

캠퍼스 네트워크의 구성 및 성능분석 자동화 방법론*

A Study on the Automated Methodology for Campus Network Design and Performance Analysis

*이종근, 이장세, 지승도

지능시스템 연구실

한국항공대학교 컴퓨터공학과

경기도 고양시 덕양구 화전동 200-1

Tel : (02)3158-4866 Fax : 3158-6748

E-mail : leejk@mail.hangkong.ac.kr

Jong-keun Lee, Jang-se Lee, Sung-do Chi

Intelligent Systems Research Lab

Department of Computer Engineering

Hangkong University, Seoul, KOREA

요 약

본 연구는 Zeigler가 제시한 DEVS 모델링 및 시뮬레이션 방법론에 전문가 시스템 및 기호적 시뮬레이션기법 등 다양한 추론기법들을 결합시킴에 의해, 캠퍼스 네트워크의 설계 및 성능분석 자동화 방법론과 도구의 개발을 주 목적으로 한다. 이를 위하여, 본 연구에서는 SES/MB를 이용하여 정보시스템의 구성설계 및 성능분석 자동화 방법론을 제시하였고, 캠퍼스 네트워크에 대한 사례 연구를 통하여 그 적용 가능성을 검토하였다. 기존의 연구들과의 차별성은 다음과 같이 요약된다; 첫째, 구성 전문가의 지식베이스를 활용한 구성 설계 자동화, 둘째, 해석적 기법이 아닌 시뮬레이션 기법을 이용한 성능분석, 셋째, 요구조건 및 제약조건들에 따른 행동계획적의 자동생성 및 이를 이용한 성능분석 자동화등을 들 수 있다.

1. 서론

컴퓨터 시스템의 모델링 및 시뮬레이션은 네트워크와 더불어 점차 일반적으로 널리 퍼져있는 중요한 쟁점으로 되어 왔다. 컴퓨터 시스템과 네트워크는 설계, 제조, 판매, 구입, 사용, 업그레이드, 튜닝 등을 포함하는 컴퓨터 시스템과 네트워크의 수명주기의 모든 분야에서 필요로 되어진다. 모델링과 시뮬레이션의 연구는 여러 가지 설계 대안들을 비교하고 그 중에서 최적의 대안을 찾거나 비용-효율에 대한 접근을 시도하려는 캠퍼스 네트워크의 설계

자에게 필수적이다.[1]

캠퍼스 네트워크 설계 및 분석을 위한 자동화 도구는 아직 국내외적으로 상용화된 사례가 없으나, 최근들어 GENESIM, NetMod 등 설계지원 및 성능분석용 방법론이 학문적으로 제시된 바 있다[2,3]. 그러나 이와 같은 접근방법들도 기존의 분석용 도구에 GUI(graphic user interface)를 추가한 설계지원 환경만을 제공하고 있어서, 설계 전문가의 지식을 탑재해야 하는 설계자동화의 단계에는 아직 미치지 못하고 있는 실정이다. 한편, 현존하는 GIST, SIMF, PAW, BONES, NETWORK II.5, PLANS[1,4]등 정보시스템을 위한 분석전용 도구들은 이

