M&S 시스템을 활용한 Tac-ELINT 지상운용 SW 개발 방안 연구

A Research on Tac-ELINT SW Development Method Using M&S System

신 동 조*

Dong-cho Shin

곽 현 규*

Hyun-Gyu Kwak

이 광 일*

Kwang-Il Lee

Abstract

This research paper on Tac-ELINT SW development method using M&S system describes the validation and verification methods of Tac-ELINT ground operating software development each stages, and the method of improving reusability of software using SBD(Simulation Based Design/Development) concept. In this project, We obtain the EW software SBD technologies and improved Tac-ELINT ground operating software through software crisis mitigation.

This method and technology will expect to support a future EW system and any other various weapon software development.

Keywords : M&S, SBD(Simulation Based Design/Development), SE(SW Engineering), SILS(Software In the Loop Simulation), EW(Electronic Warfare), UML(Unified Modelling Language)

1. 서 론

전자전 무기체계 개발 시 M&S를 활용해야 하는 이유는, 먼저 전자전 무기체계의 특성이 눈에 보이지 않는 Soft Kill 무기체계로서 전자파 스펙트럼을 제어하는 분야로, 요구사항에 대한 명확한 분석 및 구현, 시험평가 등이 어려워 개발자와 개발 의뢰자간 의사소통이나 위험관리 등에 문제점이 발생할 개연성이 높아 이에 대한 개선요구가 제기되었다. 또한 전자전 무기

체계는 육·해·공군 전자전 장비가 상당부분 유사한 구조로 되어 있어 기술의 재사용성 측면에서 체계개발 효율성을 제고할 여지가 많음을 알 수 있다. 더구나 근래의 전자전 무기체계들은 복합/통합 기술 측면에서 복잡다단해 가면서 체계통합 측면에서의 M&S 활용성 증대가 필요하게 되었다. 이러한 배경을 기반으로 전술정찰정보수집체계(전자정보)(Tac-ELINT) 개발사업을 추진하면서 M&S 기술을 적극 활용하여 체계개발을 추진하게 되었다. 구체적인 적용분야로서 지상처리장비 운용 SW를 SW 개발 수명주기 동안에 체계공학 기반으로 M&S 도구를 이용하여 개발 단계마다 생성되는 산출물들을 검증하고, 다음단계로 재사용할 수 있는 M&S 기반의 개발 방법론(SBD-Simulation Based

† 2011년 8월 13일 접수~2011년 11월 25일 게재승인

* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 신동조(jdcshin@add.re.kr)

Design/Development)을 수립하여, 개발 SW의 품질을 보장하고 개발 위험요소를 식별하고 대안을 제시하는 등 개발노력 및 기간을 절감하기 위하여 추진하게 되었다. 구체적인 추진 배경을 살펴보면 다음과 같이 정리할 수 있다.

- SW 개발 수명주기 동안에 체계공학 기반의 M&S 도구를 이용하여 개발 단계 검증
- 재사용할 수 있는 M&S 기반의 전자전분야 개발 방법론(SBD) 수립
- SW 공학적 접근을 통한 SW 품질 보장 : 개발 초기 충분한 요구사항도출 등
- 개발 초기 개발 위험요소 식별, 대안 제시
- 개발노력 절감, 적시에 체계개발 완료

이러한 배경을 바탕으로 Fig. 1과 같이 체계 개발 시 개발 노력을 절감하고, 적시에 체계개발을 수행하는데 큰 도움이 될 수 있도록 현실적이고 실질적 M&S 시스템 활용 방안을 모색하게 되었다.

Fig. 1. M&S 적용 효과도 예측

결과적으로 본 연구를 통하여 체계공학기반으로 M&S 시스템을 활용한 전자전 SW 개발방법과 관련된 M&S 기술 확보가 가능하였고, 실제로 본 연구를 통하여 현재 체계개발 중인 Tac-ELINT 체계의 지상운용 SW 개발 시 그 효용성을 충분히 확인할 수 있었으며, 향후 다른 전자전체계 SW 개발 시 체계 분석, 설계, 구현, 시험평가 등에 활용하여 개발 노력 절감, 체계통합 시 유용한 도구화 및 개발 기간 단축 등을 할 수 있는 가능성을 제시할 수 있었다. 본 연구를 바탕으로 Tac-ELINT 체계개발사업 뿐 만 아니라 향후에 개발되는 여러 전자전 장비의 SW 개발 방법론으로서 전자전 무기체계 개발에 큰 도움이 될 수 있을 것으로 판

단된다.

