

키넥트 센서와 유니티 3D 엔진기반의 객체 인식 기법을 적용한 체험형 게임 콘텐츠 설계 및 구현

정세훈[†], 이주환^{**}, 조경호^{***}, 박재성^{****}, 심춘보^{*****}

A Design and Implementation of Object Recognition based Interactive Game Contents using Kinect Sensor and Unity 3D Engine

Se-hoon Jung[†], Ju-hwan Lee^{**}, Kyeong-Ho Jo^{***}, Jae-Seong Park^{****}, Chun Bo Sim^{*****}

ABSTRACT

We propose an object recognition system and experiential game contents using Kinect to maximize object recognition rate by utilizing underwater robots. we implement an ice hockey game based on object-aware interactive contents to validate the excellence of the proposed system. The object recognition system, which is a preprocessor module, is composed based on Kinect and OpenCV. Network sockets are utilized for object recognition communications between C/S. The problem of existing research, degradation of object recognition at long distance, is solved by combining the system development method suggested in the study. As a result of the performance evaluation, the underwater robot object recognized all target objects (90.49%) with 80% of accuracy from a 2m distance, revealing 42.46% of F-Measure. From a 2.5m distance, it recognized 82.87% of the target objects with 60.5% of accuracy, showing 34.96% of F-Measure. Finally, it recognized 98.50% of target objects with 59.4% of accuracy from a 3m distance, showing 37.04% of F-measure.

Key words: Kinect, Unity 3D Engine, Underwater Robot, Interactive Game

1. 서 론

카메라 영상을 통해 정보를 얻고 제어를 하는 연구들은 컴퓨터 비전을 통해 많은 연구가 이루어지고 있다. 최근 컴퓨터 비전 분야에서는 사물의 형태와 움직임, 거리를 파악하여 스스로 동작하게 하는데 많은 중점을 두고 있다[1]. 기존의 연구들은 영상의 깊이(거리) 값을 얻기 위해 스테레오 정합[2]을 이용하

고 있는데 두 개의 영상을 정합을 하는데 시간이 많이 소요되어 실시간 영상처리에 부적합하다. 그러나 최근 연구들은 실시간 영상처리가 가능한 마이크로소프트사(MS)의 키넥트(Kinect)를 활용하고 있으며, 키넥트는 깊이 정보를 컬러 2D 영상에 일대일 형태로 투영시켜 초당 30장 이상의 고속 작동이 가능하기에 실시간 영상처리에 적합하다[3-4]. 또한 키넥트는 개발자들에게 SDK(Software Development

* Corresponding Author : Chun Bo Sim, Address: (540-742) Maegok-Dong, Suncheon-si Jeollanam-do, Korea, TEL : +82-61-750-3834, FAX : +82-61-750-3830, E-mail : cbsim@sunchon.ac.kr

Receipt date : Oct. 15, 2018, Approval date : Oct. 17, 2018

[†] School of Major Connection, Youngsan University
(E-mail : shjung@ysu.ac.kr)

^{**} Dept. of Multimedia Eng., Suncheon University
(E-mail : akrns132@naver.com)

^{***} Dept. of Multimedia Eng., Sunchon University
(E-mail : ho9290@naver.com)

^{****} Dept. of Multimedia Eng., Sunchon University
(E-mail : jeumedia1@naver.com)

^{*****} School of Information Com. and Multimedia Eng., Sunchon University

* This paper was supported by Sunchon National University Research Fund III in 2018.

Kit)를 제공하기에 콘텐츠 개발이 용이하며, 다른 비슷한 용도의 3D 입체 센서 카메라들과 비교했을 때 가격 경쟁력이 뛰어나며, USB로 PC와 연결하여 사용하기 편리하다. 키넥트는 최대 8m까지 깊이 영상을 취득할 수 있으며, 객체 검출범위는 4~5 m까지 가능하다. 그러나 인물 전체가 아닌 신체 일부를 객체로 인식할 때와 크기가 작은 객체를 인식할 경우, 객체 검출범위가 현저히 줄어드는 단점이 있다. 기존 [5]의 연구에서는 깊이 4.5~6 m에서 95.5%의 인식률을 보였지만 깊이 6 m 이상의 거리에서는 평균 14.6%로 낮은 인식률을 보였고, [6]의 연구에서는 최대 2m에서 87%의 정확도가 인식되었는데 2 m보다 먼 거리에서는 인식율이 현저하게 낮아지는 문제점이 있었다.

본 논문에서는 키넥트 센서와 유니티 3D 엔진을 활용하고 OpenCV 기반의 객체 인식 기법을 적용한 수중 로봇 체험형 게임 콘텐츠를 제안한다. 이를 위해 먼저 영상에 존재하는 객체와 배경을 OpenCV의 이진화[7]를 활용하여 분리하고 실시간 트래킹을 위해 트래킹 윈도우를 맞춰 기존 연구에 비하여 연산량을 감소시킨다. 거리가 멀어질수록 객체 크기가 작아지는 문제점을 개선하기 위해 모폴로지[8] Blur 연산으로 객체를 키워 인식률을 높인다. 기존 연구에서 사용된 라벨링 기법[9]은 인식된 객체의 분석을 위해 활용하고 있지만, 본 논문에서는 수조의 물에 반사된 빛 또한 객체로 인식할 수 있는 문제점이 존재한다. 따라서 반사된 빛의 잡음은 크기가 매우 크거나 매우 작은 특성을 지니기에 객체의 넓이를 조절하여 오검출을 줄이는 방법으로 활용한다. 인식된 객체를 체험형 게임 콘텐츠로 전달하기 위해 C/S(클라이언트/서버)방식의 소켓 형태를 사용한다. 클라이언트와 서버는 각각 C#과 C++로 구현하기에 이기종 언어 간의 통신방법이 요구되며, 이러한 부분을 위해서 서버에서는 바이트형식으로 데이터를 전송하고 클라이언트에서는 전달받은 바이트를 *Marshal* 클래스를 이용하여 변환한다. 마지막으로 아이스하키 게임을 구현을 통해 키넥트 센서와 유니티 3D 엔진을 이용한 객체 인식 기반의 체험형 콘텐츠를 검증하며, 기존의 연구들과의 정성적인 비교와 더불어 키넥트 객체 인식 거리를 기반으로 인식의 정확도를 평가하기 위해서 F-Measure를 계산하여 성능을 평가한다.

