

# 가상 캐릭터의 자율 주행을 위한 지능형 가상 환경 구축

이윤길\* · 김성아\*\* · 최진원\*\*\*

## 1. 서 론

가상 환경에서 보다 자연스런 동작을 자동으로 재현하기 위하여 이용되는 자율 캐릭터(Self-Animated Character)는 게임 또는 가상현실에서 사용자와 경쟁하거나 협력하는 등의 다양한 역할을 수행하며 그 중요성이 증가되고 있다. 또한, 자율캐릭터와 관련된 연구 및 개발은 그 중요성이 인정되어 게임 및 가상현실 분야에서 중요한 주제로 다루어져 왔다[1-3]. 캐릭터의 자동화된 자연스런 동작 재현은 캐릭터와 주변상황(Context)과의 밀접한 연계에서 비롯되며 자율주행 캐릭터의 신뢰도 및 다양한 상황에서의 활용성 및 재사용성을 높이는데 중요시 된다[4,5]. 특히, 가상공간은 단순히 재미를 위한 환경에서 다양한 시뮬레이션 및 서비스를 재현하고 가시화하는 보다 심각한 역할의 수행이 요구되기 때문에 가상의 캐릭터가 영위하는 유의미한 공간정보 구축 및 캐릭터와의 적절한 상호작용이 중요시 되고 있다. 캐릭터의

지능화는 결국 보다 자연스러운 상황의 재현을 위한 것으로서 사용자는 캐릭터의 적절한 행동을 보거나 캐릭터와 상호작용 함으로써 가상환경 상에서의 실존감이 높아지게 되고 가상 환경을 이용한 교육의 경우 피교육자로 하여금 문제해결을 위한 의사소통의 도구 및 학습동기 유발시키는 등 가상환경의 재미 또는 교육적인 효과를 높일 수 있다[6,7].

이와 같은 견지에서 본 연구는 가상공간상에서 캐릭터의 보다 지능적인 자율 주행 및 행위를 위하여 필요시 되는 공간정보의 구조화된 구축 및 캐릭터와의 자동화된 상호작용의 구현을 목표로 하고 있다. 연구의 수행을 위하여 공간정보의 구문적이고 의미적인 특성을 기반으로 공간정보를 캐릭터가 인지 가능한 전산모델(Cognitive Environment)화 하고 캐릭터와의 적절한 상호작용을 위한 기법을 연구하였다. 본 연구의 후반부에는 연구내용을 공연 리허설을 위한 시뮬레이션 시스템에 도입하여 연구 결과의 실현 가능성을 검토하였다.

## 2. 관련연구

### 2.1 자율 캐릭터 관련 연구

캐릭터의 자율적인 주행은 게임, 가상현실, 군

※ 교신저자(Corresponding Author): 최진원, 주소: 서울시 서대문구 대신동 125-27호 화인 빌딩 4층 (120-160), 전화: 02)312-9249, FAX: 02)312-9248, E-mail: jchoi@yonsei.ac.kr

\* 캘리포니아 주립 버클리대학교 건축학과 박사 후 과정 (E-mail: whaoer@berkeley.edu)

\*\* 성균관대학교 건축학과 부교수 (E-mail: sakim@skku.edu)

\*\*\* 연세대학교 주거환경학과 부교수

중 시뮬레이션 등에서 많이 연구가 되어 왔다. 특히, 캐릭터의 지능적인 행동을 재현하기 위한 알고리즘의 개발에 대한 연구가 다양하게 진행되어 왔다. 게임 및 가상현실에서 주로 이용되는 대표적인 자율 주행 알고리즘은 과거에는 단순한 규칙(Rule)을 기반으로 하는 알고리즘에서 시작하여 상황에 대하여 반응할 수 있는 보다 지능적인 FMS(Finite State Machines), Fuzzy Logic으로 발전하였다[8,9]. 이와 같은 알고리즘은 정해진 규칙만을 반복하기 때문에 다양한 행동규칙을 생성하는 것은 물론 다양한 주변 상황에 대응하는 자연스런 행동을 재현하기에는 충분치 못하다[10]. 이후에는 보다 자연스런 그리고 현실과 같은 다양한 상황에 대한 연출을 위하여 학습(Learning)이 가능한 형태의 캐릭터들이 등장했다. 즉, 게임에서 자율 캐릭터가 사용자의 입력 패턴을 학습으로 인지하여 이에 반응하게 된 것이다[11]. 이는 Neural Networks와 같은 학습을 지원하는 인공지능 알고리즘의 개발로 가능했다. 이보다 더 진보된 개념의 자율 주행 캐릭터 기술은 마치 가상 공간에서 살아있는 듯 자율적 행위를 수행하는 Artificial Life라 할 수 있다[12]. 이는 캐릭터가 영위하는 공간적 또는 사회적인 정해지지 않은 돌발(Emergent) 상황에 스스로 대응하고 이를 학습하여 마치 살고 성장하는 듯 자율 행동을 수행하는 방식이다[8].

