

유체 애니메이션과 Smart Fish을 이용한 실감형 가상수족관 구축에 관한 연구

이 현 철[†]

요 약

컴퓨터와 함께 많은 시간을 보내는 현대인들 중에는 바탕화면과 화면보호기로 마음의 편안함을 주는 자연풍경이나 가상수족관 등을 설정하는 사용자들이 증가하고 있다. 가상수족관은 임의의 가상 해저환경에서 자유롭게 행동하는 여러 종류의 물고기를 만들고, 동작을 분석하여, 물고기들의 애니메이션 작업을 수행함으로써 만들어진다. 본 논문에서는 유체의 형태변화를 실시간으로 표현하는 유체 애니메이션 기법과 가상 물고기의 다양한 속성에 따라 상호작용을 할 수 있는 Smart Fish 기술을 이용하여 활용 가치가 높은 실감형 가상수족관을 구축하는 방법을 제안했다. 본 논문에서 제안하는 방법은 다양한 해저환경을 표현하는 가상수족관, 수족관 화면 보호기, 물고기 육성 게임 등에 활용되어질 수 있다.

A Study on Building an Immersive Virtual Aquarium Using Fluid Animation and Smart Fish Method

Hyun Cheol Lee[†]

ABSTRACT

As time spent in front of the computer screens increases, an increasing number of people are using natural landscapes or virtual aquariums as their desktop and screen saver that can provide them with mental comfort. A virtual aquarium is constructed by an animation work that creates a variety of fish that freely move in a random virtual underwater environment to analyze their movement. This paper suggests a method that constructs an immersive virtual aquarium, using fluid animation method that expresses changes of shape of fluid in real time and the Smart Fish technology which is capable of an interaction according to the diverse characteristics of virtual fish. The suggested method can be used in a virtual aquarium, aquarium screen saver, virtual fish-raising game, etc., which express diverse undersea environment.

Key words: Virtual Aquarium(가상 수족관), Fluid Animation(유체 애니메이션), Smart Fish(인공지능 물고기)

1. 서 론

최근 IT, 컴퓨터 기술의 발달 등 가공할만한 디지털혁명으로 새로운 커뮤니케이션 기술로 발생하는 뉴미디어 시대와 IP 기반의 급변하는 초고속 인터넷,

DMB, 휴대인터넷 등의 정보화 사회 속에 살고 있다. 컴퓨터와 통신의 결합은 2000년대 유·무선 통합 서비스의 무한 경쟁시대로 진입하였고, 많은 양의 정보를 신속하게 전송함으로써 인간의 능력은 시공을 초월하게 되어 끊임없는 가상의 세계(Cyber World)를

※ 교신저자(Corresponding Author) : 이현철, 주소 : 전남 나주시 대호동 252번지(520-714), 전화 : 061)330-3457, FAX : 061)330-3452, E-mail : hclee@dso.ac.kr
접수일 : 2008년 10월 13일, 완료일 : 2008년 12월 30일

[†] 정회원, 동신대학교 디지털콘텐츠학과 전임강사

※ 본 연구는 문화체육관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 지역문화산업연구센터(CRC) 지원사업의 연구결과로 수행되었음

현실 가능한 것으로 바꾸고 있다.

오늘날 세계 모든 국가들의 최대 관심사는 이러한 가상현실(Virtual Reality)을 실현하기 위한 인프라(Infrastructure)로 정보통신망을 뛰어넘어 BcN(Broad band convergence Network)이라는 광대역 통신망을 통해 음성, 영상, 데이터 등 광대역의 멀티미디어 정보를 실어 보내는 시대를 맞이하게 되었다. 가상의 세계를 표현할 수 있는 가상현실 기술은 지난 수십 년 동안 많은 발전을 이룩하였으며, 소설, 영화, 게임 등의 대중매체를 통해 일반에 소개되어 이미 친숙한 용어로 자리 잡아가고 있다. 가상현실 기술이 발전됨에 따라 가상세계를 구축하고자 하는 수요가 늘고 그 규모도 커지고 있다. 가상현실을 구축하는 작업은 가상세계에 들어갈 가상 객체의 형태(Form)를 모델링 하고 행위(Behavior)를 표현하는 과정으로 이루어지며, 머리에 안경과 같은 HMD(Head Mounted Display)를 쓰고 손에 특수한 장갑(Data Glove)을 착용하며 특수 옷(Data Suit)을 입으면 프로그램의 제어에 따라 다양한 게임을 즐길 수도 있다. 가상현실에서 창조된 세계는 시각과 청각, 촉각을 넘어 후각, 미각을 포함하는 오감 표현 기술과 사용자와 가상세계의 실시간적인 상호작용을 표현하는 인터랙티브(Interactive) 기술이 가상현실의 최종적인 목표일 것이다. 또한 21세기 신 해양 시대를 맞이하여 고품질의 해양문화 콘텐츠 및 상품개발의 필요성 증대되고 있지만 국내·외 해양문화 디지털콘텐츠 시장은 문화원형 디지털콘텐츠화 사업 등과 같은 해양 정보콘텐츠 시장과 낚시 게임과 같은 엔터테인먼트 콘텐츠 시장으로 형성되어 있으며 사용자의 요구에 비해 콘텐츠 개발 및 제작이 활발하지 못한 상태이다. 국내·외의 해양문화 디지털콘텐츠 시장은 초창기 개발 진입 회사에 의해 스크린세이버, DVD, Wall Paper 형태로 판매되고 있으며 점차적으로 다양한 환경으로의 서비스가 시도되고 있다. 해양 생태를 가상현실 기술로 표현하는 가상수족관은 형상 모델링 작업을 통하여 해저 환경을 제작하고 임의의 가상세계인 해저환경에서 자유롭게 행동하는 가상 물고기를 가상공간상에 표현함으로써 가상수족관이 구성된다.

