

자치적 방어 시스템을 위한 모델베이스기반 설계

Model-based Design for Autonomous Defense Systems

이종근**, 지승도**

Jong-Keun Lee, Sung-Do Chi

Abstract

The major objective of this research is to propose a design architecture for autonomous defense systems for supporting highly intelligent behavior by combining decision, perception, and action components. Systems with such high levels of autonomy are critical for advanced battlefield missions. By integrating a plenty of advanced modeling concepts such as system entity structure, endomorphic modeling, engine-based modeling, and hierarchical encapsulation & abstraction principle, we have proposed four layered design methodology for autonomous defense systems that can support an intelligent behavior under the complicated and unstable warfare. Proposed methodology has been successfully applied to a design of autonomous tank systems capable of supporting the autonomous planning, sensing, control, and diagnosis.

* 본 연구는 정보통신부 대학기초연구지원사업인 “모델베이스를 이용한 인공생명 시스템 설계 방법론 및 응용연구”(97-G-0052)로 수행됨.

** 한국항공대학교 컴퓨터공학과

1. 서론

현재 첨단무기들의 발전 추세로 볼 때, 차세대급 무기들의 관통력과 정확도는 재료 기술과 전자 기술의 집약으로 인해 일층 진보 할 것으로 예상된다. 현 개념의 방어 구조로는 차세대급 전투차량의 증량 증가로 인해 승무원 및 장비의 생존성을 보장할 수 없으며, 따라서 위협의 발전 속도에 따라 신속히 적절한 방어력을 부여할 수 있는 새로운 개념 즉, 적으로부터의 탐지를 최대한 억제 가능한 피탐지 감소 구조를 적용함과 동시에 전투차량이 직접 피탐되기 전 전방의 위협을 사전에 탐지하여 무력화 시킬 수 있는 전자 방어 시스템을 갖춘 방어 체계의 필요성이 대두되고 있다. 한편, 현재의 능동 방어 시스템에 대한 연구들은 고도의 전자 장비를 통해 적의 위협에 대한 신속한 감지 및 대응을 목적으로, 하드웨어 중심적이고 단위 장치별 연구에 국한되어 소프트웨어적으로 운영되어야 할 고도의 자치적 기능을 갖는 시스템 개발이 요청되고 있다. 즉 개별 하드웨어 장치들을 지능적으로 통합 관리함으로써 복잡하고 불안정한 전장환경에서도 고도의 자치적 기능을 수행할 수 있는 자치적 방어 시스템에 대한 접근이 요구된다[1,2].

자치적 시스템에 대한 연구는 이 분야의 개척자인 Saridis[3]로부터 출발하여 Saridis의 제한적 계층 구조를 다계층화시킨 Zeigler와 Chi의 모델베이스 구조에 이르기까지 많은 연구가 활발히 진행되고 있다. Zeigler와 Chi는 엔진기반 모델링 구조[4,5,6,7,8]를 제안한 바, 지식베이스 모델과 추론엔진 모델을 분리시킴으로써 자치 시스템 설계를 위한 모듈화 및 추상화 기법을 통해 이론적 프레임워크와 응용가능성을 제시한 바 있다. 최근에 Chi와 Kim에 의해서 발표된 확장된 내재원형 모델링 방법론[9]은 엔진기반 모델링 구조에 학습기능을 부여함으로써 시스템의 지능을 한단계 높이려는 시도를 한 바 있다. 한편, 최근 대두되고 있는 인공지능분야에서의 접근 또한 많은 연구가 진행되고 있는데, Brooks의 지능로봇 구조[10,11,12]는 상위계층에 필요로 하는 프래닝이나 인식 등의 개념은 고려되지 않은 채 다계

층 구조에서 소요되는 계산상의 부담을 줄이려는 방향으로 접근을 시도하였고, Maes는 기존의 인공지능 접근방법과 인공지능에서의 에이전트 중심 접근방법에 관한 전반적인 연구를 통해 자치적 기능 수행을 위한 원칙과 문제점을 제시[12,13,14,15]한 바 있다. 그러나, Zeigler와 Chi의 연구는 자치 시스템 연구의 이론적 프레임워크를 제시하였다는 점에서 높이 평가될 수 있으나 실질적 적용사례는 아직 제시된 바가 없다. 또한 Chi와 Kim에 의해서 제시된 확장된 내재원형 모델링 방법론은 학습기능의 추가를 통해 시스템의 지능도를 한단계 끌어올리긴 했으나 단일계층에서의 접근이었을 뿐 다계층 구조에서의 방법론과 응용가능성은 아직 검증되지 않은 상태이다. Brooks의 지능로봇 구조는 상위레벨의 프래닝이나 인식 등의 계층구조적 설계를 고려하지 않음으로써 제한적인 환경에서의 빠른 적응은 가능하지만 복잡하고 불안정한 환경에서도 적응을 할 수 있을지 검증되지 않은 상태이며, Maes의 연구는 아직까지 이론적 제시에 그칠 뿐이다. 따라서 본 연구에 있어서는 상기 연구자들의 이론적 연구 성과를 토대로 실제적인 환경에서의 적용 가능성을 보이고, 계층 구조적인 통합방법론을 통하여 복잡하고 불안정한 환경에서도 고도의 자치적 행위를 수행할 수 있도록 접근하였다.

