

로봇과 동기화된 가상현실 시뮬레이션 게임의 개발

심재연, 유환수*, 성현승**

(주)트라이캐치미디어*, 국방과학연구소**

simpo@uos.ac.kr, hsyoo@trycatchmedia.com, wigman98@gmail.com

Development of virtual reality simulation game synchronized with real robot

Jae-Youn Shim, Hwan-Soo Yoo*, Hyun-Seong Sung**
Trycatch Media, Inc.*, Agency for Defence Development**

요 약

가상현실은 컴퓨터 시스템을 통해 사용자에게 가상의 세계를 경험 할 수 있도록 사용자의 인지시각 및 감성을 자극하는 것이다. 가상현실의 몰입을 위해 HMD를 비롯한 다양한 디바이스를 이용한 사용자의 행동 및 감각정보 획득과 자극이 필요하다. 가상현실에서 동작하는 물체가 실제 오브젝트와 연동하여 동작한다면 가상현실에 대한 몰입감은 증가될 것이다. 본 논문은 가상현실에서 스마트 로봇을 이용하여 현실의 전장과 동기화시킨 실제 환경을 조성하고 이를 기반으로 한 로봇 컨트롤 시뮬레이션 게임을 제작하였다. 로봇의 위치확인 및 보정을 위해 광학 식별장치(OID: Optical Identification Device)를 이용한 광학 코드를 사용한다. OID기반의 매트 위의 이동에 대한 감지는 템플릿 기반의 광학 코드 인식기법과 칼만 필터를 이용한 위치 측정 보정을 통하여 이루어진다. 게임을 개발을 통해 가상현실상의 사용자 컨트롤을 기반으로 현실의 오브젝트의 동작 제어에 관한 유효성을 확인한다.

ABSTRACT

Virtual reality can user experience the virtual world of computer and stimulate user eyesight and emotions. HMD can acquire and stimulate user behavior and sensory information. In this paper, we propose a virtual reality game using robot control. Controlling the robots using various interfaces and synchronizing them with the virtual reality game. In this paper, we use OID mat for robot movement detection based optical code recognition and Kalman filter.

Keywords : Virtual reality(가상현실), Smart Toy(스마트토이), Kalman filter(칼만필터), Simulation Game (시뮬레이션 게임)

Received: May. 18. 2018 Revised: Aug. 14. 2018

Accepted: Aug. 20. 2018

Corresponding Author: Jae-Youn Shim

E-mail: simpo@uos.ac.kr

© The Korea Game Society. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN: 1598-4540 / eISSN: 2287-8211

1. Introduction

로빈 윌리엄스가 주연을 맡은 영화 토이즈 (1992)에서 장난감으로 군대를 만들어 아이들이 전자오락기로 조작하여 전쟁을 수행하도록 하는 장면이 나온다. 미군에서 활용하고 있는 드론 폭격기의 경우 무선으로 조종되며 미리 입력한 작정명령을 수행하거나 실시간으로 전송 받은 정보를 기반으로 새로운 명령을 수행하여 적진을 탐지하거나 폭격하는 임무를 수행한다. 과거 영화에서나 상상할 수 있었던 장면이 무선 네트워크 기술과 로봇 컨트롤 기술의 발달로 지금은 무인 드론 공격기가 운용 중이며 무인 전차 또한 개발 혹은 운용 중에 있다. 이러한 기술들은 군뿐만 아니라 민간에서도 다양하게 활용되고 있다. 아마존의 경우 드론을 이용하여 상품을 배송하는 서비스를 제공 중이며 방송국에서는 드론을 활용하여 기존에는 헬리콥터 또는 비행기로 찍었던 항공영상을 저렴하고 간단하게 촬영한다. 또한 스마트 디바이스와 연동하여 컨트롤 할 수 있는 소형 드론도 개발되어 스마트 토이로 활용되기도 한다. 정확한 드론과 무선 미니 헬리콥터 등의 컨트롤 기술을 습득하기 위하여 가상시뮬레이션 프로그래밍도 활용되고 있다. 가상세계 구현을 위한 컴퓨터시스템과 컴퓨터 그래픽 기술의 발전과 사용자의 감정을 분석하고 인지시각을 자극 할 수 있는 BCI 및 HMD 디바이스 기술의 발달로 다양한 가상현실 환경을 제공하고 좀 더 현실감 있는 가상세계의 접근이 가능해 졌다. 본 논문에서는 가상현실의 전장을 제공하여 사용자가 직접 장난감 전차를 조정하여 실제 전차를 운용하는 것과 같은 스마트 로봇 게임 시스템을 제안한다. 2장에서 관련 연구에 대하여 설명하며 가상현실에 대한 소개와 스마트 토이, HMD에 대하여 설명 한다. 3장에서는 제안하는 시스템에 대하여 구성에 대하여 소개하고 4장에서 스마트 토이의 위치 보정을 위한 방법의 설명 및 실험을 하고 5장에서 구현된 로봇과 가상현실 게임을 보여주며 6장에서 결론을 맺는다.

