

근거리 영상정보를 활용한 실감형 재난재해 대피 훈련 가상 현실 구현*

김두영¹ · 허정림² · 이진덕¹ · 방건준^{1*}

Implementation of virtual reality for interactive disaster evacuation training using close-range image information*

Du-Young KIM¹ · Jung-Rim HUH² · Jin-Duk LEE¹ · Kon-Joon BHANG^{1*}

요 약

드론 및 지상에서 촬영된 근거리 영상 정보는 3D 모델링 및 매핑 등을 통해 재해 저감 분야에 서 자주 사용되어 왔다. 게다가 실사와 같은 3D 모델을 이용하여 가상현실과 함께 대규모 재난재 해 상황을 모의할 수 있는 가상현실 구현 기술을 통해 그 활용도가 증가하고 있다. 본 논문에서는 무인 항공기 및 디지털 카메라 영상으로부터 실사와 같은 3D 모델을 추출하여 가상현실 훈련 프 로그램을 구현하였으며, 이 과정에서 발생하는 다양한 문제점과 가상현실을 재난재해 훈련 상황에 적용했을 경우의 효과에 대해 검토하였다. 먼저 재해 발생 상황의 시나리오를 만들고, 근거리 이미 지를 획득한 후 이미지 처리를 사용하여 3D 모델을 만들었으며, 완성된 3D 모델은 증강/가상현실 개발 프로그램인 Unity를 이용하여 가상현실의 배경으로 설정하고, 안드로이드 휴대폰을 위한 가 상현실 환경을 C# 기반 스크립트를 이용하여 생성하였다. 생성된 가상현실은 재해 발생 시, 훈련 자가 가상현실에서 대피 요령에 맞는 대피 경로를 따라 안전 장소까지 이동하는 시나리오를 포함 하고 있으며, 성공적으로 가상훈련이 가능할 것으로 판단되었다. 또 구성된 가상현실을 통한 훈련 은 비용, 공간, 시간적 효율성에 있어서 실제 대피 훈련보다 우위에 있는 것으로 확인하였다.

주요어 : 대피 훈련, 근거리 영상, 공간 정보, 가상 현실, 실감형

ABSTRACT

Close-range image information from drones and ground-based camera has been

2019년 03월 22일 접수 Received on March 22, 2019 / 2019년 03월 27일 수정 Revised on March 27, 2019 / 2019년 03월 27일 심사완료 Accepted on March 27, 2019

* 이 연구는 금오공과대학교학술연구비에 의하여 지원된 논문임.

1 금오공과대학교 토목공학과 Dept. of Civil Engineering, Kumoh National Institute of Technology

2 건국대학교 아시아시설물연구센터 Asia Infrastructure Research Center, Konkook University

* Corresponding Author E-mail : bhang.1@kumoh.ac.kr

frequently used in the field of disaster mitigation with 3D modeling and mapping. In addition, the utilization of virtual reality (VR) is being increased by implementing realistic 3D models with the VR technology simulating disaster circumstances in large scale. In this paper, we created a VR training program by extracting realistic 3D models from close-range images from unmanned aircraft and digital camera on hand and observed several issues occurring during the implementation and the effectiveness in the case of a VR application in training for disaster mitigation. First of all, we built up a scenario of disaster and created 3D models after image processing with the close-range imagery. The 3D models were imported into Unity, a software for creation of augmented/virtual reality, as a background for android-based mobile phones and VR environment was created with C#-based script language. The generated virtual reality includes a scenario in which the trainer moves to a safe place along the evacuation route in the event of a disaster, and it was considered that the successful training can be obtained with virtual reality. In addition, the training through the virtual reality has advantages relative to actual evacuation training in terms of cost, space and time efficiencies.

KEYWORDS : *Evacuation training, Close-range images, Spatial information, Virtual reality, Interactive*

서론

전 지구적으로 발생하고 있는 이상기후의 변화로 인해 예상하지 못한 지진, 산사태, 쓰나미 등 대형 자연재해 발생 빈도는 점점 높아지고 있으며, 그로 인한 피해의 심각성과 대책 방안에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한 최근 자연재해에 버금가는 수많은 대규모 안전사고들이 연달아 일어나면서 안전 불감증 문제와 대책 방안이 수면 위로 급부상하였다. 국내에서는 지난 10년간(2008-2017년) 발생한 자연재해 및 사회재난으로 인명피해 총 2,406명, 피해액이 총 21조에 달한다(Ministry of the Interior and Safety, 2017). 이에 최근 공공기관과 사업체에서 재난 대피훈련에 대한 관심과 필요성이 높아지고 있으며 분야별 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다.

국내의 경우, 가상현실 재난 교육 시뮬레이션에 관한 구체적인 기술을 검토하고 분석(Lee, 2018)하였으며, 소방교육·훈련(Chae, 2018), 홍수위 위험지도 제작(Song *et al.*, 2012), 그리고 지하공간 재난대피(Park and Seo, 2017),

어린이 재난안전 환경(Hwang and Park, 2018)이라는 각각 구체적인 재난상황을 주제로 다양한 가상현실 훈련방법을 제시하기도 하였다.

