

Design and Implementation of Virtual Aquarium

Seon-Hui Bak*, Heeman Lee**

Abstract

This paper presents the design and implementation of virtual aquarium by generating 3D models of fishes that are colored by viewers in an aim to create interaction among viewers and aquarium. The virtual aquarium system is composed of multiple texture extraction modules, a single interface module and a single display module. The texture extraction module recognize the QR code on the canvas to get information of the predefined mapping table and then extract the texture data for the corresponding 3D model. The scanned image is segmented and warp transformed onto the texture image by using the mapping information. The extracted texture is transferred to the interface module to save on the server computer and the interface module sends the fish code and texture information to the display module. The display module generates a fish on the virtual aquarium by using predefined 3D model with the transmitted texture. The fishes on the virtual aquarium have three different swimming methods: self-swimming, autonomous swimming, and leader-following swimming. The three different swimming methods are discussed in this paper. The future study will be the implementation of virtual aquarium based on storytelling to further increase interactions with the viewer.

▶ Keyword :Virtual Aquarium, 3D model, Texture Extraction, Simulation, QR Code

1. Introduction

인터넷의 활성화와 디지털디바이스의 발전으로 4차 산업혁명의 시대가 대두되면서 한 가지 기술을 고집하기보다 다양한 융복합기술에 대한 관심이 집중되고 있다. 특히 스마트폰의 등장 이후로 다양한 형태의 고성능 디지털디바이스가 잇따라 출시되면서 가상현실(Virtual Reality: VR)과 증강현실(Augmented Reality: AR) 기술을 접목한 콘텐츠들 또한 여러 분야에서 개발되고 있다[1].

한국콘텐츠진흥원에 따르면 2012년 세계 스마트콘텐츠시장 규모가 1,368억불에 도달하였으며, 정보통신기술(ICT)의 지속적인 발전으로 세계 콘텐츠시장은 꾸준히 성장할 것이라고 전망하였다. 이에 따라 콘텐츠의 중요성과 수요가 증대되면서 다양한 디지털 콘텐츠가 필요해지고 있다[2].

많은 분야 중에서 흔히 우리가 일반적으로 알고 있는 “가상 수족관”은 다양한 형태의 수조에 살아있는 수중생물을 담아 전시와 공연의 목적으로 운영되고 있다.

가상 수족관은 3차원 모델링을 기반으로 구현된 가상현실의 오브젝트들로 이루어져 있다는 점에서 특별함을 가짐에도 불구하고, 기존의 가상 수족관 시스템은 대부분 생물의 기초 상식을 텍스트와 이미지를 통해 나열하거나, 단순히 상업적인 면을 부각시킨 경우가 대부분으로 체험을 할 수 있는 콘텐츠 요소들에 한계가 있다.

이에 본 논문에서는 관람자가 직접 다양한 형태의 물고기에 색깔을 한 후, 가상수족관에 등장시켜 체험이 가능한 콘텐츠를 제작하고자한다.

• First Author: Seon-Hui Bak, Corresponding Author: Hee-Man Lee

*Seon-Hui Bak (sadal@hanmail.net), IHTECH

**Heeman Lee (hlee@seowon.ac.kr), Dept of Multimedia, Seo-won University

• Received: 2016. 09. 24, Revised: 2016. 10. 10, Accepted: 2016. 11. 22.

II. Preliminaries

1. Related works

현재까지 가상수족관 시스템은 대부분 웹이나 어플리케이션으로 구현이 되어있다. 김성수[3]는 2D로 구현된 가상 물고기보다 이동하는 모습과 행동패턴이 개선된 3D가상 물고기 구현 방법에 대한 연구를 진행하였다. 이 연구에서는 모방의 대상이 되는 한 생명체의 행동패턴을 사실적으로 표현하기 위한 방법인 Langton의 인공생명(Artificial Life)라는 이론[4]과, Reynolds의 속도변환 행동양식(steering behavior) 이론[5]을 기반으로 실제 물고기의 행동 패턴을 분석하여 Fig. 1과 같이 가상물고기에 적용하였다.



