레이션 패키지들이다. 그러나 이러한 패키지들도 이더넷(ethernet), 토큰링(token ring) 등의 모듈을 명시화하기 위한 통신망 시뮬레이션에 대한 특별한 형상을 갖기도 한다. 즉, 통신망 시뮬레이션 뿐 아니라 범용의 목적으로 사용되고 있는 패키지들이다.

2. 통신망 지향의 시뮬레이션 언어(communications-oriented simulation language)

통신망의 시뮬레이션에만 특정적으로 사용될 수 있는 시뮬레이션 언어인데, 이 언어의 장점은 프로그래밍 시간과 시스템의 모델링에 소모되는 시간이 절약될 수 있다는 것이다.

3. 통신망 지향의 시뮬레이터(communications-oriented simulator)

시뮬레이션을 위한 별도의 프로그래밍이 필요하지 않은 통신망 시뮬레이션 패키지들이다.

III. 시뮬레이션 패키지의 내용

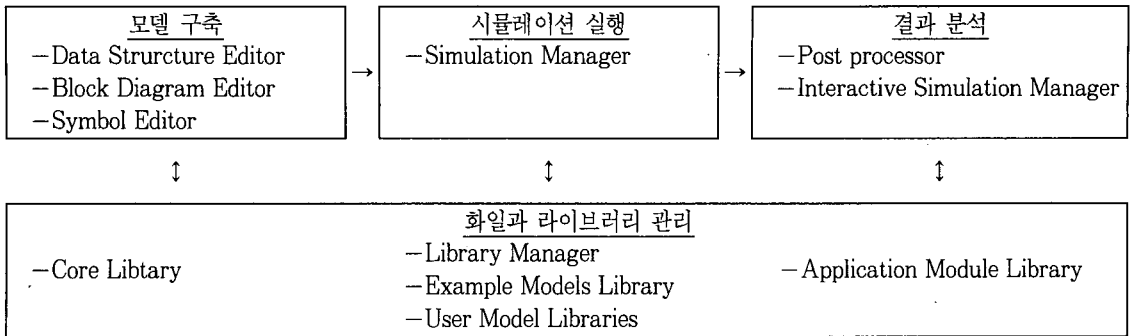
이 장에서는 앞서 2장에서 언급한 시뮬레이션 패키지중에서 현재 많이 사용되고 있는 몇가지를 소개하는데 각 패키지들의 모델 구성 요소, 모델링 방법 그리고 모델링 가능한 통신망 형태 등에 대해서 기술한다.

1. BONeS DESIGNER

그래픽 지향의 범용 시뮬레이션 언어이며, 통신망 모델링을 위해 많은 형상(features)을 포함하고 있다. 데이터 구조(data structures)와 블럭도(block diagram)를 이용하여 모델을 구성하는데, 먼저 DESIGNER 내에서 메시지와 그에 관련된 데이터 필드에 해당하는 데이터 구조를 정의한다. 그 다음 데이터 구조에 대한 망내에서의 흐름을 정의하는 블럭도를 구현한다. 블럭도는 계층적 구조를 가지며, 블럭들은 직접 line segments에 의해 연결된다. DESIGNER를 구성하는 도구들과 이 요소들간의 관계는 그림 1과 같다.

(1) 데이터 구조 편집기(Data Structure Editor)

데이터 구조는 계층적 구조를 가지는 여러 개의 필드로 구성되는데 각 필드는 비트, 정수, 실수가 될 수도 있고 사용자 지정 파라미터일 수도 있다. 데이터 구조 에디터를 이용하여 이러한 데이터 구



(그림 1) BONEs DESIGNER의 도구(tools)와 라이브러리들(libraries)

조를 정의한다.

(2) 블럭다이아그램 편집기(Block Diagram Editor)

시뮬레이션하고자 하는 통신망 혹은 시스템을 그래픽으로 나타내기 위한 편집기이며, BONEs에서 제공하는 프리미티브(primitive)들을 그래픽 모델로 구성할 수 있다. 입력 장치인 마우스나 키보드를 이용하여 top-down 방식으로 대화형 편집을 가능하게 한다.