2. Related works

본 장에서는 VR에 대한 개념과 HMD, 스마트 토이 그리고 기존의 로봇 컨트롤 기법에 대하여 살펴본다.

2.1 Virtual Reality

가상현실은 실제 세계가 아닌 인공적인 기술로 만들어진 현실과 비슷한 환경 혹은 그 기술을 의미 한다[1]. 인공적인 세계관으로 만들어진 가상현실 세계를 지칭하거나 가상의 환경이나 상황에 사용자의 오감을 자극하며 실제와 유사한 감각을 느낄 수 있는 시스템을 제공한다. 가상현실은 인간과 컴퓨터를 연결하여 인간으로 하여금 조작된 현실에 있다는 느낌을 넘어서 실제 그 가상공간 안에 존재하고 있다는 느낌을 주어야 한다. 이러한 가상현실을 구현하기 위하여서는 3D그래픽으로 이루어진 공간과 그것을 표현 할 수 있는 디스플레이, 신체의 움직임을 측정하는 센서 등이 필요하다. 가상현실은 인간의 감각을 포함하여 사용자의 행동에 인지하고 이를 기반으로 발생하는 가상의 세계를 실시간으로 컴퓨터에 의해 창조하여 이를 현실과 같이 만 들어낸 인공적인 세계이다. 따라서 가상세계는 정적인 세계가 아니며 그 세계 안의 사물들은 움직임이 가능하고 서로 간에 상호 작용하며 외부적인 행위에 의해 영향을 받게 된다. 가상현실은 인조적으로 합성된 환경을 외부에서 관찰하는 것이라기보다는, 그러한 환경 내부에서 참여한다는 착각을 갖게 하는 것이 주요 관점 중 하나이다. 인체의 모든 감각기관을 자극하여 인위적으로 창조된 세계에 몰입하게 함으로써 자신이 바로 그곳에 있는 것처럼 느낄 수 있도록 만들어 준다. 사용자의 행동 및 감각을 기반으로 인지되는 객체가 사용자의 행동에 의해 창조되는 가상세계에서 사용자는 인식자인 동시에 창조자가 된다. 사용자의 행동에 대한 컴퓨터의 실시간 반응은 시뮬레이션과 다른 가상현실 시스템의 중요한 요소 중 하나이다. 가상

현실의 가장 중요한 점은 자신이 바로 시뮬레이션의 중심이 되어 컴퓨터가 만들어 낸 가상세계와 상호작용한다는 점이다. 이러한 가상 세계는 머리에 착용하는 디스플레이 장치(HMD)등의 주변 장치를 활용하면 몰입과 상호작용의 효과를 더할 수 있다. 가상현실 시스템을 구축하기 위한 중요한 요소 중 하나는 인간과 컴퓨터 사이의 효과적인 커뮤니케이션을 가능하게 하는 인터페이스의 구현이다. 기존의 사용자와 컴퓨터간의 커뮤니케이션은 사용자가 입력하는 정보를 기반으로 하여 이루어졌지만 가상현실 시스템에서는 그것뿐만 아니라 사용자의 행동을 인지 혹은 감지하고 그것을 분석 및 해석 할 수 있는 인지 시스템이 필요하다.

2.2 Smart toy

스마트 토이는 인공 지능을 가지고 있는 장난감 또는 네트워크에 연결되어 사용자와 교감 할 수 있는 장난감을 지칭 한다. 컴퓨터에 연결하거나 정교한 센서와 전기회로를 내장하여 컴퓨터의 기술을 이용하는 장난감을 이야기하기도 한다. 지능을 가진 장난감은 대표적으로 소니의 Aibo와 같은 로봇 애완동물이 있다[2]. 인공지능을 통하여 실제 애완동물과 같은 행동을 학습 시키고 사용자의 반응 혹은 교육에 따라서 다양한 행동을 할 수 있도록 개발 되었다. 드론과 스마트 폰의 발달 그리고 대중화로 인하여 스마트 폰과 연동되는 다양한 장난감 또한 제안 되었다. Nico Li 등은 실제지형을 3d 프린터로 제작하여 handheld screen과 see-through headset을 이용하여 드론의 이동 경로를 설정하고 이를 실제 드론을 통해 실시간 영상을 전송 받을 수 있는 시스템을 제안 하였다[3] Adrian David Cheok 등은 Virtual pad와 AR을 기반으로 하여 현실의 오브젝트와 사용자간의 인터랙션을 이용한 게임 시스템을 제안 하였다[4]. 스마트 토이와 사용자 간의 통신 혹은 스마트 토이와 스마트 토이간의 통신을 위하여 Stefan Schmid은 wireless 기반의 ToyBridge 와 ToyTalk를 제안하였고[5] Christian Floerkemeier

