
군중 행동 패턴을 이용한 Fish 군중 시뮬레이터

김종찬* · 조승일* · 김응곤*

Fish Schooling Simulator Using Crowd Behavior Patterns

Jong-chan Kim* · Seung-il Cho* · Eung-kon Kim*

요약

최근 애니메이션 분야의 군중 환경은 디지털 산업에 필수적인 요소이다. 군중 애니메이션은 가상환경에 존재하는 다수의 캐릭터 움직임을 보다 사실적으로, 보다 효율적으로 보다 쉽게 제공하기 위해 장면의 사실성, 시스템의 성능 그리고 사용자와의 상호작용성 중의 일부를 초점으로 연구되는 캐릭터 애니메이션 기술로 정의한다. 가상환경에서 군중이 이동을 자연스럽게 표현하기 위해서는 군중에 대한 행동 패턴을 설정하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 가상 해저환경에 존재하는 다수의 물고기들의 군중 행동 패턴을 설계하고, FSM 군중 행동 시뮬레이터 시스템을 개발하여 메시 수, 프레임 수, 시간 등의 조건을 비교 분석한다.

ABSTRACT

Recently the crowd environment in the department of the animation is necessary to the digital industry. The goal of researching a proper crowd animation is to design character animation that is defined by the reality of scenes, performance of system and interaction with users to show the crowd vividly and effectively in cyber underwater. It is important to set up the crowd behavior patterns to represent for moving crowd naturally in cyber space. In the paper, we expressed the behavior patterns for flocks of fish in cyber underwater, and compared with the number of mesh, the number of fish, the number of frame, elapsed time, and resolution and analyzed them with the fish behavior simulating system.

키워드

Crowd Animation, Predator, Preyer, Crowd Behavior Pattern

1. 서론

최근 애니메이션 분야의 군중 환경은 디지털 산업에 필수적인 요소이다. 군중 애니메이션은 가상환경에 존재하는 다수의 캐릭터 움직임을 보다 사실적으로, 보다 효율적으로 보다 쉽게 제공하기 위해 장면의 사실성, 시스템의 성능 그리고 사용자와의 상호작용성 중의 일부를 초점으로 연구되는 캐릭터 애니메이션 기술로 정

의한다.

초기의 군중 애니메이션의 모태가 된 것은 1987년에 Reynolds가 제안한 동물 무리의 행동 모델이다. 10년 뒤에 1997년에 Benford, Greenhalgh, Lloyd가 가상환경에서의 군중에 대한 모델을 제안했고, Brogan과 Hodgins가 그룹 행동에 대한 모델을 제안했고 활발한 연구를 보였다[1][2]. 1999년에는 Musse, Garat, Thalmann이 실시간으로 군중을 조종할 수

* 순천대학교 컴퓨터학과
심사완료일자 : 2007. 05. 27

접수일자 : 2007. 04. 19

있는 방법을 제안했고, 같은 해에 Schweiss, Musse, Garat, Thalmann이 규칙 기반 행동 시스템을 이용하여 군중을 제어하는 아키텍처를 발표하였다. 군중 애니메이션의 역사를 보면, 과거에 비해 각종 문화 콘텐츠에서 등장하는 가상 캐릭터의 수는 과거부터 계속 증가해 오는 추세에 있으며, 미래에는 점점 더 증가할 것으로 예측된다. 이런 상황에서는 가상 환경에 존재하는 다수의 캐릭터 각각의 움직임을 수작업에 의존하는 기존의 애니메이션 제작 방법으로 제작할 경우 많은 시간과 비용이 필요하다. 하지만 이를 자동화하면 보다 사실적, 효율적인 가상 환경을 표현할 수 있기 때문에 군중 행동 장면을 생성하기 위해서 자동화된 연구가 진행되어야 한다. 국내에서는 가상 환경을 구축하여 실감 체험 할 수 있는 VR 콘텐츠 기술 개발에 관련하여 군중 장면 처리 및 군중 행동 시스템의 구현에 관한 연구가 있었으나 자연스러운 군중 행동 시스템을 개발하는 연구는 아직 미흡한 편이다[3][4][5]. 그러므로 가상 해저환경에서 사실적이고 효율적인 객체 표현을 위해서는 3D 객체에 행동양식을 부여하고, 상호작용이 가능하도록 다수의 물고기 군중 행동 애니메이션 시스템 기술이 개발되어야 한다.

