

시각적 특징 맵을 이용한 자율 가상 캐릭터의 실시간 주목 시스템

차명희[†], 김기협^{**}, 조경은^{***}, 엄기현^{****}

요 약

자율 가상 캐릭터는 인공시각을 이용하여 가상 환경을 인지하고 인지한 정보를 바탕으로 상황에 맞게 판단하여 지능적인 인간처럼 행동한다. 자율 가상 캐릭터는 주로 인공 시각을 이용하여 환경을 인식하며 현재까지 연구된 대부분의 인공 시각은 정해진 시야각에 들어온 정보를 여과 없이 모두 인지하는 방법을 사용하고 있다. 그러나 이러한 시각 체계는 한 번에 너무 많은 정보를 저장함으로써 시스템의 효율성과 현실성을 떨어뜨리며, 게임과 같은 동적 환경에서는 실시간 처리가 어렵다. 따라서 실제 인간과 같은 시각 체계를 구현하려면 주목한 정보만 저장하는 시각적 주목 알고리즘이 필요하다. 본 논문에서는 인공 시각을 통해 얻은 정보 중에서 시각적으로 중요한 정보만을 저장하는 주목 시각 기법을 연구하고 이를 구현하기 위해 기존 주목 맵을 향상시켜 적용하였다. 특히 주목 맵 요소 중에서 처리 속도가 느린 범위 맵을 제거하고 침입자 검출을 적용한 동적 특징 맵을 추가하여 향상된 주목 맵을 제안하였다. 실험을 통해 자율 가상 캐릭터가 3차원 가상 환경에서 정적, 동적 객체에 대한 주목 영역을 정확하게 찾는 것을 확인하였으며 처리 속도 또한 기존 연구보다 1.6배 정도 향상되었음을 확인하였다.

Realtime Attention System of Autonomous Virtual Character using Image Feature Map

MyoungHee Cha[†], Kyhyub Kim^{**}, Kyungeun Cho^{***}, Kyhyun Um^{****}

ABSTRACT

An autonomous virtual character can conduct itself like a human after recognizing and interpreting the virtual environment. Artificial vision is mainly used in the recognition of the environment for a virtual character. The present artificial vision that has been developed takes all the information at once from everything that comes into view. However, this can reduce the efficiency and reality of the system by saving too much information at once, and it also causes problems because the speed slows down in the dynamic environment of the game. Therefore, to construct a vision system similar to that of humans, a visual observation system which saves only the required information is needed. For that reason, this research focuses on the descriptive artificial intelligence engine which detects the most important information visually recognized by the character in the virtual world and saves it into the memory by degrees. In addition, a visual system is constructed in accordance with an image transaction theory to make it sense and recognize human feelings. This system finds the attention area of moving objects quickly and effectively through the experiment of the virtual environment with three dynamic dimensions. Also the experiment enhanced processing speed more than 1.6 times.

Key words: Autonomous Virtual character(자율 가상 캐릭터), Attention System(주목 시스템), Synthetic Vision(비전 시스템)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 조경은, 주소 : 서울시 중구 필동 3가 26(100-715), 전화 : 02)2260-3834, FAX : 02)2260-3766, E-mail : cke@dongguk.edu

접수일 : 2008년 7월 28일, 완료일 : 2009년 3월 10일
* 정회원, 서울사이버대학교 게임애니메이션학과 전임교수 (E-mail : princess@iscu.ac.kr)

** 준회원, 동국대학교, 영상대학원 멀티미디어학과 게임

제작전공 (E-mail : gknight@naver.com)

*** 중신회원, 동국대학교 영상미디어대학 게임멀티미디어 공학과 조교수

**** 중신회원, 동국대학교 영상미디어대학 게임멀티미디어 공학과 교수

(E-mail : khum@dongguk.edu)

1. 서론

게임이나 영화 그리고 애니메이션 분야에서 가상 캐릭터가 차지하는 비율이 점점 커지고 있다[1]. 하드웨어와 그래픽 기술의 발달로 게임이나 영화에 등장하는 가상 캐릭터는 높은 그래픽 수준을 가지게 되었고 화려한 그래픽만으로 흥미 요소를 높이고 사용자를 사로잡기에는 한계가 있다. 이러한 상황을 극복하기 위해 다른 게임이나 영화와의 차별성을 지능형 캐릭터에서 찾는 경우가 많아지고 있다. 지능형 캐릭터 즉 자율 가상 캐릭터는 실제 인간과 같이 시각, 청각, 촉각을 이용하여 가상 환경을 감지할 수 있고 스스로 정보를 수집하고 학습하며 주변 상황에 맞는 행동을 통해 현실감을 높일 수 있다.

자율 가상 캐릭터가 가상환경을 인지하기 위한 수단으로 기존 연구에서 가장 많이 사용한 기능은 인공 시각이다. 인지도 객체는 아이디(ID) 번호가 부여되어 자율 가상 캐릭터의 메모리에 기억되고 이 정보를 바탕으로 목표에 맞는 계획 및 행동을 한다. 지금까지 많이 사용된 인공 시각 기법은 인공지능 캐릭터에 카메라를 장착시키고 정해진 시야각에 들어오는 모든 객체들을 감지한 후 저장하는 방법으로, 가상 환경에 존재하는 방대한 양의 객체 정보를 모두 받아들여 저장한다. 이 경우 다수의 유체가 동시에 접속하여 게임을 플레이하는 다중 접속 게임은 단일 캐릭터가 아닌 다수의 캐릭터가 화면상에서 기억해야 할 정보가 너무 많아 실시간으로 처리가 어렵고 자원의 효율적인 사용 측면으로도 매우 불필요한 단점이 있다. 또한 인간의 시각 체계는 시야에 들어오는 모든 객체를 다 기억하지 못하고 주목하거나 특징을 가진 객체에 대해서만 저장하기 때문에 모든 객체를 감지하여 저장하는 자율 가상 캐릭터의 기존 연구는 현실성이 부족하다.

최근 효율적인 정보 인지와 저장을 위해 인간의 시각 정보 처리 이론인 주목 시각 기능을 추가한 인공 시각 기법 연구가 이루어지고 있다. 이 연구는 인지한 데이터 중에서 주목한 객체만 차별적으로 저장하여 현실적인 인간의 시각 체계와 유사하게 만들었다. 하지만 영상 특징 맵은 특징 맵 요소를 이루는 영상처리 알고리즘의 처리속도가 너무 느려 실시간 처리를 기반으로 하는 게임 환경에는 적합하지 못하다. 또한 주목한 객체의 저장 없이 응시 동작만 가능

하기 때문에 추후 메모리를 이용한 계획 기능과 학습 기능을 위한 현실적인 시각 탐색 알고리즘으로 확장이 불가능한 단점이 있다. 따라서 가상 환경에 존재하는 객체들 중에서 특별히 캐릭터가 흥미롭게 생각하고 눈에 띄는 객체를 찾아 저장함으로써 메모리의 사용을 제한하고 실시간 처리가 가능한 인공시각에 대한 연구가 필요하다.