Fig. 1. Virtual Fishes

이제법은 기존의 웹 어플리케이션의 한계에 대해 지적하고 Flex라는 어플리케이션을 통해 Fig. 2와같이 사이버수족관을 제작하였다[6]. 이 연구에서는 단계별 모듈을 구성하여 서버의 부하와 네트워크 대역폭의 사용을 현저히 줄이고, 인터페이스를 단순화시켜 서비스 측면에서 편리함을 제공해줌과 동시에 속도 측면에서도 C/S 수준을 제공하였다.



Fig. 2. Cyber Aquarium Implemented by using Flex

강경현, 정승문 등은 직관적인 가상수족관 시스템 구축을 위해 어류 생태 시뮬레이터를 제작하였다[7]. 어류 객체들의 생명력, 이동량 등 주요 속성들을 분석하고, 움직임과 어류 객체들과의 상호작용 등을 조정함으로써 다양한 콘텐츠에 적용될 수 있도록 하였다.

이밖에도 김기호, 박재형, 안동우 등은 3차원 영상 모델링 작업을 통하여 해저지형과 여러 종류의 물고기들을 가상공간에

위치시켜 가상수족관 시스템을 개발하였으며, 가상공간 구축모듈, 가상 동작 생성 모듈, 인간 컴퓨터 상호작용 모듈, 터치스크린 구동 모듈을 나누어 시스템을 구성하였다[8].

이정현은 Fig. 3의 <아이쿠아리움>이라는 가상현실 수족관을 직접 방문하여 질적 관찰 기법을 사용하여 방문객의 특성에 대해 살펴보았다[9]. 아쿠아리움은 스마트폰과 유사한 형태의 디지털디바이스인 아쿠아킷을 이용하여 미션을 수행하는 형태로 다양한 체험이 가능하도록 구성이 되어있다. 이를 통해 가상현실 수족관과 같이 디지털 기술을 활용한 보다 다양한 체험공간의 확보의 중요성을 제시하였다.

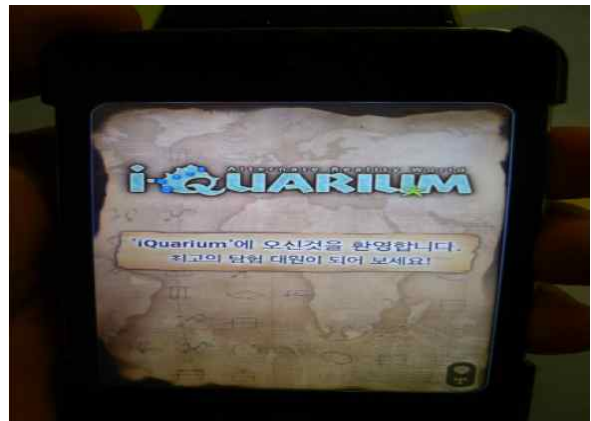


Fig. 3. Aqua-Kit Digital Device

III. The Proposed Scheme

1. System Overview

본 논문은 관람자가 도화지에 색칠한 물고기를 스캔하여 3D 가상 수족관에 물고기를 등장시키기 위한 가상수족관 설계 및 구현에 관한 것이다.

본 논문에서 설계한 가상 수족관은 다음 Fig. 4와 같이 구성된다. 복수개의 텍스트 추출 모듈은 각각 다른 컴퓨터에서 실행되며 웹캠 또는 스캐너를 이용하여 관람자가 도화지에 색칠한 물고기를 스캔한다. 도화지에 인쇄된 QR코드를 인식하여 스캔한 이미지가 어느 종류의 물고기인지를 판단하고 각 물고기마다 사전 설정된 관련 정보를 읽어 온다.

텍스트 추출 작업이 완료되면 서버인 인터페이스 모듈에 클라이언트로 연결 접속하여 물고기 코드 정보와 함께 텍스트 이미지를 전송한다. 전송이 완료되면 연결을 해제한다.