본 논문에서는 유체의 다양한 형태변화를 실시간으로 표현하는 유체 애니메이션 기법과 가상 물고기 객체의 속성에 따라 객체 간에 상호작용을 표현 할

수 있는 Smart Fish 기술을 해양콘텐츠 제작에 적용하여 활용가치가 높은 실감형 가상수족관을 구축하는 방법을 제안한다.

2. 관련 연구

가상수족관 구축을 위한 물고기 속성에 대한 구체적인 연구는 아직까지 이루어지지 않고 있으며, 주로 군중 애니메이션을 위한 세부 기술로 물고기 속성에 대한 연구가 진행되고 있다. 컴퓨터 기술이 발달되지 않았던 70, 80년대에는 물고기 또는 새와 같은 동물 무리의 이동 성향에 관한 연구가 활발하게 진행되었고, 90년대에 접어들면서 군중의 이동 성향으로 연구 초점이 바뀌었다. 90년대 중반부터 CG(Computer Graphic) 기술이 급속도로 발전하면서 CG 시뮬레이션이 적용되어 CG 분야에 군중에 관한 연구가 진행되었고, 최근에는 군중 애니메이션을 기반으로 한 캐릭터 애니메이션이 주목을 이루고 있다.

1987년 Reynolds는 SIGGRAPH에서 새 한 마리를 하나의 입자로 가정하고 입자시스템(Particle System)을 적용하여 새 무리의 이동을 시뮬레이션했다[1]. 1994년 Tu와 Terzopoulos는 물리 기반의 가상 해저세계를 모델링 했다[2]. 가상 해저세계는 인공적으로 설계된 물고기들이 존재하는데 이러한 물고기들은 Spring-Mass 모델로 정의되었고, Spring의 길이 변형을 통해 움직임이 생성되며 내부에 인공지능을 적용하여 가상 해저 내에서 자동으로 움직이도록 하였다. CG에서 물, 불, 폭발 연기, 안개 등의 다양한 유체는 오래전부터 중요한 연구 주제였으며, 활발한 연구가 진행 중이다. 유체 애니메이션 중 가장 표현하기 어렵다는 물은 점성, 탄성, 표면장력 등 물리적 처리에 있어서 타고난 복잡함을 포함하고 있기 때문에 물리적 법칙을 기반으로 다양한 효과를 표현하는 것은 방대한 계산량과 많은 제작시간이 소요된다. 하드웨어의 발전과 함께 이전에 불가능했던 유체시뮬레이션 알고리즘들의 시뮬레이션이 가능해지고 있으며, 물의 표현은 1995년 이후부터 워터월드, 타이타닉, 니모를 찾아서, 슈렉 등의 영화에 적용되어 등장하면서 영화의 사실성을 높이는데 큰 역할을 하고 있다. 1986년 Fournier와 Reeves는 해수면의 움직임이 일련의 원 또는 타원 운동을 수행하는 입자들에 의한 것 이라는 Gerstner 모델을 도입하여 해수

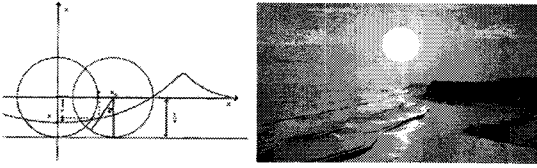


그림 1. Gerstner 모델과 해수면 시뮬레이션

면을 표현했다[3]. 그림 1은 해수면의 움직임이 일련의 원 또는 타원 운동을 수행하는 입자들에 의한 것이라는 Gerstner 모델을 도입하여 해수면과 파도의 굴절을 표현한 해수면 시뮬레이션이다.