2. 대상 무기체계 분석 및 개선요소 식별

전술정찰정보수집체계(전자정보)는 전시 및 평시에 정해진 비행임무계획에 의거 다양한 적 위협 레이더가 운용될 때 송신하는 전자파 신호를 조기에 탐지하여 활동 전자파 신호의 특징을 분석 및 식별하고 필요시 위협에 대한 정밀 전자정보 수집과 상세 정보분석을 통하여 적 활동 위협의 세부 운용변수 특성과 위치 추정 정보를 획득하는 전자정보수집장비이다.

Tac-ELINT 체계는 정찰항공기에 장착하여 운용하는 포드와 지상에서 운용하는 지상처리장비, 그리고 정비 지원장비로 구성된다. 체계 운용자는 먼저 지상처리장비에서 수집해야할 전자정보 위협에 대한 임무계획을 수립하여 전자정보 임무 데이터(EMD : ELINT Mission Data)를 생성하고 비행 전 포드에 장입한다. 포드는 비행임무계획에 의거 비행경로 상에 활동하는 위협에 대한 전자정보를 수집하며, 지상처리장비는 포드가 수집한 전자정보를 실시간 데이터링크 또는 포드 내부에 저장한 데이터를 비실시간으로 전송받아 위협에 대한 전자정보를 도시/모니터링 및 저장하고 지상처리장비 운용자가 상세 정보분석을 수행할 수 있는 기능을 제공한다.

본 논문의 기술이 활동된 지상운용 소프트웨어는 지상처리장비에 내장되어 운용되며 체계관리, 정보분석, 임무계획으로 구성되며 다음 Fig. 2와 같이 운용된다.

이러한 전자전 체계 SW 개발 프로세스는 체계개발 기간 준수 및 개발 비용 절감을 위하여 다음과 같은 문제점에 대한 SW 개발 프로세스 개선이 요구된다.

- H/W 개발 프로세스와 SW 개발 프로세스 Coupling 문제
 - Embedded SW, 체계 운용 SW
- SW Requirement 분석 및 반영의 어려움
 - SW Crisis(SW Engineering)
- 전자전 SW 개발 Know-How 축적 미비
- 향후 개발예정체계의 SW 소요 증대 대응능력 부족
 - 원격지원 전자전교란기, 통합 전자전 체계, 복합 전자방어체계 등
- 전자전 SW 분야 핵심 기술 확보 미흡(In-House 개발능력 보유)

Fig. 2. 지상운용 SW 개략 운용 흐름

3. M&S 기반 전자전 SW 개발 방안

가. 추진 배경

Tac-ELINT 지상처리장비의 운용 SW를 SW 개발 수명주기 동안에 체계공학 기반의 M&S 도구를 이용하여 개발 단계마다 생성되는 산출물들을 검증하고, 다음단계로 재사용할 수 있는 M&S 기반의 개발 방법론(SBD)을 수립하여, 개발 SW의 품질을 보장하고 개발 위험요소를 식별하고 대안을 제시하는 등 개발노력 및 기간을 절감하기 위하여 추진되었다.

기 언급된 전자전 SW 개발 시 드러난 문제점들을 해결하기 위해서는 먼저 선도적이면서 독립적인 전자전 SW 개발 프로세스를 정립하여야 한다. 그러한 측면에서 체계 하드웨어 시제 제작 전 체계 일반 SW 개발로 독립적 개발 방안을 본 논문에서 제안한 방식으로 다음과 착안하여 적용하였다. 그러나 본 논문에서 제한하는 SW 개발 방안을 체계개발 전체로 적용하기에는 개발자간 공감대 형성 등 여러 가지 어려움이 예

상되어 제한된 영역, 즉 POD용 SW를 제외하고 지상 처리 SW 분야에 한정하여 적용하였다.