이에 본 논문에서는 인지심리학의 시각적 주의 집중 이론을 기반으로 3차원 가상공간을 인간처럼 주목하는 시각 기능을 가지면서 실시간으로 처리가 가능한 인공시각 알고리즘을 제안하고 실험하였다. 게임 환경에 적합한 주목 맵 알고리즘을 위해 기존 영상처리의 주목 맵 이론을 향상시켜 적용하였다. 기존 주목 맵을 만들기 위한 특징 요소인 색상, 명암, 방위 요소 중 가장 많은 처리 시간을 필요로 하는 방위(Orientation) 특징 맵을 제거하였다. 또한 동적 객체 처리를 위해 사용되었던 방향 벡터에 의한 움직임 특성 추출 기법 대신 침입자 알고리즘을 이용한 모션 특징 맵을 추가하였다. 본 논문에서 제안한 색상, 명암, 모션 특징 맵으로 구성된 주목 맵을 장착시켜 자율 가상 캐릭터의 인공 시각을 실험한 결과 정확한 시각 인지를 하였고 기존 연구에 비해 처리속도 또한 2배 이상 향상되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대해 소개하고 3장에서는 시지각 캐릭터의 효율적인 시각 기법 설계 내용을 기술한다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 구현 결과 및 성능을 비교 분석하고 마지막 5장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대해 기술한다.

2. 관련 연구

인공 시각을 이용한 자율 가상 캐릭터에 대한 연구는 크게 두 분야로 나누어진다. 하나는 시야 범위에 있는 모든 객체를 인지하는 연구와 다른 하나는 인지심리학에 기반을 둔 주목 시각 이론을 적용하여 주목하는 객체만 인지하게 하는 것이다.

먼저 인공 시각을 통해 가상 환경을 인지하고 상황에 맞게 반응하는 가상 캐릭터에 대한 연구는 1990년대 중반 Tu와 Terzopoulos[2]에 의해 처음 시작되었다. Tu와 Terzopoulos는 가상 해양 세계를 구현하는 과정에서 사실적인 인공 물고기의 행동패턴에 자

을 행위 시스템 기술을 활용하였다. 이 연구에서 개발된 시스템은 바닷속이라는 특정의 가상환경에서 각각의 독립된 움직임(Motor), 지각(Perception), 행위(Behavior)를 갖는 물고기를 구현하였다. 인공 물고기는 인공 시각 감지 센서를 이용하여 감지한 객체의 정보인 아이디와 색상, 크기, 거리 정보를 월드 데이터베이스로부터 추출하여 행동 결정에 사용하고 있다. 이 연구는 인공 시각을 사용하고 있지만 실세계의 물고기의 시각적 체계와 다른 한정된 영역인 물고기를 중심으로 300도 범위 안에 존재하는 객체를 인지하고 있다.

MIT 미디어 연구실의 Blumberg[3,4]는 주변 환경과 사용자가 상호작용을 하면서 적절히 학습할 수 있는 지능적인 가상 캐릭터에 대한 연구를 진행하고 있다. 이 연구에서는 가상 캐릭터가 90도의 시야각을 가진 카메라를 이용하여 시각인지를 하며 인지한 영상의 프레임 버퍼에서 추출한 RGB 이미지가 가상 캐릭터의 입력 값이 된다. 원활한 시각 기능을 위해 가상 캐릭터가 현재 관심 있게 바라보는 움직이는 객체에 임의 색상을 배정하여 추적할 수 있게 한다. 이후 Isla[5]는 던칸(Duncan)이라는 가상의 3차원 환경에서 주변 사물을 인지하고 사용자의 명령에 따라 주어진 행동을 학습하는 양치기 개를 구현하였다. 던칸의 시각인지 모델은 형태 분석은 불가능하며 컬러로 코딩된 2차원 렌더링 값으로 객체를 구분하여 인식한다. 가상 캐릭터의 시야에 객체의 어느 한 부분이라도 눈에 띄면 보인다고 간주하고 보이는 부분의 중심이 그 객체의 위치 값이 되어 저장된다. 그러나 큰 객체의 아주 작은 부분인 한 화소만 나타나도 그 객체를 인식하기 때문에 정확한 인식체계 설정이 어렵고 시야에 들어온 모든 객체를 인식하기 때문에 정보량이 너무 많다.

Kuffner[6]는 256개의 흑백 그레이스케일의 가상 컬러를 이용하여 시야에 존재하는 객체를 한 번에 모두 인식하고 있다. 즉 인공지능 캐릭터에게 가상의 환경을 시각적으로 인지시키기 위해 각각의 객체에 고유 번호와 칼라를 부여하였다. 이 연구는 시야에 들어온 객체의 정보를 한번 본 것으로 정확하게 알 수 있기 때문에 비현실적이며 다수의 객체가 존재할 경우 그레이스케일로 모두 표현 할 수 없는 경우가 생길 수 있다.

Thalmann[7,8]은 인공 시각을 이용하여 3차원 가

상공간 탐색(navigation)이 가능한 자율 가상 캐릭터를 개발하였다. 이 가상 캐릭터는 시각 체계를 통해 스스로 인지한 정보를 옥트리에 저장함으로써 3차원 공간에 있는 객체를 효율적으로 저장하고 이 정보를 토대로 검색과 학습이 가능하도록 하였다.

위 연구들에서 제안한 가상 캐릭터의 시각 체계는 시야각에 존재하는 모든 객체 정보를 받아들여 저장하는 방식이다. 시야에 존재하는 모든 객체를 인지하게 되면 온라인 게임의 경우 하나의 캐릭터가 아닌 수많은 NPC들이 한 화면에서 동작하기 때문에 기억해야 할 정보가 너무 많아 실시간 처리가 어렵다. 또한 현실적으로 인간은 시야에 존재하는 모든 정보를 인지하지 않고 주목한 객체만 기억한다. 따라서 정보의 효율적인 인지와 저장이 가능한 가상 캐릭터를 위해 인공 시각에 주목 기능이 추가된 가상 캐릭터의 연구가 이루어지고 있다.

Itti와 Koch[9]는 주목 맵(Saliency map)과 승자전취(Winner-Take All)로 이루어진 주의집중 알고리즘을 제안하여 실제세계에 적용하였다. 이 모형은 색상(Color), 명암(Intensity), 방위(Orientation)와 같은 특징 요소를 추출하여 정의한 후 입력 영상을 다중스케일(multiscale)로 분석하여 중심-주변(center-surround difference)에 의해 특징 맵을 생성해낸다. 이렇게 만들어진 특징 맵으로부터 측면 억제 기법이 사용되어 주변 장소와 크게 다른 주목 지점을 찾아내고 여러 가지 다른 특징을 나타내는 맵들로부터 연관성 있는 하나의 정보를 만들어 주목 맵을 생성한다.

