

# 이산 사건 시스템 형식론 기반 지능형 가상 에이전트의 기계 학습 프레임워크

최선한\*, 최창범\*, 김탁곤\*

## Machine learning framework of intelligent virtual agent based on discrete event system specification

SeonHan Choi, ChangBeom Choi, Tag Gon Kim

---

### Abstract

As more and more the virtual world has advanced, necessity of intelligent virtual agent (IVA) who interacts with users came to the fore. To make users be immersed deeply in virtual world, the IVA needs ability of natural interaction with users such as natural conversation, emotion realization, and so on. For this, integrated artificial intelligent is required. To implement integrated artificial intelligent, combining various machine learning algorithms (MLA) is needed. For this, interface between different MLA and framework for learning of MLA is required. So, this paper suggests machine learning framework of IVA based on discrete event system specification (DEVS). This framework designs various MLAs, defines interface between various MLAs, and manages learning and execution of the MLAs using DEVS.

---

**Key Words** : 통합적 지능, 기계 학습, 이산 사건 시스템 형식론, 지능형 가상 에이전트

---

\* 한국과학기술원 전기 및 전자 공학과

### 1. 서론

세컨드 라이프(Second Life)와 같은 3차원 기반의 온라인 가상세계가 점점 성장함에 따라서 가상세계 내에서 사용자들과 상호작용할 수 있는 지능형 가상 에이전트 (IVA: Intelligent Virtual Agent)의 필요성이 대두되었다[1]. 이 IVA는 가상 세계상에서 사용자 간의 소통을 매개로 하는 다양한 콘텐츠들을 서비스하는 통로로 사용되며, 이런 IVA의 개발 및 활용을 지원하기 위한 이산 사건 시스템 형식론 (DEVS: Discrete Event System Specification)을 사용한 IVA 프레임워크가 제안되고 구현된바 있다[2].

사용자들이 가상세계에 좀 더 몰입감을 느낄 수 있도록 콘텐츠를 제공하는 IVA는 사용자와의 자연스러운 상호작용 능력이 필요하며 이를 위해 IVA는 자연어 대화 능력, 감정의 인식과 표현 능력, 행동 계획 능력 등 다양한 학문들의 통합된 종합 지능이 요구된다.

이런 IVA의 요구사항을 충족하기 위해서는 각 학문 분야에 특화된 기계 학습 알고리즘 (MLA: Machine Learning Algorithm)들을 통합해서 적용할 필요성이 있다. 다양한 MLA들을 통합해서 적용하기 위해서는 각 알고리즘 간의 융합을 위한 인터페이스 정의와 각 알고리즘의 실행과 학습을 지원하기 위한 틀이 필요하다.

본 논문에서는 이를 위한 DEVS 형식론에 기반한 IVA의 기계 학습 프레임워크를 제안한다. 본 프레임워크에서는 DEVS 형식론의 원자 모델과 결합 모델을 통하여 MLA를 표현하고, DEVS 형식론 기반의 통합 인터페이스를 제안한다. 또한 통합된 MLA들의 실행을 지원하기 위하여 DEVS 형식론의 시뮬레이션 알고리즘을 사용하며, 이들의 학습을 지원하기 위한 학습 프레임워크를 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는

배경지식으로 DEVS 형식론과 DEVS 형식론을 사용한 IVA 프레임워크[2]에 대하여 소개한다. 3장에서는 DEVS 형식론에 기반한 IVA 기계 학습 프레임워크를 제안하고 4장에서는 간단한 MLA인 퍼셉트론을 통한 사례 연구를 시행한다. 그리고 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

### 2. 배경지식

#### 2.1 DEVS 형식론[3][4]

DEVS 형식론은 이산사건 시스템의 모델링 틀로서 집합론에 근거한 형식론이며 원자 모델(Atomic Model)과 결합 모델(Coupled Model)을 사용하여 시스템을 계층적으로 모듈화 하여 표현한다. 원자모델은 더 이상 분해할 수 없는 컴포넌트로 그림 1과 같이 3개의 집합과 4개의 함수로 표현 한다. 결합 모델은 다양한 원자 모델 혹은 결합 모델들의 결합체이며 내부와 외부 연결 관계를 통해 모델들 간의 관계를 표현할 수 있다.

