

A Study on Improving the Visual and Acoustic Environment in Virtual Space by the Use of ResNet to Increase Spatial Sense

가상공간에서 ResNet을 활용한 공간감 증대를 통한 시각 및 음향 환경 향상에 관한 연구

Ga Eun Park¹, Seong Geon Bae²

박가은¹, 배성근²

¹ Student, School of ICT Convergence Engineering, Kangnam University, South Korea, venimare@gmail.com

² Professor, School of ICT Convergence Engineering, Kangnam University, South Korea, sgbae@kangnam.ac.kr

Corresponding author: Ga Eun Park

Abstract: To maximize the user immersion and experience in a virtual space environment, visual and acoustic effects must play a pivotal role. However, there are opinions that the quality level of visuals and sound is lower than offline due to a lack of realism online or poor sound quality. It is necessary to provide realistic effects in a virtual environment system to accurately identify the indoor and outdoor space within the virtual space and increase the sense of reality through interaction according to the user movement. To this end, research should be conducted to increase the accuracy of identifying the indoor and outdoor environment in the virtual space. The accuracy of the obtained results can be enhanced by utilizing indoor and outdoor identification methods based on the object count within the Common Objects in Context (COCO) DataSet and the existing algorithm. Therefore, this study solves the problem of the accuracy of virtual space characteristics through the number of objects and the revision of the existing algorithm. This aims to suggest the direction of change for the construction of a new space by learning the characteristics of objects in the future, making them data, and allowing the identification of objects other than the DataSet used.

Keywords: Virtual Space, YOLOv5, ResNet, Indoor and Outdoor, Accuracy, Immersive

요약: 가상공간 환경에서 사용자의 몰입과 경험을 극대화하기 위해서는 시각적, 음향적 효과가 핵심적인 역할을 해야 한다. 하지만 온라인상에서 현장감이 부족하거나, 음질이 떨어져 시각 및 음향의 질적 수준이 오프라인에 비해 떨어진다는 의견이 존재한다. 가상 공간 내에서 실내외를 정확히 식별하여 사용자의 움직임에 따라 상호작용을 통해 현실감을 높이기 위해 가상환경 시스템에서 현실적인 효과를 제공할 필요가 있다. 이를 위해서는 가상공간에서의 실내외 환경 식별 정확도를 높이기 위한 연구가 진행되어야 한다. COCO DataSet 내 객체 수에 따른 실내외 식별 방법과 기존 알고리즘을 수정한 실내외 식별 방법에 따른 실내외 식별 방법을 통해 결과값에 대한 정확도를 향상할 수 있다. 이에 본 연구에서는

Received: October 04, 2023; 1st Review Result: November 08, 2023; 2nd Review Result: December 11, 2023
Accepted: January 25, 2024

객체 수 및 기존 알고리즘 수정을 통한 가상공간 특성의 정확도 문제를 해결한다. 이는 향후 객체의 특징을 학습하여 데이터화 시키고 사용 DataSet 이외의 객체들을 식별할 수 있게 하여 새로운 공간 구축을 위한 변화의 방향을 제시하고자 한다.

핵심어: 가상 공간, YOLOv5, ResNet, 실내와 실외, 정확도, 몰입감

1. 서론

메타버스란 현실과 가상이 합쳐진 초월을 의미하는 메타(meta)와 세계를 의미하는 Universe에서 verse를 합성한 합성어로 현실의 나를 대리하는 아바타를 통해 일상 활동과 경제생활을 영위하는 3D 기반 가상 세계이다. 가상 환경 내에서의 일상 활동과 경제생활은 현실과 분리된 것이 아닌, 현실의 연장선상에서 일어나는 행위가 포함되며 현실 세계가 가상공간과 결합하여 마치 현실이 가상공간으로 확장된 것을 의미한다[1]. 최근 사회의 급격한 발전으로 일상에서 문화적, 예술적 환경의 질적 수준이 향상되었다[2]. 또한 코로나 19로 인해 비대면 활동으로 대체됨에 있어 온라인상에서 현장감이 부족하거나, 음질이 떨어져 시각 및 음향의 질적 수준이 오프라인에 비해 떨어진다는 의견이 존재한다. 이로 인해 AR, VR 등 디지털 기술의 결합과 같은 고화질 시각적 기술과 대면에서의 높은 음질에 대한 음향적 기술이 요구되고 있다[3]. 가상 공간에서 가상 세계를 경험할 수 있는 능력을 구축하기 컴퓨터 비전은 시각적으로 필수적인 역할을 한다[4]. 공간감을 제공하는 콘텐츠에서 영상과 음향은 유기적인 작용을 통해 체험자에게 몰입도와 현장감을 극대화할 수 있다[5]. 또한 가상 공간에서 공간 음향을 통합하면 더 높은 수준의 현장감을 경험할 수 있으며 몰입형 환경 개발에 소리를 인식하는 것이 중요하다[6].

