

# Spline 곡선을 이용한 유선형 Surge 생성 및 분포장 설계

## A Generation of Streamlined Surge and Distribution Field Using Spline Curve

김 중 한\*, 강 임 철\*, 김 병 기\*\*  
 디지털콘텐츠협동연구센터\*,  
 전남대학교 전자컴퓨터공학과\*\*

Kim chong-han\*, Kang im-chu\*, Kim Byung-ki\*\*  
 Digital Contents Cooperative Research Center,  
 Dongshin Univ\*, Dept. of Electronic &  
 Computer Engineering, Chonnam National Univ\*\*

### 요약

가상세계에서 사용자의 몰입감의 정도는 가상공간의 물리적 환경 구성 요소의 변화에 대응하는 캐릭터의 행동과 오브젝트의 움직임이 얼마나 잘 표현되어지는가에 따라 결정된다. 따라서 가상공간에서 몰입감을 높이기 위해서는 현실세계를 반영하는 정밀한 환경 구성이 필요하다. 본 논문에서는 가상수중환경에서 오브젝트와 캐릭터의 움직임에 영향을 미치는 물리적 환경요소인 해류와 물속 Surge를 생성하는 모듈을 설계한다. 기존의 직선형태의 해류나 Surge를 개선하기 위해 시간에 따라 일정 방향으로 랜덤 생성되는 정점 정보를 3차원 Spline 곡선으로 변화하고 이를 중심으로 분포장을 형성시킨다. 이는 곡선형 해류를 생성시켜 보다 사실적인 가상공간의 환경을 구현할 수 있을 것이다.

### I. 서론

가상공간은 현실 또는 상상의 공간을 컴퓨터로 만든 하나의 창조물이다. 인간은 가상의 공간이 현실에 근접한 정도에 따라 가상공간의 완성도를 평가하기 때문에 이를 위해 실제 일어나는 현상들을 사실적으로 표현하기 위한 연구가 끊임없이 이루어져왔다. 자연스러운 시각적 효과를 위해 물리엔진(Physical Engine)은 가상세계의 주변 환경과 NPC와 같은 캐릭터들과 상호작용에 영향을 주어 보다 사실적이고 효과적인 가상세계를 구현하는 중요한 역할을 담당한다. 본 논문에서는 가상수중공간에서 사용자가 다이빙을 체험할 수 있는 콘텐츠인 "Virtual Scuba"에서 수중 환경을 구성하는 해류(Sea Currents)나 Surge를 생성하는 모듈을 설계하고 시뮬레이션을 한다. 또한 직선형 해류나 Surge를 개선하기 위해 일정 공간내에서 시간을 축으로 랜덤하게 생성되는 정점 정보를 보간하여 Spline 곡선을 생성한다. 이를 기반으로 중심에서의 거리에 따라 원심력이 변하는 가변적 유선형 해류를 구현한다.

### II. 관련연구

가상공간에서 Character 와 Object는 사실에 근접한 행동을 표현하기 위해 AI 와 Physical Engine을 이용한다.[3][4] 실제 세계의 물리적 상호작용을 시뮬레이션으로 재현하는 것은 복잡한 과정이다. 매우 정확하게 재현하기 위해서는 추적하고 계산해야하는 변수들의 개수가

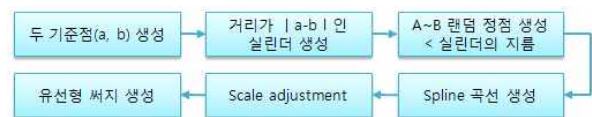
거의 무한해진다. 따라서 실시간 시뮬레이션의 경우 몇 가지 단순화, 추상화 작업을 거쳐서 필요한 연산의 수를 적당하게 줄이게 된다. 일반적으로 VR 툴에서 사용되는 Physical Engine은 역학 시뮬레이션의 패키지 형태로 활용된다.

