
비등방성 메타큐브를 이용한 해양 객체 변형 방법

Deformation of Ocean Object Using Anisotropic Metacube

윤재홍, 박주연, 김은석, 허기택
동신대학교 디지털콘텐츠학과

Jae-Hong Youn(jhyoun@dsu.ac.kr), Ju-Yeon Park(pjynaju@dsu.ac.kr),
Eun-Seok Kim(eskim@dsu.ac.kr), Gi-Taek Hur(gthur@dsu.ac.kr)

요약

컴퓨터 그래픽스 기술의 발달로 영화, 게임 등의 엔터테인먼트 산업에서 장면의 사실성이 증대됨에 따라, 다양한 소재의 콘텐츠 개발을 위한 디지털 콘텐츠 기술의 요구가 증가되고 있다. 지상에서의 생태 및 환경 변화에 대한 연구 및 시뮬레이션 기술 개발에 비해, 해양 생태 및 환경 변화 등을 콘텐츠화하기 위한 기술 개발은 아직 미비한 상태이다.

본 논문에서는 가상 해저 환경의 변화에 따른 해양 객체의 성장과정을 효과적으로 시뮬레이션할 수 있는 모델링 방법과 객체의 움직임에 따른 효율적인 변형 방법을 제안하고자 한다. 제안 방법은 비등방성 메타큐브를 이용하여 해양 생물들을 모델링함으로써 가상 해저 환경에서 물고기의 성장과 모양 변화가 가능하게 해준다.

■ 중심어 : | 해양 객체 변형 | 메타큐브 | 음함수 모델링 | 애니메이션 |

Abstract

As the CG images in the films and the games are getting more realistic by the development of computer graphics, the requests of technique that can develop the various digital contents has also increased. However, the techniques developed for the studies and simulations of the ecological system and adaptation in the ocean, are insufficient compared with those on the ground.

This paper propose a method of modeling to simulate the growth of ocean objects according to the variation of virtual ocean environment and the efficient metamorphosis based on the movement of the objects. By modeling the ocean objects with the anisotropic metacubes, it is possible to represent easily the growth and metamorphosis of fishes as the movement in the virtual environment of ocean.

■ keyword : | Ocean Object Deformation | Metacube | Implicit Modeling | Animation |

* 본 연구는 2003년 동신대학교 교내 학술 연구과제로 수행되었습니다.

접수번호 : #060823-001

접수일자 : 2006년 08월 23일

심사완료일 : 2006년 09월 14일

교신저자 : 윤재홍, e-mail : jhyoun@dsu.ac.kr

I. 서론

컴퓨터 그래픽스 기술의 발달로 영화, 게임 등의 엔터테인먼트 산업에서 장면의 사실성을 증대시키기 위한 군중 시물레이션에 대한 요구가 계속적으로 증가되고 있다. 컴퓨터 애니메이션에서 캐릭터는 가상공간의 생기를 불어넣는 역할을 한다. 이러한 가상캐릭터의 수가 증가함에 따라 가상세계의 몰입감은 그에 비례하여 증가한다. 하지만 군중의 규모가 커질수록 한 프레임을 생성하기 위한 시물레이션 성능은 이에 반비례하여 감소한다. 이미 군중 애니메이션이라는 새로운 분야로 분류되는 다수의 관련 연구가 발표되고 있으며, 업계에서는 이를 기반으로 상용화된 제품을 출시하고 있다. 이와 같이 조류나 어류와 같은 객체 무리의 움직임에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 하지만 물고기와 같은 객체의 모양변화에 대한 연구는 2D에서부터 3D까지 화면보호기 형태로 만들어지고 있으나, 게임이나 애니메이션과 같은 가상환경에서 객체의 움직임에 따른 모양의 변형에 대한 연구는 아직 미비한 상태이다[1].

또한 영화, 게임 등의 엔터테인먼트 산업에서 장면의 사실성을 증대시키기 위한 디지털 콘텐츠 기술의 요구가 증가되고 있으며, 디지털 콘텐츠 제작은 다양한 소재의 콘텐츠 개발이 요구된다. 하지만 해양생태 및 해양 환경 변화 등에 대한 해양 생태문화를 콘텐츠화하기 위한 기술 개발은 육상에서의 생태 및 환경 변화에 대한 연구 및 기술 개발에 비해 아직 미비한 상태이다.

따라서 객체의 움직임에 따른 모양 변화를 표현하기 위해 물고기의 성장과정을 효과적으로 시물레이션 할 수 있는 음함수 곡면을 이용한 모델링 방법과 해저 환경 변화에 따른 물고기의 변형 방법 등을 제시하고, 생성된 모델 및 시물레이션 데이터를 해양 환경 이미지와 합성하여 해양관련 콘텐츠 제작 방법을 제시하고자 한다.