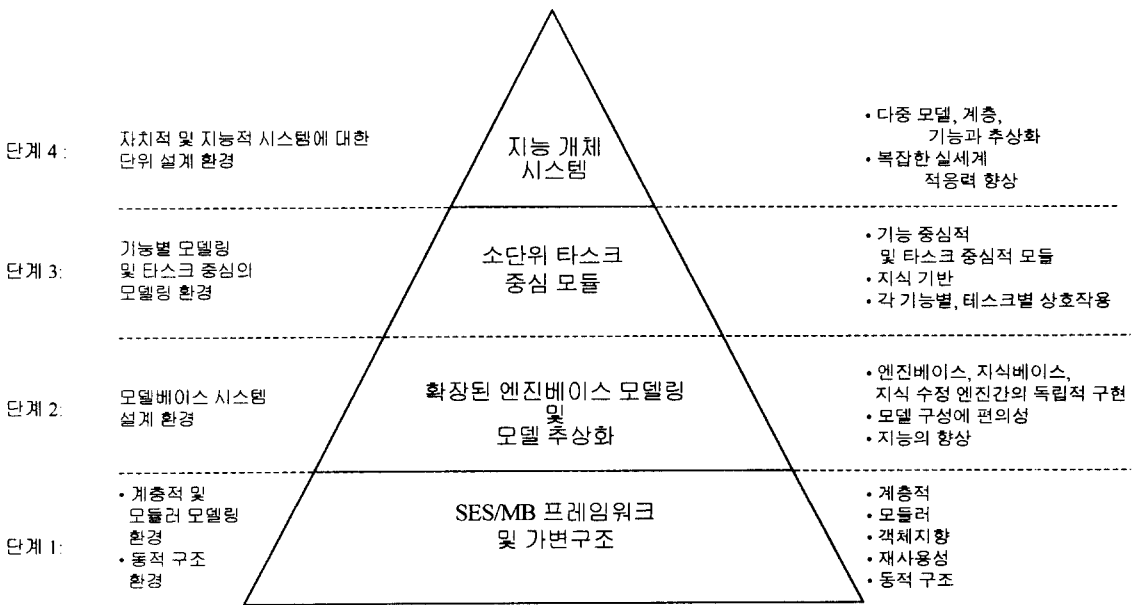
본 논문의 궁극적 목적은 의사결정(decision-making), 인식(sensory processing), 대응(action), 진단(diagnosis)등과 같은 자치적 기능들을 계층구조적으로 통합함에 의해 인간의 간섭 없이도 고도의 자치적 행위를 수행할 수 있는 능력을 부여함으로써 전투차량(전투기, 전차 등)에 대한 각종 위협으로부터 자치적 방어를 수행할 수 있는 자치적 능동방어 시스템 설계방법론의 제시에 있다. 따라서 본 연구를 통하여 기존의 능동방어시스템이 안고 있는 하드웨어 중심적 개념과 특정 위협에 대한 특정 대응이라는 시스템 설계 개념이 갖는 문제점들, 즉 여러 개의 위협이 동시 감지되는 상황에서 보다 지능적이고 유연성있는 의사결정을 할 수 없고 또한 급속도로 빠르게 변하는 위협요소에 능동적 대처가 불가능하다는 문제점들을 극복할 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문의 순서는 다음과 같다. 첫째 자치적 방어시스템 설계를 위한 4단계의 접근 방법론으로 System Entity Structure(SES), 엔진베이스 모델링과 추상화 개념, 태스크 중심의 모듈, 그리고 자치적 능동방어시스템에 대하여 각각 설명한 후, 응용사례로 자치적 전차시스템의 모델링 및 시뮬레이션 검증을 제시하고, 이어서 결론과 향후 연구방향에 대하여 논한다.

2. 모델베이스 설계 방법론

제안된 자치적 방어시스템은 <그림 1>과 같이 4단계의 시스템 설계 환경의 단계적 적용에 의해서 달성될 수 있다. 첫번째 단계(최하위 단계)로 System Entity Structure / Model base(SES/ MB) 프레임워크[16] 기반의 설계환경을 통해 계층구조적, 모듈러, 객체지향적 설계에 따른 모델들의 재사용성과 시스템 구현의 용이성을 제공한다. 두 번째 단계는 SES/MB 프레임워크를 토대로 모델베이스 시스템 설계 환경을 제공하는 엔진기반 모델링 개념과