국외의 경우, 미국 국토안보부(DHS), 질병통제예방센터(CDC), 국립 보건원 및 국립과학재단을 비롯한 여러 정부 기관에서 인공지능 및 가상현실 프로그램을 기반으로 재난대비 및 대응을 위한 가상현실 기반 교육의 개발과 이점을 모색하고 있다. Hsu *et al.*(2013)는 가상현실 기반 재난대비 및 대응훈련에 관해 여러 응용 프로그램을 검토하고, 가상현실 훈련 플랫폼의 구현과 관련된 이점 및 한계점을 제시하였다. 또한 가상현실 훈련의 이점으로 비교적 저비용으로 가상현실 구축이 가능한 점과 즉각적인 반응과 피드백, 분석 및 조치 등이 가능함을 주장하였고, 한계점으로는 현실감 및 몰입감, 가상현실 플랫폼의 신뢰도, 시나리오 구성의 시간과 노력, 초기 개발 비용 등을 언급하여 가상현실 기반의 재난 교육 방식과 전통적인 재난 교육 방식 간의 비교 연구가 필요하다고 주장하였다. 또 3D 가상현실 시뮬레이션 훈련을 받은 그룹과 그렇지 않은 그룹으로 나누어 재난훈련에 미치는 영향을 조사하여 가상현실 시뮬레이션 훈

련의 중요성을 입증(Farra *et al.*, 2012)하였으며, 재난 대응을 위한 응급의학 교육을 VR로 제작(Andreatta *et al.*, 2010)하기도 하였다. 문화유산 및 고고학적 유적지의 사실적 VR 구현을 위한 개발 지침에서는 사실적 영상을 기반으로 하는 고품질의 3D 모델을 이용하여 용이하게 VR을 구현할 수 있는 방법을 제시(Bruno *et al.*, 2010)하기도 하였다. 그러나, 실제 VR을 구현하기 위한 기술은 아직 완벽하지 못해 융합 및 통합의 기술 진보가 필요함이 역설되기도 하였다(Durlach and Mavor, 1995). 이와 관련하여 영상에서 서로 다른 뷰 사이의 신뢰성 높은 일치율을 수행할 수 있는 방안이 연구(Lowe, 2004)되기도 하였고, 입체 영상을 생성하기 위한 영상기반의 렌더링 시스템의 개발(Zhang and Tam, 2005), 지형 측량에 사용되는 항공 영상으로부터 SfM을 사용하여 수직 정확도를 높이는 방법(Westoby *et al.*, 2012), 2D 및 3D 결과물의 개선을 위한 새로운 SfM 알고리즘 개발(Zheng and Woo, 2015) 등이 수행되었다.

본 연구는 금오공과대학교를 대상으로 드론 및 미러리스 카메라를 이용한 근거리 영상정보를 활용하여 3차원 공간정보를 제작하고, 이를 활용하여 재난재해 대피 시 모의 훈련이 가능한 가상현실 시스템을 구현하였고, 이때 발생할 수 있는 문제점 및 해결 방안을 고찰하였다. 또한 이미지 데이터를 기반으로 생성된 3D 모델이 실제 가상현실의 적용 적합성에 대해 분석하고, 기존의 재난 대피훈련과 비교하여 3차원 공간정보와 가상현실이 얼마나 재난 대피훈련을 효과적이지 비교하였다.

데이터 취득과 처리

가상현실 구현을 위해 재난재해 대피 시나리오를 만들어 연구대상 지역, 가상현실 구현방법, 대피경로 등을 설정하였다. 가상현실 시나리오의 배경은 최초 사용자의 위치인 금오공과대학교 글로벌관 2층의 연구실, 최종 사용자의 위치인 금오공과대학교 대운동장, 그리고 그 사이의

경로이다. 시나리오는 재난 상황이 발생하면 사용자는 최초의 위치에서 대피경로를 따라 안전 지역인 최종 위치로 이동하는 경로를 학습하는 내용이다. 가상현실 구현을 위한 모든 3D 모델은 디지털 카메라로 촬영된 근거리 영상을 기반으로 한다.

1. 근거리 영상 취득

영상은 가상현실 시나리오에 따라 구역을 나누어 각각의 공간 특성에 맞는 촬영 방법을 통해 수집하였다. 먼저 최초 사용자 위치인 금오공과대학교 글로벌관에서 실외로 나가는 부분은 지상사진촬영을 통해 영상을 취득하였으며, 이동경로와 안전지역인 대운동장까지는 드론을 이용한 항공사진촬영을 통해 영상을 취득하였다. 또한 실내는 총 5개의 구역으로 나누어 공간 구조를 효과적으로 잘 반영할 수 있도록 촬영하였고, 실외는 2개의 구역으로 나누어 드론 자동비행계획을 세워 촬영하였다.

1) 드론 영상 데이터 취득

항공촬영은 DJI사의 INSPIRE 1에 장착된 ZENMUSE X5 카메라를 사용하였다. 촬영범위는 글로벌관을 포함하여 글로벌관에서부터 대운동장까지의 경로로 설정하였다. 총 길이는 358m로 2회 촬영하였으며, 촬영 계획은 자동 맵핑 프로그램인 PIX4DCapture를 사용하여 4,608×3,456 크기 총 212장의 사진을 얻었다. 촬영방법은 그림 1과 같이 타원형으로 촬영하였으며 고도는 80m, 수평 촬영각은 4도 간격으로 촬영하여 중복도 80% 이상을 확보하였다. 첫 번째 촬영(그림 1(a))은 글로벌관에서 기숙사까지 중간 지점인 풋살장을 기준으로 촬영하여 112장의 사진을 얻었으며, 두 번째 촬영(그림 2(b))은 기숙사에서 대운동장까지 중간 지점인 대운동장 주차장에서 촬영하여 100장의 사진을 얻었다. 일반적인 지그재그(Zig-Zag) 방식의 비행경로의 경우, 카메라가 수직 방향을 향하고 있어 음영지역이 많이 발생하게 되며, 3D 모델 구축의 경우에도 상당히 많은 부분에서 시각 효

