

# 캠퍼스 네트워크의 구성 및 성능분석 자동화 방법론\*

## Automated Methodology for Campus Network Design and Performance Analysis

지승도\*\*, 이종근\*\*, 이장세\*\*

Sung-Do Chi, Jong-Keun Lee, Jang-Se Lee

### Abstract

This paper presents an automated methodology for campus network design and performance analysis using the rule-based SES and DEVS modeling & simulation techniques. Proposed methodology for structural design and performance analysis can be utilized not only in the early stage of network design for selecting configurable candidate from all possible design alternatives, but also in simulation verification for generating performance data. Our approach supercedes conventional methodologies in that, first, it can support the configuration automation by utilizing the knowledge of design expert; second, it can provide the simulation-based performance evaluation; third, it is established on the basis of the well-formalized framework so that it can support a hierarchical and modular system design. Several simulation tests performed on a campus network example will illustrate our technique.

\* 본 연구는 한국과학재단 핵심전문과제인 "정보시스템의 구성 및 성능분석 자동화 방법론에 관한 연구" (961-0911-063-2)로 수행됨.

\*\* 한국항공대학교 컴퓨터공학과

## 1. 서론

컴퓨터 시스템의 모델링 및 시물레이션은 설계, 제조, 판매, 구입, 사용, 업그레이드, 튜닝 등을 포함하는 컴퓨터 시스템과 네트워크의 수명주기의 모든 분야에서 필요로 되어진다. 즉, 모델링과 시물레이션 연구는 여러가지 설계대안들을 비교하고 그 중에서 최적의 대안을 찾거나 비용-효율에 대한 접근을 시도하려는 캠퍼스 네트워크의 설계자에게 필수적이다[1]. 캠퍼스 네트워크의 설계와 분석을 통합적으로 지원하는 자동화 도구는 아직 국내외적으로 상용화된 사례가 없으나, 최근들어 GENESIM, NetMod 등 설계지원 및 성능분석용 방법론이 학문적으로 제시된 바 있다[2,3]. 그러나 이러한 접근방법들도 기존의 분석용 도구에 GUI(graphic user interface)만을 단순히 추가한 설계지원 환경만을 제공하고 있어서, 설계 전문가가 갖는 고도의 지식을 활용하는 설계자동화의 단계에는 아직 미치지 못하고 있는 실정이다. 한편, 현존하는 GIST[4], SIMF[5], PAW[6], BONES[7], NETWORK II.5[8], PLANS[9] 등 네트워크 분석전용 도구들은 이산 사건 모델링기법보다는 기존의 수학적 해석(analytic) 기법을 중심으로 모델링되어져서 복잡다양화 그리고 대규모화의 경향을 갖는 대규모 캠퍼스 네트워크를 표현하는데 있어서 한계를 갖고 있으며[1], 또한 계층구조적 모듈화 개념이 취약하여 융통성있고 용이한 시스템 설계가 곤란한 단점을 갖고 있다. 따라서 설계 모델의 생성, 평가, 그리고 최적 대안 선택 등의 작업은 설계자의 직관적인 판단에 맡겨져 왔다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 첫째, 모든 가능한 구성 대안들을 계층구조적으로 표현할 수 있는 방법을 제시하고, 둘째, 가능한 요구사항 및 제약조건을 시스템 계층구조상의 구성원 별로 속성화시키며, 셋째, 주어진 요구사항 및 제약조건에 따른 설계대안들의 자동 생성 방법을 제시하고, 넷째, 설계대안별 시물레이션을 이용한 성능분석 자동화 방법 등을 통해 일관성 있는 설계 및 분석 자동화 방법론을 제시한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 1장의 서론에 이어 2장과 3장에서는 구성 자동화 그리고 성능분석 자동화 방법론에 대하여 각각 논하고 4장에서는 각각의 자동화 방법론에 대한 통합 방법론을 제안한다. 5장에서는 사례 연구로서 캠퍼스 네트워크의 실례를 들어 본 논문에서 제안하는 자동화 방법론에 대한 시물레이션 검증을 한 뒤 6장에서 결론을 맺는다.

## 2. Rule-based SES를 이용한 구성 자동화 방법론

Zeigler에 의해 제안된 System Entity Structure (SES)는 구성원들의 분할, 분류, 결합관계, 제약조건 등을 표현할 수 있는 구조체로서, entity, aspect, 그리고 specification이라는 3가지 모드로 구성되어 있다. 간단한 SES의 예가 그림 1에 나타나 있다 [10,15].

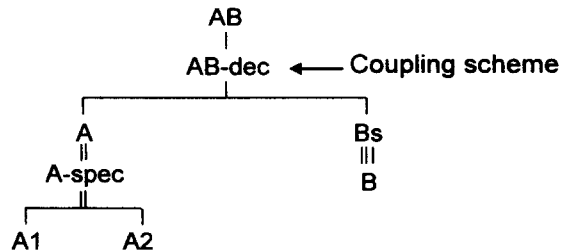


그림 1. 간단한 SES의 예[15]

여기서, entity는 임의의 실체를 의미하며 여러개의 aspect와 specification을 갖을 수 있다. Aspect는 entity의 분할구조 관계를 나타낸다(그림 1에서 한줄의 수직선에 의해 표현). Specialization은 entity 종류들의 분류구조 관계를 나타낸다(그림 1에서 두줄의 수직선에 의해 표현). Multiple entity는 동종의 entity들의 집합 관계를 나타내는 것으로, 시스템에서 갯수가 가변적인 여러개의 entity를 표현할 때 사용된다(그림1에서 수직선 세 개에 의해 표현).

이러한 관계표현들을 적절히 이용하면, 설계 대상 시스템의 모든 가능한 구조적 지식의 표현이 가능한데, SES에 pruning이라는 선택 과정을 top-down으로 적용시키면 하나의 설계 구조가 구성될 수 있다. 즉, Pruning과정은 설계대상 시스템에 필요로 하는 구성 요소들 및 결합관계(coupling)의 선택 폭을 제한시켜 줄 수 있다[11]. 그러므로 이를 통해, 구조적 설계문제를 합성문제로 전환시킬 수 있는데, 여기서, 합성문제란 충분한 지식을 통해 표현된 모든 구성원들의 집합으로부터 하나의 시스템을 체계적으로 구성하는 것을 뜻한다. 즉, 설계 전문가의 지식과 경험으로부터 추출한 일련의 규칙들을 활용하여 자동화함으로써, 설계과정을 효과적으로 줄일 수 있게 된다. 이를 위하여 본 연구에서는 기존의 SES에 합성용 규칙기반 전문가 시스템 방법론을 통합하여 Rule-based SES 방법론을 제시하고 구현하였다. 제안된 방법에서 SES상의 각 entity들은 선택 및 분할에 관련된 각종 속성값과 이들을 처리할 규칙들을 갖는다. 예를 들어, 두 개의 선택적인 구성요소 사이에서의 pruning 과정은 해당 속성값과 이를 적용한 규칙들을 통해 자동적으로 선택될 수 있다. 즉, pruning 과정에서 주어진 요구사항과 제약 조건(속성값)에 상응하는 적절한 entity를 선택하기

위하여 전문가 시스템이 사용된다. 이러한 방법으로 선택된 entity들로 구성된 PES(Pruned Entity Structure)는 주어진 요구사항 및 제약조건을 충족시키는 하나의 설계 구성대안이 된다. 그림 2는 Rule-based SES를 이용한 캠퍼스 네트워크(Campus-Network)의 간단한 예를 보이고 있다. 여기서 분할노드(예, *model-dec*)를 가진 entity(예, *Computing-Model*)는 합성에 관련된 규칙들을 갖으며, 분류노드(예, *routing-spec*)를 가진 entity(예, *Comm-Nodes*)는 종류별 선택에 관련된 규칙들을 갖음으로써, 해당 속성값의 부여시 최적의 설계대안이 제시될 수 있다.