등은 장난감에 RFID를 삽입하여 사용자와 인터랙션이 가능한 시스템을 제안 하였다[6]. Nintendo는 닌텐도 게임기에 NFC를 기반으로 하여 피규어를 접속하면 게임을 즐길 수 있는 Amiibo를 출시 하였으며[7] Lego는 블록으로 집을 만들고 이를 스마트 디바이스로 촬영하면 스마트 디바이스 응용 프로그램 안에 3D오브젝트가 생성되는 Lego Fusion을 발표 하였다[8]. 스마트 디바이스의 성장과 로봇을 비롯한 다양한 기반기술, 그리고 오브젝트와 사용자간의 커뮤니케이션 기술의 발전을 기반으로 스마트 토이 시장은 크게 성장 하고 있다.

2.3 HMD

HMD는 머리에 작용하는 영상 출력 기구로 사용자의 눈앞에서 직접 영상을 보여주는 디스플레이 장치로 마빈 민스키가 1963년 개발한 것이 최초의 것으로 알려져 있다[9]. 구글 글래스와 같이 시야의 일부분에 정보를 표시하여 증강현실을 위한 디스플레이로 사용되는 경우와[10] 오콜러스와 같이 사용자의 시야 전체에 영상을 디스플레이 하고 헤드 트래킹과 같은 사용자의 이동을 감지하여 가상현실에 사용되는 제품들이 있다[11]. 증강현실을 위한 HMD의 특징으로는 보안경 형태로 구성되며 사용자의 기존 시야를 확보하며 그 위에 영상 혹은 텍스트를 표시하며 현재 사용자의 시야에서 보이는 영상을 카메라를 통해 입력 받고 입력 받은 영상의 물체 및 공간에 대한 정보를 사용자에게 제공하거나 사용자의 SMS 및 SNS 정보 업데이트 상황을 보여줄 수 있다. 가상현실을 위한 HMD의 경우 헬멧 혹은 그에 준하는 고들 형태로 구성되며 기존 사용자의 시야를 차단하고 양안시차기반의 3D영상을 제공한다. 특수한 경우 카메라를 설치하여 사용자의 기존 시야를 확보하기도 한다. 사용자의 움직임을 기반으로 영상이 전송되어야하기 때문에 헤드 트래킹을 이용한 사용자의 방향측정이 가능하며 사용자의 기존시야를 대체하는 3D 영상을 통하여 정보제공 보다는 가상현실의 몰입 혹은 다른 공간에서의 작업을 위하여 사용된다. 증강현

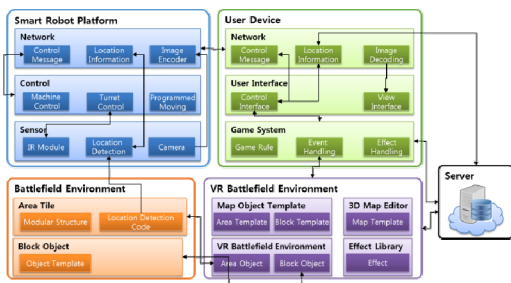
실을 위한 HMD와 가상현실을 위한 HMD에 대한 형태의 규정 및 기술은 정해져 있지 않으나 대체적으로 사용자의 기존 시야를 확보하면 증강현실로 그렇지 않으면 가상현실에 사용되는 것이 전반적인 추세이다.

3. Design of game

본 장에서는 논문에서 제안하는 OID기반의 스마트 토이를 이용한 가상현실 게임의 구성 및 개발 요소에 대하여 살펴본다. 먼저 전체 시스템의 구성과 스마트 토이의 디자인 및 모듈 시스템에 대하여 살펴보고 사용자 인터페이스 및 환경에 대하여 알아본다. 또한 OID기반의 배틀 필드 설정 및 스마트 토이와 가상 세계와의 연동에 대하여 알아보고 이를 연결하기 위한 서버시스템의 구성에 대하여 설명한다.

3.1 Overall system

본 논문에서 제안하는 전체 시스템 개발의 구성은 [Fig. 1]과 같다. [Fig. 1]은 스마트 로봇 사용자 구성 환경과 같은 실 환경 모듈과 스마트 디바이스, 가상현실 환경과 같은 소프트웨어 모듈의 연동을 통한 시스템의 구성을 보여준다.



