
가상수족관 시스템 구축을 위한 어류 생태 시뮬레이터

Fish-trait Simulator for Constructing Virtual Aquarium System

강경현, 정승문, 이현철, 김은석, 허기택
동신대학교 디지털콘텐츠학과

Gyeong-Heon Gang(milk4way@hanmail.net), Seung-Moon Jeong(jsm@dzu.ac.kr),
Hyeon-Cheol Lee(hclee@dzu.ac.kr), Eun-Seok Kim(eskim@dzu.ac.kr),
Gi-Taek Hur(gthur@dzu.ac.kr)

요약

가상수족관을 구성하는 요소들 중 어류 객체의 행동방식은 사용자의 시각적인 측면에서 가장 중요한 요소이다. 어류 객체의 개별 동작이나 행동뿐 아니라 객체의 속성을 통한 객체들 간의 상호작용은 가상세계의 역동성 및 사실성을 증대시킬 수 있다. 본 논문은 어류 객체들의 생명력, 이동량, 분포 가능한 최대 수심 및 식성 주기 등의 주요 습성들을 분석하고, 이에 따른 움직임과 다른 어류 객체들과의 상호작용, 평균 수명 데이터를 조정함으로써 해저 생태계의 균형을 시뮬레이션 하는 방법을 제안한다. 제안 방법은 어류 객체의 고유 속성값을 자유롭게 변경하여, 다양한 해저환경을 표현하는 가상수족관, 수족관 화면 보호기, 물고기 육성 게임 등에 활용되어질 수 있다.

■ 중심어 : | 가상수족관 | 어류객체 | 속성값 |

Abstract

In a virtual aquarium, the behavior of fish objects is the most important factor in respect of visual effects. In addition to the individual behavior of fish object, the interactions between objects due to their attributes, can improve the dynamics and reality of the virtual world. In this paper, we analyze the principal habits of fish objects such as the vitality, the range of movement, the maximum depth of water they can live, and the cycle of eating. Then, we suggest a method for simulating the stable marine ecosystem with controlling the behaviors, the interaction with other species, the average span of life, and all that sort of thing based on the result of analysis. Because we can freely modify the behavior of fish object by altering the values of attributes, it can be utilized in the dynamic virtual aquarium, the 3D aquarium screen saver, and the virtual fish game, and so on.

■ keyword : | Virtual Aquarium | Fish Objects | The Values of Attributes |

1. 서론

현재 많은 사용자들은 애완동물을 기르고 있거나 기르

기를 희망하며 인터넷상에서 애완동물 관련 카페들이 활성화되고 있다. 이 카페들은 회원수가 수십만 명에 달할 정도이며, 회원 간의 정보교환이 활발히 진행되고 있는

* 본 연구는 문화관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 지역문화산업연구센터(CRC) 지원사업의 연구결과로 수행되었습니다.

접수번호 : #070102-001

접수일자 : 2007년 01월 02일

심사완료일 : 2007년 02월 12일

교신저자 : 강경현, e-mail : milk4way@hanmail.net

상황이다. 또한 컴퓨터와 함께 많은 시간을 보내는 현대인들 중 바탕화면과 화면보호기로 마음의 편안함을 주는 자연풍경이나 가상수족관 등을 설정하는 사용자들이 증가하고 있다. 가상수족관은 임의의 가상공간에서 자유롭게 행동하는 여러 종류의 물고기를 만들고, 동작을 분석하여, 물고기 애니메이션의 기본 동작 패턴으로 정의하는 작업을 수행함으로써 만들어진다.

가상수족관 구축을 위한 어류 속성에 대한 구체적인 연구는 아직까지 이루어지지 않고 있으며, 주로 군중 애니메이션을 위한 세부 기술로 어류 속성에 대한 연구가 진행되고 있다. 군중 애니메이션은 가상 환경에 존재하는 다수의 캐릭터 움직임보다 사실적이고 효율적으로 쉽게 제공하기 위해 장면의 사실성, 시스템의 성능 그리고 사용자와의 상호작용성을 연구하는 캐릭터 애니메이션 기술이다.

가상공간에 존재하는 대규모 군중 애니메이션의 개개의 움직임을 부여하는 것은 사람의 노력이 많이 요구되는 작업이다. 따라서 군중의 규모가 커지면 커질수록 개개의 움직임에 대한 자동화가 필요하고 이를 위해서는 군중의 계층 모델이 필요하다. 군중의 계층은 군중(Crowd), 집단(Group), 개인(Individual)으로 구성되며 개개의 움직임을 제공하기 위해 개인들을 포함한 집단을 접근하여 행동을 제시한다[4][5]. 따라서 군중 애니메이션 기술을 적용한 어류 객체에서 각각의 속성 및 행동을 표현하는데 한계가 있다.

가상수족관에서 가장 중요한 요소 중 하나는 어류 객체이고, 이러한 어류 객체가 어떠한 이벤트(Event)를 형성하는지가 사용자의 가장 큰 관심요소가 될 것이다. 또한, 어류객체의 속성에 따라 개별 객체 또는 객체간에 상호작용 이벤트를 생성할 수 있는 직관적인 시뮬레이션 제어방법을 가상수족관 구축을 위한 효과적인 도구로 활용될 수 있을 것이다.

본 논문은 어류 객체들의 생명력, 이동량, 분포 가능한 최대 수심 및 식성 주기 등의 주요 습성들을 분석하고, 이에 따른 움직임과 어류 객체들과의 상호작용, 평균 수명 데이터를 조정함으로써 가상 해저 생태계의 균형을 시뮬레이션 하는 방법을 제안하여 가상수족관, 수족관 화면 보호기, 물고기 육성 게임 등에 활용될 수 있도록

하고자 한다.