본 논문에서는 가상 해저환경에 존재하는 다수의 물고기들의 군중 행동 패턴을 설계하고, FSM 군중 행동 시뮬레이터 시스템을 개발하여 메시 수, 프레임 수, 시간 등의 조건을 비교 분석한다.

II. 관련 연구

2.1 군중 애니메이션 연구방향

87년 Reynolds는 SIGGRAPH에서 그래픽스 분야에서 최초로 발표된 무리 시뮬레이션에 대한 논문을 발표하였다. 이 논문을 통하여 새 무리 이동을 시뮬레이션 하였고 새 한 마리를 하나의 입자로 가정하여 입자 시스템(particle system)이론을 적용하여 새 무리의 이동을 자동화 하였다. 무리 내부에 존재하는 모든 입자 단위를 시뮬레이션 하는 것은 부담이 크기 때문에 주위에 있는 무리 개체 간의 관계를 통해 새로운 무리의 행동을 생성하였다[5][6][7].

무리 시뮬레이션을 위한 핵심을 아래 3가지로 분류하였다. 새들 간의 충돌 회피, 무리의 속도에 개별 속도를 맞춤, 무리의 중심으로 이동 경향 등 입자 시스템 이론에 적용한 새의 무리 시뮬레이션을 하였다.

Tu는 물리 기반 가상 해저 세계를 모델링하였다. 가상 해저 세계는 인공적으로 설계된 물고기들이 존재하는데 이러한 물고기의 구성을 위해 몸체 모델링에서부터 내부에 인공지능을 적용하여 가상 해저 내에서 자동으로 움직이는 객체를 개발하였다. 인공 물고기의 설계요소는 다음과 같다[8].

- Physics: Spring-mass model
- Locomotion: Motor controllers
(Force of tail and pectoral fin for orientation)
- Perception: Visual sensor
- Behavior: Behavior routine by mental state
(Hungry, Libido and Fear constant)

III. 가상해저 환경 구축 및 군중 행동 애니메이션 설계

3.1 가상해저 환경 생태계

생태계(ecosystem)란 여러 종의 생물체가 포함된 일정한 지역에서 이들 생물이 비생물적 환경조건과 상호작용 하여 일정한 기능을 나타내는 단위체로서의 계를 이룬 것을 의미한다. 가상해저 생태계라는 개념은 유기체 상호간 또는 유기체와 물리적 환경의 기능 관계를 강조하는 것이다.

가상해저 생태계는 피식자와 포식자로 구분하였다. 피식자와 포식자는 두 종류의 생물 사이에 먹고 먹히는 관계가 있을 때 먹는 쪽을 포식자, 먹히는 쪽을 피식자라고 한다. 이들은 상호관계가 있어서 피식자의 증감에 따라 포식자도 증감된다. 특히, 포식자나 기생체에 의해 어떤 동물이 죽게 될 때 피해를 주는 동물은 피해 받은 동물의 천적이다.

포식자는 다른 포식자들을 포식하지 않는다. 그래서 포식자를 탐지하지도 않고, 도망가지도 않으며 떼짓거나 쫓기기도 하지 않는다. 포식자는 끊임없이 순항하기 때문에 떠나는 경향도 없다.

피식자는 일반적으로 작은 물고기들로 구성한다. 피식자는 떼짓기와 포식자 회피하기 등에 행동유형이 있다. 피식자 스쿨링 행위는 물고기들이 일반적으로 같은 방향으로 수영하는 것이다. 각 물고기는 끊임없이 군중에 구성원에 맞춰서 속도와 방향을 조정하며, 피식자 서로간의 일정한 거리를 확립하여 자율적으로 움직인다.

피식자 군중은 장애물을 만나면 물고기의 자율적인 장애물 회피 행위는 하는데 두 그룹으로 나누고 장애물이 없으면 다시 군중을 이룬다. 초기의 피식자는 가상해져 환경을 배회하다가 포식자를 만나게 되면 리더 물고기를 따라 수영하는 행동하거나, 두 분류로 나누어서 그 자리를 회피하게 될 것이다.