Miller와 Pearcel은 제한된 영역에서 상호 작용하는 힘을 가진 단순 입자시스템 모델을 제시했고[4], Luciani, Manzotti 등은 유사 입자시스템 모델을 전개하여 Damped Nonlinear Springs를 표현했다[5]. Desbrun과 Cani은 입자 자체만을 사용하여 점성을 가진 유체흐름 시뮬레이션을 발표하면서 Smooth Particle Hydro-Dynamics를 소개했다[6].

일반적인 유체 표현 기법은 그리드(Grid)를 이용한 물 애니메이션에 대한 연구들이 더 많이 진행되고 있다. Foster와 Metaxas는 그래픽에서 처음으로 그리드를 바탕으로 3차원 물 시뮬레이션을 개발했다[7]. Foster와 Fedkiw는 유체 역학에서 사용되는 대표적 이론인 Navier-Stokes 방정식을 컴퓨터 애니메이션 분야에 적합한 형태로 서술하여 물과 같은 유체의 흐름을 계산할 수 있는 효과적인 방법을 제안했다[8].

3. 실감형 가상수족관 시스템

3.1 가상수족관

가상수족관은 임의의 가상 해저환경에서 자유롭게 움직이는 여러 종류의 물고기를 만들고, 행동을 분석하여 기본 동작 패턴을 정의한 후, 애니메이션 작업을 수행함으로써 가상의 수중 세계가 구현 된다. 가상수족관에 있는 가상 물고기는 3차원 가상공간에서 움직이면서 진짜 물고기처럼 자연스럽게 움직이고 살아있는 것처럼 반응해야 한다. 이를 위해 개발자들은 물고기 표면의 곡선과 재질, 유영속도와 방향 같은 변수들을 고려하여 유체의 흐름과 물고기들이 불속에서 작은 소용돌이를 계속 일으키며 그 수압의 변화로 인해 앞으로 나아가는 소용돌이 발생 과정을

도출해 내야 한다. 이때 가장 중요한 것은 물고기의 외형, 움직임 및 가상의 물고기가 어떠한 이벤트(Event)를 형성하는지가 사용자의 가장 큰 관심요소가 될 것이다. 또한 가상 물고기의 속성에 따라 개별 물고기 또는 물고기 간에 상호작용 이벤트를 생성할 수 있는 직관적인 시뮬레이션 제어방법이 가상수족관 구축을 위한 효과적인 도구로 활용될 수 있다. 이외에 물고기와 해초, 물고기와 유체 등의 특수한 상호 작용을 부가 할 수도 있다. 가상환경이나 가상현실 시스템은 사용자로 하여금 실재하지 않는 환경을 실재하는 것처럼 제공하여 어떤 체험을 하거나 어떤 작업을 성공적으로 수행할 수 있도록 한다. 이러한 경험을 실재감(Sense of Presence) 또는 현장감이라고 일컬으며, 가상현실 시스템의 완성도를 표현하는 척도가 될 수 있다. 가상수족관에 포함된 실재감 관련 요소는 시야각(Field of View), 물고기 개체의 수 및 다양한 어종, 물고기의 다양한 행동 및 제어, 렌더링 된 고품질의 영상 등이 있다. 그림 2는 본 논문에서 구축하고자 하는 실감형 가상수족관 시스템의 전체 구성도를 나타낸 것이다.

3.2 유체표현 기술

유체의 움직임, 기체의 유동 현상, 구름의 모양 등 불규칙한 자연현상에 대한 표현은 CG에서 흥미롭고도 어려운 분야이다. 하드웨어의 발전과 함께 CG에서 유체를 애니메이션하기 위해 이전에 불가능했던 시뮬레이션 알고리즘들이 수행 가능해지고 있으며,

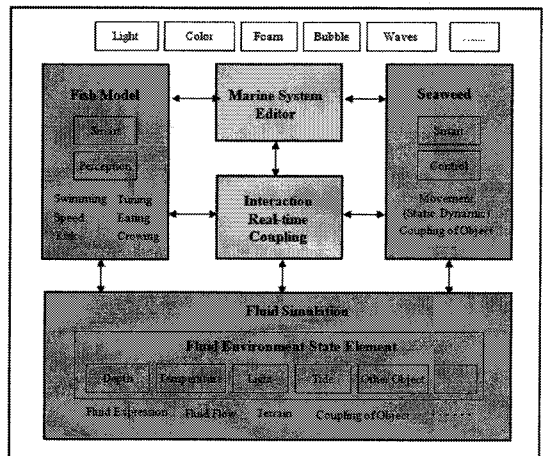


그림 2. 가상수족관 시스템 구성도

물, 불, 폭발, 연기, 안개 등의 유체 표현 기술이 성공적으로 적용되어지고 있다. 또한 CFD(Computational Fluid Dynamics)와 유체의 수치 해석적 방법이 CG와 접목되면서 보다 정확하고 자연현상에 가까운 묘사가 가능하게 되었다. 그러나 각 유체 마다 같은 조건에서 보편적인 힘에 반응하는 형태가 다르기 때문에 유체 고유의 특성을 고려하여 주위환경에 적합한 수치 해석적 방법을 고려한 유체 시뮬레이션이 필요하다. 유체를 시뮬레이션 하는 방법은 그 방식에 따라 3D 공간상의 특정 위치 즉, 그리드 상에서 속도를 계산하는 Eulerian 접근법과 공간상의 임의의 위치 즉, 입자의 이동을 따라가며 속도를 계산하는 Lagrangian 접근법으로 구분된다.