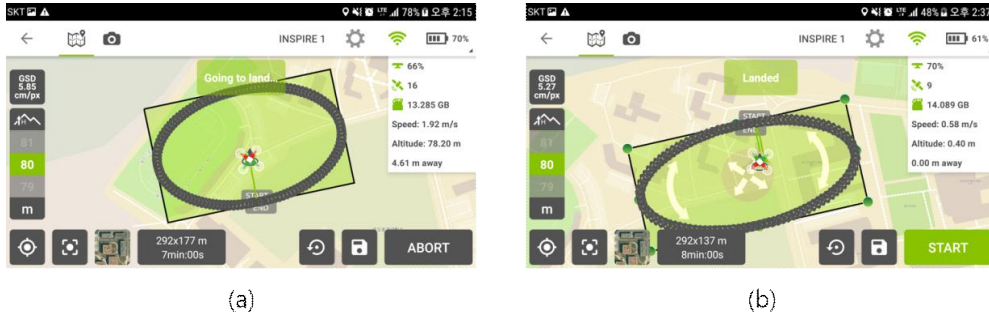


FIGURE 1. Settings of PIX4DCapture for collection of aerial photos

과가 감소하였다. 대안으로 카메라를 45도의 시각으로 설정한 후, 타원형 비행경로로 촬영을 실시하였으며, 타원형 비행경로가 지그재그 방식의 경로보다 3D 모델 구현의 완성도가 높았다. 타원형 비행경로의 단점으로는 영상의 공간 해상도가 달라 구축된 3D 모형은 가장 먼거리에서 촬영된 영상의 공간해상도보다 낮게 재구성되어 영상의 질이 다소 저하되는 점이다.

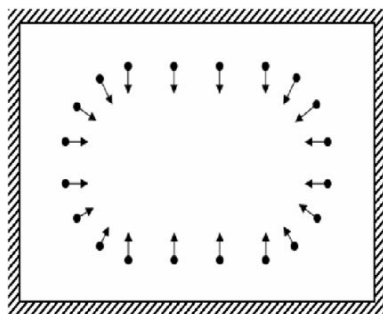
2) 지상 근거리 영상 데이터 취득

지상 카메라 촬영은 비슷한 공간구조를 가진 구역으로 촬영범위를 나누어 그림 2와 같이 구조에 맞는 방법으로 촬영하였다. 연구실 및 1층 복도, 실외 연결 구조 부분은 모두 박스형 직사각형 구조와 유사하여 그림 2(a)와 같이 촬영하였으며, 2층 복도와 계단은 폭이 좁고 길이가 긴 터널형 구조로 그림 2(b)와 같은 방법으로 촬영하였다. 촬영된 사진은 중복도 80% 이상

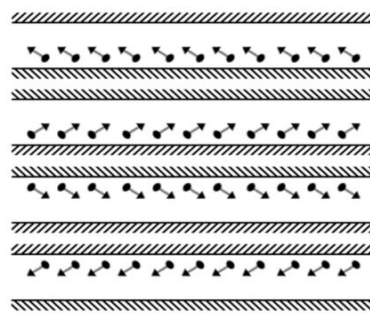
확보하도록 촬영하였고, 사진의 크기는 모두 4,912×3,264로 설정하여 촬영하였다. 지상 카메라 촬영은 SONY NEX-5R 디지털카메라 사용하였으며 표 1과 같이 총 439장 근거리 영상을 얻었다.

TABLE 1. Number of photos from hand-held camera

Section	Number of images
Surveying Lab.	96
Aisle on the 2 nd floor	155
Aisle on the 1 st floor	49
Stairs b/w 1st and 2 nd floor	44
Tunnel on the 1 st floor	95
Total	439