또한 일상 생활에서 메타버스의 도입은 현대 생활에 빠르게 이루어지고 있으며, 메타버스의 활용은 급속한 변화를 겪고 있다[7]. 화상회의, 재택근무, 원격수업, 모바일 쇼핑 등 온라인을 통한 일상과 업무 활동이 일반적 모습이 되었으며 비대면 활동, 로블록스의 상장 등 사회적인 환경이 변화하면서 문화산업을 포함한 모든 산업 분야에서 메타버스가 가장 주목받는 키워드가 되었다[8]. 가상현실과 증강현실을 포함한 다양한 기술이 현실 세계와 디지털 세계를 융합시키는 새로운 경험을 제공하고 있다. 이에 따라 사용자들의 실감적 사용자 경험을 위한 시각 및 음향 효과에 대한 요구가 증가되고 있다. 시각적 효과와 음향적 효과를 통해 가상 환경에서 사용자의 몰입감과 경험을 극대화하는 핵심적인 역할을 수행한다. 가상 공간 내에서 실제 세계와 유사한 환경을 재현하고, 사용자의 움직임과 상호 작용에 따라 시각적 및 음향적 변화를 제공함으로써 현실감 있는 경험을 제공할 수 있다. 또한 실내와 실외에 따른 사용자의 움직임에 따라 시각 및 음향적 효과를 제공해 상호작용을 함으로써 존재감, 사실감 등을 전달할 수 있으며 이는 현실감을 높이기 위해 가상환경 시스템에서 필수적이다[2].

기존 연구에서는 실제 공간 내에서 실내와 실외 환경을 식별하는 실내외 위치 식별 메커니즘을 제안하고, 이를 스마트폰에 적용하여 3차원 지오펜스를 구현했다[9]. 기존의 위치 추적이 아닌 위치 인식에 주된 초점을 가지고 있다는 점에서 아이디어를 얻었으며 가상 공간 내에서의 실내와 실외 환경을 식별하는 위치 알고리즘을 제안하고자 한다.

연구를 진행하는데 앞서 가상 공간 내에서 실내와 실외 환경을 구분하는 연구를 진행했으며 비현실적인 가상공간의 식별 과정으로 인하여 정확도가 낮게 나타났다. 이는 실내와 실외 객체 감지, 감지 객체 수 등의 다양한 요인들로 인한 식별에 대한 어려움을 유발하여 정확도가 저하되었다. 본 논문에서는 YOLOv5 환경에서 ResNet을 활용하여 여러 가지 요인에 따라 가상 공간 내에서 실내와 실외 환경 식별의 정확도를 향상시키고, 이에 따른 시각 및 음향적 효과를 적용하는 방법을 제안한다. 이를 통해 이전 연구에서 발생한 식별에 대한 정확도 문제를 극복하고 더 나은 결과 모색을 통해 사용자의 몰입감을 높이고 현실감 있는 경험을 제공하는 것을 목표로 한다.