II. 관련연구

컴퓨터 기술이 발달되지 않았던 70, 80년대에는 물고기 또는 새와 같은 동물 무리의 이동 성향에 관한 연구가 활발하게 일어났고, 90년대에 접어들면서 동물의 무리에서 군중의 이동 성향으로 연구 초점이 바뀌어갔다. 90년대 중반부터 그래픽스 기술이 급속도로 발전하면서 CG 시뮬레이션이 적용되어 CG 분야에 동물 무리에 관한 연구가 진행되었고, 최근에는 군중 애니메이션을 초점으로 한 캐릭터 애니메이션이 주목을 이루고 있다.

1987년 Reynolds는 SIGGRAPH에서 그래픽스 분야에서 최초로 무리 시뮬레이션에 대한 논문을 발표하였다 [1]. 이 논문에서는 새의 무리를 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 개체간의 관계(Local Approach)를 통해 새로운 무리의 행동을 생성하였다.

1994년 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. 이러한 물고기 객체는 Spring-Mass 모델로 정의되었고 Spring의 길이 변형을 통해 움직임이 생성된다[6]. 1997년 Brogan은 군중의 규모보다 소규모의 복잡한 가상 물체를 물리법칙에 따라 제어하는 경우 발생하는 객체간의 상호작용 및 시뮬레이션을 연구하였다[2]. 2003년 D. Kim은 다수의 복잡한 캐릭터의 충돌회피와 자연스런 움직임의 연결을 초점으로 연구를 하였다[3].

1993년 MIT의 아이쿼리엄(iQuarium) 프로젝트로 진행된 가상수족관은 길이가 250m나 된 긴 '무한 복도'를 따라 설치된 평판 디스플레이로 구성시켰다. 복도 곳곳에 붙은 센서는 지나가는 사람들의 움직임을 파악하고

물고기들은 이에 따라 수족관 벽쪽으로 다가오거나 다른 방향으로 도망가는 식으로, 살아있는 물고기 같은 반응을 보인다. 아이쿼리엄은 물고기의 움직임을 실제 물고기와 같은 방식으로 움직이도록 설계되어 있으며, 물고기 표면의 곡선과 재질, 유영속도와 방향 같은 변수들을 고려한 계산을 통해 유체의 흐름과 물고기들이 물속에서 작은 소용돌이를 계속 일으키며 그 수압의 변화로 인해 앞으로 나아가는 소용돌이가 발생 과정을 도출함으로써 사실감을 높일 수 있다[9].

III. 가상수족관 시스템

1. 가상현실

가상현실(Virtual Reality)이란 현실은 아니지만 현실과 구분이 가지 않을 정도로 정교하게 만들어진 가공의 세계를 의미한다. 즉 눈·코·피부 등, 신체의 모든 기관이 완전히 몰입됨으로써 그 속에 있지 않으면서도 있는 것처럼 느낄 수 있는 공간을 말한다. 전통적인 시뮬레이션과는 달리 사용자와 가상공간이 상호작용(Interactive)을 함으로써 영향을 주고받는 것이 특징이다. 또 가상현실은 3차원 그래픽과 애니메이션, 시뮬레이션 기술 등이 결합한 복합적인 기술이다. 가상환경이나 가상현실 시스템은 사용자로 하여금 실제하지 않는 환경을 실제하는 것처럼 제공하여 어떤 체험을 하거나 어떤 작업을 성공적으로 수행할 수 있도록 한다. 이러한 경험을 실제감(Sense of Presence) 또는 현장감이라고 일컬으며, 실제감이 가상현실의 이용자에게 긍정적인 영향을 미칠 것이라는 예상과 함께 그 자체로 가상현실 시스템의 완성도를 표현하는 척도가 될 수도 있다. 이러한 이유로 가상환경 시스템은 사용자에게 실제감을 느낄 수 있도록 적절한 조건을 조성해 주어야 하고, 이를 위해 실제감의 개념 및 실제적인 기법의 평가에 이르기까지 어떤 방법을 통하여 실제감이 일어나기 좋은 조건을 조성할 수 있는가에 대한 연구가 필요하다.

2. 가상수족관

가상 수족관은 형상 모델링 작업을 통하여 해저지형과

여러 종류의 어류 객체들을 가상공간에 위치시켜서 기본적인 가상수족관 환경을 제작하고, 제작된 가상수족관에서 자연스럽게 움직이는 어류 객체의 모습을 표현하는 연구이다[7][8]. 가상수족관에 있는 가상의 어류 객체는 3차원 가상공간에서 움직이면서 실제 물고기처럼 자연스럽게 움직이고 살아있는 것처럼 반응한다. 개발자들은 어류 객체 표면의 곡선과 재질, 유영 속도와 방향 같은 변수들을 고려한 계산을 통해 유체의 흐름과 어류 객체들이 물속에서 작은 소용돌이를 계속 일으키며 그 수압의 변화로 인해 앞으로 나아가는 소용돌이가 발생 과정을 도출해 내야 한다. 이 계산과정은 매우 복잡하기 때문에 미리 계산된 내용을 컴퓨터에 라이브러리 형식으로 제공되기도 한다.