(a) Rectangular type



(b) Aisle type

FIGURE 2. Method of image capture according to the shape of aisles

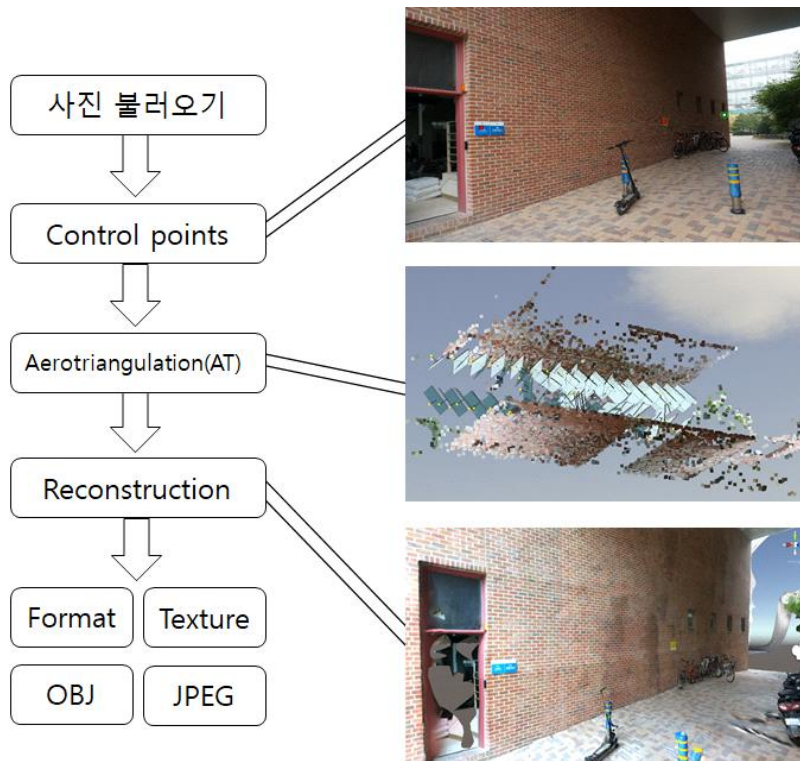


FIGURE 3. 3D modeling process with Bentley ContextCapture

2. 3D 모델링

3D 모델은 SfM 알고리즘 기반 3D 모델링 프로그램인 Bentley ContextCapture를 사용하여 생성하였다. 그림 3의 좌측 순서도는 ContextCapture를 이용한 3D 모델링 과정을 묘사하며 60~70% 중복도의 연속으로 촬영된 최소 3장 이상의 근거리 영상을 불러와 각 지점에 특징이 되는 부분에 동일한 위치에 최소 2개 이상의 Control Point를 입력하여 수동으로 사진을 정렬하였다. 수동으로 정렬된 이미지 데이터를 AT(Aerotriangulation) 처리 과정을 실시하여 서로 인접하고 중첩이 되어 있는 중복된 이미지 데이터들 사이의 겹쳐지는 타이 포인트(Tie point)를 자동으로 조정하였다. 이후 실제 3D 모델을 생성하는 작업인 Reconstruction 작업을 실행하여 원하는 범위를 지정한 후, 3D 메쉬 생성과 텍스처 렌더링 작업을 수행하여 최

종 3D 모델을 완성하였다. 최종 생성된 메쉬 포맷은 OBJ, 텍스처 포맷은 JPEG로 생성하였다.

3D 모델 생성과정에서 이미지 데이터가 많거나 넓은 범위의 작업을 수행할 경우, 작업 시간이 길어지고 3D 모델과 텍스처의 용량과 크기가 커져 3D 모델을 Unity에서 불러들이거나, 수정 및 편집이 어렵게 된다. 따라서 가상현실 시나리오 및 공간 구조 특징을 반영한 총 6개의 촬영 구역(표 3)으로 나누어 3D 모델링 작업을 수행한 후 이들을 접합하는 방식을 적용하였다. 각 구역별 이미지 데이터를 나누고 Control Point, Automatic Triangulation, Reconstruction 작업을 거쳐 3D 모델 공간을 생성하였으며, 각 구역은 다시 생성되는 공간정보(포인트 클라우드)의 양에 따라 각 구역을 그림 12와 같이 직육면체 형태의 타일(Tile)로 재분할하여 3D 모델링을 수행하였다. 최종 생성된 메쉬 포맷은 OBJ, 텍스처 포맷은 JPEG로 생성하였다.

3. 가상현실(VR) 제작

가상현실(VR)은 증가/가상현실 개발 프로그램인 Unity를 사용하였으며, Google VR SDK를 동시에 활용하였다. 표 2는 가상현실구현 환경이며 본 연구에서는 실제 사용자가 가상현실에 있는 1인칭 시점으로 설정하기 때문에 시점을 1인칭으로 설정하였다. 1인칭 시점 사용자의 주 카메라 시점, 즉 화면에 나타나는 카메라의 위치는 사람의 눈높이에 맞게 배치하였다. 사용자의 위치는 (0, 0, 0)으로 초기 가상현실 시나리오에 맞게 연구실에 위치하도록 하고 캐릭터 제어기(Character Controller) 요소를 추가하였고, 주 카메라는 사람의 눈높이에 맞게 Y = 1.7m로 설정하였다.

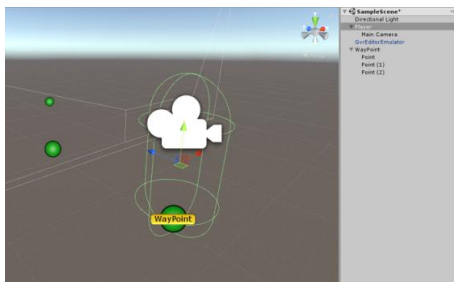
첫 단계로 먼저 빈 게임 오브젝트를 생성하고 이름을 'WayPoint' 로 변경한 후 위치를 사용자의 위치와 일치하게 (0, 0, 0)으로 설정하였다. 다음 또 하나의 빈 게임 오브젝트를 생성하고 이름을 'Point' 로 하여 WayPoint의 자식 오브젝트로 추가하였다. WayPoint 오브젝트는 사용자가 통과해야 하는 지점이므로 이동하려는 동선에 따라 여러 개 생성하였다. 그림 4의 (a)는 WayPoint와 여러 개의 Point 오브젝트를 생성한 것으로 초록색 볼이 Point 이동 경로가 된다. 사용자가 Point와 만나는 경우에는 다음 Point로 사용자의 위치를 이동시켜야 하기 때문에 그림 4의 (b)와 같이 사용자와 Point가 충돌했는지 판단하기 위해 Point에 구면체 충돌자

(Sphere Collider) 요소를 추가하고 Is Trigger를 체크해 주었다. 또한 충돌 시 Point라는 것을 알기 위해 Point에 'WAY_POINT'라는 Tag로 지정하였다.