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

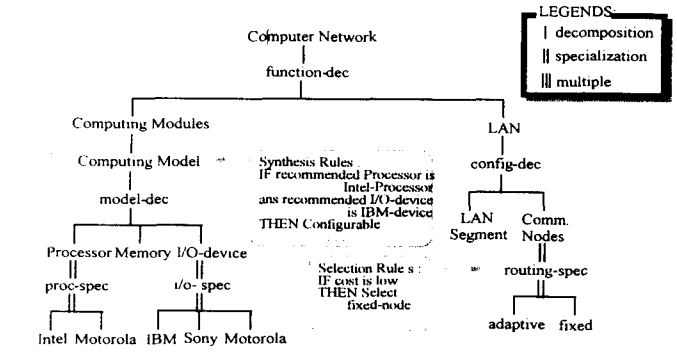
산 사건 모델링기법보다는 기존의 수학적 해석(analytic)기법을 중심으로 모델링되어져서 복잡다양화 그리고 대규모화의 경향을 갖는 정보시스템을 표현하는데 있어서 한계를 갖고 있으며, 또한 S/W공학적 관점에서 계층구조적 모듈화 개념이 취약하여 융통성있는 시스템 설계가 곤란한 단점을 갖고 있다. 따라서 설계 모델의 생성, 평가, 그리고 대안 비교 등의 작업은 설계자의 직관적인 선택에 맡겨져 왔다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 첫째, 모든 가능한 구성 대안들을 계층구조적으로 표현할 수 있는 방법을 제시하고, 둘째, 가능한 요구사항 및 제약조건을 계층구조상의 시스템 구성원 별로 속성화시키며, 셋째, 주어진 요구사항 및 제약조건에 따른 설계대안들의 자동생성 방법을 제시하고, 넷째, 설계대안별 시물레이션을 통한 성능분석 자동화 방법론을 제시한다.

2. Rule-based SES를 이용한 구성 자동화 접근방법

SES/MB는 구조적 지식의 표현 방법인 SES와 행동적 지식의 표현 방법인 MB라는 두개의 구성원으로 이루어지는데, 전자는 선언적 특성을 갖고며, 구성관계, 구성원의 종류, 구성원간의 결합구조, 그리고 구조상의 제약조건등 구조적 지식의 표현수단을 제공하고, 후자는 절차적 특성을 갖고며, 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, 용이한 성능분석을 지원하는 실험장치(Experimental Frame)개념[5,6]을 통해 사건 중심으로 표현되는 정보망 시스템의 성능분석에 있어서 최적의 설계환경을 제공한다.

Pruning 과정은 설계대상 시스템에 필요로 하는 구성요소들 및 결합관계(coupling)의 선택 폭을 제한시켜 줄 수 있다. 그러므로 이를 통해, 우리는 구조적 설계문제를 합성문제로 전환시킬 수 있다. 여기서, 합성문제로 충분한 지식을 통해 표현된 모든 구성원들의 집합으로부터 하나의 시스템을 체계적으로 구성하는 것을 뜻한다. 즉, 합성문제에 있어서 우리는 설계 전문가의 지식과 경험으로부터 추출한 일련의 규칙들을 활용하여 자동화함으로써, 설계과정을 줄일 수 있다. 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.

예를들어, 두 개의 선택적인 구성요소 사이에서의 pruning 과정은 해당 속성값과 이를 적용한 규칙들을 통해 자동화될 수 있다. 즉, pruning 과정은 요구사항과 제



약조건 (속성값)에 상응하는 적절한 entity를 선택하기

그림1. Rule-based SES의 예

위하여 전문가 시스템을 활용한다. 이러한 방법으로 선택된 entity들로 구성된 PES는 주어진 요구사항 및 제약조건을 충족시키는 하나의 설계 구성대안이 될 수 있다.

그림1은 Rule-based SES 접근방법을 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 갖고며, 분류노드(예, routing-spec)를 가진 entity(예, Comm-Nodes)는 종류별 선택에 관련된 규칙들을 갖고으로써, 해당 속성값의 부여시 최적의 설계대안을 제시할 수 있다.

3. 기호적 시물레이션을 이용한 성능분석 자동화 접근 방법

기호적 시물레이션은 기존의 DEVS 모델링에서 사용되는 수치적 변수값 대신 기호적 변수값의 사용을 허용함으로써 기호적으로 표현된 변수값들 사이의 비결정론적 관계에서 비롯되는 각종 시간관계에 따른 시물레이션 궤적을 자동 생성해 줌으로써, 성능분석에 효과적으로 사용될 수 있다.

Chi와 Zeigler는 기존 DEVS의 시간대를 실수에서 선형다항 기호식으로 확장시킴에 의해 사건 시간의 기호적 표현을 가능케 하였다[7,8]. 기호연산 기능을 첨가한 이산 사건 모델 형식론은 지능제어, 지능 시스템 설계 등의 지능 시스템 연구에 유용하게 적용되어져 왔다[9].