가상수족관 시스템은 사용자 컴퓨터가 생성한 수중 세계의 영상을 감상하는 것이 주목적으로, 이외의 특수한 상호작용을 부가할 수도 있다. 이러한 경우 중요한 것은 수중 세계의 실감 있는 재현, 즉 어류 객체의 외형과 움직임을 충실히 재현하는 것이다. 가상수족관 시스템에 포함된 실재감 관련 요소로는 시야각(Field of View), 렌더링 된 고품질의 영상, 어류 개체의 수 및 다양한 어종, 어류 객체의 다양한 행동 및 제어 등이 있다.

3. 가상 물고기

가상수족관을 구성하는 객체인 가상 물고기는 수족관 전체 환경에 영향을 크게 미치는 동적요인이 된다.

1997년 Tu가 개발한 가상 물고기의 주요 구성 요소는 다음 [그림 1]과 같다.

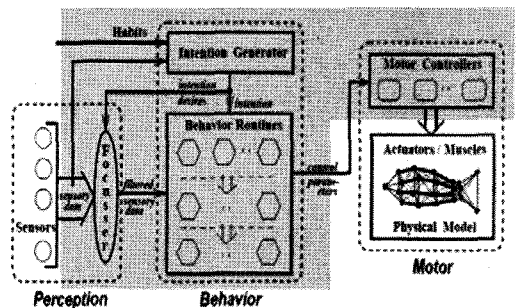


그림 1. 가상 물고기 구성 요소

Spring-mass 모델로 정의되어 있는 가상 물고기는 Spring의 길이 변형을 통해 움직임을 생성하고, Perception 과정에서 Sensor를 통한 주위 환경 정보를 감지한 물고기는 습관적으로 발생하는 행동을 관여하는 Intention Generator와 인지에 따른 행동을 담당하는 Behavior Routine으로 정보를 전달한다. Behavior Routine은 Intention Generator로부터 받은 정보와 Mental State라는 상태 변화를 위한 상수를 적용하여 새로운 행동 양식을 제공한다. 새로운 행동 양식을 결정한 물고기는 Motor Controller를 통해 Spring-mass 모델의 최종적인 움직임을 적용한다.

하지만 어류 객체들의 생명력, 이동량, 분포 가능한 최대 수심 및 식성 주기 등의 주요 습성들을 분석하고, 이에 따른 움직임, 상호작용, 평균 수명 데이터를 가상물고기에게 인공지능으로 적용하기에는 불가능하며, 다양한 환경에 적용하기에는 많은 시간과 노력이 소요된다. 따라서 몇 가지 주요 속성값의 조절을 통해 사용자가 직관적으로 다양한 해저환경을 표현하는 방법이 필요하다. 다음 [그림 2]는 본 시스템에서 구축하고자 하는 가상수족관시스템의 전체 구성도를 나타낸 것이다.

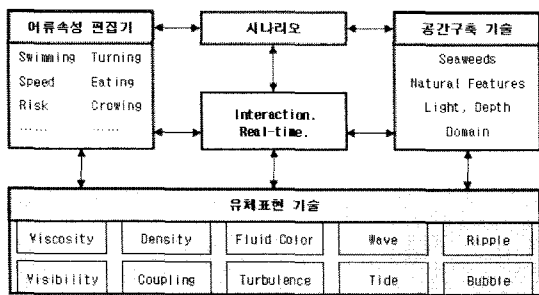


그림 2. 가상수족관 시스템 구성도

가상수족관 시스템은 유체 표현 기술, 해저지형 구축을 위한 공간구축기술, 어류의 속성을 통한 인공지능 기술을 기반으로 한다. 그리고 사용자가 원하는 환경생성 및 3차원 애니메이션 생성이 용이하도록 하기위한 시나리오에 따른 환경 생성 기술과, 체감형 가상수족관 구현을 위한 사용자와의 상호작용 기술을 추가하였다.

IV. 어류 객체의 속성 및 자율 행동 제어

1. 어류 객체의 속성 및 특징

어류 객체가 가지는 속성은 해저 생태계에 직접적인 영향을 끼치게 되는데, 본 논문에서는 주요 어류 객체 속성을 5가지로 분류하고 사용자가 정의한 속성값에 따라 생성되는 위치, 이동량, 수명 및 먹이사슬이 영향을 받도록 하였다.

표 1. 어류 객체의 속성 및 특징

속성	특징
생명력	깊이 클수록 객체의 기본적인 수명은 증가하고 시간이 아닌 객체의 이동거리에 관련하여 변화한다.
최고속도	깊이 클수록 객체의 최고 이동속도가 빨라진다. 어류들은 Event에 따라서 움직이는 속도의 범위가 최고속도 범위 내에서 수시로 변화한다.
최대수심	깊이 클수록 객체가 이동할 수 있는 수심의 영역이 넓어진다. 설정된 수심의 깊이에 도달하면, 더 이상 밑으로 내려갈 수 없고, 서성거리거나 위로 올라가게 된다.
식성주기	깊이 클수록 물고기가 배고픔을 느끼지않는 시간이 길어진다.
먹이	물고기가 잡아먹을 수 있는 객체를 지정하며, 먹이를 먹으면 생명력을 일정량 증가시킨다.

[표 1]은 어류 객체의 속성에 관한 특징을 나타낸 것이며, 각 속성은 객체의 수명과 상관관계를 갖는다.

일반적으로 어류 객체는 생명력이 높을수록 기본적인 객체의 소멸 시기가 늦춰지게 된다. 생명력과 다른 속성들은 [그림 3]과 같은 상관관계를 가진다. 먹이사슬이 없다면, 생명력, 최고속도, 식성주기가 높을수록 수명은 증가되고 상대적으로 최고속도가 빠를수록 수명은 감소된다.

