

개선된 DEVS 모델을 이용한 전략 시뮬레이터 개발

황도성*, 박성봉*, 안명수*, 김탁곤**

** (주)넷커스터마이즈

** 한국과학기술원 전자전산학과 교수

E-mail : msahn@netcus.com

이산사건 시물레이션 기법이 최근들어 통신망, 각종 제조시스템 등 다양한 분야에 응용되고 있으며 군사용 시뮬레이터 개발을 위한 방법론으로도 활용이 증가하고 있다. 그러나, 군사용 전략 시뮬레이터는 모델간 대규모 상호 작용을 요구하는 속성을 가지고 있으므로 모델간의 사건 전달 방법을 적용한 시뮬레이터를 구현하는 경우에 시물레이션을 위한 계산량이 과도하게 요구되어 대규모의 시나리오를 시물레이션하는데 어려움이 있다. 본 논문에서는 이산사건 시물레이션을 위한 이론적 기반을 모두 갖춘 DEVS 형식론을 개선하여 군사용 전략 시뮬레이터를 개발하기 위한 Framework을 소개한다. 개발되는 시물레이션 환경을 DEVS 의미론에 기반한 모델링 환경을 제공하지만 시물레이션 속도 개선을 위해 여러가지 방법들을 고려한다. 또한, GIS 기반의 시물레이션 애니메이션을 위한 모델 관리 방법 및 데이터 전송 방법을 기술한다.

1. 서론

물류 및 제조시스템 설계, 그리고 대규모 통신망 시스템 설계 및 해석 분야와 함께 시물레이션 기법을 활용하는 큰 응용분야중의 하나가 군사용 전략 시뮬레이터 분야이다. 현재까지, 대부분의 군사용 시뮬레이터는 시물레이션 방법론에 기반하기 보다는 시물레이션 모델을 프로그래밍 언어를 이용하여 구현하는 방법을 적용하여 개발되어 왔다. 특히, 국내에서는 외국의 고가 시물레이션 툴을 수입하여 모델을 개발하여 적용하는 수준에 머물러 있으며 고유한 독자 시물레이션 환경이 구축된 사례가 없다.

최근들어 프로그래밍 언어를 기반으로 하는 시뮬레이터 환경에서의 모델 개발 및 확장, 모델 재

사용성에 대한 어려움 때문에 이론적 기반을 갖춘 전략 시뮬레이터를 개발하려는 요구가 점점증하고 있다. 그리고, DIS(Distributed Interactive Simulation)이나 보다 고도화된 HLA(High Level Architecture)의 지원을 요구하고 있다.

본 논문에서는 이산사건 모델링 및 시물레이션 방법론을 제공하는 DEVS 형식론을 군 전략시뮬레이터 개발에 적용하는 기법을 기술한다. DEVS 이론은 수학적 이론에 기반을 두어 체계적인 모델링 방법론을 제공하지만 군 전략 시뮬레이터를 위해서는 간략화된 모델링 방법 및 시물레이션 속도 개선이 필요하다. 군사용 전략 시뮬레이터는 모델간 대규모 상호 작용을 요구하는 속성을 가지고 있으므로 모델간의 사건 전달 방법을 적용한 시물

레이터를 구현하는 경우에 시물레이션을 위한 계산량이 과도하게 요구되어 대규모의 시나리오를 시물레이션하는데 많은 시간이 요구되기 때문에 실시간 시물레이션을 위해서는 어려움이 있다.

본 논문에서는 효율적인 군 전략 시물레이터 개발을 위한 DEVS 모델의 개선 방법을 제안하고 이를 기반으로 하여 구현된 시물레이터의 구조를 설명한다. 제안하는 방법은 모델간 상호작용을 위해 요구되는 사건 전달을 최소화하기 위해 효과적이다. 그리고, HLA를 지원하기 위해 모델링 및 모니터링 환경인 GIS(Geographical Information System) 인터페이스와 시물레이션 엔진이 완전히 분리되어 동작하도록 개발되었다.

2. 군 전략 시물레이터 모델링 요소

2.1 시물레이션 모델

군 전략 시물레이션을 위한 시물레이션 모델은 크게 전략을 수행하는 모델들과 작전이 수행되는 영역의 환경을 설정하는 작전영역 모델로 구분된다. 작전영역과 관련된 모델은 GIS부터 얻어지는 지리 정보와 관련되어 시물레이터 구현 시 고려하면 되므로 본 논문에서는 제외하기로 한다.