Peter[10]는 Itti와 Koch의 연구를 바탕으로 주변 환경을 시각적으로 주목하기 위한 인공시각 알고리즘을 가상 캐릭터에 적용하였다. 이 논문에서는 인지심리학 이론을 바탕으로 실제 인간이 주변 환경을 볼 때 좀 더 주목하여 바라보는 부분이 있다는 것을 주장하고 있다. 또한 실제 주목한 부분과 메모리에 저장되는 부분을 일치시킴으로서 보다 현실적인 시각 기법을 위한 알고리즘을 제안하고 있다. 하지만 가상 캐릭터의 주목 맵 처리 실행시간이 전체 시각 인지 처리 시간 중 90퍼센트 이상 차지하므로 속도가 느리다.

Nicolas Courty[11]는 앞서 연구된 영상처리를 이용한 주목 알고리즘의 속도를 개선하기 위해 시지각 기능을 가진 캐릭터에 대한 독창적인 모델을 제안하

였다. Courty는 거리, 모션, 윤곽추출 요소를 이용하여 주목 특징 맵을 만들었다. 이 연구는 주목 특징 맵을 최소화하여 처리속도는 향상시킨 반면 주목 특징 맵을 이루는 중요한 컬러나 명암 특징 요소의 생략으로 객체 인지의 정확도가 다소 떨어진다.

반상우[12]는 어디를 봐야하는지 스스로 결정할 수 있는 선택적 주의 집중 시각 환경 인지 모델에서 경험 장면과 비 경험 장면을 구분하여 인지 할 수 있는 특이장면 검출 모델을 제안하고 있다. 특히 새로운 환경을 탐험하면서 새로운 객체 여부에 대한 인지기능을 추가하였으며 한번 탐험한 객체를 다시 주목하지 못하게 하는 알고리즘을 추가하였다. 감독자에 의해 미리 정해진 관심 혹은 비 관심 영역의 특징을 학습하고 기억하여, 만일 다음에 비 관심 지역이라고 정해진 곳과 비슷한 장면을 보게 되었을 때 그 지역을 보는 것을 억제하는 식으로 상향식의 개념을 사용하였다. 하지만 관심 혹은 비 관심 영역이 미리 정해져 있어 가상 캐릭터가 자율성을 가지고 중간 중간 관심과 흥미성이 생길 수 있는 것을 표현하기에는 부족하다.

지금까지 인공 지능 캐릭터의 인공 시각 기법들에 대한 연구 내용들을 살펴보았다. 시야에 존재하는 모든 객체를 인지하여 저장하는 기존 연구는 비현실적이며 메모리 효율이 낮은 단점이 있다. 또한 주목 시각을 이용한 인공 시각 연구는 인간처럼 행동하고 인지한 데이터의 차별적인 저장은 가능하지만 주목 이론을 적용하는 과정에서 사용한 주목 맵 추출 알고리즘의 계산 시간이 너무 느려 실시간을 기반으로 하는 게임 환경에는 적합한 모델은 아니다. 이를 위해 본 논문에서는 실시간 처리가 가능하며 인간처럼 주목한 정보를 주목 순서대로 저장 가능한 주목 시각 기법을 만든다.

3. S-AVA의 인공 시각 기법

본 논문에서 제안하는 자율 가상 캐릭터는 게임 환경에 적합한 시각적 주목 기능을 가지며 스스로 정보 저장이 가능하다. 먼저 이러한 자율 가상 캐릭터를 연구하고 실험하기 위한 전반적인 설계가 필요하다. 본 논문에서 구현하는 S-AVA(Sensible Autonomous Virtual Agent)는 자율성을 가진 에이전트 및 캐릭터로 정의할 수 있으며 스스로 생각할

표 1. S-AVA의 주요 기능

주요 기능	상세설명
센싱 (Sensing)	<ul style="list-style-type: none"> • 시각센서를 통한 가상환경 인지-시각인지 • 저장 정보(시각센서를 통해 인지한 가상환경 안의 객체 정보)
메모리 (Memory)	<ul style="list-style-type: none"> • 새로운 곳을 탐험하여 생긴 정보를 저장하고 기억된 정보를 검색하기 쉽게 하는 기능
학습 (Learning)	<ul style="list-style-type: none"> • 상황에 맞는 적절한 액션을 선택하기 위한 학습 기능 • 저장 정보(장기 기억 속에 저장할 정보 -반복과 주의집중을 이용한 학습)
계획 (Planning)	<ul style="list-style-type: none"> • 목표가 들어오면 저장된 자료를 기반으로 상황 판단을 하여 빠른 목표를 달성하기 위한 계획 기능 • 저장 정보(계획 수립에 필요한 정보)
행동 (Act)	<ul style="list-style-type: none"> • 행동 애니메이션을 이용한 가상환경 탐험 가능 • 저장 정보(길 찾기에 필요한 정보 -찾을 객체의 위치 값)
대화 (Communication)	<ul style="list-style-type: none"> • 가상 환경 안의 다른 에이전트와 대화하는 기능 • 저장 정보(다른 에이전트의 행동 정보)

수 있고 주변 환경이나 과거의 경험 등에 따라서 지능적으로 행동할 수 있는 능력이 있다. S-AVA의 행동 애니메이션으로는 모션 캡처 애니메이션을 이용한 자연스러운 동작을 표현하며 기본동작(걷기, 앉기, 서기 등)과 지능적인 동작(길 찾기, 목표 객체 찾기)이 가능하다.

S-AVA의 주요 기능은 지금까지 연구된 일반적인 자율 가상 캐릭터의 기본 기능을 도입하며 상세한 기능 설명은 표 1과 같다.

본 논문에서는 S-AVA의 주요 기능 중에서 지능적인 행동을 하기 위한 가장 초기 단계인 인공 시각과 메모리 모듈에 대한 개선된 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서 구현하는 범위는 시지각 센서를 통해 인지한 모든 정보 중 상향식 주목 알고리즘을 이용한 주목 객체의 순차적인 선택과 저장이다.

3.1 S-AVA의 주목 시각 기법 설계

본 논문에서 제안하는 시각 기법은 인간의 시각적

주의 집중 이론을 기반으로 주목 맵 영상처리 알고리즘을 이용하여 가상 캐릭터가 주목할 영역을 인지한다. 즉 어떠한 사전 지식이 없이 가상 환경을 인지한 후 특징 점을 찾아 주목 행동을 하고 주목한 정보를 메모리로 보낸다. 아래 그림 1은 전반적인 주목 시각 기법과 메모리 모듈의 흐름을 보여주는 구조도이다.

빠른 시각 인지 기능과 저장을 위해 그림 1과 같이 세 개의 모듈로 구성된 시스템을 설계한다. 첫 번째는 시각 모듈로서 인간과 유사한 시야각을 가진 캐릭터가 인공 시각을 이용해서 가상의 환경을 인지한다.