피식자의 일반적인 물고기는 포식자로부터 도망가거나, 떼짓기를 하거나 포식자 뒤에 있을때 위험이 감소한다. 그림 1은 대표적인 포식자인 상어와 피식자인 작은 물고기를 나타낸다.

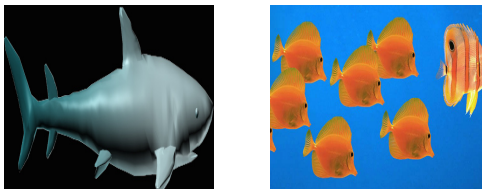


그림 1. 포식자와 피식자
Fig. 1 Predator and prey

3.2 군중 행동 애니메이션 시스템 설계

가상 현실이나 게임 콘텐츠 개발자가 쉽게 군중 애니메이션 콘텐츠를 제작할 수 있도록 하기 위해 간단한 사용자 인터페이스를 통하여 군중 행동을 모델링하는 군중행동 시뮬레이터를 개발한다. 메뉴 방식의 따라 대화식으로 손쉽게 군중의 행동을 모델링하여 이를 저장한 후 게임 콘텐츠에 직접 이용하는 방법과 다른 콘텐츠와 합성하여 활용할 수 있도록 한다.

군중 행동 애니메이션 시스템은 군중 행동 모듈, 군중 생성 배치 모듈, 카메라 제어 모듈, 사용자 인터페이스 모듈과 같이 구성한다. 첫 번째로 군중 행동 모듈은 wander, separation, cohesion, align-

ment, hunt 군중 행동 유형을 디스플레이한다. 그림 2는 이벤트 중심의 피식자와 포식자 간의 군중 행동 모듈의 플로우 차트를 나타낸 것이다.

Initialize()단계는 환경 설정, 카메라 설정을 위한 단계이며, InitializeGraphics() 단계는 OpenGL API를 초기화하고, Display() 단계에서는 군중행동 구현에 필요한 캐릭터 모델을 생성하고, 캐릭터의 수, 디폴트 군중 행동 유형을 입력 받아 Draw() 단계에서 3D 객체의 군중 행동 유형을 실행하고 이벤트 부분에서 경계 조건을 체크하고 추가할 수 있는 군중 행동 유형을 계속 개발하여 이벤트 부분에 추가한다.

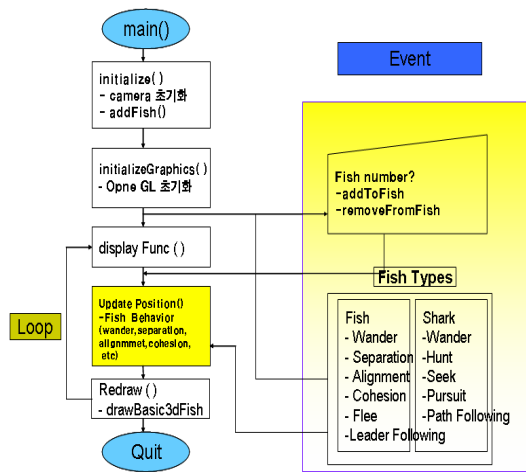


그림 2. 군중 행동 모듈 플로우차트
Fig. 2 Flowchart of schooling behavior pattern

두 번째는 군중 생성 및 배치 모듈이 있는데 군중 애니메이션의 대상이 되는 객체는 3D Max, Lightwave, Maya와 같은 소프트웨어를 이용하여 직접 제작하여 그 결과를 *.obj의 파일로 변환한다. *.obj의 모델링 파일은 모듈에서 군중 행동 모델러 형식인 *.ase 파일로 변환한 후 모델을 로드하여 설정된 객체의 수와 군중행동 유형에 따라 군중을 생성하고 배치한다.

세 번째는 카메라 제어 모듈로 군중 행동의 뷰를 제어하기 위하여 카메라 제어 모듈을 개발한다. OpenGL에서 제공하는 기본적인 카메라 제어 함수를 이용한다. 마지막으로 사용자 인터페이스 모듈은 사

용자가 간편하게 사용할 수 있도록 메뉴방식으로 군중 행동을 편집하고 모델링하는데 슬라이더와 입력창을 생성하고 입력된 파라미터에 따라 대화식으로 군중 행동을 애니메이션한다.