모델 추상화 개념을 적용하는 단계이다. 모델베이스 시스템 환경이란 시스템이 구성해야 할 각종 자치적 기능들을 계층 구조상의 각 모델들에 탑재시키는 방법을 말하는데, 이를 통해 복잡한 적용 시스템의 설계시 구현의 용이성, 일관성, 재사용성, 계층구조화, 추상화 등의 기반환경이 제공될 수 있다. 엔진기반 모델링 개념이란 대상체의 지식에 의존적인 지식베이스 모델과 제어 대상체의 지식과 독립적인 추론엔진 모델을 서로 분리하여 설계함으로써 설계상의 용이점을 꾀하고자 하는 설계개념을 말한다 [8,9]. 세 번째 단계는 모델베이스 시스템 설계 환경을 토대로 지능적 태스크중심의 모델링 단계를 말한다. 즉, 자치적 능동 방어 시스템이 갖어야 할 기본적 기능들, 즉, 인식(Sensing), 계획(Planning), 제어(Control), 고장진단(Diagnosis) 기능들을 각각 독립적인 지능세포(IC : Intelligent Cell)로 구성하고, 이러한 IC들을 다시 하나의 태스크 단위로 묶어 지능단위체(IU : Intelligent Unit)를 구성한다. 여기서 IC는 엔진기반 모델링을 통해 구성되며, IU는 다시 네개의 IC로 구성된다. 따라서, 하나의 IU는 하나의 태스크에 대한



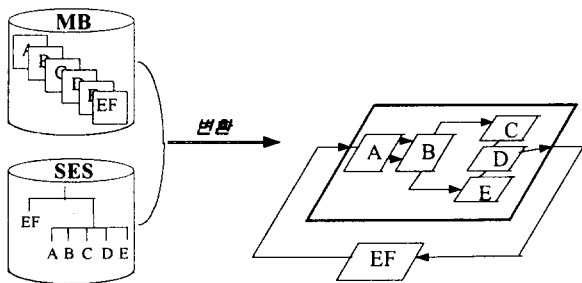
<그림 1> 모델베이스를 이용한 자치적 방어 시스템 접근방법

지능적인 수행을 담당하게 된다. 마지막 단계는 하위의 기반 환경들을 토대로 자치적 능동 방어 시스템 설계 환경을 구축하는 최종단계이다.

2.1. 단계1 : SES/MB

본 절에서는 자치적 능동방어 시스템 구축에 필요한 기반환경으로 SES/MB 프레임워크를 간략히 소개한다. SES/MB는 Zeigler에 의해 제안된 개념으로 시물레이션의 동역학적 방법론과 AI의 기호적 방법론을 체계적으로 통합함으로써 시스템 모델링 및 시물레이션 환경을 제공한다. SES/MB는 System Entity Structure와 Model Base의 두 구성원으로 이루어진다. SES는 시스템의 구조적 특성을 나타내는 것으로 선언적 성격을 가지며 구성관계, 구성원의 종류, 구성원들의 결합구조, 그리고 제약조건 등의 구조적 지식을 표현할 수 있는 수단을 제공한다[4]. MB는 시스템의 행위적 특성을 나타내는 것으로서 절차적 성격을 가지며 동역학적이고 기호적으로 행위를 표현할 수 있는 수단을 제공하는 모델들로 구성된다.[16,17,18]

<그림 2>는 SES/MB 개념의 예로서 MB에 저장된 행동적 모델(A, B, C, D, E, EF)들이 SES에 저장된 구조적 관계에 따라 변환 작용을 통해 통합되어 최종적인 시물레이션 모델로 구축되는 과정을 보여주고 있다. 여기서 실험장치(EF : Experimental Frame)의 개념은 생성된 시스템에 주어진 입력을 가하고 그 결과(출력)를 받아 볼 수 있는 성능분석용의 모델

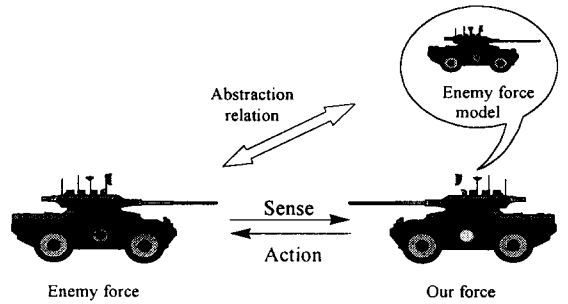


<그림 2> SES/MB 개념도

링 방법으로서, 모듈화된 시물레이션 테스트 환경을 제공한다[4,16,17,18].

2.2. 단계2 : 엔진기반 모델링 및 모델 추상화

Zeigler와 Chi는 내재원형 개념(endomorphism)을 이용한 지능시스템 설계 방법론을 제안하였는데, 이것은 <그림 3>에 나타난 바와 같이 지능 시스템(Our force)은 대상체(Enemy force)의 추상화된 모델(Enemy force model)을 가져야 한다는 개념이다. 즉, 지능시스템은 제어대상물에 대한 주요한 정보(추상화된 모델)를 가져야 한다는 것이다[3,18]