2장에서는 관련연구를 살펴보면, 3장에서는 제안

하는 시스템의 설계 및 구현 과정을 자세히 기술하고, 시스템 구현 및 성능평가 결과, 결론은 각각 4장 및 5장에서 다룬다.

2. 관련 연구

객체 인식 분야에서의 기존 방법으로는 키넥트를 사용하여 NUI(Nature User Interface)를 설계 및 구현하였다[5]. OpenCV 라이브러리를 키넥트에 적용하여 키넥트의 깊이 데이터, 골격추적, 라벨링 알고리즘으로 손 영역 추출 및 움직임의 정보를 인식하여 가상의 마우스와 가상의 키보드를 구현하고 음성인식을 통해 기존의 입력장치를 구현하였다.

또한 국내에서 가동 중인 원자로에 사람 대신 수중 로봇을 투입하여 육안으로 확인해야 할 원자로 손상유무를 탐지하고 원자로 압력용기 내 이물질 탐지 및 회수를 위한 아이디어를 제안하였다[6]. 수중 로봇은 짙은 남색의 냉각수와 반대되게 노란색을 이용하여 객체 인식을 좀 더 수월하게 한다. 냉각수는 남색이라 RGB의 분리 영상 중 B 성분에서 가장 인식되기 어렵고 R성분을 이용하여 노란색의 객체를 인식한다.

객체 인식의 기존 연구로는 유니티 3d 환경에서 키넥트 깊이 영상을 이용하여 손 주먹을 인식하는 방법이 있다. 키넥트 깊이 영상은 해상도가 높지 않아 손에 대한 인식 기능을 제공하지 않는다. 이에 원거리에서 손을 인식할 수 있는 모듈을 구현하였다. 키넥트 카메라의 인체 전신 골격추적 기능을 원거리에서 객체를 확인하기 위해 실험을 진행하였으며 2 m까지는 높은 인식률을 보였지만 2 m 이상의 거리에서는 낮은 인식률을 보이고 있다[10].

모바일 기기의 스마트 디바이스 중에서 객체 인식이 가능한 키넥트를 이용하여 어린이들의 전래동화 몰입도를 향상시키기 위해 제안하였다[11]. 키넥트 카메라로 사용자의 손을 인식하고 손의 좌표값 x, y 를 유니티 3d 안 물고기와 연동시켜 동일한 좌표값으로 이동시켜 구현하였다. 콘텐츠는 토끼와 거북이를 이용하여 아이들의 흥미를 향상시켰다.

3. 제안하는 시스템 설계

3.1 시스템 구성도

키넥트로 수중 로봇을 인식하는 실제 시스템 구성

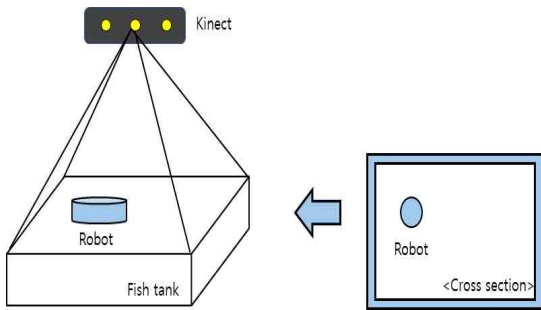


Fig. 1. Conceptual Diagram of Kinect and Underwater Robot.

은 Fig. 1와 같다. 키넥트를 상단에 고정하여 수중 로봇을 위에서 아래로 인식하게 하고 오른쪽의 단면도와 같이 2차원의 영상으로 입력 영상을 활용한다.

본 논문에서 제안하는 키넥트를 이용한 객체 인식은 크게 전처리기 부분과 C/S 통신 모듈로 구성되고 객체 인식을 확인하기 위한 체험형 콘텐츠는 아이스하키 게임 구현을 이용한다. 시스템의 전처리기 부분은 사용자가 키넥트에서 입력받은 영상을 환경에 맞게 깊이 값을 조절하고 인식하고 싶은 영역을 조절 가능하도록 한다. 이진화를 위한 임계값 조절과 모폴로지 연산, 라벨링 기능을 포함한다[12]. C/S 통신 모듈은 소켓 통신으로 구현하며, 전처리기를 거쳐 인식된 객체의 위치를 유니티 3D엔진으로 전송하여 이를 활용한 체험형 콘텐츠를 구현한다. 아울러 체험형 콘텐츠 부분은 통신 모듈로부터 받은 객체 위치에

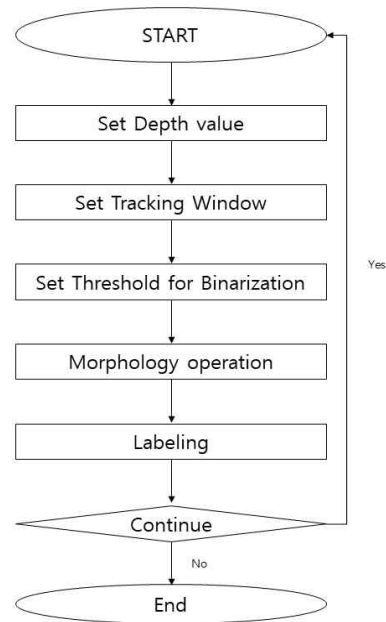


Fig. 3. Structure of Object Recognition Algorithm.