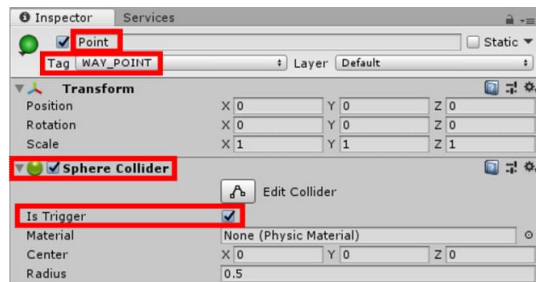
TABLE 2. Environment of VR implementation

Unity version	Unity 2018.2.11.f1
Android version	Android V4.4 Samsung Galaxy S6
VR Prefab	GoogleVRFor Unity_1.70.0
Platform development	SDK : AndroidStudio JDK : Java jdk1.8.0_191
Object	user WayPoint
Script	MoveCtrl

사용자의 이동은 첫 번째 Point를 향해 이동하다가 충돌이 발생하면 다음 두 번째 Point로 이동하는 스크립트 'MoveCtrl'을 생성하고 사용자 게임 오브젝트의 컴포넌트에 추가하여 재생 시 사용자가 대피경로에 따라 이동이 가능하게 구현하였다. 스크립트의 초기 변수로 부동소수점 데이터 타입의 이동속도와 회전속도를 정해주었으며, WayPoint를 저장할 배열을 생성하고 다음 이동해야 할 WayPoint의 인덱스 변수를 정수형 데이터 타입으로 지정해주었다. 현재 사용자의 위치와 이동할 WayPoint의 위치를 벡터의 마이너스 연산을 통해 이동할 방향벡터를 산출하고 해당 방향의 각도를 구한 후 회전값을 적용하여 부드럽게 회전하면서 전진 방향



(a) Deployment of WayPoint and Point



(b) Properties of Point

FIGURE 4. Creation of WayPoint and Point

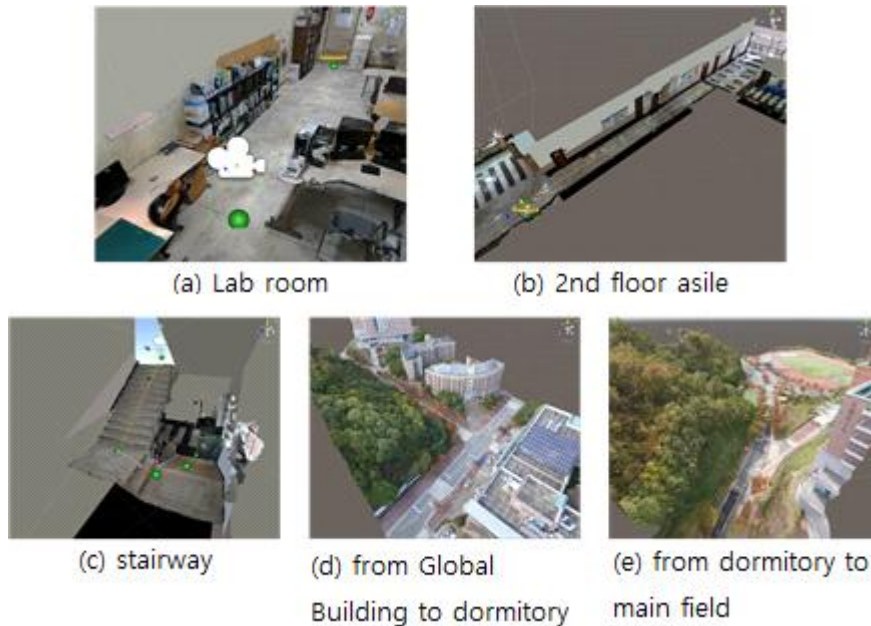


FIGURE 5. Deployment of 3D model and WayPoint after import

으로 이동하는 'MoveWayPoint' 함수를 생성하였으며, 함수에서 다음 위치로 이동 후 Point 오브젝트와 충돌하면 다음 점으로 이동할 nextIdx 변수를 1씩 증가시켜 사용자가 이동할 다음 위치 방향으로 회전 후 전진하는 'OnTriggerEnter' 함수를 생성하였다. 따라서 이 로직이 반복되면서 첫 번째 WayPoint에서 마지막 WayPoint까지 순차적으로 사용자를 이동하게 한다. 마지막으로 그림 5과 같이 생성된 3D 모델을 Import 후 가상현실 시나리오 경로에 따라 WayPoint를 배치하여 가상현실 환경을 구현하였다.

문제점 및 해결 방법

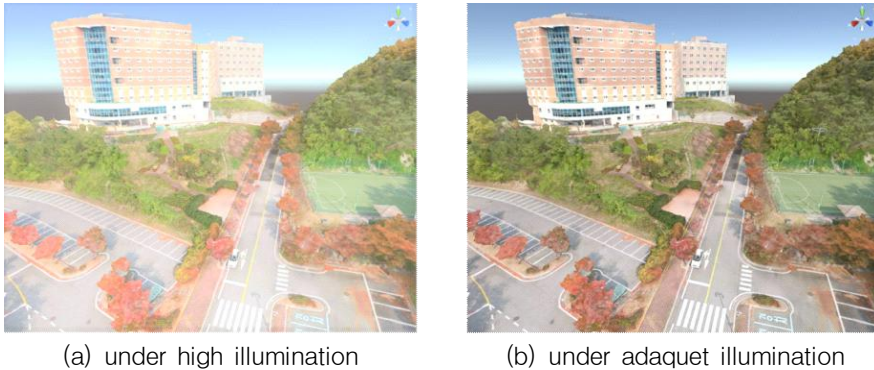
1. 3D 모델 생성

3D 모델 생성에 있어 영상의 조도는 결과물의 질과 밀접한 관련이 있다. 지상 카메라 촬영의 경우, 폐쇄된 실내의 조도는 비교적 일정하고 적당한 조명을 유지하고 있기 때문에 촬영된 영상의 질은 일반적으로 좋은 편이었다. 그러나