(3) 시뮬레이션 관리기(Simulation Manager)

시뮬레이션시의 입력 파라미터를 정의하고 시뮬레이션 수행중에도 중간 결과를 모니터링할 수 있게 해준다. 또한 오류 검출을 위한 애니메이션 기능도 포함하며, 시스템의 어떤 부분에서도 검증하고자 하는 포인터를 지정하고 결과를 알 수 있게 해준다.

(4) 후처리기(Post Processor)

시뮬레이션 수행 결과를 이용하여 텍스트 및 다양한 그래픽으로 디스플레이 하거나 프린터 출력을 가능하게 해준다. 시뮬레이션 수행 후에도 파라미터의 수정이 용이하고 결과에 대한 복사, 붙이기, 확대, 자르기 등의 편집 기능을 가능하게 해준다.

(5) 심볼 편집기(Symbol Editor)

통신망 및 시스템의 시뮬레이션 모델 구성에 있어서 사용자가 원하는 모든 종류의 모델 심볼을 생성할 수 있게 해준다.

(6) 프리미티브 모듈 라이브러리(Primitive Module Library)

DESIGNER에서는 데이터 구조내의 필드의 처리나 트래픽 생성 등을 위한 400개 정도의 블럭 프리미티브들이 지원된다. 사용자는 이러한 유효한 블럭을 이용하여 각자의 응용에 적합한 모듈을 개발할 수 있을 것이다. BONEs DESIGNER는 다음과 같은 예제 라이브러리를 제공하여 사용자들의 시뮬레이션 수행에 도움을 준다.^[2]

- 알로하 프로토콜(ALOHA protocol)
- 회선 교환망 모델(circuit switch network model)
- 이동/셀룰라 시스템(mobile/cellular telephone system)
- 시간분할 다중접속방식 시스템(TDMA reservation system)
- 트렁크 무선 시스템(trunked radio system)
- 비동기 전송모드 시스템(ATM system)
- 분산 컴퓨터 시스템(distributed computer system)
- 연속형 시스템(continuous-time system)
- 무선 근거리 통신망(wireless local area network)
- 원거리 통신망(wide area network)
- 확장된 큐잉 네트워크(extended queueing network)

그리고 SatLab이라고 하는 프로그램을 사용하면 위성 시스템의 시뮬레이션도 가능하게 된다. SatLab은 DESIGNER와 함께 사용되며, 위성시스템들과 고정된(혹은 이동하고 있는) 지구국

(earth station)들 간의 dynamics, visibility 그리고 coverage를 분석하고 애니메이션(animation) 하기 위한 패키지이다.

2. BONEs PlanNet

근거리 통신망을 위한 시뮬레이터로써 주요 구성 블록은 근거리 통신망 세그먼트(LAN segments), 트래픽 모델, interconnects(예: 2-port 브리지, 다중-포트 라우터) 그리고 원거리 통신망 mesh 등이 있다. 만일 단일 근거리 통신망의 모델 구성을 한다면, 먼저 컴퓨터 단말기상에서 근거리 통신망 세그먼트 아이콘을 위치시키고 트래픽 모델 아이콘을 가지고 각 세그먼트를 연결하여 원하는 망의 모델링을 수행한다. 좀 더 상세한 블록 구성을 하려면, 대화상자를 이용하여 모델 구성을 할 수 있다. PlanNet은 그래픽이나 숫자 형태의 시뮬레이션 결과를 보여주며, 근거리 통신망 세그먼트와 같은 PlanNet 모듈을 BONEs DESIGNER를 이용하여 사용자의 요구에 맞도록 수정할 수 있다. 즉 BONEs DESIGNER와 완벽한 호환을 유지한다. PlanNet상에서 지원하는 라이브러리들은 다음과 같다.