## 2.2 지능적인 가상공간

지능적인 가상공간(Intelligent Virtual Environment)은 3차원의 가상환경과 인공지능 또는 Artificial Life기술이 결합되어 생성된다. 즉, 인공지능이 가상공간을 구축하는 주요 요소로 포함되고 가상공간을 영위하는 지능적인 캐릭터(Intelligent Virtual Agent)가 본 환경의 주요한

기능으로 구성된다. 지능적인 가상공간을 위해서는 3차원 가상공간 및 캐릭터들의 상호반응이 가능한 상황을 구성하여 지능적인 행위가 발생하도록 해야 한다. 이와 같은 환경은 교육, 훈련, 엔터테인먼트 등의 서비스를 구축하고 제공하는데 보다 용이한 환경을 제공한다[13]. 본 연구는 지능적인 가상공간 기술과 그 맥을 같이 한다. 즉, 캐릭터가 영위하는 가상의 공간을 건축적으로 일반화된 특성을 근간으로 가상환경을 구성하는 전산 모델을 구축하여 캐릭터가 가상환경의 상황을 인지하여 동적으로 상호작용 할 수 있는 환경 구축을 목표로 한다.

## 3. 공간정보의 특성

자율 주행을 위한 캐릭터가 인지할 수 있는 인지환경(Cognitive Environment)을 구축하기 위해서는 공간정보가 가지는 특징을 먼저 고려해야 한다. 본 연구는 건축 공간 정보가 가지는 특징을 '구문적인 특성'과 '의미적인 특성'으로 구분하여 설명하고자 한다. 이와 같은 공간정보는 캐릭터의 주요 수행 목표와 함께 자율 행동을 결정하는 기반이 된다. 공간정보의 보다 일반화된 상황에 대한 이해 및 이를 통한 인지환경 구축은 다양한 공간 상황 속에서 자율 주행 캐릭터의 재사용성을 높이고 지능적인 가상공간 구축을 보다 용이하게 할 수 있다.

### 3.1 구문적인 특성(Syntactic Characteristics)

건축물은 다른 인공물과 달리 물리적인 형상 자체만으로 그 가치를 평가 할 수 없다. 이는 물리적인 형상과 함께 물리적인 형상이 구성하는 비물리적인 '공간'이라는 요소를 통하여 건축물이 가지는 진정한 성능이 평가되기 때문이다. 공간은

‘삶을 담는 그릇’으로서 그 규모 및 형상 그리고 공간 간의 연결 관계를 통하여 사회적인 현상을 유발 시킨다. 그림 1은 공간의 형상은 유사하나 각 내부 공간이 가지는 공간 간의 연결 관계가 다른 네 공간을 비교하고 있다. 공간 형상의 외관상의 유사와는 상관없이 공간을 영위하는 사용자는 다른 방식으로 공간을 이용하고 다른 공간으로 인식하게 된다. 이와 같은 물리공간이 가지고 있는 특성을 구문적인 특성이라고 하고 이는 자율 캐릭터가 공간과 공간을 자연스럽게 이동하기 위해서 인지해야 될 공간의 특성이다[14]. 즉, 자율 캐릭터는 공간의 열림과 막힘에 대한 인식이 기반이 되어야 다양 복잡한 공간체계에서 올바른 길 찾기가 가능하다.

