진자개념을 적용한 자연스러운 어류 움직임 표현 기법

유봉길* · 류남훈** · 반경진** · 김경옥** · 오경숙** · 이혜미** · 김응곤**

Expressing Techniques of Natural-Looking Fish Locomotion applied the Pendulum Concept

Bong-gil Yoo* · Nam-hoon Ryu** · Kyeong-jin Ban** · Kyeong-og Kim** · Kyeong-sug Oh** · Hye-mi Lee** · Eung-kon Kim**

이 논문은 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 연구비를 지원받았음

요 약

컴퓨터 그래픽스 기술의 발달로 인해 영화, 게임 등을 통한 컴퓨터 애니메이션을 쉽게 접할 수 있다. 사용자들은 다양한 콘텐츠를 접하게 되면서 현실세계와 흡사할 정도의 고품질 애니메이션을 요구하고 있으며, 사이버수족관 및 어류생태박물관, 어류백과사전 등을 통해서 어류의 형태나 유영방식을 관찰하고자 한다.

해저의 풍경을 표현함에 있어서 가장 핵심은 어류의 자연스럽고도 역동적인 움직임이다. 본 논문에서는 자연스러운 어류의 유영 형태를 구현하기 위해 환경 요인에 따른 어류 성장 과정 시스템을 설계하고, 어류를 표현함에 있어서 실제 어류와 흡사하게 표현하기 위해 어종별로 유영형태에 따라 다른 기준점을 적용하며, 기준점에 따른 유영속도를 산출하여 자연스러운 유영형태를 구현한다.

ABSTRACT

Thanks to the development of computer graphics, Animation can be easily accessed through movies or games. The users can meet various contents and are asking for high quality animations that resembles reality to a near perfection. The research is proceeded to observe the fish shapes and swimming movements through cyber aquariums, fish ecology museums and fish encyclopedias.

The core of expressing undersea scenery is the natural and dynamic movements of the fish. In this thesis in order to achieve the natural shape of fish swimming, it is necessary to design a fish growth process system based on environmental factors and apply different standard points depending on the various swimming types of fish species to express the fish as near reality as possible. And by calculating the different swimming velocities of different standard points, a natural swimming shape will be achieved.

키워드

Frame Morphing, Pendulum Swing, Keyframe Method, Fish Growth Process

* 순천청암대학
접수일자 : 2009. 03. 17
** 순천대학교
심사완료일자 : 2009. 04. 22

Ⅰ. 서 론

PC 성능의 향상 및 컴퓨터 그래픽스 기술의 발달로 인해 사회 각 분야에서 컴퓨터 애니메이션이 점차 증가하고 있다. 특히 영화, 게임 등의 엔터테인먼트 산업에서는 현실세계와 흡사한 형태의 애니메이션을 요구하고 있으며, 개발자들은 여러 가지 기법을 활용하여 콘텐츠의 품질을 향상시키고 있다.

애니메이션이나 3D 그래픽스 기술을 활용한 가상공간은 이미 영화, 게임, 소설, TV 등의 대중매체에서 쉽게 접할 수 있는 친숙한 기술로 자리매김하고 있으며, 컴퓨터 그래픽스 기술은 영화나 TV 드라마 제작에 없어서는 안 될 필수요소로, 위험한 장면이나 특수효과 등에 많이 활용되고 있다. 이 기술은 컴퓨터를 통해서 해저의 모습을 가상으로 보여주는 사이버수족관이나 어류생태박물관, 어류백과사전 등에도 활용되고 있다.

오늘날의 사용자들은 컴퓨터의 처리 속도 향상으로 인해 다양한 콘텐츠를 접하게 되었고, 이로 인해 사용자 인터페이스에 대한 요구사항이 갈수록 증가하고 있으며, 사이버수족관을 통한 어류의 형태나 유영방식에 대해서도 현실세계와 흡사할 정도의 고품질 콘텐츠를 원하고 있다.