2. 기존 연구

기존 연구에서는 3차원 지오펜스를 위해 실내외 위치 식별 메커니즘을 제안하고, 이를 스마트폰에 적용하여 3차원 지오펜스를 구현했다 [9]. 실내외 위치 식별 알고리즘에서 실내외를 구분할 수 있지만 모호한 부분에 있어서 구분이 명확하지 않다. 이를 개선하여 APGC(Access Point Grouping Context)알고리즘을 제안했다. APGC 알고리즘의 핵심은 우선 순위와 차기 순위 그룹이 생성되어 실내로 식별하며, 차기 신호 그룹이 생성되지 않는 곳을 실외로 식별한다. 이는 애매모호한 상황에 대해 실내외를 정확히 식별할 수 있었다. 이러한 알고리즘은 위치 추적에 초점을 맞춘 것이 아닌 위치 인식에 주된 초점을 둔다는 점을 통해 가상 공간에서의 실내외 위치를 식별하는 방법을 모색하고자 한다.

본 연구에서는 YOLOv5와 같은 컴퓨터 비전 기술을 활용해 가상 공간 내 사용자의 움직임과 시각 정보 처리에 따라 실내외 위치를 식별하고 결과에 따라 시각 및 음향적 효과를 적용한다. 식별하는 과정에서 가상 공간에서의 정확도가 낮게 나타났으며 이는 객체 감지 횟수 비교 방법, COCO DataSet 내 객체 수에 따른 요인들로 인해 식별 정확도가 저하될 가능성이 존재한다. 따라서 본 연구에서는 기존의 한계를 극복을 위한 가상 환경에서의 정확도를 향상시키는 방법을 모색하고자 한다. 본 연구의 가설은 실내 및 실외 사물 식별 정확도를 개선함으로써 식별의 정확도에 따라 가상 환경에서 사용자의 몰입감을 높일 수 있다는 것이다. 정확도를 개선하는 방법으로는 COCO DataSet 내 객체 수, 실내와 실외 객체 감지 및 식별 방법 등의 요소를 고려하여 정확도를 측정한다. 이 가설은 가상 공간 내에서의 정확도 개선을 통해 최적화된 시각 및 음향적 효과를 제공하여 사용자의 몰입감 향상과 밀접한 관련이 있을 것으로 기대한다. 이전 연구들에서 정확도가 제한되었던 결과를 고려할 때, 정확도 향상이 가상 환경에서 사용자의 체감 몰입감을 향상시킬 수 있는 관점에서 유의미하다고 가정한다.

3. ResNet 기반 실내외 식별 정확도 향상

이번 연구에서는 가상 공간 내 존재하는 물체들의 형태가 인식하는데 있어 어려움이 존재하는지에 따라 현실적인 가상공간과 비현실적인 가상 공간으로 나뉘어서 연구를 진행했다. 본 논문에서는 객체의 형태 및 크기에 따른 정확도 변화에 영향을 받지 않기 위해 현실적이면서도 비현실적인 객체가 혼합된 가상 공간에서 진행도록 했다. 혼합된 가상 공간으로는 ‘제페토(zepeto)’로 선정하여 [그림 1]과 [그림 2]와 같이 직접 플레이한 영상을 실험에 사용했다. [그림 1]과 [그림 2]는 각각 제페토 내 실내와 실외를 플레이한

영상의 일부 장면으로 COCO DataSet 내에서 선정한 객체가 1회 이상 출연하도록 영상을 촬영했다.이전 연구와 같이 해당 가상공간의 실내와 실외에 해당하는 객체를 감지하여 실내와 실외를 구분해 시각 및 음향적 효과를 출력한다. 실내와 실외를 식별하는 정확도를 높이는 기준으로 COCO DataSet 내 객체 수, 실내와 실외 객체 감지 횟수 비교 방법에 따라 측정한다.