### 3.2 의미적인 특성(Semantic Characteristics)

공간 및 공간을 구성하는 물리환경(벽, 바닥, 가구 등)은 다양한 의미를 가진다. 본 장에서 논하는 의미적인 특성은 공간 또는 물리환경이 가지는 의미를 통하여 공간 또는 물리환경을 이용하는 이용자에게 요구되는 특정행동을 유발시키는 성향을 말한다. 물리환경이 가지고 있는 의미는 거주자의 행동을 규정하고 조정하는 기준으로 작용

한다[4]. Gibson은 물체가 특정 가능 행위를 유발시키는 것을 의미하는 ‘Affordance’란 용어로 이와 같은 특징을 설명하였다[15]. 즉, 의자는 의자가 가지고 있는 ‘앉을 수 있는 것’이라는 의미를 통하여 사용자가 의자에 앉는 행동을 유발 시킬 수 있는 것이다. 물체가 가지는 의미적인 특성을 각 가상의 공간 및 오브젝트에 부여하게 되면 그 특성을 기반으로 캐릭터의 행위가 자동으로 결정될 수 있다.

## 4. 캐릭터 인지환경(Cognitive Environment) 구축

### 4.1 BIM(Building Information Modeling)의 도입

캐릭터의 인지환경을 구축을 위해서 앞서 논의 된 공간의 구문적이고 의미적인 특성을 전산 모델화 할 필요가 있다. 특히, 가상환경의 다양한 재사용을 고려할 필요가 있기 때문에 전통적인 건축 정보 데이터 모델링(BIM)기법을 도입하였다. BIM은 건축 공간 정보를 체계적으로 관리하여 건축실무 및 건축생애주기 전반에 걸쳐 통합적인 활용(Integrated Practice)을 목표로 연

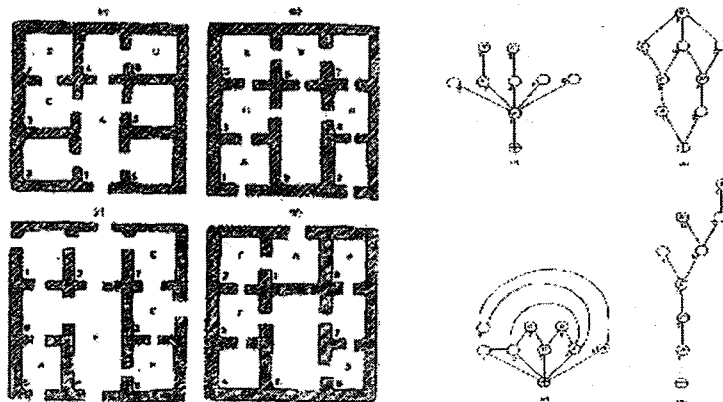


그림 1. 전체적인 형상(좌)은 유사하나 공간간의 연결 관계(우)가 다른 공간의 예

구 및 기술개발이 이루어지고 있다[16]. BIM은 건축물을 구성하는 중요 요소를 객체화하고 이들의 연관관계를 정의하고 있다. 이와 같은 BIM 개념을 기반으로 한 국제표준으로 IFC(International Foundation Class)와 같은 것이 있다. BIM모델은 일종의 Product Model이기 때문에 물리 공간 자체의 정보를 자세하게 다루고 있다. 본 연구는 BIM의 개념적인 틀은 유지하되 인지환경의 구축을 위해서 구문적이고 의미적인 공간의 특성을 포함한 공간 모델을 제시한다. 그림 2는 인지환경 구축을 위한 데이터모델을 표현하고 있다. 이 중 Function에 해당하는 것이 전통적인 BIM의 개념을 유지하며 적절하게 변형한 부분이다. 건축공간을 구성하는 중요한 요소를 하나의 객체로 정의하고 이들의 유의미한 관계를 전산모델화 한 것이다. 이와 같은 데이터구조는 공간의 구문적인 특성이 잘 반영 될 수 있다. 즉, 한 공간과 다른 공간이 공유하고 있는 벽의 개구부의 유무 또는 종류에 따라 공간의 연결 상태(인접, 연결 등)가 추론 될 수 있다.

#### 4.2 Affordance 개념의 도입

앞서 논의한 인지환경 정보 상에 묘사된 공간의 구문적인 특징은 공간과 공간 간을 이동하기 위한

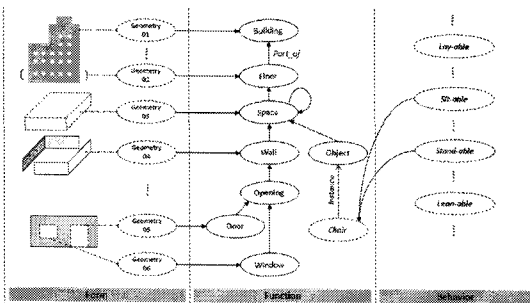


그림 2. 인지환경을 위한 데이터 모델링(Form, Function, Behavior)