본 논문에서는 모핑 기술을 이용하여 어류의 성장과정을 시뮬레이션하며, 성장과정에 영향을 미치는 여러 가지 환경요인들의 변화에 따라 다른 모습으로 성장하는 과정을 시뮬레이션 한다. 해저의 풍경을 표현함에 있어서 가장 핵심은 어류의 자연스럽고도 역동적인 움직임이다. 사이버 공간을 통한 어류의 유영모습을 현실감 있게 표현하기 위해 어종별 형태에 따라 다른 기준점을 적용하고, 기준점에 따른 유영속도를 적용하여 자연스러운 유영방식을 구현한다.

본 논문에서는 Ⅱ장에서 모핑기법에 대해 알아보고, Ⅲ장에서는 환경요인에 따른 어류 성장과정 시스템을 설계하며, Ⅳ장에서는 어류 형태별 유영방법에 대해 알아본다. Ⅴ장에서는 유형별 꼬리 움직임 속도 알고리즘을 제시하며, Ⅵ장에서는 본 연구의 결과에 대한 결론 및 향후 연구과제에 대해 제시한다.

Ⅱ. 모핑 및 와핑 기법

변형을 뜻하는 “Metamorphosis”에서 유래된 모핑(Morphing)은 Metamorphing의 약자이다. 1960년대 초 인공위성에서 바라본 지구의 곡면이나 기계 내부에서 작동하는 센서의 결점을 정확히 알아내기 위해 시작되어 변형 과정과 결과를 예상하기 위해 두 개의 이미지를 보강하는 방법으로 사용했다. 최근에는 이미지 변화에 사용되는 컴퓨터 그래픽스의 한 분야로써, 2개의 서로 다른 영상이나 3D 모델을 서서히 변화시켜 다른 영상으로 나타내는 기술로, 두 영상을 닮은 중간 영상을 생성하기 위한 기법으로 발전했다[1]. 처음 프레임과 마지막 프레임을 지정해주고 나머지는 컴퓨터가 중간 과정을 생성하도록 하는 것이 모핑의 원리이다[2]. 고도의 특수 시각 효과를 필요로 하는 영화, 애니메이션, 광고, 가상현실 등의 다양한 분야에 활용되고 있으며, 실제 카메라를 사용하여 촬영하기 어려운 환상적인 영상을 연출해 낼 수 있다[3].

2.1 3차원 모핑

2차원 영상 모핑은 한 영상이 다른 영상으로 자연스럽게 변화하는 애니메이션을 생성하는 기법으로 영화, 애니메이션, 광고, 가상현실 등 현재 다양한 분야에서 많이 사용되고 있다. 2차원 영상 모핑은 3차원 객체를 모델링하고 렌더링하는 과정을 생략할 수 있지만, 객체의 3차원 정보가 아니라 3차원 정보를 이용하여 2차원 이미지 모핑의 단점을 극복할 수 있다.

3차원 모핑은 주어진 두 객체들의 특징을 반영하는 3차원 중간 객체를 생성한다. 이런 중간 객체를 이용하여 중간 객체를 원하는 각도에서 본 영상이나 중간 객체들이 움직이는 영상을 만들어 낼 수 있다[4]. 3차원 모핑에는 대상 객체의 표현 방식에 따라 크게 다면체 모핑(Polyhedra Morphing)과 볼륨 모핑(Volume Morphing) 으로 나눌 수 있다.

2.2 다면체 모핑

다면체 모핑은 다각형으로 표현된 두 객체에 대해 정점(Vertex)과 면의 대응관계를 추출하여 중간 객체를 생성하는 방법이다. 대부분의 연구들이 2-다양체(2-manifold) 특성을 가지는 다면체 간의 모핑에 대한 문제를 다룬다[5]. 서로 다른 두 다면체는 일반적으로

그 복셀(Voxel) 정보가 다르기 때문에 이를 효과적으로 맞추기 위해서 0-부류인 다면체의 경우 단위 구에 투영 혹은 맵핑하거나 다면체를 몇 개의 조각으로 잘라내고 이들을 이용하여 두 복셀의 특성을 모두 가지는 새로운 복셀로 두 물체를 구성하는 방법을 썼다.