실시간으로 렌더링 되는 유체 시뮬레이션은 시각적 특성을 표현하기 위해 물리적 렌더링 인자가 설정되어야한다.[5] 유체가 외부로부터 유입되는 지점의 초기 속도와 내부 공간의 초기 분포상태 등에 의해 유체의 초기 조건이 결정되며 시간에 따라 역학적 균형 상태의 변화로 인해 유체 입자의 움직임이 구현된다.

Navier-Stokes 공식은 유체의 흐름을 계산하기 위한 대표적인 전산 유체 역학 분야의 공식이다. 질량 보존의 법칙과 운동량 보존의 법칙에 기반한 Navier-Stokes의 공식은 (1)과 같다.

$$\vec{U}_t = \nu \nabla \cdot (\nabla \vec{U}) - (\vec{U} \cdot \nabla) \vec{U} - \frac{1}{\rho} \nabla P + g \quad (1)$$

### III. 스플라인 곡선 생성을 위한 제어점



▶▶ 그림 1. 유선형 Surge 생성 과정

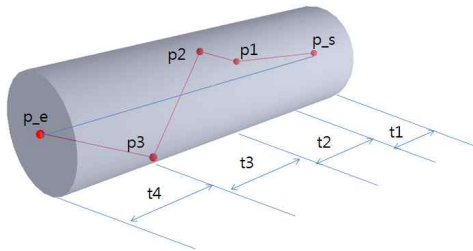
유선형 Surge 생성을 위한 기본 구조는 그림 (1)과 같다. 가상수중공간에서 유선형 Surge를 만들기 위해 공간상의 정점 (a, b) ((x<sub>a</sub>, y<sub>a</sub>, z<sub>a</sub>), ((x<sub>b</sub>, y<sub>b</sub>, z<sub>b</sub>))를 설정한다. 3차원 공간상의 임의의 점 a와 b는 Surge의 시작과 끝

+ 본 연구는 문화체육관광부(Ministry of Culture, Sports and Tourism)와 한국문화콘텐츠진흥원(KOCCA)의 문화콘텐츠기술연구소(Culture Technology) 지원사업의 연구결과로 수행되었음.

이 되는 기준점이다. 양 끝점이 (a, b)이고 a와 b사이의 거리는 식 (2)가 된다.

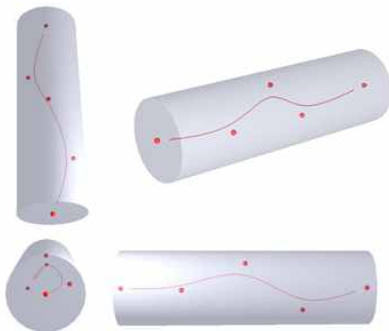
$$C = \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2 + (z_a - z_b)^2} \quad (2)$$

유선형의 굴곡을 결정하는 지름은 길이와 비례하여 임의로 결정하여 양 끝점이 (a, b)이고 길이가 C인 실린더를 생성한다. 생성된 실린더 내에서 시간 t에 따라 정점 a에서 b로 움직이는 직선을 따라 움직이는 동안 스플라인 곡선의 제어점  $p_1, p_2, \dots$ 를 생성한다. 단 정점 p는 실린더 내에 위치하도록 구성한다. 그림 2는 간단한 제어점을 생성한 그림이다. 시간을 4등분하여 1/4t 시간마다 제어점p를 생성하고 이를 잇는 Linear 곡선을 생성한다.



▶▶ 그림 2. 실린더내의 제어점 생성

$p_s$ 는 시작점 즉 정점 a되고 1/4t시점에서 실린더 내에서 생성되는  $p_1$ 과 2/4t시점에서 생성되는  $p_2$ , 3/4t시점에 생성되는  $p_3$ 과 종료점인  $p_e$ 를 기준점으로 하여 Spline 곡선을 생성시킨다. 그림 3은 5개의 제어점을 기준하여 Approximating spline curve를 적용한 그림이다.



