

퍼지 확장 기법을 이용한 온라인 게임에 적합한 지능적 AI 기법

문성원[○], 조형제^{**}

동국대학교 멀티미디어학과^{**}

vincent1@chollian.net, chohj@dgu.edu

Intelligent AI Technique

Adaptive for Online Game Using Fuzzy Extension Principle

Sung-Won Mun[○], HyungJe Cho^{**}

Dept. of Multimedia, Dongguk Univ

요 약

현재 온라인 게임에 있어서 지능적인 AI(Artificial Intelligence) 구현에 대한 많은 연구가 진행이 되고 있다. 그러나 온라인 게임 분야에서는 게임 자원을 제한적으로 사용할 수밖에 없는 한계로 인하여 인간적인 현명한 AI를 적용하기가 쉽지 않다.

본 논문에서 제안하는 Fuzzy Extension 기법을 이용한 AI 기법은 시스템에 적은 부하를 발생시키므로 온라인 게임에 적합하고 그러면서도 좀 더 인간에 가까운 AI 구현이 가능한 기법이다. 이러한 AI 구현을 위해 본 논문에서는 Fuzzy기반의 온라인게임에 적합한 지능적 AI 시스템 설계 기법 및 시스템 구성을 제안하고 이를 바탕으로 제작된 데모를 통하여 실제 적용할 수 있는 방안을 제시한다.

ABSTRACT

In the current online game field, many studies on the realization of AI have been carried out. It is, however, very hard to apply smart AI to the online games due to the limited use of resources. The Fuzzy extension method this thesis presents is suitable to online games because it causes less loads in the system and makes it possible to realize more human-like AI. To realize this kind of AI, this paper suggests AI system design methods suitable to fuzzy-based online game and presents practical plans to apply them through the produced demos.

Keyword : Fuzzy, Online Game, Artificial Intelligence

접수일자 : 2008년 4월 29일

심사완료 : 2008년 6월 23일

1. 서 론

게임 기술의 발달과 컴퓨터의 처리 능력 향상에 의하여 게임 상의 NPC(Non-player character)의 AI 표현의 기법은 다양한 방향으로 발전을 하고 있다.

PC게임의 경우 인공지능의 기법은 인간의 생활 방식과 유사한 적자생존과 유전학적인 메카니즘을 바탕으로 하는 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm, GA)에서 부터 시작해서 다양한 방향으로 좀 더 인간적인 AI 구현을 위한 기법들이 적용되고 있다[1].

그러나 이러한 PC 기반의 AI진행과 대조적으로 온라인 게임의 경우에는 상태 기반이나 규칙기반(Rule-Base)의 단순한 AI만이 적용되고 있다. 온라인 게임에 좀 더 인간과 유사한 AI의 구현 필요성이 대두되고 있으나 온라인 게임의 특성상 수천 명의 PC(플레이어 캐릭터)들이 동시에 게임을 진행해야 하는 상황으로 인해 게임 진행 로직의 처리에 CPU 자원의 대부분이 사용되므로 AI처리를 위해 많은 리소스를 할당할 수는 없다[2].

이러한 온라인 게임의 한계를 고려하더라도 현재의 PC들은 기존 게임에서 보이는 단순한 패턴의 NPC AI와는 차별화되고 더 지능적인 AI의 구현을 요구하고 있고 이러한 AI 구현이 있어야만 PC들의 요구에 부응하는 게임의 제작이 가능하다.

본 논문에서는 이러한 온라인 게임에 있어서의 지능적인 AI의 필요성에 따라 기존의 PC환경의 게임과는 다른 온라인이라는 시스템 환경을 고려하여 적은 자원을 사용하면서도 동시에 좀 더 인간적인 AI의 구현이 가능한 기법으로서 인간의 사고와 유사한 접근이 가능한 퍼지(Fuzzy) 알고리즘을 사용한다.

이와 더불어 온라인에 적합한 지능적 AI를 구현하기 위해 온라인 게임에서의 NPC의 AI를 처리하는 NPC 서버의 구조를 설계하고 이를 바탕으로 Fuzzy 기반의 몬스터 AI 시스템 설계 방식 및 시스템 구조를 제안한다.

