

Master ADU 전략 수립을 위한 유전자 알고리즘과 셀룰라 오토마타 혼합 학습

Learning by combining Genetic Algorithm and Cellular Automata to plan Master ADU Strategy

윤효근, 이상용*

공주대학교 컴퓨터공학과, 공주대학교 정보통신공학부

Hyo-Gun Yun, Sang-Yong Lee

Dept. of Computer Engineering, Division of Information & Communication Engineering, Kongju National University

E-mail : kosher@kongju.ac.kr

요 약

컴퓨터 전략 시뮬레이션 게임 설계에서는 Master ADU(Artificial Decsion Unit)의 전략 수립을 위한 방법으로 다양한 기법들이 연구되고 있다. 특히 한정된 자원 하에서 게임을 사실적이고 지적인 기능을 구현하기 위해 치팅(Cheating)을 활용하거나 간단한 인공지능 기법이 적용되고 있다. 하지만 이 기법들은 사용자 적응성 및 전략 수립의 단순성을 야기하는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 전략 시뮬레이션 게임의 전략 수립 에이전트인 Master ADU(Artificial Decision Unit)를 위하여 셀룰라 오토마타의 초기 규칙 생성에 유전자 알고리즘의 교배 및 돌연변이, 적합도 평가를 거친 유전자 형을 적용한 혼합형 전략 수립 기법을 제안한다. 이 기법은 ADU가 적합한 유전자 형을 생산 및 선택하여 사용자에게 대해 적극적으로 학습할 수 있었다.

1. 서론

예전부터 전략 시뮬레이션은 많은 분야에서 필요한 전략과 전술을 적용하여 원하는 이득의 가능성을 검토하는데 이용하고 있다. 이러한 전략 시뮬레이션은 고성능의 하드웨어 등장과 함께 복잡한 환경에서도 다양한 전략과 전술을 구사할 수 있는 방향으로 전개되고 있다. 하지만 기존의 한정된 자원과 단순한 규칙 기반 추론만으로는 사용자가 원하는 결과를 얻을 수 없다는 한계점을 가지고 있다. 그래서 컴퓨터에게 보다 사실적인 전략과 전술을 구사할 수 있는 지적인 기능을 요구하고 있다.

특히 각 캐릭터의 움직임과 전략, 전술을 관리하는 Master ADU는 전략 시뮬레이션에서 인공지능 기술이 가장 많이 요구되는 부분이다. 현재 Master ADU의 지적 기능은 단순한 속임

수인 치팅이나 간단한 인공지능 기법이 적용되고 있다. 하지만 이것은 사용자를 눈속임하는 것일 뿐만 아니라, 동일한 전략과 전술을 제공함으로써 사용자가 쉽게 게임에 적응할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 Master ADU가 사용자의 전략과 전술을 학습한 후 새로운 전략을 수립할 수 있도록 셀룰라 오토마타에 유전자 알고리즘을 적용한 혼합형 전략 수립 기법을 제안한다. 실험에서는 제안한 구조가 사용자의 행동에 적극적으로 대응하면서 새로운 전략 수립이 가능한가를 확인하기 위해 학습형 Master ADU를 설계하고 평가하였다.

2. 관련연구

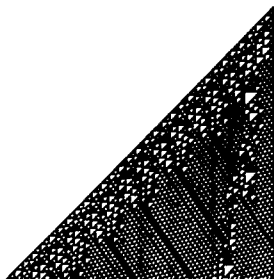
2.1 셀룰라 오토마타

셀룰라 오토마타는 계산 가능성 이론과 수학에서 분리된 연구 모델로 1940년대 Von Neumann에 의해 제안되었다. 그는 우주 물리학

1) 이 논문은 2004년도 BK사업에 의하여 지원받았음

을 간략화한 모델을 통해 자기 재생산이 가능한 기계적 패턴을 셀룰라 오토마타로 디자인하고 증명하였다. 또한, 1970년대 John Conway는 생명 게임(Game of Life)을 통해 2차원 셀룰라 오토마타에서 단순한 규칙만 가지고 복잡하면서 무질서한 규칙들, 즉 창발적인 행동을 발생시킬 수 있었다. 1983년에, Stephen Wolfram은 기하학적인 패턴을 재귀적 방식으로 프로그래밍하였고, Von Neumann의 이론을 보다 쉽게 접근하도록 하였다[1].