정보로 활용 된다. 그러나 공간을 구성하는 요소 및 각 물체(가구 등)와의 적절한 상호작용을 위한 정보도 필요시 된다. 물체가 가지는 가능한 행동을 유발시키는 정보를 Affordance라고 앞서 설명했고 본 인지환경 모델에서는 이들을 Behavior로 분류하여 전산 모델화 했다(그림 2). Behavior는 가능한 사용자 행동 객체들을 의미하며 Function으로 분류된 공간정보의 한 부분(Part\_of)으로 구성된다. 즉, 의자(Chair)의 경우 그 위에 앉거나 서거나 하는 동작이 가능하기 때문에 ‘Sit-able’ 그리고 ‘Stand-able’이 부분으로 구성된다. 가상 환경 상에서 캐릭터가 의자와 상호작용 시에는 앉거나 또는 서거나 하는 동작이 가능하다는 것을 의자 객체로부터 전달 받아서 상황에 맞는 동작을 자동으로 재현하게 된다.

### 5. 캐릭터의 자율 주행 방법

#### 5.1 분산지능(Distributed Intelligence)

인지환경의 도입은 캐릭터의 자율 행동을 위한 연산 부하를 최소화 할 수 있다. 즉, 캐릭터가 의자와 상호작용하려고 할 때 의자의 형태나 위치를 통하여 그 의미를 파악하고 이에 걸맞은 행동을 재현하는 것은 연산에 대한 부담이 크다. 인지환경을 통해서 자율 캐릭터는 물체와 상호 작용 시 물체가 가진 의미 및 이에 걸맞은 행동을 물체로부터 전달받아 동작을 쉽게 재현 할 수 있다.

#### 5.2 전역임무 및 지역임무(Global Mission & Local Mission)

NPC(Non-playing Character)는 가상공간 상에서 자율주행을 수행하나 기본적으로 자신의 임무를 가지는 것이 일반적이다. 사용자가 일일이

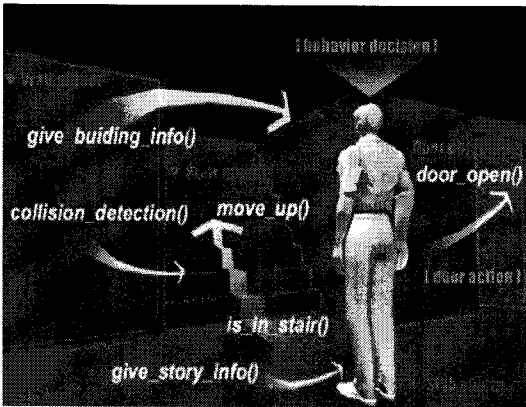


그림 3. 분산 지능을 통한 캐릭터의 자율주행 개념도

세부적인 임무를 정해줄 수 없기 때문에 자신의 임무를 수행하기 위한 중간 단계의 세부적인 임무는 자동으로 계산하여 수행할 필요가 있다. 본 연구는 이를 전역임무와 지역임무로 분리하여 구성하며 전역임무는 자율 캐릭터가 가지는 기본 임무이고 이는 사용자 및 기본 환경 상에 초기에 정의된다. 전역임무를 수행하기 위하여 필요한 중간 단계의 세부적인 임무는 지역임무라고 이는 인지환경을 통하여 적절한 행동을 재현한다. 즉, 특정 위치로 이동하는 전역임무가 주어졌을 때 만약 최단 거리상에 이동을 가로 막는 물체가 있다면 물체를 회피하여 목표지점에 가야 한다. 또한, 목표지점에 가는 도중 계단과 같은 상대적으로 높은 장소를 지날 때는 걷는 행동에서 위로 올라가는 행동으로 전환 되어야 한다. 인지환경은 이러한 적절한 행동 전환을 위한 정보를 제공하여 자동적인 지역임무의 수행을 위한 기반이 된다. 그림 4는 본 연구 결과를 시뮬레이션하기 위하여 제작한 VUserSims의 실행 모습을 보여주고 있다. 그림 4는 전역임무 수행 중에 자동으로 지역임무가 생성되는 예를 보여주고 있다. 캐릭터는 주어진 전역임무 수행 중에 발견된 물체를 자동으로 회피한다(좌). 또한 지형의 고저 차에 대한 정보를 얻어

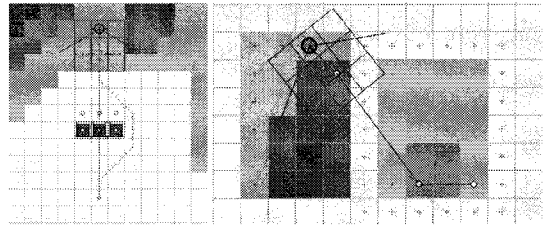


그림 4. 물체를 자동으로 피해서 지나가기(좌), 높은 곳으로 올라갈 때 행동 변경(우)

서 수행 중에 동작을 Walk에서 Step-up으로 자동으로 전환한다(우).