전략 시물레이션 모델들은 표 1과 같은 구성을 가진다. 동특성을 지정하여야 하는 모델은 시물레이터의 구현과 관련되어 있지만 작전 수행모델과 조직 모델이 동특성을 갖도록 구현되며 작전 지원 모델과 속성 모델은 상태변수, 또는 정적 파라미터 등으로 지정할 수가 있다. 조직 모델은 편대 구성 및 해체 기능을 시물레이션이 진행되는 동안 동적으로 수행할 수 있어야 하므로 시물레이션 모델로 구현하여야 한다.

<표 1> 전략 시물레이션을 위한 모델들

모델	구성요소
작전수행모델	비행기, 탱크, 보병 등
작전지원모델	무기, 센서, 포탄류 등
조직 모델	비행 편대, 부대 조직 등
속성 모델	무기 등에 대한 방어 능력 등

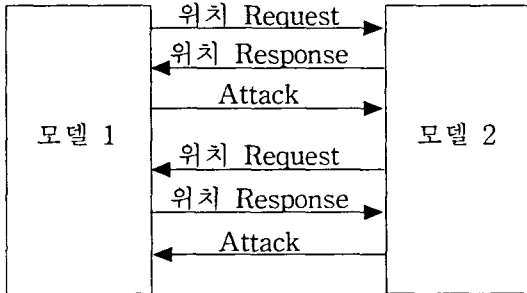
2.2 모델링 요소

동적 특성이 반영되어야 할 모델들의 동작은 다음과 같은 3가지 요소를 반영하기 위한 규칙을 설정하는 것이 주요 모델링 요소이다.

- 공격 모델링 : 주위에 포진해 있는 적군 모델들을 감지하여 공격을 수행하기 위해 필요한 규칙을 지정
- 전진 모델링 : 지형 지리 정보와 공격 목표지점, 적군 등을 고려한 이동 경로 산출을 위한 규칙을 지정
- 수비 모델링 : 적군 공격에 의한 모델의 부상 정도를 모델링 하기 위한 규칙을 정의

위와 같은 모델링 요소를 이산사건 시스템으로 기술하기 위해서는 그림 1에서 보여 주는 바와 같이 2개의 모델이 존재하는 시물레이션 환경에서 모델 하나가 한번의 상태 변화를 수행하기 위하여 3개의 사건 전달을 수행해야 됨을 알 수 있다. 모델 개수가 n 개로 확장되면 위와 같은 모델에서 모든 모델들이 한번의 상태천이를 수행하기 위하여 $n*(n-1)$ 개의 사건 전달이 필요하므로 사건 전달 방식에 의한 시물레이션 방법은 시물레이션을 위해 매우 많은 계산량을 요구한다.

군 전략 시뮬레이션의 경우 수백개 또는 수천개의 모델이 수행되게 되므로 이와 같은 환경에서



<그림 1> 공격 모델링을 위한 사건 전달

실시간으로 시뮬레이션을 수행하는 것은 거의 불가능하다. 이를 개선하기 위한 방법을 다음 절에서 기술한다.

3. 개선된 DEVS 모델

3.1 이산사건 모델링을 위한 DEVS 형식론

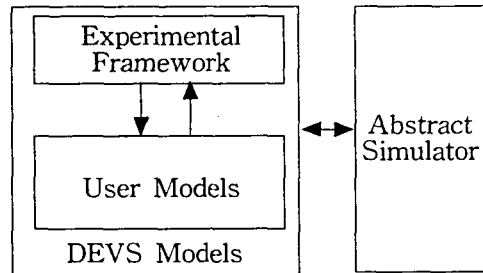
Zeigler에 의해 소개된 DEVS 형식론은 이산사건 시스템을 모듈로 나누어서 이를 계층적으로 모델링할 수 있는 수학적 기반을 제공한다. DEVS 형식론으로 가장 작은 모델인 atomic 모델을 기술하고, 이러한 기본 모델을 모듈화, 계층적인 방법으로 연결하여 복잡한 coupled 모델을 기술하게 된다. DEVS 이론에 대한 자세한 내용은 [5]를 참조하면 된다. DEVS 이론을 이용한 모델링 방법은 모델 재사용을 위한 2가지 Framework을 제공[6]하므로 시뮬레이션을 위해 많은 모델을 필요로 하는 전략 시뮬레이터 개발을 위해 효과적인 방법을 제공한다.

3.2 모델 개선

DEVS 이론의 모델링 방법을 그대로 활용하면서

최적화된 전략 시뮬레이터 구현을 위해서 모델간 사건 전달을 최소화하면서 각 모델이 자율적으로 공격, 전진, 수비 규칙을 실행할 수 있도록 모델링이 가능하여야 한다. 본 논문에서는 DEVS 모델을 위한 Abstract Simulator 알고리즘[5]을 그대로 사용할 수 있도록 하기 위하여 모델링 형식론을 수정하지 않고 시뮬레이션을 지원하기 위한 새로운 DEVS 모델을 제안한다.