2.3 볼륨 모핑

볼륨 모핑은 객체의 형태가 볼륨 데이터로 해당하는 볼륨 데이터를 생성하는 것이다. 볼륨 모핑의 경우, 기존 2차원 영상 모핑의 연구의 결과가 3차원으로 확장된 예가 많다. Lerios의 연구는 2차원 영상에서의 Beier등이 제안한 특징 기반의 2차원 영상 모핑 기법을 3차원 볼륨 모핑으로 확장하는 방법을 제안하였다[6]. Cohen-Or 등은 거리로 정의되는 필드 간의 보간법(Distance Field Interpolation)을 이용하여 볼륨 모핑 문제를 해결하였다[7]. 영상을 정의하는 2차원 공간이나 볼륨을 정의하는 3차원 공간은 모두 카티션 좌표계(Cartition coordinate) 특성을 가지게 되므로 대부분의 2차원 영상 모핑 연구 결과가 볼륨 모핑의 연구로 쉽게 확장이 가능한 것이다. Hughes는 볼륨 데이터에 대해 푸리에 변환을 이용한 주파수 영역분석 방법을 이용하여 두 볼륨 데이터 간의 모핑을 정의하였다[8].

III. 어류 성장 과정 시스템

오늘날의 사용자들은 컴퓨터 그래픽스 기술의 발달로 인해 다양한 콘텐츠를 접하게 되었으며, 사이버 수족관이나, 어류백과사전 등을 통해 실제 바다의 풍경과 매우 흡사한 형태의 콘텐츠를 원하고 있다. 본 논문에서는 어류의 자연스럽고도 역동적인 움직임을 표현하기 위해 환경요인에 따른 어류 성장 과정 시스템을 설계한다.

3.1 시스템 개요

본 시스템은 이미지 처리 모듈, 환경요인 적용 모듈, 애니메이션 모듈, 인터페이스 모듈로 나뉜다. 그림 1은 어류 성장 과정 시스템의 구성도를 나타낸다.

3.2 이미지 처리 모듈

일반적인 어류의 성장은 1단계인 알에서 전기자어기, 후기자어기, 치어기를 거쳐 성어기까지 n단계의 과정을 거친다. 이 과정을 거치면서 알의 경우는 현 위치에서, 그 외의 경우는 물속에서 위치를 바꿔가면서 유영하게 된다. 이처럼 입이나 아가미, 지느러미 등이 움직이는 어류에 대해 성장 n단계에서 성장 n+1단계로의 과정 변화를 단순한 모핑으로 처리할 수는 없다. 그래서 성장 n단계와 성장 n+1단계로의 변환과정에 대해 각각 프레임 간의 모핑을 이용해 변환과정을 처리한다.

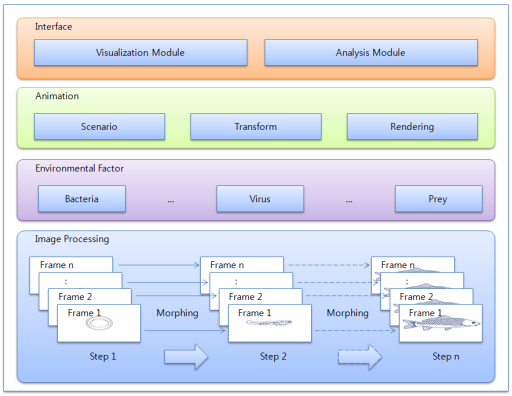


그림 1. 어류 성장 과정 시스템 구성도

3.3 환경요인 적용 모듈

80년대 이후 빠르게 진행된 공업화 및 도시화로 인해 산업폐수 발생량은 지난 15년 동안 4.5배나 증가하였다. 오염물질의 급증은 곧 수질오염을 심화시키게 되어 적조발생 건수와 피해액도 계속 증가하고 있다[9]. 수질오염을 야기하는 독성 무기물들이 어류의 성장에 미치는 영향은 대단히 크며, 이 외에도 수온, 일조량, 먹이 섭취량 등 많은 요인들이 성장에 영향을 미친다.