또한 이를 바탕으로 제작된 데모를 통하여 온라인

게임에 실제로 사용이 가능한 지능적 AI 기법을 제시한다.

2. 관련 연구

온라인 게임에 AI를 적용하기 위하여 다양한 기법이 있다. 그러나 온라인의 특성상 한정된 자원을 사용해야 하므로 유한상태기계(Finite State Machine, FSM)나 규칙기반(Rule-base) 방식의 단순한 형태의 AI 알고리즘이 사용되고 있다.

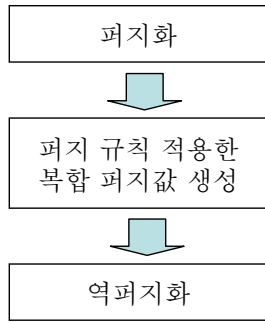
유한상태기계는 대표적으로 온라인 게임에 사용되는 AI 표현 기법으로 한정되어 있는 상태를 관리하는 것이다. 이러한 상태 관리 기법은 여러 분야에 적용할 수 있지만 온라인 게임서버에서 NPC 서버의 상태 제어 알고리즘으로 사용하면 다양한 NPC AI 효과를 확장성 있게 부여할 수가 있다[3].

유한상태기계는 현재 상태와 이를 변화 시키는 조건, 새로운 상태인 전이 상태 등 세 가지 정보로 구성된 상태의 목록으로 볼 수가 있다. 즉 입력되는 조건에 따라 새로운 상태로 전이되어 상태를 추가하면 새로운 AI의 구현이 가능하므로 확장성 있는 AI의 구현이 가능하다.

퍼지 이론(Fuzzy theory)이란 애매한 표현을 처리하기 위해 사용되는 AI 기법이다. 일반 집합의 경우 요소들이 집합 내에 포함되나, 포함되지 않나 하는 이분법으로 판단을 할 수 있지만 인간이 사물을 바라보는 데 있어서는 항상 이런 이분법적 사고가 적용될 수 없는 경우도 많다[4]. 따라서 최근 인간과 비슷하게 생각하는 컴퓨터를 만들고자 하는 인공지능 연구가 활발하게 진행되고 있는데 이 퍼지이론은 이러한 인간과 유사한 AI의 개발에 적합하다. 컴퓨터가 인공지능을 가지고 인간이 원하는 바를 제대로 수행하기 위해서는 인간이 사용하는 숫자는 물론이고 애매한 표현을 처리할 수 있어야 한다. 이러한 인간의 애매한 표현을 처리할 수 있는 이론적인 바탕을 제공 하는 것이 바로 퍼지이론으로 이를 게임에 적용한다면 정해진 패턴이 아닌 인간적 사고에 근접한 게임 AI의 구현이 가

능하다.

퍼지 이론을 실제로 게임에 적용하기 위해서는 아래 그림 1에서와 같이 퍼지 규칙 추론 과정이 필요하다[4].



[그림 1] 퍼지 규칙 기반 추론 과정

게임의 AI의 판단에 필요한 조건들을 퍼지 함수에 따라 퍼지화하는 과정을 거치고 이를 통하여 퍼지 규칙함수를 생성한다. 퍼지 규칙함수를 통하여 모든 규칙에 대한 퍼지 추론 결론을 나타내는 복합 퍼지 집합을 갖게 된다. 그리고 생성된 퍼지 복합 집합을 실제로 게임에 적용하기 위하여 역퍼지화하는 단계를 통하여 판단된 값을 게임의 AI에 사용한다[5].

또한 퍼지 이론은 하나의 퍼지집합 뿐 아니라 여러 개의 퍼지 집합을 서로간의 연산을 통하여 연결함으로써 더 인간과 근접한 결과를 얻을 수가 있다. 이러한 퍼지 집합간의 연산 과정을 퍼지 확장 원칙(Fuzzy Extension Principle)이라고 한다[6].