이를 위하여 그림 3에 나타난 바와 같이 generic frame을 이용하여 각 entity별 속성값과 규칙들을 체계적으로 표현하였으며 또한 전향추론엔진을 이용한 rule-based pruning 기능을 추가함으로써, 기존의 SES에 대한 확장된 방법론을 제시하고 구현하였다. 그림 3의 generic frame에서 Coupled-level entity는 자신의 하부 구성에 관한 속성값 및 구성에 관한 규칙들을 갖는 반면, Atomic-level entity는 뒤에 소개할 DEVS 모델링에 관한 속성값들을 갖는다.

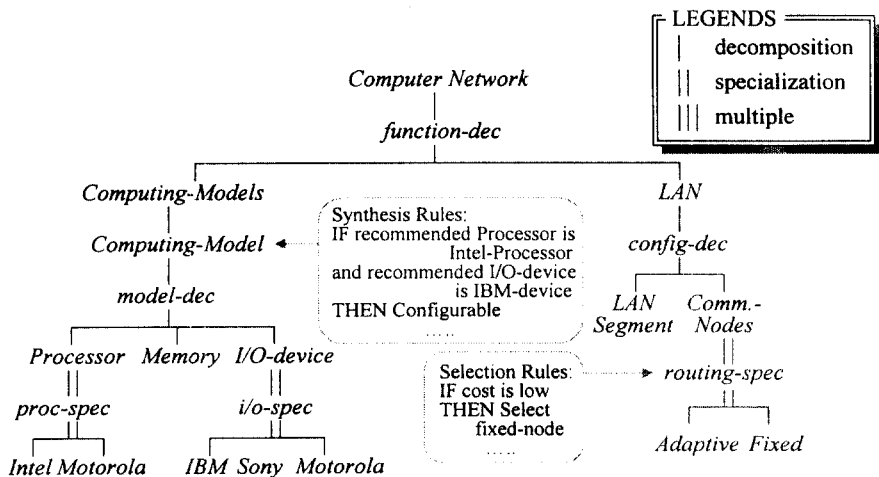


그림 2. Rule-based SES의 예

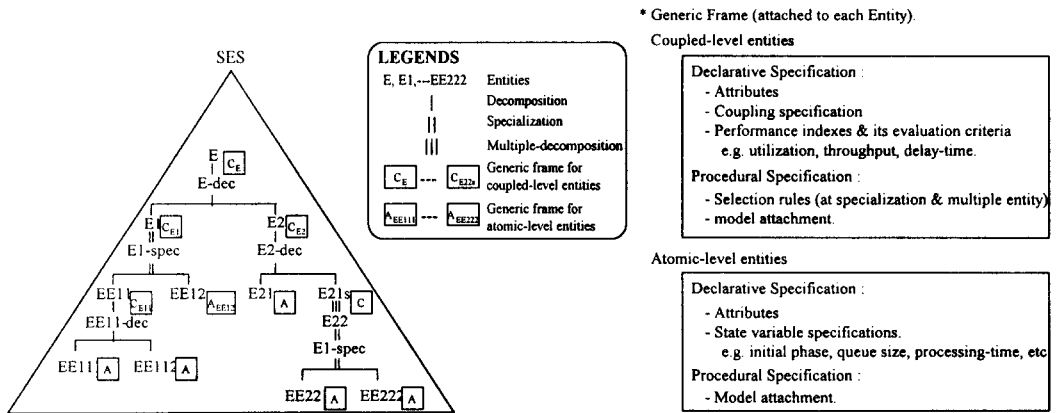


그림 3. Rule-based SES와 Generic Frame

### 3. 성능분석 자동화 방법론

System Entity Structure/Model Base (SES/MB) 개념[12,15]은 기존의 시물레이션 도구들과는 달리, 이산 사건 시스템 표현방법인 DEVS (Discrete Event System specification) 형식론 [12,13]을 토대로 계층구조적이며 모듈화된 시스템 설계/분석 방법론으로 주목받고 있다(그림 4참조).

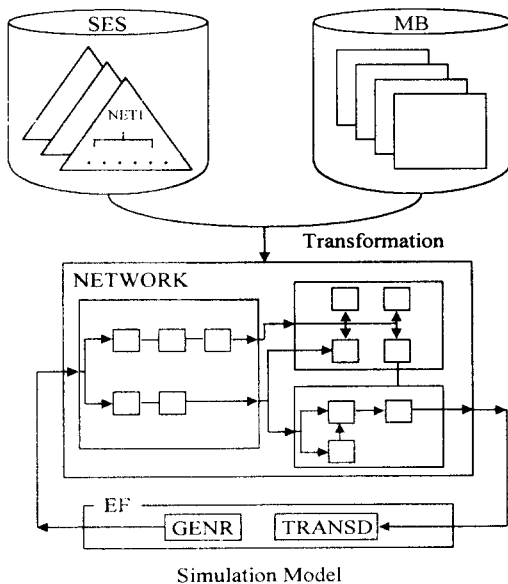


그림 4. SES/MB 개념도

SES/MB는 구조적 지식의 표현 방법인 SES와 행동적 지식의 표현 방법인 MB라는 두개의 구성원으로 이루어지는데, 앞서 설명된 바와 같이 전자는 선언적 특성을 갖는데 비해, 후자는 절차적 특성을 갖으며, 동역학적 그리고 기호적 표현수단을 제공하는 모델들로 구성된다. 객체 지향 기법을 기반으로 하는 SES/MB 환경은 모델의 재사용성, 독립적 테스트성, 모듈성 및 계층구조화등 S/W공학적 원칙들을 제공할 뿐 아니라, 뒤에 설명할 실험장치 (Experimental Frame)개념[12,15]을 통해 각종 이벤트를 중심으로 표현되는 정보망 시스템의 성능분석에 있어서 최적의 설계환경을 제공한다. 본 논문에서는 이러한 SES/MB방법론을 기반으로 합성용 전문가 시스템 개념의 도입과 네트워크 시스템의 구성원별 이산 사건 모델링 작업을 통하여 확장된 SES/MB 환경을 구현하였으며, 이를 이용한 설계자 자동화 방법론 및 S/W 프로토타입을 구현하였다.