여러 가지 환경적인 요인들로 인해 질병에 걸릴 경우 체표와 지느러미에 특정 색의 반점이 생긴다거나, 체색이 전체적으로 변하기도 한다. 이러한 환경요인들로 인한 체색의 변화를 표현하기 위해 멀티 텍스처 기법을 적용한다.

어류의 질병상태를 표현하기 위해 텍스처 스테이지

는 2개의 입력을 받아서 이 둘을 합성한 후 다음 단계의 스테이지로 내려 보낸다. 다음 단계의 스테이지에서는 다시 이를 입력받고, 새로운 텍스처를 입력받아 합성한 후 다음 단계의 스테이지로 내려 보낸다. 이 과정을 반복하여 합성이 끝나면 합성된 값을 폴리곤에 출력한다. 텍스처 스테이지 2개의 입력은 정상적인 어류의 텍스처와 성장 과정 중 발생되는 질병에 대한 텍스처이며, 다음 단계에서는 이전 단계에서 합성 후 내려 보낸 텍스처 스테이지와 또 다른 질병의 텍스처가 된다. 그림 2는 멀티 텍스처를 활용한 폴리곤의 작성과정이다.

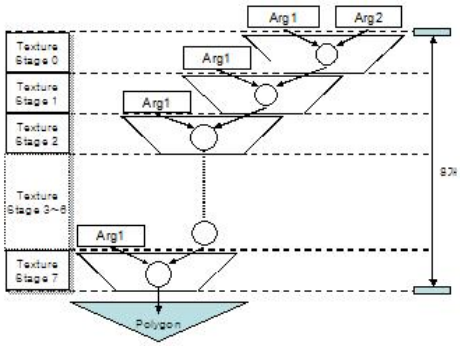


그림 2. 멀티 텍스처를 활용한 폴리곤 작성과정

3.4 애니메이션 모듈

어류의 자연스럽고도 역동적인 움직임 표현과정은 일반적으로 2가지의 단계를 거친다. 첫 번째는 3D 모델링 프로그램을 이용하여 어류 객체를 제작하는 단계이며, 두 번째는 3D 그래픽 라이브러리를 활용하여 기 제작된 어류 객체를 구현한다.

어류의 자연스러운 표현을 위해서는 어류의 세밀한 움직임까지도 모델링 하여야 하므로 고비용 및 많은 시간을 필요로 한다. 이 과정에 모핑기법을 적용하여 지느러미 및 꼬리의 움직임 과정을 자동 계산하여 적용함으로 인해 문제를 해결할 수 있다.

어류 형태에 따라 물속을 유영하는 방식에는 많은 차이가 있다. 이러한 유영 방식은 회전 각도와 속도를 나타내는 이동거리로 표현이 가능하므로, 유영 방식별로 세 축의 각도와 이동거리를 조합한 시나리오를 정의하여 어류의 유영 애니메이션에 활용한다.

3.5 인터페이스 모듈

사용자에게 효율적인 인터페이스를 제공하기 위해 어류의 성장과정을 각종 수치 및 이미지, 차트를 활용하여 표현하고, 슬라이더와 텍스트 상자 등을 통해 매개변수를 대화식으로 입력하도록 한다.

Ⅳ. 어류 형태별 유영 방법

어류의 유영 방식은 어종에 따라 다양한 형태로 나뉜다. 대부분의 어류는 추진력을 얻기 위해 몸체를 구부리며, 꼬리지느러미나 등지느러미, 배지느러미 등을 이용한다.