보이지 않는 객체를 생성하여 아이스하키 게임 내의 Puck과 충돌하는 기능으로 구성한다. Fig. 2 은 제안하는 시스템의 전체 구성도를 나타낸다.

3.2 전처리 모듈 설계

제안된 객체 인식 알고리즘의 전체 흐름은 Fig. 3과 같이 전체 5단계로 이루어지고 있다. 입력 영상

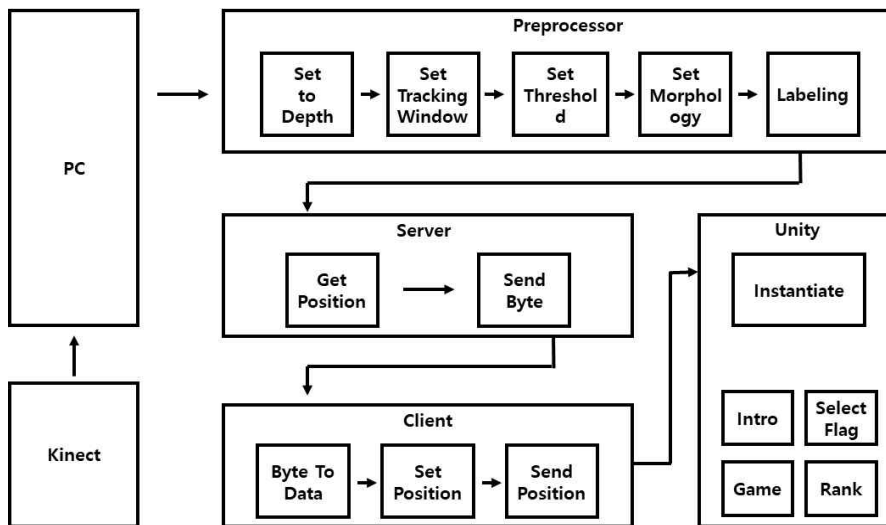


Fig. 2. Overall Structure of Proposed System.

은 지정된 영역에서 영상을 획득할 수 있는 깊이 값 조절, 영상의 특정 영역을 인식하기 위한 트래킹 윈도우 결정 과정, 객체와 배경을 분리하기 위한 이진화 임계값 조절 과정, 객체의 상하 부분을 결정하기 위한 모폴로지 연산 과정, 객체의 구분을 위한 라벨링 과정이다.

3.2.1 깊이 값 조절

Fig. 4와 같이 키넥트는 지정한 깊이(거리)부터 지정한 깊이(거리)까지 영상을 읽어 올 수 있으며, 이는 객체와 배경을 먼저 분리해야 하므로 영상의 이진화 과정을 거친다.

3.2.2 트래킹 윈도우 결정

획득한 영상 중 수중 로봇의 수조만을 인식하기 위해 처리할 영역을 사용자가 결정하는 것으로 Fig. 5의 각 모서리의 원모양을 이동시켜 트래킹 윈도우를 결정한다.

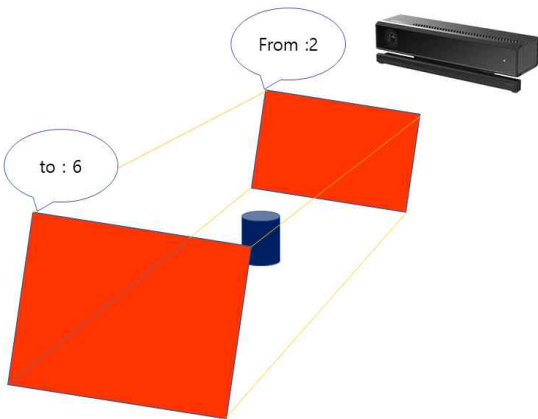


Fig. 4 Principle of Kinect Camera.

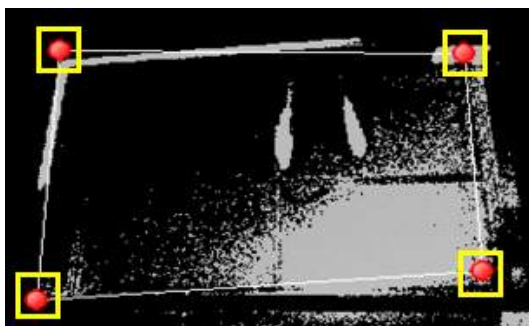


Fig. 5. Set Tracking Window.

3.2.3 이진화를 위한 임계값 조절

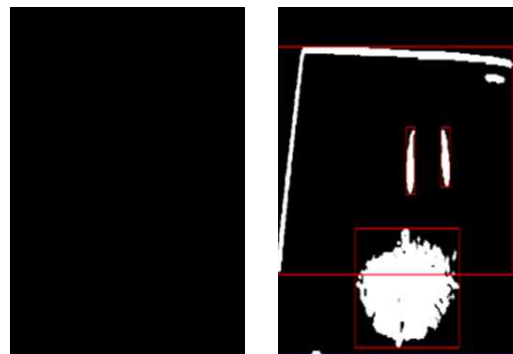
객체와 배경을 분리하기 위해 사용자는 환경에 최적화된 임계값을 설정해야 한다. Fig. 6의 (a)는 임계값을 255로 설정한 경우의 결과이고 (b)는 임계값을 190의 결과이다. 이와 같이 객체와 배경이 분리되는 경계값을 찾아 임계값으로 사용한다.

3.2.4 모폴로지 연산

수중 로봇의 몸통과 꼬리 부분이 얇은 경우 두 개의 오브젝트로 인식하게 되는 경우가 있다. 이러한 경우를 위해서 모폴로지 연산 중 Blur를 사용하여 분리되었던 객체를 하나의 객체로 인식해 주는 효과를 얻는다. Fig. 7의 (a)는 수중 로봇의 몸통과 꼬리 중간의 얇은 부분을 Blur의 번짐 효과로 (b)의 출력 영상에서 하나의 객체로 출력하기 위해 사용한다.