바다나 호수 등의 정적인 대규모 유체의 가장 역동적인 상황은 해당 객체와의 상호작용에 의해 물 표면에 발생하는 물결 및 파도의 변화일 것이며, 유체 시뮬레이션에서 가장 관심을 일으키는 부분이기도 하다. 사인파와 같은 주기 함수들의 계산에 의한 파동 모델은 연속함수이기 때문에 물 표면과 객체의 상호작용에 의해 지역적으로 급격한 변형을 생성하기 어렵다는 문제점을 갖는다. 따라서 본 논문에서는 사인파와 같은 주기 함수들의 계산에 의한 파동생성이 아닌 물 표면을 모델링 하는 Height Field를 이용하여 유체를 생성한다. 유체 표면을 구성하는 Height Field는 완전한 3D가 아닌 2.5D의 물 표면을 표현한 모델로 빠른 계산과 적은 리소스의 사용 그리고 쉽게 렌더링 할 수 있다는 이점이 있다. 그림 3은 Height Field의 구성요소를 보여주며, 각 정점의 높이를 변경함으로써 효과적으로 유체 표면을 생성 할 수 있다[9].

Height Field를 이용한 유체의 움직임은 시간에 따라 일정 방향으로 이동함으로써 움직임이 나타난다. 현재 유체는 이전 시간의 주변의 물결 높이에 영향을 받으므로 자연스러운 물표면 움직임 생성을 위

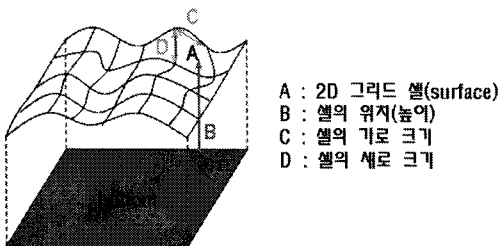


그림 3. Height Field 구성 요소

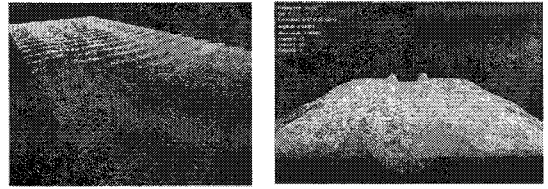


그림 4. 물 표면의 움직임 효과

해서는 현재와 이전 시간의 Height Field가 모두 필요하다. 따라서 본 논문에서는 물표면 애니메이션을 위해 연속된 시간 t-1과 t에서의 두 개의 Height Field를 사용했다. 그림 4는 Height Field를 이용한 물 움직임 효과를 표현 한 것이다.

3.3 해저지형과 상호작용

깊은 바다의 파도 형태는 너울이 치는 형태이며 얕은 바다의 파도 형태는 파도의 주기가 짧고 거칠다. 깊은 바다와 얕은 바다의 파도 형태가 다른 이유는 해저 지형의 영향을 받기 때문이다. 바닷물이 연안으로 이동하면서 해저 지형과 마찰 때문에 파도의 형태가 변화한다. 그림 5는 해저지형과 유체의 상호작용을 나타낸 것이다.

파도와 해저 지형과의 거리를 Depth δ , 지형에 영향을 받는 최대 깊이를 Threshold라 하고, Depth가 Threshold보다 크면 Depth의 크기는 Threshold와 같도록 정의하여 식 1의 A_i 와 ω_i 의 값을 식 2처럼 변경시킴으로써 해저지형과의 상호작용을 표현할 수 있다. 방향 벡터 D_i , Amplitude A_i , Frequency ω_i , Phase ϕ_i ($i = 1, \dots, N$) 을 각각 다른 값으로 정의한다.

$$\begin{aligned}
 x &= x_0 - \sum_{i=1}^N (D_i/k_i) A_i \sin((D_i \cdot x_0)\omega_i - t + \phi_i) \\
 y &= \sum_{i=1}^N A_i \cos((D_i \cdot x_0)\omega_i - t + \phi_i)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