항공사진촬영의 경우, 태양광의 영향을 많이 받기 때문에 조도가 높은 경우 빛이 대기중의 먼지와 강한 산란작용을 일으켜 그림 6(a)과 같이 사진이 하얗게 나오는 현상이 발생하였다. 따라서, 일조량이 적절하고 영상의 질이 비교적 높은 맑은 오후 3시 경에 영상을 수집하여 그림 6(b)과 같이 3D 모델을 생성하였다. 또 사람, 차량과 같이 움직이는 물체가 많을 경우, 3D 모델 생성이 원활하지 못해 현실성이 떨어지고 실제 사물의 정보에 오류가 생겨 가상현실에서 필요 없는 3D 메쉬가 생성되므로 이를 최대한 고려하여 항공 촬영을 실시하였다.

3D 모델링에서 그림 8과 같이 특징점이 많은 영상들은 실제 사진과 비교해 보았을 때 매우 우수한 수준의 3D 모델이 생성된 반면 특징점이 없는 벽면, 천장은 그림 7와 같이 3D 메쉬가 생성되지 않고 구멍이 생긴 결과가 나타났다.

이를 보완하기 위해 3D 모델 수정 프로그램인 Pixologic사의 ZBrush2018 3D 그래픽 프로그램을 사용하였다. Zbrush에는 메쉬를 수정할 수 있는 많은 Brush가 있지만, 특히 3D 모



(a) under high illumination (b) under adaqueet illumination
 FIGURE 6. Comparison of 3D model results according to the amount of sunshine



(a) Image (b) 3D model
 FIGURE 7. 3D models from photos with sparse keypoints



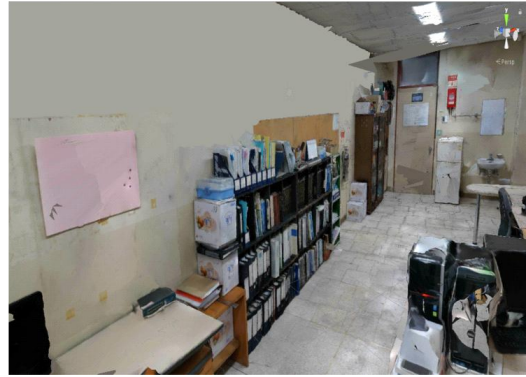
(a) Image (b) 3D Model
 FIGURE 8. 3D models from photos with dense keypoints

델 메쉬의 주된 형태는 면의 형태이므로 면 형태를 수정하기에 적합한 Move, Stitch, Hide, Smooth Brush를 사용하였다. 3D 메쉬 수정은 특징점이 없어 메쉬가 생성되지 않거나 메쉬의 구멍이 생긴 경우 Brush를 이용하여 수정 또는

새로운 메쉬를 생성하였다. 특히 특징점이 없어 대부분의 메쉬가 생략되어 만들어진 벽면, 천장, 바닥의 경우 연결된 면을 Hide Brush를 이용하여 모두 제거하고 깔끔한 새로운 면을 생성하여 수정하였다. Smooth Brush는 구불구불한 면을



(a) Before editing with Zbrush

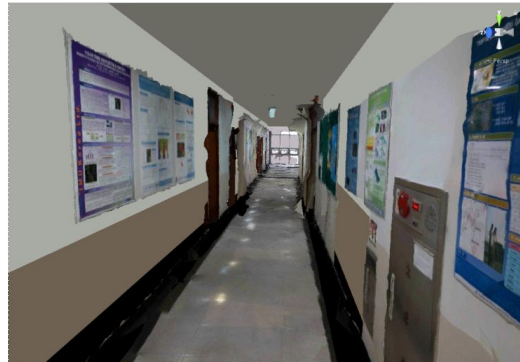


(b) After editing with Zbrush

FIGURE 9. Before and after modification of the 3D model for the lab. room



(a) Before editing with Zbrush



(b) After editing with Zbrush

FIGURE 10. Before and after of 3D models for 2nd floor aisle

평면으로 수정해 주는 기능으로 주로 일정한 무늬를 갖는 바닥에 사용하여 수정하였고 Move Brush는 메쉬를 원하는 방향으로 이동하게 해 주는 기능으로 주로 3D 모델 생성과정에서 잘못된 메쉬를 생성한 경우 원래의 위치에 맞게 이동시켜 수정할 수 있게 해준다. 또한 3D 메쉬 중 구멍이 생겨 생성된 경우 Stitch Brush를 이용하여 구멍을 채웠다(그림 9, 그림 10)

2. 3D 모델 구역화

3D 모델 생성과정에서 이미지 데이터가 많거나 넓은 범위의 작업을 수행할 경우, 작업 시간이 길어지고 3D 모델링과 Texture의 용량과 크

기가 커져 최종 3D 모델을 다른 프로그램으로 불러들이기, 수정 및 편집이 어렵거나 불가능하게 된다. 따라서 가상현실 시나리오에서 분류한 구역에 따라 총 6개의 구역으로 나누어 3D 모델링 작업을 수행한 후 이들을 접합하는 방식을 적용하였다. 각 구역별로 이미지 데이터를 나누고 Control Point, Automatic Triangulation, Reconstruction 작업을 거쳐 총 6개의 3D 모델 공간을 생성하였다. 그러나 여전히 구역 공간의 면적이 넓어 여전히 Mesh와 Texture 정보를 잘 구현하지 못해 각 구역을 직육면체 형태로 재분할하여 각 Tile을 3D 모델링 후 이들을 접합하였다. 표 3은 구역 및 Tile의 분할 정보를 나타내고 있다. 최종 생성된 Mesh 포맷은