게임에서 퍼지 이론을 이용한 연구 분야는 주로 PC게임을 기반으로 진행이 되고 있다. 온라인 게임에서 인간과 같은 인공지능을 적용하기 위하여 흔히 사용하는 방식은 확률을 이용한 방식이 사용되고 있는데 이러한 방식은 인간적인 인공지능이라고 보기에는 문제가 있다. 인간의 경우에는 어떠한 행동을 확률에 의해서만 하는 것이 아니라 자신의 사고에 의한 선택을 통해서 행동하기 때문이다.

이러한 온라인게임의 한계를 극복하기 위해서 본 논문에서 인간의 사고에 근접한 유한상태기계

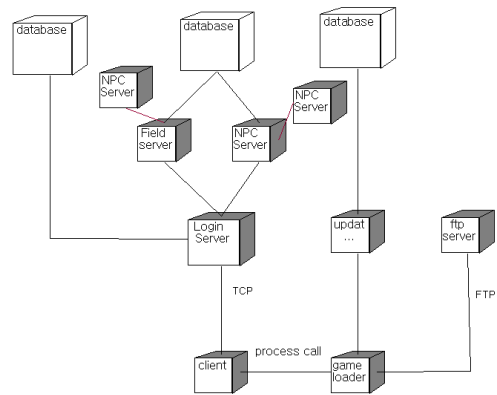
기반의 퍼지인공지능 방식을 사용한다.

3. AI 시스템 설계

3.1 NPC 서버의 설계

온라인 게임에 적합한 AI 구성을 위하여 온라인 서버 구조를 설계하고 인공 지능 표현을 위한 NPC서버를 아래의 그림2와 같은 구조로 설계한다.

MMOG(Massively Multiplay Online Game)의 경우 게임 서버 구조는 수천 명 이상의 사용자를 처리할 수 있어야 하고 게임 상의 지능적인 AI 표현을 가능하게 하기 위해서 NPC AI 의 처리를 위한 NPC 서버의 구조 설계가 필요하다. 대표적인 방식은 NPC 서버를 게임 서버와 별도로 분리하는 방법과 NPC 서버의 분리 없이 게임 서버에서 간단한 NPC AI를 처리하는 방법이다.



[그림 2] 온라인 게임 서버 구조

온라인 게임에 있어서 인공지능에 대한 중요성이 증가함에 따라 좀 더 많은 인공지능 처리를 가능하게 하기 위해서 NPC 서버를 위의 그림2와 같이 별도의 서버로 구성하여 게임의 로직은 게임 서버에서 처리하고 NPC의 인공지능은 별도의 NPC 서버에서 처리한다. NPC 서버가 인공지능 처리를 하고 게임 서버와 통신을 통하여 NPC 데이터를 업데이트 하는 구조를 사용한다[7].

NPC서버의 기본이 되는 인공지능은 유한상태기계 방식을 사용한다. NPC는 이동, 정지, 공격이라는 세 가지 행동 방식을 가지며 플레이어 공격이나 도망, 죽음 등과 같은 전이조건을 통하여 보통, 불쾌, 분노의 상태를 가진다. 이 NPC는 PC(플레이어 캐릭터)의 게임 입력 상태에 따라 이동과 정지를 반복하게 되고 아래 표1에서처럼 PC가 NPC의 공격거리 안에 들어오면 공격을 수행한다.

[표 1] NPC AI에 대한 FSM 상태도

현재상태	전이조건	전이상태
보통	PC의 공격	분노
불쾌	PC의 도망	보통
분노	PC의 죽음	보통

그러나 NPC의 공격 방식에 있어서는 단순히 무작위의 방식이나 정해진 패턴이 아니라 게임 상황을 입력받아 이를 퍼지화하고 이를 토대로 퍼지 규칙집합에 따라 가장 적합한 행동 방식을 결정한다.

3.2 Fuzzy AI System 설계

이 논문에서의 온라인 게임의 NPC 서버의 구성은 아래와 같다.

몬스터와의 전투에 있어서 몬스터의 이동과 적탐지와 같은 기본이 되는 인공지능 방식은 상태머신(FSM)에 의하여 수행한다. 게임성을 결정하는 전투방식의 수행은 퍼지인공지능 시스템(Fuzzy AI System)을 사용하는 방식을 제안한다.