IV. 이벤트 중심의 군중 행동 패턴

본 논문에서는 군중 애니메이션의 최소 단위인 물고기에 대한 속성을 개별적으로 객체들의 행동 패턴에 대한 설계를 한다. 군중의 구성원을 검색한 후 구성원이 인식 영역 내에 위치한 경우 기본 스쿨링 규칙인 분리, 정렬, 결합, 규칙과 장애물 및 다른 군중들과의 회피 규칙을 수행한다. 기본 스쿨링 규칙은 다음과 같이 정의한다.

분리 규칙은 물고기들이 일정한 거리를 유지하면서 움직이는 것이고, 정렬 규칙은 물고기들이 주변의 다른 개체들과 일정한 방향과 속도를 유지하도록 하며, 결합 규칙은 물고기들이 한 곳으로 결합하는 역할을 하고, 회피 규칙은 장애물이나 포식자들과 충돌하지 않도록 하는 역할을 한다.

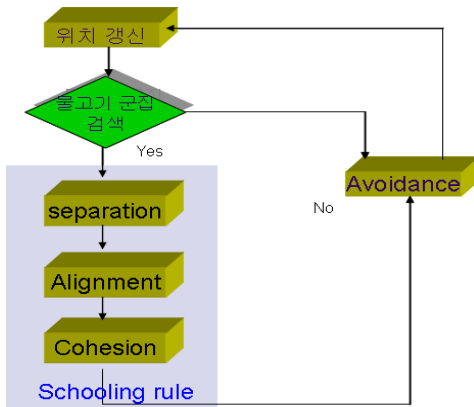


그림 3. 기본 스쿨링 패턴
Fig. 3 Basic schooling patterns

자율행동은 물고기 객체 자신의 상태와 주변 환경에 따라 자동으로 움직이며, 자율행동 요소는 속도 변경, 방향 변경, 먹이 탐색 등이 있다. 자율 행동 부분을 검사한 다음 물고기들의 군중 리스트를 확인하고 장애물 및 충돌 검사를 한 다음 군중 이벤트 부분

을 실행한다.

군중 구성원의 일반적인 행동 규칙은 그림 3과 같다. 군중의 구성원을 검색한 후 구성원이 인식 영역 내에 위치한 경우 기본 스쿨링 규칙인 분리, 정렬, 결합 규칙과 장애물 및 다른 군중들과의 회피 규칙을 수행한다.

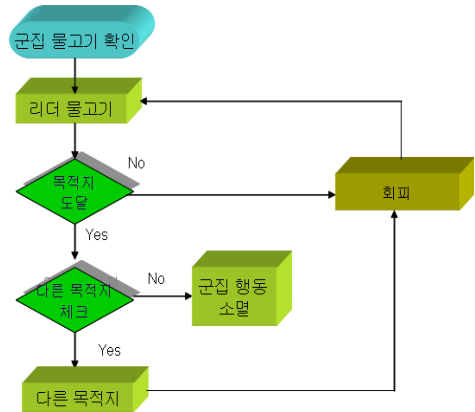


그림 4. 리더 물고기 이동 패턴
Fig. 4 Leader fish moving patterns

리더 물고기는 일반 물고기들과는 다른 행동 규칙을 가진다. 일반 물고기들은 주변 물고기들과의 관계를 유지하기 위해서 그림 4와 같은 행동 규칙이 적용된다.

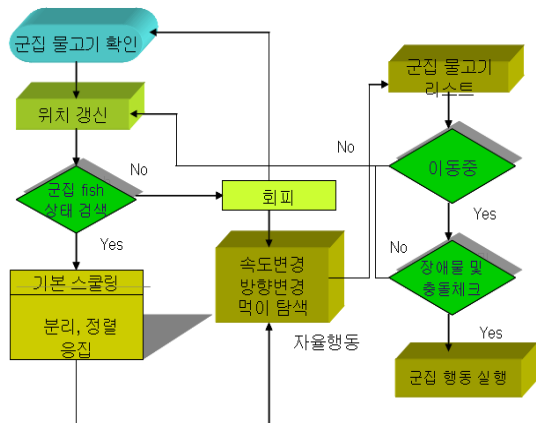


그림 5. 이벤트 중심의 군중 행동 개념도
Fig. 5 Schooling behavior concept focusing the event

리더 물고기는 주변 물고기들과의 관계를 유지하는 목적은 중요하지 않고, 지정된 목적지로 이동하는 것이 주임무가 된다. 그래서 리더 물고기는 일반 물고기와 달리 리더 물고기 이동 규칙을 적용하게 된다. 그림 5는 군중을 표현함에 있어서 같은 경유지와 목적지를 가진 군중원이 있다. 이런 경우 군중 간의 물고기들이 자유롭게 서로의 군중을 이동할 수 있도록 하여 사실감 있는 군중을 표현할 수 있는 이벤트 중심의 군중 행동 개념도를 나타낸다.