두 번째 주목 모듈은 시각 모듈에서 인지한 환경에서 주목할 영역을 찾는 모듈이다. 인간의 정보처리 체계는 한계가 있어 시야에 들어오는 모든 정보를 처리할 수 없으며 인지한 환경에서 중요한 부분을 주목하여 정보를 저장한다. 인지과학 이론에서 제시한 인간의 시각적 주목 방법은 상향식(bottom-up) 방식과 하향식(top-down) 방식이 있다. 자율 가상 캐릭터가 자발적으로 정한 현재의 중요한 것을 주목하는 것은 상향식 방식이며 특정한 목표가 없이 주변에 비해 두드러진 곳을 주목하는 것은 하향식 방식이다. 본 논문에서는 두 가지 방법을 혼합하여 사용하도록 시각 기법에 대한 설계가 이루어진. 상향식 주목은 기존 주목 맵 알고리즘을 향상시켜 적용하고 하향식 주목은 메모리 모듈에 저장된 정보를 이용하도록 설계한다.

세 번째 기억 모듈은 주목 모듈의 결과물인 주목 객체를 메모리에 저장하는 모듈이다. 메모리 모듈은 상향식 주목 방법으로 주목한 객체를 저장하는 기능과 하향식 주목을 위해 저장된 정보를 검색하는 두 가지 기능이 있다. 기억 모듈은 인지심리학에서 사용

하는 기억의 3단계 이론을 적용하여 설계하고 월드 데이터베이스에서 객체의 위치와 속성을 가져와 S-AVA의 메모리에 저장한다. 주목한 객체를 저장하여 단순히 주목하는 행동뿐만 아니라 계획과 학습이 가능한 캐릭터로 발전시킬 수 있다.

3.2 S-AVA의 상향식 주목 맵 추출 기법

본 논문에서는 상향식 방식을 이용한 주목 맵 추출을 위해 인지심리학의 주의집중 모델에 기반을 두어 색상, 명암, 움직임 정보를 추출한다. 특징 맵 추출을 위해 먼저 S-AVA의 눈에 위치한 카메라로 영상을 인지한다. 그리고 입력되는 영상에 대해 주목 객체를 만들기 위한 영상의 특징 점을 추출하여 각각 서로 독립적인 특징 맵으로 만든다.

색상은 인간이 시각을 통해 물체를 구분할 수 있는 가장 큰 특징 중의 하나이다. 인간의 시세포에 있는 3가지 추상체는 R, G, B 색상들의 반응에 의해 색상이 결정되고 뇌로 전달된다[13]. 이 과정에서 색상 정보는 '적/녹' 대립과 '청/황' 대립의 반대 쌍의 색상 정보로 바꾸어 전달된다. 또한 명암 특징을 추출하기 위한 정보로 색상 정보와 밝기 값인 명암 정보를 사용한다.

인간은 정적인 사물보다는 움직이는 사물에 더 관심을 갖고 주의 깊게 살펴보는 특징이 있다. 본 논문에서는 움직이는 사물을 주목하기 위해 보안 시스템에서 많이 사용되고 있는 침입자 검출을 적용한 새로운 모션 맵 특징 맵을 추가하였다. 세 가지 특징 맵은 모두 연산량을 줄이기 위해 이미지 피라미드 영상처리 이론을 이용하여 이미지를 축소하였다. 이렇게 생성된 특징 맵은 각각의 맵을 구성하는 통계적인 정보를 바탕으로 모두 하나로 통합되어 주목 맵을 생성해낸다. 그림 2는 S-AVA의 상향식 주목 맵 추출 흐름도이며 위에서 설명한 특징 맵 생성 과정을 보여주고 있다.

향상된 주목 맵을 위해 사용되는 이론들과 수식을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

3.2.1 색상 특징 맵

입력된 영상에서 추출되는 색상 맵은 적/녹, 청/황에 반응하는 2개의 특징 맵이 생성된다. 적/녹 색상 특징 맵을 F1이라 하고 청/황 색상 특징 맵을 F2라 한다. 색상에 관련된 맵인 F1과 F2를 생성하는 순서

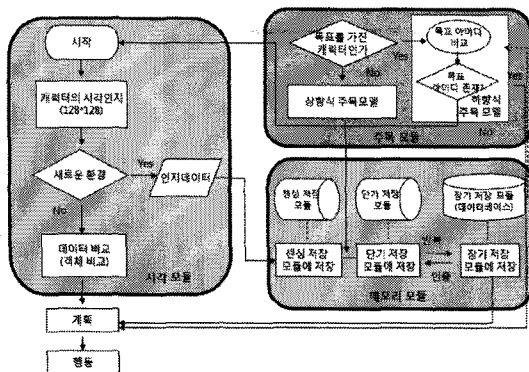


그림 1. S-AVA의 시각 모듈과 메모리

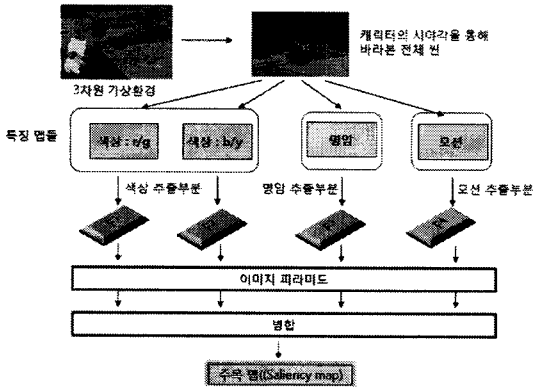


그림 2. S-AVA의 상향식 주목 맵 추출 설계도

는 다음과 같다. 먼저 R, G, B는 각각 적색, 녹색, 청색을 나타내는 3가지 추상체의 반응이라 가정한다. 이때 R, G, B는 다른 색상과 조금도 희석되지 않은 순수한 색상이며, 추출된 채널인 r, g, b, y는 식 1과 같이 생성한다.

$$\begin{aligned}
 r &= R-(G+B)/2, & g &= G-(R+B)/2, & (1) \\
 b &= B-(R+G)/2, & y &= R+G-2(R-G)+2
 \end{aligned}$$

이렇게 추출된 채널 r, g, b, y는 각각 적색, 녹색, 청색, 황색 채널을 나타낸다. 각 채널은 흑색과 백색 자극에 대해 0을 출력한다. 이렇게 식 1과 같이 r, g, b, y를 생성하는 이유는 색채학 이론에 배경을 둔 인간의 눈을 통해 인지하는 색상에 관한 이론에 잘 나와 있다[13]. 즉 R, G, B가 사람이 인식할 수 있는 최대 반응점인 ‘적’, ‘녹’, ‘청’의 색깔과 대응되는 파장에 정확히 일치하지 않기 때문이다. 이렇게 생성된 채널 r, g, b, y를 사용하여 식 2와 같이 ‘적/녹’ 대립 색상에 따른 F1, ‘청/황’ 대립 색상에 따른 F2를 만든다.

$$\begin{aligned}
 F1 &= r-g, & (2) \\
 F2 &= b-y
 \end{aligned}$$

3.2.2 명암 특징 맵

명암 특징 맵인 F3을 생성하기 위해 입력되는 영상의 밝기 정보가 사용된다. 밝기 정보는 시각 장면의 돌출 영역을 선택하는데 유용한 특징이 될 수 있다. 또한 색상 정보가 사용될 수 없는 경우에도 유용하게 사용될 수 있다는 장점이 있다. 밝기 정보는 컬러 영상이 입력되었을 경우 입력된 영상의 R, G, B 반응의 평균을 내어 얻을 수 있다. 이러한 정보는 식 3과 같이 F3을 만드는데 사용한다. 만일 컬러가 아닌