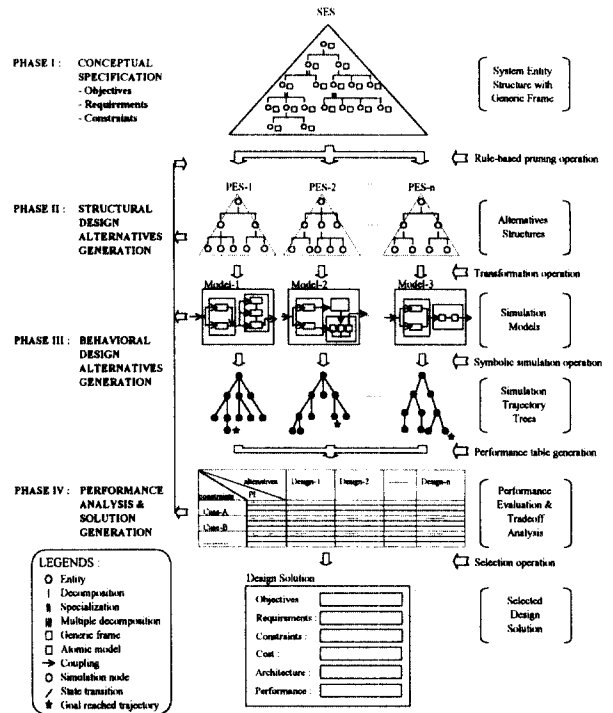
성능분석에 적용한 기호적 시물레이션은 각종 시간적 제약조건들을 기호적으로 표현함에 의해 시간관계에 따른 각종 성능요인들을 자동 분석할 수 있다는 점에서, 새로운 시도로 볼 수 있다. 즉, 기존의 방법으로는 모든 시물레이션 초기값들이 구체적으로 부여되었으나, 기호적 시물레

이전에서는 초기값들이 필요시 기호적으로 표현될 수 있어서, 이들 초기값들 사이에 나타날 각종 시간관계에 따른 시뮬레이션 궤적을 자동적으로 파악할 수 있다. 따라서, 이를 이용하여, 최적의 성능을 낼 수 있는 최적의 제약조건을 도출해 낼 수 있는 것이다.

4. 통합된 구성 및 성능분석 자동화 방법론

본 논문에서 제시하는 자동화 방법론은 그림2와 같이 요약된다. PHASE I은 개념정립 단계로서, 캠퍼스 네트워크의 구성에 필요한 경제적 또는 기능적 목표와 요구사항 그리고 제약조건 등의 명세화 단계를 말한다. 즉, 캠퍼스 네트워크가 갖을 수 있는 모든 구조적 구성 가능성을 표현한 Rule-based SES상의 각 entity들이 갖는 속성들 (generic frame)의 값을 부여하는 과정을 말한다. PHASE II는 이전 단계에서 부여된 속성값들을 충족시키는 구성대안 (PES: Pruned Entity Structure)들을 규칙기반으로 자동생성시키는 과정이다. PHASE III은 구조적 구성대안들에 대하여 해당되는 DEVS 모델들을 자동합성시킴에 의해 시뮬레이션 모델들을 구축하고 각각에 대한 기호적 DEVS 시뮬레이션을 통해 시뮬레이션 궤적을 생성시키는 단계를 말한다. 결과된 대안별 시뮬레이션 궤적은 각 대안이 나타낼 수 있는 각종 행동특성을 보여 준다. 즉, 대안별 구성원들이 갖는 평균도착시간, 처리지연시간 등 파라미터값들의 모든 가능한 경우 수에 따른 시뮬레이션 궤적을 자동생성시킴에 의해 PHASE IV에서의 최적화 성능분석 자동화를 가능케 한다.