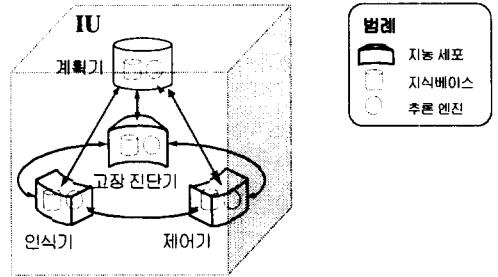
<그림 3> 내재원형 개념

이러한 내재원형 개념에 입각한 설계 방법론이 Zeigler와 Chi가 제안한 엔진기반 모델링 방법이다. 이 방법은 전문가 시스템 개념에서 도입된 것으로 대상체의 지식과는 독립적으로 설계 운용되는 추론 엔진(inference engine)과 대상체의 지식에 의존하는 지식베이스(knowledge base)로 구성된다. 여기서 추론엔진은 필요시 지식베이스를 참조하여 추론 알고리즘에 의해 최적의 결론을 도출해내는 알고리즘체로서, 이를 통하여 자치적 기능들에 대한 설계의 일관성 및 용이성을 제공할 수 있다. 즉, 엔진모델과 지식베이스 모델을 분리시킴으로써 시스템의 모듈화와 추상화를 보다 유연하게 할 수 있다. <그림 4>는 엔진기반 모델링 방법론에 의한 여러 자치적 기능들의 모델링 개념을 보여준다. 그림에서 원통모양의 모델들은 지식베이스를 나타내며, 실세계에 대한 지식(즉, 대상체에 대한 각종 정보들)들을 담게

된다. 각 기능별 지식베이스는 내재원형 개념에서 제안된 바와 같이 World 모델로부터 기능별로 추상화된 지식들로 구성된다. 타원형의 모델들은 추론엔진 모델로서, 지식베이스 모델을 알고리즘적으로 처리하여 최적의 결정을 도출해내는 역할을 담당한다 [4,5,6,7,8]

2.3. 단계3 : 태스크중심 모듈

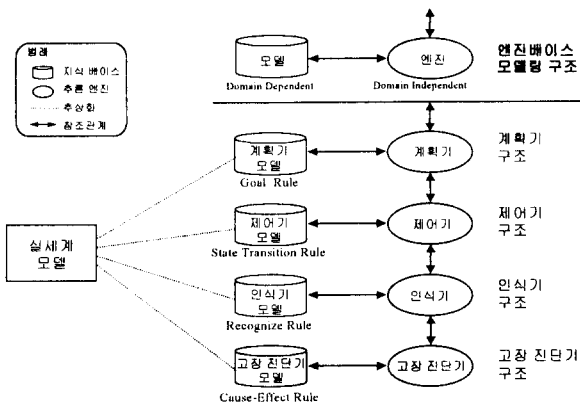
자치적 능동방어 시스템은 다계층의 지능단위체 (IU: Intelligent Unit)들로 구성되고, 이러한 각 지능단위체는 다시 각종 지능적 기능들을 수행하는 지능세포(IC: Intelligent Cell)들로 구성되어 기본적인 태스크(또는 장치)를 지능적으로 처리한다. 지능세포에는 인식기(Recognizer), 계획기(Planner), 제어기(Controller), 고장진단기(Diagnoser) 등을 들 수 있다.(그림 4와 그림 5 참조) 인식기는 센서장치나 하위레벨의 인식기로부터의 인식(Sensing) 정보를 다루며, 계획기는 인간의 전략적 명령이나 상위레벨의 계획기로부터의 전투전략을 토대로 대상체에 대한 전략적 계획을 관리하고, 제어기는 상위레벨의 제어기로부터의 제어명령을 처리한다. 마지막으로 고장진단기는 제어대상 장치나 하위레벨의 고장진단기로부터의 고장요청을 받아 고장원인을 찾아낸다. 이러한 각 지능세포들은 <그림 5>에서와 같이 지능단위체내에 유기적으로 결합되어 상호 정보교환을 통해 지능적으로 작업을 수행할 수 있다. 예를 들



<그림 5> 지능단위체(Intelligent Unit)와 지능세포(Intelligent Cell)

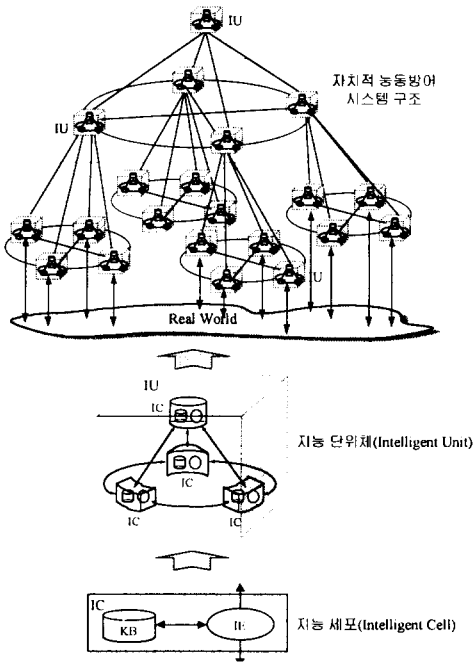
어, 센서로부터 들어온 적의 위협신호는 인식기를 통해 그 위협의 정도가 판단되며, 이 정보는 계획기의 전략계획에 반영되며, 필요시 제어기를 통해 대응장치를 작동시킬 수 있다. 또한 이러한 대응결과는 인식기를 통해 다시 확인케 되는데, 이때 예상된 인식정보와 다른 경우, 즉 장치의 결함이나 고장 등에 기인한 문제들은 고장진단기를 통해 그 원인이 파악될 수 있으며, 이는 다시 계획기를 통하여 고장원인을 제거하거나 또는 계획의 수정을 가할 수 있게 해 준다. 이러한 예는 물론 하나의 IU내에서의 경우이나, 필요시 추상화 관계를 갖는 상위 또는 하위레벨의 IU들과의 정보교환을 통하여 보다 상세한 정보의 수집 및 처리가 가능하다.