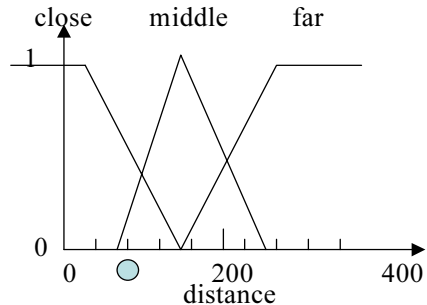
본 논문은 게임 그래픽스의 LOD 기법을 온라인 게임의 몬스터 인공지능에 적용한다. 즉, 게임성을 결정하는 중요한 AI에는 퍼지 확장 AI 기법을 적용하고, 이동이나 탐지와 같은 일반적인 AI에는 간단한 상태머신의 기법을 적용 한다.

NPC의 AI의 수행에 있어서 가장 인간적인 판단이 필요한 부분은 공격상태에서의 공격방식의 선택이므로 이 부분에 본 논문에서 제안한 퍼지 기법의 지능적 AI 기법을 적용한다.

유한상태기계에서 게임 상의 몬스터의 공격 방식은 근거리 공격 무기인 칼과 원거리 공격인 활을 선택할 수가 있다고 실험의 범위를 한정한다. 각각은 무기의 성격이 차이가 있으므로 게임 상황에 따른 인간적인 공격방식의 선정이 필요하다. 활의 경우에는 공격력은 강하나 발사 속도가 느리고 칼의 경우는 공격력은 보통이나 공격속도가 빠르다는 특징을 가진다. 이러한 조건을 기반으로 게임의 AI의 전개를 확률이나 임의의 수를 이용한 주사위 방식의 선택이 아닌 인간적인 판단을 도입한다.

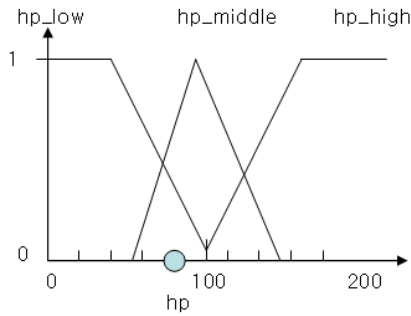
이러한 방식에 따라 입력에 정보를 Fuzzy 언어형식으로 표현하기 위하여 대상에 대한 개념이나 영역을 비선형적으로 표현하는 퍼지 언어변수(fuzzy linguistic variable : FLV)를 설정하고[8], 각각의 공격방식에 대한 의존도를 결정하기 위해 퍼지 집합을 공격대상에 대한 거리와 공격대상의 생명력(HP)으로 설정한다.

- 퍼지집합 1 : 목표까지의 거리 분류
가까운(Close), 중간(Medium), 먼(Far)
- 거리 상수 : 유저의 크기를 50픽셀로 기준하고 이에 따른 공격대상의 거리를 설정



[그림 3] distance FLV

- 퍼지집합 2 : 대상 적의 생명력 분류
hp_low ,hp_middle ,hp_high
- 생명력 상수 : 유저의 생명력의 기준을 100으로 보고 이것을 기준으로 생명력의 낮은, 중간, 높음을 설정



[그림 4] hp FLV

다음으로는 공격 방식에 대한 규칙 집합을 아래 표2 처럼 설계한다. 규칙의 설정은 인간의 경험에 의한 판단에 따라 우선순위를 결정한다. 각 입력 사항에 대한 경험에 의한 판단을 통하여 각 규칙의 적합성(Desirability)을 결정한다.

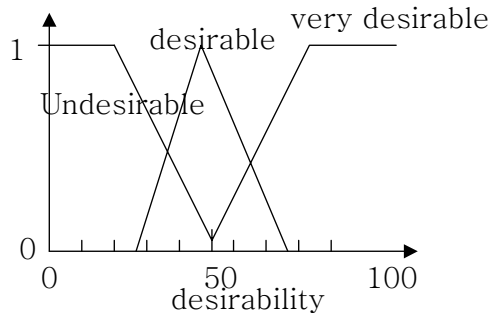
대표적인 근거리 무기인 칼의 특성은 공격대상이 가까이 있고 생명력이 적다면 칼의 빠른 공격 속도에 의해 가장 적합한 공격방식이 되나 반면에 공격대상이 멀리 있고 생명력이 높다면 바람직하지가 않다.