#### 3.1 DEVS 형식론 개요

MB는 절차적 특성을 갖는데, 각 모델은 동역학적이고 기호적으로 표현된 지식을 말한다. DEVS에서 시스템은 시간베이스, 입력, 상태, 출력 그리고 함수들을 갖으며, 여기서 함수들은 현재 상태와 입력들에 근거하여 다음 상태와 출력들을 결정한다. DEVS 형식론에서 가장 기본이 되는 모델인 구성원

모델은 다음과 같은 집합으로 표현된다.[12,13]

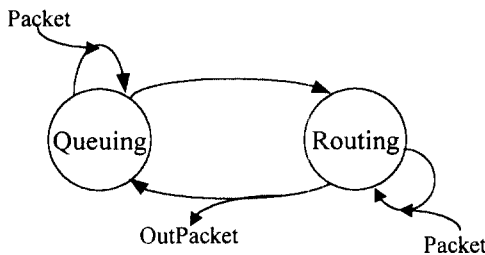
$M = \langle X, S, Y, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, t_a \rangle$   
 $S$  : 상태변수들의 집합  
 $Y$  : 외부출력사건들의 집합  
 $\delta_{int}$  : 내부적 상태변환 함수  
 $X$  : 외부입력사건들의 집합  
 $\delta_{ext}$  : 외부적 상태변환 함수  
 $\lambda$  : 출력함수  
 $t_a$  : 시간진행함수

즉, 각 모델은 외부사건을 받아들이는 입력단자의 집합, 외부사건을 내보내는 출력단자의 집합, 상태변수들과 파라미터들의 집합, 내부전이의 시기를 조절하는 시간진행함수, 시간진행함수에 의해 주어진 시간이 지난 후에 시스템이 어떤 상태로 전환할

것인지를 결정하는 내부적 상태변환 함수, 외부입력이 들어왔을 때 시스템이 어떻게 상태를 변환할 것인지를 결정하는 외부적 상태변환 함수, 그리고 내부적 상태변환이 일어나기 바로 전에 외부출력을 내보내는 출력함수에 관한 정보를 지닌다.

### 3.2 모델베이스 구축

DEVS 형식론을 이용한 네트워크 시스템의 구성 원별 모델베이스화 작업이 Token-Ring, Ethernet (CSMA-CD), FDDI, PTE-BUS, BRIDGE, WS 등의 일반적인 구성원 모델들을 대상으로 진행되었는데, 예를 들어 BRIDGE의 상태전이도 및 Pseudo-code는 그림 5와 같다. 그림 5(a)에서 BRIDGE모델은 Packet을 입력받아 Queue에 저장한 뒤 Routing상태로 전이되어 Packet을 목적 노드가



(a) 상태전이도

#### BRIDGE

##### BRIDGE::ExtTransitionFN

```

Packet = Content-Value
IF ( Content-Port is "rec3" ) {
    THEN IF ( Queue is not full ) {
        THEN Add_Queue ( Packet )
        Continue();
    ELSE IF ( Content-Port is "pte-in" )
        IF ( Queue is not full )
        THEN Add_Queue( Packet )
        Continue();
    ELSE Continue();

```

##### BRIDGE::IntTransitionFN

```

IF ( Phase is "Queuing" )
    IF ( Queue is not Empty )
        OutPacket = Delete_Queue ( Packet )
    ELSE PacketFlag is NULL
    IF ( PacketFlag is NULL )
        HoldIn ( "Queuing", RoutingDelay );
        PacketFlag is -1
    ELSE HoldIn( "Routing", Transmission-Time-Delay )
    ELSE IF ( Phase is "Routing" )
        HoldIn( "Queuing", 0.0 )
    ELSE Passivate()

```

##### BRIDGE::OutputFN

```

IF ( Phase is "Routing" )
    IF ( OutPacket.Destination is IN- Department )
        MakeContent( "Department-out", OutPacket )
    ELSE IF( OutPacket.Destination is OUT-Department )
        MakeContent("pte-out", OutPacket )
    ELSE MakeContent();
    ELSE MakeContent();

```

##### BRIDGE::InitializeFN

```

HoldIn( "Queuing", InitBRIDGE1 )

```

(b) Pseudo-code

그림 5. BRIDGE 모델

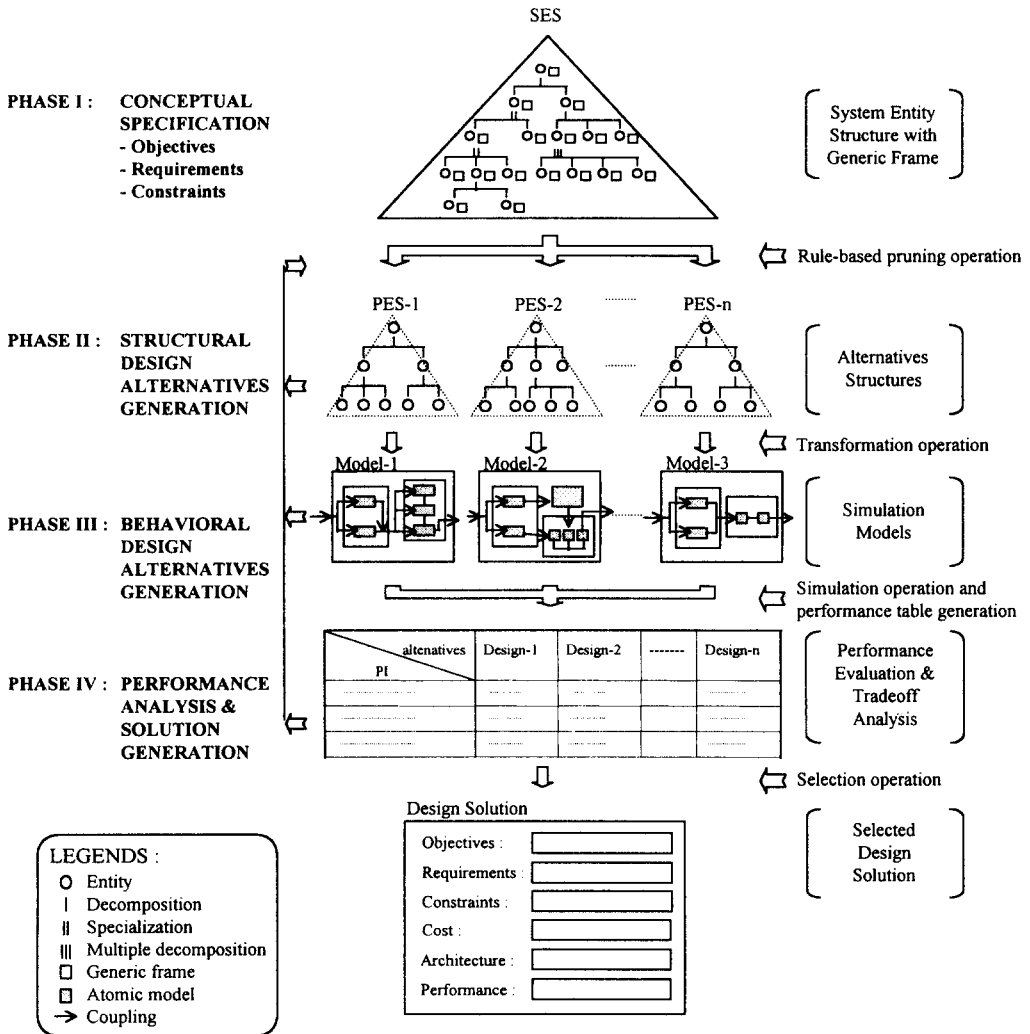


그림 6. 구성 및 성능분석 자동화 방법론

있는 네트워크상으로 전송하는 과정을 나타내며, 그림 5(b)는 상태전이도에 따른 DEVS표현을 Pseudo code로 보이고 있다. 그림 5(b)에서 맨 위로부터 외부적 상태변환 함수, 내부적 상태변환 함수, 출력 함수, 초기화 함수등을 각각 나타낸다. 구축된 모델들은 뒤에 소개할 시물레이션 테스트를 통하여 검증되었으며, 향후 설계 목적 및 제품사양에 따라 보다 상세한 모델들로 손쉽게 확장될 수 있을 것이다.