어류는 유영 방식에 따라 BCF형과 MPF형으로 크게 나뉜다. BCF형은 몸체의 구부림과 꼬리지느러미의 움직임을 통해 추진력을 얻으며, MPF형은 가슴지느러미와 등지느러미, 배지느러미를 사용하여 움직인다[10]. 표 1은 추진력 발생기관에 따른 분류 형태를 나타내며, 표 2는 어종별 추진력 발생범위를 나타내고, 표 3은 어종별 추진력 발생위치를 나타낸다.

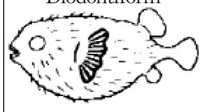
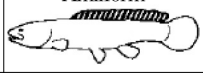
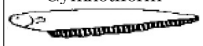
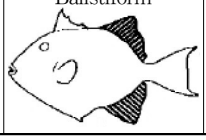
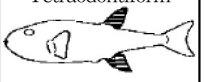
표 1. 유영형태별 추진력 발생기관

구분		형태	추진력 발생기관
BCF	Undulatory	파동	몸체
	Oscillatory	진동	꼬리지느러미
MPF	Fin Undulatory	파동	가슴지느러미
	Fin Oscillatory	진동	배지느러미

표 2. 어종별 추진력 발생범위

Anguilliform		Undulatory
Subcarangiform		
Carangiform		
Thunniform		
Ostraciiform		Oscillatory

표 3. 어종별 추진력 발생위치

구분	Undulatory fin motions	Oscillatory fin motions
Pectoral	Rajiform	
	Diodontiform 	Labriform
Dorsal	Amiiform 	
Snal	Gymnotiform 	
Anal and dorsal	Balistiform 	Tetraodontiform 

Ⅴ. 어종별 꼬리 움직임 속도 알고리즘

5.1 꼬리 움직임 속도 알고리즘

어류의 꼬리 움직임은 시계추의 움직임과 흡사하다. 시계추는 중심축을 기준하여 수직인 상태에서 가장 빠른 속도로 진행을 하며, 이동되는 최대 각도에 근접할수록 속도가 느려진다. 최대각도에서 속도가 0이 된 후 관성에 의해 역방향으로 이동하게 된다. 어류의 꼬리 움직임도 시계추처럼 체축을 기준하여 수직인 상태에서 가장 빠른 속도로 진행을 하며, 꼬리 움직임의 최대 각도에 근접할수록 속도가 느려진다. 이 움직임은 다른 생물학적인 실험 및 연구를 통해 사인 곡선의 경로로 움직인다는 것을 알 수 있다[11][12]. 식 (1)은 체축을 기준한 각도별 속도 산출 식이며, 그림 3은 꼬리의 각도별 이동 속도를 나타낸다.

$$f(x)=1-\sin\left(|A(x)|\times\frac{\pi/2}{maxAngle}\right) \quad (1)$$

- 꼬리의 현재 각도($Angle$): A
- 꼬리움직임의 최대각도($MaximumAngle$): $maxAngle$

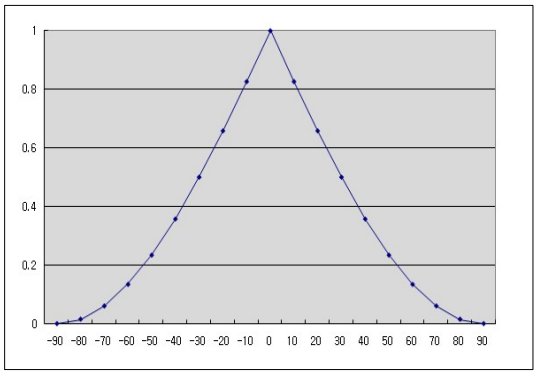


그림 3. 꼬리의 각도별 이동 속도

5.2 기준점별 꼬리 움직임 속도 알고리즘

어류는 종류에 따라 추진력의 발생 범위가 다르므로 어종별로 추진력의 발생 범위를 기준점으로 한 속도 알고리즘이 필요하다. 식 (2)는 추진력 발생 범위의 길이를 적용한 기준점별 꼬리 움직임 속도 알고리즘이다. 그림 4는 어종별로 추진력 발생 범위의 길이와 최대 각도를 적용하여 산출한 꼬리 움직임 속도를 나타낸 그래프로 기준점으로부터의 길이는 각각 85, 65, 35, 25를 최대 각도는 각각 80°, 60°, 120°, 110°를 적용하였다. 그림 5는 산출된 꼬리 움직임 속도를 적용한 예이다.