새로 개발되는 모델은 [5]에서 기술하고 있는 시뮬레이션 환경 설정을 위한 EF(Experimental Framework)를 기반으로 하여 개발되었다. 시뮬레이션 운용과 관련된 정보를 모델들에게 제공하기 위해 도입된 EF 개념을 DEVS 모델들 사이의 사건 전달을 최소화하기 위한 방법으로 적용하였다.



<그림 2> DEVS 시뮬레이터 구성도

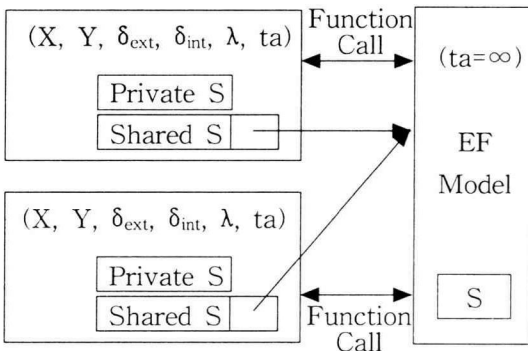
그림 2는 DEVS 모델을 시뮬레이션하기 위한 모델과 EF, 그리고 시뮬레이션 알고리즘과의 상관 관계를 보여 준다.

EF를 구축하기 위하여 Atomic DEVS 모델의 상태변수 S는 EF가 관찰할 수 있는 변수와 그렇지 않은 변수로 분할되며 관찰할 수 있는 변수를 Reference하기 위한 Interface가 Atomic DEVS 모델에 추가된다. 모든 Atomic 모델들이 공통의 Interface를 통해 상태변수를 제공하므로 EF는 모델들이 요구하는 함수를 수행하기 위하여 Atomic 모델들에 필요한 상태변수를 요청할 수 있다.

EF도 독립된 Atomic 모델로써 DEVS 모델의 X, Y, δ_{ext} , δ_{int} , λ 가 empty로 모델링되며 ta는 Infinity 값을 갖도록 초기화 되며 EF가 각 모델들에게 제공하기 위해 필요한 데이터를 상태변수로 관리하게 된다. 전략 시물레이션을 위하여 Atomic DEVS 모델들에게 다음과 같은 Interface를 함수 제공 방식에 의하여 제공한다.

- getAnemy()
- getAttack()
- getTarget()
- getGeoInfo()

전략 시물레이션을 위해 필요한 인터페이스를 EF 모델을 확장하여 추가하는 것이 가능하다. 함수 제공 방식을 지원하기 위하여 Atomic DEVS 모델은 초기화 시에 자기 자신을 EF 모델에 등록하여야 한다. 이와 같이 Atomic 모델의 일부 인터페이스를 변화함으로써 한 시물레이션 step에서 요



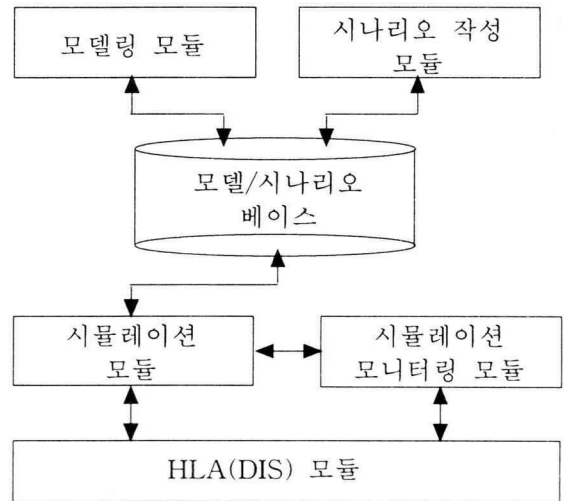
<그림 3> Atomic 모델과 EF 모델 상관관계

구되는 계산량을 모델 개수에 비례하도록 구현할 수가 있게 된다. 그림 3은 시물레이션 시 Atomic DEVS 모델과 EF 모델간의 상관관계를 보여 준다.