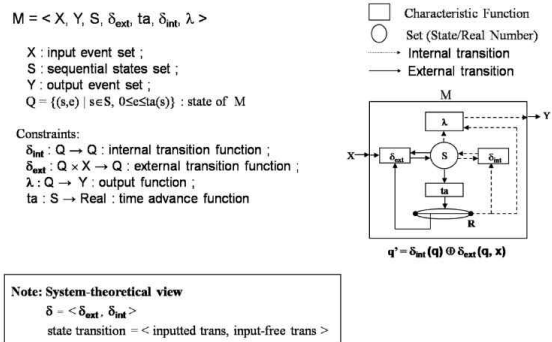


그림 1. 원자 DEVS 모델 형식론[3]

원자 모델과 결합 모델로 시스템을 표현하는 DEVS 형식론의 계층적이고 모듈화한 표현 방법을 적용하면 본 논문에서 제안하고자 하는 통합된 MLA를 쉽게 표현할 수 있다. 각각의 MLA들을 원자 모델, 혹은 결합 모델

로 표현할 수 있으며, 이렇게 표현된 MLA들을 결합하여 하나의 통합된 MLA 결합 모델을 만들 수 있다. 3장에서 좀 더 자세하게 설명하도록 한다.

## 2.2 IVA 프레임워크[2]

DEVS를 사용한 IVA 프레임워크는 DEVS 형식론의 모듈러하고 계층적인 특징을 활용하여 IVA의 동작을 수행하게 하며, 기능과 목적에 따라 세부 모델로 나뉘어진 원자 모델과 이들을 계층적으로 관리할 수 있는 결합 모델로 표현된다. 그림 2는 IVA 프레임워크의 개념도이다.

그림 2의 IVA 프레임워크는 크게 IVA의 구성 요소를 인식, 판단, 행위 라는 결합 모델로 정의하며, 이 결합 모델들은 각각 감정, 학습 등의 다양한 원자 모델로 구성되어 있다. 따라서 콘텐츠를 기획하는 사람은 필요에 따라 IVA 프레임워크를 구성하는 세부 모듈을 재사용 하여 다양한 콘텐츠를 제공하는 IVA 서비스를 제공할 수 있다.

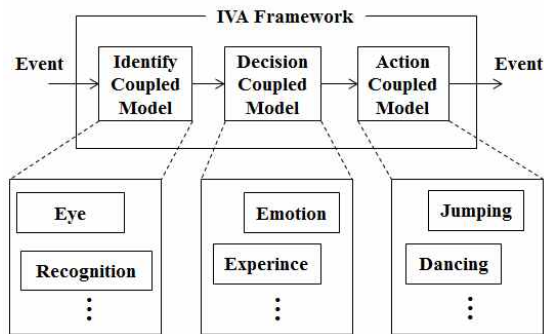


그림 2. IVA 프레임워크 개념도

사용자와의 자유로운 상호작용이 가능하며 통합된 지능을 가진 IVA를 개발하기 위해서는 IVA 프레임워크의 다양한 행동들을 지원하는 행위 모델과, 통합된 지능을 제공하는 인식 및 판단 모델을 조합해야 한다.

이런 통합된 지능을 구현하기 위해서는 다양한 MLA를 통합하여 적용해야 하지만 기 제안된 IVA 프레임워크에서는 다양한 MLA를 통합하고 학습하여 사용할 수 있게 하는 틀이 제공되지 않았다.

따라서 본 논문에서는 IVA에 요구되는 통합된 종합 지능을 만족하기 위해 기 제안된 IVA 프레임워크에서 인식 모델과 판단 모델에 적용되어 사용될 수 있는 통합된 MLA 모델을 제시하고, 이 통합된 MLA 모델의 실행과 학습을 지원하는 DEVS 형식론 기반의 IVA 학습 프레임워크를 제안한다.

## 3. DEVS 형식론 기반 IVA 학습 프레임워크

DEVS 형식론 기반의 IVA 학습 프레임워크는 크게 3가지 모델로 구성되어 있다. 그림 3에서 보는 바와 같이 학습 데이터를 생성하는 Gen 원자 모델과, 결과 값에 대한 피드백을 통하여 학습을 하고 결과를 분석하는 Trans 원자 모델, 그리고 여러 개의 MLA로 구성되어 있는 Integrated MLA 결합 모델로 구성된다.