인터페이스 모듈은 전송받은 텍스트 이미지를 디스플레이 모듈이 읽을 수 있는 폴더에 저장하고 디스플레이 모듈에 물고기 코드정보와 텍스트 파일명을 전송한다.

디스플레이 모듈과 인터페이스 모듈은 서버/클라이언트 관계로 서버인 디스플레이 모듈에 연결하여 관련 정보를 보내고 연결을 종료한다. 디스플레이 모듈이 텍스트 추출 모듈에서 정

보를 직접 전송 받지 않는 이유는 디스플레이 모듈이 데이터 전송시에 발생하는 일시 정지 현상을 제거하기 위함이다.

디스플레이 모듈은 기존에 준비된 모델에 전송받은 텍스처를 사용하여 가상 수족관에 물고기를 생성한다. 물고기에는 사전에 정의된 애니메이션이 포함되어 있다. 이러한 방식은 가상 수족관 뿐만 아니라 다양한 응용 분야에 적용이 가능하다.

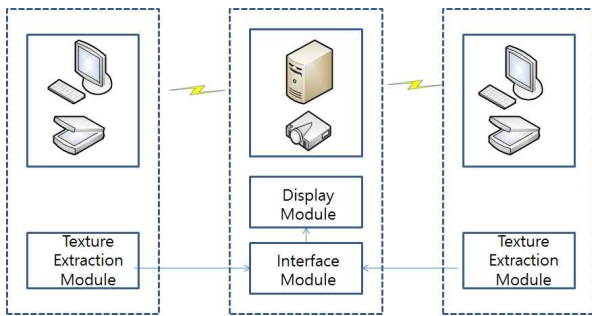


Fig. 4. System Overview

2. Texture Extraction Module

텍스처 추출 모드는 3D 모델에 적용할 텍스처를 관람자가 색칠한 그림으로 부터 추출하여 제작하는 모듈이다. 관람자는 Fig. 5의(c)와 같이 색칠을 하면 각각의 영역은 변환을 통하여 Fig. 5의 (a)의 텍스처에 매핑한다.

텍스처의 변환은 Fig. 6과 같이 워프변환을 하게 되는데 각각의 영역마다 워프변환이 다르므로 변환된 각각의 이미지에서 필요한 영역만을 선택하여 사용하며 이를 위하여 Fig. 5의 (b)와 같은 마스크를 사용하게 된다.

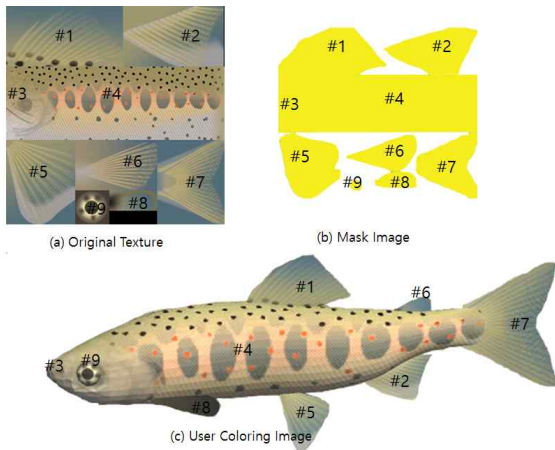


Fig. 5. Original Texture, Mask and User Images

Fig. 6은 관람자의 색칠한 이미지를 텍스처 이미지의 좌표로 변환하는 워프변환을 설명한 것이다. 워프변환은 포인트와 포인트 간의 매핑으로 기하학적인 변환은 있지만 컬러는 변화하지 않는 것으로 이미지의 내용은 변화되지 않는다. 변환에 의해 원본에 없는 이미지가 생성되는 샘플링 아트팩스(sampling

artifacts) 효과를 줄이기 위해 일반적으로 매핑변환은 역방향으로 즉, 타깃이미지 위치에서 원본 이미지 위치로 변환이 진행된다. 즉 다음 수식 (1)과 같은 변환 공식을 사용한다. 매핑함수 $\langle f_x, f_y \rangle$ 는 $dst \rightarrow src$ 의 변환함수이다. 워프 변환에 의해 관람자가 색칠한 영역은 텍스처의 어떤 영역이라도 매핑이 가능하다.