2.4. 단계4 : 자치적 방어 시스템

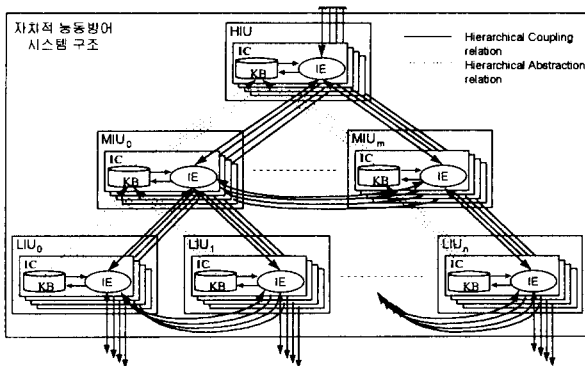


<그림 4> 엔진기반 모델링 개념.

<그림 6>은 엔진기반 모델링 개념을 토대로 추상화 관계를 통해 계층구조적으로 형성된 자치적 능동방어시스템 설계 방법론을 보이고 있다. 최하위의 지능세포 모델들은 각 기능별 지식베이스와 이에 따른 추론엔진으로 구축되는데, 이들은 다시 추상화 과정을 통해 동일한 형태의 상위레벨로 구축된다. 그림에서 지능단위체는 인식, 계획, 제어, 고장진단기 등의 IC들을 갖는 통합체로서 하나의 태스크를 지능적으로 수행할 수 있는 기본 단위체를 말하며 이러한 단위체들의 계층구조적 통합에 의해 전체 시스템이 구성된다.



<그림 6> 엔진기반 모델링 및 자치적 능동 방어 시스템 개념도



<그림 7> 자치적 능동 방어 시스템의 계층적 결합관계 및 추상화 개념도

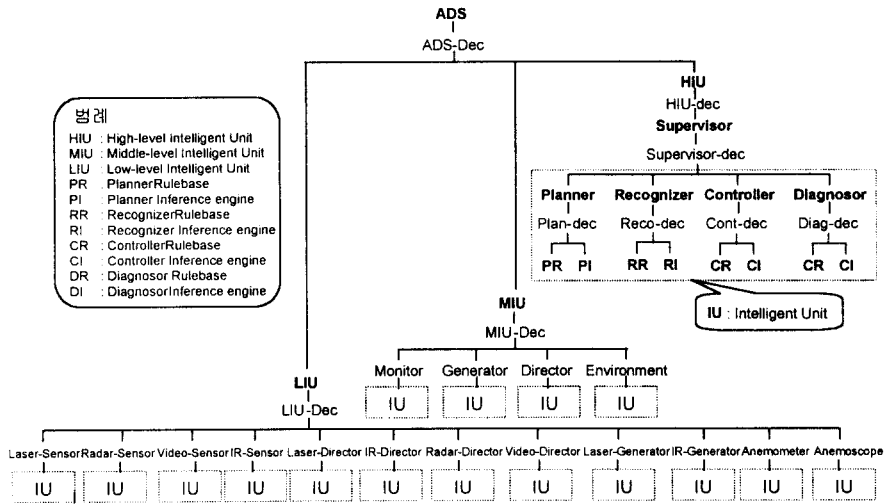
즉, 엔진기반 모델링 개념에 의해 설계되어진 IC들은 그림 7에서와 같이 계층구조적 추상화 관계에 의해 각 계층별로 구성되어, 상위레벨은 하위레벨을 관리하는 기능을 담당하고, 최하위레벨은 대응된 각

종 장치들을 관리하게 된다. 좀더 구체적으로 예를 들면, 하위레벨 지능단위체(LIU)를 구성하고 있는 지능세포들의 지식베이스는 중간레벨 지능단위체(MIU)를 구성하는 지능세포의 지식베이스로 추상화 되고 (즉, 하위의 주요 정보만을 갖는다.) 이것은 다시 최상위레벨의 지능단위체(HIU)의 지식베이스로 추상화됨으로써 시스템의 계층구조적인 의사결정이 달성될 수 있다. 여기서 제시한 하위, 중간, 상위의 세 레벨은 고정된 것이 아니며 대상시스템의 범위에 따라 다양한 레벨로 전개될 수 있다.