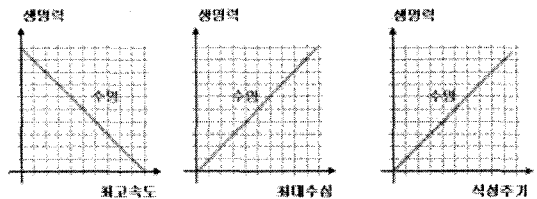


그림 3. 생명력과 다른 속성들과의 관계

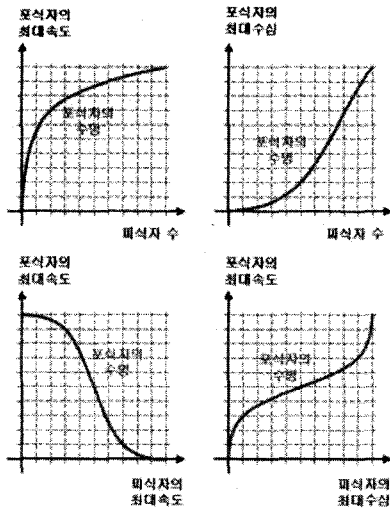


그림 4. 먹이와 피식자의 속성들과의 관계

피식자가 지닌 속성은 포식자의 수명에 커다란 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 피식자의 최고속도값이 적게 되면 느리게 움직이게 되므로 포식자는 피식자를 더 쉽게 먹이로 획득하여 수명을 증가시킬 수 있다. 또한 피식자와 포식자의 먹이사슬 관계에서 포식자가 더 많은 종류의 어류 객체를 잡아먹을 수 있다면 포식자의 수명은 더 증가할 수 있다.

[그림 4]는 일반적인 먹이값과 피식자의 속성에 따른 포식자 수명의 상관관계를 나타낸 것으로, 포식자와 피식자간의 1:1 관계만을 고려 한 것이다.

어류객체는 [그림 5]와 같이 5가지 기본 속성에 따라 수명이 변하게 되며, 먹이에 대한 속성은 피식자가 가지는 3가지 속성값에 의해 결정된다.

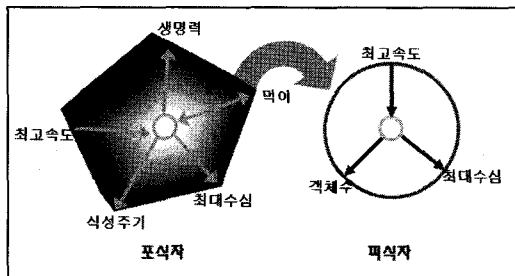


그림 5. 어류 객체의 속성에 의한 수명의 크기

[그림 5]의 오각형도형은 포식자 수명의 크기를 나타내며, 오각형 내의 화살표 방향은 각 해당 요소의 값이 커지는 방향을 표시한다. 기본적으로 생명력, 최대수심, 식성주기의 값이 클수록 수명은 늘어나고, 최고속도의 값이 클수록 수명의 크기는 줄어든다. [그림 5]의 우측원은 먹이요소인 피식자의 속성에 따른 크기를 나타내며, 이 크기에 따라 포식자의 먹이에 대한 화살표 방향이 바뀌게 된다. 피식자의 객체수와 분포가능한 범위가 넓어지는 최대수심이 커질수록 포식자의 수명이 커지고, 피식자의 최고속도가 높아질수록 포식자의 수명은 작아지게 된다.

이렇게 나온 수명 데이터의 상관관계와 어류 균형 그래프를 바탕으로 사용자는 어류 객체의 속성을 수정하고 종류별 객체의 생성 수를 달리하거나 적절한 시기에 특정 어류 객체를 생성시켜 수족관내의 균형을 위한 적절한 값을 찾을 수 있게 된다.

2. 자율행동 제어

가상수족관내의 어류 객체의 행동을 결정하는 어류 객체 행동 생성 모듈은 생태 시뮬레이션, 군중행동 시뮬레이션, 자율행동 등의 기술로 표현할 수 있다.

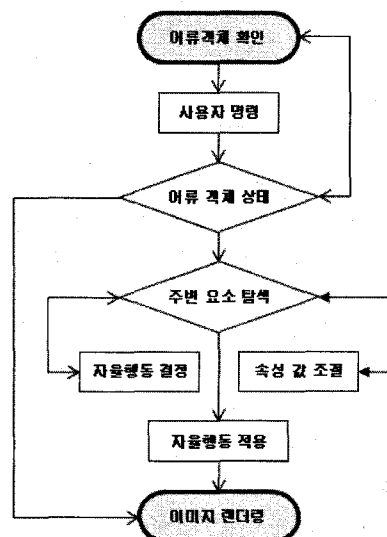


그림 6. 자율행동 생성

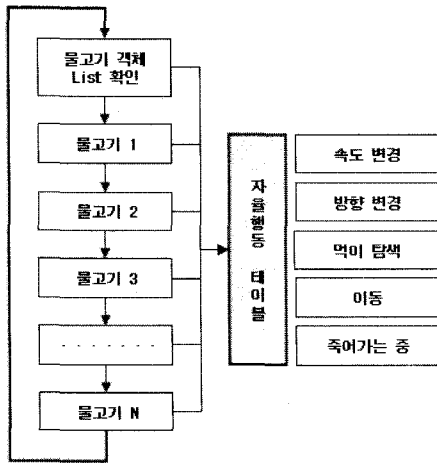


그림 7. 자율행동 제어

본 논문에서는 가상수족관 구축을 위한 어류생태 시뮬레이터 개발을 위해 어류 객체의 자율행동 및 어류 객체 속성, 다른 어류 객체들과의 상호작용, 평균 수명 속성값을 조정함으로써 해저 생태계의 균형을 시뮬레이션 하는 방법을 제시한다. 어류 객체의 자율행동은 다음 [그림 6] [그림 7]과 같이 자율행동 생성과 자율행동 제어 부분으로 구성되어진다.