$$dst(x, y) = src(f_x(x, y), f_y(x, y)) \quad (1)$$

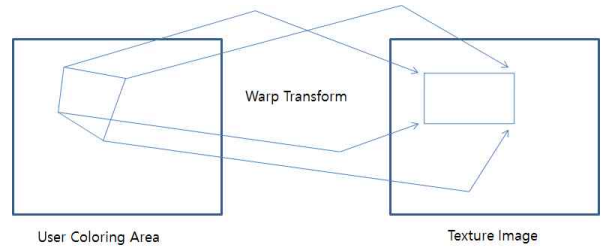


Fig. 6. Warp Transform for Generating Texture Image

Fig. 7은 텍스처 추출 모듈의 블록다이어그램이다. 블록다이어그램은 6개 단계로 구성된다. 이미지 캡처는 첫 번째 단계로 관람자가 색칠한 그림을 스캐너 또는 웹캠을 이용하여 이미지를 캡처하는 단계이다.

웹캠의 경우 도화지 촬영 및 관람자의 그림 영역을 자동으로 수행하기 위해 촬영 영상에서 윤곽선(Contours)을 추출한다. 윤곽선은 도형의 모양이나 물체의 인식에 유용하게 사용되는 정보로 윤곽선의 수가 갑자기 증가하거나 감소하는 변화를 인식하여 자동으로 이미지를 획득할 수 있다. 획득한 이미지에는 QR코드가 있어 물고기의 코드를 인식하여 코드에 따라 워프 변환에 대한 매핑테이블 정보를 읽는다.

세그멘테이션 단계는 관람자의 그림 영역을 추출하는 단계로 윤곽선을 이용하여 핵심 이미지만을 읽어 온다.

워프변환은 매핑테이블의 정보에 따라 각각의 영역에 맞는 변환을 하며 텍스처 제작은 워프변환 결과를 이용하여 마스크 설정 영역의 이미지를 이용하여 텍스처를 제작하게 된다. 텍스처는 3D 모델링 단계에서 만들어진 이미지를 기준으로 작성된다.

텍스처 추출 모듈은 인터페이스 모듈의 클라이언트로 추출한 텍스처를 물고기 코드와 함께 인터페이스 모듈에 전송한다. 텍스처 추출 모듈을 복수개로 각각 독립적으로 실행하여 사용할 수 있다.

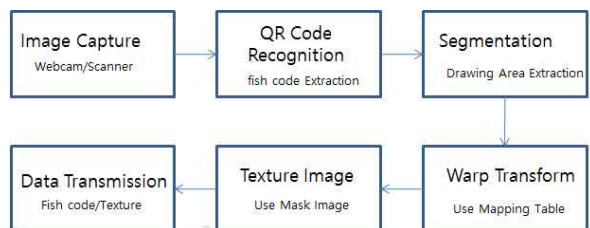


Fig. 7. Texture Extraction Block Diagram

3. Fish Swimming Control

Fig. 4의 디스플레이 모듈은 비주얼하게 보여주는 기능으로 인터페이스 모듈을 통하여 텍스처 추출 모듈이 보내온 정보를 이용하여 가상수족관에 물고기를 생성한다. 여러 명의 관람자가 그린 그림을 같은 수족관 내에서 보여 줌으로 공동으로 함께 즐길 수 있다. 물고기의 3D 모델은 사전에 제작된 것으로 애니메이션 기능이 설정되어 있다.

Fig. 8은 물고기의 자율 유영 제어 알고리즘으로 물고기의 생성과 삭제 및 위치 이동에 관한 것이다. 물고기의 삭제는 물고기의 생성 시에 수명시간을 설정하고 시간이 경과되면 가상수족관에서 삭제한다. 물고기의 제어는 이동하여야 할 목표 위치를 랜덤하게 설정하고 현재 위치와 목표위치 사이의 방향과 거리를 제어하게 된다.