▶▶ 그림 3. 근사 스플라인 적용

#### IV. 유선형 Surge의 분포장 설계

가상 수중환경에서 해류는 유선형으로 존재하고 일정한 단면적의 실린더 형태를 설계한다. 해류의 단면에서 중심에서 멀어질수록 속도의 차이가 형성된다. 해류의 속도는 외부에서 받는 힘, 즉 수중 생물 객체가 해류로 접근했을 때 이에 영향을 주기 위해 해류 방향으로 나가는 힘인 추진력( $F_p$ )과 접근하는 객체를 밀쳐 내기 위한 원심력( $F_C$ )으로 구성하고, 추진력과 원심력은 중심에서의 거리에 반비례한다. 해류의 속도는 베르누이 법칙에 따라 식 (3)와 같다. 반지름이 r인 해류의 압력이 일정할 때 사용자의 변수인 해류의 단면적(A)에 따라 속도(v)는 변한다. 단 밀도  $\rho$ 는 일정하다.

$$A \times v \times \rho = Const. \quad (3)$$

또한 해류의 중심에서 일정 거리에 있는 지점의 진행

방향으로의 속도( $v_x$ )는 식 (4)과 같이 정의한다.

$$v_x = -C x^2 + B \quad (x^2 < r^2, v_x > 0) \quad (4)$$

여기서 C는 상수이고 B는 원의 중심에서 발생하는 최고 속도이다. 또한 속도의 분포장에서 발생하는 추진력 다음 식(5)와 같이 계산된다.

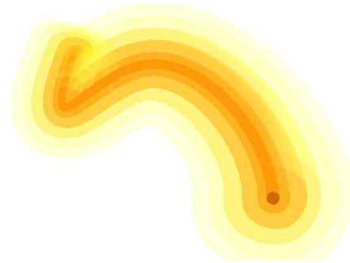
$$F_p = KE_x = m_1 \times t \times v_x^2 = m_1 \times v_x^2 / 2 \quad (5)$$

t = 유체가 움직인 시간

해류의 중심에서 바깥으로 작용하는 원심력( $F_C$ )는 식 (6)와 같다.

$$F_C = m_1 \frac{v^2}{r} \quad (6)$$

그림 4는 유선형 Surge의 중심과 외곽에서의 힘을 가시적으로 나타내는 그림이다. 붉은색부분의 중심은 원심력이 강함을 나타내고 중심에서 멀어질수록 Surge의 힘이 약해짐을 나타낸다.



▶▶ 그림 4. 유선형 Surge의 속도 분포장

#### V. 결론

본 논문은 가상공간을 현실세계의 모방개념에서 벗어나 현실세계의 물리적 환경을 반영하여 가상 해양 생물 객체와 상호작용하고 동기화함으로써 사용자의 시각적 만족도를 높이는데 중점을 두었다. 가상 해류 생성 시뮬레이션은 초기에 해류의 시작점과 끝점 사이의 거리, 단면적, 속도 등을 결정함으로써 동적으로 힘을 제어하여 해양 객체와 실시간으로 상호작용함으로써 자연스럽게 움직임을 유발하여 콘텐츠의 질을 향상 시킬 것으로 예상된다. 본 논문에서는 Surge나 해류를 유선형으로 설계하였고 거리에 따른 속도의 분포장(distribution field)을 구현하였다. 향후 분포장에 대한 정규화과정이 필요할 것이다.

#### ■ 참고 문헌 ■

- [1] Nils J.Nilsson, Artificial Intelligence : A New Synthesis, Morgan Kaufmann Publishers, inc. ; 1998
- [2] David H. Eberly, Game Physics, ELSEVIER ; 2004.
- [3] 최중민, 김준태, 심광섭, 정병탁(역), “인공지능”, 사이버미디어텍.
- [4] 유채곤, 차미리(역), “게임 물리 바이블”, 사이버 미디어텍.
- [5] Jeongjin Lee, Moon Koo Kang, “Real-time Fluid Animation using Particle Dynamics Simulation and Pre-intergrated Volume Rendering,” Journal of KIIS : System and Theory, VOL. 32 NO. 01pp 0029 ~ 0038