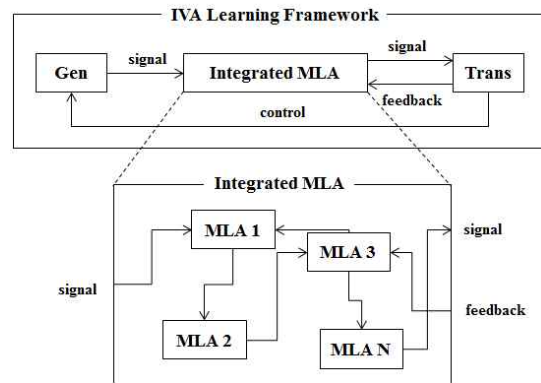


그림 3. IVA 기계 학습 프레임워크

### 3.1 Gen 원자 모델

Gen 원자 모델은 다양한 방법으로 다양한 학습 데이터를 생성한다. 학습 데이터를 생성하는 방법은 학습 시킬 Integrated MLA의 종류와 학습 방법 및 목적, 학습 데이터에 따라 달라질 수 있으며 다양한 데이터 생성 알고리즘을 적용할 수 있다. 또한 생성된 학습 데이터를 통하여 동일한 Integrated MLA를 다양한 결과를 낼 수 있도록 학습시킬 수 있다.

### 3.2 Integrated MLA

Integrated MLA 결합 모델은 MLA 원자 모델과 MLA 결합 모델들로 구성된다. 이산 사건 시스템, 이산 시간 시스템을 표현할 수 있는 DEVS 형식론의 표현력[4]과 모듈러한 구조를 가지는 장점을 통하여 인공신경망(ANN: Artificial Neural Network), Fuzzy 집합 기반 학습, 확률 기반 학습 알고리즘 등 다양한 MLA 들을 원자 모델과 결합 모델로 표현이 가능하다.

DEVS 형식론의 결합 관계 (Coupling Relation)[4]은 다양한 MLA 모델간의 통합을 위한 인터페이스를 제공한다. 사용자는 이 인터페이스를 사용하여 지능 구현의 목적에 맞게 선택한 MLA 모델들을 쉽게 통합하여 Integrated MLA 모델을 구현할 수 있다.

또한 잘 정의된 형식론인 DEVS 형식론으로 구현된 Integrated MLA 모델은 모델의 검증에 있어서 장점을 가진다[6]. 따라서 이를 통한 정확한 Integrated MLA 모델의 개발이 가능하다.

### 3.3 Trans 원자 모델

Trans 원자 모델은 다양한 방법으로 Integrated MLA 모델의 출력에 대한 피드백을 주며, Integrated MLA는 이 피드백 입력에 대하여 학습을 진행한다. 예를 들어 다층 신경망에서는 이 피드백 입력이 목표 결과 값

과의 차로 주어지며, 이 피드백 입력에 대하여 '역전파 알고리즘'이라는 알고리즘으로 학습을 진행한다[7]. Trans 모델은 피드백의 종류와 강도 등을 자유롭게 조절할 수 있으며 이에 따라 Integrated MLA의 다양한 학습 결과를 이끌어낼 수 있다.

또한 Trans 원자 모델은 Integrated MLA가 목표 결과값에 도달할 수 있도록 Gen 원자 모델의 학습 데이터 생성을 제어할 수 있다. 이를 통하여 좀 더 빠르고 정확한 학습이 가능하다.

IVA 학습 프레임워크의 실행은 DEVS 형식론의 시뮬레이션 알고리즘으로 수행된다. 이 알고리즘은 Integrated MLA 모델 내의 다양한 MLA 모델들 간의 데이터를 동기화시키고 이들의 실행 순서를 결정한다.