II. 관련연구

1. 어류의 생김새

어류의 몸은 머리 · 몸통 · 꼬리의 세 부분으로 나누어

지고 목이라고 부르는 부분이 없는 것이 특징이며, 아가미구멍에서 앞쪽이 머리 부분, 항문에서 뒤쪽이 꼬리 부분이다. 어류의 가장 일반적인 형태는 방추형을 약간 측편한 연어 · 청어 등과 같은 체형이지만, 종류에 따라 서식처가 다르므로 환경에 적응하여 모양이 달라진 것이 많다. 일반적으로 빠른 속도로 헤엄치는 물고기는 방추형, 천천히 헤엄치는 물고기는 측편형, 해저에 사는 물고기는 편형, 좁은 구멍에서 사는 물고기는 세장형 등으로 그 변화가 다양하다.

물속에서의 평형 유지와 운동을 보조하기 위해서 지느러미가 있는데, 등에 있는 것을 등지느러미, 아가미구멍 뒤쪽에 있는 한 쌍을 가슴지느러미, 가슴지느러미의 뒤쪽 항문 앞쪽에 있는 한 쌍을 배지느러미, 항문 뒤에 있는 것을 뒷지느러미, 꼬리에 붙어 있는 것을 꼬리지느러미라고 한다. 또, 연어 · 은어 등에는 등지느러미 뒤쪽에 지느러미가시가 없고 지방질인 지느러미가 있는데 이것을 기름지느러미라고 한다. 가다랭이 · 참다랭이와 같이 등지느러미 또는 뒷지느러미 뒤쪽에 따로따로 떨어져 있는 몇 개의 작은 지느러미가 있는데 이것을 이기 또는 부기라고 한다. 이들 지느러미 중에서 육상동물의 손발에 해당하는 것이 가슴지느러미와 배지느러미이고, 다른 지느러미는 물속에서 몸의 평형을 유지하는 데 중요한 구실을 한다.

그러나 뱀장어처럼 배지느러미가 퇴화하고 없는 것, 금붕어처럼 뒷지느러미가 둘로 갈라져 있는 것, 뱀장어처럼 등지느러미가 흠판으로 변화한 것, 성대처럼 가슴지느러미의 아랫부분이 가시 모양으로 변화하여 보행에 사용되는 것 등 종류에 따라 변화가 많다. 어류의 수영은 몸 쪽의 근육을 교대로 수축시킴으로써 일어나는 몸의 굴신운동인데, 체형의 차이나 지느러미의 사용법에 따라 수영도 다르다. 해마와 같이 머리를 위로 하고 수직으로 헤엄치는 것, 반대로 머리를 아래로 향하고 헤엄치는 등꼬리치, 육지로 올라와서 걸어 다니는 말뚝망둥어와 같은 물고기도 있다.

어류의 피부는 바깥층의 표피와 안층의 진피로 나누어진다. 비늘은 진피 내에 있는데, 각질이며 투명하고, 또 성장함에 따라 커지므로 비늘의 나이테로 물고기의 나이를 추측할 수 있다. 가장자리가 둥글고 매끄러운 것

을 둥근 비늘, 표면에 작은 가시가 많이 있는 것을 빗비늘, 판상이며 표면이 법랑질로 둘러싸인 작은 돌기가 있는 것을 방패비늘이라고 한다. 이 밖에 철갑상어의 경린, 전갱이 몸의 뒤쪽에 있는 능린 등이 있다. 이 비늘의 표면에 해당하는 표피와 진피 사이에는 색소세포가 있고, 비늘의 안쪽인 진피와 근육 사이에는 광채세포가 있다.

색소세포에는 검은인 멜라닌색소 외에 노랑·빨강 등이 함유되어 있고, 광채세포에는 세포핵이 분해되어 생긴 구아닌이 있기 때문에 빛을 반사한다. 어체가 은백색인 것은 광채세포만 있고, 흰색인 것은 색소세포·광채세포가 없기 때문이다. 체색은 여러 원인에 의해서 변하는데, 색소세포가 수축하면 백색이 되고 확대하면 빛깔을 띠게 된다. 원구류는 점액성 피부로 덮여 있다[2].

2. 인공 물고기

우선 로봇 물고기는 군사적인 분야에서 가장 활용도가 높은 것으로 평가되고 있다. 실제로 미국 노스이스턴대가 개발한 바다가재 로봇은 해저에 묻힌 수중기뢰를 찾는 주요 임무를 수행하였다. 다리 8개에 형상기억소재로 만들어진 힘줄이 들어 있어 진짜 바다가재처럼 바닥을 기며 자유자재로 움직일 수 있는 탓에 기뢰를 효과적으로 찾아낼 수 있다. 민간 분야에서도 수중 건축물을 정기적으로 조사하거나 잠수정이 출입하기 어려운 해저 탐사의 임무를 수행할 물고기가 필요하기 때문에 로봇 물고기들의 수요는 증가할 것으로 보고 있다.