- 이더넷
- 10BaseT
- 토큰 링
- FDDI(Fiber Distributed Data Interface)
- 멀티프로토콜 브리지(multiprotocol bridge)
- 멀티포트 라우터(multiport router)
- 원거리 통신망(WAN) mesh
- 프레임 릴레이(frame relay)

3. COMNET III

근거리 통신망이나 원거리 통신망의 시뮬레이션을 위한 객체-지향(object-oriented) 시뮬레이터이다. 주요 구성 블록(객체)들로는 노드(node), 링크(link), 프로토콜(protocol) 그리고 트래픽 생성기(traffic generator) 등이 있다. COMNET에서 시뮬레이션 모델링은 단말기상에서 노드와 링크들의 아이콘을 서로 연결하여 적합한 망 토폴로지(topology)를 형성하므로써 이루어진다. 그다음

트래픽 생성기 아이콘들을 적당한 망의 노드에 연결한다. 그리고 4가지 형태(노드, 링크, 프로토콜, 트래픽 생성기)의 객체들중에서 하나의 객체에 대한 상세한 사항은 대화상자를 통해 정의할 수 있다. 예를들어 트래픽 생성기에 대한 대화상자에서는 메시지 트래픽 생성(예: exponential interdeparture time), 메시지 길이의 확률분포 그리고 메시지의 목적지와 메시지들에 대응되는 확률값들을 정의할 수 있다. COMNET은 시뮬레이션 수행 결과로써 점대점(point-to-point)간 지연시간, 처리율(throughput) 그리고 가용도(utilization) 등을 출력한다. 만일 COMNET이 특정한 망 응용 모델링에 부족한 사항이 있으면 COMNET III의 Object-Developmental Version을 사용하여 문제점을 해결할 수 있을 것이다. 이 버전을 사용하면 기존의 객체의 수정이나 새로운 객체의 생성이 가능해진다.

4. L.NET II.5

근거리 통신망을 위한 시뮬레이터이며 주요 구성 블록은 근거리 통신망, 스테이션(station) 그리고 근거리 통신망간의 연결을 위한 일반적인 장비인 게이트웨이(gateway)들이다. L.NET 상에서 지원할 수 있는 근거리 통신망 형태로는 이더넷, 10BaseT, 토큰 링 그리고 FDDI 등이 있다. 개인용컴퓨터, 워크스테이션, 서버 등을 표현하기 위해 사용되는 스테이션은 LAN상에서 메시지를 전송하고 디스크를 읽고, 쓸 수 있다. 단일 근거리 통신망을 모델링하려면, 단말기상에서 근거리 통신망 형태 아이콘을 위치시켜 놓고 스테이션 아이콘들을 갖다 붙인다. 각각의 근거리 통신망 또는 스테이션들에 대한 상세한 사항은 대화상자를 이용하여 정의할 수 있다. 예를들어, 스테이션인 경우에 대화상자를 열어서 구체적인 메시지 생성 방법, 스테이션 식별값(id) 등을 정의할 수 있다. 시뮬레이션 종료후 L.NET은 다양한 형태의 결과들을 보여주는데, 결과의 내용은 충돌 횟수, 각 모델 블록들(근거리 통신망, 스테이션, 게이트웨이)의 가용도, 평균 지연시간 등이다.

5. NETWORK II.5

컴퓨터 시스템과 통신망을 위한 시뮬레이터이며, 주요 구성 블록은 하드웨어 장비와 소프트웨어 모듈이다. 하드웨어 장비에는 CPU와 같은 처리요소(processing elements), 버스 또는 근거리 통신망 등과 같은 전송장비(transfer devices) 그리고 디스크 드라이브 혹은 RAM과 같은 저장장비(storage devices)가 포함된다. NETWORK II.5 상에서 시뮬레이션 모델을 구성하려면 먼저 하드웨어 장비들에 해당하는 아이콘을 선택해서 단말기상의 적당한 위치에 놓고 그들을 서로 연결한다. 어떠한 장비라도 대화상자를 이용하여 상세한 사항을 정의할 수 있다. 예를들어 전송장비를 위한 대화상자 상에서 근거리 통신망 형태가 이더넷인지 토큰 링 또는 FDDI 인지를 정의할 수 있다. 한편 소프트웨어 모듈은 명령어들의 sequence들로 구성되며 명령어들은 저장장비로부터 혹은 저장장비로 화일을 읽거나 쓸 수 있다. 그리고 세마포어(semaphore)라고 하는 광역변수를 사용하여 소프트웨어 모듈을 모델링하는데 있어서 유연성의 증가를 도모할 수 있다. NETWORK II.5는 장비의 가용도, 평균 지연시간, 소프트웨어 모듈의 실행에 대한 정보를 시뮬레이션 결과로써 보여준다.