이러한 셀룰라 오토마타를 규정하는 3가지 요소는 세포당 상태의 수, 세포의 이웃, 규칙으로 구분된다. 이를 간단히 살펴보면, 세포당 상태의 수는 2진수로, 가장 다루기 쉬우며 널리 연구되고 있다. 그리고 세포의 이웃은 다음 세대에 영향을 줄 수 있는 인접한 세포를 말한다. 마지막으로 규칙은 어떤 세포의 다음 세대에서의 상태를 규정하는 진화 규칙이다[1, 2]. 예를 들면, [그림 1]은 [표 1]의 셀룰라 오토마타 규칙 110을 이용하여 불규칙적인 패턴, 즉 창발적인 상태를 나타내고 있다.



[그림 1] 창발적인 상태 (Rule 110)

[표 1] 규칙 (Rule 110)

current pattern	111	110	101	100	011	010	001	000
new state for center cell	0	1	1	0	1	1	1	0

2.2 ADU

현재 ADU(Artificial Decision Unit)은 게임 분야에서 사용되는 인공지능 기법으로 FSM(Finite State Machine)과 함께 사용되고 있다. ADU의 인공지능 기능은 특정 캐릭터 주변의 입력만으로 전략적인 목표를 이해하고 행동한다. ADU는 각 게임 장르별 기본 State를 지원하는 장르별 모듈로 구분하여 구현하며, 각

장르별 모듈은 ADU의 개념을 사용하여 독립적인 지능 활동을 수행하는 캐릭터 단위의 FSM을 사용할 수 있도록 하고 있다.

또한 ADU는 외부 센서로부터 입력을 받으면 State에서 판단하는 기본구조를 가지고 있다. Master ADU는 목표물에 관한 정보 및 게임월드에 관한 정보를 사용하며, Slave ADU는 Master에 관한 정보와 주변상황의 정보 등 작은 정보를 사용하고 있다.

[표 2]는 인공지능 엔진의 장르별 ADU를 나타낸 표이다. RTS 장르의 경우에 Master기능 ADU는 전체적인 전략차원의 인공지능을 담당하도록 하며, 특정시간에 그룹으로 선택된 여러 가지의 유닛은 Group Commander 기능 ADU가 담당한다. 반면, 그룹내의 유닛이나 이 그룹에 속하지 않는 일반 유닛은 Unit 기능 ADU가 인공지능 기능을 담당한다[3].

[표 2] 인공지능 엔진의 장르별 ADU

구분	기능	
기본 모듈	FSM의 생성 State와 Transition의 추가 기능	
장르별 모듈	액션	Master 기능 ADU
	RPG	Master 기능 ADU Slave 기능 ADU NPC 기능 ADU
	RTS	Master 기능 ADU Group Commander 기능 ADU Unit 기능 ADU

3. 혼합 학습 기법

본 연구에서는 2차원 셀룰라 오토마타의 규칙판의 유전자 길이를 6로 설정하여 규칙을 생성하였다. 셀룰라 오토마타의 규칙 공간들을 탐색하기 위해 군으로 분류하고 변화량을 측정하기 위해 λ (식1)를 이용하여 계산한다. k 는 규칙을 군으로 묶었을 때 최대 변화에 따른 최소 부동 상태를 말한다.

λ 값이 최소인 경우에는 고정적인 질서를 유지하며, 최대인 경우에 다양한 변화를 갖는 혼돈의 상태를 갖는다. 따라서 λ 값이 최소인 규칙을 임의로 선정하여 부모 개체군으로 하여 유전자 알고리즘을 통해 새로운 개체군을 형성하도록 하여 학습을 유도하였다.

$$\lambda = 1 - (1/k) \quad (\text{식1})$$

[표 3]은 생성되는 규칙을 군으로 묶고, 최대 변화에 따른 최소 부동 상태와 최대 부동 상태를 나타내었다.