목표에 도달하면 새로운 위치를 랜덤하게 생성하고 이동한다. 목표 지점까지 이동하는 동안 다른 물체 또는 물고기와 충돌이 되는 경우에는 새로운 위치를 다시 설정하도록 한다.

현재 위치와 목표위치 사이의 공간 이동은 Fig. 9과 같이 선형 보간법을 이용하여 계산한다. 선형보간법은 두 점을 지나는 함수 $f(x)$ 를 직선의 방정식으로 구하여 현재 위치와 목표 위치 사이의 거리를 정규화한다. 선형보간법은 $y=f(x)$ 의 곡선상 두 점을 $(x_1, y_1), (x_{i+1}, y_{i+1})$ 이 주어진 경우, 두 점을 맺는 직선은 수식 1과 같고, $y=p(x)$ 로 놓고 풀면 수식 2와 같이 쓸 수 있다. 수식1과 수식2를 통해 시간 간격으로 정규화 거리의 일정량을 이동하게 된다. 그러므로 두 지점 사이의 거리에 따라 물고기의 이동 속도는 다르게 된다.

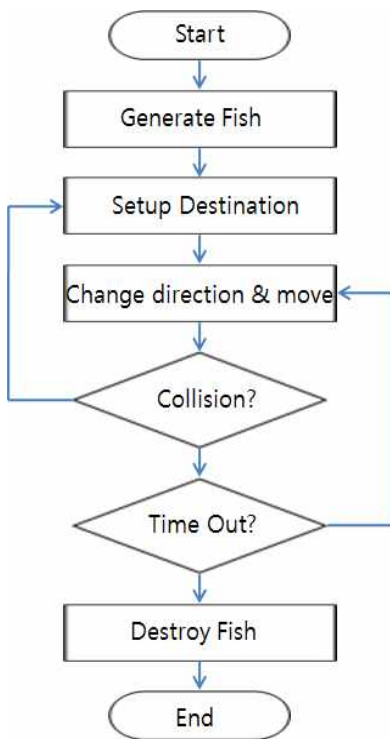


Fig. 8. Self Swimming Mode Control

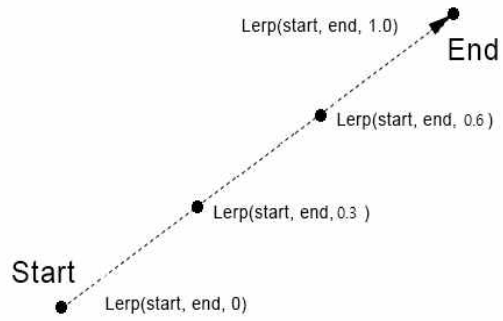


Fig. 9. Linear Interpolation for Position

$$\frac{y - y_i}{x - x_i} = \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \text{ 수식(1)}$$

$$p(x) = \frac{y_1(x - x_{i+1}) - y_{i+1}(x - x_i)}{x_i - x_{i+1}} \text{ 수식(2)}$$

4. Group Swimming

4.1. 리더 추종 유영

리더 추종 유영은 리더를 따르는 물고기의 군집유영으로 키넥트 등의 장비를 이용하여 관람자가 지시하는 위치로 여러 마리의 물고기 들이 줄지어 이동하는 유영이다. 즉 관람자와 물고기가 상호 인터랙션을 하도록 하여 스토리텔링에 이용하기 위함이다.

키넥트를 통하여 관람자 손이 가르키는 방향에 목표지점을 설정하고 리더 물고기를 목표지점 까지 이동 시킨다. 리더 물고기는 사전에 자신을 추종하는 물고기 리스트를 만들고 자신의 이동 경로에 추종 물고기가 순서대로 따라오도록 한다.