- M&S 기반 SW 개발 방안 적용
- 전통적인 Water fall 방식의 개발방식을 점증적 (Incremental) 개발 방법론 방식으로 전환

이러한 Tac-ELINT 체계 지상운용 SW 개발적용방안은 먼저 Tac-ELINT 체계 constructive M&S 시스템 및 SILS(Software In the Loop Simulation) 시스템을 개발 초창기(PDR, CDR 시점 이전)에 구축한 후 점진적(Incremental)으로 실제 SW 개발모듈로 대체하여 개발 단계를 진행하였으며, 이러한 방식은 결국 SE(SW Engineering)와 M&S 시스템과의 접목 방식이라고 정의할 수 있다.

나. 시스템 구성

본 시스템은 다음 그림과 같이 Tac-ELINT 체계운용 환경/위협환경/인터페이스를 모의하기 위한 시뮬레이터를 구축하였다. 그 구성요소는 다음과 같다.

Fig. 3. 시뮬레이션 개략 구성도

- 이산사건 모델링 및 시뮬레이션 모듈
3차원 가시화 모듈로부터 ELINT POD를 장착한 정찰항공기의 실시간 이동 경로 수신과 수신된 각종 전자신호 정보들을 수집하고, 위협의 위치를 추정하고 도시할 수 있도록 하며, 전자전 위협 요소들을 이산사건 모델링 및 시뮬레이션 기법을 사용하여 모델링하고 시뮬레이션 하는 기능
- 3차원 가시화 모듈
3차원으로 렌더링된 한반도 중부 지역을 ELINT POD

를 장착한 정찰항공기를 Joystick 등으로 조종하여 실시간 이동경로를 시뮬레이션 모듈로 전송하고 3차원 도시하는 기능

- 인터페이스 모의 모듈
지상처리장비와 연동되는 외부 장치 신호 모의(39전대 연동, BIT ...)
- SBD 기반 Tac-ELINT 지상운용 소프트웨어 개발 Framework 모듈
개발된 시뮬레이션 환경에서 연동되어 개발되는 실제 체계에 적용되는 소프트웨어들의 구성모듈

상기 M&S 시스템을 활용한 SW공학적 지상 SW 개발을 지원하는 프레임워크는 Fig. 4와 같다.

이러한 프레임워크를 ELSSimS(ELINT Sil Simulation for Software Engineering)라고 정의하여 체계개발 전 기간 동안 고유명사처럼 사용하였다.

Fig. 4. Tac-ELINT 지상운용 SW SBD

다. SBD 기반 Tac-ELINT 지상운용 SW 개발

본 연구는 Tac-ELINT체계의 Constructive M&S 시스템 및 SILS(SW In the Loop Simulation) 시스템을 구축한 후 실제 SW 개발을 체계공학을 지원하는 개발 도구들을 이용하여, 지상운용 SW 체계개발 진행에 따라 점진적으로 개발 되는 모듈들을 대체(Plug-In/Plug-Out)하는 방법으로 개발 단계를 진행하여 체계(ELSSimS)를 구축함으로써, 지상운용 SW 품질을 획기적으로 개선하고자 하였다. 그 적용 내용은 다음과 같이 정리할

수 있다.

- 상기 기술한 적용 개념을 구현하기 위해 체계개발 사업 진행 1년 전부터 사전에 다음과 같은 Constructive M&S 시스템을 구축하여 운용개념 도출하고 개발 위험 요소 식별
 - 국방표준 M&S 도구로 식별된 DEVSim 기반의 전자전전용 위협환경 모델링 및 시뮬레이터 구축
 - OpenGL 기반의 3차원 가시화 프로그램을 개발하여 Tac-ELINT 운용시나리오 생성프로그램 구축
 - TCP/IP 기반의 연동 네트워크 프로토콜 및 프로그램 개발
 - 지상운용 장치와 연동되는 체계내외 주요 장비 시뮬레이션 프로그램 개발
- PDR시점 이전에 체계공학도구(DOORS, Rhapsody)를 활용하여 지상운용 SW를 분석/설계하여 기본적인 Framework 작업을 비주얼 C++ 기반으로 구축함.
- CDR 시점에 대부분의 설계 산출물을 체계공학도구를 활용하여 구축한 후 시제 제작업체에 지상운용 SW의 Framework 산출물 및 시뮬레이터(PC)를 제공하여, 이를 기반으로 클래스 내부 코딩을 진행하여 순차적으로 진행(Plug-In/Plug-Out)하여 기능을 검증함.(Fig. 5 참조)
- 1차적인 시험평가를 본 ELSSimS를 이용하여 수행하였고 향후 최종시제 시험평가 시에도 활용.