6. OPNET Modeler

통신망-지향의 시뮬레이션 언어이며 네트워크 편집기(Network Editor), 노드 편집기(Node Editor), 프로세스 편집기(Process Editor)를 사용하여 시뮬레이션 모델을 구성한다. 네트워크 편집기는 노드와 링크들로 구성되는 망 토폴로지를 그래픽으로 구성한다. 노드내에서 모듈(하드웨어와 소프트웨어 시스템)간의 데이터 흐름을 그래픽으로 표현하기 위해 노드 편집기가 사용되며, 모듈 형태는 프로세서(processor), 큐(queue) 그리고 트래픽 생성기를 포함한다. 프로세스 편집기는 상태 천이도(state diagram)와 복잡한 프로토콜과 알고리즘을 개발하기 위한 300개 정도의 라이브러리를 사용하여 프로세서들을 모델링한다. 일반적으로 다양한 구성 블록의 속성은 pop-up메뉴를 통해 정의된다. 또한 OPNET은 이더넷, 토큰 링, FDDI 그

리고 브리지(bridge)와 라우터(router) 등을 포함하여 통신망을 위한 많은 수의 내장 모듈을 포함하고 있다. OPNET은 사용자의 요구에 대응하는 시뮬레이션 결과를 보여주는데 결과의 형태는 숫자 혹은 그래픽이 될 수 있다. OPNET Modeler의 선택적 확장 버전인 OPNET Radio Modeler는 패킷 무선망과 위성통신망 등의 무선링크를 포함하는 시스템의 모델링에 적합한 패키지이다.

7. SES/workbench

그래픽 지향의 범용 시뮬레이션 언어로써 컴퓨터 시스템과 통신망의 모델링에 필요한 형상을 가지고 있다. 주요 구성 블록은 노드, 아크(arc) 그리고 트랜잭션(transaction)인데, workbench에서는 먼저 트랜잭션을 정의하고 노드와 아크를 이용하여 통신망의 트랜잭션 흐름을 표현한다. 이는 노드 아이콘을 단말기상의 적당한 위치에 배치하고, 아크를 이용하여 노드 아이콘들을 연결시킴으로서 이루어진다. 또한 노드와 아크에 대한 상세 정의에 있어서 C 코드의 사용이 가능하다. 즉 사용자가 C 프로그램을 추가할 수 있다. workbench에서는 high-level node의 24가지 형태가 존재하며, 이를 이용하여 트랜잭션의 생성과 제거, 프로세싱 시간, 자원 관리, 흐름 제어 등을 표현할 수 있다. 그리고 이더넷과 토큰 링 등과 같은 많은 수의 선택적 모듈들이 존재한다. SES/workbench는 시뮬레이션 수행중이나 완료후에 숫자 혹은 그래픽 형태의 시뮬레이션 결과를 보여준다.

8. SLAM(Simulation Language for Alternative Modeling)

SLAM은 FORTRAN에 기초한 시뮬레이션 언어로서, 그래픽 모델 구축을 위한 네트워크 심볼을 제공한다.^[3~5] SLAM에서는 다양한 모델 작성이 가능한데 모델 개발을 위한 도식화된 기능, 모델링 과정의 단순화 및 모델 수정의 용이성을 제공해주는 네트워크 모델링, 시간의 변화에 따라 시스템 상태가 특정한 방정식에 따라 연속적으로 변하는 경우에 사용되는 연속형 모델링 그리고 네트워크만을 이용해서 모델링하기에는 어렵고 복잡한 과

정을 C 또는 FORTRAN 등의 언어를 이용하여 SLAM과 함께 처리할 수 있는 이산형 모델링 등을 제공한다. 현재 사용되고 있는 SLAM series는 다음과 같다.