Fig. 10과 같이 리더 물고기는 일정 거리 이동할 때마다 자신의 현재 위치를 선형 큐(Que)에 Push를 하며 큐의 크기를 초과하는 경우 자동으로 Pop 연산을 수행한다. 큐의 전단(Front)는 리더 물고기의 가장 최근의 위치가 되며 큐의 후단(Rear)은 시간적으로 가장 오래된 경로의 위치가 된다. 리더 물고기의 추종 리스트의 순서에 대응하는 큐의 위치 정보를 이용하여 각각의 추종 물고기들을 이동시킨다.

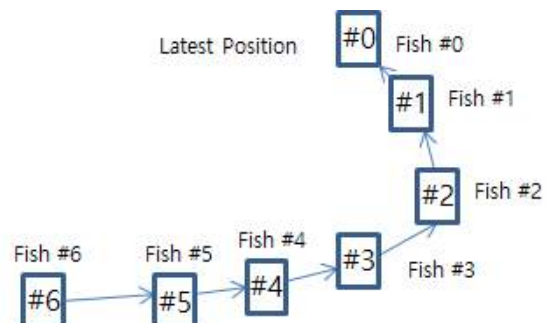


Fig. 10. Linear Queue for Leader Following Mode

4.2. 자율 군집 유형

물고기의 자율군집 유형은 물고기의 일반적인 자율 수영의 단조로움을 다소 복잡하고 자연스런 효과를 주기위한 유형으로 같은 물고기 종류는 같은 군집으로 헤엄하도록 한다.

물고기를 생성할 때에 물고기의 종류와 생성 순서를 부여하여 서로 가까이 근접하는 경우 같은 물고기의 종류인 경우 서열이 낮은 물고기가 서열이 높은 물고기를 따라 다니도록 제어한다. 후임 물고기가 선임 물고기를 추종하는 모드에서 다른 물고기 및 장애물에 충돌하거나 또는 거리가 너무 멀어지는 경우에는 일반 자율 수영모드로 전환된다.

Fig. 11은 물고기의 생애에 대한 상태 다이어그램이다. 자율 수영에서 리더추종모드로 전환하거나 또는 그 반대의 경우에는 관람자의 이벤트에 의해 결정된다.

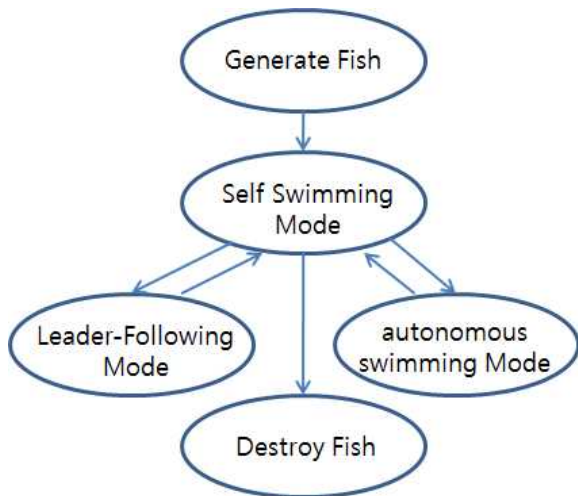


Fig. 11. Fish Lifecycle State Diagram

IV. Experiment results

본 연구의 실험은 윈도우즈 7 운영체제 64비트, Intel(R) Core(TM) i7-2600 CPU, 메인 메모리 6.0GB 사양에서 구현하고 테스트 하였다. 텍스처 추출모드와 인터페이스 모듈은 VC++, OpenCV 및 MFC를 사용하여 윈도우 프로그램으로 작성하였으며 디스플레이

모듈은 유니티 5.3.4f1에서 구현하였다.

Fig. 12는 텍스처 추출 모듈의 실험 결과를 보인 것이다 그림 (a),(d),(g)는 관람자가 색연필을 이용하여 색칠한 이미지를 스캐너를 통하여 입력 받은 이미지이다. 그림 (b),(e),(h)는 3D 모델의 텍스처로 3D모델링 툴을 이용하여 디자이너가 제작한 원본 이미지 텍스처이다.