좀 더 물고기 다워지기 위해서는 물고기의 몸체, 지느러미, 꼬리 등의 운동을 이해해야 할 뿐만 아니라, 움직임과 관련된 힘의 변화까지 완벽하게 이해를 해야 한다. 즉 물고기는 꼬리와 지느러미를 반복적으로 움직이고 있는 것 같지만, 사실은 힘과 방향을 절묘하게 조합을 이루고 있는데 이를 데이터베이스화하고 재생할 수 있어야 한다. 그러나 아직까지 이러한 움직임과 관련된 연구는 턱없이 부족한 실정이다. 게다가 주위 환경을 판단할 수 있는 탐지기능, 판단을 할 수 있는 지능, 그리고 제어시스템 역시 뒤따라 쫓아 한다는 과제를 안고 있다. 완벽한 방수 시스템을 갖춘 소재를 선택하는 일도 쉽지 않은 일이다.

이러한 어려움에도 불구하고 응용할 점이 많다는 점

때문에 앞으로 로봇 물고기의 진화속도는 더 빨라질 것으로 전망하고 있다.

3. 물고기의 움직임

Reynolds는 무리 개체 개개의 행동 양식의 자동화에 초점을 맞춰 운동 생성 모델을 정의하고 그에 따른 행동의 규칙을 정의 하였다.

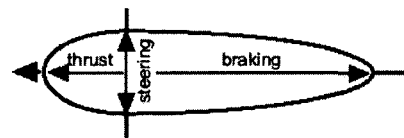


그림 1. Reynolds의 운동 생성 모델

운동 생성 모델에 따른 무리 개체의 행동 규칙은 개체 주위에 존재하는 무리들의 성향에 맞는 행동 의사 결정과 장애물 및 개체 간의 충돌을 피하는 등의 규칙들로 이루어진다[3].

Reynolds의 새의 무리 시뮬레이션 이후 Tu는 물리기반 가상해저 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.

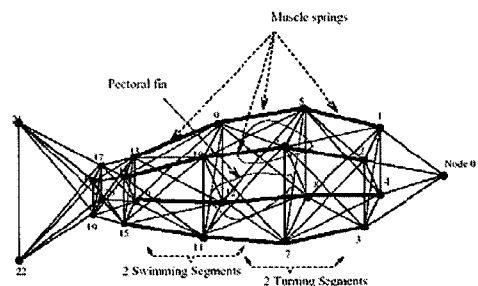


그림 2. Tu의 Spring-mass 모델

[그림 2]의 인공 물고기 모델은 spring-mass 모델로 정의 되었고 spring의 길이 변형을 통해 움직임을 생성한다[4].

Jindong Liu는 로봇 물고기 시뮬레이션에서 3D Robot Fish Model을 정의하고, 움직임을 표현하기 위해 [그림 3]과 같은 Kinematics Model 구조를 사용하였다.

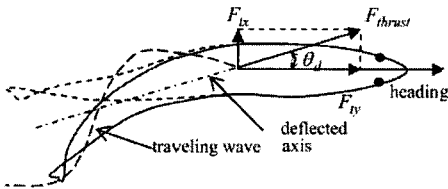


그림 3. Robotic Fish Kinematics Model

또한 Kinematics Model의 움직임 데이터로는 [그림 4]와 같은 Discrete Traveling Wave를 사용하였다[5].

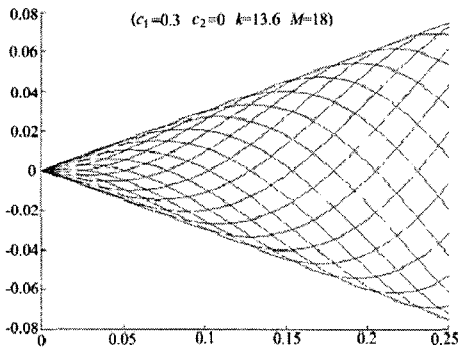


그림 4. Discrete Traveling Wave

4. 음함수 곡면 모델링

음함수 프리미티브(Primitive)들에 의해 형성되는 음함수 곡면은 3차원 공간상에서 $F: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$ 인 필드함수 $F(x, y, z)$ 를 프리미티브로부터의 거리에 반비례하는 에너지 밀도 함수로 하여 주어진 임계값(Threshold Value) T 에 의해 정의된다.

$$\sum_{i=1}^n (F_i(x, y, z) - T) = 0 \quad (1)$$

식 (1)은 임계값 T 가 주어질 때 n 개의 음함수 프리미

티브들에 의해 형성되는 등가곡면(Isosurface)을 나타낸다. 임계값 T 가 작을수록 음함수 프리미티브에서 등가곡면까지의 거리는 멀어지게 된다.

음함수 프리미티브들의 영역이 겹치는 부분에서는 밀도 값이 서로 더해져 새로운 밀도분포를 형성하는 블렌딩 특성을 가지고 있다. 이러한 블렌딩 특성을 이용하여 프리미티브의 위치 조정에 의해 다양한 형태의 곡면을 표현할 수 있다.