(1) SLAM II

네트워크, 연속형 및 이산형 모델링 및 시뮬레이션을 위한 언어이며 FORTRAN-77 사용이 가능한 워크 스테이션 및 미니 컴퓨터 이상의 시스템에서 실행될 수 있다.

(2) SLAM II/TESS(The Extended Simulation System)

통합시스템으로서 자료 수집, 모델 개발, 시뮬레이션 수행, 결과 분석 및 애니메이션을 가능케하는 그래픽 환경을 워크 스테이션 또는 미니 컴퓨터(SUN, APOLLO, VAX) 상에서 제공하는 패키지이다.

(3) SLAMSYSTEM

모델링에서 애니메이션에 이르는 모든 시뮬레이션 과정의 수행이 가능한 통합환경을 개인용 컴퓨터상에서 제공한다. SLAMSYSTEM의 실행을 위해 요구되는 개인용 컴퓨터 사양은 두 가지가 있는데, OS/2 버전과 MS(MicroSoft)-WINDOWS 버전이며 두 개의 버전 모두 하드디스크 40Mbyte, 메인 메모리 4Mbyte 이상의 80386 또는 80486이 요구된다.

(4) SLAM II/PC

앞서 설명한 SLAM II의 개인용 컴퓨터 버전이다.

IV. 시뮬레이션 패키지의 선택

통신망의 시뮬레이션을 위한 패키지들은 기본적으로 다음과 같은 능력을 가져야 할 것이다.

○ 모델링의 유연성

시뮬레이션 소프트웨어가 가져야 할 가장 중요한 요소중의 하나이다. 대부분의 통신망들은 그 나름대로 독특한 특성을 가지고 있는데, 만약 망에서 요구되는 특성들을 제대로 반영할 수 없다면, 유사한 다른 통신망의 모델링 및 시뮬레이션 수행에도

움이 되지 못할 것이다. 사용자가 새로운 형태의 노드, 링크, 프로토콜, 메시지 등을 정의할 수 있도록 충분한 유연성을 가져야 한다.

○ 모델링의 용이성

신속한 망의 분석이 요구됨에 따라 짧은 시간내에 시스템의 정확한 모델링이 수행되어야 한다. 이를 위해 사용자를 위한 사용자 인터페이스는 메뉴 방식과 마우스 및 펜 등을 통한 point-and-click 방법을 지원해야 한다. 시스템을 모델링하는 단계에서 사용자의 모델 구성, 파라미터 입력 등을 용이하게 하는 다양한 편집기(그래픽 지원)를 제공하여야 한다.

○ 계층적 모델링 지원

계층적 모델링(hierarchical modeling)과 재사용(reusability), 대화형 디버거(interactive debugger), 모델 검증 기능 등이 포함된다면 더욱 바람직할 것이다.

○ 디버깅 지원

시뮬레이션 프로그램의 검증, 시뮬레이션 결과에 대한 디버깅(오류 검출) 기능이 용이해야 할 것이다. 또한 상세한 오류 메시지 보고 기능이 제공되어야 한다. 즉, 시뮬레이션의 결과에 대한 분석시 용이성을 제공하여야 한다. 다양한 형태의 문자 혹은 그래픽으로 결과를 출력하고 사용자로 하여금 결과값들에의 접근을 허용하여야 할 것이다.

○ 빠른 실행 속도

시뮬레이션의 대상이 되는 사건들이 많은 경우에 유용하다. 대규모 통신망 분석시 시뮬레이션 수행 시간의 단축은 사용자에게 많은 유리함을 가져다 준다.

○ 애니메이션 지원

시뮬레이션 수행 도중이나 수행 후에 프로그램의 오류(bug) 수정, 입력 파라미터의 변경을 용이하게 하여야 할 것이다. 애니메이션 기능은 사용자로 하여금 시뮬레이션의 본질을 이해하는데 도움이 될 것이다.

○ 자동적인 모델 복사 기능 지원

광범위한 통신망과 같은 시스템 구성 요소가 많은 경우 유사한 시스템 모델이 존재할 수 있는데, 이 때 자동적으로 시스템 모델을 복사할 수 있는

기능이 지원된다면 매우 유용하게 사용될 수 있다.

