

마커리스 트래킹 기반 증강현실 캐릭터 시스템 개발

심현

Development of Augmented Reality Character System based on Markerless Tracking

Hyun Sim

요 약

본 연구에서는 AR글래스를 활용한 실시간 캐릭터 트래킹을 개발한다. 실시간 캐릭터 네비게이션은 특정하지 않은 공간을 가상 캐릭터가 이동하면서 안내를 해야 해서 일반적인 마커 기반 AR로는 불가능하다. 이를 대체하기 위해서 디지털 트윈 기술을 기반으로 하는 마커리스 AR 시스템을 개발하였다. 기존 마커리스 AR은 GPS, 비컨 등의 하드웨어를 기반으로 운영되기 때문에 위치에 대한 정확도가 낮고 시스템에서 처리하는 시간이 길어져 실시간 AR 환경에서는 신뢰도가 낮은 문제가 발생한 다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 SLAM 기법을 활용하여 공간을 3D 개체로 구성하고, 디지털 트윈 기반의 마커리스 AR을 구성함으로써 실시간 AR 환경에서 별도의 하드웨어 개입 없이 AR 구현이 가능하게 된다. 이러한 실시간 AR 환경 구성은 여 수박람회, 순천시 잡월드, 순천만 정원박람회 등 관광지에서 캐릭터를 이용한 트래킹 시스템을 구현을 가능하게 하였다.

ABSTRACT

In this study, real-time character navigation using AR lens developed by Nreal is developed. Real-time character navigation is not possible with general marker-based AR because NPC characters must guide while moving in an unspecified space. To replace this, a markerless AR system was developed using Digital Twin technology. Existing markerless AR is operated based on hardware such as GPS, gyroscope, and magnetic sensor, so location accuracy is low and processing time in the system is long, resulting in low reliability in real-time AR environment. In order to solve this problem, using the SLAM technique to construct a space into a 3D object and to construct a markerless AR based on point location, AR can be implemented without any hardware intervention in a real-time AR environment. This real-time AR environment configuration made it possible to implement a navigation system using characters in tourist attractions such as Suncheon Bay Garden and Suncheon Drama Filming Site.

키워드

AR, 2D Marker, 3D Marker, Markerless AR, SLAM, PointCloud, Collision
증강현실, 2차원 마커, 3차원 마커, 마커리스 증강현실, 슬램, 포인트 클라우드, 콜리전

1. 서 론

최근 증강현실 기술은 연구기관은 물론 기업에서도 관심이 높고, 관련 산업의 성장에 크게 기여하고 있다. 증강현실

(Augmented Reality)은 실제로 존재하는 이미지나 영상과 CG를 합성함으로써 현실 세계에 가상공간을 만들어내는 기술로써, 가상현실(Virtual Reality)과 달리 현실 세계에 가상의 객체를 이음새 없이 실시간으로

* 순천대학교 조교수(simhyun@sncu.ac.kr)
* 교신저자 : 순천대학교 스마트농업전공
• 접수일 : 2022. 10. 27
• 수정완료일 : 2022. 11. 19
• 게재확정일 : 2022. 12. 17

• Received : Oct. 27, 2022, Revised : Nov. 19, 2022, Accepted : Dec. 17, 2022
• Corresponding Author : Hyun Sim
Dept. Smart Agriculture, Suncheon National University
Email : simhyun@sncu.ac.kr

정합하여 현실을 ‘증강’하는 것으로, 스마트폰 카메라를 통해 받아들인 영상에 GPS 위치 정보 데이터나 CG 영상을 덧입혀 표시함으로써, 실제로는 그곳에 존재하지 않는 것을 실재하는 것처럼 보여준다[1-2].

이를 통해 여러 가지 부가적인 정보를 얻을 수 있고, 이러한 정보를 기반으로 응용 분야가 모바일에서 게임, 교육 등으로 확장되고 능동적인 상호작용을 통해 참여자 중심의 응용 연구가 이루어지고 있다[3-4].