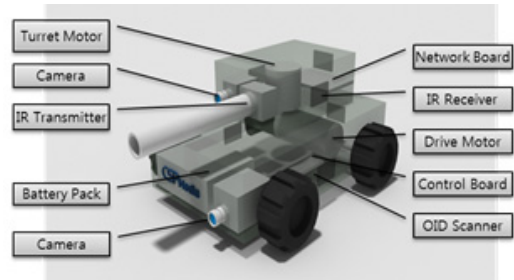
[Fig. 1] Overall system architecture

스마트 로봇 플랫폼은 전차타입의 로봇으로 사용자의 조종을 기반으로 하여 움직이고 광학코드를 이용하여 실제 위치에 대한 정보를 전송한다. 사용자 디바이스는 스마트 로봇을 조종하는 컨트롤 인터페이스와 가상현실의 전장을 보여주는 뷰 인터

페이스를 기반으로 하여 이루어지고 배틀 필드의 경우 스마트 로봇이 움직이는 OID기반의 매트형태의 지형과 3D 오브젝트가 입혀진 가상현실상의 전장을 구성하여 동기화를 시키고 서버시스템을 통하여 이 모든 것들이 연동 될 수 있도록 디자인 하였다.

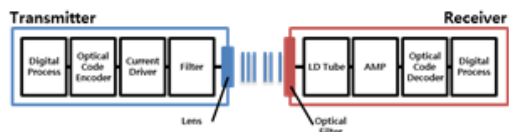
3.2 Design of Smart toy Platform

스마트 토이 로봇 플랫폼은 기본적으로 전차타입의 스마트 로봇을 이용한다. 스마트 로봇의 기본적인 디자인은 [Fig. 2]와 같다. 사용자가 컨트롤러를 사용하여 포탄의 회전 및 로봇의 이동을 조종할 수 있도록 구성되며 두 대의 카메라를 이용하여 전차의 정면 위치와 포신의 방향을 확인하고 OID 스캐너를 통하여 로봇의 위치를 확인한다.



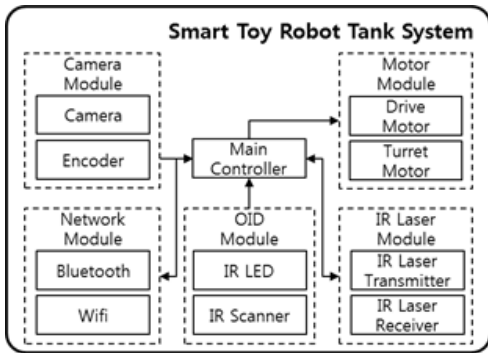
[Fig. 2] Design of smart robot

IR레이저를 이용하여 포탄의 발사 및 격추 확인을 할 수 있는데 포탄의 종류와 피탄 위치에 따라 로봇의 파손 상태 및 구동 가능 여부에 대하여 감지 할 수 있다. [Fig. 3]은 IR레이저의 송수신부 구성을 보여준다. IR 레이저 송신부는 포탄의 종류와 같은 정보를 Optical code를 이용하여 전달하고 IR레이저 수신부를 통해 전달된 Optical code를 분석하여 피탄 여부 및 로봇의 상태를 설정 할 수 있도록 정보를 제공한다.



[Fig. 3] IR laser transmitter and receiver architecture.

스마트 토이의 시스템 구성은 [Fig. 4]와 같다. 메인 컨트롤러를 통하여 각 모듈의 동작 설정과 정보를 수집하고 사용자 디바이스와 배틀 필드, 서버 시스템과 연동하여 스마트 토이 전차타입 로봇의 동작 및 위치를 통제한다.



[Fig. 4] Smart robot system architecture

사용자의 조종에 따라 스마트 로봇은 움직이며 OID 스캐너를 이용하여 실제 배틀 필드 내의 위치를 확인하여 서버에 전송하고, 서버에서 전송된 가상의 배틀 필드의 지형 형태에 맞는 움직임을 보이도록 제안된다.

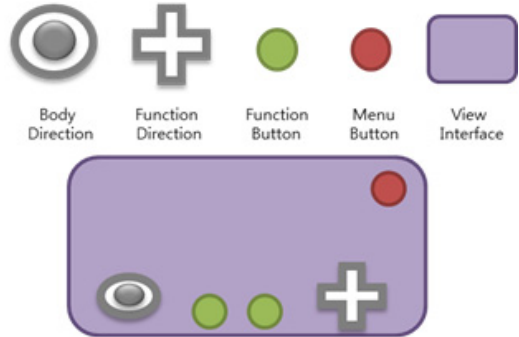
3.3 Design of User Device

사용자 디바이스는 스마트 로봇의 조종을 위한 컨트롤러와 전장 환경을 보여주는 디스플레이 디바이스로 구성된다. 디스플레이 디바이스는 기본적으로 가상현실을 체험하기 위하여 자이로 스코프센서가 달린 HMD를 권장 하지만 스마트 폰이나 스마트 패드와 같은 스마트 디바이스를 사용할 수 있도록 제안되었다. 스마트 토이 컨트롤러 또한 스마트 디바이스를 이용한 소프트웨어 타입의 컨트롤러와 VR HMD 사용자를 위한 전용 컨트롤러를 이용하여 조종 할 수 있도록 디자인 되었다. [Fig. 5]는 다양한 사용자의 타입에 따른 유저 인터페이스를 보여준다.