### 3.3 성능분석을 위한 실험장치 모델

SES/MB개념을 통해 얻을 수 있는 시물레이션 모델은 실제 입력이 가해지기 전에는 단순히 시스템의 표현체에 지나지 않는다. 즉, 전체 모델에 테스트하고자하는 입력들을 직접 가해보고, 결과된 출력을 얻어 봄으로써 성능분석이 가능한 것이다. 따라서, 대상 시스템과는 독립적 모듈로 존재하여서, 대상 시스템의 어느 부분과도 쉽게 결합시킴에 의해 성능분석의 용이성을 제공하고자 하는 것이 실험장

치의 개념이다[12]. 실험장치 역시 SES/MB개념에 의해 구현되며, 설계 대상 정보망과의 결합에 의해 시뮬레이션이 진행되어진다(그림 4 참조). 실험장치는 입력데이터의 생성을 위한 발생기(Generator)와 출력데이터의 수집을 통한 성능분석을 위한 분석기(Transducer)로 구성된다. 발생기는 성능분석의 목적에 따라 적절한 interarrival 시간, 메시지 크기, 우선순위, 목적 노드 등을 생성시켜 네트워크상에 입력을 가해주며, 동시에 분석기에도 동일한 입력 메시지를 전달해 줌으로써 분석기에서의 성능분석자료를 제공해 준다. 능동적으로 작동하는 발생기에 비해, 수동적 모델인 분석기는 네트워크를 경유하여 최종적으로 도달된 메시지에 의해 지연시간, 처리율, 분실된 메시지 등 각종 성능분석자료의 분석을 담당한다[14].

#### 4. 통합된 구성 및 성능분석 자동화 방법론

본 장에서는 앞서 제시한 Rule-based SES를 이용한 구성 자동화 방법론 그리고 DEVS 형식론 및 실험장치 개념을 이용한 성능분석 자동화 방법론의 단계별 통합에 의해 완성된 구성 및 성능분석 자동화 방법론을 그림 6과 같이 제안한다. 먼저, 단계I은 개념 명세화 단계로서, Rule-based SES를 이용하여 각종 요구사항 및 제약조건 등을 입력 받는다. 이러한 입력 변수들은 SES상의 각 entity들의 선택 및 분할에 관련된 각종 속성값과 이들을 처리할 규칙들로 각 entity들이 갖는 Generic Frame으로 입력된다. 따라서, pruning 과정은 해당 속성값과 이를 적용한 규칙들을 통해 자동화될 수 있다. 즉, pruning 과정은 요구사항과 제약조건(속성값)에 상응하는 적절한 entity를 선택하기 위하여 전문가 시스템을 활용한다. 이러한 방법으로 선택된 entity들로 구성된 PES들은 주어진 요구사항 및 제약조건을 충족시키는 설계 구성대안들이 될 수 있다. 단계III의 시뮬레이션 모델 구축단계는 구성 대안 각각에 대하여 MB에 있는 DEVS 형식론에 의해 구현된 네트워크 구성요소(Token-Ring, Ethernet (CSMA-CD), FDDI, PTE-BUS, BRIDGE, WS 등)들의 모델들과 결합되는 단계이고, 단계III에서 완성된 구성대안별 최종 시뮬레이션 모델들을 토대로 단계IV에서는 각각의

대안별 성능분석을 통한 최적의 설계대안을 제시할 수 있다. 각 단계들은 필요시(즉, 요구사항 및 제약조건의 변경시) 반복수행이 가능하다.

#### 5. 사례연구 : 캠퍼스 네트워크 예

제안된 구성설계 및 성능분석 자동화 방법론의 적용 가능성을 검증하기 위해서 간단한 캠퍼스 네트워크를 구성하고 테스트하였다.

##### 5.1 구성 자동화

LAN을 통해 연결된 각종 캠퍼스 Backbone, 빌딩 Backbone, 미니컴퓨터, PC 등이 포함된 전형적인 캠퍼스 네트워크 모델의 예가 그림 7에 있다. 각 LAN은 라우터를 통하여 빌딩 Backbone에 연결되며 이들은 다시 라우터를 통하여 캠퍼스 Backbone에 연결되어 있다. 미니컴퓨터들은 다수의 터미널 또는 PC를 위한 서비스를 제공한다. LAN은 다수의 워크스테이션, 화일 서버, 프린터 서버 등으로 구성된다.

그림 8은 그림 7과 같은 전형적인 캠퍼스 네트워크가 가질 수 있는 각종 설계대안들을 분할된 Rule-based SES로 도식화하는데, 여기서, 최상위 entity인 NETWORK은 단일 네트워크로 구성되는 ATOMIC과 다중 네트워크로 구성될 수 있는 COMPOSITE의 두 구성원으로 분할되고 있다. ATOMIC은 다시 multiple entity인 PROCESSING-NODES와 LINK로 분할되는데 이것은 단일 네트워크에 여러개의 노드(PC, WS, MAINFRAME, 등)들이 접속될 수 있는 환경을 제공한다. COMPOSITE은 ATOMIC을 내부적으로 포함하고 있으며, 또한 여러 다중의 네트워크 그룹을 연결할 수 있는 NETWORK노드와 이들을 연결시킬 수 있도록 multiple entity인 ROUTING-NODES로 분할된다. 그림 9는 SES에 결합된 Generic Frame의 예를 보여주고 있다. 가능한 모든 설계대안들을 표현하는 SES에 대한 Rule-based pruning은 그림 10에서 부분적으로 나타난 바와 같이 빌딩갯수, 데이터 전송률, 접근신뢰성, 보안성, 융통성