AR 구현방식은 가상의 오브젝트를 실제 환경과 통합시키는 방법으로, 그 구현방식은 크게 센서 기반 방식과 비전 기반 방식으로 구분할 수 있다. 센서 기반 AR은 GPS 좌표, 혹은 비컨과 같은 센서를 이용하여 AR을 구현하는 방식이다. 이 방식은 다른 컴퓨터 비전 기반의 방식과 달리, 상대적으로 적은 연산량으로 구현할 수 있다는 장점이 있다. 다만 기기 센서 성능에 따른 정확도 문제가 있으며, 바닥 인식 등을 사용하지 않기에 실제 3D 모델 등 오브젝트가 표시되는 장소를 지면이나 벽면 대비 정확히 설정할 수 없어 제한적인 종류의 애플리케이션만 생성할 수 있다는 단점이 있다. 센서 기반 AR의 대표적인 라이브러리로, GPS 정보를 이용하여 위치 기반 AR 기능을 수행하는 GeoAR.js가 있으며, 해당 라이브러리는 ar.js에 포함되어 있다[5-6].

본 연구에서는 AR클래스를 활용한 실시간 캐릭터 트래킹을 개발한다. 실시간 캐릭터 트래킹은 특정하지 않은 공간을 가상 캐릭터가 이동하면서 안내를 해야 해서 일반적인 마커 기반 AR은 불가능하다. 이를 대체하기 위해서 마커리스 AR을 활용하여 시스템을 개발하였다. GPS, 비컨 등의 하드웨어를 이용하는 기존 마커리스 AR은 스마트폰 디바이스에 따라 오차 범위가 커지게 되어 사용자에게 AR에 대한 신뢰도를 낮추는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 최근 정확도 향상에 대한 다양한 방법이 연구되고 있다. 기존에는 GPS를 활용하는 방식을 ARCore 라이브러리를 이용하여 거시적인 POI를 생성하고 AR Motion Tracking으로 사용자의 미시적인 위치를 측정하는 방식을 이용하였으나 여전히 신뢰도가 낮고 시스템 처리 시간이 걸리는 문제를 해결해야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 마커리스 AR을 이용하여 공간 객체를 스캔해야 하는데 일반적으로 카메라 SLAM과 라이다 SLAM을 사용한다.

본 연구에서는 카메라 SLAM을 사용하고, 향후 출시될 애플 클래스는 라이다 SLAM을 사용하는 데 이를 활용하면 GPS와 같은 하드웨어를 사용하지 않고 공간 객체를 스캔하는 기술로 문제를 해결할 수 있다.

II. 관련 연구

2.1 AR(Augmented reality)

증강현실(Augmented Reality)은 현실의 환경에 가상의 대상을 구현함으로써 ‘현실을 대체하는 것’이 아닌 ‘현실을 보완하는 것’을 의미하며 사용자가 볼 수 있는 현실 공간에서 가상의 사물을 겹쳐 보여주는 기술이다[5,6]. 증강현실에서 사용되는 디스플레이는 머리에 착용하는 HMD (Head Mounted Device)와 머리에 착용하지 않는 Non-HMD(Non-Head Mounted Device)로 분류된다. 증강현실은 현실 영상과 가상의 그래픽을 접목하여 보여주기 때문에 정확한 영상을 얻기 위해서는 가상 객체를 화면에서 원하는 자리에 정확히 위치시켜야 해서 주로 2D 또는 3D 마커(marker) 인식을 이용하며, 상대적 좌표를 추출하고 가상영상을 실제 영상에 합성한다.

2.2 AR 구현방식 종류

비전 기반 AR은 마커 기반 AR과 마커리스(markerless) AR로 나눌 수 있다. 마커 기반 AR은 비전 기반 AR의 한 종류로 ‘2D마커’라고 부르기도 한다. 대표적으로 fiducial 방식과 natural feature tracking 방식이 있다. fiducial 방식은 fiducial marker, 혹은 fiducial로 불리는 일정한 패턴을 가진 이미지를 통해 공간을 인식하는 방식이다. 정확도가 높고 환경 변화에 크게 영향받지 않는다는 장점이 있지만, 사용자가 마커를 직접 제작하고 준비해 두어야만 사용할 수 있기에 실제로는 제한적으로 적용될 수밖에 없다는 단점이 있다[7-8].