텍스처 추출 모듈은 관람자가 그린 이미지를 원본 텍스처 이미지 위에 매핑하는 프로그램으로 물고기의 종류에 따라 매핑

테이블이 사전에 작성한다. 그림의 (a),(b)는 단순히 가로/세로 비례 비율을 연산하여 (c)결과를 얻을 수 있는 경우이다.

그림 (d),(e),(f)는 (d)이미지를 워프변환을 하여 결과 이미지를 얻는 과정을 보인 것이다. 그림의 (a)~(f)는 변환 영역이 1개만 존재하는 경우로 비교적 단순한 경우이며 그림의 (g),(h),(i)는 변환영역이 9개로 다소 복잡한 경우이다.

각각의 영역마다 변환 연산이 필요하며 변환된 결과 이미지에 마스크 연산을 이용하여 필요한 영역만을 추출하여 텍스처 이미지를 합성한다. 텍스처 추출 모듈은 모든 3D 모델의 텍스처에 적용 가능하다.

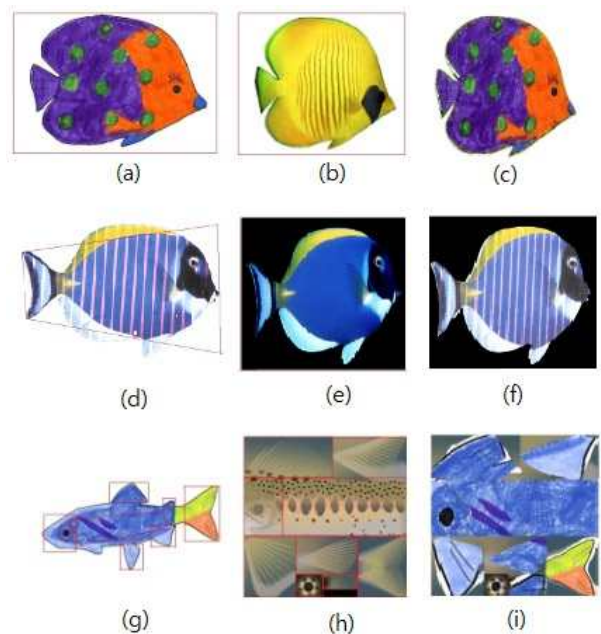


Fig. 12. Texture Extraction Results

텍스처 추출 모듈을 통하여 합성된 텍스처 이미지는 인터페이스 모듈과의 통신에 의하여 전송되며, 인터페이스 모듈은 디스플레이 모듈에 재전송한다.

디스플레이 모듈이 직접 수신하지 않는 이유는 디스플레이 애니메이션 제어가 방해받지 않도록 하기 위함이다. 디스플레이 모듈은 전송 받은 텍스처 이미지를 기존 모델에 적용하여 새로운 인스턴스를 생성한다. 가상의 수족관은 가로 44m, 깊이 40m 및 높이 6m로 설정하였다.

물고기의 크기는 약 70cm 길이로 생성된다. 생성된 물고기는 물고기의 생애 상태다이어그램에 따라 수족관에서 유형을 하게 된다. Fig. 13은 자율 수영모드의 예이며 물고기들이 각자 자신의 목표 위치로 랜덤하게 이동한다. Fig. 14는 자율 군집 유형의 예로 특정 조건에 따라 같은 종류의 물고기 들을 따라 다닌다. 자율 군집 유형은 자연스럽고 다양한 유형효과를 주기 위함이다. Fig. 15는 특정 이벤트를 위한 유형 모드로 리더 물고기를 일반 물고기들이 일렬로 따라다니는 유형이다.



Fig. 13. Self-swimming Mode



Fig. 14. Autonomous Swimming Mode



Fig. 15. Leader-following Swimming Mode

Table 1. Swimming Data for Virtual Aquarium

fishes data	50	100	200	400	800
Autonomous swimming mode(%)	2~6	4~10	10~20	20~26	30~38
Velocity (m/sec)	6.3	5.5	4.2	3.3	1.4
Frame/sec	50	25	20	14.3	8.3

Table 1은 유니티로 구현한 가상의 수족관에서의 물고기 유영에 대한 측정 데이터이다. 물고기의 개체수가 증가함에 따라 자율군집 유영의 개체수는 증가하게 된다.