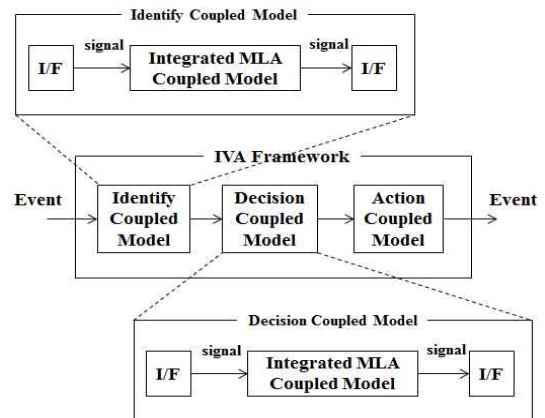


그림 4. Integrated MLA 적용

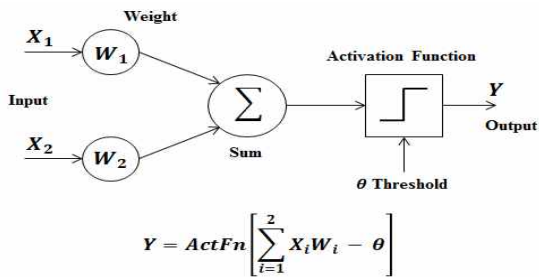
사용자는 IVA 학습 프레임워크를 통하여 사용자의 목적에 맞는 Integrated MLA를 쉽게 구현할 수 있으며, Gen 원자 모델과 Trans 원자 모델을 통하여 사용자가 원하는 결과값을 낼 수 있도록 다양한 방법으로 학습시킬 수 있다. 또한 DEVS 형식론으로 구현된 Integrated MLA은 그림 4에 보는 바와 같이

DEVS 형식론을 통한 IVA 프레임워크의 인식 및 판단 결합 모델에 적용이 가능하다. 이를 통하여 IVA의 요구되는 통합적 지능을 구현할 수 있으며, IVA의 다양한 행동을 표현하는 행위 결합 모델과 결합하면 다양한 행동이 가능한 IVA 구축이 가능하다.

추가적으로 제안하는 IVA 기계 학습 프레임워크는 새롭게 제안된 MLA들을 테스트하고 검증할 수 있는 테스트 환경을 제공하며 여러 MLA들을 통합한 새로운 개념의 복합적 지능 알고리즘을 제안할 수 있는 기반을 제공한다.

#### 4. 사례 연구

본 장에서는 간단한 MLA인 퍼셉트론을 DEVS 형식론으로 모델링하고 제안한 IVA 학습 프레임워크로 AND 연산자를 학습한 뒤, 학습 결과를 제시한다.



[그림5] 입력 노드가 두 개인 단층 퍼셉트론

#### 4.1 퍼셉트론[8]

1958년 프랭크 로젠블랫 (FrankRosenblatt) 이 제안한 알고리즘으로 신경망의 가장 간단한 형태이다. 조정 가능한 시냅스 가중치와 하드 리미터를 포함한 단일 뉴런으로 구성된다. [그림5] 는 입력 노드가 두 개인 단층 퍼셉트론을 보여준다.

#### 4.2 모델 구현 및 학습

이 퍼셉트론을 DEVS 형식론을 통하여 원자 모델로 그림 6과 같이 모델링 할 수 있다 [5]. 이 모델은 WAIT, PROPA, LEARN의 3 가지 상태를 가지고 있으며 PROPA 상태에서는 입력 벡터에 대하여 퍼셉트론의 출력값을 낸다. LEARN 상태에서는 입력된 오차값에 대하여 가중치를 수정하고, 수정된 가중치와 오차기울기를 출력으로 내보낸다.

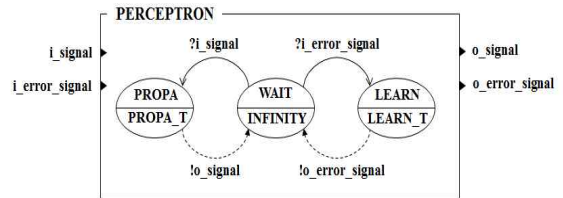


그림 6. 퍼셉트론 원자 모델

학습에 사용할 퍼셉트론의 파라미터 값은 다음과 같다[7].