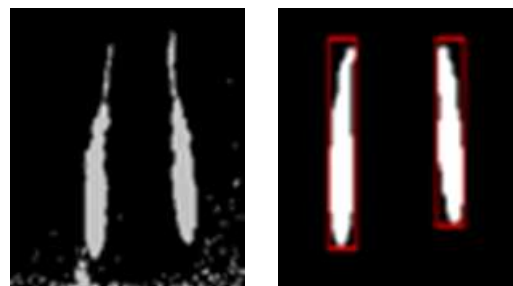
3.2.5 라벨링

영상 내에 객체가 여러 개가 입력될 수 있기 때문



(a) Blur cut 255 (b) Blur cut 190

Fig. 6. Set Threshold of Object Recognition.



(a) Input Image (b) Output Image

Fig. 7. Set Blur.

에 번호를 부여함으로써 응용프로그램에 전달을 용이하기 위해 라벨링 과정을 거친다. 모폴로지 연산으로 나온 출력 영상에서 픽셀의 값이 이어져 있는 영역에 라벨을 부여한다. 라벨을 부여받은 영역은 하나의 객체라고 인식하는데 Fig. 8과 같이 빨간색 직사각형처럼 나타낸다. 직사각형의 넓이 값은 수중 로봇 이외에 여러 가지 잡음들로 같이 인식된 객체를 넓이 값으로 구분하여 필요한 객체만을 인식하기 위해 사용한다. 그리고 인식된 객체의 위치값은 전처리를 거친 출력 영상의 왼쪽상단을 Fig. 9의 P1(0,0)으로 설정하고 영상의 오른쪽 하단을 P2(1,1)으로 지정하여 계산한다. Fig. 9의 Labeling Square는 인식된 객체를 의미하며 이 객체의 중심 값을 위치값으로 선정한다. 영상 속 객체의 중심 값을 Fig. 9의 Width를 나누기 2를 한 값과 Left를 더하여 x값을 구하고 Fig. 9의 Height의 나누기 2를 한 값과 Top을 더하여 y값을 구한다.

3.3 통신 모듈 설계

Server 클래스는 Port를 5000번으로 사용할 소켓



Fig. 8. Objects Classification Through Labeling.

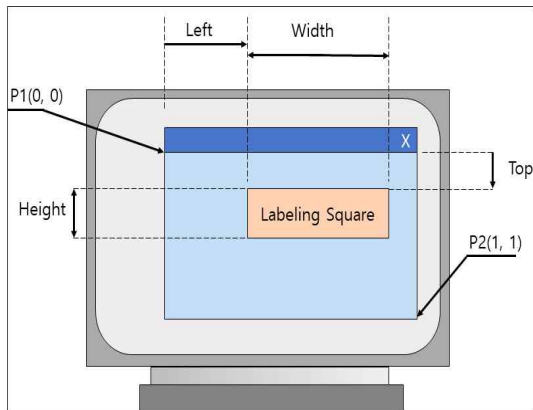


Fig. 9. Location Variables Values of Labeling Scope.

을 개설하고 소켓 번호와 자신의 소켓 주소를 Bind() 함수를 호출하여 서로 결합한다. Server는 Listen() 함수를 호출하여 클라이언트로부터의 연결요청을 기다리는 수동 대기모드로 들어간다. Client 클래스는 소켓 생성을 위해 Server는 로컬 컴퓨터의 “127.0.0.1”로 설정한다. Port는 5000번으로 소켓을 생성하고 Server에게 연결요청을 보낸다. Server는 전처리를 통해 얻어진 객체의 위치 데이터를 바이트형식으로 변환하여 클라이언트로 전송한다. Client 클래스는 Server 클래스에서 전송된 바이트를 유니티에서 사용 가능한 데이터로 변환하는데, 바이트는 Marshal 클래스를 이용하여 변환하고 각 x, y 변수는 0부터 1까지 실수값으로 전달을 받았기에 x 변수는 수조의 가로만큼 곱해주고 y 변수는 수조의 세로만큼 곱해주어 실질적인 위치값을 설정한다. 설정된 위치값은 유니티 아이스하키 게임으로 전송하고 소켓을 종료하고 다시 소켓을 생성하여 앞의 과정을 반복한다. Fig. 10은 통신 모듈을 도식화하여 나타낸 것이다.

3.4 체험형 게임 콘텐츠 설계(유니티 3D)

체험형 콘텐츠로 사용될 유니티 3D로 구현한 아이스하키(Ice Hockey) 게임은 Fig. 11의 (a) Select Flag, Fig. 11의 (b) Instantiate Robot Fish, Fig. 11의 (c) Game과 같이 3가지의 영역으로 구분된다. Fig.

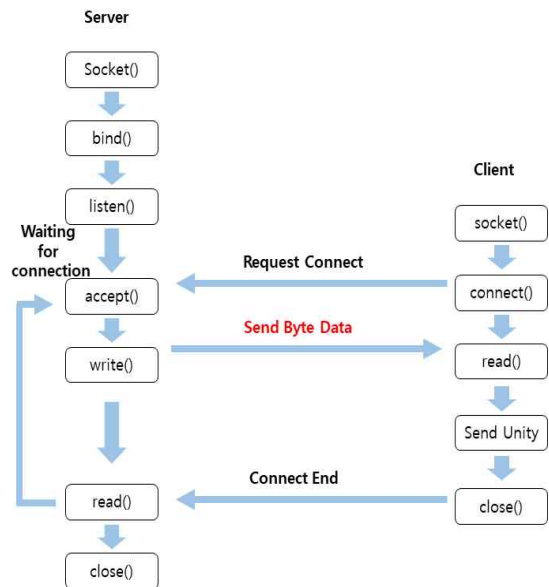


Fig. 10. Structure of Communication Module.