다음 단계로 퍼지 확장에 의한 개별 퍼지 집합에 대한 연산을 수행한다. 이러한 연산은 다수의 퍼지 집합에 대하여 수행이 가능하므로 퍼지 집합의 개수를 늘려 더 인간에 근접한 판단을 얻을 수 있다. 본 논문에서는 온라인 게임의 특성을 고려하여 거리와 생명력이라는 두 가지 요소만을 고려한다.

[표 2] 근거리 무기 선택 시의 규칙집합

<p>(근거리 무기 : sword)</p> <p>규칙1. if close and hp_low then very Desirable</p> <p>규칙2. if close and hp_middle then Desirable</p> <p>규칙3. if close and hp_high then Desirable</p> <p>규칙4. if medium and hp_low then Desirable</p> <p>규칙5. if medium and hp_middle then Undesirable</p> <p>규칙6. if medium and hp_high then Undesirable</p> <p>규칙7. if far and hp_low then Desirable</p> <p>규칙8. if far and hp_middle then Undesirable</p> <p>규칙9. if far and hp_high then Undesirable</p>
--

게임서버에 의해 NPC의 공격 방식을 선정하기 위해 입력된 값인 PC와의 거리와 생명력 값에 따라 각 규칙의 신뢰도를 구하고 퍼지 결과에 대하여 각 입력의 적합성을 Desirable, UnDesirable, very Desirable로 아래의 그림5의 분류를 기준으로 결정하고 적합도 상수 값은 적합도 만족도를 100을 최고로 설정한다.



[그림 5] Desirability FLV

NPC 서버에서 각 몬스터별로 몬스터가 속한 해당 지역(Sector) 내의 PC와의 거리와 PC의 생명력(HP)를 기준으로 무기 퍼지 규칙 신뢰도를 아래 표3에서 처럼 각 항목에 대하여 신뢰도를 구한다.

구해진 신뢰도를 퍼지 확장 연산을 통하여 and 와 or 연산을 적용하여 최종 신뢰도를 산출하고 이를 통하여 복합 퍼지 집합을 얻는다. and의 경우 최소 신뢰도를 or의 경우 최대 신뢰도를 선택한다.

위의 PC의 거리가 100이고 PC의 HP가 80인 상태에서 근거리 무기의 사용은 Very desirable의 경우 0.3이 신뢰도이고 Undesirable의 경우에는 0.2의 신뢰도이며 두 번 발화한 Desirable의 경우에는 or연산에 의하여 큰 값 0.7 신뢰도를 보임을 알 수 있다.

- very desirable : 0.3
- undesirable : 0.2
- desirable : 0.7

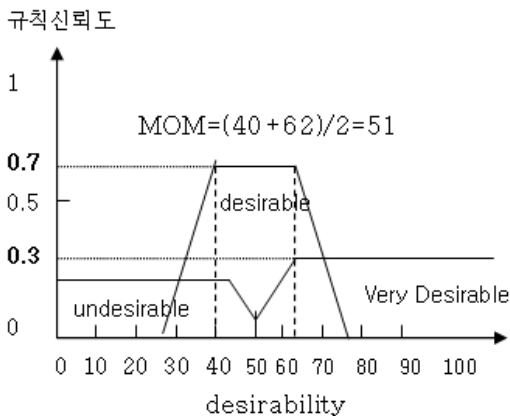
[표 3] 근거리 무기 퍼지 규칙 신뢰도
(PC와의 거리:100, HP:80인 경우)

Dist \ Hp	Close	middle	far
hp_low	very Desirable 0.3	Desirable 0.2	Desirable 0.0
Hp_Middle	desirable 0.7	Undesirable 0.2	Undesirable 0.0
Hp_High	Desirable 0.0	Undesirable 0.0	Undesirable 0.0

이 과정을 거쳐 구해진 하나의 복합 퍼지 집합에 대하여 이를 실제 게임에 사용할 수 있도록 하는 역 퍼지화 과정을 거친다.