그러면 이러한 기본적인 능력을 갖고 있는 패키지들 중에서 과연 우리는 어떤 것을 선택할 것인가, 사용자가 원하는 시뮬레이션 패키지를 다음의 순서를 근간으로 결정할 수 있을 것이다.

- (1) 시뮬레이션을 위한 고려사항 및 요구사항 결정
- (2) 상기의 결정을 기반으로 하여 가격까지 고려한 후보 패키지들의 선택
- (3) 과거에 후보 패키지들을 사용해본 경험이 있는 사람들과 토의를 통해 각각의 장점과 단점을 파악
- (4) 특별히 관심을 두고 있는 응용에 대해 각 패키지들이 어떻게 동작되는지 일정기간 (약 1개월이상) 동안 실행을 통한 검증

더해서, 다음의 고려사항도 패키지 선택시에 사용자에게 도움을 줄 수 있을 것이다.

○ 현재 및 장래에 시뮬레이션의 대상이 될 사항들(시스템 구조, 환경 등)에 적합한가, 예를 들면, 이동통신 시스템의 시뮬레이션시에 페이딩 등과 같은 무선 전파 환경을 잘 표현할 수 있는가 하는 문제들이다.

○ 시뮬레이션 목적에 선택해야 하는 패키지가 적절히 부합되는가 하는 문제도 고려해야 한다.

○ 관련된 구성원 즉 패키지(소프트웨어)를 사용하여 할 사용자들의 현재 상황을 고려하여야 할 것이다. 예를 들어, 프로그래밍 경험, 시뮬레이션 방법에 대한 지식 등을 고려해야 할 것이다.

○ 사용의 용이성과 관련하여 선택되어질 패키지가 자주 사용될 수 있을 것인지에 대한 고려도 있어야 한다.

○ 패키지를 설치하여 충분히 운영될 수 있을 정도의 하드웨어 환경에 대한 고려인데, 시뮬레이션 패키지의 선택에 있어서 고려하여야 할 중요한 하드웨어 구성(hardware platform)은 다음과 같은 것들이 있다.

- 운영체제(Operating System : OS)
- 메모리(RAM)

- 저장장치(하드디스크)

- 테잎 드라이버 등과 같은 입출력 장치

○ 해당 패키지에 대해서 패키지 설치, 교육 등과 같은 기술적인 지원이 충분한지의 여부도 확인하여야 한다.

V. 결 론

본 고에서는 통신망 분석을 위해 현재 제공되고 있는 시뮬레이션 패키지들에 대해 고찰해 보고, 이러한 패키지들중에서 사용자가 목표로 하는 시뮬레이션 목적에 부합되는 패키지의 선택 방법에 대해 기술하였다. 본 고에서는 시뮬레이션 패키지들을 통신망 분석 관점에서 살펴보았지만 앞서 기술한 패키지들은 다른 응용 분야에도 적용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] A. M. Law and M. G. McComas, "Simulation Software for Communications Networks : The State of the Art," IEEE Communication Magazine, pp.44~50, Mar. 1994.
- [2] K. Sam. Sanmugan, *Introductory Overview-Block Oriented Network Simulator*, Comdisco Systems, 1993.
- [3] DongIl C.I.M, *SLAM Simulation*, 1994.
- [4] A. Alan B. Pritsker, *Introduction to Simulation and SLAM II*, John Wiley & Sons, Inc., 1986.
- [5] Jean J. O'Reilly, *SLAM II Quick Reference Manual*, Pritsker & Associates, Inc., 1987.

저 자 소개**李 一 雨**

경희대학교 전산공학과 졸업

경희대학교 전산공학과 대학원 졸업

한국전자통신연구소 이동망구조연구실 근무

曹 基 星

경북대학교 전자공학과 졸업

경북대학교 전자공학과 대학원 졸업

한국전자통신연구소 이동망구조연구실 근무

孫 昌 秀

연세대학교 전자공학과 졸업

연세대학교 전자공학과 대학원 졸업

한국전자통신연구소 이동망구조연구실 (실장) 근무