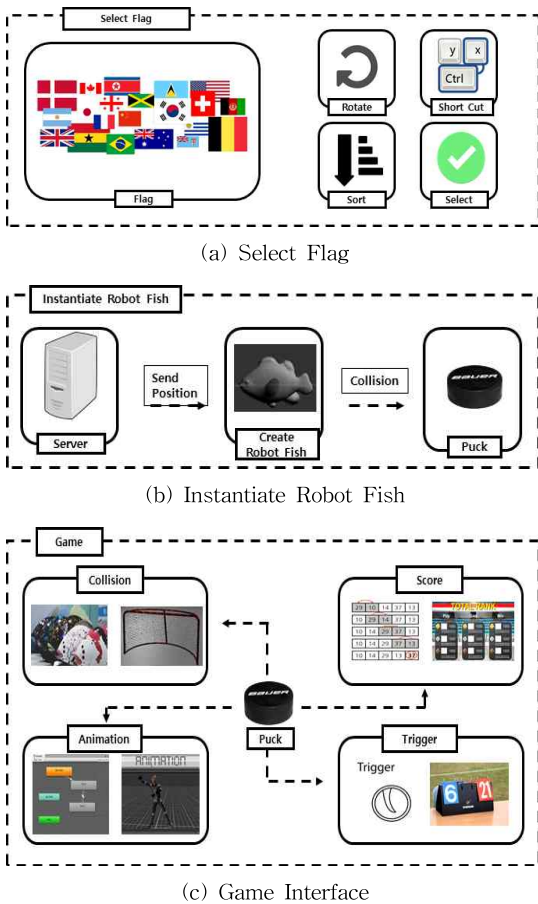


Fig. 11. Structure of Game Content.

11의 (a)의 Flag는 252개 올림픽 참가국 국기를 내림차순으로 정렬하고 띠의 형태로 연결한다. 위나 아래 방향키를 눌렀을 때 사용자의 화면으로 국기가 세로로 회전하게 하여 나라 선택을 좀 더 직관적으로 용이하게 한다. 연결된 국기들은 입력 방향키에 맞도록 회전을 하며 부드럽게 회전하기 위하여 지정한 시간만큼 회전을 부드럽게 넘어가게 해주는 보간 기법을 활용한다. 사용자가 나라를 선택할 때 나라 이름의 첫 번째 알파벳을 눌러 쉽게 나라를 찾을 수 있게 하고 마우스 왼쪽은 첫 번째 사용자의 국기선택으로 사용하고 마우스 오른쪽은 두 번째 사용자의 국기선택으로 사용한다. Fig. 11의 (b)의 Instantiate Robot Fish는 게임 진행 시 클라이언트에서 전달받은 위치값에 컴포넌트 Collider만을 가진 무형의 객체를 동적으로 생성하게 한다. 동적으로 생성된 객체는 다음 Client에서 전달되는 위치값이 갱신될 때 제거되고

새로 생성되면서 Puck과의 충돌을 유도한다. 이렇게 생성된 객체는 Tag를 Fish로 설정하여 Puck이 충돌했을 때 충돌처리가 되게끔 설계한다. Fig. 11의 (c)의 Game Interface에서 Puck의 매끄러운 움직임을 위해 동적으로 생성된 객체의 위치벡터와 Puck의 위치벡터를 뺀 방향 값으로 지정하고 미리 10.0f로 설정해놓은 Power값으로 밀려 나가게 설계한다. 여기서 방향 값에 Power값만 곱하게 되면 Puck 튀어나가지 않고 살짝 밀려나게 되어 충돌처리로는 부족하다. 따라서 유니티 ForceMode 클래스의 Impulse 함수를 이용하여 Puck이 튀어나가게 설계한다. 골대 안의 무형 객체는 Tag 값을 Goal로 설정하여 Puck이 충돌체로 인식하게 한다. 골인의 경우 Puck과 골대 안의 무형 객체가 충돌한 경우 점수를 갱신하게 하고 관중들의 Animation과 Effect 효과를 발생시킨다. 관중들은 Goal이 되지 않았을 때 3가지 Animation을 계속 반복하게 하여 자연스럽게 한다. Effect는 화면 왼쪽 가운데 오른쪽 공간에 Effect를 발생시키게 하고 차례로 Effect를 발생시키기 위해 코루틴을 사용한다. 코루틴을 이용하여 WaitForSeconds 함수를 0.2초 간격으로 발생하게 하고 끝난 Effect는 메모리 누수를 막기 위해 삭제한다. 진행 시간은 5분으로 지정하고 경기가 종료될 경우 이전의 선택했던 나라를 띄어주며 점수를 표시한다. 이 경기에서 나온 결과를 Rank Scene으로 옮겨 가기 전에 버블 정렬을 이용하여 정렬한다. Rank Scene에서 경기횟수, 골득실, 승리 현황을 제시하고 생동감을 더하기 위해 아이스링크(Ice Link)를 회전하여 연출한다.

4. 구현 및 성능평가

4.1 구현 환경 및 결과

Table 1은 본 논문에서 제안하는 시스템을 구현하기 위한 구현 및 설계 환경을 나타낸다. Fig. 12는 특수 제작된 수중 로봇을 위한 수조이다. 수조 아래

Table 1. Implementation Environment

Item	Description
OS	Window 10(64bit)
H/W	Kinect V2
Tool	Visual Studio 2015 Unity - 2017.4.6 Visual Studio 2015 OpenCV 3.3 Display(4) - Samsung UN43K5110BF

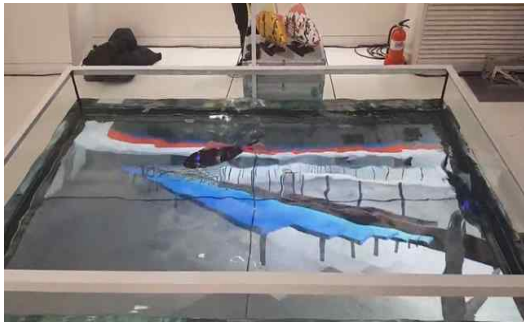
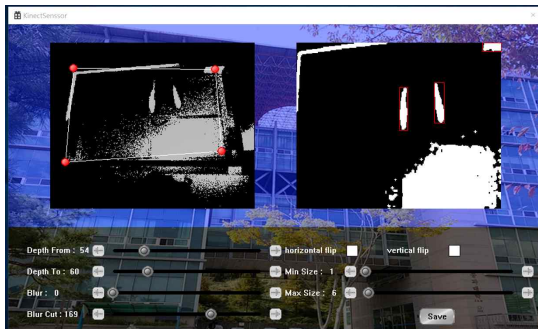


Fig. 12. Game Aquarium(H/W).