개체수가 증가할수록 서로 만날 확률이 높아져 서로를 따라 다니는 경우가 증가하기 때문이다. 그러나 개체수가 증가하게 되면 서로 충돌되어 진로가 방해되는 경우도 높아짐으로 이동 속도는 저하될 뿐만 아니라 서로를 따라 다는 경우가 아닌 서로 마주보고 정체되는 현상도 발생하게 되어 이동 속도가 떨어진다. 또한 개체수가 증가됨에 따라 연산의 양도 증가되어 초당 프레임 수에도 많은 영향을 받게 된다.

V. Conclusions

본 논문은 관람자와 상호작용을 할 수 있는 수족관 구현을 목표로 한 연구로 관람자가 도화지에 색칠한 물고기를 스캔하여 3D가상 수족관에서 유영하도록 하는 시스템 구현에 대한 연구이다. 본 논문에서 기술한 텍스처 추출 모듈은 물고기 모델 뿐만 아니라 다양한 3D 모델에 적용가능하다.

본 논문에서 제안한 자율군집유영 모드는 물고기의 유영의 단조로움을 다소 복잡하고 자연스럽도록 한다. 그러나 물고기 개체수가 증가함에 따라 물고기의 활동공간이 좁아지면 물고기들이 서로에 의해 정체되는 현상이 발생하는 단점이 있다. 다음의 연구는 좀 더 자연스런 유영의 구현과 관람자의 동작을 인식하여 미션을 수행하는 스토리텔링을 기반으로 하는 가상 수족관의 구현에 대한 연구이다.

REFERENCES

- [1] wtwoo, KISA Report, KISA, 2015, 8.
- [2] jhchoi, KISA Report, KISA, 2015, 8.
- [3] sskim, "A Study on Artificial 3D Fish Realization for Smart Device," Master's thesis, Media Technology Graduate School Ajou University, 2012.

- [4] C.G.Langton, C.Taylor, J.D.Farmer, and S.Rasmussen, "Artificial Life II", volume X of SFI Studies in the Sciences of Complexity, 1992.
- [5] Craig W. Reynolds "Steering Behaviors For Autonomous Characters, 1999 Game Developers Conference, 1999.
- [6] jblee, "Using the Flex build and operate Cyber Aquarium," Master's thesis, Dept. Computer Eng. Graduate School Dongshin University.
- [7] ghgang, smjeong, hlee, eskim, gthur, "Fish-trait Simulator for Constructing Virtual Aquarium System," Journal of the Korea Contents Association, Vol. 7, No. 3, pp. 68-78, 2007.
- [8] khkim, jhpark, jwahn, dhkim, "A study on the Development of Virtual Aquarium System," Ergonomics Society of Korea, No. 2, pp. 166-170, 1996.
- [9] sjkim, "A Study on the Korean game industry trends and the direction," Korea Society of computer information, vol.24, No.1, 2016. 1.
- [10] siLim, "Design of Cyber-Educational System for Self-drected Learning," Korea Society of computer information, vol.6, No.3, 2001. 9.

Authors



Seon Hui Bak received M.S. degrees from Dept. of Visual Studies at College of Art of Kongju National University, Korea in 2004. Seon Hui Bak received the Ph.D. degree in the department of Creative ICT Engineering, Busan University of Foreign Studies in 2016. Currently, she is active in Itech.

Seon Hui Bak research interests are in the ICT convergence, virtual reality, human interfaces and tangible interfaces.



Heeman Lee, received his PH.D. degree from Dept. of Electrical Engineering at Texas A&M University, College Station, Texas in 1994.

And also he received M.S. degree from Dept. of Electrical Engineering at KAIST, Seoul, Korea in 1986. From 1996 to present, he has been a professor in Dept. of Multimedia Engineering at Seowon University in Cheongju, Korea. His research interest is image processing, computer vision and visualization