그림2. 확장된 구성 및 성능분석 자동화 방법론



의 종류에는 BUS, RING, STAR 등이 있다. 역시 multiple entity인 Nodes에는 PC, Workstation, Printer 등의 종류가 있다. 그림5은 SES에 결합된 generic frame의 예를 보여주고 있다. 가능한 모든 설계대안들을 표현하는 SES에 대한 rule-based pruning은 그림6에서 부분적으로 나타낸 바와 같이 빌딩갯수, 데이터 전송율, 접근신뢰성, 보안성, 융통성 등 각종 요구사항 및 제약조건에 대한 질의/응답 방식을 통하여 진행된다. 예를들어, 빌딩갯수는 3이고 빌딩별 학과수는 각각 1, 2, 1이며, flexibility는 high, reliability는 high, throughput은 high, data-rate는 medium, security는 medium, budget은 medium, 그리고 delay-time은 high 등으로 요구사항 및 제약조건이 주어진 경우, 결과된 PES의 예는 그림7과 같으며, 그림8과 같은 계층구조적 표현도 가능하다.

5. 사례연구 : 캠퍼스 네트워크

(1) 구성자동화의 예

전형적인 캠퍼스 네트워크 모델의 예가 그림3에 있는데, 여기에는 LAN을 통해 연결된 각종 캠퍼스 Backbone, 빌딩 Backbone, 미니컴퓨터, PC 등이 포함되어 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.

그림4는 그림3에 대한 Rule-based SES를 도식화하는데, 여기서 CampusNet은 Ring과 Bldg-LANS 등 두 개의 구성원으로 분할되고 있다. Multiple entity인 Bldg-LANS는 다시 BUS와 Department로 분할된다. Department는 Topology와 Nodes로 분할되는데 Topology

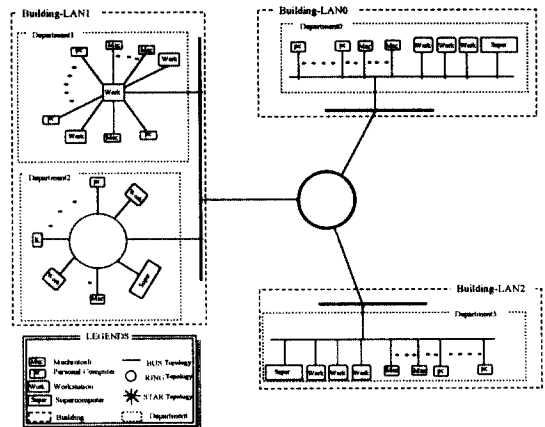


그림3. 캠퍼스 네트워크 개념도

그림6. Rule-based Pruning 진행과정 (RUSES-C++)

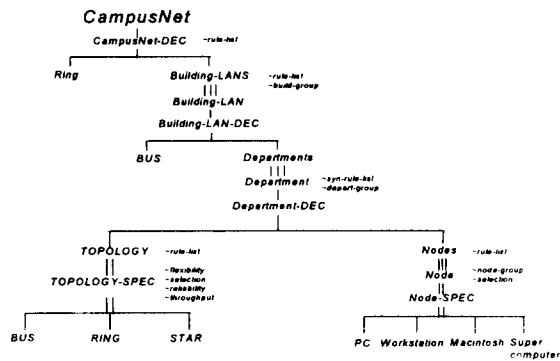


그림4. 캠퍼스 네트워크의 Rule-based SES

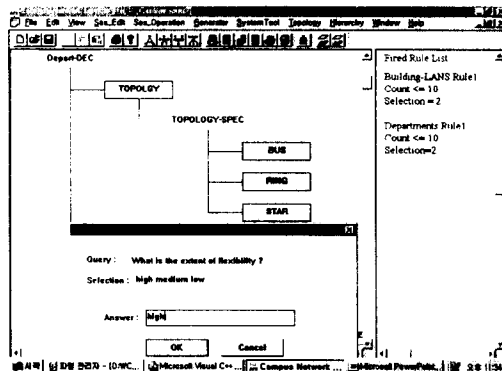


그림8. PES의 계층구조적 화면 (RUSES-C++)