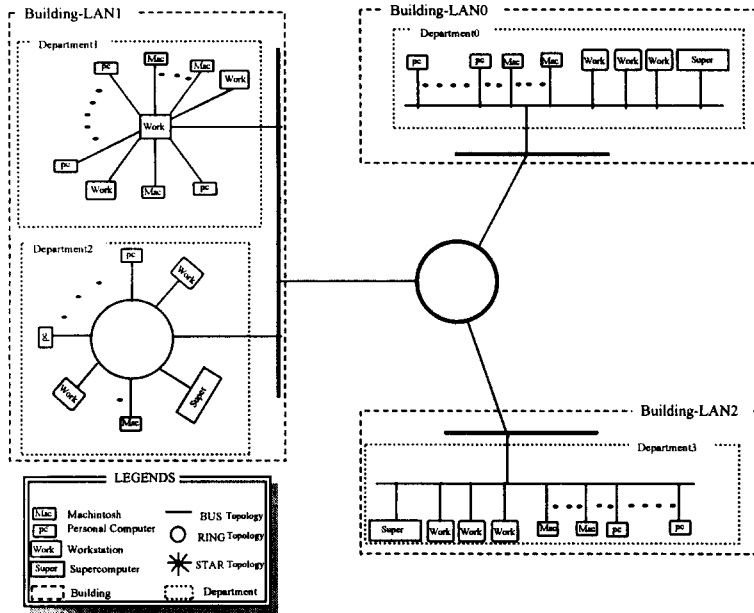


그림 7. 캠퍼스 네트워크 예 : 한국항공대학교

등 각종 요구사항 및 제약조건에 대한 질의/응답 방식을 통하여 진행된다. 예를 들어, 빌딩 갯수는 3이고 빌딩별 학과 수는 각각 1, 2, 그리고 1이며, flexibility는 high, reliability는 high, throughput은 high, data-rate은 medium, security는 medium, budget은 medium, 그리고 delaytime은 high 등으로 요구사항 및 제약조건이 주어진 경우, 결과된 PES의 예는 그림 11과 그림 12와 같다.

## 5.2 성능분석 자동화의 예

앞서 제시한 구성 자동화 방법론에 의하여 그림 8과 같은 모든 가능한 구조를 표현한 SES는 두 개의 설계 대안인 그림 11과 그림 12로 제시될 수 있다. 이러한 두 개의 설계 대안에 모델들이 각각 통합됨으로써 그림 11(c), 그림 12(c)와 같은 각각의 시뮬레이션 모델들이 구성되어 시뮬레이션을 통한 성능 분석을 수행할 수 있다. 표 1은 시뮬레이션을 수행을 위해 부여된 초기조건을 보이고 있다.

데이터 송신WS들이 가능한 수신측 WS로 Poisson분포에 따라 Packet을 발생시켜 전송한 경우, 그림 11과 그림 12의 구성대안1과 구성대안2에 대한 평균처리시간(Throughput), 평균지연시간(DelayTime), 매체 사용률(Utilization)은 각각 그림 13(a)(b)(c)(d)와 같이 나타났다. 그림 13(a)는 각각의 평가항목에 대한 전체적인 성능분석 테이블을 나타내고 있으며, 그림13(b)(c)(d)는 그림 13(a)에 대한 각각의 성능항목에 대한 각 대안들의 성능비교를 나타낸다. 두 개의 설계대안에 대한 최종 분석 결과로서 표 2는 캠퍼스 네트워크 구성 및 성능평가에 대한 최적의 설계 해법(Solution)을 보이고 있다. 여기에서 Department의 토폴로지 선택에 있어 Ethernet보다 다소 비용은 높지만 TokenRing이 Ethernet보다 성능면에서 요구사항과 제약조건에 더 적합하다는 것을 결론적으로 얻을 수 있다.