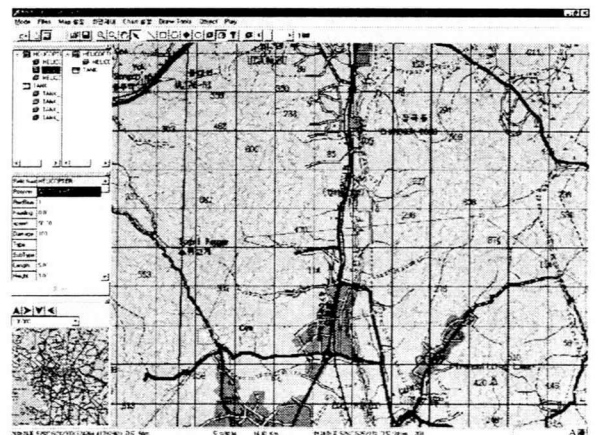
4. GIS 기반의 전략 시물레이터 개발

3절에서 제안한 개선된 DEVS 모델을 사용한 전략 시물레이터는 사용자에게 모델 개발 기능과 시나리오 작성 기능, 그리고 시물레이션 및 모니터링 기능을 제공하도록 개발된다. 그림 4는 개발된 전략 모델링 및 시물레이션을 위한 환경을 보여 준다.

모델링 모듈에서는 Atomic DEVS 모델 개발을 위한 Template를 제공한다. 모든 모델이 공통적으



<그림 4> 군 전략 시물레이터 구조



<그림 5> GIS 기반의 전략 시물레이터

로 필요로 하는 속성들이 자동으로 모델에 포함되

게 되며 공격, 전진, 수비를 위한 Default 함수들이 제공된다. 모델링된 결과는 DEVS 모델을 기술하기 위한 언어로 변환되며 시나리오 작성 모듈이 사용할 수 있도록 공유된다.

군 전략 시뮬레이터의 경우 모델베이스로부터 전술에 참여하는 모델 인스턴스를 생성하고 각 모델의 공격 지점, 역할 등을 지정하는 시나리오 작성 모듈의 비중이 크다. 그리고, 비행기 등 운항 조건에 따른 dynamics의 변화가 심한 모델은 이산 사건 기법을 이용하여 운항 모델까지 기술하는 것이 어렵다. 이러한 모델들을 위하여 Freight Simulator등과의 연동을 통해 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 이기종간 통신 기능이 지원된다.

구현된 전략 시뮬레이터를 이용하여 시나리오를 작성하여 시뮬레이션을 수행한 결과 모델 개수가 늘어나도 시뮬레이션 상황을 실시간으로 관찰하는 것이 가능하였다. 그림 5는 GIS를 기반으로 하는 전략 시뮬레이터의 동작 상황을 보여 준다.

5. 결 론

본 논문에서는 효율적인 군사용 전략 시뮬레이터 개발을 위한 개선된 DEVS 모델링 방법과 시뮬레이션 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 방법은 다음과 같은 특징과 활용도를 갖는다.

- 효과적인 시뮬레이터 구현을 위해 전략 모델들의 모델링 요소를 분석하여 방송형 이산사건을 필요로 하는 요소들을 추출하였다.
- 모델간 사건 전달을 최소화하기 위해 시뮬레이터가 제공하는 기능들을 독립된 DEVS 모델로 체계화하여 구축하였다. 시뮬레이터 알고리즘의 수정없이 개선된 모델을 실행할 수

있는 환경을 개발하였다.

- 시뮬레이터 알고리즘 구현 모듈과 시나리오 작성 및 시뮬레이션 모니터링 모듈을 분리하여 구현하여 HLA를 적용하는 인터페이스를 지원할 수 있는 환경을 개발하였다.

본 논문에서 제안하는 방법론은 GIS 기반의 군 전략 시뮬레이터로 개발되고 있으며 고유 기능과 외부 인터페이스를 위한 모듈이 개발되어 시연되었다. 제안하는 기법은 전략 시뮬레이터 개발을 위해 활용될 뿐만아니라 향후 게임 소프트웨어의 구성 요소 모델 개발 및 시나리오 베이스 구축을 위한 기반 소프트웨어로 활용될 수 있도록 확장을 추진중이다.

6. 참고문헌

- [1] Myung S. Ahn, *Hybrid modeling/simulation methodology for simulation speedup and preserved accuracy*, Ph.D. Thesis, EE, KAIST, 1996
- [2] Myung S. Ahn and Tag G. Kim, *DEVSsim++ User's Manual*, Technical Report, TR-CORE94-1, EE, KAIST, 1994
- [3] Virtual Prototypes사, *Stage User's Guide*, 1999
- [4] DMSO, *DoD HLA RunTime Infrastructure Programmer's Guide*, 1997
- [5] B.P. Ziegler, *Multifaceted Modeling and Discrete Event Simulation*, Academic Press, Orlando, FL, 1984
- [6] Tag Gon Kim and Myung S. Ahn, *Reusable Simulation Models in an Object-Oriented*

Framework, Chapter 4 of *Object-Oriented
Simulation*, IEEE Press, 1997