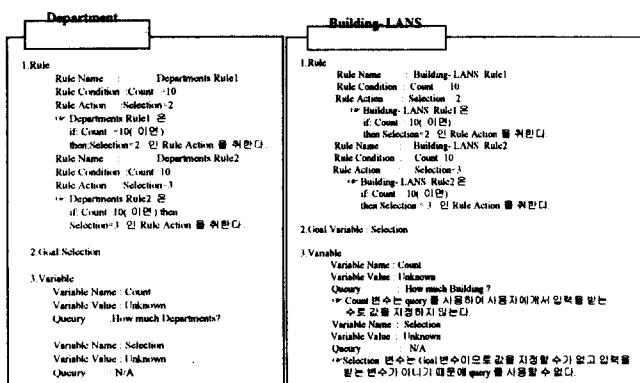


그림5. Generic Frame 예

(2) 성능분석 자동화의 예

기호적 시물레이션의 한 예로서, CSMA/CD 프로토콜에서의 두 스테이션 사이의 패킷 전송 시간 (transmission time)과 전파시간 (propagation delay time) 사이의 시간적인 관계에 따른 성능분석을 테스트하였다. CSMA/CD는 하나의 스테이션이 전송을 시작할 때, 패킷의 맨 앞이 가장 먼 스테이션으로 전파되는데 걸리는 시간동안에 충돌이 없으면 전송될 것이다. 따라서 패킷전송시간이 전파시간보다 훨씬 더 긴 시스템에 대하여 효과적인 방식이다. 그림9는 기호적 시물레이션을 위한 CSMA/CD의 간단한 결합모델을 보이고, 그림10은 결합모델의 구성원인 Channel, WorkStation1의 상태전이도를 각각 나타낸다. WorkStation1모델은 Channel모델에게 ACK를 보내어 매체 사용에 대한 확인을 요청하고 확인 메시지를 기다리는데, Channel로부터의 OK메시지를 받으면 Work-Station1은 패킷을 Channel에게 보낸다. 패킷을 받은 Channel은 전파지연상태와 전송지연 상태를 거쳐 목적하는 스테이션으로 패킷을 전달한다. 이 경우 Channel의 상태가 전파지연 상태에 머무르는 동안 WorkStation2로부터의 매체사용에 대한 확인 요청이 들어올 경우에는 매체사용에 대한 확인을 할 수 없으므로 OK 메시지를 전달함으로써 충돌이 발생한다. 이 경우 각각의 스테이션은 충돌한 패킷을 얼마간의 지연시킨 후 재전송을 시도한다.

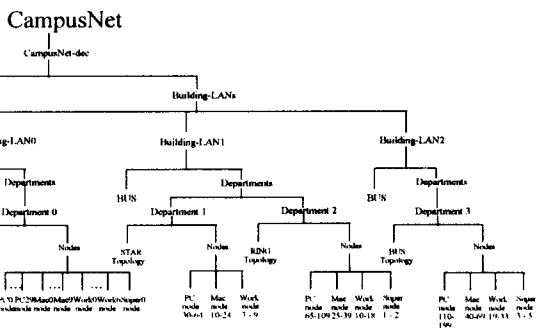
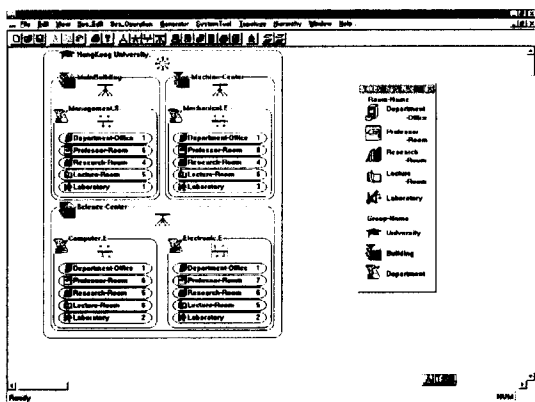


그림7. A Pruned Entity Structure.