마커리스 AR은 3D 객체를 마커로 사용하기 때문에 2D 마커와 대비하여 3D 마커라고 부르기도 한다. 주변 환경 정보를 주지 않은 상태에서, 센서의 정보를 이용하여 벽이나 바닥과 같은 환경 정보를 인식하고 기기의 위치를 추적하는 방식의 AR이다. 3D 마커 방식에는 미리 3차원 스캔 후 마커를 등록하는 방식과

마커를 실시간으로 생성하는 방식(SLAM)으로 구분된다. 일반적으로 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)이라 불리는 기법을 이용하여, 카메라 피드로부터 들어온 이미지를 분석한다. 모바일 기기의 경우 보통 단일 카메라를 이용하여 이를 수행하기에, 구체적으로는 Monocular Visual SLAM이라 부르기도 한다. 이는 앞선 두 방식에 비해 애플리케이션 구현의 자유도를 크게 높일 수 있지만 많은 연산이 필요하므로 모바일 기기에서는 SLAM과 다른 센서를 결합한 hybrid 방식을 주로 이용한다[9].

2.3 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)

주변 환경에서 여러 가지 센서들을 이용하여 위치를 추정하고 3차원 기반의 환경 지도를 생성하는 기술을 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) 또는 SfM(Structure from Motion)이라고 한다. 본 기술은 카메라와 라이다 등의 센서 기술이 발전함에 따라 실제 많은 분야에 응용되고 있으며, 예를 들어 장착된 카메라나 라이다 등의 센서 장비를 이용하여 드론의 자율 비행, 차량의 자율주행, 로봇의 환경구조를 파악하면서 목적지점까지 자율주행 등이 가능하다[10].

SLAM에는 레이저스캐너, 적외선스캐너, 초음파센서, 라이다(LIDAR), 레이더(RADAR) 등의 거리센서가 있으며, 스테레오카메라, 모노 카메라, 전 방향 카메라, Kinect 등의 비전 센서가 포함된다. 거리센서는 쉽게 물체까지의 거리정보를 얻을 수는 있지만, 활용할 수 있는 정보의 종류가 제한적인 단점이 있는 반면에, 비전 센서는 영상정보의 가공을 통해 거리 및 인식된 물체 등 다양한 종류의 정보를 획득할 수 있어, 활용도가 높지만 많은 연산량을 필요로 하는 단점이 있다. 보통 이동체 로봇 등의 센서 정보는 주로 오도메트리(예, 엔코더, 관성센서) 정보와 융합하여 사용하지만, 비전 센서만으로 SLAM을 수행하는 연구도 진행되고 있다[11].

III. SLAM 기법 활용 공간 객체 생성 구현

3.1 버텍스 컬러 획득

본 연구에서는 모바일 기기에서 라이다 SLAM을 이용하여 공간 객체를 구성하는 방법을 소개한다. 버

텍스 컬러를 얻는 방법은 라이다 스캔을 할 때 카메라를 동기화시켜서 해당 포인트가 무슨 색인지 까지, 찍고 그것을 그대로 그 점에 입력하면 그림 1과 같이 나온다. 각 점이 자기 색깔을 가지고 있으며 이러한 점의 집합으로서 3차원 개체의 형태 정보를 수집할 수 있다.

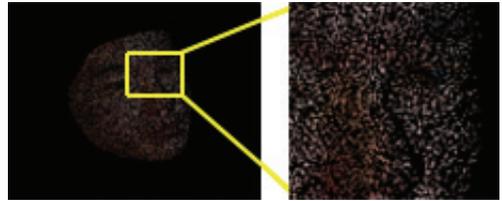


그림 1. 버텍스 컬러 획득
Fig. 1 Get Vertex Color

하지만 각 점의 정보는 그 자체로는 폴리곤 다면체가 아니라 단순 점들이라서 폴리전을 만들지 못해서 다면체로 변환하는 과정을 거쳐한다.