어류 객체들의 자율행동은 사용자의 입력과 어류 객체 자신의 상태와 주변 환경에 따라 자동으로 행동하는 행동 자율시스템에 의해 발생되고, 행동 결정 테이블에 따라 구체적인 행동으로 구분되어 처리된다.

자율행동을 결정하는 요소로는 속도, 방향, 먹이 탐색, 이동 등이 있고 이러한 속성값을 사용자가 조정하여 어류 객체의 행동을 실시간으로 제어 가능하게 하였다.

V. 어류생태 시뮬레이터

1. 시뮬레이터 구성

어류생태 시뮬레이션을 위한 시뮬레이터는 사용자가 정의한 어류 객체 속성에 따라 생성된 어류 객체에 대한 적정비율을 추출하고, 적절한 생성비율 계산을 통해 어류생태계의 균형을 맞추는 프로그램으로 Visual C++ 6.0을 이용하여 MFC환경에서 구현하였으며, [그림 8]과 같이 View, Object Attribute, Output Data로 구성되어 있다.

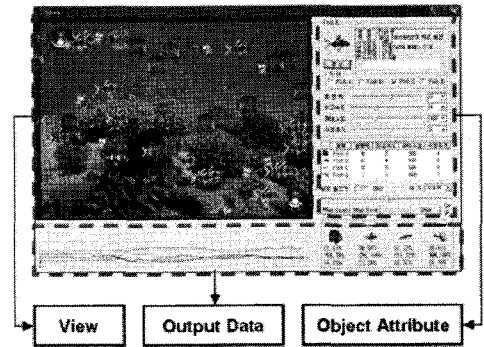


그림 8. 어류생태 시뮬레이터 인터페이스

View 영역은 물고기들의 상태를 시각적으로 관찰 할 수 있도록 설계된 영역이고, Object Attribute 영역은 물고기 객체의 속성을 지정하는 곳으로 먹이, 생명력, 최고 속도, 최대수심, 식성주기를 설정한다. Output Data영역에서는 가상수족관에 존재하는 객체종류별 생명력의 비율을 그래프로 표현하고, 종류별 객체분포 수, 평균 수명과 비율, 그리고 적정 분포비율을 수치 데이터로 나타내었다.

사용자는 Object Attribute 영역에서 객체의 속성을 정의하고 수족관에 분포할 전체 객체수를 입력하거나 임의로 객체별 생성수를 지정하여 가상수족관을 구동시키며, 실시간으로 즉시 시각화하여 View 영역에 나타난다. 또한 Output Data 영역에서 [그림 9]와 같이 실시간으로 나타나는 어류객체들의 생명력 비율과 [그림 11]의 객체별 비율데이터로부터 가상수족관에 적절한 초기 분포 비율과 생성 비율을 얻어 수족관 내 생태계 균형을 이룰 수 있다.

객체 생명력 그래프는 분포한 객체수가 아닌 시간에 따른 전체객체의 생명력 합과 종류별 객체들의 생명력 합에 대한 비율로 나타낸다.

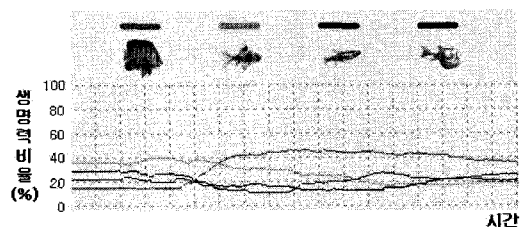


그림 9. 객체생명력 비율 그래프

객체의 생명력을 기반으로 수족관의 생태계 균형을 제어한다면 서로 다른 생명력과 개체수를 갖는 어류의 분포로 시간의 흐름에 따라 다양한 변화를 이룰 수 있다. 하지만 어류의 개체수로 수족관의 균형을 유지할 경우 수족관내 개체수의 변화가 거의 일어나지 않게 되어 역동적인 생태계의 표현이 어려워진다.

수족관에 분포된 모든 객체를 O 라 하고 각 개체가 가지는 생명력의 크기를 v 라 했을 때, 객체A가 가지는 생명력 비율은 시간 t 에 대해 식 (1)과 같다.

$$Ratio_A = \left(\frac{\sum_{j=1}^m Av_j(t)}{\sum_{i=1}^n Ov_i(t)} \right) \times 100 \quad (1)$$

가상수족관에 분포한 어류 객체들의 전체 생명력에 대한 종류별 생명력의 비율은 0.5초마다 한 번씩 업데이트 되어 표시 되는데, 특정 어류 객체가 잡아먹힌 경우 포식자와 피식자의 그래프가 교차(Cross)되는 형태가 된다.

[그림 10]의 그래프는 초기 안정된 상태로 시작하여, 특정시점 t에 많은 양의 D객체가 추가되었을 때, 시간에 따른 그래프의 변화를 나타낸 것이다. 가장 낮은 비율을 차지했던 D가 t+Δt 동안에 급격히 상승 하고, 다른 A, B, C는 비율이 소폭 감소한 후 안정된 상태를 보여준다.