게임 상의 NPC가 유저를 공격하기 위한 무기 선택에 있어서 어떠한 방식으로 공격할 것인가에 대한 가능성을 0-100의 산술 값으로 표현하여 0의 경우에는 선택을 하지 않고 50 이상의 값이 나올 때 그 공격 방식을 결정 한다.

이러한 행동방식의 결정을 위해서 최종적으로 구해진 신뢰도 중 가장 큰 값의 최대값의 평균을 구하는 방법인 최대값 평균법(MOM) [9]을 적용하여 구한다.



[그림 6] 최종 desirability 결과값 산출 원리

가장 높은 신뢰도를 가지는 결과 값의 평균을 위의 그림 6과 같이 최종 Desirability의 결과 값으로

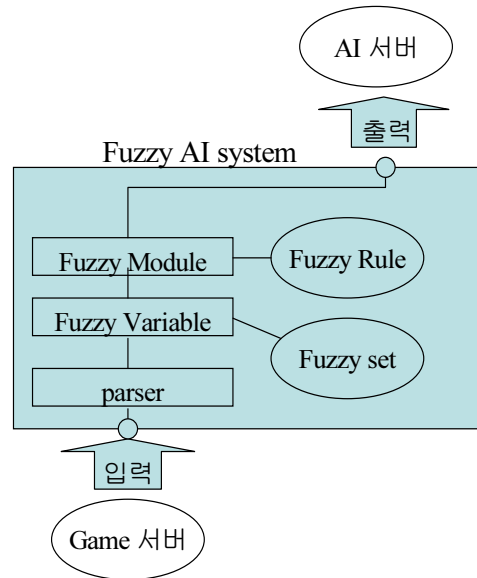
산출한다. 위의 그림6의 40과 62의 값은 가장 큰 신뢰도를 갖는 desirable 의 신뢰도를 Desirability FLV에서 역퍼지화를 통하여 얻은 값이다.

3.3 시스템 구성 설계

온라인 게임의 인공지능 수행에 있어서 가장 핵심이 되는 퍼지 기반의 지능적 인공 지능 모듈의 시스템 구성은 아래 그림7과 같이 구성된다.

시스템 구성을 보면 게임 서버에서는 실시간으로 PC의 상태 정보를 AI 서버에 전송하고 NPC 서버는 유한상태기계의 방식으로 AI 상태를 전이한다. NPC의 공격과 같은 중요한 AI 결정이 필요한 시점에 퍼지 AI 시스템을 사용하게 된다.

퍼지 모듈(Module)은 NPC의 공격방식에 따른 퍼지 변수(Variable)을 초기화 하고 각 입력변수에 대한 퍼지 set함수를 생성한다. 그리고 NPC 공격 방식에 따른 규칙 집합(Fuzzy Rule)을 설정된 데이터에서 읽어 들인다.



[그림 7] Fuzzy AI System 설계

이러한 퍼지 모듈에서의 초기화 작업은 NPC서버의 가동과 함께 설정된다. 이 설정 작업 이후

NPC 서버는 PC의 상태 정보에 따라 AI를 수행하게 되고 퍼지 AI 시스템을 통한 인공지능 관정이 필요하게 되면 게임서버로부터 PC의 상황 정보를 입력 받고 이를 입력으로 퍼지 시스템에 넘겨주게 된다.

넘겨진 데이터는 분석(parser) 모듈에 의하여 분류가 되고 입력된 데이터에 따라 퍼지 모듈은 퍼지 규칙에 따라 복합 퍼지 집합을 생성하게 되고 생성된 복합 퍼지 집합에 의해서 이를 역 퍼지화 과정을 통하여 현재 NPC 서버에서의 NPC 공격 방식별 적합도(desirability)를 결과 값으로 출력하게 된다. 이러한 수행 과정이 NPC 공격방식 결정 시 반복적으로 수행된다.