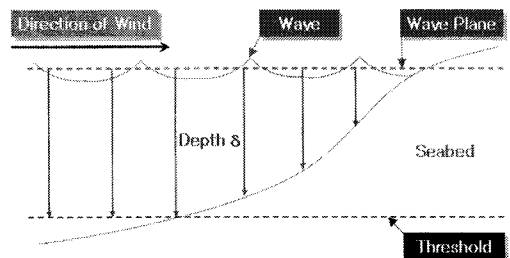


그림 5. 해저 지형과 상호 작용

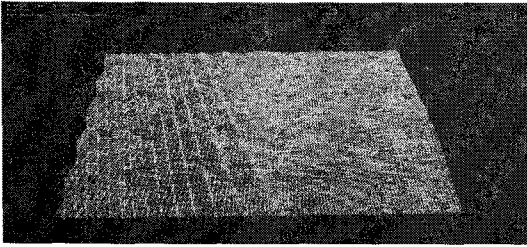


그림 6. 해저 지형의 영향에 따른 파도 형태

$$A_i \rightarrow A_i \left(\frac{\delta}{Threshold} + a_i \right) \quad (2)$$

$$\omega_i \rightarrow \omega_i \left(b_1 - \frac{\delta}{Threshold} b_2 \right)$$

a_i 은 A_i 의 크기, b_1 와 b_2 는 ω_i 의 주기에 영향을 주기 때문에 a_i 의 범위는 $a_i < A_i < a_{i+1}$ 가 되고 $b_1 > b_2$ 가 되어야 한다. Depth가 Threshold와 가까워 질 때 깊은 바다를 표현하게 되며 깊은 바다는 파도가 높고 너울이 친다. Depth가 0에 가까워 질 때 얕은 바다를 표현하며, 잔물결이 많고 파도의 높이는 낮아진다. 그림 6은 해저 지형 변화에 따른 파도의 형태를 시뮬레이션 한 것이다.

3.4 Smart Fish

가상수족관을 구성하는 기본 객체인 가상 물고기는 수족관 전체 환경에 영향을 크게 미치는 동적요인이 된다. 가상 해저환경은 인공적으로 설계된 물고기들이 존재하는데 이러한 물고기의 구성을 위해 몸 전체 모델링에서부터 내부에 인공지능을 적용하여 가상 해저 내에서 자동으로 움직이는 물고기를 개발해야 한다. Reynolds의 새의 무리 시뮬레이션 이후, Tu는 물리 기반 가상 해저 세계를 모델링 했다. Tu가 개발한 가상 물고기의 주요 구성 요소는 그림 7과 같다.

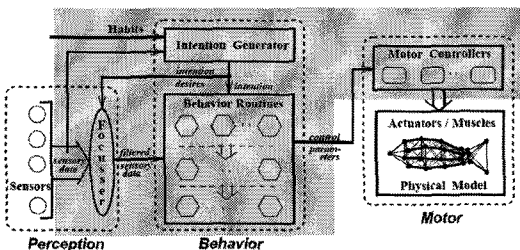


그림 7. 가상 물고기 구성 요소

- Physics : Spring-Mass Model
- Locomotion : Motor Controllers
- Perception : Visual Sensor
- Behavior : Behavior routine by Mental State

Spring-Mass 모델로 정의되어 있는 가상 물고기는 Spring의 길이 변형을 통해 움직임을 생성하고, Perception 과정에서는 그림 8처럼 물고기가 환경정보를 인지할 수 있는 행동반경을 나타내는 원을 센서(Sensor)로 정의하고 센서를 통해 주위 정보를 감지한 물고기는 습관적으로 발생하는 행동을 관여하는 Intention Generator와 인지에 따른 행동을 담당하는 Behavior Routine으로 정보를 전달한다. 일반적으로 포식자는 행동반경이 크고, 피식자는 행동반경이 작으며 물고의 종류에 따라 행동반경을 달리하여 물고기를 구성한다.

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. 대부분의 물고기의 약 75%는 몸의 일부에서부터 파장을 일으켜 꼬리지느러미까지 힘이 전달됨으로써 파동을 일으키고, 몸체의 구부림과 꼬리지느러미의 운동으로 추진력을 얻는 BCF(Body and Caudal Fin) 유형 형태이다. 나머지 15%는 중간지느러미 또는 가슴지느러미에 의해 추진력을 얻는 MPF(Median and Paried Fin)이다. BCF는 몸의 파동에 의해 추진을 얻는 파동형과 꼬리부분의 진동에 의해 추진을 얻는 진동형으로 구분 될 수 있다.

BCF 형태 다수의 물고기가 방향 조정과 몸의 균형을 위해 MPF 운동을 사용한다. MPF형 물고기는 가슴지느러미, 등지느러미, 배지느러미, 또는 등과 배지느러미를 사용하여 움직이며, 지느러미를 진동

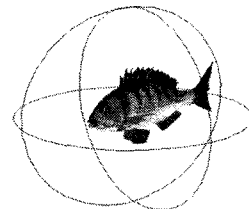


그림 8. 물고기의 행동반경

하는 형태와 파동 하는 형태로 다시 구분이 가능하다. 본 논문에서는 Tu가 개발한 가상 물고기를 기본으로 등뼈를 구성하는 관절들로 이루어진 길이 L의 가상 물고기를 생성하고 물고기 움직임 표현을 위한 생물학적인 특성은 식 3과 같은 기본 파동 방정식을 이용했다.

$$f(x,t) = A(x)\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} \times (x - \omega t)\right) \quad (3)$$

$$A(x) = \frac{x}{\lambda} \times \max Amp$$

유형 형태를 생성하기 위해 파동 방정식에 사용되는 요소들의 의미는 다음과 같다.