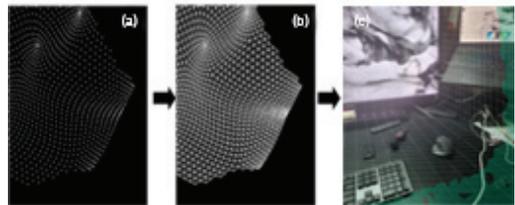


그림 2 폴리전 생성을 위한 다면체 변화과정 및 스캔 결과물
Fig. 2 Polyhedral change process and scan result for collision generation

그림 2의 (a)는 기본적으로는 각 점을 연결해서 다각형들을 만들어내는 과정이고, 이러한 경우 폴리곤이 너무 많아져서 최적화 문제가 생기게 되어 단순화 과정을 수행한다. 즉, 평면임이 확실한 것들은 하나로 묶고 점의 밀도와 색상의 깊이에 따라 묶는 과정을 거치고 나면 그림 2의 (b) 와 같은 폴리곤 메시가 생성된다. 이때 각 점의 색상을 적당히 보간해서 각 지점의 색상들을 정해줄 수 있는데, 사실 각 점 사이의 색상은 유추하는 것이기 때문에 정확하지 않기 때문에 이를 마커리스 AR로 쓰기에는 문제가 있다. 폴리전으로만 쓰는 데에는 지장이 없으나 오브젝트가 정

확해야 현실의 사물과 맞춰보고 인식을 할 수 있기 때문이다.

3.2 포인트클라우드 메쉬 변환

라이다로 스캔할 때 색상을 얻는 방법은 회사마다 라이다 제품마다 다르겠지만 고가의 제품이 아닌 이상 일반적으로 아래와 같은 방법을 쓴다. 우선 점들로부터 메시 데이터를 생성하고, 그 각 면에 그림 2의 (c) 와 같이 현재 보이는 이미지를 입히는 과정으로 생성된 도형 표면에 사진을 바른다고 이해하면 된다. 초록색은 아직 스캔 되지 않은 부분이다.

그림 3은 PointCloud으로부터 Mesh를 생성하는 단계에서 면을 합치는 최적화 과정을 보여준다.

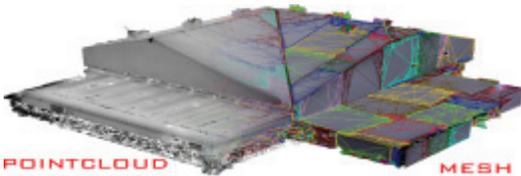


그림 3. 포인트 클라우드의 메쉬 보정단계
Fig. 3 Steps to calibrate the point cloud with a mesh

콜리전을 미리 측정하는 방법이 이러한 과정을 거쳐서 만들어지며 이러한 기법을 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)라고 한다. 동시적 위치추정 및 지도작성 방식은 실시간으로 2차원 혹은 3차원 지도를 생성하면서 동시에 기기의 위치를 추정한다.

IV. 마커리스 AR 구현

4.1 콜리전 기반 Occlusion

SLAM 기능을 활용하여 공간의 형태를 3차원 개체로 생성하면 이를 증강현실 Occlusion을 위한 콜리

전으로서 활용할 수 있다.



그림 4. 콜리전에 의해 구현된 AR Occlusion
Fig. 4 AR occlusion by generated collision data

Occlusion은 증강현실 디바이스가 배경으로서 디스플레이하는 카메라 피드 위에 가상의 개체를 덧대어 표시함에 있어, 해당 개체의 원근 묘사에 대한 규칙을 부여한다. 즉, 카메라 피드에 덧대어 그려지는 가상의 물체가 현실에서 가졌어야 하는 마땅한 위치에 근거하여 카메라 속 지형지물에 의해 해당 개체가 가려질 여지가 있도록 하는 기술이다. 이때 가상 개체의 마땅한 위치란 증강현실 개발자 또는 콘텐츠 자체에 의해 임의로 부여될 수 있으며, 또한 런타임에서 변화할 수 있는 월드 상의 절대좌표이다.