V. FSM 애니메이션 시스템 성능 분석

본 논문의 군중 행동 애니메이션 시스템 성능을 측정하고, FSM(Fish Schooling Model) 애니메이션 시스템에 적용하기 위해 물고기 수, 메시 수, 프레임 수, 시간, 해상도 등의 조건을 비교 분석하였다. 초당 프레임 수를 측정하기 위하여 OpenGL에서 한 프레임에 대하여 렌더링이 완료되면 SwapBuffers 함수를 호출하는데 이 함수를 몇 번 호출했는지 횟수를 체크하였다.

본 연구에서 적용된 군중 행동 애니메이션은 wander, separation, alignment, cohesion, flee, path following, leader following이다.

5.1 Path following 행동 유형

Path following 군중 행동의 사용하는 물고기 한 마리의 메시 수는 24개이다. 메시 수가 240개일 때 1024*768 해상도에서 24 frame/sec의 프레임 비율이 측정되고, 메시 수가 900개일 때 36 frame/sec의 프레임을 측정되었으며 가장 메시 수가 많은 4800개일 경우 1024 * 768 해상도에서 73 frame/sec의 비율이 측정되었다. 일반적으로 물고기의 수가 50에서 100마리로 렌더링 할 때에 프레임 비율이 떨어진 것을 볼 수 있을 것이다. 100마리에서 200마리 사이는 본 논문을 결과에서는 별 차이가 없는 것을 인식할 수 있다. FSM 애니메이션 시스템을 이용하여 path following 군중 행동을 애니메이션으로 제작하면 시간과 비용을 많이 줄일 수 있을 것이다. 그림 6은 path following 군중 행동의 프레임 비율을 시뮬레

이션한 결과이다.

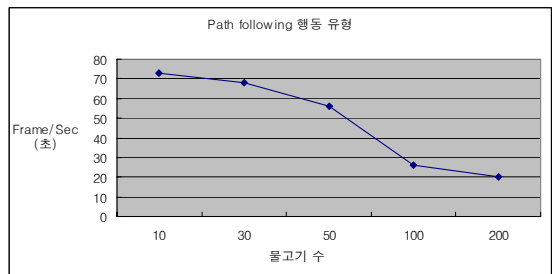


그림 6. Path following 행동 유형 시뮬레이션
Fig. 6 Path following behavior type simulation

5.2 Leader following 행동 유형

Leader following 군중 행동의 사용하는 물고기 한 마리의 메시 수는 24개이다. 메시 수가 240개일 때 1024*768 해상도에서 24 frame/sec의 프레임 비율이 측정되고, 메시 수가 900개일 때 48 frame/sec의 프레임을 측정되었으며 가장 메시 수가 많은 4800개일 경우 1024 * 768 해상도에서 96 frame/sec의 비율이 측정되었다. 일반적으로 물고기의 수가 50에서 100마리로 렌더링 할 때에 프레임 비율이 떨어진 것을 볼 수 있을 것이다. 100마리에서 200마리 사이는 본 논문을 결과에서는 별 차이가 없는 것을 인식할 수 있다. FSM 애니메이션 시스템을 이용하여 leader following 군중 행동을 애니메이션으로 제작하면 시간과 비용을 많이 줄일 수 있을 것이다. 그림 7은 leader following 군중 행동의 프레임 비율을 시뮬레이션한 결과이다.