- 물고기의 길이(Length) : L
- 뼈대(Skeleton)의 관절 개수 : n-Articulate
- 물고기의 속도(Speed) : S
- 최대 진폭 (Maximum Amplitude) : maxAmp
- 파장(Wavelength) : $\lambda (= L)$
- 주파수(Frequency) : $\omega = \frac{2\pi}{\lambda}$

그림 9는 nArticulate 값이 8인 물고기의 뼈대 구조를 Vertex와 Mesh 형태로 보여준다. 물고기 움직임의 파동 주기를 물고기의 길이 L로 설정하고, 유형 형태에 따른 물고기 모델링을 위해 물고기 분류를 위한 대표 값으로 기준점(Pivot)을 설정했다. 물고기의 기준점 값은 물고기의 유형 형태를 대표하면서 움직임이 형성되는 중심점의 역할을 한다. 또한 물고기 움직임을 효과적으로 표현하기 위해 단위 시간당 1번 이상의 주기를 반복하도록 했다.

본 논문에서는 그림 10처럼 Kinetix사의 3D Studio Max를 사용하여 물고기의 기본적인 외형은 머리, 몸체, 지느러미 등으로 구성하였고, Spring-Mass 모델을 이용하여 움직임이 가능한 가상 물고기를 제작했다.

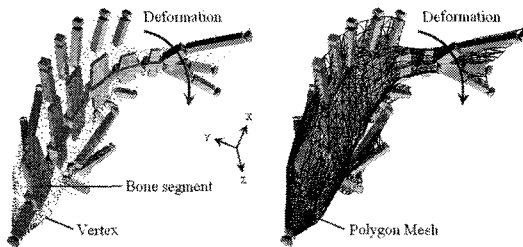


그림 9. 물고기 뼈대의 구조(Vertex와 Mesh 형태)

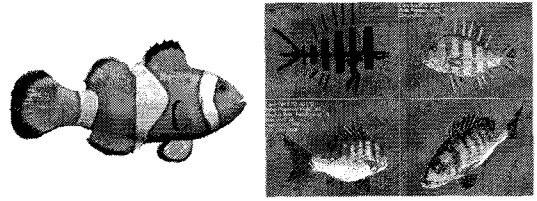


그림 10. 가상 물고기

이렇게 생성된 가상 물고기를 이용하여 생명력, 이동량, 분포 가능한 최대 수심 및 식성 주기 등의 주요 속성들을 분석하고, 이에 따른 움직임, 상호작용, 평균 수명 데이터 등의 다양한 속성값을 가상 물고기에 적용했다. 또한 물고기, 해초 및 다른 객체와 상호작용을 표현하기 위해 물고기 고유의 행동반경을 이용하여 충돌 감지 및 회피, 장애물 검출 등의 행동 유형을 표현 했다. 가상 물고기 객체 속성은 5가지로 분류하고 사용자가 정의한 속성값에 따라 생성되는 위치, 이동량, 수명 및 먹이사슬이 영향을 받도록 했다. 그림 11은 물고기의 다양한 속성과 회전값(t)에 따른 물고기의 행동 재어를 나타낸 것이다.

3.5 군중 시뮬레이션

가상수족관의 사실적인 표현은 사용자의 몰입감을 높여 콘텐츠에 대한 만족도를 향상시킬 수 있다. 가상수족관에서 가장 역동적인 객체이며, 무엇보다 사실적으로 표현되어야 할 가장 핵심은 물고기이다. 물고기 움직임은 가상수족관에서 시각적으로도 가장 큰 효과를 보이기 때문에 물고기의 자연스러운 움직임을 모델링 하는 것은 매우 중요한 요소이다. 군중 애니메이션은 가상환경에 존재하는 다수의 객체 움직임을 보다 사실적으로 쉽게 제공하기 위해 장면의 사실성, 시스템의 성능, 사용자와의 상호 작