[그림 1] 실험에 사용된 제페토 실내 플레이 영상의 한 장면

[Fig. 1] A Scene from the Zepeto Indoor Play Video used in the Experiment



[그림 2] 실험에 사용된 제페토 실외 플레이 영상의 한 장면

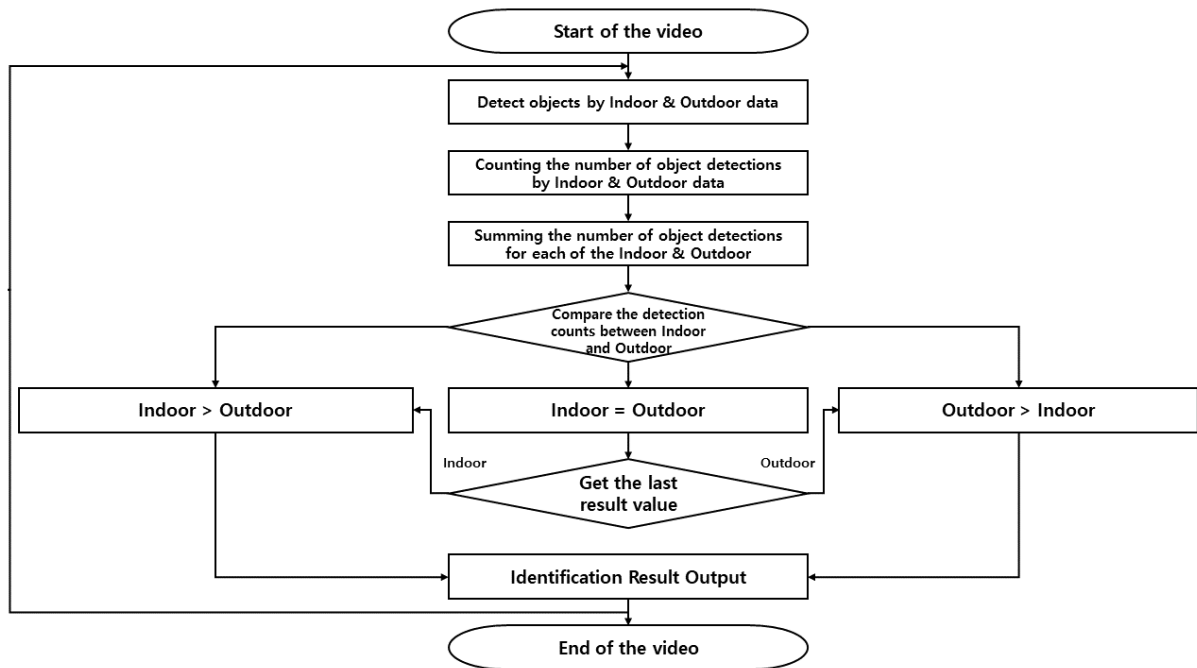
[Fig. 2] A Scene from the Zepeto Outdoor Play Video used in the Experiment

[표 1] 객체 수에 따른 COCO 데이터셋 분류

[Table 1] COCO Dataset Classification According to Object Count

Data	Indoor	Outdoor
Minimized	bed, television, oven, refrigerator	bicycle, car, motorcycle, bench
Average	bed, television, oven, refrigerator, couch, microwave, toilet, laptop	bicycle, car, motorcycle, bench, bus, train, truck, traffic, light
Maximized	bed, tv, oven, refrigerator, dining table, toilet, laptop, mouse, remote, keyboard, microwave, toaster, sink, book, clock, vase, bottle, couch, potted plant	bicycle, car, motorcycle, airplane, bus, train, truck, boat, traffic light, fire hydrant, stop sign, parking meter, bench, frisbee, skis, snowboard, kite, skateboard, surfboard

COCO DataSet 내 객체 수에 따른 정확도 비교를 위해 [표 1]과 같이 COCO DataSet을 4개의 데이터로 이루어진 Minimized, 8 개의 데이터로 이루어진 Average, 19 개의 데이터로 이루어진 Maximized로 COCO DataSet을 분류하여 사용했다.



[그림 3] 정확도 향상을 위한 실내외 식별 알고리즘

[Fig. 3] Indoor and Outdoor Identification Algorithms to Improve Accuracy

본 연구에서는 [그림 3]과 같이 비디오를 입력 받아 실내와 실외 데이터에 대한 객체를 감지한다. 감지한 횟수를 집계하고 실내와 실외 각각의 감지 횟수를 합산한다. 합산한 두 감지 횟수를 비교하여 실내 객체 감지 횟수가 실외 객체 감지 횟수보다 클 경우에는 실내로 식별하여 해당하는 시각 및 음향적 효과를 제공한다. 실외 객체 감지 횟수가 실내 객체 감지 횟수보다 클 경우에 실외로 식별하여 해당하는 시각 및 음향적 효과를

제공한다. 실내와 실외의 객체 감지 횟수를 비교했을 때 값이 같을 경우 식별 불가로 판단하지 않고 1초 간격으로 식별을 진행하도록 설정해 직전 식별 결과값을 제공하게 됨으로 직전값이 실내일 경우에는 실내 결과값을, 실외일 경우에는 실외 결과값을 출력하도록 알고리즘을 구성하여 진행한다. 영상 진행 1초 간격으로 식별을 진행함으로써 사용자의 움직임에 따른 객체 인식 및 실내외 식별을 계속해서 진행한다. 이는 환경 및 객체에 따른 변화를 즉각적으로 반응할 수 있도록 한다.