Occlusion은 가상의 물체에 더 정확한 원근을 부여하기 위한 목적으로 사용되며, 이를 통해 가상의 그래픽이 현실의 주변 환경과 더 자연스럽게 어우러질 수 있도록 한다. 나아가 증강현실에 “지형”이라는 새로운 데이터를 도입함으로써 단순한 정보 제공의 역할만 가능하던 기존의 초기 증강현실 분야를 게임, 교육, 애니메이션, 엔터테인먼트 등 다양한 인터랙티브 미디어 분야로 확장할 수 있게 한다. 현재 전 세계에서 가장 많은 소비자용 디바이스에 적용된 대표적인 Occlusion 기술로는 최근 애플 IOS 기반의 운영체제 AR Kit와 구글 안드로이드 AR Core가 융합되어 개발된 AR Foundation의 Human Occlusion 기술이 있다. 이를 통해 모든 아이폰은 증강현실 개체를 인체의 뒤에 가릴 수 있다.

그림 4는 본 연구에서 디스플레이에 표시되는 캐릭터 및 가상 개체가 SLAM 등에 의해 생성된 콜리전에 의해 Occlusion 되는 모습을 보여준다.

4.2 콜리전 기반 경로 계산

한편 SLAM을 통해 위와 같이 생성한 콜리전을 활용하여 포인트 세트를 지정하고 그 포인트 세트 사

이에 에이전트 패트를 생성하여 캐릭터가 자동으로 영역을 패트하는데 이 데이터를 활용하여 경로 계산 및 내비게이션을 위한 NavMesh 연산에도 활용할 수 있다.



그림 5. NavMesh에 의한 캐릭터 이동 및 경로 계산
Fig. 5 Character movement and Pathfinding by NavMesh

NavMesh란 가상공간에서 에이전트의 패스파인딩 알고리즘을 실행하기 위해 해당 공간의 기하학 정보를 포함하고 있는 추상적 자료 구조 (abstract data structure)의 일종이다. 일반적으로 게임 캐릭터의 패스파인딩 및 내비게이션을 위해 활용되며, 게임 엔진에서 캐릭터의 이동 가능한 범위를 공간적으로 정의하기 위해 사용한다.

그림 5는 본 연구에서 SLAM 등에 의해 생성된 콜리전을 기반으로 NavMesh를 적용하여 해당 공간에서의 캐릭터의 이동과 기타 내비게이션을 위한 경로 계산을 현실의 공간과 일치시킨 모습을 보여준다.

4.3. 디지털 트윈 기반 마커리스 AR의 구현

본 연구는 임의의 공간에 대한 SLAM 또는 그 밖의 스캔 방식으로 해당 공간의 정보를 포함하는 3차원 마커를 생성하고 이를 기반으로 마커리스 AR을 구현하는 방법을 다루었다. 이렇게 생성된 3차원 마커는 현실 지형에 대한 복제를 바탕으로 정확한 정보를 제공하기에 그 자체로 디지털 트윈이라고 볼 수 있으며, 이 디지털 트윈을 생성하는 과정이야말로 본 연구에서 다루는 마커리스 AR 구현의 핵심에 해당한다.

그림 7은 SLAM을 통해 생성한 모노-2D-3D매칭 단계와 위치추정 및 캐릭터 내비게이터로 활용되는 실행 가능한 데모를 보여준다.