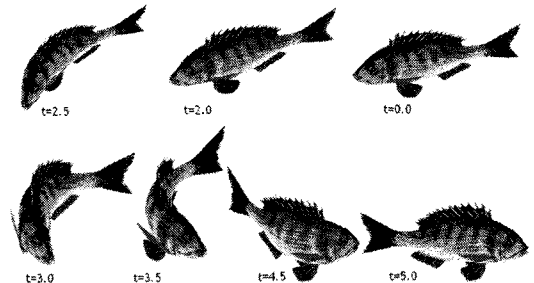


그림 11. 회전값(t)에 따른 물고기의 행동

용성 등을 연구하는 캐릭터 애니메이션 기술로 정의한다. 군중의 움직임이 요구되는 가상환경에서 가상 객체 개개의 움직임을 수작업으로 제공하는 것이 불가능하기 때문에 이를 위한 자동화가 필요하다. 하지만 객체의 움직임을 자동화 할 경우 객체와 객체 간, 객체와 물체 간의 충돌, 단위 모션들 간의 자연스럽게 못한 연결 또는 군중의 속성과 불일치하는 행동을 유발하는 문제점들을 해결해야 한다.

본 논문에서는 물고기의 군중 행동 유형을 그림 12처럼 분리(Separation), 정렬(Alignment), 결합(Cohesion)의 형태로 분류하고 포식자와 피식자로 구분하여 행동유형을 표현하였다. 다음 표 1은 포식자와 피식자의 정의 및 관계를 나타낸 것이고, 그림 13은 물고기 군중 행동 유형인 “결합”을 표현 한 것이다.

3.6 해초 표현 기술

가상수족관의 사실적인 표현을 위해서 다양한 종류의 해초를 모델링 했다. 각 해초는 자연스러운 움직임을 표현하기 위해 해초 크기에 따라 n-단계로 구분했다. 실제 해초의 움직임은 행동반경에 중심점



그림 13. 물고기 행동 유형(결합)

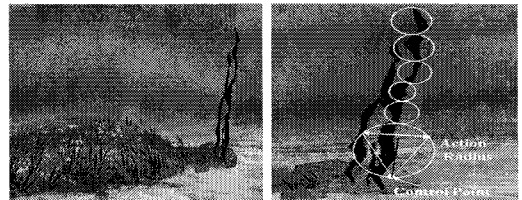


그림 14. 해초 표현 및 해초의 행동반경, 제어점

을 두고 중심점을 제어점으로 선정하여 제어점을 움직임으로써 해초가 움직이는 방법을 선택했다. 해초의 움직임은 제어점뿐만 아니라 물고기가 지나가거나 물결의 움직임으로도 함께 상호작용 가능하도록 구현했다. 그림 14는 수족관의 가상 해초 표현과 해초의 행동반경, 제어점을 나타낸 것이다.

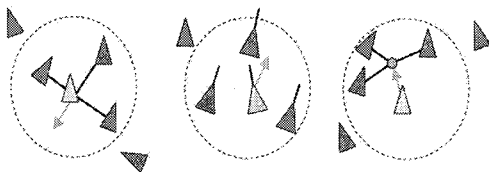


그림 12. 분리, 정렬, 결합

표 1. 포식자와 피식자의 정의 및 관계

구분	정의 및 관계
포식자	<ul style="list-style-type: none"> · 다른 생물을 먹이로 하는 물고기 · 행동반경 이내의 먹이를 잡아먹으며, 같은 포식자끼리는 회피함
피식자	<ul style="list-style-type: none"> · 생물의 먹이관계로 포식자에 의해 잡아먹히는 물고기 · 포식자보다 몸이 작고 운동력도 작지만 개체 수는 많음 · 물고기 행동 중 “군집생활”, “상호관계”, “결합”의 형태를 보임
관계	<ul style="list-style-type: none"> · 포식자는 행동반경이내의 피식자를 먹이로 하고 같은 포식자끼리는 충돌을 회피 · 피식자는 행동반경 이내의 포식자와 장애물은 회피 · 같은 부류는 결합의 형태를 이룸

4. 실험 결과

실감형 가상수족관을 구축하기위해서 본 논문에서는 유체의 형태변화를 실시간으로 표현하는 유체 애니메이션 기법과 가상 물고기의 속성에 따라 물고기 간에 상호작용을 표현 할 수 있는 Smart Fish 기술을 해양콘텐츠 제작에 적용하여 활용가치가 높은 고품질의 실시간 가상수족관을 구축하는 방법을 제안했다. 본 논문에서 제안한 방법들은 CPU 2.6GHz, Main Memory 1GB, GPU 600MHz의 시스템에서 DirectX SDK 9.0을 이용하여 구현되었으며, 스크린의 크기는 800×600의 해상도에서 표현 했다. 실감형 가상수족관을 표현하기 위한 각각의 알고리즘은 실제 가상수족관에 적용하기 전에 그림 15처럼 가상의 미니 수족관을 구축하여 물고기의 움직임, 유체와 물고기와의 결합 및 유체 애니메이션 기법을 실험 했다.