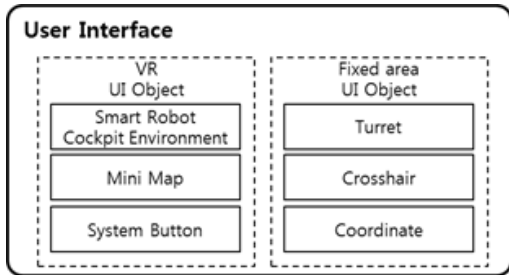
[Fig. 5] User interface devices

[Fig. 6]은 소프트웨어 타입 컨트롤러의 구현 예시이다. Body Direction 을 통하여 차체를 조정할 수 있고 Function Direction 을 이용하여 포신이 움직일 수 있도록 제작 되었다. 사용자의 화면은 사용자 환경 설정에 따라 HMD의 경우 헤드 트래킹을 통해서 전장을 관찰할 수 있고 스마트 패드의 경우 핸들링을 통하여 이와 같은 효과를 낼 수 있다. 사용자 인터페이스 화면 구성은 그림과 같으며 가상현실에서의 사용자 인터페이스 오브젝트와 고정영역에 배치된 사용자 인터페이스 오브젝트로 구분된다.



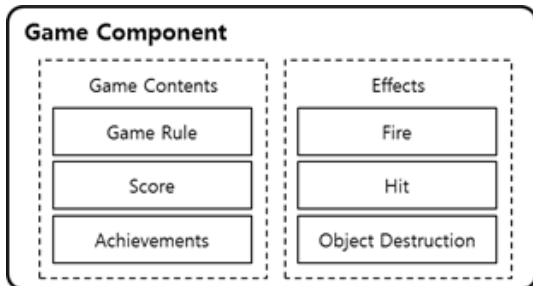
[Fig. 6] Software type controller UI

가상현실에서의 사용자 인터페이스는 [Fig. 7]과 같이 스마트 로봇의 조정식 환경에 대한 정보 및 미니맵, 시스템 버튼과 같은 움직임이 가능한 오브젝트들과 좌표와 발사점과 같은 고정된 오브젝트로 구성된다.



[Fig. 7] User interface architecture

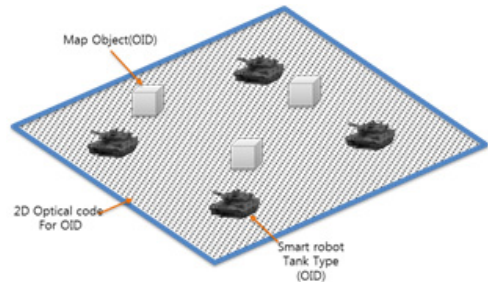
사용자 디바이스에 적용된 게임 시스템의 경우 [Fig. 8]과 같이 게임의 콘텐츠와 이펙트로 구성되며 게임 콘텐츠의 경우 게임규칙과 스코어, 업적으로 구성되며 이펙트의 경우 포탄 발사와 포탄 파괴, 오브젝트 파괴로 구성된다.



[Fig. 8] Game component

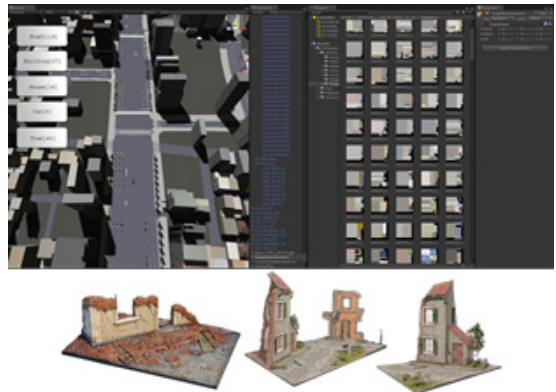
3.4 Design of Battlefield

배틀 필드의 경우 스마트 로봇이 동작하는 현실의 전장과 3D 그래픽 오브젝트로 만들어진 가상의 전장으로 구성되며 가상의 전장의 현실의 전장에 매핑 되어 스마트 로봇이 움직임에 맞추어 사용자에게 디스플레이 될 수 있도록 제공된다. [Fig. 9]는 실제 전장의 모습을 보여준다. 광학 코드가 입혀진 매트 위에 OID가 탑재된 맵 오브젝트를 설치하여 전장의 환경을 꾸밀 수 있도록 디자인 되었다.