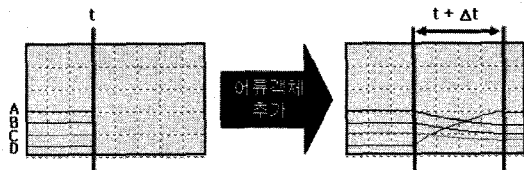


그림 10. 객체 추가시 그래프의 변화

객체 생명력 비율 그래프는 객체의 생성 및 소멸, 그리고 생명력에 따라 전체적인 형태가 변하게 되며, 그래프의 변화에 따라 특정시간에 특정 객체의 비율 조절 여부를 획득할 수 있다. 또한 최초의 생명력 비율에서 일정량이 감소하면 자동으로 어류 객체를 생성시켜 적정 비율을 유지할 수 있다.

2. 해저 생태계 균형 제어

종류별로 계산된 어류 객체 비율 데이터는 [그림 11]과 같이 수치 데이터로 나타나며, 각 비율에 따라 평형을 유지하기 위한 균형제어 모듈이 수행된다.

	A	B	C	D
객체 크기 비율	21.67%	28.54%	31.77%	28.51%
평균 수명 비율	169.78%	234.108%	157.72%	304.140%
요구 분포 비율	14.22%	23.24%	13.31%	28.20%

그림 11. 계산된 어류 객체 비율 데이터

객체 크기 비율은 현재 객체의 분포수와 생명력을 나타내고, 평균 수명 비율은 객체의 수명과 평균수명 비율을 나타내며, 요구 분포 비율은 생태계 균형을 위한 적정 객체수와 적정 비율을 나타낸다.

2.1 객체 크기 비율

객체 크기 비율은 현재 객체수와 객체의 초기 생명력에 대한 현재 생명력의 비율로 표시되는 생명력 변화량을 나타낸다. [그림 11]의 객체 크기 비율 21.67%는 객체A가 21마리 분포되어 있고, 현재 생명력은 처음 수족관을 구동시킬 때의 객체 생명력에 비해 67%라는 것이다.

가상수족관을 구동시킬 당시를 t₀ 라 하고 특정 시간을 t 라고 할 때, 특정 시간에서 객체A의 생명력 변화량은 시간 t 에 대해 식 (2)와 같다.

$$Var_A = \left(\frac{\sum_{j=1}^m Av_j(t)}{\sum_{i=1}^n Av_i(t_0)} \right) \times 100 \quad (2)$$

2.2 평균 수명 비율

평균 수명 비율은 객체의 평균 수명 데이터와 전체 객체의 평균 수명에 대한 객체의 평균 수명의 비율로 구성된다. [그림 11]의 평균 수명 비율 169.78%는 객체의 평균수명이 169이고 전체객체의 평균수명에 대한 객체A의 수명 비율은 78%라는 것이다.

객체의 종류가 k개, 각 객체의 평균 수명을 Oli(i=1, ...,

k)이고, 객체A의 평균 수명을 Al 이라 하면 시간 t 에 대한 객체A의 평균 수명 비율은 식 (3)과 같다.

$$Life_A = \left(\frac{Al}{\left(\sum_{i=1}^k \alpha_i \right) / k} \right) \times 100 \quad (3)$$

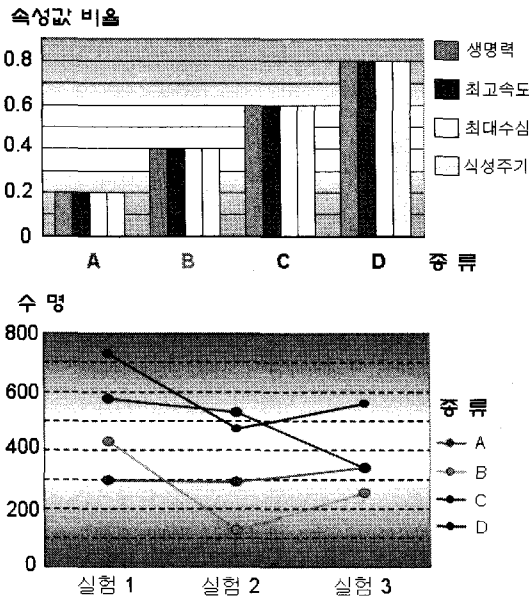


그림 12. 먹이사슬에 의한 수명 변화

[그림 12]는 어류객체의 속성값이 주어졌을 때 먹이사슬을 고려한 포식자와 피식자와의 관계에 따른 수명 변화를 확인하기 위해 3가지 형태로 실험한 결과를 나타낸 것이다.

실험 1은 먹이사슬을 고려하지 않은 경우이고, 실험 2는 A는 B를, B는 C를, C는 D를, D는 A를 먹이감으로 설정한 경우이며, 실험 3은 A객체는 B, C, D객체를 사냥할 수 있고 나머지 객체의 먹이감은 설정하지 않은 경우이다. 이 때, 실험에 사용된 각 객체의 속성값은 [그림 12]의 속성값 비율 그래프와 동일하게 설정하였다.

먹이사슬이 없을 경우, 생명력, 최고속도, 식성주기가 높을수록 수명이 증가하였고, 상대적으로 최고속도가 빠를수록 생명이 감소되었다. 먹이사슬이 존재 할 경우, 피식자와 포식자와의 관계가 적용되어 다소 복잡한 관계를

형성하였다. 실험 1은 기본 어류 속성값에 따라 일정한 비율의 수명차이가 나타남을 예측할 수 있지만, 실험 2와 실험 3처럼 포식자와 피식자의 먹이사슬이 존재하는 경우에는 정확한 수명을 결정하기에 어려움이 있다. 따라서 다양한 어류 객체를 포함하고 있는 가상수족관에서는 해저 생태계의 균형을 위해 일정 시간동안 시뮬레이션하여 수명을 추출해 내고, 수명에 따라 적정 객체수를 조절하여 균형을 이뤄내야 한다.