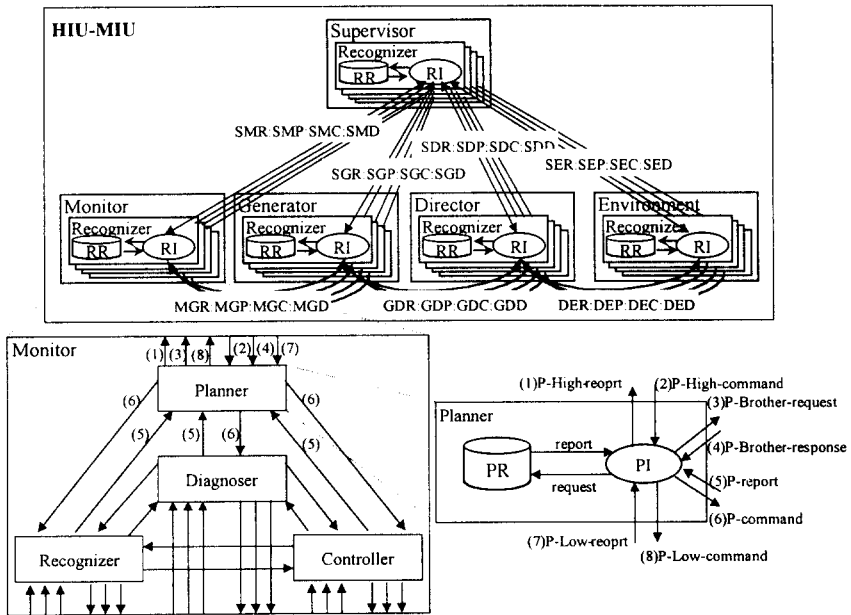
3. 사례연구 : 자치적 전차 시스템

제안된 방법론은 C++ S/W환경으로 구현된 전차 시스템 모델에 적용되었으며 시물레이션 테스트를 통하여 그 타당성을 검증하였다. 그림 8은 SES로 표현된 자치적 전차시스템을 보이고 있다. 구현된 자치적 전차시스템은 상위레벨의 지능단위체(HIU)인 최고관리자(Supervisor), 중간레벨의 지능단위체(MIU)로 위협에 대한 모니터링을 담당하는 인식기능 전담자(Monitor), 위협의 방향에 대하여 각종 장치들의 방향을 조절하는 방향 조절자(Director), 위협에 대한 대응 장치(무기)를 관리하는 발생기(Generator), 그리고 적으로부터의 위협환경들을 담당하는 환경정보 수집기(Environment) 등으로 구성된다. 그리고 실질적인 H/W 장치들과 대응되는 하위레벨 지능단위체(LIU)들(Laser-Sensor, IR-Sensor, IR -Generator 등)로 구성하였다. 또한 각각의 IU들은 네 개의 IC들로 구성되도록 모델링하였다. 결과된 시물레이션 모델 구조와 이들간의 결합관계는 그림 9와 같다. 그림에서 최고관리자(Supervisor)의 인식기(Recognizer)에서 중간레벨의 인식담당 지능단위체(Monitor)의 인식기(Recognizer)로의 결합관계는 SMR로 표시하였고 그 반대 방향으로의 결합관계는 MSR로 표시하였다.

자치적 전차 시스템에 대한 시물레이션 테스트를 위하여 그림 10과 같이 실험장치(Experiment Frame)를 구성하였다. EF의 구조는 그림에서와 같



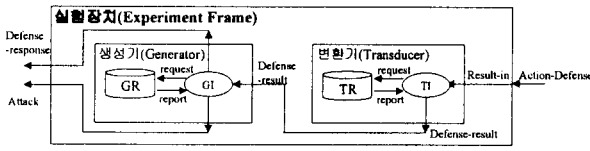
<그림 8> 자치적 전차시스템의 SES



<그림 9> HIU-MIU의 시물레이션 모델

이 전차시스템에 대한 위협을 발생시키는 발생장치 (Generator)와 전차시스템으로부터의 대응을 받아들이고 분석하고 출력하는 변환장치(Transducer)로 구

성되는데, 각 장치들은 엔진기반 모델링 기법에 의해 구축되었다. 구성된 EF는 그림 9의 시물레이션 모델과 결합되어 시물레이션이 진행된다.



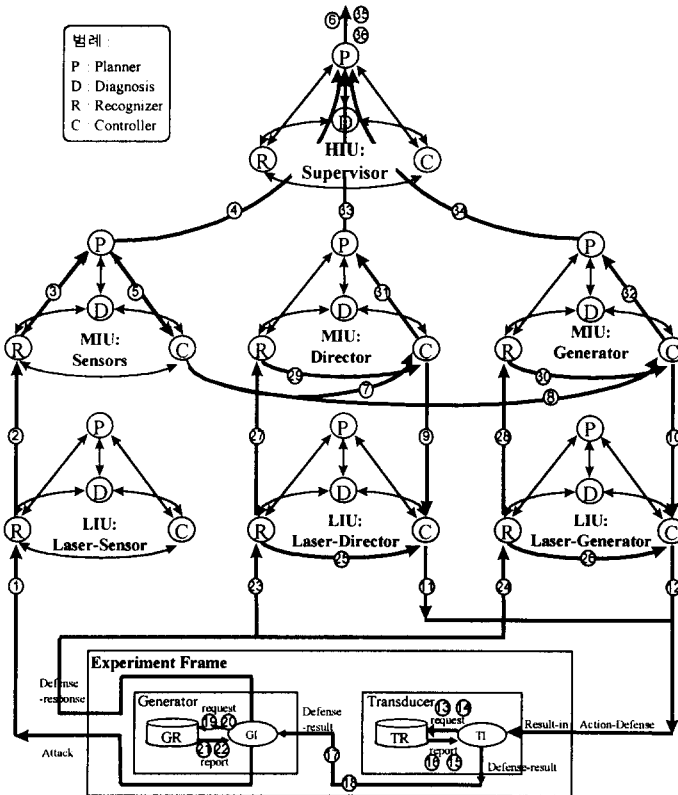
<그림 10> 자치적 전차시스템의 시뮬레이션을 위한 실험장치 모델

자치적 전차시스템의 시뮬레이션 테스트를 위하여 다양한 시나리오에 따른 실험들이 성공적으로 진행되었으나, 본 논문에서는 제한된 지면관계로 다음과 같은 간단한 시나리오의 경우를 설명한다.