에 디스플레이 장치 4개를 넣어 가상 아이스하키 게임을 구현한다.

Fig. 13의 (a)는 Sensing 프로그램 UI이며 C++로 구현하였다. 프로그램의 왼쪽 영상은 키넥트 깊이 값의 조절을 통해 들어오는 입력 영상을 뜻하고 오른쪽 영상은 전처리 과정을 모두 거친 출력 영상으로 구성하였다. Depth From은 해당 값의 거리부터 Depth to는 해당 값의 거리까지이며 사용자는 양쪽의 화살표 버튼과 Progress-bar를 이용하여 조절이 가능하다.



(a) UI for Sensing Program



(b) Ice Hockey Game based on Unity

Fig. 13. Implementation Results.

다. Blur는 모폴로지 연산으로 해당 값이 낮을 수록 팽창 효과를 얻을 수 있으며 해당 값이 높을수록 침식 효과를 얻을 수 있도록 구현하였다. Blur Cut은 사용자가 이진화의 임계값을 설정하기 위해 사용한다. Horizontal Flip은 사용자가 출력 영상을 수평으로 뒤집을 수 있으며, Vertical Flip은 수직으로 뒤집기 위해 라디오 버튼으로 구현하였다. Min Size와 Max Size는 사용자가 인식된 객체의 넓이 값을 조절함으로써 분별적으로 객체를 인식하기 위해 구현하였다. 전처리를 위한 사용자의 설정들은 Save 버튼으로 다음 사용 시 프로그램 시작과 동시에 불러오기로 간편화하였다. Fig. 13의 (b)는 유니티 아이스하키 게임이다. 특별 제작된 수조 하단의 Display 장치에 게임이 실행되고 수조 안의 수중 로봇 물고기의 움직임에 따라 게임이 진행된다. 선택된 나라의 상단에 점수표와 함께 보여주었다. Puck 위로 수중 로봇이 이동하게 되면 상단에 설치된 키넥트로 인식하게 되고 전처리 과정을 거친 후 통신 모듈을 통해 유니티로 전달되게 된다. 전달된 위치 값에 보이지 않는 객체를 생성하여 실제 수중 로봇이 아이스하키 게임을 구현하였다.

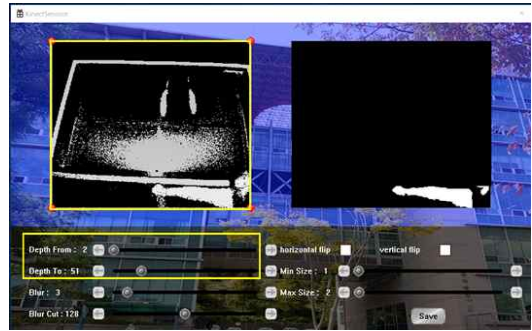
Fig. 14은 깊이 값에 따라 입력 영상을 보여주는 결과이다. (a)는 Depth From 2부터 (b)는 Depth to 30까지의 결과이다. 객체 인식할 수조의 거리가 30이상 보다 멀리 있기에 인식이 되지 않았다. 그러나 (b)에서 Depth to를 51로 수정한 결과 입력 영상으로 수조 전체 영역을 얻을 수 있었다. Fig. 15는 이진화 Blur Cut에 따라 출력 영상을 보여주는 결과이다. (a)는 임계값이 128일 경우 수조가 임계값이 128보다 낮게 인식되어 결과로 출력되지 않았다. 그러나 (b)는 임계값을 190으로 조절함으로써 수조와 수중 로봇 객체를 얻을 수 있었다. Fig. 16은 사용자는 객체의 넓이 범위를 조절하고 넓이 범위 안의 객체들만 인식하는 결과이다. (a)는 Min Size 1부터 Max Size 255까지를 지정했을 때 모든 객체를 인식한다. 그러나 (b)는 Max Size를 3으로 조절하여 수중 로봇만을 인식하게 한다.

4.2 키넥트 거리에 대한 객체 인식 성능평가

키넥트 인식 거리에 대한 정확도와 재현율은 수중 로봇이 있을 때와 수중 로봇이 없을 때를 구분하여 각각 약 1000번씩 테스트를 수행하였다. 테스트의

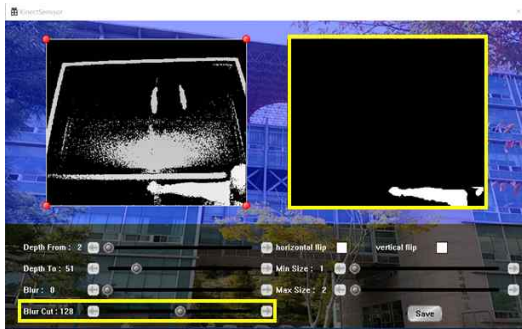


(a) Depth 2 - 30

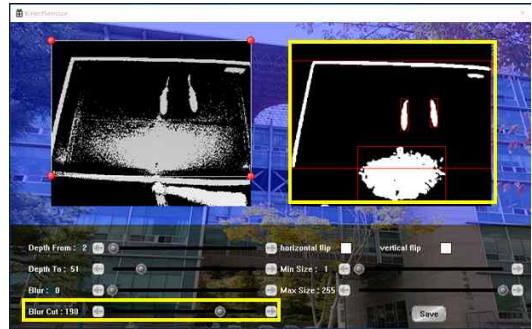


(b) Depth 2 - 51

Fig. 14. Adjusted Depth Value.