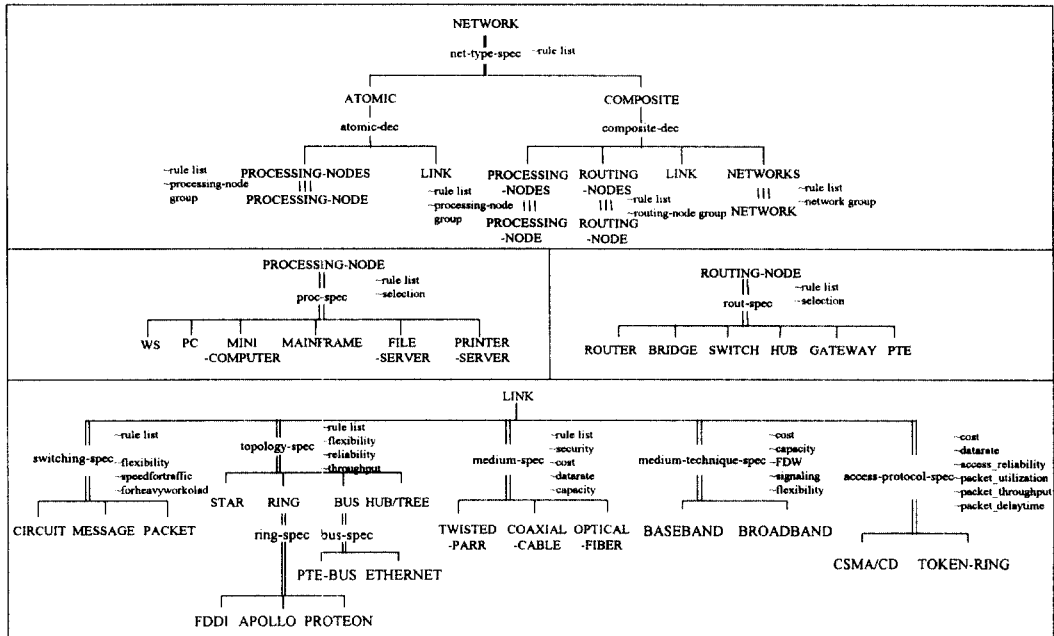


그림 8. 분할된 Rule-based SES

**Entity Name : CSMA/CD**

**Declarative Specification :**

**Attribute :**

Access\_Reliability : high

Cost : low

DataRate : low

**Performanceindexs :**

Packet\_Utilization : middle

Packet\_Throughput : middle

Packet\_DelayTime : middle

**Procedural Specification :**

**Selection rules :**

R1 : IF Access\_Relaibility = high and DataRate = low

THEN Access\_Protocol = CSMA/CD

R2 : IF Cost = low and DataRate = low

THEN Access\_Protocol = CSMA/CD

R3 : IF Packet\_Utilization = middle and

Packet\_DelayTime = middle

THEN Access\_Protocol = CSMA/CD

R4 : IF Packet\_DelayTime = middle and Cost = low

THEN Access\_Protocol = CSMA/CD

**Model Attachment : CSMA\_CD.m**

**Entity Name : TOKEN\_RING**

**Declarative Specification :**

**Attribute :**

Access\_Reliability : high

Cost : high

DataRate : high

**Performanceindexs :**

Packet\_Utilization : high

Packet\_Throughput : high

Packet\_DelayTime : high

**Procedural Specification :**

**Selection rules :**

R1 : IF Access\_Relaibility = high and DataRate = high

THEN Access\_Protocol = TOKEN\_RING

R2 : IF Cost = high and DataRate = high

THEN Access\_Protocol = TOKEN\_RING

R3 : IF Packet\_Utilization = high and Packet\_DelayTime = high

THEN Access\_Protocol = TOKEN\_RING

R4 : IF Packet\_DelayTime = high and Cost = high

THEN Access\_Protocol = TOKEN\_RING

**Model Attachment : TOKEN\_RING.m**

그림 9. Generic Frame 예

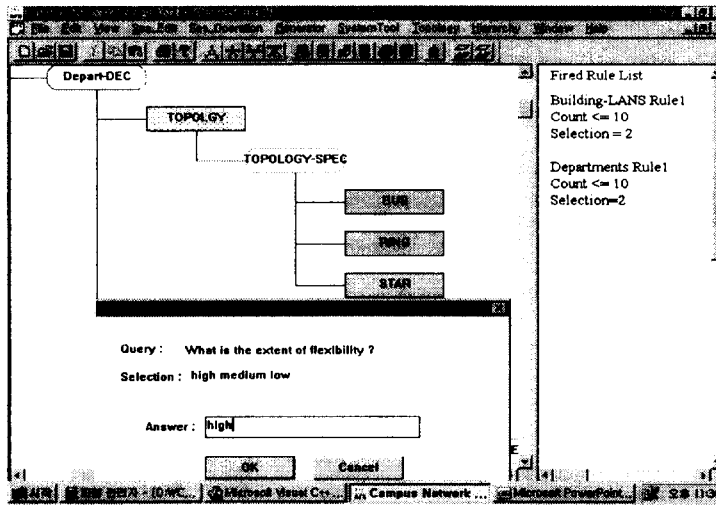
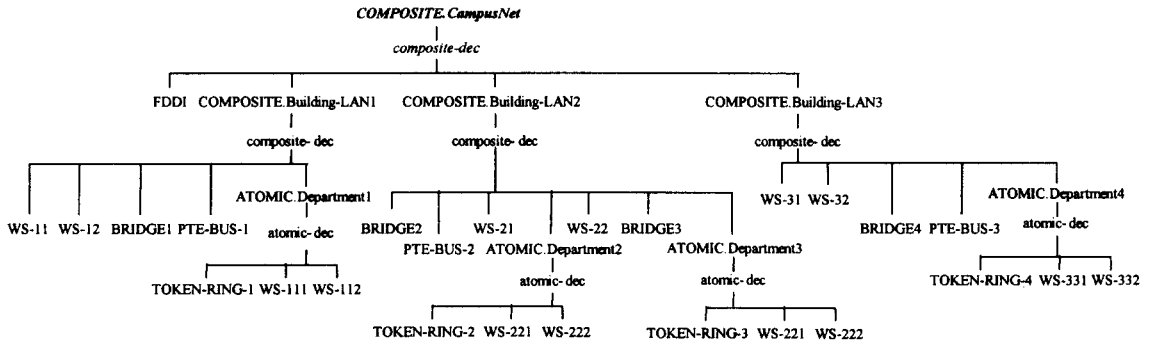
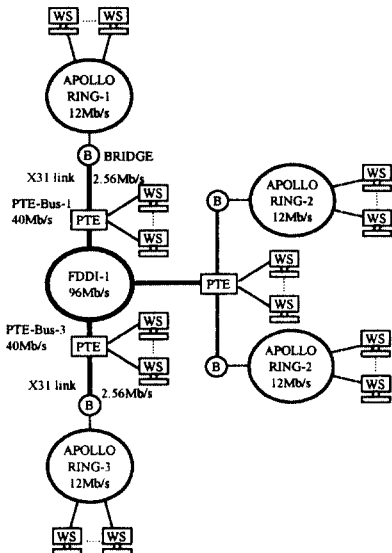


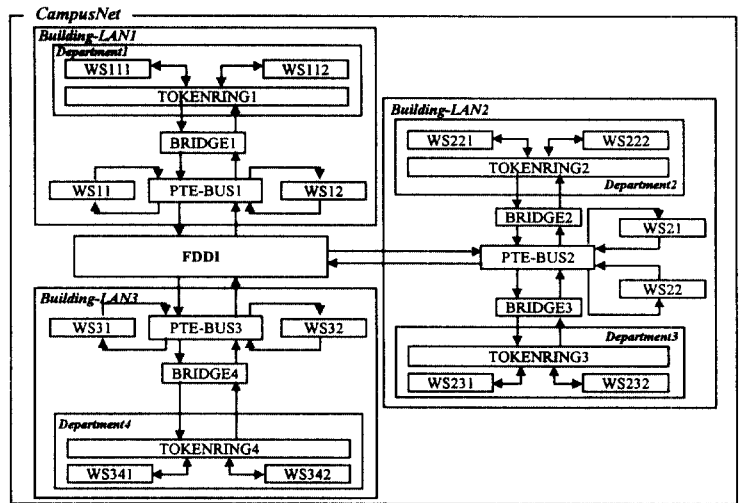
그림 10. Rule-based pruning 진행과정 (RUSES-C++)