시나리오 : 적군의 전차가 1.4KM의 거리, 아군차량의 전방으로부터 135도 방향에서 아군의 전차를 공

격하기 위한 레이저 거리측정기(LRF : Laser Range Finder)로 조준을 시도하는 경우.

이러한 위협상황에 대한 시뮬레이션 결과는 다음과 같다. 아군 차량의 레이저 센서가 적의 LRF를 인식하여 중간레벨의 인식기(Monitor)에게 인식결과를 보고한다. 인식기는 인식된 정보를 분석하여 적의 위협정도를 심각한 것으로 판단하여 계획기를 통해 즉각적인 대응 전략을 결정하여 인간 지휘관에게 보고함과 동시에 레이저 교란을 위한 제어명령을 내린다. 제어명령은 대응 대상의 방향에 대한 방향전달자(Director)와 발생장치(Generator)에게 전달되어진다. 이들은 각각 자신의 하위레벨에 있는 레이저 발생기에 대한 방향기(Laser-director)와 발생기(Laser-generator)에게 제어명령을 보내 상세한 제



<그림 11> 시나리오의 시뮬레이션 중 데이터 흐름도

<표 1> <그림 11>의 데이터 흐름에 따른 값의 변화표

NO	Value
1	(LRF 1400 135 300 45)
2	(LASER_SESNOR MONITOR LRF DANGER MHIGH SEAST MHIGH MIDDLE)
3	(LASER_SESNOR PLANNER LRF DANGER MHIGH SEAST MHIGH MIDDLE)
4	(LASER_SESNOR SUPERVISOR LRF DANGER MHIGH SEAST MHIGH MIDDLE)
5	(LASER_GENERATOR False-Laser-Signal SINGLE LRF DANGER SEAST MIDDLE)
6	(LASER_GENERATOR COMMANDER LRF DANGER MHIGH SEAST MHIGH MIDDLE)
7	(DIRECTOR LASER_DIRECTOR 0.1 False-Laser-Signal DANGER MHIGH MIDDLE)
8	(GENERATOR LASER_GENERATOR 0.1 False-Laser-Signal DANGER SEAST MIDDLE)
9	(LASER_DIRECTOR 0.1 False-Laser-Signal DANGER SEAST MIDDLE)
10	(LASER_GENERATOR 0.1 False-Laser-Signal DANGER SEAST MIDDLE)
11	(LASER_DIRECTOR 135 50)
12	(LASER_GENERATOR MIDDLESTRONG)
13	(LASER_DIRECTOR 135 50)
14	(LASER_GENERATOR MIDDLESTRONG)
15	(LASER_DIRECTOR OK)
16	(LASER_GENERATOR OK)
17	(LASER_DIRECTOR OK)
18	(LASER_GENERATOR OK)
19	(LASER_DIRECTOR OK)
20	(LASER_GENERATOR OK)
21,23, 25,27, 29	(RESPONSE LASER_DIRECTOR 0.03)
22,24, 26,28, 30	(RESPONSE LASER_GENERATOR 0.06)
31,33, 35	(LASER_DIRECTOR DEFENSE-OK)
32,34, 36	(LASER_GNERATOR DEFENSE-OK)

어명령을 도출한 뒤 대응을 시작한다. 응결과는 다시 각각의 인식기를 통하여 확인되는데, 제어기가 갖고 있는 대응 예상 징후들과 인식된 실제결과와의 비교를 통해 대응에 대한 성공여부를 판단한다. 또한 이러한 결과는 상위레벨의 계획기를 통해 최고 의사결정권자인 인간에게 보고된다. 그림 11은 시뮬레이션 진행과정별 데이터 흐름도를 순차적으로 설명하고 있으며, 각 과정에 대한 구체적인 데이터 값은 표1에 있다. 표에 나타난 바와 같이 하위레벨로부터의 데이터들은 구체적인 수치데이터를 중심으로 구성되는데, 상위레벨로 갈수록 기호적 데이터로 추상화됨을 알 수 있다. 또한 상위레벨로부터 하위레벨로의 흐름은 역으로 상세화됨을 보이고 있다.