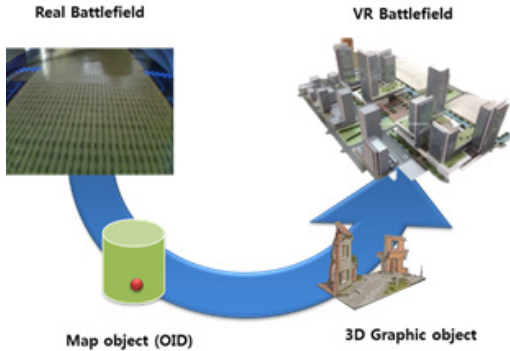
[Fig. 9] Battlefield mat and map objects architecture

실제의 전장을 기반으로 3D 그래픽으로 만들어진 가상현실의 전장을 구축 할 수 있다. [Fig. 10]은 가상현실의 전장 디자인과 맵 오브젝트의 3D 템플릿에 대한 디자인을 보여준다.



[Fig. 10] Design of VR map

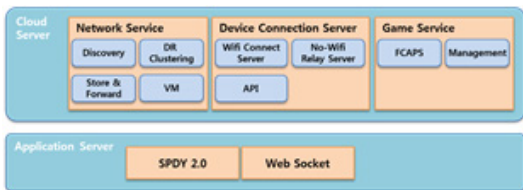
[Fig. 11]과 같이 실제의 전장과 가상현실의 전장은 OID기반의 광학코드를 이용하여 동기화가 되고 각각의 맵 오브젝트들은 3D 그래픽 오브젝트들과 매칭 되어 가상의 전장을 이루게 된다. 실제의 전장은 2D 광학코드가 입혀진 매트형태로 존재 하게 된다.



[Fig. 11] Synchronization between virtual and real world

3.5 Design of Server

현실의 배틀 필드와 가상의 배틀 필드를 매칭 시키고 사용자의 조종에 맞추어 위치정보를 전송 및 보정하기 위해서는 서버 시스템의 디자인 이 필요 하다 [Fig. 12]은 서버의 구성도 이다. 서버는 크게 클라우드 서버와 애플리케이션 서버로 구성되며 클라우드 서버에서는 네트워크 서비스와 디바이스 연결, 게임에 대한 서비스를 제공 하고 애플리케이션 서버의 경우 게임에 필요한 애플리케이션을 제공하며 SPDY2.0과 웹 소켓으로 구성된다.



[Fig. 12] Sever system architecture

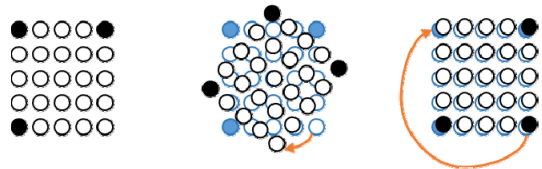
4. Detection of Location

현실 공간과 가상현실의 공간을 연결하기 위해서 스마트 토이의 위치를 정확하게 파악 하고 보정 하는 기법이 필요하다. 본 장에서는 스마트 토이의 치를 인식 하기 위한 광학코드의 설계 및 인식 기법과 광학코드를 인식하여 위치를 나타낼 때 발생하는 오차에 대한 방법을 해결하기 위한 칼만

필터 기반의 위치 보정에 대하여 제안한다.

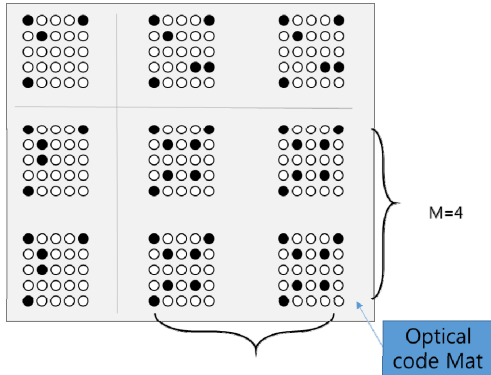
4.1 Design of Optical code

본 논문에서 적용된 광학 코드는 5x5 형태의 점자로 표현되며 [Fig. 13]과 같이 세 사각 꼭지 점에 코드의 위치를 보정하기 위한 템플릿을 가진다. 이때 사용 가능한 최대 데이터 코드 비트 수는 21bit 이며 이차원 좌표를 표시하기 위하여 X축 좌표와 Y축 좌표에 각 10 bit 의 데이터를 할당하고 1bit 는 flag 값을 위하여 할당한다. X축과 Y축 각각에 대하여 1024개의 값에 대한 표현이 가능하며 이를 활용하여 배틀 필드의 구성한다. 스마트 로봇이 이동함에 따라 코드가 회전된 상태로 인식을 하게 된다. 이때 템플릿 코드를 이용하여 입력된 코드의 회전 각도를 계산하고 스마트 로봇이 위치 및 각도를 계산 할 수 있다.