Blinn, Nishimura, Murakami, Wyvill 등은 프리미티브의 특성을 고려한 다양한 음함수 프리미티브들과 다양한 필드함수를 사용하였다. Blinn의 Blob은 물리적으로 가장 자연스러운 에너지 장을 표현할 수 있는 지수함수를 사용하였고, 지수함수의 특성상 공간적으로 아주 먼 거리에 있는 위치라도 에너지 값이 0이 되지 않는 단점 때문에 지수함수를 근사하는 다항식을 필드함수로 갖는 요소들이 계속 개발되었다[6]. Nishimura는 메타볼(Metaball)이라 불리는 구간별 2차 다항식을 필드함수로 갖는 프리미티브를 제안하였다. 그러나 차수가 낮은 함수로 인해 구간 연결부분에서의 계산상 오차가 크다는 단점이 있다[7][8]. Wyvill은 6차 다항식 필드함수를 이용하여 Soft Object라 불리는 프리미티브를 제안하였다[9].

표 1. 음함수 프리미티브와 필드 함수의 형태

함수 종류	표현식	제안자/프리미티브
지수 함수	$f_i(r) = e^{-\pi r^2}$	Blinn/1982 Blobs
구간별 2차 다항식	$f_i(r) = \begin{cases} 1 - 3(\frac{r}{R_i})^2 & \text{if } (0 \leq r < \frac{R_i}{3}) \\ \frac{2}{3}(1 - (\frac{r}{R_i}))^2 & \text{if } (\frac{R_i}{3} \leq r \leq R_i) \end{cases}$	Nishimura/1983 Metaball
4차 다항식	$f_i(r) = (1 - (\frac{r}{R_i})^2)^2$	Murakami/1987 MetaBall
6차 다항식	$f_i = -\frac{4}{9}(\frac{r}{R_i})^6 + \frac{17}{9}(\frac{r}{R_i})^4 - \frac{22}{9}(\frac{r}{R_i})^3 + 1$	Wyvill/1986 Soft Object
6차 다항식	$f_i = (1 - (\frac{r}{R_i})^2)^3$	Kim/1996 Metacube

이러한 음함수 프리미티브들은 대부분 점 형태의 프리미티브를 사용하였고, 점을 중심으로 동일한 거리에 있는 위치들이 모두 같은 밀도 값을 가지므로 하나의 음함수 프리미티브는 구형의 표면을 생성할 수 있다. 그러나 전 방향으로 대칭인 점 프리미티브들은 대칭이 아닌 물체의 모델링을 위해서는 많은 프리미티브를 이용하여 구성해야 한다는 문제점이 있다.

메타큐브(Metacube)는 크기 조절이 가능한 육면체 형태의 골격 요소를 갖는 비등방성(anisotropic) 음함수 프리미티브로서, 적은 수의 프리미티브를 이용하여 다양한 비대칭 물체들을 모델링하는데 적합하다[8].

메타큐브 M은 중심점 C와 큐브를 형성하는 중심점에서 각 축으로의 거리를 나타내는 큐브반경 d, 큐브로부터 필드 값이 존재하는 범위를 나타내는 필드반경 r, 그리고 메타 큐브 자체의 밀도 값 w의 4가지의 요소에 의해 식 (2)와 같이 정의 하였다[10].

$$M=(C, d, r, w) \quad (2)$$

메타큐브는 d값을 변화시킴에 따라 [그림 5]와 같이 다양한 형태의 골격요소를 생성할 수 있다.

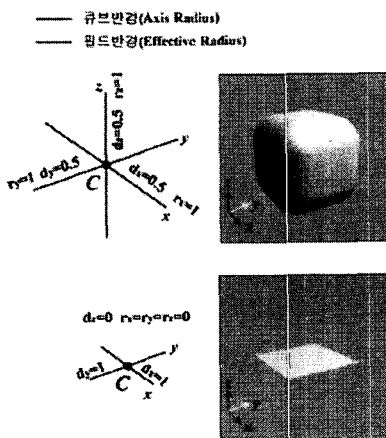


그림 5. 다양한 메타큐브의 구조와 등가곡면 형태

[그림 5]는 큐브반경 d와 필드반경 r의 값의 변화에 따른 메타큐브의 구조와 그에 의해 형성된 등가곡면의

예를 보여준다. 메타큐브의 골격요소인 크기조정이 가능한 육면체는 중심점 C로부터 x, y, z축 방향으로 뻗은 거리 값인 d_x, d_y, d_z 에 의해 정의되고, 밀도 분포는 골격 요소 표면으로부터의 거리에 반비례하도록 형성되므로 유효거리에 따라 정의되는 곡면 역시 축에 평행한 형태를 유지하게 된다.

5. 음함수 프리미티브 블렌딩

블렌딩 효과는 음함수 곡면 모델의 가장 큰 특징으로 들 수 있다. 여러 음함수 프리미티브들을 공간상에 배치하게 되면 공간상의 각 위치 점들은 여러 프리미티브로부터 밀도 값에 영향을 받을 수 있다. 이렇게 위치 점에 연관된 프리미티브들의 밀도분포함수 값의 합에 의해 그 위치 점의 밀도 값을 결정하는 것을 블렌딩이라 한다. 즉, 골격요소의 필드함수가 겹치는 영역에서는 함수들이 더해져 새로운 곡면을 형성하게 된다. [그림 6]은 필드함수 영역 일부가 겹쳐 있는 두개의 음함수 프리미티브의 단면을 보여준다. 블렌딩의 효과를 보여주기 위해 광선 추적법에서 사용되는 하나의 광선에 대한 밀도함수 분포를 표시하였다[6].