### 5.3 지역좌표계(Local Coordinates)

자율 캐릭터가 물체와 상호작용할 때 물체에 따른 적절한 행동에 대한 정보뿐만 아니라 그 행동이 수행되어야 하는 최적의 위치도 제공되어야 한다. 즉, 의자에 앉기 위해서는 의자의 앞쪽으로 접근하여 의자 바로 앞에서 뒤로 돌아 앉는 동작을 수행해야 한다. 또한, 문을 여는 동작의 수행을 위해서는 문의 손잡이를 잡고 문을 당길 수 있는 위치와 공간이 확보되어야 한다. Affordance는 특정 행동 및 그 행동이 수행되는 위치에 대한 의미도 가지고 있어 이에 대한 정보 구축이 필요하다. 특히, 가상공간 내의 물체는 위치와 방향이 변화될 가능성이 높기 때문에 물체의 위치와 방향에 따라 특정 행동이 수행되는 위치가 달라진다. 이를 위하여 본 연구는 캐릭터가 영위하는 좌표계와 독립적으로 존재하는 각 물체의 좌표계를 이용한다. 이를 지역좌표계라고 하고 이는 물체의 위치와 방향에 대한 상대적인 위치로 각 물체는 물체에 고정되어 있는 좌표계 상의 특정 지점을 특정 행동이 수행되는 지점으로 규정한다(표 1). 캐릭터는 물체와 상호작용 시 특정 거리 이하에서는 물체의 지역좌표계를 이용하여 주행하여 보다 자연스러운 행동이 재현 될 수 있다.

표 1. 각 증 물체의 지역좌표계의 예

의자	소파	여닫이 문
<p>A: 캐릭터가 앉는 동작 수행하는 지점                  B: 캐릭터가 앉기 위해 접근하는 지점                  C: B가 막혀있을때 의자를 당기는 지점                  D: C가 막혀있을때 의자를 당기는 지점                  X: 앉기 위해서는 가지 않는 지점</p>	<p>A: 캐릭터가 앉는 동작 수행하는 지점                  B: 캐릭터가 앉기 위해 접근하는 지점                  C: B가 막혀있을때 잠시 대기하는 지점                  X: 앉기 위해서는 가지 않는 지점</p>	<p>A, A': 캐릭터가 문 열기/닫기 동작 수행하는 지점                  B: 캐릭터가 문 열기/닫기 동작을 위해 접근하는 지점                  C: 반대편에 다른 사람이 올 때 피해 기다리는 지점                  X: 문을 통과하기 위해서는 가지 않는 지점</p>

## 6. 시스템 개발

### 6.1 GongStage개요

논의된 내용을 GongStage라고 명명한 가상 공연 리허설을 위한 시스템에 적용하였다. 본 시스템은 실제 공연 이전에 3차원 가상공간을 통하여 배우, 조명, 카메라 등의 상황을 예측하여 최적의 연출 안을 도출하고 공연에 드는 불필요한 시간과 노력을 최소화하기 위한 시스템이다. 가상 리허설을 위해서는 배우들의 동작이 설정되고 표현되어야 하는데 이를 위해서 본 기술이 이용되었다. 즉, 사용자가 배우들의 대강의 임무를 지정하면 캐릭터는 임무를 수행하면서 이에 필요한 지역임무를 인지공간을 기반으로 수행한다(그림 5).