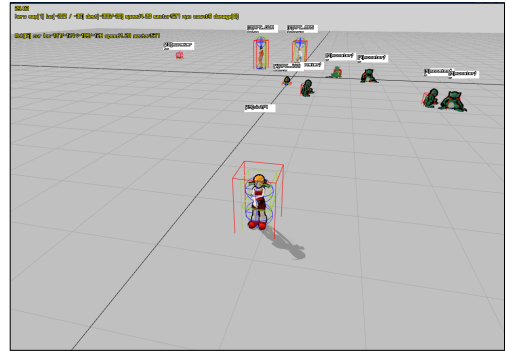
4. 구현

본 논문에서 제안한 온라인 게임에 적합한 인공지능 표현 기법을 테스트하기 위한 온라인 기반의 데모를 제작하였다.

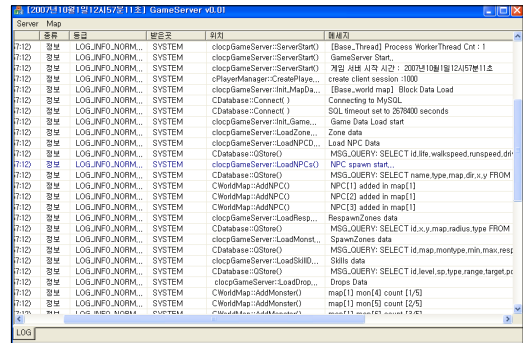
게임 서버에서는 가상의 게임 NPC를 생성하고 각 NPC에게 유한상태기계 방식으로 인공지능을 적용하게 한다.

아래 그림8의 데모에서처럼 NPC는 3가지 기본 AI 를 처리하기 위한 행동방식을 정지, 이동, 공격으로 부여한다. PC가 NPC의 공격 거리 안으로 들어오면 NPC의 AI 방식은 attack으로 변경된다.

NPC의 AI 방식이 공격으로 지정이 되면 NPC는 PC와의 거리와 PC의 HP 상태를 입력받아 공격하기 위한 가장 적합한 AI를 퍼지 기반의 지능적 AI 시스템을 이용하여 선택한다. 단순한 거리나 확률에 의한 공격이 아닌 인간적인 판단을 기반으로 PC에 대한 공격방식을 선택하게 된다.



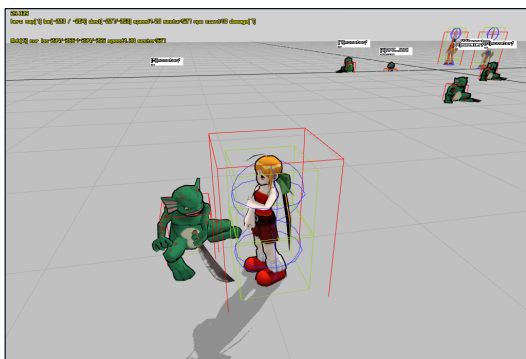
[그림 8] AI 데모 클라이언트



[그림 9] AI 게임서버의 가동

아래 그림 10은 몬스터가 PC를 발견하고 공격 상태로 변경하여 PC로부터의 입력 정보를 이용하여 이를 퍼지 인공지능 시스템에 전달하고 현재 상황에서 가장 적합한 행동을 결정하여 공격 방식을 결정한 화면이다. 현재 PC의 HP가 80이고 근거리이므로 최적의 공격방식을 칼을 이용한 근거리 공격으로 선정한 것이다.

본 논문의 제안한 Fuzzy 기반의 지능적 인공지능 방식은 기존의 AI의 방식이 매 프레임마다 폴링(polling) 하는 것에 비하여 NPC의 공격 상태에서만 event 형태로 수행되므로 시스템의 부하를 거의 주지 않으면서도 지능적인 AI의 구현이 가능하다[10].



[그림 10] Fuzzy AI에 의한 무기 선택



[그림 11] 퍼지 인공지능 방식을 이용하여 서비스 중인 온라인 게임

또한 NPC의 인공지능이 너무 좋아지게 되면 NPC가 PC의 반응에 대하여 너무 완벽한 행동을 하게 되어 게임의 난이도가 높아져 게임의 몰입도가 떨어지게 되므로 무작위 요소를 적절히 혼용하여 인공지능을 수행한다면 게임의 재미를 손상하지 않으면서도 게임의 몰입을 더 올릴 수 있을 것으로 본다.