2.3 개체 생성

가상수족관을 구동시키면 개체들은 속성값에 의해 행동을 취하다가 수명을 다하여 죽거나 다른 개체의 먹이감이 되어 소멸된다. 다음은 객체A의 생명력 변화량 Var_A 이 일정량(예를 들어 50%) 미만으로 떨어질 때 어느 정도의 개체를 생성시켜야 하는지 나타낸다.

$Max(l)$ 과 $Min(l)$ 은 각 객체의 평균 수명 비율 중 최대값과 최소값을 나타낸다. 현재 개체A의 평균 수명 비율 $Life_A$ 에 대해 개체 생성 정도는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$R_1 = \left(\frac{Max(l) - Life_A}{Max(l) - Min(l)} \right) \times 50 \quad (4)$$

$$R_2 = (Random() \% R_1) + 50 \quad (5)$$

식 (5)는 객체 A의 평균 수명 비율에 반비례한 50~100사이의 랜덤값을 얻을 수 있도록 해준다. 계산된 값 R_2 를 이용한 객체A의 생성 알고리즘은 [그림 13]과 같다.

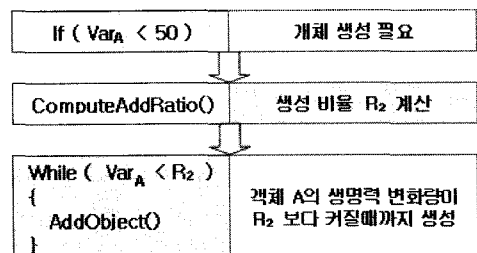


그림 13. A객체 생성 알고리즘

평균수명이 적은 개체들은 그만큼 빨리 소멸하기 때문

에 생성비율을 높여야만 일정한 객체 비율 그래프를 얻을 수 있다. 식 (4)는 수명이 작은 객체일수록 많은 양을 생성하고 수명이 큰 객체일수록 적은 양을 생성하도록 해준다.

2.4 요구 분포 비율

처음 수족관을 구동시킬 때 사용자는 객체의 속성을 정의하고 수족관에 분포할 전체 개체수를 입력하여 가상 수족관을 구동시키며, 각 종류별 객체수는 랜덤으로 분포되게 된다. 초기에 객체종류별 생성수를 지정하지 못하는 이유는 사용자가 정의한 속성값과 수명의 변화, 이에 따른 객체의 적정 비율을 알지 못하기 때문이다.

생태계에는 먹이사슬이 존재하기 때문에, 균형을 위해서는 적절한 객체들의 비율이 필요하다. 물론, 앞서 객체를 생성시키는 알고리즘에 따라 적절히 객체들을 생성시켜 어느 정도 균형을 맞추기는 하지만, 시간이 흐름에 따라 특정 객체의 생성으로만 편중되는 현상이 발견되었다. 이것은 초기 객체의 비율이 전체 개체들의 수명에 영향을 끼치게 되고, 이에 따라 균형이 조금씩 틀어지기 때문이다.

[그림 11]의 요구 분포 비율 14, 22%의 14는 생태계 균형을 위해 재 분포시켜야 할 객체수이고 24%는 현재 분포된 객체비율을 나타낸다.

객체 A의 생명력 비율을 Ratio□, 개체수를 A□, 처음 분포시킨 개체수의 비율을 First□라 하면, 재 분포시켜야 할 개체의 수는 식 (6)과같이 설정될 수 있다.

$$Dist_A = Ratio_A / First_A * A_n \quad (6)$$

[그림 14]는 처음 분포할 전체 개체수를 78마리로 지정하고 일정시간동안 시뮬레이션한 결과를 나타낸다.

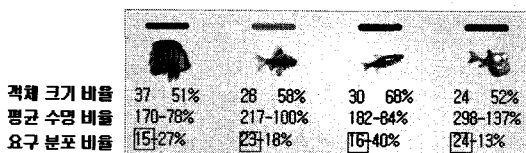


그림 14. 객체들의 개체수 랜덤으로 시뮬레이션

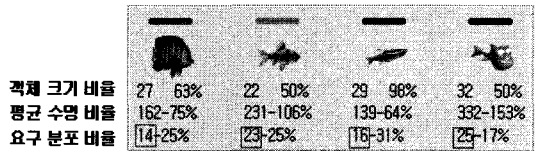


그림 15. 객체들의 개체수 재분포시켜 시뮬레이션

초기 랜덤으로 생성된 객체는 A : 20마리, B : 20마리, C : 19마리, D : 19마리였으며, 일정시간 후 요구분포수는 각 15, 23, 16, 24마리였다.

[그림 15]는 [그림 14]의 결과로 얻은 요구 분포 개체수로 지정하여 재가동시킨 결과이다. 시뮬레이션 결과 일정시간이 지난 후 요구 분포 수는 처음 지정된 개체수와 차이를 보이지 않았다. 이는 초기 입력값이 생태계 균형을 이루는 적절한 값을 의미한다.