[Fig. 13] Optical code and template based position compensation

광학코드의 인식률을 증가하기 위하여 일정 영역에 동일한 좌표코드를 반복하여 표시한다. 이를 통해 목표 인식률을 P 라고 하고 단위 인식률을 i 라고 할 때 오차거리 당 부여된 코드의 반복수는 M 이라 하고 이를 $P = 1 - (1 - i)^M$ 과 같은 수식으로 정의 할 수 있다. 만약 목표 인식률을 99%라고 정하고 단위 인식률을 70%로 설정 할 때 오차거리 $1Cm^2$ 당 반복하여야 할 코드의 수는 M 은 다음과 같이 구할 수 있다. 이를 토대로 하여 [Fig. 14]와 같이 광학코드는 $1Cm^2$ 당 4개의 동일한 코드를 반복하여 삽입하는 하였고 이는 $1024cm \times 1024cm$ 의 크기의 광학 매트 구성이 가능하다.



[Fig. 14] Design of optical code mat

4.1 Kalman filter for Smart Robot Location Detection

칼만필터는 물체의 측정값에 확률적인 오차가 포함되고 물체의 특정시점에서의 상태는 이전시점의 상태와 선형적인 관계를 가지고 있는 경우 적용할 수 있다[11]. 게임 시스템에서는 로봇의 위치를 측정하기 위하여 칼만필터를 적용한다. 광학코드를 이용하여 스마트 로봇의 위치를 추적하는 경우 스마트 로봇의 주행 시 발생하는 위치 속도, 가속도에 대하여 측정할 수 있지만 이 측정값에 오차가 포함되어 있을 수 있다. 이 경우 연속적으로 측정하는 값들을 칼만 필터를 적용하여 스마트 로봇의 위치를 측정할 수 있다. 특정 시간 k에서의 상태 벡터를 x_k 라 정의하고 사용자가 컨트롤러를 이용하여 조종하는 것을 u_k 라 정의할 때 칼만 필터에서는 다음과 같은 관계식을 가정한다. $x_k = F_k x_{k-1} + B_k u_k + w_k$ 여기서 F_k 는 해당 시간에서 이전 상태에 기반한 전이 행렬을 뜻하며 B_k 는 사용자 입력에 의한 상태 전이 행렬, 그리고 w_k 는 잡음 변수를 뜻한다. 상태 벡터 x_k 와 그 벡터를 측정했을 때 실제로 얻어진 z_k 는 다음과 같은 관계식 $z_k = H_k x_k + v_k$ 와 같다. H_k 는 해당 시간에서 측정에 관계된 행렬이고 v_k 는 잡음 변수이다. 스마트 로봇의 움직임에 대하여 스마트 로봇

의 상태를 나타내는 x_k 는 스마트 로봇의 위치와 속도로 나타낼 수 있다.

$$x_k = \begin{bmatrix} x_k \\ \dot{x}_k \end{bmatrix}$$

여기에서 x_k 는 시점 k에서의 위치, \dot{x}_k 는 시점 k에서의 속도를 의미한다. 또한, 스마트 로봇에 임의로 가해지는 가속도를 a_k 로 정의한다. 뉴턴의 운동 법칙에 의해, k와 k-1 사이에는 다음과 같은 관계식이 $x_k = F_k x_{k-1} + B_k u_k + G_{a_k}$ 이 성립한다.

여기서 F는 $\begin{bmatrix} 1 & \Delta t \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ 로 표현할 수 있고 G는 $\begin{bmatrix} \frac{\Delta t^2}{2} \\ \Delta t \end{bmatrix}$ 로 정의할 수 있다. 이것은

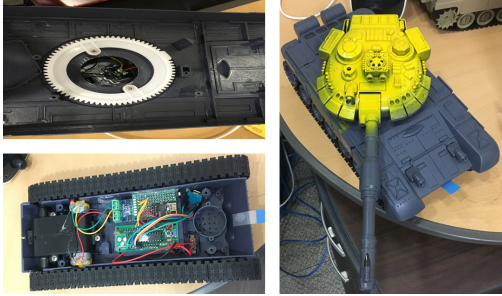
$x_k = F_k x_{k-1} + B_k u_k + w_k$ 와 $w_k \sim N(0, Q)$ 로 정의됨으로 다음과 같이 정의된다.

$$Q = GG^t \sigma_a^2 = \begin{bmatrix} \frac{\Delta t^4}{4} & \frac{\Delta t^3}{2} \\ \frac{\Delta t^3}{2} & \Delta t^2 \end{bmatrix}$$

사용자의 입력을 기반으로 하여 연속적으로 측정하는 값들에 칼만필터를 이용하여 스마트 로봇의 위치를 추정할 수 있다.