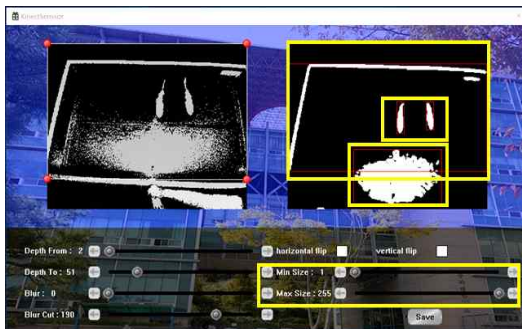


(a) Blur Cut - 128

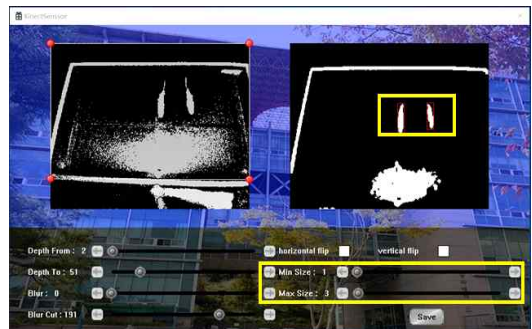


(b) Blur Cut - 190

Fig. 15. Adjusted Blur Cut.



(a) Min Size 1 - Max Size 255



(b) Min Size 1 - Max Size 3

Fig. 16. Adjusted Size

True and Positive 값은 수중 로봇을 수중 로봇으로 인식하는 것이며 True and Negative는 수중 로봇을 수중 로봇으로 인식하지 못한 것을 의미한다. False Positive는 수중 로봇이 없는데 수중 로봇으로 인식한 것이며 False and Negative는 수중 로봇이 없을 때 어떠한 객체도 인식하지 않은 것을 가지고 테스트

를 수행하였다.

실험 결과, 2 m의 거리에서 90.49%로 대상 물체들을 빠짐없이 잘 인식하였으며, 80%의 정확도로 목표한 객체를 인식하여 F-Measure 값은 42.46%를 나타내었다. 2.5 m 거리에서는 82.87%로 대상 물체들을 인식하였으며, 60.5%의 정확도로 목표한 객체를 인

Table 2. Performance Evaluation with Kinect Distance

Predicted Condition	Condition Positive	Exists Underwater Robot	
		True	False
2 m	Positive	800	84
	Negative	200	916
2.5 m	Positive	605	125
	Negative	395	875
3 m	Positive	594	9
	Negative	406	991

Table 3. Results of F-measure with Kinect Distance

Predicted Condition	Category	Rate
2 m	Precision	90.49%
	Recall	80%
	F-measure	42.46%
2.5 m	Precision	82.87%
	Recall	60.5%
	F-measure	34.96%
3 m	Precision	95.50%
	Recall	59.4%
	F-measure	37.04%

식하여 F-Measure 값은 34.96%이다. 마지막으로 3 m 거리에서는 98.50% 대상 물체들을 인식하였으며, 59.4%의 정확도로 목표한 객체를 인식하여 F-measure 값은 37.04%이다. 따라서 3 m 거리의 Precision이 비교적 높은 편이나, 2 m의 거리에서 정확도가 가장 우수하였으며 본 연구에서 목표한 거리 2.5 m와 3 m에 대한 정확도는 약 60%의 결과를 얻었다.

4.3 타 연구와의 정성적인 비교

본 논문에서 제안하는 시스템은 기존의 키넥트를 이용하여 인식한 객체들과는 다르다. [5], [10] 및

[11]에서는 몸 신체의 손 하나만을 tracking 하여 정보를 얻었고 [6]의 연구는 몸 전체를 tracking 하여 재활 게임에 활용하였다. 그러나 본 연구에서는 Robot Fish를 이용하여 사람 이외에 객체를 인식하였고 가상의 공간과 통신할 수 있는 게임 콘텐츠를 구현하였다. 기존의 키넥트에서 제공되는 사람의 Skeleton tracking을 이용한 것과는 다르게 깊이 영상과 RGB 영상을 합쳐 하나의 이미지를 본 연구에서 제안하는 알고리즘을 거쳐 객체를 인식했다는 점에서 차이가 있다. 수조에 있는 로봇 물고기를 인식하는 과정에서 수심 50 cm 정도의 객체를 tracking을 할 수 있다는 점에서 차이가 있다. 기존 다른 연구들에서 통신을 하는 방식에는 Zigfu[5], Nui Apif[6], Kinect Nui Lib[10]를 사용하곤 했지만 본 연구의 영상처리 시스템은 C++로 구현되어 유니티 3D 엔진의 C#과의 통신을 해야 했기에 TCP/IP Socket 통신으로 marshaling 하여 전송하였다. 마지막 기존의 키넥트 거리에 대한 인식률은 1.5 m에서 2 m가 평균이었다. 그러나 본 논문에서 제안하는 객체 인식 시스템은 2.5 m 거리에 대해서 60.5% 정도의 재현율을 향상시켰고 3 m에 대해서 59.4% 정도로 인식률을 향상시켜 다른 논문들과 차이점이 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 키넥트를 이용한 객체 인식 시스템 및 체험형 게임 콘텐츠를 제안하였다. 제안하는 시스템은 키넥트의 깊이 영상으로 수조의 수중 로봇을 인식하고 배경과 객체를 분리하여 객체의 위치값을 얻어내는 전처리기 과정을 포함하고 데이터 전송을 위해 Socket을 생성하여 체험형 콘텐츠인 아이스하키 게임까지 연동하는 통신 모듈을 포함하고 있다. 검증 결과 2.5 m와 3 m에 위치한 객체 또한 재현율 60% 정도로 인식할 수 있었다. 그러나 2.5 m 거리에