[표 3] 셀룰라 오토마타 규칙 군

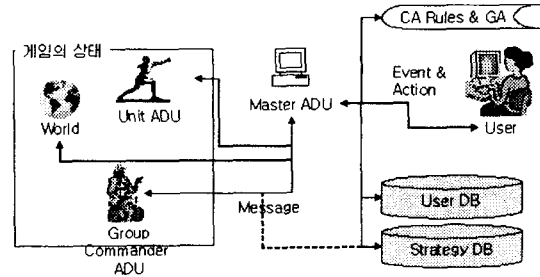
규칙군	규칙	비고
R1	00000000	$\overline{R9}$
R2	10000000, 01000000, 00100000, 00010000,	$\overline{R8}$
R3	11000000, 10100000	$\overline{R7}$
R4	11100000, 11010000,	$\overline{R6}$
R5	11110000, 11101000,	
R6	00011111, 00101111,	$\overline{R4}$
R7	00111111, 01011111,	$\overline{R3}$
R8	01111111, 10111111,	$\overline{R2}$
R9	11111111	$\overline{R1}$

[그림 2]는 제안한 Master ADU의 구조를 표현한 것이다. Master ADU는 게임의 상태 정보를 각 유닛이나 Group Commander ADU와 Message를 이용하여 송수신하며, 사용자가 어떠한 전략과 전술을 사용하는지 모니터링한 후 User DB에 기록한다.

Strategy DB는 Master ADU의 전략을 기록하며, 초기 데이터는 셀룰라 오토마타의 규칙에 의해 생성된 전략과 전술을 기록한다. 그리고 유전자 알고리즘은 셀룰라 오토마타의 초기 규칙에 대하여 불필요한 규칙을 제거하기 위하여 적합도 평가를 한다. 이 과정에서 사용자의 행위를 전략과 전술로 구분하여 Master ADU가 학습하기 편하도록 공분산을 이용하여 우선순위를 부여한다. 또한 Group Commander ADU에게 하위 우선 순위를 학습시켜 Master ADU의 간섭이 없는 경우 독립적인 행동을 취할 수 있도록 하였다.

그리고 유전자 알고리즘은 셀룰라 오토마타의 λ 값이 최소가 되지 않도록 개체군을 선택, 교

배, 돌연변이를 주어진 세대수 만큼 훈련을 시켜 적합한 유전자 형을 생성하도록 한다.



[그림 2] Master ADU의 구조

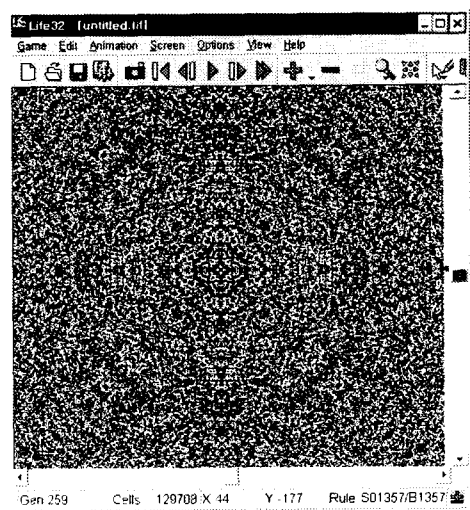
특히 각 규칙이 갖는 사용자 학습에 대한 적합도 평가를 위해 (식2)의 목적 함수를 설정하였다. 목적함수는 각 규칙의 공분산과 λ 를 고려하여 평가하도록 하였다.

$$F(o) = \lambda + \frac{1}{2} \delta \ln \sqrt{\sum_{m=1}^{\max} \sum_{p=1}^8 cov_p} \quad (\text{식2})$$

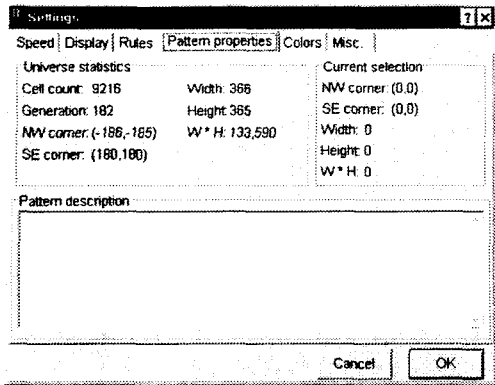
n = 공분산값에 대한 가중치, δ = 사용자 학습율, \max = map의 최대 크기, p = 유전자길이

4. 실험 및 고찰

셀룰라 오토마타의 규칙은 생명 게임 관련 소프트웨어 중 Life 32라는 프로그램을 이용하여 규칙을 변경하면서 Life 패턴을 검증하였다. [그림 3]과 [그림 4]는 Life 32로 검증한 규칙의 일부이다.