$$f(x)=\left(1-\sin\left(|A(x)|\times\frac{\pi/2}{maxAngle}\right)\right)\times L \quad (2)$$

- 꼬리의 현재 각도($Angle$): A
- 꼬리움직임의 최대각도($MaximumAngle$): $maxAngle$
- 기준점으로부터의 길이($Length$): L

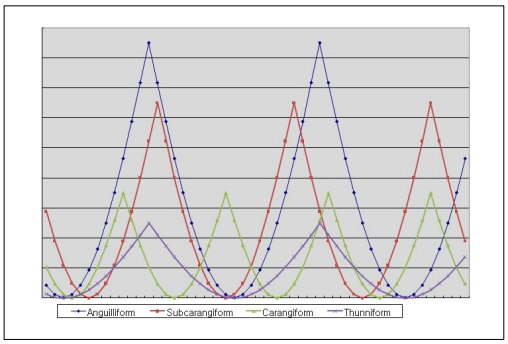


그림 4. 기준점별 꼬리 움직임 속도

Ⅵ. 결 론

사용자들은 컴퓨터 그래픽스 기술을 통해 다양한 콘텐츠를 접하고 있으며, 어류의 형태나 유영방식에 대해서도 현실 세계와 흡사할 정도의 고품질 콘텐츠를 원하고 있다. 본 논문에서는 자연스럽고도 역동적인 어류의 움직임을 표현하기 위해 진자개념을 적용한 꼬리 움직임 속도 알고리즘을 제안하였으며, 어종별 특성에 따른 추진력 발생범위 및 꼬리 움직임 최대 각도를 적용하여 꼬리 움직임 속도를 적용하였다. 제안된 방법은 사이버수족관 및 3D 어류백과사전, 어류생태박물관, 어류를 소재로 하는 영화, 게임 등 다양한 분야에서 활용이 가능하다. 향후 어류의 유영 상황에 따른 알고리즘을 연구하여, 어류의 자연스러운 움직임을 상황별로 다르게 표현하여야 할 것으로 본다.

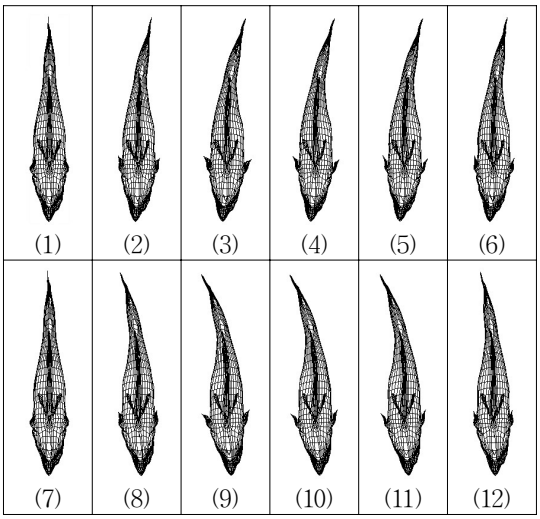


그림 5. 꼬리 움직임 속도 적용 예

감사의 글

"본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음"

(IITA-2009-C1090-0902-0001)

참고 문헌

[1] 신종홍, 장선봉, 지인호, "디지털 영상처리 입문", pp. 344-349, 한빛미디어, 2008.

[2] 윤재홍, 송용규, 김은석, 허기택, "음함수 프리미티브의 모핑을 이용한 3D 캐릭터 변형 방법", 한국콘텐츠학회 2005 추계종합학술대회 논문집, Vol. 3, No. 2, pp.470-474, 2005.