위의 그림 11은 본 논문에서 사용된 AI 방식을 이용하여 서비스 중인 온라인 게임의 스크린샷이다. 시스템의 큰 부하를 주지 않으면서도 온라인 게임에서 사용되는 일반적인 단순한 AI 방식이 아니라 좀 더 유저의 현재 상태에 따라 적응적으로 변하는 AI의 시스템을 구현했다.

5. 결 론

본 논문에서는 온라인 게임에 적합하고 좀 더 인간적인 AI 구현을 가능하게 하는 방식으로 퍼지 확장 기법을 기존의 온라인에서 사용되는 인공 지능 처리 방식인 유한상태 기계 방식과 접목하여 시스템의 부하를 최소화하면서 지능적인 AI 수행이 가능한 시스템을 제안하였다.

기존 온라인 게임의 인공지능의 표현이 정해진 패턴을 수행하는 단순한 방식에 비해 본 논문에서 제안한 AI방식은 적은 자원을 사용하면서도 퍼지 이론이 가진 인간과 유사한 사고방식의 특징을 이용하여 실시간으로 인간과 유사한 AI의 구현이 가능하다.

여기서 퍼지 집합의 숫자를 늘리게 되면 좀 더 인간에 근접한 표현까지도 구현이 가능해진다. 그러나 이러한 퍼지 집합의 증가에 따라 그 만큼 퍼지 규칙이 기하급수적으로 증가하므로 이를 최적화하는 동시에 신뢰도를 유지할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하며 또한 신경망 인공지능을 통하여 AI의 핵심이 되는 퍼지 규칙을 찾기 위한 부가적인 연산을 수행한다면 좀 더 완벽한 AI의 구현이 가능할 것으로 본다.

참고문헌

- [1] David E. Goldberg, Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning, ISBN 0-201-15767-5
- [2] Steven Woodcock, Game AI: The State of the Industry, Gamasutra, November 1, 2000
- [3] <http://ai-depot.com/FiniteStateMachines/>
- [4] Bezdek, James C, "Fuzzy Models-What Are They, and Why?," IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 1:1, pp. 1-6, 1993
- [5] Bandler, W., and Kohout, L.J., "Fuzzy Power Sets and Fuzzy Implication Operators," Fuzzy Sets and Systems (International Fuzzy Systems Association) 4:13-30, 1980.
- [6] Timothy J. Ross, Fuzzy Logic With Engineering Applications, John Wiley & Sons Inc, 2004

- [7] 문성원, “분산 seamless 서버의 공간관리 최적화에 대한 연구,” 석사학위논문, 2004
- [8] Zadeh, Lotfi, “Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems,” IEEE Trans. on Sys., Man and Cyb. 3, 1973.
- [9] <http://www.gameai.com/fuzzy>
- [10] Mark Deloura, 범용적이고 견고한 AI 엔진의 설계, Game Programming Gems I, 정보 문화사, 2001



문성원 (Sung-Won Mun)

1997년 2월 중앙대학교 졸업 영어학과(학사)
2005년 2월 서강대학교 정보통신학과(공학 석사)
2008년 2월 동국대학교 게임제작 학과 수료
(공학 박사)
1997년-2000년 대우전자 전산화 사업 TFT 팀
2001년-2003년 지오메틱스, 메가텍닷컴 게임
프로그램 개발
2004년-2005년 한국IT 전문학교 게임 프로그램
학과장
2006년 2월~현재 그림에듀 테인먼트 게임 사업부
개발 이사

관심분야 : 네트워크 프로그래밍, 인공지능,
3D 렌더링



조형제 (HyungJe Cho)

1973년 부산대학교, 전자 공학과(학사)
1975년 한국과학기술원, 전기 및 전자공학과 대학원
(공학 석사)
1975년~1982년 금성통신(주)연구소 실장
1986년 한국과학기술원, 전기 및 전자공학과 대학원
(공학 박사)
1986년~현재 동국대학교 영상대학원 멀티미디어학
과 교수
관심분야 : 멀티미디어 정보처리, 컴퓨터비전,
컴퓨터 그래픽스, 형태인식, 게임 프로그래밍