4. 실험 및 결과



[그림 4] 실험에 적용된 제페토 실내 결과 영상의 한 장면

[Fig. 4] A Scene from the Zepeto Indoor Results Video applied to the Experiment



[그림 5] 실험에 적용된 제페토 실외 결과 영상의 한 장면

[Fig. 5] A Scene from the Zepeto Outdoor Results Video applied to the Experiment

[그림 4]와 [그림 5]는 실험에 적용된 실내와 실외에 따른 결과 영상의 일부 장면이다. 시험에 사용된 영상은 실내와 실외에서의 플레이 시간을 5:5 비율로 설정했다. 가상 공간 내 환경이 실내일 경우 엷지를 강조해주며 해당 객체의 음향적 효과를 주어주며 실외일 경우 블러 처리를 주고 해당 객체의 음향적 효과를 주게 된다. [그림 4]를 보면 배치되어

있는 객체들을 인식해 실내와 실외의 객체 감지 수를 비교하여 객체 수가 많은 실내로 판별하게 된다. 실내로 판별된 영상은 엣지가 강조되며 인식되는 해당 객체의 음향을 출력하고 있다. [그림 5]를 보면 배치되어 있는 객체들을 인식해 실내와 실외의 객체 감지 수를 비교하여 객체 수가 많은 실외로 판별하게 된다. 실외로 판별된 영상을 블러 처리를 통해 시각적 효과를 주며 인식되는 해당 객체의 음향을 출력하고 있다. [그림 4]에서 [그림 5]로 넘어가는 장면에서 식별 결과가 실내에서 실외로 변경되며 실외 효과가 출력되며 [그림 5]에서 [그림 4]로 넘어가는 장면에서 식별 결과 또한 실외에서 실내로 변경되며 실내 효과가 출력된다.

[표 2] COCO DataSet 객체 수에 따른 실내 식별 정확도

[Table 2] Accuracy of Indoor Identification by Number of COCO DataSet Objects

	Minimized	Average	Maximized
Accuracy	77.57%	85.28%	93.25%

[표 3] COCO DataSet 객체 수에 따른 실외 식별 정확도

[Table 3] Accuracy of Outdoor Identification by Number of COCO DataSet Objects

	Minimized	Average	Maximized
Accuracy	73.57%	83.63%	85.01%

[표 2]는 COCO DataSet 내 객체 수에 따른 실내에서의 식별 정확도이며 [표 3]은 COCO DataSet 내 객체 수에 따른 실외에서의 식별 정확도이다. [표 2]에 따르면 Minimized에서의 정확도는 77.57%, Average에서의 정확도는 85.28%, Maximized에서의 정확도는 93.25%로 객체 수가 늘어날수록 정확도가 높아지는 것을 볼 수 있다. [표 3]에서도 Minimized에서의 정확도는 73.57%, Average에서의 정확도는 83.63%, Maximized에서의 정확도는 85.01%로 객체 수가 늘어날수록 정확도가 높아지는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과에 따라 DataSet 내 객체 수에 따라 정확도가 달라진다는 점을 알 수 있었으며, 객체 수가 늘어날수록 정확도가 높아진다는 것을 알 수 있다.