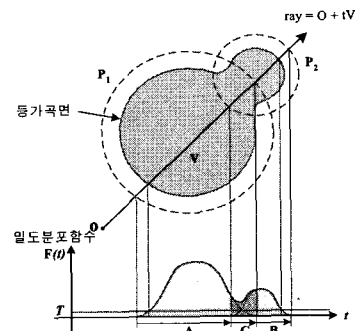


그림 6. 음함수 프리미티브의 블렌딩

III. 메타큐브를 이용한 해양객체 변형

본 연구에서는 저용량의 데이터로 고품질의 곡면을 표현할 수 있는 음함수 프리미티브 중 곡면뿐만 아니라 평면까지 표현 가능한 메타큐브를 사용한다. 또한 음함

수 프리미티브를 이용한 해양 객체인 물고기의 움직임에 따라 효과적인 모델링 및 애니메이션이 가능하도록 계층적 골격 구조를 설계하고, 해양 환경 변화에 따른 물고기의 색상 변형 및 성장과정을 시뮬레이션하기 위한 방법을 제시하고자 한다.

1. 애니메이션을 위한 물고기 골격 모델

지금까지의 대부분의 연구들은 물고기의 근육을 중심으로 골격을 생성하였다. 본 연구에서 골격의 계층 구조는 Reynolds의 물고기 운동 모델과 Tu의 Spring-mass 모델을 바탕으로 애니메이션에 적용할 수 있는 구조를 가진 골격 모델을 설계하였다. 물고기의 모델링 및 애니메이션을 위한 골격 구조를 척추 뼈를 기준으로 구성하고, 물고기 모양 변화에 영향을 주는 주 골격과 주 골격의 움직임에 따라 위치와 모양이 변하는 주요 부분에 보조 골격으로 구분하였다. 이는 물고기의 애니메이션 시 Jindong Liu가 로봇 물고기의 시뮬레이션에 사용한 discrete traveling wave 모델을 사용할 수 있도록 하고, 물고기 주골격의 변화에 따라 보조골격의 상대적인 위치를 계산해 낼 수 있을 뿐만 아니라 음함수 곡면을 이용한 모델 생성시 부드러운 곡면을 생성해 낼 수 있도록 한다. 또한 생성된 애니메이션 데이터는 다른 모델링 객체에 적용하여 데이터의 재사용성을 높일 수 있도록 한다.

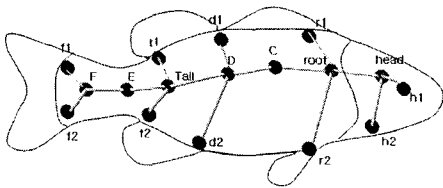


그림 7. 물고기 객체의 골격 구조

[그림 7]은 물고기 객체의 계층적 구조를 나타내며, 붉은색 점에 위치한 노드는 물고기의 움직임을 위한 노드이고, 파란색 점에 위치한 노드들은 근육, 피부, 지느러미 등에 움직임을 전달하여 상대적인 위치 값을 얻기 위한 노드들이다. 최상위 노드는 모양 변화가 이루어지는 아가미 부분에 root노드를 두었고, 주 움직임이 부여되

는 부분에 6개의 노드를 두었다. 또한 주 노드들의 움직임은 근육, 피부, 지느러미 등에 잘 전달할 수 있도록 10개의 부가 노드들을 두었다.

애니메이션시 root 노드의 전역좌표는 식 (3)과 같이 이전 프레임의 전역좌표에 움직인 거리만큼을 계산해 줌으로써 현재 프레임의 전역 좌표 값을 생성할 수 있다.

$$M_G = M \cdot M_G^{parent} \quad (3)$$

최상위 노드인 root 노드의 전역좌표계에서 위치 이동에 따라 하위 노드들의 전역좌표계도 변하게 됨으로 root노드의 위치 이동 값을 알고 있다면 식 (3)과 같이 하위 노드들의 전역 좌표계 값을 구할 수 있다. 물고기의 움직임에 해당하는 애니메이션 데이터는 Acclaim Format을 따르도록 하였다. 최상위 노드인 root 노드를 (0, 0, 0)에 해당하는 지역좌표계의 원점으로 정의하고, root노드를 기준으로 하위 노드들의 계층적 관계에 따라 위치 값을 정의 하도록 한다. 이렇게 정의된 각 노드의 좌표 값은 최초 root 노드의 전역좌표계 값을 정의해 줌으로써 하위 노드의 전역좌표계 값을 구할 수 있다. 또한 시간 t가 지남에 따라 변화된 root 노드의 전역좌표계 값을 정의해 줌으로써 하위노드의 전역좌표계 값도 구할 수 있다. 이는 전역좌표계에서 노드의 위치만을 계산하였다. 객체에 대한 각 노드의 전역좌표계 값에 discrete traveling wave 모델을 적용함으로써 실제 객체의 움직임을 얻을 수 있다.

$$M_t = D_t \cdot G_t \cdot L \quad (4)$$

식 (4)는 시간(t) 변화에 따라 L은 각 노드의 지역좌표계에 대한 행렬 값이고, G는 전역좌표계에 대한 행렬 값을 나타내며, D는 discrete traveling wave 모델에 의해 생성된 행렬 값을 의미한다. 또한 M은 시간 t에서의 각 노드의 위치 값을 나타낸다.