[그림 3] Life32의 규칙 적용



[그림 4] 규칙의 패턴 속성

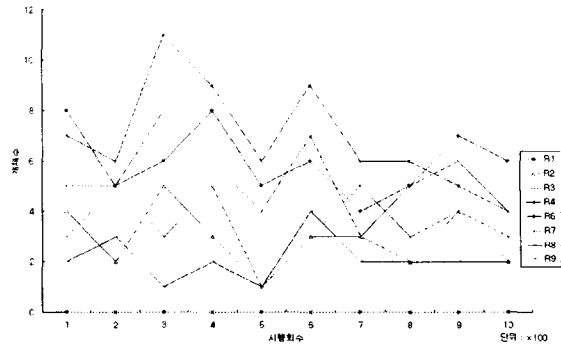
검증된 규칙 중 λ 가 최대 부동인 규칙군은 R5이며, λ 는 $1 - (1/4)$ 로 0과 0.75 사이의 혼돈 상태를 유지하고 있다. 따라서 규칙군 R5을 제외한 나머지 규칙들 중, 비례선택법을 이용하여 부모개체군을 선택한 후, 2점 교배와 돌연변이를 거쳐 주어진 세대수 만큼 반복시켰다. [표 4]는 유전자 알고리즘을 적용한 후의 셀룰라 오토마타 규칙 군에서 불필요한 규칙들을 제거한 후 재생된 개체수이다.

[표 4] 규칙 군에서 유전자 알고리즘에 의해 재생된 셀룰라 오토마타 규칙

생성 규칙 군	유전자 알고리즘 적용 전	유전자 알고리즘 적용 후
R1	1	0
R2	8	4
R3	28	3
R4	112	7
R6	112	8
R7	28	5
R8	8	2
R9	1	0

[그림 5]는 사용자의 행동을 학습하면서 재생된 셀룰라 오토마타의 규칙들의 수를 나타낸 것이다. 사용자가 게임을 진행하면서 재생된 셀룰라 오토마타의 규칙은 점차 적합도가 우수하고 안정적인 상태 규칙을 유지하였다. 또한 많은 전략과 전술에 대하여 재생된 규칙에 따라 우선순위가 달라지는 것을 확인하였다. 또한 Master ADU는 초기의 많은 전략과 전술을 생성하고, 사용자의 행위에 따라 학습하면서 유사

한 전략과 전술을 통합, 재생산할 수 있다.



[그림 5] 시행횟수에 대한 재생 개체 수

5. 결론

본 논문에서는 다양한 규칙을 갖는 셀룰라 오토마타에 유전자 알고리즘을 적용함으로써 사용자에게 적합하면서도 최대 부동 규칙에 가까운 규칙을 재생산할 수 있다는 것을 확인하였다. 또한 이것은 전략 시뮬레이션에서 사용자의 행위를 학습하고 다양한 전략과 전술을 수립하는 Master ADU에 적용이 가능하다는 것을 확인하였다.

향후 보다 확장된 Master ADU를 설계하고 적용하여 복잡한 환경에서 많은 캐릭터들을 관리하는 연구가 필요하다.

6. 참고문헌

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Cellular_automaton
- [2] <http://chaos.inje.ac.kr/Alife/ca.htm>
- [3] 한국게임산업개발원, 게임백서, 2002.
- [4] 스티브레이븐 외, AI Game programming, 정보문화사, 2003.
- [5] 문애경, 김현, 함호상, 인공생명 기반 지능형 로봇 기술, 정보과학회지 21권 제 11호, pp. 37-48, 2003.
- [6] 성시중, 인공생명의 이해, 정보과학회지 17권 제 5호, pp.27-35, 1997.