[표 4] 수정된 알고리즘에 따른 실내 식별 정확도

[Table 4] Accuracy of Indoor Identification according to the Modified Algorithm

	Before the modification	After the modification
Accuracy	77.57%	92.96%

[표 5] 수정된 알고리즘에 따른 실외 식별 정확도

[Table 5] Accuracy of Outdoor Identification according to the Modified Algorithm

	Before the modification	After the modification
Accuracy	73.57%	87.65%

[표 4]는 수정된 알고리즘을 적용시켜 실내를 식별한 정확도이며 [표 5]는 수정된 알고리즘을 적용시켜 실외를 식별한 정확도이다. [표 4]에 따르면 알고리즘 수정 전의 정확도는 77.57%이며 알고리즘 수정 후의 정확도는 92.96%이다. 알고리즘을 수정한 후 실내 식별 정확도가 향상된 것을 볼 수 있다. [표 5]에서도 알고리즘 수정 전의 정확도는 73.57%이며 알고리즘 수정 후의 정확도는 87.65%로 실외 또한 알고리즘을 수정한 후 식별 정확도가 향상된 것을 볼 수 있다. 이는 수정된 알고리즘을 적용하기 전의 식별 결과 값은 식별 불가 또는 식별을 진행하지 않았다면 수정된 알고리즘을 적용한 후의 식별 결과 값은 직전 식별 결과 값을 결과 값으로 출력하여 식별하여 정확도가 향상되었다는 점을 알 수 있다.

실험을 통해 COCO DataSet 내 객체의 수가 증가함에 따라 정확도가 향상되었다는 결과를 확인할 수 있다. 또한 수정한 알고리즘을 적용함으로써 실내외에서의 식별 정확도가 향상되었다. 그러나 실험 도중에 가상 공간 내에서 감지된 객체의 형태가 모델이 학습하지 않은 형태로 나타날 때, 객체를 인식하지 못하는 경우가 발생한다. 해당 모델의 일반화 능력에 대해 고려해 다양한 형태와 환경에서의 객체 인식을 강화하기 위해서는 더 다양한 학습 데이터셋을 활용하여 모델을 훈련하는 접근이 필요하다. 또한, 실험 결과에서 나타난 위치 불일치 문제 또한 식별 정확도에 영향을 미치는 요소로 확인되었다. 가상 객체의 위치를 정확히 식별하기 위해서는 위치 정보를 더욱 정확하게 획득할 수 있는 식별 알고리즘의 개선과 정확한 객체 분류가 필요하다. 추후 실험 결과를 토대로 모델의 일반화 능력을 강화하고 위치 정보에 대한 정확성 향상을 위한 추가적 연구를 통해 실내외 식별 정확도를 향상할 예정이다.

5. 결론

최근 사회의 급격한 발전과 COVID-19로 인해 온라인상에서 문화예술 환경의 질적 향상과 시각적 음향의 질적 향상을 경험하고자 하는 수요가 점차 증가하고 있다. 또한 일상생활에서 메타버스의 도입은 빠르게 이루어지고 있으며 급격한 변화를 겪고 있다. 시각적 효과와 음향적 효과는 가상 환경에 대한 사용자의 몰입과 경험을 극대화하는 주요한 역할을 한다. 이는 현실 세계와 유사한 환경을 재현하고 사용자의 움직임과 상호작용에 따라 실감나는 경험을 제공한다는 것을 의미한다. 이러한 경험을 위해서는 실내외 공간을 정확하게 식별하여 시각 및 음향적 효과를 사용자에게 제공할 필요가 있다.

본 연구를 통해 가상 공간에서 실내외를 식별하는데 있어 사용자에게 시각 및 음향적 효과를 제공하기 위해 정확도를 향상시키는 연구를 진행했다. 제안한 연구 방안을 통해 실내일 때 4개의 데이터에서의 정확도는 77.57%, 8개의 데이터에서의 정확도는 85.28%, 19개의 데이터에서의 정확도는 93.25%가 나왔다. 또한 실외일 때 4개의 데이터에서의 정확도는 73.57%, 8개의 데이터에서의 정확도는 83.63%, 19개의 데이터에서의 정확도는 85.01%가 도출되었다. 이러한 연구 결과를 통해 COCO DataSet 내 객체 수가 많을수록 실내와 실외를 식별하는 정확도가 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 또한 실내와 실외를 식별하는 데 있어 감지 횟수가 같을 경우 식별 불가로 판단하는 것이 아닌 직전 식별 결과값을 제공하도록 알고리즘을 수정하였다. 실내일 때 알고리즘 수정 전의 정확도는 77.57%가 나왔다면 수정 후의 정확도는 92.96%로 나타났다. 실외일 때 알고리즘 수정

전의 정확도는 73.57%가 나왔다면 수정 후의 정확도는 87.65%로 나타났다. 이러한 연구 결과를 통해 수정된 알고리즘을 적용하였을 때의 식별 정확도가 높게 나타나는 것을 알 수 있다.