가상의 미니 수족관에서 실험한 결과를 이용하여 Smart Fish의 속성값, 객체 간의 충돌 등 다양한 속성값을 수정 및 변경하여 실제 가상수족관 시스템에 적용하였다. 그림 16은 가상수족관 환경 및 지형의

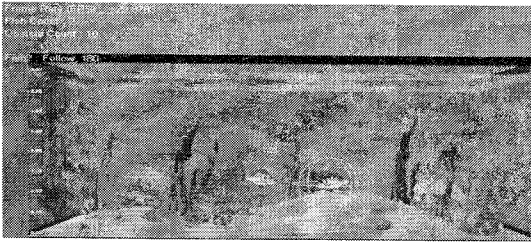


그림 15. 가상의 미니 수족관

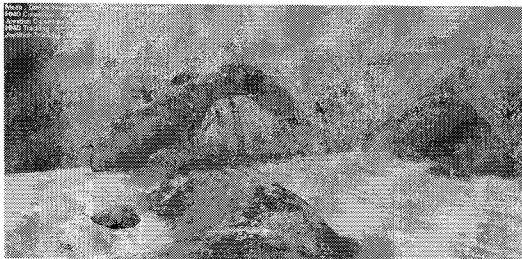


그림 16. 가상수족관 지형



그림 17. 가상수족관

일부분을 나타낸 것이고, 그림 17은 실제 구현한 가상수족관의 주요 장면들이다.

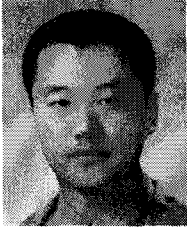
5. 결 론

가상수족관은 임의의 가상공간에서 자유롭게 행동하는 여러 종류의 물고기를 만들고, 동작을 분석하여, 물고기들의 기본 동작 패턴으로 정의하는 애니메이션 작업을 수행함으로써 만들어진다. 본 논문에서는 유체의 형태변화를 실시간으로 표현하는 유체 애니메이션 기법과 가상 물고기 속성에 따라 물고기 간에 상호작용을 표현 할 수 있는 Smart Fish 기술을 해양콘텐츠 제작에 적용하여 활용가치가 높은 실감형 가상수족관 구축 방법을 제안했다. 가상 물고기

객체들의 생명력, 이동량, 분포 가능한 최대 수심 및 식성 주기 등의 주요 속성들을 분석하고, 이에 따른 움직임, 다른 물고기들과의 상호작용을 통해 추출된 데이터를 토대로 가상의 해저환경을 구축 하였다. 생성된 가상수족관은 다양한 해저환경을 표현하는 실감형 가상수족관, 수족관 화면 보호기, 물고기 육성 게임 등에 활용되어질 수 있을 것으로 기대된다. 향후 연구과제로는 다양한 Smart Fish에 더 많은 지능을 부여하여 사용자의 손짓이나 행동에 자율적으로 반응하는 지능형 물고기를 대형 화면에 디스플레이 하는 기법과 개발된 가상수족관을 입체형으로 표현 하는 것이다.

참 고 문 헌

- [1] C. Reynolds, "Flocks, Herds and Schools : A Distributed Behavioral Model," *SIGGRAPH87*, pp. 25-34, 1987.
- [2] X. Tu and D. Terzopoulos, "Artificial Fishes : Physics, Locomotion, Perception, Behavior," *SIGGRAPH94*, pp. 43-50, 1994.
- [3] A. Fournier and W. Reeves, "A Simple Model of Ocean Waves," *SIGGRAPH86*, pp. 75-84, 1986.
- [4] G. Miller and A. Pearcel, "Globular Dynamics : A Connected Particle System for Animating Viscous Fluids," *In Comput.&Graphics*, Vol.13, No.3, pp. 305-309, 1989.
- [5] A. Luciani, A. Habibi, and E. Manzotti, "A Multi-Scale Physical Model of Granular Materials," *In Graphics Interface*, pp. 136-146, 1995.
- [6] M. Desbrun and M. Cani, "Smoothed Particles : A New Paradigm for Animating Highly Deformable Bodies," *In Computer*, pp. 61-76, 1996.
- [7] N. Foster and D. Metaxas, "Realistic Animation of Liquids," *Graphic Models and Image Processing96*, pp. 471-483, 1996.
- [8] N. Foster and R. Fedkiw, "Practical Animation of Liquids," *SIGGRAPH01*, pp. 23-30, 2001.



이 현 철

1989년 2월~1996년 2월 동신대학교 전자계산학과 이학사

1996년 3월~1998년 2월 동신대학교 전산통계학과 이학석사

2000년 3월~2003년 2월 동신대학교 컴퓨터학과 이학박사

2000년 3월~2005년 2월 동신대학교 멀티미디어컨텐츠 연구센터 선임연구원

2005년 3월~현재 동신대학교 디지털컨텐츠학과 전임 강사

관심분야 : 디지털 통신, 얼굴 애니메이션, 가상현실, 유체애니메이션, 실버 콘텐츠