Fig. 5. SBD 기반 SW 개발 과정

이러한 과정을 SW 공학적인 개발 방안을 정리하면 Fig. 6과 같이 설명할 수 있는데, 이는 SW 개발 주기에 M&S 기법과 소프트웨어 엔지니어링의 절묘한 조

화로서 ‘소프트웨어 위기’(SW Crisis)라고도 알려진 문제점들을 해결할 수 있는 좋은 방안으로 SW 개발 공정 관리가 매우 효율적으로 가능하다는 장점과 획기적인 SW 품질 개선이라는 두 가지 큰 이점을 가질 수 있다고 말할 수 있다. 이러한 과정을 통해 획득된 예로서 체계관리 기능에 대한 SW 공학적 산출물은 다음과 같다.

Table 1. SW 공학적 산출물

산출물	종류	기타
유스케이스 명세	15	
유스케이스 다이어그램	1	지상운용 통합
순서 다이어그램	14	
클래스 다이어그램	1	
행동 다이어그램	14	
컴포넌트 다이어그램	1	
상태 천이 다이어그램	2	지상운용 통합
패키지다이어그램	1	
사용자 인터페이스	33

Fig. 6. Tac-ELINT 지상SW SBD 개발 방법론

라. Tac-ELINT Constructive M&S

Tac-ELINT 조우 시뮬레이션은 전자전 교전모델에 가장 적합한 이산사건 시뮬레이션을 사용하며, 이산사건의 모델링 규격인 DEVS 형식론과 이산사건 시뮬레이션 엔진인 DEVSim++를 표준으로 적용하여 개발함으로써 모델링의 확장성 및 표준성을 유지케 하

였다.

객체 지향적 시뮬레이션을 적용하여 실제 전자전 환경과 유사하게 함으로써 모델링의 타당성(Model Verification)과 시뮬레이션 결과의 적합성(Validation)을 향상시켜 전자전 운용환경 분석 및 ESM 체계의 성능 예측을 위한 시뮬레이션 체계로 개발하였다.

DEVS 형식론에 입각하여 개발된 모델의 동작특성을 이산사건에 의한 상태천이도 기술 방법을 이용하여 컴퓨터 프로그램으로 표현 하였다. 또한 이러한 시뮬레이션 모델을 적군/아군으로 편성하여 여러 개의 객체를 생성하여 시나리오를 작성하여 전자전 조우 시뮬레이션을 수행하였다.

• DEVS 형식론

Zeigler 교수에 의해 소개된 DEVS 형식론은 이산사건 시스템을 모듈로 나누어서 이를 계층적으로 모델링할 수 있는 수학적 기반을 제공한다. DEVS 형식론에서는 시스템을 구성하는 가장 작은 모델을 원자모델인 atomic 모델을 기술하고, 이러한 기본 모델을 모듈화, 계층적인 방법으로 연결하여 복잡한 coupled 모델을 기술하게 된다.

Atomic 모델은 입출력과 상태변수, 그리고 상태변수의 변화를 기술하는 4개의 특성함수로 시스템을 표현한다. 다음 그림은 DEVS 형식론에서 정의하는 atomic 모델에 대한 설명이다.

Fig. 7. Atomic DEVS Model

시스템을 구성하는 원자모델들에 대한 모델링이 완료되면 이들 모델을 계층적으로 연결하는 것은 coupled 모델로 가능하다. 다음 그림은 coupled 모델의 속성을 보여 준다.

$DN = \langle X, Y, M, EIC, EOC, IC, SELECT \rangle$

X : input event set ;

Y : output event set ;

M : set of all component models in DEVS ;

$EIC \subseteq DN.X \times \bigcup_i M_i.X_i$: external input coupling relation ;

$EOC \subseteq \bigcup_i M_i.Y_i \times DN.Y$: external output coupling relation ;

$IC \subseteq \bigcup_i M_i.Y_i \times \bigcup_j M_j.X_j$: internal coupling relation ;

$SELECT: 2^M - \emptyset \rightarrow M$: tie-breaking selector.

Fig. 8. Coupled DEVS Model

• 모델링

Tac-ELINT 위협환경을 모의하기 위한 위협들은 다음과 같다.