[3] EungKon Kim, NamHoon Ryu, KyeongJin Ban, JungHyun Seo, and MoonSuk Jang, "3D Morphing Techniques for Fish Growth Process System Implementation Based on Environmental Factors," IEEE Computer Society, NCM 2008, Vol. 2, pp.3-8, 2008.

[4] 권명준, 신기한, 민경필, 전준철, "3차원 물체의 특징점 제어에 의한 3D 객체 모핑", 한국인터넷정보학회, 한국인터넷정보학회 2006 춘계학술발표대회, Vol. 7, No. 1, pp.347-350, 2006.

[5] Eck, M. DeRose, T. Duchamp, T.Hoppe, H. Lounsbery, M. and Stuetzle, W. "Multi-resolution Analysis of Arbitrary Meshes," ACM Computer Graphics Proceeding of SIGGRAPH '95, 1995.

[6] Lerios, A. Garfinkle, C.D. and Levoy, M. "Feature-Based Volume Metamorphosis," ACM Computer Graphics Proceeding of SIGGRAPH '95, 1995.

[7] Cohen-Or, D. Levin, D. and Solomovici, A. "Contour Blending Using Warp-guided Distance Field Interpolation," Proceeding of Visualization '96, pp.165-172, 1996.

[8] Hughes, J.F. "Schedules Fourier Volume Morphing," ACM Computer Graphics(Proc. of SIGGRAPH '92), pp.43-46, 1992.
[9] http://www.fish.go.kr/product/environment/env.php
[10] Marc Ziegler, "Morphological Computation in Underwater Locomotion," Department of Information Technology University of Zurich, pp.5-11, 2005.
[11] J. E. Colgate, K. M. Lynch, Control Problems Solved by a Fish's Body and Brain: A Review, Mechanical Engineering Department, Northwestern University.
[12] Micheal Sfakiotakis, David M. Lane, and J. Bruce C. Davies, "Review of Fish Swimming Modes for Aquatic Locomotion," IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 24, No. 2, pp.237-252, 1999.

저자 소개

유봉길(Bong-gil Yoo)

1983년 2월 : 조선대학교 경상대학 (경영학사)
1988년 2월 : 조선대학교 경상대학 (경영학석사)
1993년 3월 ~ 현재 : 순천청암대학 사회복지과 교수
※ 관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어, HCI

류남훈(Nam-hoon Ryu)

2007년 2월 : 한국방송통신대학교 컴퓨터과학과 (이학사)
2009년 2월 : 순천대학교 컴퓨터과학과 (이학석사)
2009년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터과학과 박사과정 재학 중
※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 알고리즘

반경진(Kyeong-jin Ban)

2003년 2월 : 순천대학교 컴퓨터과학과 (이학사)
2005년 2월 : 순천대학교 컴퓨터과학과 (이학석사)
2007년 8월 : 순천대학교 컴퓨터과학과 박사수료
※ 관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 영상처리, 증강현실, HCI

김경옥(Kyeong-og Kim)

2005년 2월 : 한려대학교 사회복지학과 (문학사)
2008년 2월 : 순천대학교 컴퓨터과학과 (이학석사)
2008년 9월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터과학과 박사과정 재학 중
※ 관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 영상처리, 증강현실, HCI

오경숙(Kyeong-sug Oh)

2007년 8월 : 한국방송통신대학교 컴퓨터과학과 (이학사)
2007년 9월 : 순천대학교 컴퓨터과학과 석사과정 재학 중
※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, HCI

이혜미(Hye-mi Lee)

2004년 2월 : 순천대학교 정보통신공학부 (이학사)
2008년 9월 : 순천대학교 컴퓨터과학과 석사과정 재학 중
※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, HCI

김응곤(Eung-kon Kim)

1980년 2월 : 조선대학교 전자공학과 (공학사)
1986년 2월 : 한양대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
1992년 2월 : 조선대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
1993년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터과학과 교수
※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어, HCI