2. 해양객체의 성장과정 시뮬레이션

물고기의 성장과정은 어류가 속하는 종류 및 발육단계에 따라 서로 다르기는 하지만, 알에서 태어나 부화

직후부터 난황을 흡수할 때까지의 단계인 전기자어, 난황을 모두 흡수하고 물속에 있는 먹이를 잡아먹기 시작하는 때부터 각 지느러미가 부화되기까지의 시기인 후기자어, 이후 종의 특징을 갖추게 되는 시기로 체색이나 무늬는 아직 성어와 다른 치어, 체형이나 반문 등은 성어와 거의 유사하지만 성적으로 미숙한 상태인 미성어, 그리고 성적으로 완전히 성숙하여 생식 능력을 갖는 성어의 성장과정을 가진다[2].

본 연구에서는 대표적인 어종 중에서 잘 알려진 [그림 8]과 같은 황복(Yellow Puffer)을 대상으로 성장과정 및 변형을 시뮬레이션하기로 한다.



그림 8. 황복(Yellow Puffer)

음함수 프리미티브로 물고기의 알을 모델링하기 위해 [그림 9]와 같이 1개의 메타큐브를 이용하고, 알에 눈이 생기는 시점에 하나의 메타큐브를 더 추가하여 2개의 메타큐브로 알을 모델링하도록 한다.

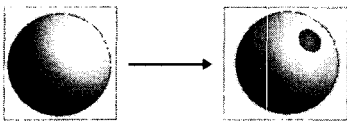


그림 9. 알에서 눈이 생성된 과정

음함수 프리미티브인 메타큐브를 사용할 경우, 중심점 좌표와 축반경, 유효반경, 밀도 값에 의한 렌더링 결과는 [그림 9]와 같이 구형체의 알을 쉽게 표현할 수 있다.

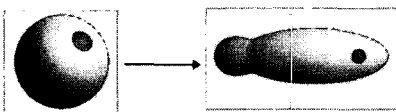


그림 10. 눈이 생긴 알에서 치어로 성장

또한 알에서 치어로의 변형 과정은 애니메이션을 고

려하여 설계하였던 물고기 객체의 골격 구조에 따라 메타큐브를 추가함으로써 성장과정을 표현할 수 있다. 또한 치어에서 성어로의 변형과정도 점차 메타큐브의 수를 증가시켜 성장 과정을 시뮬레이션할 수 있는데, 본 연구에서는 물고기의 움직임에 따른 모양 변화도 적용할 수 있도록 최종적인 성어가 되었을 때의 물고기 모델도 제시한다.

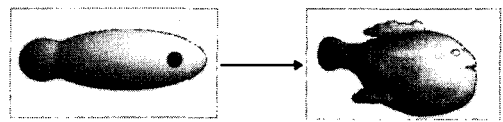


그림 11. 치어에서 성어로 성장하는 과정

물고기 모양은 움직임을 적용할 수 있도록 [그림 6]에서 제시되었던 물고기 객체의 골격 구조에 따라 머리, 몸통, 꼬리, 지느러미로 구분하여 골격(Skeleton)에 해당하는 음함수 프리미티브를 메타큐브로 정의하고 근육 및 비늘에 해당하는 부분은 골격에 종속되는 메타큐브를 추가하여 구성하도록 한다.

3. 환경 변화에 따른 객체의 색상 변형

매개변수 곡면에 의한 모델링은 [그림 8]과 같이 색상 변화가 점차적으로 변하는 부분의 색상은 텍스처 맵핑을 사용하지 않고 색상을 직접 지정하기에는 많은 어려움이 따른다. 또한 온도에 따라 색상이 변하거나 주변 환경에 따라 보호색을 띄는 객체의 색상 변화는 원래의 텍스처를 바꿔야만 변형이 가능하다. 하지만 음함수 곡면을 이용한 모델링에서는 점차적으로 변하는 부분의 색상은 음함수 프리미티브인 메타큐브의 색상 값을 지정하고 필드함수의 블렌딩 특성을 이용해 쉽게 표현할 수 있다. 또한 온도 변화나 주변 환경에 따른 색상 변화는 메타큐브의 색상 값 변경만으로도 쉽게 처리할 수 있다.

4. 해양 객체와 해양 환경 합성

배경에 해당하는 해양 환경까지 메타큐브를 이용해 모델링하기에는 많은 렌더링 시간을 요구하게 된다. 본

연구에서는 렌더링에 요구되는 시간을 절약하기 위해 해양객체에 대한 모델링은 메타큐브를 이용하고, 배경에 해당하는 해양환경은 비트맵 이미지를 사용하도록 하였다.