기호적 시물레이션은 그림11과 같은 시물레이션 궤적 Tree를 생성시키는데 그 시간적 의미는 그림12에 나타난 바와 같다. 그림에서, 각 노드에 부착된 네모상자는 그 노드의 시간적 제약조건을 나타낸다. 예를 들면, 노드 N1은 제약조건 $A < B$ 에 의해 생성되는데, 이것은 두 기호 시간인 A (A-Station-Acking-Time)과 B (B-Station-Acking-Time)중 A 가 더 앞서는 시간으로 간주된 것을 의미한다. 노드 N9의 경우, 제약조건은 $A <$

B (노드 N1로부터의 조건), 그리고 $A + PTime < B$ (새로 생성된 조건) 두 개로 생성될 것이나, 추론 알고리즘에 의해 중복된 제약조건인 $A < B$ 는 자동적으로 제거됨으로써 결과되는 제약조건은 $A + PTime < B$ 가 된다. 이와 같은 방법으로 자동 생성된 각 시뮬레이션 궤적들은 (그림 11) 성능에 영향을 미치는 각종 시간관계에 따른 각각의 성능평가를 제시해 준다. 본 예의 경우, 시뮬레이션 궤적 case-3과 case-4가 충돌을 피할 수 있는 최적의 성능을 나타냄을 알 수 있고, 따라서 이 경우의 시간적 제약조건은 $A + PTime < B$ (case-3) 이거나 또는 $B + PTime < A$ (case-4)이 된다. 즉, WorkStation1의 ack시간(A)에 전파시간(PTime)을 더한 시간이 WorkStation2의 ack시간(B)보다 앞설 때 (case-3) 혹은 그 반대의 경우 (case-4)가 된다.