5. Implementation of Game

본 논문에서 제안하는 게임을 구현하기 위한 첫 번째 단계로 게임과 동기화되어 움직이는 전차타입의 스마트 로봇을 제작하였다. 전차의 구동부분은 실제 전차와 비슷한 형태인 궤도형태로 제작하였으며 상단부인 포대 돌아갈 수 있도록 모터와 기어를 연결하였다. [Fig. 15]는 제작된 전차타입의 스마트 로봇을 보여준다.



[Fig. 15] Implementation of tank type smart robot

게임은 가상현실 공간에서 진행되며 가상현실에서 전차의 움직임과 실제 전차타입 로봇의 움직임을 동기화 하도록 개발하였다. [Fig. 16]은을 게임의 진행 화면을 보인다.



[Fig. 16] Game implementation screen

6. Conclusions

우리는 본 논문을 통해 스마트 토이를 이용한 가상현실 시뮬레이션게임을 개발 하였다. 가상현실 시스템은 컴퓨터를 기반으로 하여 사용자를 가상의 세계로 초대하는 것에 그 목적이 있다. 이에 대한

몰입을 높이기 위하여 본 논문에서는 HMD를 비롯한 다양한 스마트 디바이스 기반의 인터페이스와 스마트 로봇과 OID기반의 전장을 제공하여 사용자의 몰입을 높일 수 있는 가상현실 전투 게임 시스템을 제안 하였다. 가상의 전장과 현실의 전장의 위치 동기화를 위하여 OID를 사용하였으며 이에 대한 위치 보정을 위하여 템플릿 기반의 광학코드 인식 기법과 칼만 필터를 이용한 위치 보정기법을 사용하였다. 본 시스템의 개발을 통해 가상현실과 실제 현실간의 동기화에 대한 연구를 진행 하였으며 추후 비행 물체를 적용한 배틀 필드의 시스템 구현을 계획하고 있다.

참고문헌

- [1] Zhao, Qiping. "A survey on virtual reality.", Science in China Series F: Information Sciences, Vol. 52, No. 3, pp. 348-400, 2009.
- [2] Quinlan, Michael J., Stephan K. Chalup, and Richard H. Middleton. "Techniques for improving vision and locomotion on the sony aibo robot." Proceedings of the 2003 Australasian Conference on Robotics and Automation. 2003.
- [3] LI, Nico, et al. Flying frustum "A spatial interface for enhancing human-uav awareness.", Proceedings of the 3rd International Conference on Human-Agent Interaction. ACM, p. 27-31, 2015.
- [4] David Cheok, Adrian , et al. "Human Pacman: a mobile, wide-area entertainment system based on physical, social, and ubiquitous computing." Personal and ubiquitous computing 8.2 p. 71-81. 2004
- [5] Schmid, Stefan, et al. "Networking smart toys with wireless toybridge and toytalk." Poster Session, Infocom 2011 (2011).
- [6] Floerkemeier, Christian, Matthias Lampe, and Thomas Schoch. "The smart box concept for ubiquitous computing environments." Smart Objects Conference, Grenoble. 2003.
- [7] Petereder, Thomas. "NFC based platforms in gaming. Reverse engineering Nintendos' Amiibo." (2015).
- [8] Gohlke, Kristian, Michael Hlatky, and Bram

- de Jong. "Physical construction toys for rapid sketching of tangible user interfaces." Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction. ACM, p . 643-648, 2015.
- [9] O'Regan, Gerard. "Marvin Minsky.", Giants of Computing. Springer, London, pp. 193-195, 2013.
- [10] Parslow, Graham R. "Commentary: Google glass: A head up display to facilitate teaching and learning.", Biochemistry and Molecular Biology Education, Vol. 42, No.1, pp. 91-92, 2014.
- [11] Goradia, Ishan, Jheel Doshi, and Lakshmi Kurup. "A review paper on oculus rift & project morpheus." International Journal of Current Engineering and Technology Vol. 4, No. 5, pp. 3196-3200, 2014.
- [12] Julier, Simon J., and Jeffrey K. Uhlmann. "New extension of the Kalman filter to nonlinear systems." Signal processing, sensor fusion, and target recognition VI. Vol. 3068. International Society for Optics and Photonics, p.182-194, 1997.



심재연 (Shim, Jae Youn)

서울 시립대학교 컴퓨터공학과 (공학 박사)
약력 : 전) 경동대학교 컴퓨터공학과 조교수

관심분야 : 게임기술, 기능성 게임, 멀티미디어, 정보보안



유환수 (Yoo, Hwan Soo)

서울 시립대학교 컴퓨터공학과 (공학 박사)
약력 : (주) 트라이캐치미디어 대표이사

관심분야 : 모바일 컴퓨팅, 게임 기술, 정보보안



성현승 (Sun, Hyun Seong)

서울 시립대학교 컴퓨터통계학과 (이학 박사)
약력 : 국방 과학 연구소 연구원

관심분야 : 영상 처리, 정보보안, 드론