4. 결론 및 향후 연구

기존의 능동방어시스템은 하드웨어 중심의 설계와 특정 위협에 대한 특정 대응에 의한 접근으로서

여러 개의 동시 다발적 위협이 감지되는 상황에서 지능적이고 유연성있는 의사결정을 할 수 없고, 급속도로 빠르게 변하는 위협요소에 대한 능동적 대처가 불가능하다는 문제점을 안고 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하고자 SES/MB 프레임워크, 내재원형 개념, 엔진기반 모델링, 계층구조적인 추상화 원칙 등의 첨단 모델링 방법론을 도입함으로써 복잡하고 불안정한 전장 환경에서도 고도의 지능적 기능을 수행할 수 있는 자치적 방어 시스템을 위한 설계 방법론을 제안하였다. 제안된 4단계의 방법론은 다음과 같은 장점을 갖는다. 첫째 유전 알고리즘이나 신경회로망 등과 같은 접근 방법론이 갖는 계산상의 오버헤드를 필요로 하지 않고, 실시간 시스템의 요구조건을 보다 충족시킬 수 있도록 다중모델(Multiple models), 다중추상화(Multiple abstraction), 다중계층(Multiple layers), 다중기능(Multiple functions)을 제공한다. 둘째 객체 지향적 모듈화 중심의 설계 방법으로서 구현이 용이하며, 재사용성이 용이하다. 셋

제 인식, 판단, 제어, 고장진단 등의 기능적 분할과 계층구조적인 추상화 설계로 보다 지능적 의사결정을 수행함과 동시에 개발의 용이성, 계산의 단순성을 제공한다. 제안된 방법론은 C++ S/W환경에서 구현된 전차시스템 설계에 성공적으로 적용함으로써 그 타당성을 검증하였다. 따라서 방어시스템 설계자들은 본 논문에서 제안하는 설계 방법론을 토대로 실질적인 문제에 접근할 수 있을 것이며 또한 제안된 시뮬레이션 환경 및 도구들을 이용하여 실질적인 구현에 앞선 시뮬레이션 검증에도 효과적으로 대처해 나갈 수 있을 것으로 기대된다. 앞으로도, 인공생명기법을 이용한 학습기능의 도입 등을 통해 보다 지능적인 시스템으로의 확장을 고려한 연구가 계속되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] D.J. Laflam, A. Raj, R.G. Paquette and S.K. Gupta, Application of stealth technologies to high-speed patrol craft, J. of Electronic Defense Supplement, pp. 65-70, Jan., 1996.
- [2] N.L. George, Future challenges to ballistic missile defense, IEEE Spectrum, 1997.
- [3] G.N. Saridis, Intelligent robotic controls, IEEE Trans. On Auto. Control, AC-28, No.5, 1983.
- [4] S.D. Chi, *Modeling and Simulation for High Autonomy Systems*, Ph. D. Dissertation, Univ. of Arizona, 1991.
- [5] B.P. Zeigler, S.D. Chi, and F.E. Ceiller, Chapter 3: Model-based architecture concepts for autonomous system design and simulation, In: *Introduction to Intelligent and Autonomous Control*, Kluwer Pub., 1992.
- [6] B.P. Zeigler and S.D. Chi, Hierarchical systems architecture for artificial intelligence, *Proc. on 34th Int. Soc. System Sciences Conf.*, Portland, July, 1990.
- [7] B.P. Zeigler and S.D. Chi, DEVS-based intelligent control: space-adapted mixing system example, *J. Cybernetics and Systems*, Vol. 25, No. 3, pp. 471-510, 1994.
- [8] S.D. Chi and B.P. Zeigler, Hierarchical model-based designs for high autonomy systems, *J. Intelligent and Robotic Systems*, vol. 9, pp. 193-203, 1994.
- [9] S.D. Chi and Kim, Y.K., Endomorphic modeling of intelligent systems : intelligent card game player, Proc. On IEEE SMC, Vancouver, Canada, 1995.
- [10] R.A. Brooks, A robust layered control system for a mobile robot, IEEE Trans. on Robotics and Automation, RA-2, April, 1986.
- [11] R.A. Brooks, Intelligence without reason, computers and thought lecture, Proc. of IJCAI-91, Sidney, Australia, 1991.
- [12] J.P. Müller, *The Design of Intelligent Agents*, Springer press, Germany, 1996.
- [13] P. Maes, Modeling Adaptive Autonomous Agents, *Artificial Life*, edited by C. Langton, Vol. 1, No. 1 & 2, pp. 135-162, MIT Press, 1994.
- [14] P. Maes, How to Do the Right Thing, Connection Science Journal, Vol. 1, No. 3, pp.291-323, December 1989.
- [15] P. Maes, *Designing Autonomous Agents*, Cambridge, MIT Press, 1993.
- [16] B.P. Zeigler, *Object-oriented Simulation with Hierarchical, Modular Models : intelligent Agents and Endomorphic Systems*, Academic press, 1990
- [17] B.P. Zeigler, *Multifaceted Modeling and Discrete Event Simulation*, Academic Press, 1984.
- [18] B.P. Zeigler, *Theory of Modelling and Simulation*, New York. Wiley, 1976.

● 저자소개 ●



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



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

관심 분야 : 지능시스템 디자인 방법론, 교통모델링, 모델기반 추론, 이산사건 시스템 모델링 및 시뮬레이션, 시뮬레이션 기반 인공생명 등임