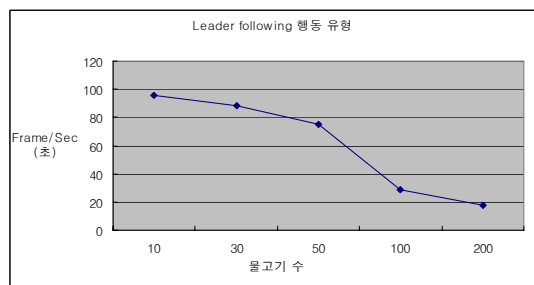


그림 7. Leader following 행동 유형 시뮬레이션
Fig. 7 Leader following behavior type simulation

5.3 고찰

가상공간에 존재하는 대규모 군중 애니메이션에서 군중의 움직임을 부여하는 것은 사람의 노력이 많이 요구되는 작업이다. 기존의 군중 애니메이션 제작 방법으로 제작할 경우 많은 시간과 비용이 필요하지만 FSM 애니메이션 시스템을 이용하여 군중 애니메이션을 제작하면 시간과 비용을 많이 줄일 수 있을 것이다. 그림 8은 FSM 애니메이션 시스템에 적용되는 실험 결과는 캐릭터 애니메이션과 영화 등 일반적인 영상 매체에서 기준으로 요구되는 초당 30프레임의 성능보다 뛰어난 프레임 비율을 보여주고 있다.

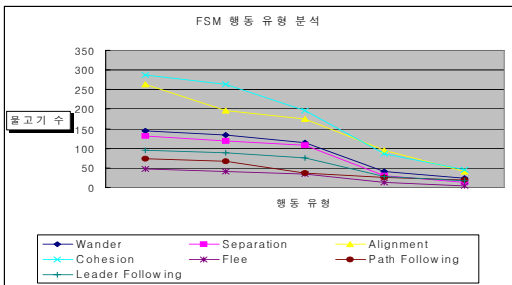


그림 8. FSM 행동 유형 분석 결과
Fig. 8 FSM behavior type analysis result

VI. 사용자 인터페이스 및 구현 결과

가상 해저 환경 구축을 위한 3차원 환경에서 객체들은 단순한 기하학 정보만을 갖지 않는다. 많은 의미적 정보와 상호작용 관계에 대한 의미를 포함해야 한다.

3차원 가상 환경에서 사용자 제어와 객체간의 상호작용에 대한 애니메이션을 할 수 있는 환경을 제공한다. 또 사용자 인터페이스의 동적인 속성을 설명하기 위한 시각적, 논리적, 사실적, 상호 작용 관계들을 효율적으로 제공한다.

물고기 군중 행동 애니메이션 시스템의 구현 환경은 Windows XP 운영체제, Intel Pentium D 2.8Ghz Processor, nVidia사의 GeForce 7600GS DDR2 256M 그래픽카드, 1GByte DDR2 SDRAM을 이용했다. 개발 도구로는 Microsoft Visual C++

6.0 함께 OpenGL API를 이용했다.

군중 행동 애니메이션 시스템은 사용자가 간편하게 사용할 수 있도록 메뉴 방식에서 군중 행동을 편집하고 슬라이더와 입력창을 생성화면서 입력된 파라미터에 따라 대화식으로 군중 행동 유형을 애니메이션한다.

그림 9는 사용자가 간편하게 사용할 수 있도록 메뉴 방식에서 군중 행동을 편집하고 모델링하는데 슬라이더와 입력창을 생성하여 입력된 파라미터에 따라 대화식으로 군중 행동 애니메이션을 구현한 화면이다.

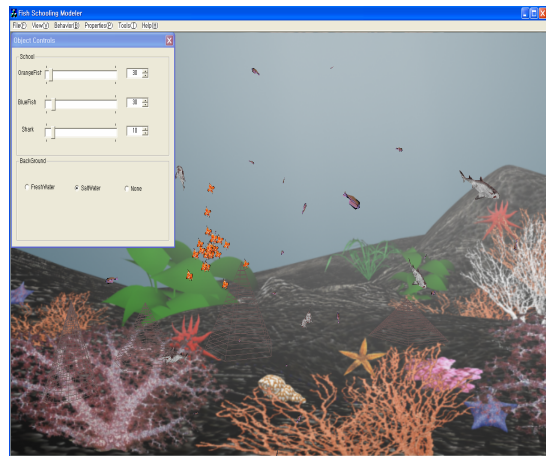


그림 9. 군중 행동 애니메이션 시스템 화면
Fig. 9 Schooling behavior animation system

VII. 결론 및 향후 연구 과제

본 연구에서는 가상 해저 환경에서 군중을 표현하는 애니메이션의 사실감을 높이기 위하여 군중 행동 패턴을 설계하였다. 가상 해저 환경 속에서 장면의 사실성과 시스템의 성능, 사용자와의 상호 작용성을 효율적으로 표현하고 군중 행동 장면을 생성하기 위해 본 연구에서는 사실적이고 효율적인 가상 해저 환경 속에서 포식자와 피식자로 구분하여 군중 행동에 적용되는 행동 유형 및 이벤트를 생성하는 FSM 애니메이션 시스템을 구현했다.