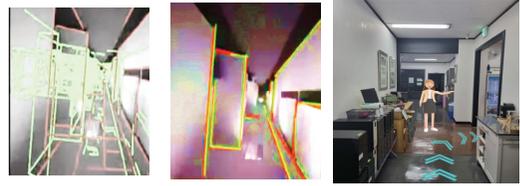


그림 6. 2D-3D 매칭과 캐릭터 트래킹
Fig. 6 2D-3D matching and character navigation

V. 실험 및 결과

5.1 실험 환경

기존의 마커나 비콘을 이용한 방법과 특징점을 추출하여 지역 패치 학습을 통한 마커리스 방식, Convolution Neural Network 구조를 이용한 딥러닝 학습모델 방식과 Nreal에서 적용된 SLAM 알고리즘을 적용하여 개발한 AR글래스를 활용한 마커리스 AR 방식을 비교하였다.

본 논문의 실험에 사용된 운영체제 및 하드웨어는 Windows 10 Pro 64bit 운영체제를 기반으로 Intel(R) Core(TM) i5-10400 2.9GHz CPU, RAM 16GB, NVIDIA GeForce GTX 1080 Ti(VRAM 11GB) GPU로 구성되어 있다. 스마트폰 카메라는 Samsung Note 10 모델을 사용하였다. 개발도구는 JetBrains Pycharm Community Edition 2021.3.1.버전을 사용하였으며 Pytorch 3.7, CUDA 10.1,CuDNN v7.6.5 라이브러리를 사용하였다. 본 논문에서는 교내의 연구실 공간을 촬영한 이미지와 실내 위치 정보가 결합한 데이터베이스를 사용한다. 또한 AR 시스템을 위한 특징점을 이용한 마커리스 방식의 실내 위치 측정에 관한 연구 평가를 위해 사용된 AR 디바이스는 Nreal사의 개발자 키트를 사용하였다. Nreal Smart Kit 컴퓨팅 유닛과 컨트롤러를 이용하여 NRS SDK 기반의 AR 디바이스를 통해 입력된 영상에서 특징점을 추출하고 특징점의 군집을 지역 패치로 만들어 학습하였다. 학습 후 다시 AR 디바이스를 착용하여 학습된 지역 패치의 위치를 찾아내도록 실험한다.

5.2 실험 결과

왼쪽은 AR 디바이스를 통해 입력된 영상에서 생성된 지역 패치의 위치를 찾아 실내 위치 정보를 결합하여 저장한다. 그림 8과 같이 지역 패치 선택 과정을 보여준다.

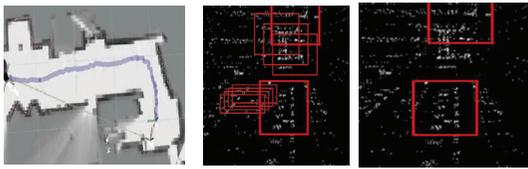


그림 7. 실내 위치 측정 지역 패치 선택과정
 Fig. 7 Indoor localization area patch selection process

표 1. 실험 결과
 Table 1. Experimental results

Scenes	evaluation criterions	marker	Songxiang Yang	Proposed method
office	Avg.(cm)	32.13	9.97	8.22
	Max.(cm)	112.77	50.02	25.02
	Impro.(%)	72.32	52.88	-
corridor	Avg.(cm)	76.32	23.01	15.13
	Max.(cm)	165.12	70.31	29.46
	Impro.(%)	76.55	45.36	-

표 1은 Songxiang Yang이 IEEE Access에 발표한 논문[12]에서 제안한 기법을 활용하여 비교 평가한 결과를 보여준다. 사무실, 복도의 포지셔닝에 의한 위치 오차는 제안하는 알고리즘의 최대 위치 오차가 25cm, 43cm 이내로 제한된다. 제안하는 알고리즘의 정밀도 향상은 각각 최소 52%, 45% 이내임을 알 수 있다. Songxiang Yang 외 3명의 결과와 같이 본 연구에서도 이동 길이가 길어질수록 오차가 누적되어 오차가 커지게 되는 문제가 발생한다. 향후 연구에서는 사용자가 이동함에 따라 변하는 지역 패치의 스케일 및 각도 변화를 파악하여 실시간으로 사용자의 위치를 파악하는 알고리즘의 개발을 진행하고자 한다. 또한 표 1에서와같이 본 논문에서 제안한 알고리즘의 위치 측정 목표는 10% 오차율이 측정되도록 할 예정이다.