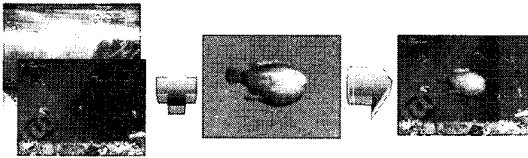


그림 12. 메타큐브 모델링 객체와 배경 합성

5. 해양 객체의 변형과 배경 생성

메타큐브를 이용한 해양 객체의 성장 과정, 색상 변형, 배경 합성, 동영상 생성의 작업 과정은 [그림 13]과 같은 처리 과정으로 이루어진다. 첫 번째 음함수 곡면 모델링에 사용될 프리미티브를 정의하고, 본 연구에서는 메타큐브를 사용하였다. 두 번째로 객체 모델링에 사용될 프리미티브의 수와 파라미터 값을 정의하고, 애니메이션을 수행할 경우 애니메이션 데이터를 설정한 다음에 배경 영상을 지정하여 렌더링을 수행한 후 최종 이미지를 생성한 다음, 각 프레임들을 조합하여 동영상 생성 과정을 거치게 된다.

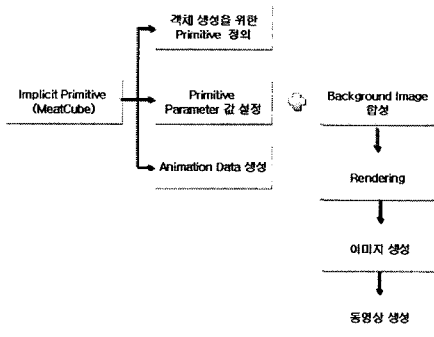


그림 13. 해양 객체와 배경 생성 과정

여 구현하였으며, 해양 객체인 어류의 성장과정을 시뮬레이션하기 위해 음함수 프리미티브인 비등방성 메타큐브를 사용해 알에서 치어, 치어에서 성어로 성장하는 과정을 시뮬레이션 하였다.

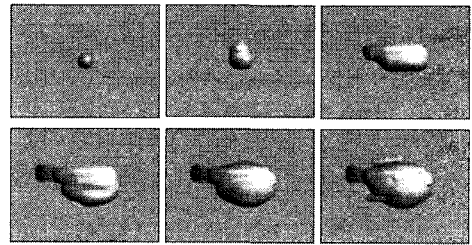


그림 14. 해양 객체 성장과정 시뮬레이션

[그림 14]는 해양객체의 성장과정에 대한 시뮬레이션 결과를 보이고 있으며, 최초 알 상태는 1개의 메타큐브를 사용하였고, 중간 상태의 치어는 64개의 메타큐브를 사용하였다. 또한 최종 상태의 성어는 197개의 프리미티브를 사용하였다.

해양 객체의 색상 변형은 메타큐브의 블렌딩 특성을 이용해 점차적으로 변하는 객체의 색상변화를 표현하였다. 또한 [그림 15]와 같이 메타큐브의 색상 값만을 수정함으로써 주변 환경에 쉽게 적응할 수 있도록 하였다.

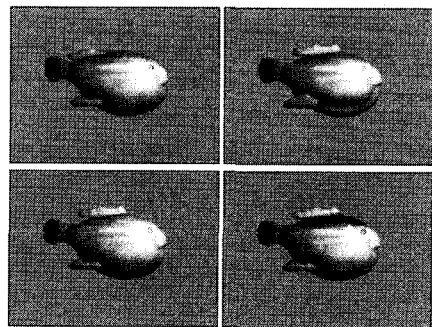


그림 15. 해양 객체의 색상 변형

IV. 구현 및 실험결과

본 연구에서는 Windows 환경에서 OpenGL을 사용하

메타큐브로 모델링된 해양 객체와 성장과정, 배경이미지 합성 결과 및 해양 객체 골격에 의한 애니메이션이 가능함을 [그림 16]에서 보이고 있다.

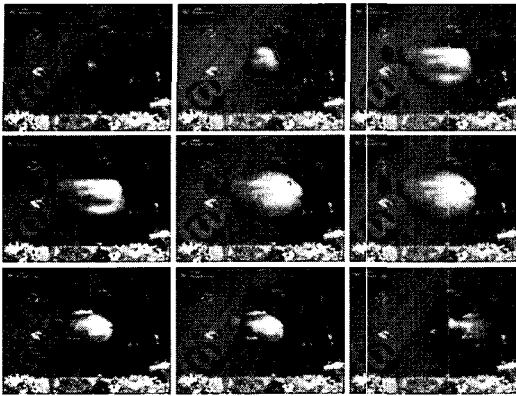


그림 16. 해양 객체와 배경 합성 결과

비등방성 메타큐브를 이용한 해양객체의 생성 및 성장과정, 색상 변형, 배경합성에 대한 전체 구성도와 활용에 대해 [그림 17]에 도식화하였다.