FSM 애니메이션 시스템은 사용자가 간편하게 사용할 수 있도록 메뉴방식에서 군중 행동을 편집하고 슬라이더와 입력창을 생성화면서 입력된 파라미터에

따라 대화식으로 군중 행동 유형을 애니메이션을 한다.

FSM 애니메이션 시스템은 가상 해저 환경에서 다수의 가상 캐릭터를 제어하는데 이용하고, 저렴한 PC 환경에서도 자연스러운 애니메이션이 가능하였다. 이런 기술 개발을 통하여 유체 표현, 특수효과 생성 등 해저 표현에 특화된 부분에 이용한다.

향후 연구 과제는 해양 상태 문화의 사실적 표현, 현실감 증대, 콘텐츠 구성의 다양성을 위해 유체 표현기술을 포함한 특수효과, 3D 모델링, 체감 처리기술 등의 기술 개발을 통하여 해양 생태문화를 콘텐츠화 함으로써 새로운 비즈니스 모델개발을 통한 IT 산업의 활성화를 이룬다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 교육인적자원부 · 산업자원부 출연금으로 수행한 산학협력중심대학육성사업의 연구결과물입니다

참고 문헌

[1] C. W. Reynolds, Herds and Schools, "A Distributed Behavioral model", ACM SIGGRAPH 87, July 1987.

[2] C. W. Reynolds. "Steering behaviors for autonomous characters", In Proceedings of Game Developers Conference 99, pp.763-782, 1999.

[3] S. Musse and D. Thalmann, "Hierarchical model for real time simulation of virtual human crowds", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 7, No. 2, pp.152-164, 2001.

[4] S. Musse, C. Babski, T. Capin and D, Thalmann, "Crowd modeling in collaborative virtual environment", ACM VRST 98, Nov. 1998.

[5] 김종찬, 김응곤, "가상 해저 환경 구축을 위한 Fish 행동 시뮬레이터 설계", 정보과학회 한국 컴퓨터종합학술대회 논문집(A), pp.124-126, 2006.

[6] X. Tu and D. Terzopoulos, "Artificial fishes: physics, locomotion, perception, behavior", ACM SIGGRAPH 94, July 1994.

[7] Terzopoulos, D. Maes, P. Prusinkiewicz, P. Reynolds, C., Sims, K., and Thalmann, "Artificial life for graphics, animation, and

virtual reality", ACM SIGGRAPH 95 Course Notes, Dec. 1995.

[8] X. Tu and D. Terzopoulos., "Perceptual modeling for behavioral animation of fishes", In Proc. 2nd Pacific Conf. on Computer Graphics, Beijing, China, 1994.

[9] Terzopoulos, D., "Artificial life for computer graphics", Communication of the ACM, Vol. 42, No. 8, pp.32-42, 1999.

[10] C. W. Reynolds, "Interaction with groups of autonomous characters", GDC 2000, pp.449-460, 2000.

저자 소개



김종찬(Jong-chan Kim)

2000년 2월 : 순천대학교 컴퓨터학과 (이학사)

2002년 2월 : 순천대학교 컴퓨터학과 (이학석사)

2002년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터학과 박사과정

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 얼굴인식, 게임



조승일(Seung-il Cho)

1992년 2월 : 조선대학교 수학교육과 (이학사)

2001년 2월 : 순천대학교 컴퓨터교육과 (교육학석사)

2003년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터학과 박사과정

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, HCI



김응곤(Eung-Kon Kim)

1980년 2월 : 조선대학교 전자공학과 (공학사)

1986년 2월 : 한양대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)

1994년 2월 : 조선대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)

1993년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터학과 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어, HCI