TABLE 3. Section, tile, and number of photos

Section	Number of tiles	Number of photos
Surveying Lab.	21	96
Aisle on the 2 nd F.	13	155
Stairs and aisle on the 1 st F.	11	49
Tunnel	13	44
from Global Bldg. to dormitory	8	95
from dormitory to football field	19	439

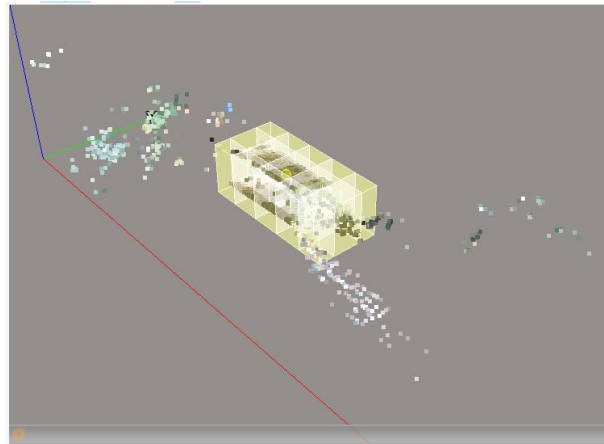


FIGURE 11. Division of sections into tiles

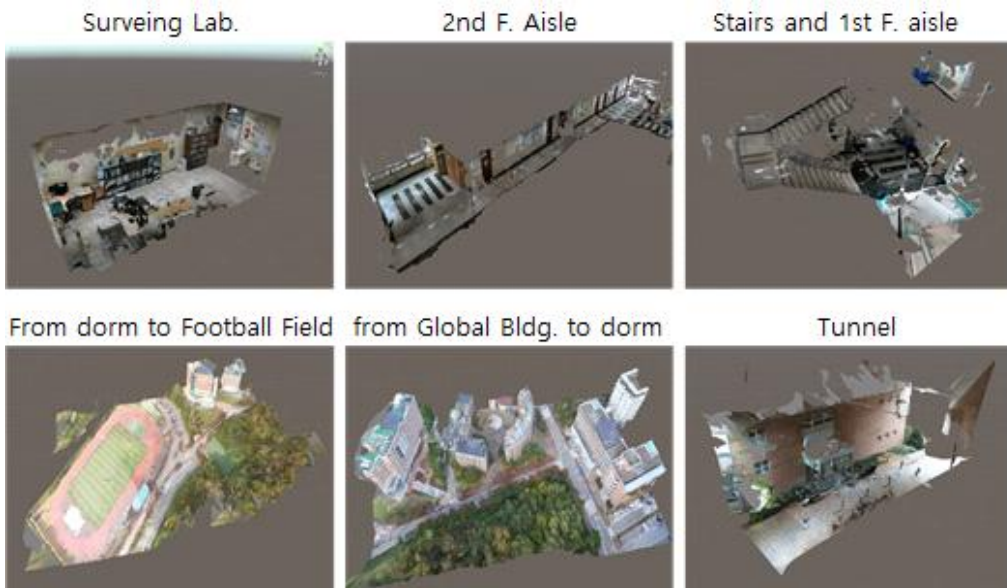


FIGURE 12. 3D models for each section

OBJ wavefront, Texture 포맷은 JPEG로 생성하였다.

이렇게 생성된 Tile들을 접합하여 구역화된 6개의 영역은 그림 12와 같다. 이들 각 구역은 Unity에서 프로그램의 실행에도 효율적으로 운영할 수 있게 해준다.

3. 가상현실(VR) 구현

3D 모델을 Unity에서 불러들여 가상현실을 작동할 때 몇 가지 문제점이 발생하였다. 첫째, 3D 모델 생성 시 가상현실 시나리오에 따라 구역을 나누어 총 6개의 3D 모델로 생성하여 가상현실의 배경으로 사용할 때 3D 모델에는 절대좌표가 없음으로 정확한 위치로 이동하기 어려웠다. 둘째, 각각의 3D 모델을 연결할 때 접합부에서 정확하게 연결하기 쉽지 않으며 또한 접합부에 생성된 3D 메시가 중복되어 가상현실의 시각적 효과를 저하시킨다. 셋째, 전체 3D 모델의 자료 크기가 방대해 가상현실에서 구동하면 버퍼링으로 원활하게 진행이 되지 않는다. 이유는 3D 모델을 영상 자료로 생성하였기 때문에 생성된 메시 Polygon의 개수가 Unity에서 일반적으로 다루는 3D 모델보다 훨씬 많고 렌더링 자료를 픽셀 단위로 사용하기 때문이다. 일반적으로 VR 게임에서 실시간으로 렌더링 할 수 있는 Polygon의 수에는 한계가 있기 때문에 Polygon의 수가 지나치게 많은 오브젝트를 한 화면에 표시하는 일이 발생하면 재생 속도가 느려지게 된다. 이 때문에 가상현실 환경을 구현할 때 하드웨어의 성능을 초과하지 않는 범위 내에서 Polygon의 수를 조절하여야 한다. 이를 줄이기 위해 앞서 3D 모델생성 과정에서 부분적으로 ZBrush를 통해 수정 작업을 실행하였지만, 생성된 3D 모델은 실사적으로 표현되는 공간정보를 3D 모델로 생성하였기 때문에 일반적인 3D 개체를 보다 Polygon의 수가 많을 수밖에 없었다.