- 레이더사이트(탐지레이더, 추적레이더)
- 미사일(대공 : SA-x1, x2..., 대함 : Sx1, Sx2...)
- 대공포, 항공기, 함정 등

이러한 위협들은 Tac-ELINT 위협 모델링 관점에서 추상화(Abstract)가 필요한데 이를 분석해 보면, 하나의 위협(Threat)은 여러개의 에미터(Emitter)로 구성되어 있으며, 하나의 에미터는 여러개의 빔(Beam)으로 구성될 수 있다. 여기서 빔의 파라미터들은 기본적으로 EOB/EPL을 기반으로 설계되어야 한다. 이를 DEVS Formalism으로 설계할 때, 정확히 Atomic 모델이나 Coupled 모델로 바로 적용할 수 없어서, 다음 그림과 같은 형태의 모델을 독자적으로 설계하여 Tac-ELINT 모델링을 수행하였다.

Fig. 9. 모델 구성도

Fig. 10. 위협 모델 Hierarchy

여기서 가장 기본적인 Beam 모델 및 수집항공기의 모델 속성은 다음 그림과 같다.

Fig. 11. Beam Atomic 모델 속성

Fig. 12. 수집항공기 Atomic 모델 속성

• 시뮬레이터 기본 기능

본 시스템에서 사용된 시뮬레이션의 기본 기능은 다음과 같다.

- 전체 시스템 서버 기능 수행 : 3D 시뮬레이터, Tac-ELINT 항공 데이터링크 인터페이스 모의 등 통합/연동 관리
- DEVSim++ 기반 시뮬레이션 수행
- 각각의 모델과 그 경로를 지정
- 모델 파라미터 변경/저장 기능
- 시뮬레이션 저장/재생/시작/중지/일시정지 기능
- 시뮬레이션 Time Schedule 조정 기능 (Fast Forward/Backward)
- 시뮬레이션 도중에 모델의 상태변수 확인 기능
- 모델의 이동 경로 도시 기능 등

마. Tac-ELINT 3D Virtual Simulation

본 체계에서 사용된 3차원 가상화 시뮬레이션은 OpenGL(Vtree 4.0)을 기반으로 개발되었으며, 기본적인 운영체제는 Win7(32bit)이고, 정찰항공기 조종간을 모의한 조이스틱을 사용할 수 있도록 개발되었다. 구현된 정찰항공기는 전자전 무기체계 모의에 적합하도록 다음과 같이 구현되었으나, 이는 실제 정찰항공기의 정밀한 다이내믹스를 그대로 구현하였다고 볼 수 없고, 단지 Tac-ELINT 시뮬레이션에 충분히 활용할 정도의 시뮬레이션이라고 할 수 있다.

- 최대속도 : mach 2.02
- 비행최소속도 : $150\text{NM}(150 * 1.852 = 277.800\text{km/h}, 77.17\text{m/s})$
- 최대속도 가속 시간 : 15초(추정)
- 최대선회율(w) : 30도/sec (추정)
 $w * V_{\text{max}} = 9G \text{ 제약} : 168.450\text{m/sec} = G/\text{rad}(30.0)$
- 최소선회율(w) : 7.35도/sec,
 기준속도 : 최고속도(Mach * 2.02)시
 $w * V_{\text{max}} = 9G \text{ 제약} : \text{rad}(7.35) * \text{Mach} * 2.02 = 9G$
- 상하 최대/최소선회율 : 상동
- 1 roll 시간 : 360.0f/270.0f; //초
- 최대 상승고도 : 19,200m
- 모의 작전고도 : 약 17,000feet(5,181.6m)

본 시뮬레이션에 적용된 지형으로는 다음과 같다.

• 적용 지형-북위 37°~39°

Fig. 13. 3차원 지형 렌더링

바. Tac-ELINT SBD 업무 분담

이러한 SBD 기반 Tac-ELINT 지상운용 SW 개발 시 분석/설계 및 개발총괄인 ADD와, 이 분석/설계를 기반으로 구현해야 하는 시제업체, ADD의 통제 아래 검증 도구를 지원해야 할 M&S 전문업체간의 역할은 다음과 같이 효율적으로 분담하여 SW 개발업무를 수행하였다.