Table 4. Qualitative Comparison Evaluation with Existing Study

Item	Study of [5]	Study of [6]	Study of [10]	Study of [11]	Proposed
Purpose of Study	Hand Grab	rehabilitation-game	traditional fairy tale	Kinect-nui	Ice hockey
Check for Object	hand	body	hand	hand	Robot Fish
Depth of Water	×	×	×	×	50cm
Communication	zigpu	nuiapi	Kinect nui lib	×	socket
Distance	2 m	1.5 m	1.5 m	1.5 m	3 m

서 물에 반사되는 빛 또한 객체로 인식하는 경우가 많았고 3 m 거리에서 물고기가 존재할 때 물고기로 인식하는 인식률이 낮았다. 거리가 멀어짐에 따라 인식하고자 하는 객체의 크기가 작아져 주변 잡음과 잘 구분되지 않는 문제점이 발견되었다.

향후 연구에서는 원거리 객체 인식률을 더 높이기 위해 작은 크기의 객체라도 인식할 수 있는 연구를 계속하고 수조의 물에 빛이 반사되는 잡음 또한 줄이는 연구를 진행할 계획이다.

REFERENCE

- [1] S.K. Kwon and H.J. Kim, "Tracking Method for Moving Object Using Depth Picture," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 19, No. 4, pp. 774-779, 2016.
- [2] S. Kwon, J.S. Kim, Y.H. Kim, and Y.H. Lee, "Architecture and Design of Real-time Depth Map Extraction Hardware Using Stereo Vision," *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol. 12, No. 2, pp. 163-171, 2014.
- [3] D.S. Lee and S.K. Kwon, "A Recognition Method for Moving Objects Using Depth and Color Information," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 19, No. 4, pp. 681-688, 2016.
- [4] M.G. Seo, S.Y. Kim, J.B. J, and C. Lee, "Frequency Estimation of Human Movements Using Kinect and Its Application," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 20, No. 8, pp. 1248-1257, 2017.
- [5] H.H. Son, D.H. Koo, S.C. Jeong, Y.M. Lee, S.M. Lee, D.H. Lee, et al., "Hand-Grabbing Recognition Based on Kinect and Unity3D," *Proceedings of the Fall Conference of the Korean Information Science Society*, pp. 1481-1483, 2014.
- [6] Y.N. Kim, S.J. Kim, J.S. Lee, and E.S. Cho, "Sensible 3D Virtual Reality Rehabilitation Treatment System Using Kinect and Unity 3D," *Proceedings of the Fall Conference of the Institute of Electronics and Information Engineers*, pp. 935-938, 2013.
- [7] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-level Histograms," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 9, No. 1, pp. 62-66, 1979.
- [8] D.K. Yu, J.G. Lee, and J.Y. Jung, "Fast Extraction of Vehicle Plate in Car Image Using Morphology Operation," *Proceeding of The International Industrial Information Systems Conference*, pp. 343-347, 2002.
- [9] J.K. Won, H.Y. Kim, and J.S. Cho, "Text Area Extraction Method for Color Images Based on Labeling and Gradient Difference Method," *Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 11, No. 12, pp. 511-521, 2011.
- [10] C.J. Lee and T.J. Choi, "3D Content Creation of Korean Traditional Tales Using a Depth Camera : on the Basis of The Hare and The Tortoise," *Journal of the Korea Entertainment Industry Association*, Vol. 10, No. 3, pp. 329-336, 2016.
- [11] S.B. Lee and I.H. Jung, "A Design and Implementation of Natural User Interface System Using Kinect," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 15, No. 4, pp. 473-480, 2014.
- [12] J.H. Lee, S.H. Jung, K.H. Jo, J.S. Park, K.S. You, C.B. Sim, et al., "Design and Implementation of Sensing Program Based on Object Recognition Using Depth Information of Kinect Camera," *Proceedings of the Spring Conference of the Korean Electronic Communication Sciences*, Vol. 12, No. 1, pp. 87-90, 2018.



정 세 훈

2010년 2월 순천대학교 멀티미디어공학과 공학사
2012년 2월 순천대학교 멀티미디어공학과 공학석사
2017년 2월 순천대학교 멀티미디어공학과 공학박사

2015년 1월~2018년 8월 광양만권 SW융합 연구소 팀장
2018년 9월~현재 영산대학교 연계전공학부 조교수
관심분야 : Unity 모델링, 빅데이터 처리 및 화질 분석, 머신러닝, 감성분석, 강화학습, 블록체인



박 재 성

2018년 2월 순천대학교 멀티미디어공학과 졸업(공학사)
2018년 3월~현재 순천대학교 대학원 멀티미디어공학과 석사과정
관심분야 : 멀티미디어 DB & IR, 데이터분석, 빅데이터 처리 및 분석



이 주 환

2012년 3월 순천대학교 멀티미디어공학과 학사과정
관심분야 : Unity 콘텐츠 및 모델링, 멀티미디어 시스템, 증강현실



심 춘 보

1996년 2월 전북대학교 컴퓨터공학과 공학사
1998년 2월 전북대학교 컴퓨터공학과 공학석사
2003년 2월 전북대학교 컴퓨터공학과 공학박사

2005년 3월~현재 순천대학교 정보통신·멀티미디어공학부 교수
관심분야 : 빅 데이터 시스템, 머신러닝, IoT/IoE 플랫폼, 멀티미디어 응용, 블록체인



조 경 호

2018년 2월 순천대학교 멀티미디어공학과 졸업(공학사)
2018년 3월~현재 순천대학교 대학원 멀티미디어공학과 석사과정
관심분야 : IoT 상황인식, 빅데이터 처리 및 분석, 딥러닝