- 활성화 함수: Step Function
- 임계값: 0.2
- 학습률: 0.1
- 초기 가중치:  $w_1 = 0.3, w_2 = -0.1$
- 학습 데이터 및 목표 값 (AND연산학습)

$X_1$	$X_2$	$Y$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

모델링한 퍼셉트론 MLA 모델을 학습 프레임워크 내의 Integrated MLA 모델 내에 위치시키고 결합 관계를 통하여 모델을 결합한다. 그리고 Gen 모델을 통하여 위의 학습 데이터를 발생시키고 Trans 모델을 통하여 목표 값과 Integrated MLA 모델 출력값의 차이를 feedback 으로 돌려주면서 퍼셉트론 MLA 모델을 학습시킨다.

### 4.3 학습 결과

제안한 프레임워크를 통하여 위의 파라미터 값과 학습 데이터로 학습한 퍼셉트론의 가중치 변화와 목표 출력에 대한 오차 제곱 합 (SSE: Sum of the squared errors)의 그래프는 그림 7과 같다.

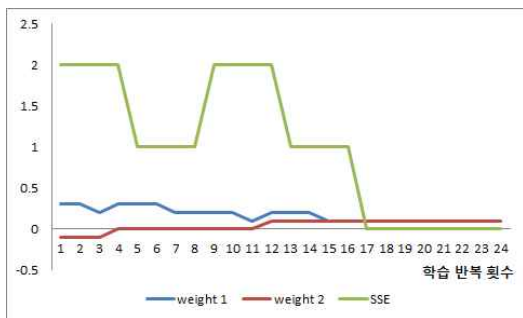


그림 7. 퍼셉트론의 학습 결과

위의 그래프를 통하여 학습 반복 횟수가 16 회일 때 학습이 마무리 된 것을 볼 수 있으며, 17회 때부터는 입력에 대하여 목표 출력을 정확하게 생성하는 것을 볼 수 있다.

### 5. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 IVA의 통합된 지능을 구현하기 위하여 여러 가지 MLA들을 구현하고 통합하는 방안을 제시하였으며 이를 실행하고 학습하기 위한 IVA 기계 학습 프레임워크를 제안하였다.

사용자는 이를 통하여 사용자의 목적에 맞는 Integrated MLA를 쉽게 모델링할 수 있으며, Gen 원자 모델과 Trans 원자 모델을 통하여 사용자가 원하는 결과값을 낼 수 있도록 다양한 방법으로 학습 시킬 수 있다. 그리고 학습한 Integrated MLA 모델을 IVA 프레임워크의 인식 및 판단 결합 모델에 적용하고, IVA 프레임워크의 행위 결합 모델과 결합하

면 통합적인 지능을 가진 자연스러운 상호작용이 가능한 IVA 구축이 가능하다.

향후 연구로는 본 논문에서 제안한 프레임워크를 확장하여 IVA의 상위 개념인 Agent 모델링에도 적용할 수 있도록 한다.

### Acknowledgement

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2009년도 문화콘텐츠산업기술지원사업의 연구결과로 수행되었음

### 참고문헌

- [1] 이완복, “가상세계 동향,” 한국콘텐츠학회지 제 7권 제 4호, pp.2 - 140, 2009년 12월.
- [2] 최창범, 권세중, 김탁근, 박왕배, 최재완, 김수환, “이산사건 시스템 명세를 이용한 지능형 가상 에이전트 프레임워크 구현,” *대한전자공학회 '12 하계 학술대회*, pp.894-897, 2012년 6월.
- [3] 김탁근, “모델링 시뮬레이션 공학(M&S Engineering),” 정보처리학회 논문지, Vol. 14, No. 6, pp.3-17, 2007년 11월.
- [4] Bernard P. Zeigler, Herbert Praehofer and Tag Gon Kim, *Theory of Modelling and Simulation (2nd Edition)*, Academic Press, 2000.
- [5] Tag Gon Kim, *DEVSImHLA User's Manual*, 2009. Available: <http://smslab.kaist.ac.kr>
- [6] 송해상, 김대현, 김 탁 근, “DEVS Bisimulation: 이산사건 시스템의 계층적 검증 방법,” *한국시뮬레이션학회 춘계 학술대회*, 서울, pp. 43-49, 1997년 11월.
- [7] Michael Negnevitsky, *Artificial Intelligence (2nd Edition)*, Addison-wesley, 2005
- [8] Rosenblatt, F. (1960). The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain, *Psychological Review*, 65, 386-408