그림 6는 캐릭터의 자율주행을 위한 알고리즘의 구조를 보여주고 있다. 사용자로부터 미션이 주어지면 주어진 미션을 해석(Mission Interpreter)하여 Mission Manager에 전달한다. 전달된 미션을 수행(Mission Manager)하면서 외부 상황이 입력(Environmental Sensor)되고 공간정보(Spatial Information)를 기반으로 주변상황과 연계하여 캐

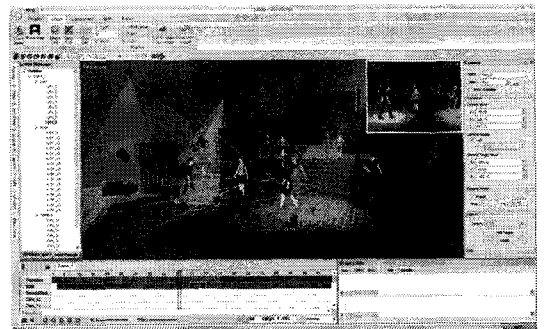


그림 5. GongStage 실행의 예

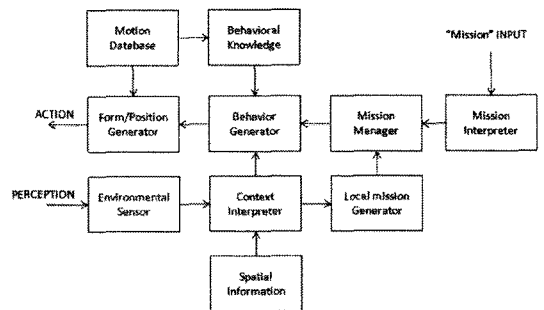


그림 6. 캐릭터 자율주행을 위한 알고리즘의 구조

릭터의 상황이 해석(Context Interpreter)된다. 주어진 임무를 수행하기 위해서 다른 미션의 추가가 필요한 경우에는 Local Mission Generator에 의

해서 지역임무가 생성되어 전달된다.

### 6.2 연구 내용의 적용

앞서 논의된 내용을 기반으로 인지공간을 구축하고 이를 기반으로 자율 주행 캐릭터를 구축하였다. 특히 공간정보의 구문적이고 의미적인 특성을 기반으로 캐릭터가 인식할 수 있는 환경을 구축하였고 자율주행기법을 이용하여 캐릭터의 동작을 재현하였다. 그림 6는 공간의 구문적인 특성을 이용한 캐릭터의 자율주행의 예이다. 캐릭터는 방으로 들어가는 전역임무를 수행하기 위하여 공간의 통로인 문을 찾고 그곳을 통해서 방안으로 들어가는 지역임무를 생성하고 이를 수행한다.

그림 7은 공간의 의미적인 특성을 이용한 캐릭터의 자율주행의 예이다. 즉, 물체가 가지고 있는 Affordance 정보를 이용하여 캐릭터는 특정행위를 수행한다. 그림 8에서 캐릭터는 의자에 대

하여 'Sit'이나 'Stand'의 행동이 가능하다.(좌) 이 중 전역임무로 'Sit'이 주어진다면 그림과 같이 의자에 접근하여 의자가 가지고 있는 지역좌표계의 정보 중 의자 앞쪽의 의자에 앉기에 용이한 위치를 검색하고 그곳으로 이동하는 새로운 지역임무를 설정하게 된다. 설정된 지역임무를 수행하기 위하여 의자 앞쪽으로 돌아가고 의자의 방향을 고려하여 의자에 앉는 동작을 수행한다.

### 7. 결 론

본 연구는 가상공간상의 캐릭터의 보다 지능적인 자율 주행 및 행위를 위하여 필요 시 되는 인지환경의 구축 및 캐릭터와의 자동화된 상호작용의 구현을 목표로 하였다. 이를 위하여 공간의 구문적이고 의미적인 정보를 통한 인지환경을 구축을 제시하였고 자율 주행을 위한 기술들을 개발하였다. 이와 같은 연구 내용은 GongStage라는 시스템을 통하여 실제 구현하여 제한한 기술의 가능성을 검토하였다.

연구의 결과는 가상공간의 구축을 보다 용이하게 할 뿐만 아니라 가상공간의 상황을 보다 풍부하고 자연스럽게 재현하는 기반 기술로 이용되며 각종 가상공간을 활용한 시뮬레이션의 정확도를 높일 수 있다. 또한, 공간정보를 활용하는 로봇연구 및 LBS(Location Based Service)연구를 위한 기반 기술로 이용될 수 있다. 그러나 보다 지능적인 가상환경의 구축 및 자율 캐릭터의 개발을 위해서는 물리공간과 캐릭터의 상호작용뿐만 아니라 가상공간에서 벌어지는 사회적인 상호작용에 대한 연구가 필요시 된다.