명암만 가진 흑백 영상이 입력되었을 경우 입력된 영상을 그대로 사용한다.

$$F3 = (R+G+B) / 3 \quad (3)$$

3.2.3 모션 특징 맵

모션 맵은 현재 영상처리 분야의 보안 시스템에서 많이 사용되고 있는 침입자 검출을 응용하였다. 침입자 검출은 현재 영상에서 침입자가 들어왔을 경우 이전 영상과 비교하여 변화된 영상을 추출하여 특징 맵으로 만든다. 동적인 3차원 가상공간을 각 프레임별로 이미지 데이터를 저장하여 모션 맵을 구성할 수 있도록 설정한다. 프레임의 차이가 적을 경우는 움직임의 차이가 거의 나타나지 않는다. 테스트를 통해 모션 맵을 구성할 이미지 두 개를 찾아 저장하고 식 4와 같이 빼기 연산을 통해 현재 장면에서 움직이는 객체를 찾는다.

$$\begin{aligned}
 F4 &= F3(t) - F3(t-1) & (4) \\
 &\bullet F3: \text{프레임의 이미지} \\
 &\bullet t: \text{관측된 시간}
 \end{aligned}$$

앞서 만들어진 특징 맵을 식 5와 같이 모두 합하여 주목 맵을 구축한다.

$$S(\text{Saliency Map})= F1 + F2 + F3 + F4 / 4 \quad (5)$$

3.3 구현 알고리즘

본 절에서는 지금까지 제시한 주목 시각 알고리즘을 의사 코드를 이용해 구현하고자 한다. 구현 순서는 다음과 같다. 먼저 S-AVA의 입력 값은 시야각을 통해 보이는 전체 장면 렌더링을 이용한다. 입력된 값은 컬러, 명암의 특징 맵 계산을 위해 각각 색상 채널을 분리한다. 색상 텍스처의 데이터를 RGBY로 분류하고 계산된 RGBY값을 사용하여 컬러와 명암의 특징 맵을 생성한다. 계산을 완료한 픽셀들을 2차원 배열에 저장하여 칼라와 명암에 관련한 주목 맵들을 구한다.

모션 특징 맵을 만들기 위해 현재 캐릭터가 바라본 장면의 이미지와 이전에 캐릭터가 바라본 이미지를 저장한다. 본 논문에서는 실험의 속도 향상을 위해 5프레임 간격으로 저장하는데 각 프레임별로 이미지 데이터를 저장하여 모션 맵을 구성할 수 있도록 설정하고 빼기 연산을 통해 현재 장면에서 움직이

는 객체를 찾는다.

각각의 특징 맵을 구한 후 연산 량을 줄이기 위해 영상처리 기법인 이미지 피라미드를 이용하여 이미지를 축소한다. 마지막으로 각 특징 맵을 모두 병합하여 우리가 구현하고자 하는 결과 값인 주목 맵을 구한다. 전체적인 구현 과정을 의사 코드를 이용하여 다음과 같이 정리하였다.

```
// 픽셀의 색 값을 r,g,b,y로 표현하고 각각의 연산을 수행
r= R - (G + B)/2;
g= G - (R + B)/2;
b= B - (R + G)/2;
y= R + G-2(abs(R - G) + 2);
// 연산을 통해 나온 값으로 특징 맵 생성
f1 = r - g;
f2 = b - y;
f3 = (R + G + B)/3;
f4 = -(R + G + B)/3;
// 생성된 특징 맵 정보를 2차원 배열에 저장
ColorMap1[i][j] = f1; //RG
ColorMap2[i][j] = f2; //BY
ColorMap3[i][j] = f3; //Intensity
ColorMap4[i][j] = f4; //Intensity
// 색상 특징 맵과 명암 특징 맵 완성
ColourFMap = f1 + f2;
IntensityFMap = f3 + f4;
// 모션 맵 구성을 위한 설정//
MotionFMaps CenterSurround(MotionPyr)
// 모션 맵 만들기
MotionMap = IntensityMap(t)-IntensityMap(t-1)
MotionFMaps CenterSurround(MotionPyr)
// 이미지 피라미드를 이용한 각 특징 맵 축소
ImagePyramid(ColourFMap, IntensityFMap,
              MotionFMap)
// 주목 맵을 구함
SM(Saliency Map)
← Combine(ColourCMap, IntensityCMap,
           MotionCMap)
```

S-AVA의 상향식 주목 맵 의사코드

4. 실험 및 성능 분석

실험을 위해 MS사의 비주얼스튜디오 .Net를 사용하여 C++로 구현하였고 다이렉트X와 G-블렌더 엔진을 사용하였다. 실험환경으로는 Core 2 Duo, 1.86GHZ, 메모리 2GB의 PC를 사용하였고 운영 체제로는 윈도우XP를 사용하였다.

4.1 실험 결과

S-AVA의 주목 시각 기법을 실험하기 위해 먼저 정적인 객체와 동적인 객체가 모두 배치된 3차원 가상 공간을 만든다. 현재 실험하는 가상 공간은 도넛 모양의 객체만 움직이고 다른 객체는 모두 정적이다. 시지각을 가진 S-AVA를 만들어 새로운 가상 공간을 탐험하게 한다. 아래 그림 3에서 왼쪽 이미지는 가상 환경과 S-AVA를 3차원 시점으로 바라 본 영상이며 오른쪽 이미지는 S-AVA의 시야각을 통해 바라 본 객체를 화면 캡처한 영상이다.

그림 4부터 그림 6까지는 각 특징 맵의 결과 값들을 보여주고 있다. 그림 5는 실제 인지한 영상 이미지와 특징 맵 알고리즘을 통해 추출된 컬러 특징 맵 결과 화면이다. 위쪽 그림은 ‘적/녹’ 대립 색상에 따른 특징 맵 결과 화면으로 빨간색이 밝게 나타나고 아래쪽 그림은 ‘청/황’ 대립 색상에 따른 특징 맵으로 파란색이 밝게 나타난다. 그림 6은 명암 특징 맵의 결과 화면으로 실제 영상에서 밝게 보이는 부분이 추출된 명암 특징 맵에서도 밝게 표시된다. 그림 7은 본 논문에서 새롭게 제시한 특징 맵인 모션 특징 맵 화면이다. 시야각을 통해 인지한 객체 중에서 움직이는 도넛 객체만 밝게 표시된다.