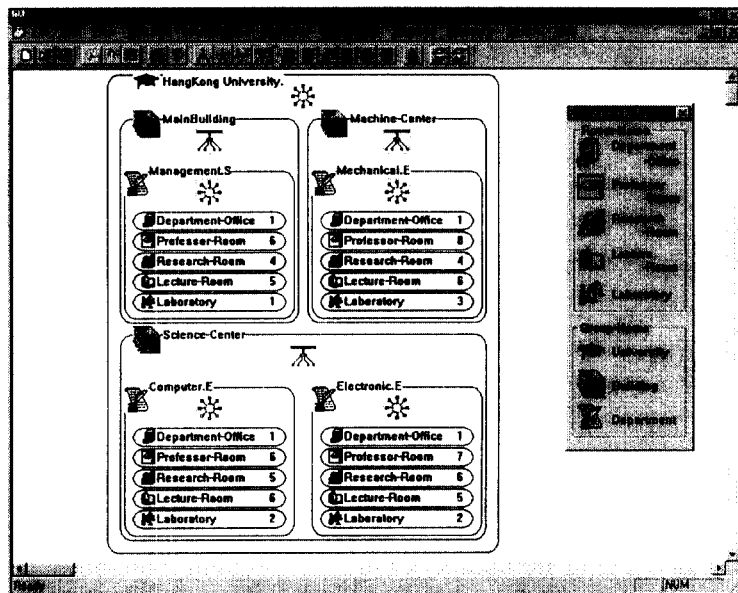
(a) PES-1



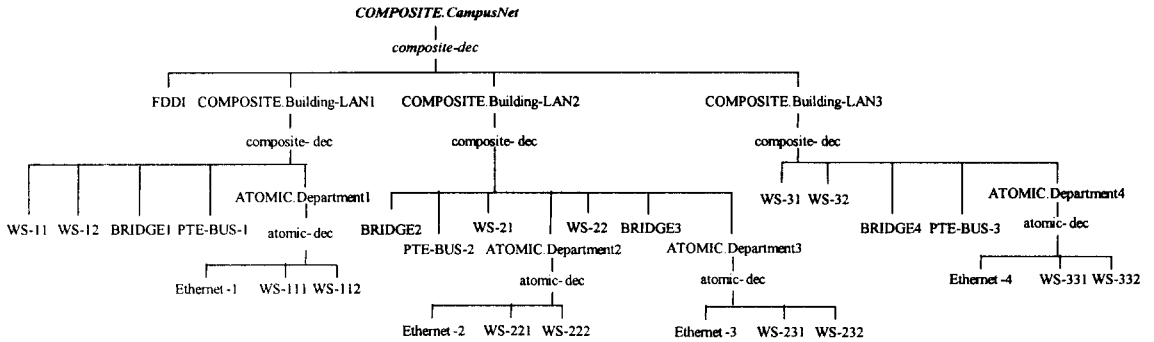
(b) PES-1의 구성 개념도



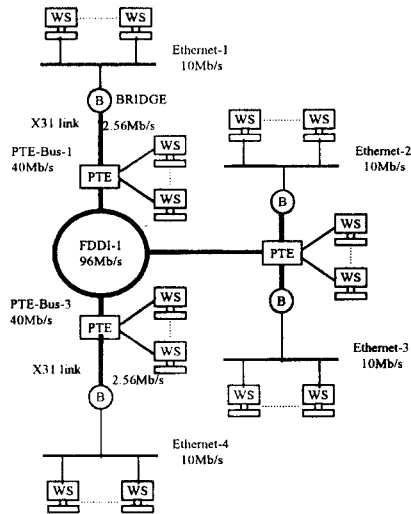
(c) PES-1의 시뮬레이션 모델



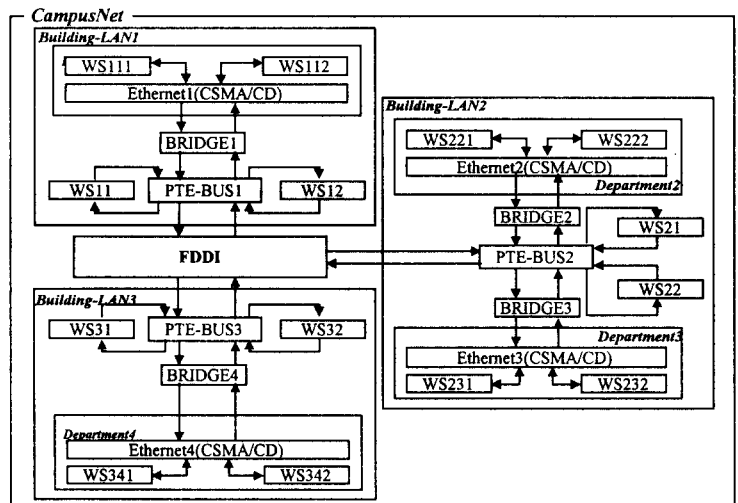
(d) PES-1의 계층구조적 개념도



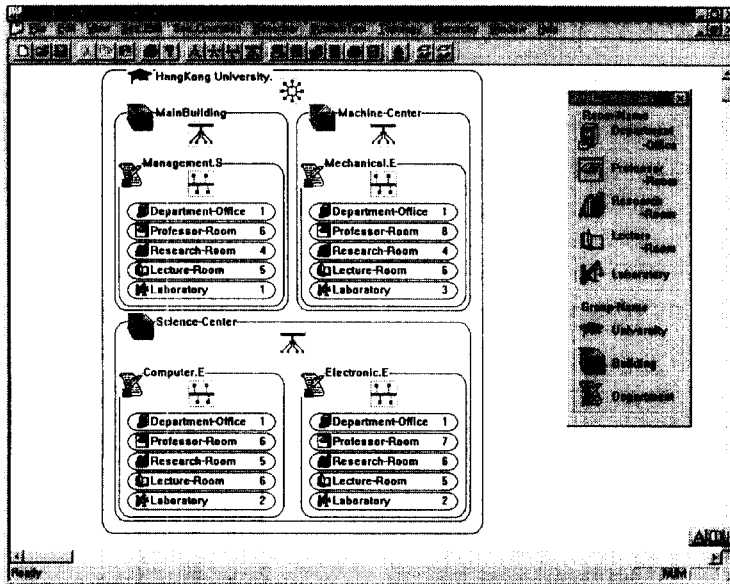
(a) PES-2



(b) PES-2의 구성 개념도



(c) PES-2의 시물레이션 모델



(d) PES-2의 계층구조적 개념도

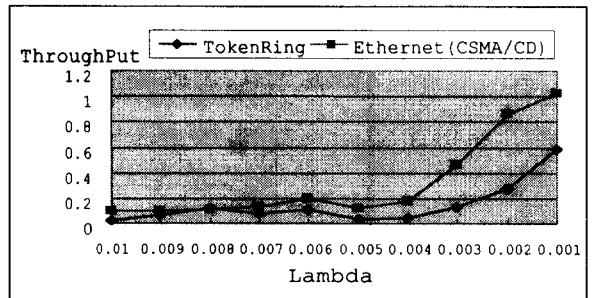
그림 12. 구성대안2

표 1. 시뮬레이션 모델 초기조건

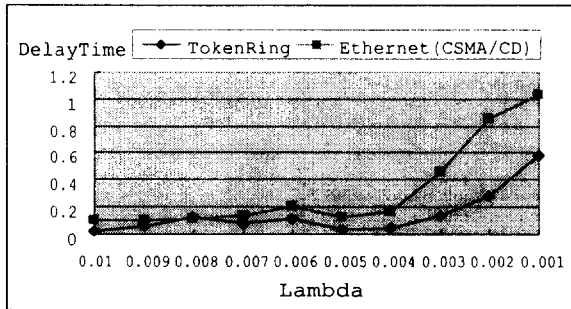
Variable	Value
Packet Size	64byte~640byte
FDDI Transmission bandwidth	96Mbps
PTE-BUS Transmission bandwidth	40Mbps
TokenRing Transmission bandwidth	12Mbps
Ethernet Transmission bandwidth	10Mbps
Average Distance Range	500m
Velocity	$2 \times 10^8$ m/s
BRIDGE Rounting Time	0.0000015
Polling Time	0.00001
Token Delay Time	0.00001
Queue Size	10000

Alternatives	Design-1(대안1) [Token-Ring]		Design-2(대안2) [Ethernet(CSMA/CD)]	
Performance Index				
Average ThroughPut	Heavy Load	0.329888	Heavy Load	0.780394
	Middle Load	0.069957	Middle Load	0.154899
	Weak Load	0.069271	Weak Load	0.104061
Average Delay Time	Heavy Load	0.329617	Heavy Load	0.780300
	Middle Load	0.069704	Middle Load	0.154464
	Weak Load	0.069006	Weak Load	0.103783
Average Utilization(%)	Heavy Load	90.39797	Heavy Load	66.25180
	Middle Load	59.80055	Middle Load	41.96977
	Weak Load	43.49745	Weak Load	28.05052

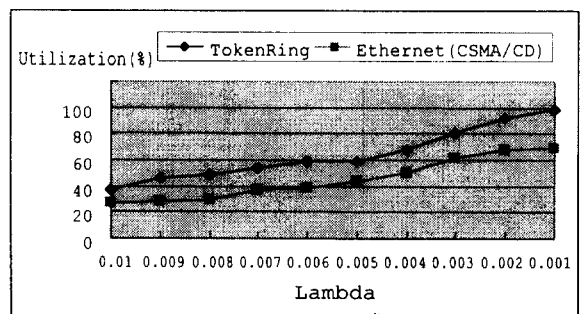
(a) 대안1과 2에 대한 성능 평가표



(b) 평균처리시간(ThroughPut)



(c) 평균지연시간(DelayTime)



(d) 매체 이용률(Utilization)

그림 13. 구성대안1과 2에 대한 성능분석 결과

## 6. 결론

본 논문에서는 기존의 설계 자동화 방법론 및 도구들이 첫째, 구성 전문가의 지식베이스를 활용한 자동화단계에는 미치지 못하고 있고, 둘째, 성능분석에 있어서도 시물레이션기법보다는 기존의 해석적 기법에 의존하고 있어서 복잡다양하고 대규모화 경향을 갖는 네트워크 시스템을 표현하는데 한계를 갖고 있다는 문제점들을 극복하고, 네트워크 시스템 구성시 주어진 요구조건에 따른 최적 구성대안들을 생성시킴과 동시에 대안별 성능분석 평가를 제공할 수 있는 설계지원 자동화 방법론 및 도구에 관한 연구를 주 목적으로 하였다.