### 참 고 문 헌

[1] 김인철, 이재호, "3차원 가상환경에서 동작하는

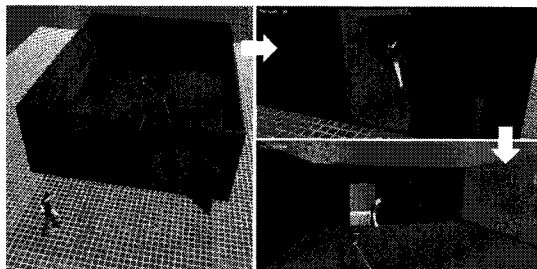


그림 7. 공간의 구문적인 특성을 이용한 캐릭터 자율주행의 예

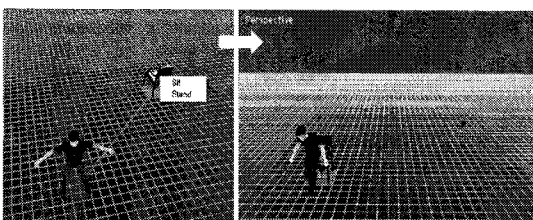


그림 8. 물체의 Affordance를 이용한 캐릭터 자율주행의 예

- 지능형 에이전트의 구조와 경로 찾기 행위,” 한국정보처리학회 논문지B, Vol.10, No.1, 2003.
- [2] J. H. Hong and S. B. Cho, “Evolution of emergent behaviors for shooting game characters in Robocode,” Proceedings of the 2004 IEEE Congress on Evolutionary Computation, Vol.1, pp. 634-638, 2004.
- [3] N. Badler, C. Phillips, B. Webber, Simulating Humans: Computer Graphics, Animation, and Control, Oxford University Press, Oxford, 1993.
- [4] Patrick Doyle, “Believability through Context Using “knowledge in the world” to create intelligent characters,” Proceedings of the first international joint conference on Autonomous Agents, pp. 342-349, 2002.
- [5] Wei Shao, Demetri Terzopoulos, “Autonomous pedestrians,” Graphical Models, 69(2007) 246-274.
- [6] James C. Lester, Stuart G. Towns, Patrick J. Fitzgerald, “Achieving Affective Impact: Visual Emotive Communication in Lifelike Pedagogical Agents,” International Journal of Artificial Intelligence in Education (1999), 10, 278-291.
- [7] Thomas Schubert, Frank Friedmann, Holger Regenbrecht, “Embodied Presence in Virtual Environments,” Visual representations and interpretations, 1999.
- [8] Daniel Johnson and Janet Wiles, “Computer Games with Intelligence,” Journal of Intelligent Information Processing Systems, 2001.
- [9] Woodcock, S. “Game AI: The State of the Industry.” [http://www.gamasutra.com/features/19990820/game\\_ai\\_01.htm](http://www.gamasutra.com/features/19990820/game_ai_01.htm) August, 1999.
- [10] B. M. Namee and P. Cunningham, “A Proposal for an Agent Architecture for Proactive Persistent Non Player Characters,” Proceedings of the 12th Irish Conference on AI and Cognitive Science, 2001.
- [11] Howland, G. “Introduction to Learning in Games.” <http://www.lupinegames.com/articles/introlearn.htm>.
- [12] “Get Artificial Life!,” <http://ai.about.com/library/weekly/aa032700a.htm>.
- [13] Ruth Aylett and Marc Cavazza, “Intelligent Virtual Environments - A State-of-the-art Report,” Eurographics Conference, Manchester, UK, 2001.
- [14] Bill Hiller and Julianne Hanson, “Social Logic of Space,” Cambridge University Press Cambridge, 1984.
- [15] J. J. Gibson. The theory of affordances. In R. Shaw and J. Bransford, editors, Perceiving, Acting, and Knowing: Toward an Ecological Psychology. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1977.
- [16] F Jernigan, “Big BIM Little BIM,” 4Site Press, 2007.



이 윤 길

- University of California, Berkeley 박사 후 과정
- 관심분야 : Social representation in built environment, Building Information Modeling





김 성 아

- 성균관대 건축학과 교수
- 관심분야 : 건물정보모델(BIM), 도시정보가시화, 스마트 환경



최 진 원

- 연세대학교 주거환경학과 교수
- 관심분야 : CAAD, 디자인 컴퓨팅, 건축 VR, 디지털 건축 디자인, 3D GIS, 유비쿼터스 공간디자인