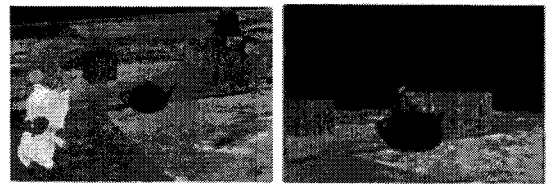


그림 3. 가상 환경과 S-AVA의 시야각을 통해 바라 본 객체들

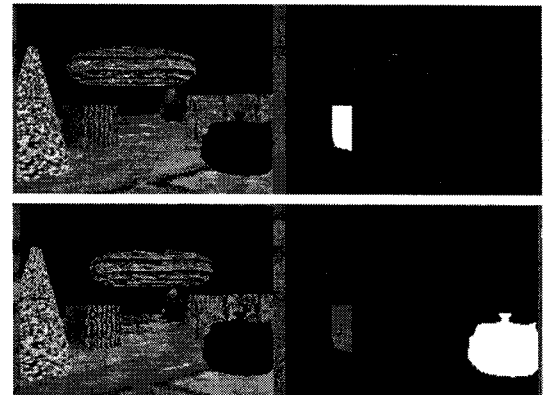


그림 4. 실제 영상과 적/녹(위), 청/황(아래) 컬러 특징 맵

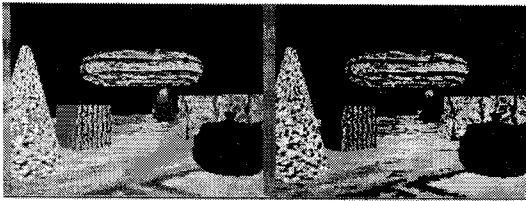


그림 5. 실제 영상과 추출된 명암 특징 맵

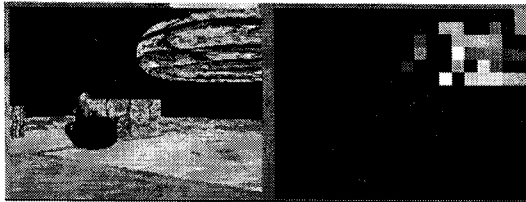


그림 6. 실제 영상과 추출된 모션 특징 맵

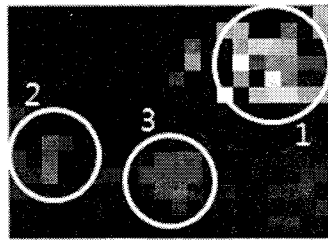


그림 8. 객체 인지와 저장 순서

한 순서에 따라 주목한 영역에 해당하는 객체의 정보인 아이디와 속성(위치, 시간)을 월드 데이터베이스로부터 가져와 저장한다.

4.2 주목 맵 실험 비교 분석

본 논문에서는 게임 환경에 적합한 실시간으로 동작이 가능한 S-AVA를 위해 기존에 연구되었던 주목 맵 알고리즘에서 방위 특징 맵을 제외시키고 새롭게 제안하는 모션 특징 맵을 추가하여 처리 속도를 높였다. 아래 그림 9부터 그림 11까지는 같은 시스템 환경으로 실험한 기존의 연구들과 본 논문의 주목 맵의 결과와 처리속도를 비교한 영상을 보여주고 있다.

그림 9는 Peter의 연구를 구현한 결과 값이다. 특징 맵의 구성 요소로 색상과 방위 그리고 명암을 사용한 구현 결과를 캡처한 네 개의 이미지가 있다. 첫 번째 이미지는 주목 영역을 찾은 후 메모리에 저장할 때 필요한 가상 채색 렌더링 결과이며 두 번째 이미지는 S-AVA의 시야각을 통해 바라 본 원본 이미지이다. 세 번째 이미지는 실험을 통해 얻은 주목 맵 결과이며 네 번째 이미지는 주목 맵에서 순차적으로 주목할 객체들의 순서이다. 입력 영상에서 다른 객체는 모두 정적인 객체이며 도넛 형태의 객체만 하늘 위로 떠다니며 움직이는 동적 객체이다.

실험 결과 가장 먼저 명암 값이 크고 색상이 화려한 빨간 상자를 주목하고 두 번째로 삼각뿔을 주목하고 있다. 하지만 움직이는 도넛에 대한 주목이 존재하지 않고 처리 속도는 82.52 fps(frame per second)이다. 이 주목 맵은 정적인 객체의 주목은 비교적 정확하지만 동적 객체 인지가 불가능하고 방위 특징 맵을 사용하였기 때문에 처리 속도가 무척 느리다.

그림 10은 Courty 연구를 구현한 결과로서 특징 맵의 구성 요소로 방위와 모션 그리고 명암을 사용하

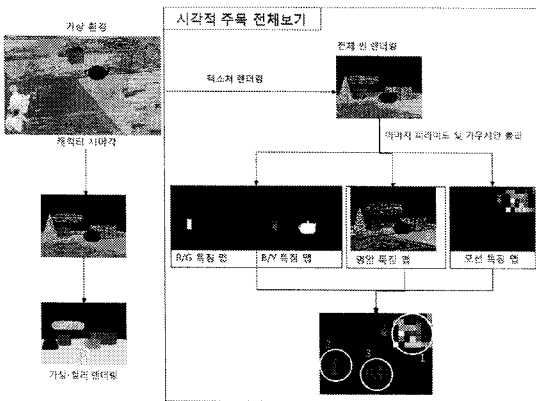


그림 7. 전체적인 구현 결과

그림 7은 S-AVA 시야에 들어 온 가상 환경의 영상을 텍스처 렌더링을 통해 입력 받아 각각의 특징 맵을 구하고 이를 병합하여 최종적으로 주목할 주목 맵을 구한 전체적인 구현 결과를 보여준다.

그림 8은 최종적으로 구한 주목 맵에서 가장 밝게 보이는 객체부터 순차적으로 주목하는 순서를 보여주고 있다. 우리가 실험을 통해 얻은 주목 맵에서는 움직이는 객체인 도넛의 주목도가 가장 밝게 표현되었고 붉은 색 상자가 두 번째 그리고 세 번째로 파란색 주전자 객체의 순서로 주목도 결과 값을 얻었다. S-AVA는 시야각을 통해 인지한 가상 환경 내의 동적 또는 정적으로 존재하는 객체를 주목 값이 큰 순서에 따라 주목하게 된다.