본 논문에서는 SES/MB를 기반으로 Rule-based SES 및 DEVS 모델링을 이용한 캠퍼스 네트워크의 구성설계 및 성능분석 자동화 방법론을 제시하였고, 사례 연구를 통하여 그 적용 가능성을 검토하였다. 본 논문에서 제시하는 방법론과 도구를 이용하여 네트워크 설계자들은 사용자의 하드웨어와 소프트웨어 구성 요소 그리고 각종 요구사항 및 제약조건을 감안하여 최적의 시스템 구성을 달성할 수 있을 것으로 기대된다.

표 2. 결과된 최적 설계 대안

Structure	PES-1																
Requirements	1. Building의 개수는 3개 2. Building 접속노드 각각 4,6,4개 3. Department의 개수는 Building별 1,2,1개 4. Department 접속노드 각각 2개씩 5. Flexibility는 high 6. Reliability는 high 7. Data-rate는 medium 8. Security는 medium																
Constraints	1. Heavy load일 때 Utilization 80%이상 2. Heavy load일 때 Throughput 0.4sec이하																
Cost	High																
Topology	TokenRing																
Performance	<table><tr><td></td><td>Heavy load</td><td>Middle load</td><td>Weak load</td></tr><tr><td>Utilization</td><td>90.398(%)</td><td>59.801(%)</td><td>43.497(%)</td></tr><tr><td>Throughput</td><td>0.329888</td><td>0.069957</td><td>0.069271</td></tr><tr><td>Delaytime</td><td>0.329617</td><td>0.069704</td><td>0.069006</td></tr></table> Reliability : high, Data-rate : high Flexibility : high		Heavy load	Middle load	Weak load	Utilization	90.398(%)	59.801(%)	43.497(%)	Throughput	0.329888	0.069957	0.069271	Delaytime	0.329617	0.069704	0.069006
	Heavy load	Middle load	Weak load														
Utilization	90.398(%)	59.801(%)	43.497(%)														
Throughput	0.329888	0.069957	0.069271														
Delaytime	0.329617	0.069704	0.069006														

### 참고문헌

- [1] Kurose, J.F. and H.T. Mouftah, "Computer -Aided Modeling, Analysis, and Design of Communication Networks", *IEEE Jour. on Selected Areas in Communications*, Vol.6, No.1(1988), pp. 130-145.
- [2] Bachmann, D.W., Segal, M.E., Srinivasan, M.S. and Teorey, T.J. "NetMod: A Design Tool for Large-Scale Heterogeneous Campus Networks", *IEEE Jour. on Selected Areas in Communications*, Vol.9, No.1(1991), pp. 15-24.
- [3] J.R. Doner, "GENESIM", *IEEE Jour. on Selected Areas in Communications*, Vol.6, No.1(1988), pp. 15-24.
- [4] Sinclair, J.B., Doshi, K.A. and Madala, S. "Computer performance evaluation with GIST: A tool for specifying extended queueing network models", in *Proc. 1985 Winter Simulation Conf.*, pp. 290-299, 1985.
- [5] Stanwood, K.L., Waller, L.N. and Marr, G.C. "System iconic modeling facility", in *Proc. 1986 Winter Simulation Conf.*, pp. 531-536, 1986.
- [6] Melamed, B. and Morris, R.J.T. "Visual simulation: The performance analysis workstation", *IEEE Computer*, pp. 87-94, Aug., 1985.
- [7] Frost, V. "Block-oriented network simulator", *2nd IEEE Workshop on CAMAD of Comm. Links and Networks*.
- [8] Garrison, W.J. "Network II.5 tutorial - Network II.5 - without programming", *Proc. 1988 Winter Simulation Conf.*, pp. 152-158, 1988.
- [9] Nishida, T., Murata, M., Miyahara, H. and Takashima, K. "PLANS: Modelling and Simulation system for LAN", in *Proc. Int. Conf. Model. Techniq. Tools Profm. Anal.*, pp. 235-258, may, 1984.
- [10] Chi, S.D. "Modeling and Simulation for High Autonomy Systems", Ph.D. Dissertation, Dept. of Electrical and Computer Engineering, Univ.

of Arizona, 1991.

- [11] Chi, S.D., Lee, J.S., Lee, J.K. and Whang, J.H.  
"NETE: Campuse Network Design Tool", in Proc.  
IASTED International Conference, July, 1997.

- [12] Zeigler, B.P. *Object-oriented Simulation with Hierarchical, Modular Models: Intelligent Agents and Endomorphic systems*, Academic Press, 1990.

- [13] Zeigler, B.P. *Multifaceted Modeling and Discrete Event Simulation*, Academic Press, 1984.

- [14] 지승도 외 3명, "DEVS 시뮬레이션을 이용한 패킷망의 모델링 및 성능분석", 한국시뮬레이션학회 논문지, 제3권, 제1호, July, 1994.

- [15] Kim, T.G. "A knowledge-based Environment for Hierarchical Modeling and Simulation", Ph.D Dissertation, Univ. of Arizona, 1988.

### ● 저자소개 ●



#### 지승도

- 1982년 연세대학교 전기공학과 전기공학 공학사  
1984년 연세대학교 대학원 전기공학과 제어공학 공학석사  
1985~86년 두산 컴퓨터(현 한국 디지털)근무  
1991년 미국 아리조나대학교 전기전산공학과 컴퓨터공학 공학박사  
1991~92년 미국 SIMEX Systems and S/W 회사 S/W담당자로 근무  
1992~현재 한국항공대학교 컴퓨터공학과 부교수  
관심분야 지능시스템 디자인 방법론, 교통모델링, 모델기반 추론, 이산사건 시스템 모델링 및 시뮬레이션, 시뮬레이션 기반 인공지능 등임



#### 이종근

- 1996년 한국항공대학교 전자계산학과 이학사  
1998년 한국항공대학교 대학원 컴퓨터공학과 공학석사  
1998~현재 한국항공대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정  
관심 분야 지능시스템 디자인 방법론, 교통모델링, 이산사건 시스템 모델링 및 시뮬레이션, 자치적 능동 방어시스템 등임



#### 이장세

- 1997년 한국항공대학교 전자계산학과 이학사  
1999년 한국항공대학교 대학원 컴퓨터공학과 공학석사  
1999~현재 한국항공대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정  
관심 분야 지능시스템 디자인 방법론, 교통모델링, 이산사건 시스템 모델링 및 시뮬레이션, 시뮬레이션 기반 인공지능 등임