가상 공간 내에서는 다양한 형태와 비현실적인 크기의 객체들이 존재한다. 이러한 특성으로 인해 객체 인식에 어려움을 야기할 수 있으며 이는 실내와 실외 식별 정확도를 감소시킬 수 있다고 판단된다. 향후 연구를 통해 가상 공간 내에 존재하는 다양한 형태와 크기의 객체를 인식하는 정확도를 개선하여 알고리즘을 보완하고자 한다. 또한 가상 공간을 구성하는 가상 객체가 어떻게 배치되어 있는가에 따라서 사용자의 몰입감이나 상호작용 수준이 달라질 수 있다 [10]. 향후 연구에서 가상 공간 내에서 실내외 공간을 식별하고 객체의 특징을 학습하여 데이터화 시키고 COCO DataSet 이외의 객체들 또한 식별할 수 있도록 한다. 데이터화된 특징을 통해 특정 공간 구성하고 그에 따른 객체의 형태를 변형시키는 것을 목표로 한다.

References

- [1] S. Y. Go, H. G. Jung, J. I. Kim, Y. T. Shin, Concept and Development Direction of the Metaverse, Korea Information Processing Society Review, (2021), Vol.28, No.1, pp.7-16.
- [2] J. M. Lee, Y. Hwang, Sound Rendering Techniques for Virtual Reality, Journal of the Korean Society for Precision Engineering, (2004), Vol.21, No.11, pp.25-30.
- [3] S. Choi, M. Chang, Exploring the possibility of development of online performances in the post-corona era: Seoul Philharmonic Orchestra 'Danzas húngaras,' National Orchestra of Korea 'Samsamorock,' Musical 'The Last Empress', Journal of Cultural Industry Studies, (2022), Vol.22, No.1, pp.11-19.
DOI: 10.35174/JKCI.2022.03.22.1.11
- [4] K. G. Nalbant, Ş. Uyanik, Computer Vision in the Metaverse, Journal of Metaverse, (2021), Vol.1, No.1, pp. 9-12.
- [5] S. Oh, J. Han, Composition of Spatially Perceptible Sound in an XR Twin-based Environment, Journal of the Korea Institute of Spatial Design, (2021), Vol.16, No.8, pp.451-460.
DOI: 10.35216/kisd.2021.16.8.451
- [6] S. Poeschl-Guenther, K. Wall, N. Döring, Integration of spatial sound in immersive virtual environments: an experimental study on effects of spatial sound on presence, 2013 IEEE Virtual Reality (VR), IEEE, (2013)
DOI: 10.1109/VR.2013.6549396
- [7] B. Kye, N. Han, E. Kim, Y. Park, S. Jo, Educational Applications of Metaverse: Possibilities and Limitations, Journal of Educational Technology, (2021), Vol.10, No.2, pp.35-48.
DOI: 10.3352/jeehp.2021.18.3
- [8] J. Jung, N. Son, H. Kim, Case Studies of Cultural Contents Using Metaverse, Journal of Cultural Industry Studies, (2022), Vol.22, No.1, pp.201-213.
DOI: 10.35174/JKCI.2022.03.22.1.201.
- [9] Y.-H. Eom, Y.-K. Choi, S. Cho, B. Jeon, A Mechanism to Identify Indoor or Outdoor Location for Three-Dimensional Geofence, The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, (2016), Vol.16, No.1, pp.169-175.
DOI: 10.7236/JIIBC.2016.16.1.169
- [10] T. Im, J. Ryu, Y. Jung, The Effects of Social Interaction and Teaching Methods in the Metaverse Learning Environment on Presence and Interest Development, The Korea Educational Review, (2022), Vol.28, No.1, pp.167-189.
DOI: 10.29318/KER.28.1.7