주목 맵을 통해 인지한 객체의 저장을 위해 주목

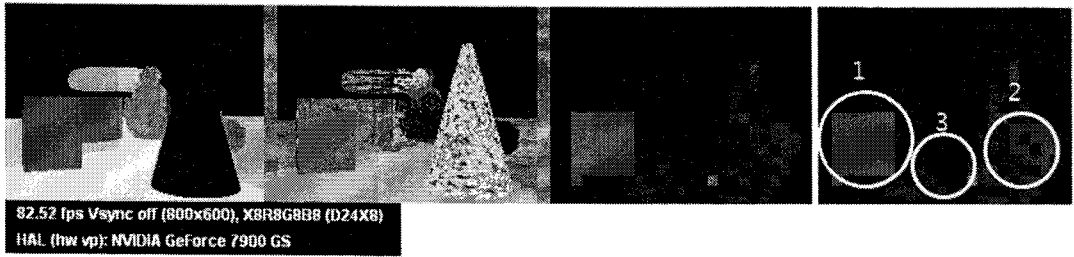


그림 9. Peter의 주목 맵 구현 결과

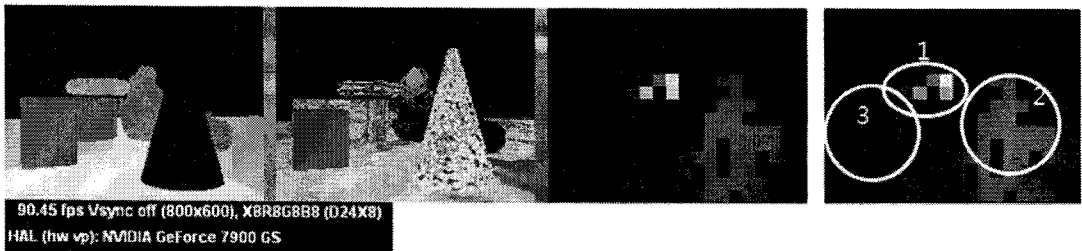


그림 10. Courty의 주목 맵 구현 결과



그림 11. 본 논문의 주목 맵 구현 결과

였다. 실험 결과 가장 먼저 움직이는 객체인 도넛을 주목하고 두 번째로 삼각뿔을 주목한 후 세 번째로 명암 값이 크고 색상이 화려한 빨간 상자를 주목하였다. 모션을 사용한 주목 맵을 통해 움직이는 객체인 도넛에 대한 주목 기능이 추가되었고 속도 또한 90.45 fps로 Peter의 연구에 비해 조금 향상되었음을 확인할 수 있다. Courty는 기존의 Peter가 연구했던 주목 맵의 속도를 향상시키기 위해 비교적 간결한 주목 특징 맵을 사용하고 동적 객체를 주목하는 특징 맵을 추가하였다. 그 결과 속도는 Peter의 연구에 비해 향상되었고 동적 객체에 대한 주목 기능까지 가능하게 되었다. 하지만 특징 맵의 구성요소가 너무 간결하여 정적인 객체에 대한 아주 정확한 주목 맵을 보여주지 못하고 있다.

그림 11은 본 논문에서 제안한 특징 맵인 색상과 명암 그리고 모션을 사용한 주목 맵을 구현한 결과

이다. 실험 결과 가장 먼저 움직이는 객체인 도넛을 주목하고 두 번째로 명암 값이 크고 색상이 화려한 빨간 상자를 주목한 후 세 번째로 삼각뿔을 주목하였다.

기존 연구에서 사용했던 방향 벡터에 의한 움직임 추출보다 처리 속도가 빠르기 때문에 동적 객체가 다수 존재할 경우에도 간단히 처리가 가능하다. 또한 주목 맵의 정확도가 높으며 기존 연구들에 비해 처리 속도 또한 145.86 fps로 향상되었음을 확인할 수 있다. 표 2는 이전 연구와 본 논문에서 제안한 주목 맵의 처리 속도를 같은 환경 내에서 실험한 결과 비교 표이다. 표 2에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제안한 방법이 다른 두 연구에 비해 처리 속도의 차이가 많이 개선되었음을 알 수 있다. 또한 정적 객체의 주목 정확도를 그대로 유지하면서 동적 객체의 주목 기능까지 추가하였다.

표 2. 방위를 사용한 주목 맵과 모션 맵을 사용한 주목 맵 처리 속도 비교표

비교항목 각 방식	특징 맵 구성요소	속도	정적 객체 주목 정확도	동적 객체 주목 기능
Peter 모형	컬러+방위+명암	느림 (82.52 fps)	정확	없음
Courty 모형	명암+방위+모션	보통 (90.45 fps)	보통	있음
본 논문	컬러+명암+모션	빠름 (145.86 fps)	정확	있음

4.3 S-AVA의 성능 비교 분석

지금까지 설계와 실험을 통해 나온 결과를 토대로 기존의 연구자들의 자율 가상 캐릭터들과 S-AVA의 성능을 표 3에서 비교 분석하였다.

Blumberg, Kuffner, Thalmann[3,6,7]은 인간과 같이 주목하는 기능 없이 시야각에 들어오는 모든 객체를 인지한다. 그리고 작업 처리와 메모리 기능이 있으며 속도는 빠르다. 하지만 이들의 자율 가상 캐릭터 연구에서는 인간과 같은 시지각 기능이 들어있지 않아서 본 논문과의 실험 대상에서 제외되었다.

Itti[9]는 실세계에서 영상처리를 이용한 주목 맵을 만드는 알고리즘을 제안하여 실제 사람과 같이 입력된 영상에서 주목할 영역을 차례로 찾았으며 Peter[10]은 이 알고리즘을 그대로 가상의 환경을 탐험하는 자율 가상 캐릭터에게 적용하였다. 하지만 이 연구들은 주목 맵을 생성하는 속도가 너무 느려 실시간으로 처리하는데 많은 어려움이 있고 동적 객체에 대한 인지기능이 없어 동적으로 변화하는 3차원 가상공간 탐험에 적합하지 못하다.

Courty[11]는 처리 속도를 향상하고 동적인 객체 인지를 아주 간단하게 객체를 인지하는 주목 맵 알고리즘을 제안하여 속도는 향상시켰으나 가상 캐릭터의 작업 처리와 메모리 활용에 대한 설계가 없으며 특징 맵이 너무 간결하여 아주 정확한 주목 맵을 보여주지 못하고 있다.

본 논문은 인간과 같은 시지각 기능을 가지고 있으면서 메모리에 저장하는 기능과 주목하는 기능도 있다. 그리고 새로운 모션 특징 맵을 적용하여 동적 객체에 대한 주목 알고리즘과 속도를 개선하였다. 특히 기존 연구에서 사용하였던 방향 벡터에 의한 움직임 특성 추출보다 처리 속도가 빠르다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문은 가상공간을 인지한 후 탐험 및 목적을 수행하는 시지각 자율 가상 캐릭터인 S-AVA를 설계하고 인간과 같은 주목 시각 인지를 위해 사용하는 영상처리 알고리즘의 속도 개선을 중점으로 실험하

표 3. 자율 가상 캐릭터들의 성능 비교표

비교항목 각 방식	객체 인지	인간과 같은 시지각	메모리 기능	동적객체 인지 기능	속도
Thalmann, Blumberg, Kuffner	시야각에 들어온 모든 객체	없다	있다	있다	빠르다
Itti 모형	영상처리를 이용한 주목 맵 Saliency Map(Color+ Intensity+Orientation)	있다	없다	없다	느리다
Peter 모형	영상처리를 이용한 주목 맵 Saliency Map(Color+ Intensity+Orientation)	있다	있다	없다	느리다
Courty 모형	영상처리를 이용한 주목 맵 Saliency Map(Distance+2D Gabor Filter)	있다	없다	있다	보통
본 논문	영상처리 Saliency Map(Color+ Intensity+Motion)	있다	있다	있다	빠르다

였다. 그 결과 자율 가상 캐릭터가 3차원 가상 환경에서 정적, 동적 객체에 대한 주목 영역을 정확하고 빠르게 찾는 것을 확인하였으며 처리 속도 또한 기존 연구보다 1.6배 정도 향상되었음을 확인하였다.