2.5 생태계 균형제어 알고리즘

While(Simulation)

```

{
  for each class of fish object
  {
    Step1. 객체의 생명력 비율 계산 (Ratio□)
    Step2. 객체의 생명력 변화량 계산 (Var□)
    Step3. 전체객체의 평균수명에 대해 각 객체의 수명 비율 계산 (Life□)
    Step4. 객체생성 알고리즘을 이용하여 개체 생성 (적정생성비율 R2 계산)
    Step5. 요구 분포 객체수 계산 (Dist□)
        if(필요시) Dist□로 객체수 재분포
  }
}
    
```

VI. 결론

사실적인 가상수족관 구축을 위해 외부적으로는 사실적인 3차원 그래픽 기술이, 내부적으로는 해저 생태계 균형을 위한 객체들간의 상호작용과 적절한 속성 데이터들이 필요하다.

본 논문에서는 어류 객체들의 생명력, 이동량, 분포 가능한 최대 수심 및 식성 주기 등의 주요 속성들을 분석하고, 이에 따른 움직임, 다른 어류 객체들과의 상호작용을 통해 추출된 수명데이터를 토대로 해서 생태계의 균형을 시뮬레이션하는 방법을 제안하였다.

제안한 어류생태 시뮬레이터는 객체의 고유 속성값에 의해 결정되는 수명과 최초 지정한 객체의 비율에 따라 객체의 생성량을 조절함으로써, 수시로 객체의 수는 변하면서 수족관의 어류생태계 균형을 유지할 수 있었다.

어류생태 시뮬레이터는 수명과 생명력을 토대로 생태계 균형을 시뮬레이션 한다. 여러 가지 객체 속성, 인공지능, 기타 환경 및 요소들에 구애받지 않으므로 다양한 해저환경을 표현하는 실감형 가상수족관, 수족관 화면 보호기, 물고기 육성 게임 등에 활용되어질 수 있을 것으로 기대된다.

향후 연구과제로는 다양한 어류 객체의 여러 속성 및 습성, 행동을 분석하여 어류생태 시뮬레이터에 반영하는 것이고, 이를 이용하여 실감형 가상수족관을 3차원으로 구현하는 것이다.

참고 문헌

[1] C. Reynolds, "Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model," ACM SIG GRAPH 87, July 1987.

[2] D. Brogan and J. Hodgins, "Group behaviors for systems with significant dynamics," Autonomous Robots 4, pp.137-153, 1997.

[3] D. Kim, H. Kim, and S. Shin, "An event-driven approach to crowd simulation with example motions," KAIST CS-TR 186, 2003.

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

[5] S. Musse and D. Thalmann, "A model of human crowd behavior : Group inter-relationship and collision detection analysis," Workshop of Com-

puter Animation and Simulation of Eurographics 97, Sep. 1997.

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

[7] 김기호, "가상현실 기법을 이용한 가상수족관 시스템 개발", 대한인간공학회 추계학술대회논문집, pp.166-170, 1996.

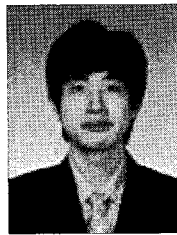
[8] 이현철, 윤재홍, 김은석, 허기택, "유체역학기반의 가상수족관 구축 기술", 한국콘텐츠학회지, 제3권 제2호, pp.75-84, 2005.

[9] <http://web.mit.edu/newsoffice/2004/iqarium-0204.html>

저자 소개

강 경 현(Gyeong-Heon Gang)

준회원



- 2006년 2월 : 동신대학교 멀티미디어 콘텐츠학과 (이학사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 디지털콘텐츠학과 석사과정

<관심분야> : 디지털콘텐츠, 모바일 콘텐츠, 유체애니메이션

정 승 문(Seung-Moon Jeong)

정회원



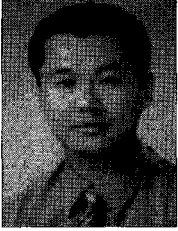
- 1991년 2월 : 동신대학교 전자계산학과 (이학사)
- 1999년 2월 : 동신대학교 컴퓨터학과 (이학석사)
- 2004년 8월 : 동신대학교 컴퓨터학과 (이학박사)

- 2004년 9월 ~ 2006년 2월 : 동신대학교 디지털콘텐츠협동연구센터 선임연구원
- 2006년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 디지털콘텐츠학과 전임강사

<관심분야> : 멀티미디어, 실감형VR

이 현 철(Hyun-Cheol Lee)

정회원



- 1996년 2월 : 동신대학교 컴퓨터학과 (이학사)
- 1998년 2월 : 동신대학교 컴퓨터학과 (이학석사)
- 2003년 2월 : 동신대학교 컴퓨터학과 (이학박사)

• 2005년 ~ 현재 : 동신대학교 디지털콘텐츠학과 전임강사

<관심분야> : 멀티미디어통신, 유체애니메이션, 얼굴애니메이션, 디지털콘텐츠, 영상압축기술

김 은 석(Eun-Seok Kim)

정회원



- 1995년 2월 : 전남대학교 전산학과 (이학사)
- 1997년 2월 : 전남대학교 전산통계학과(이학석사)
- 2001년 2월 : 전남대학교 전산통계학과(이학박사)

• 2002년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 디지털콘텐츠학과 조교수

<관심분야> : 컴퓨터 그래픽스, 디지털콘텐츠, 애니메이션

허 기 택(Gi-Taek Hur)

종신회원



- 1984년 2월 : 전남대학교 계산통계학과(이학사)
- 1986년 2월 : 전남대학교 계산통계학과(이학석사)
- 1994년 2월 : 광운대학교 전자계산학과(이학박사)

• 1989년 ~ 현재 : 동신대학교 디지털콘텐츠학과 교수

<관심분야> : 영상처리, 유체역학, 디지털콘텐츠