VI. 결론

본 연구에서는 AR글래스를 활용한 실시간 캐릭터 트래킹을 개발한다. 실시간 캐릭터 트래킹은 특정하지 않은 공간을 가상 캐릭터가 이동하면서 안내를 해야

하기 때문에 일반적인 마커 기반 AR로는 불가능하다. 이를 대체하기 위해서 디지털 트윈 기술을 기반으로 하는 마커리스 AR 시스템을 개발하였다. 공간 재채 생성을 위해서 라이다 또는 SLAM을 활용한 버텍스 컬러 획득, 포인트 클라우드의 메쉬 변환을 이용한 콜리전 생성, 오브젝트의 실제 이미지를 텍스처로 덧붙이는 과정을 거쳐 공간의 3D 맵을 생성하고, 이러한 디지털 트윈을 기반으로 Occlusion과 경로 계산을 시행하는 마커리스 AR을 구현하였다. 실험 결과 기존의 위치 기반 마커리스 기법과 비교해서 성능 시뮬레이션을 통해 제안한 Nreal 알고리즘이 포지셔닝 측면에서 향상되었음을 보여준다. 구현된 마커리스 AR은 AR글래스 및 기타 모바일 증강현실 디바이스에서 실시간 AR 환경 구성을 가능하게 하여 여수박물관, 순천시 잡월드, 순천만 정원박람회 등 관광지에서 캐릭터를 이용한 내비게이션 시스템을 구현하는 것이 가능하다.

『이 논문은 2022년 순천대학교 교연비 사업에 의하여 연구되었음.』

References

- [1] R.T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality," *Teleoperators and Virtual Environments*, Vol.6, No. 5, pp. 355-385, 2006.
- [2] K.W. Chio, D.U. Jung, S.H. Lee, and J.S. Choi, "Interaction Augment Reality System using a Hand Motion," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 15, No. 4, pp. 425-438, 2012.
- [3] T. Nilsen, J. Looser, "Tankwar Tabletop War Gaming in Augmented Reality," *Proceedings of 2nd International Workshop on Pervasive Gaming Applications*, pp. 86-91, 2005.
- [4] G.Y. Seo. "A Study on the Utilization Methods of Educational Content Based on the Analysis of Mobile Games," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 14, No. 2, pp. 125-134, 2013.
- [5] M. Choe, "Consideration of the Expression Characteristics of Playing Concept in Children

- Museum Exhibition for Improving Education Effect”, vol.- no.14, 2015.
- [6] AR; <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%A6%9D%EA%B0%95%ED%98%84%EC%8B%A4>
- [7] WebXR Device API explainer, <https://immersive-web.github.io/webxr/explainer.html>
- [8] Openxr , <https://kr.khronos.org/news/press/2020/07>
- [9] R. Martinez-Cantin and J. A. Castellanos, “Unscented SLAM for large-scale outdoor environments,” *Proc. of the IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems*, pp 328-333, 2005.
- [10] J. Kim, C. Park, I. Kweon, “Vision-based navigation with efficient scene recognition,” *Journal of Intelligent Service Robotics*, Vol.4, 2011.
- [11] A. Davison, “MonoSLAM: Real-Time Single Camera SLAM,” *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.29, 2007.
- [12] S. Yang, L. Ma, S. Jia and D. Qin, "An Improved Vision-Based Indoor Positioning Method," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 26941-26949, 2020.

저자 소개



심현(Hyun Sim)

2002년 순천대학교 컴퓨터과학과 졸업(이학석사)

2009년 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(이학박사)

2020년~현재 순천대학교 스마트농업전공

2021년~현재 순천대학교 산학협력단 부단장

2021년~현재 순천대학교 공동훈련센터 센터장

2021년~현재 디지털트윈스마트시티연구소 소장

※ 관심분야 : 디지털트윈, 인공지능, 교육콘텐츠