과거 게임 환경 내의 시지각 캐릭터는 정해진 시야각을 통해 보이는 모든 정보를 저장하기 때문에 실시간으로 실행되는 게임 환경에서 각 캐릭터가 기억하는 정보의 양이 많다. 따라서 메모리의 효율성 저하는 물론 시스템의 과부하를 가져오는 원인이 되었다. 본 논문에서는 게임 환경에 적합한 빠른 주목 시각 알고리즘을 만들어 중요한 정보만 저장함으로써 이러한 문제점을 해소하였다. 또한 주목 맵을 만드는 과정에서 과거 영상처리 알고리즘에서 가장 많은 시간을 필요로 했던 방위 특징 맵을 제거하고 동적인 게임 환경에 적합한 모션 특징 맵을 추가하였다.

본 논문에서 제안한 모션 특징 맵은 기존 연구에서 사용하였던 방향 벡터에 의한 움직임 특성 추출보다 처리 속도가 빠른 침입자 검출 방법을 기반으로 구현하였다. 모션 정보를 특징 맵으로 추가함에 따라 동적인 객체 인지 기능을 추가하였으며 실시간으로 영상처리가 진행될 수 있도록 처리 속도를 2배 정도 향상시켰다.

현실적인 인간과 같은 시각 인지 체계를 위해 영상의 특징 맵 구성을 위한 다양한 요소들을 추가하여 주목 맵을 만드는 연구가 지속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 한국게임산업진흥원 편집부, 게임백서-2008대한민국, 한국게임산업진흥원, 2008.
 [2] X. Tu and D. Terzopoulos, "Artificial Fishes: Physics, Locomotion, Perception, Behavior," *Proc. of SIGGRAPH'94, Computer Graphics Proceedings*, Vol.28, pp. 43-50, 1994.
 [3] B. Blumberg, M. Downie, Y. Ivanov, M. Berlin, M. P. Johnson and B. Tomlinson, "Integrated Learning for Interactive Synthetic Characters," *2002 ACM Transactions on Graphics (TOG)*, Vol.21, No.3, pp. 417-426, 2002.
 [4] B. Blumberg, R. Burke, D. Isla, M. Downie and Y. Ivanov, "Creature smarts: the art and ar-

chitecture of a virtual brain," *In Proc. Game Developers Conference*, pp. 147-166, 2000.
 [5] D. Isla and B. Blumberg, "New Challenges for Character-based AI for Games," *In Proceedings of the AAAI Spring Symposium on AI and Interactive Entertainment*, Palo Alto, CA, pp. 41-45, Mar. 2002.
 [6] J. Kuffner, "Fast Synthetic Vision, Memory, and Learning Models for Virtual Humans," *Proc. 1999 IEEE/CGS Int'l Conf. on Computer Animation*, pp. 118-127, 1999.
 [7] M. Tory and T. Moeller, "Human Factors in Visualization Research," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol.10, No.1, pp. 72-84, Jan. 2004.
 [8] T. Conde and D. Thalmann, "An Integrated Perception for Autonomous Virtual Agents: Active and Predictive Perception," *Computer Animation and Virtual Worlds Comp. Anim. Virtual Worlds*, Vol.17, Issue 3-4, pp. 457 - 468, 2006.
 [9] L. Itti and C. Koch, "Computational Modeling of Visual Attention," *Nature Reviews Neuroscience*, Vol.2, No.3, pp. 194-203, Mar. 2001.
 [10] C. Peters, "Bottom-Up Visual Attention for Virtual Human Animation," *Intelligent Robots and Systems, 2003. (IROS 2003). Proceedings. 2003 IEEE/RSJ International Conference*, pp. 1-7, 2003.
 [11] N. Courty and E. Marchand, "Visual Perception Based on Salient Features," *Proceedings of the 2003 IEEE/RSJ Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems Las Vegas, Nevada, Oct., Vol.1*, pp. 1024-1029, 2003.
 [12] 반상우, "특이 장면 검출 및 일반 객체 인식 기반 점진적 시각 환경 인지모델," 경북대학교, 대구, 2005.
 [13] 최경주, 이일병, "추출된 특징의 통계적 정보와 국부 경쟁력을 이용한 컬러영상에서의 돌출맵 모형," *한국뇌학회지*, Vol.2, No.1, pp. 69-78, June 2002.

[14] 차명희, 김기협, 조경은, 엄기현, "자율 가상 캐릭터의 효율적인 시각인지," 2008년 춘계 한국 게임학회 학술발표대회 논문집, pp. 223-227, 2008.



차 명 희

1990년 2월 홍익대학교 사범대학 수학교육학과 학사
 1992년 2월 홍익대학교 일반대학원 전자계산학과 석사
 2006년 2월 동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과(게임제작전공) 박사수료

2003년 2월~현재 서울사이버대학교 게임애니메이션학과 전임교수

관심분야 : 게임제작, 인공지능캐릭터, 멀티미디어 콘텐츠, 웹 콘텐츠 구축



김 기 협

2005년 2월 한국IT전문학교, 게임프로그래밍학과(이학사)
 2008년 2월 동국대학교, 영상대학원 멀티미디어학과 게임제작전공 (예술공학 석사)

관심분야 : 게임 인공지능, 게임 알고리즘, 게임시스템 및 구조 설계



조 경 은

1993년 2월 동국대학교, 전자계산학과(공학사)
 1995년 2월 동국대학교, 컴퓨터공학과 대학원(공학석사)
 2001년 8월 동국대학교, 컴퓨터공학과 대학원(공학박사)

2003년 9월~2005년 8월 동국대학교 정보산업대학 컴퓨터멀티미디어공학과 전임강사

2005년 9월~현재 동국대학교 영상미디어대학 게임멀티미디어공학과 조교수

관심분야 : 컴퓨터 게임 알고리즘, 게임 인공지능



엄 기 현

1975년 2월 서울대학교 공과대학 응용수학과 공학사
 1977년 2월 한국과학기술원 전산학과 이학석사
 1994년 2월 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 공학박사
 1978년 3월~2007년 6월 동국대학교 컴퓨터멀티미디어공학 교수

2007년 7월~현재 동국대학교 영상미디어대학 게임멀티미디어공학과 교수

1995년 3월~1999년 2월 동국대학교 정보관리처장역임
 2001년 3월~2003년 2월 동국대학교 정보산업대학 학장 역임

2005년 3월~현재 한국 게임학회 자문위원
 1998년 12월~2001년 12월 한국 멀티미디어학회 부회장, 자문위원, 수석부회장 역임

2007년 1월~2007년 12월 한국멀티미디어학회 회장
 관심분야 : 게임시스템 및 구조 설계, 멀티미디어응용시스템, 멀티미디어데이터베이스