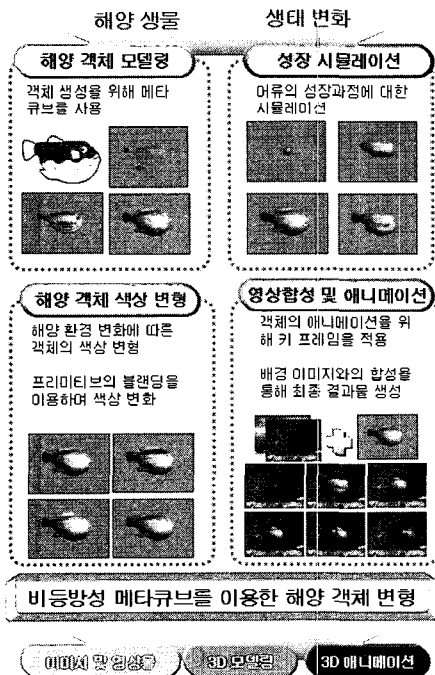


그림 17. 메타큐브를 이용한 해양 객체 변형

V. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 해양생태 및 환경 변화 등에 대한 해양 콘텐츠 소재 개발의 일환으로 곡면의 표현 및 변형이 쉬운 비등방성 메타큐브를 해양 객체의 모델링 및 애니메이션에 사용하였다. 또한 해양객체의 변형 및 애니메이션을 고려하여 객체의 골격 모델도 설계하였다.

해양 객체의 성장과정을 알에서부터 성어까지의 성장과정을 보였으며, 메타큐브의 블렌딩 특성을 이용해 환경 변화에 적응할 수 있는 색상 변형과정을 효과적으로 표현하기 위한 방법을 제시하고, 실험 결과를 통해 보였다. 본 연구는 해양 객체의 모델링 및 변형에 중점을 두고 수행되었기 때문에 해양 객체 골격 구조에 맞는 자동화된 동작 생성을 할 수 있는 애니메이션 방법에 대한 연구가 진행되어야 한다.

본 논문에서 제시된 비등방성 메타큐브를 이용한 해양 객체의 변형 방법은 해양 콘텐츠 제작과 관련된 고품질의 영상물 제작 및 3D 객체 모델링 및 애니메이션에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 해양 생태 관련 콘텐츠에 대한 연구 및 제작은 수요자의 요구에 비해 매우 부족한 상태이다. 이러한 연구들이 활성화되기 위해서는 여러 응용 영역으로 확장 가능한 다양한 해양 콘텐츠 소재의 발굴이 필요하다.

참고 문헌

- [1] 안정현, 원광연, *Survey on Crowd Animation*, 한국과학기술원 Tech Memo 2003-4, 2003.
- [2] 김정구, 김병일, 이선명, 전길봉, *우리바다어류도감*, 다락원, 2002.
- [3] C. Reynolds, "Steering behaviors for autonomous characters," GDC 1999, 1999.
- [4] X. Tu and D. Terzopoulos, "Artificial fishes: physics, locomotion, perception, behavior," ACM SIGGRAPH 94, July 1994.
- [5] J. D. Liu and H. S. Hu, "A 3D Simulator for Autonomous Robotic Fish," *International Journal of Automation and Computing* 1, pp.42-50, 2004.

- [6] J. F. Blinn, "A Generalization of algebraic surface drawing," ACM Transaction on Graphics, Vol.1, No.3, pp.235-256, July 1982.
- [7] H. Nishimura, A. Hirai, T. Kawai, T. Kawata, I. Shirakawa, and L. Omura, "Object Modeling by distribution function and a method of image generation," Journal of papers given at the Electronics Communications Conference 1985, J68-D(4), 1985.
- [8] S. Murakami and H. Ichihara, "On a 3D Display Method by Metaball Technique," Journal of Electronics Communication, Vol.J70-D, No.8, pp.1607-1615, 1987.
- [9] G. Wyvill, G. MacPheeters, and B. Wyvill, "Data Structure for Soft Objects," The Visual Computer, Vol.2, No.4, pp.227-234, Aug. 1986.
- [10] J. J. Kim, E. S. Kim, and S. K. Park, "An Automatic Description of Volumetric Objects Using Metaballs," In Proceedings Computer Graphics International 1997, IEEE Computer Society Press, pp.65-73, June 1997.

저 자 소 개

윤 재 홍(Jae-Hong Youn)

정회원



- 1999년 2월 : 동신대학교 컴퓨터학과(이학사)
 - 2001년 2월 : 동신대학교 컴퓨터학과(이학석사)
 - 2005년 8월 : 동신대학교 컴퓨터학과(이학박사)
 - 2006년 3월~현재 : 동신대학교 디지털콘텐츠학과 전임강사
- <관심분야> : 3D모델링, 애니메이션, 정보통신

박 주 연(Ju-Yeon Park)

정회원



- 1998년 2월 : 광주대학교 전자계산학과(공학사)
 - 2000년 8월 : 동신대학교 컴퓨터학과(이학석사)
 - 2003년 8월 : 동신대학교 컴퓨터학과 박사수료
- <관심분야> : 멀티미디어, 정보통신, 입체음향

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 : 광주대학교 전자계산학과(이학박사)
 - 1989년~현재 : 동신대학교 디지털콘텐츠학과 교수
- <관심분야> : 영상처리, 유체역학, 디지털콘텐츠