Fig. 14. Tac-ELINT 지상SW SBD 업무분담

사. 소프트웨어 신뢰성 강화 방안

지금까지 제안한 방법으로 개발된 Tac-ELINT 지상운용 SW는 SW의 안정성 및 신뢰성을 확보하기 위해 다음과 같이 DO-178B기준에 맞게 정적/동적 시험 자동화 도구를 이용하여 소프트웨어 단위시험을 수행하였다. 사용도구로서 동적시험 자동화도구는 VectorCover와 CANTATA를 사용하였고, 정적시험 자동화 도구로는 CodeSonar를 사용하였다.

구분	클래스	DO-178B Level B Statement	DO-178B Level B Branch
체계관리	81개	93%(16814 / 18004)	80%(5635 / 6958)

Fig. 15. 동적시험 시험결과와 분석 예

아. 적용 실적

본 M&S 시스템을 활용한 Tac-ELINT 지상운용 SW 개발은 다음 Fig. 16과 같이 체계 개발을 진행하며 단계적으로 적용하였다.

Fig. 16. 시연 장면

Fig. 17은 본 개발 방법에 따라 개발된 소프트웨어 운용화면 샘플이다.

Fig. 17. 개발된 지상운용 체계관리 SW 예

4. 결 론

본 논문에서는 전술정찰정보수집체계(전자정보) 개발에서 지상처리장비 운용 소프트웨어를 개발 수명주기 동안에 체계/SW 공학 기반의 M&S 도구를 이용하여 개발 단계마다 생성되는 개발 산출물(분석/설계/코딩 등)들을 검증하고, 다음단계로 재사용할 수 있는 M&S 기반의 개발 방법론(SBD)을 수립하여, 개발 SW의 품질을 보장하고 개발 위험요소를 식별하고 대안을 제시하는 등 개발노력 및 기간을 절감하기 위하여 추진된 “M&S 시스템을 활용한 Tac-ELINT 지상운용 SW에 대한 SBD 기반 개발 방안”에 관하여 기술하였다. 그 적용 효과와 특징들을 정리하면 다음과 같다.

- 사용자 요구사항 분석/대응 능력의 획기적 개선
- 연구환경 변화에 능동적 대응 가능(개발자중심 → 운용자중심, HW중심 → SW중심)
- 연구소 주도형 선도적 모델/방법 구축
- 철저한 SW 공정관리 가능
- HW 개발과 독립적인 SW 개발 가능
- 개발 단계별 뿐 만 아니라 향후 유사사업 추진 시 SW 재사용성의 획기적 개선
- 사용자 요구사항 분석/대응 능력의 획기적 개선 등

이러한 전자전 SBD 기술은 현재 수행중인 Tac-ELINT 체계 개발 사업뿐 만 아니라 향후 개발되는 여러 전자전 장비의 SW 개발 및 연구소에서 연구개발을 수행하는 다른 무기체계의 SW 개발 분야에서 본 개발방법론을 활용한다면 효과적으로 SW 개발업무를 수행하는데 많은 도움이 될 수 있을 것으로 판단되며, 향후 추가적인 연구 분야로는 실시간 무기체계 시스템에 들어가는 내장형 실시간 SW 개발에 본 논문의 개념들을 확장 적용하는 부분과, 군사 분야 외 민간 분야의 관련 기술동향 및 적용사례분석 등을 통한 기술성숙 등 여러 가지 추가적인 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

- [1] 박현철, “객체지향분석설계 Visual C++ Programming”, 비앤씨, 1999.
- [2] 김탁근, “이산사건 시스템 모델링 시뮬레이션 기

- 법”, 전자공학회지, Vol. 19. pp. 105~114, Jan. 1992.
- [3] 신동조 외, “전자정보체계 지상운용 SW 체계관리 기능 요구사항분석 연구”, 국방과학연구소 연구보고서, Nov. 2008.
- [4] 신동조 외, “전술정찰정보수집체계 지상운용소프트웨어 체계관리 단위시험”, 국방과학연구소 연구보고서, Oct. 2009.
- [5] 윤기천, “이산사건 형식론을 이용한 전자전 조우 모델링 연구”, 국방과학연구소 연구보고서, Jul. 1998.
- [6] B. P. Zeigler, “Multifaceted Modeling and Discrete Event Simulation”, Academic Press, Orlando, FL, 1984.
- [7] Myung S. Ahn, “Hybrid Modeling/Simulation Methodology for Simulation Speedup and Preserved Accuracy”, Ph.D Thesis, EE, KAIST, 1996.