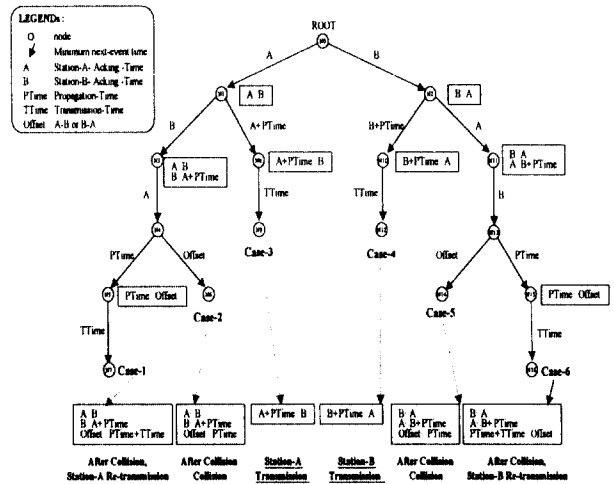


그림11. 생성된 시뮬레이션 궤적 트리

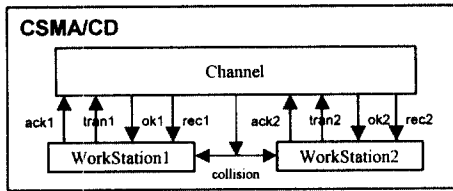


그림9. CSMA/CD의 간단한 모델구조

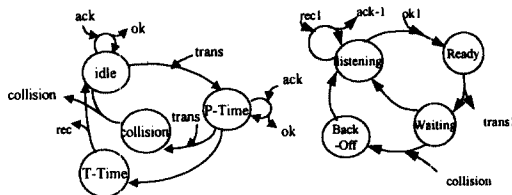


그림10. 상태전이도

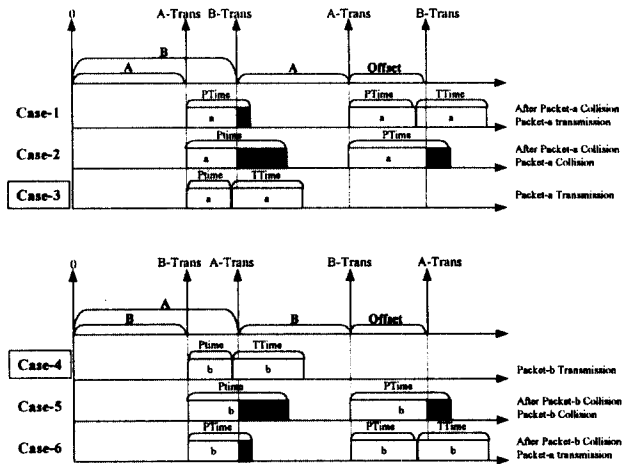


그림12. 시뮬레이션 결과에 대한 시간관계 분석

6. 결론

본 논문에서는 기존의 설계 자동화 방법론 및 도구들이 첫째, 구성 전문가의 지식베이스를 활용한 자동화단계에는 미치지 못하고 있고, 둘째, 성능분석에 있어서도 시뮬레이션기법보다는 기존의 해석적 기법에 의존하고 있어서 복잡다양하고 대규모화 경향을 갖는 정보시스템을 표현하는데 한계를 갖고 있다는 문제점들을 극복하고, 정보시스템 구성시 주어진 요구조건에 따른 최적 구성대안들을 생성시킴과 동시에 대안별 성능분석 평가를 제공할 수 있는 설계지원 자동화 방법론 및 도구에 관한 연구를 주목적으로 하였다. 본 연구에서는 SES/MB를 이용하여 정보시스템의 구성설계 및 성능분석 자동화 방법론을 제시하였고, 캠퍼스 네트워크에 대한 사례 연구를 통하여 그 적용 가능성을 검토하였다. 또한 기호적 시뮬레이션을 이용한 확장된 방법론을 제시함으로써, 성능분석 방법에 있

어서의 새로운 시도를 피하였다. 따라서 본 논문에서 제시하는 방법론과 도구를 이용하여 네트워크 설계자들은 사용자의 하드웨어와 소프트웨어 구성요소 그리고 각종 요구사항 및 제약조건을 감안하여 최적의 시스템 구성을 달성할 수 있을 것이다.

7. 참고문헌

- [1] J.F. Kurose and H.T. Mouftah, "Computer-Aided Modeling, Analysis, and Design of Communication Networks", IEEE Jour. on Selected Areas in Communications, Vol.6, No.1, pp. 130-145, Jan., 1988.
- [2] D.W. Bachmann, M.E. Segal, M.S. Srinivasan, and T.J. Teorey, "NetMod: A Design Tool for Large-Scale Heterogeneous Campus Networks", IEEE Jour. on Selected Areas in Communications, Vol.9, No.1, pp. 15-24, Jan., 1991.
- [3] J.R. Doner, "GENESIM", IEEE Jour. on Selected Areas in Communications, Vol.6, No.1, pp. 15-24 Jan., 1988.
- [4] S.D.Chi, S.J.Lee, J.K.Lee, and S.H.Whang. NETE: Campuse Network Design Tool, in Proc. IASTED International Conference, July, 1997.
- [5] B.P. Zeigler, Object-oriented Simulation with Hierarchical, Modular Models: Intelligent Agents and Endomorphic systems, Academic Press, 1990.
- [6] 지승도 외 3명, "DEVS 시뮬레이션을 이용한 패키지망의 모델링 및 성능분석", 한국시뮬레이션학회 논문지, 제3권, 제1호, July, 1994.
- [7] B.P. Zeigler and S.D. Chi, "Symbolic Discrete Event System Specification", IEEE Trans. on System, Man, and Cybernetics, Vol. 22, No. 6, pp 1428-1443. Nov/Dec., 1992.
- [8] S.D. Chi, "Model-based Reasoning Methodology Using the Symbolic DEVS Simulation", Transactions of Computer Simulation International, pp. 141 - 151, Vol. 14, No. 3, Dec., 1997.
- [9] S.D. Chi, Modeling and Simulation for High Autonomy Systems, Ph.D. Dissertation, Dept. of Electrical and Computer Engineering, Univ. of Arizona, 1991.