이 문제점들을 해결하기 위해 여러 개의 장면 객체(Scene)을 생성해 장면을 변화하여 재생하

는 방법을 사용하였다. 이 방법은 가상현실 시나리오에 따라 표 4와 같이 구역별로 나누어 Scene을 생성한 후 해당 구역에서 생성한 3D 모델을 각각 한 개의 Scene으로 불러들인 후 사용자가 순차적으로 이동되게 하는 방식이다. 이때 각 Scene에 해당 3D 모델의 마지막 지점에 도달 시, 다음 Scene으로 장면을 변화시켜 다음 3D 모델에서 이동하게 되어 실제 사용자는 모든 경로를 연속적으로 이동할 수 있었다.

TABLE 4. Creation of Scenes

Section	Scene Name
Surveying Lab.	Scene 01
Aisle on the 2 nd F.	Scene 02
Stairs, aisle on the 1 st F., and tunnel	Scene 03
from Global Bldg. to dormitory	Scene 04
from dormitory to football field	Scene 05

다음으로 각 Scene에 사용자와 배경이 될 3D 모델을 불러들인 후 대피 경로에 맞게 경로점을 배치하고 Bulid Settings에서 각 Scene을 순서에 맞게 추가하여(그림 13) 순차적으로 장면을 변화시킬 수 있었다. Unity에서는 이러한 장면 변화 방식을 이용하기 위해 SceneManager 클래스를 지원한다. 먼저 스크립트 'MoveCtrl'에 상단에 'SceneManagement' 클래스 추가하고 사용자가 해당 Scene에서 마지막 경로점과 충돌 시 다음 Scene으로 넘어가는 조건식을 OnTriggerEnter 함수에 포함시켰다. 이러한 Scene 분할의 방식으로 재생 시 하드웨어에서 한 번에 처리할 수 있는 Polygon의 개수가 줄어들어 가상현실을 구동할 때 재생속도가 증가하여 전과 비교해 사용자의 부드러운 움직임을 구현할 수 있었다.

마지막으로 완성된 5개의 Scene을 스마트폰 애플리케이션으로 생성하였으며 총 재생시간은 1분 40초이며 애플리케이션 용량은 382MB이다. 그림 13은 총 5개 구간별 실제 스마트폰 애플리케이션으로 실행한 화면이며 HMD를 이용하여 가상현실 환경을 체험할 수 있다.

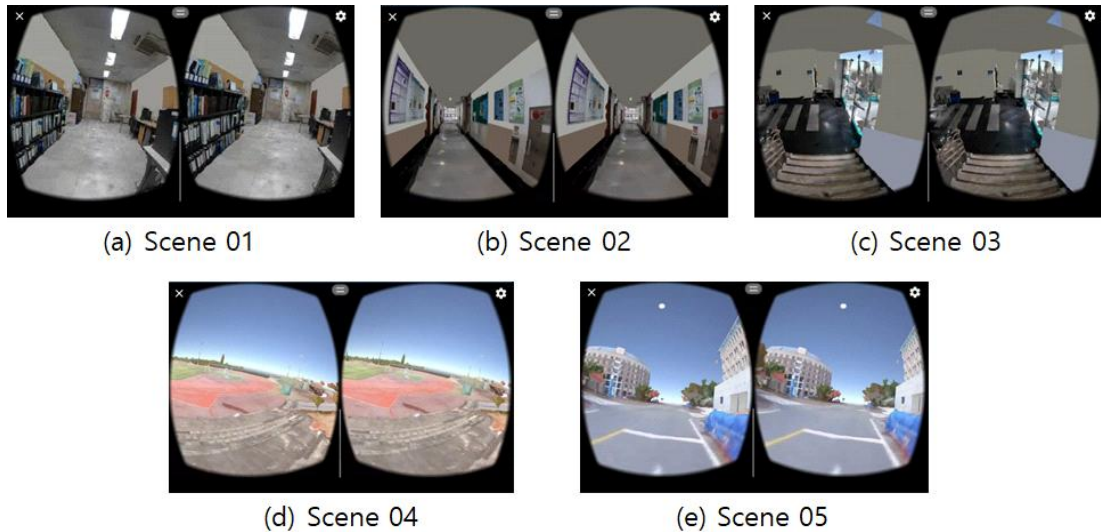


FIGURE 13. Screen captures of 3D scenes by smartphone application

4. 논의

본 연구에서는 참고를 위해 실제 연구대상 지역인 금오공과대학교에서 실시하는 규정에 따른 기존의 훈련방식과 본 연구를 통해 구현한 가상 현실 훈련방식을 간단히 비교해 보았다.

먼저 훈련시간은 기존의 대피훈련의 경우, 1회 훈련 시 훈련 전날 준비 기간이 약 8시간이 걸리고 실제 훈련시간은 30분 내외였다. 가상현실의 경우, 처음 시스템 구현에 약 5~7일 정도 시간이 소요되었으며, 실제 훈련시간은 10분 내외로 초기 시스템 구현에만 1주일 정도 시간을 소요되었다. 하지만, 시스템 구현 이후에는 준비 시간이 필요하지 않아 모의 훈련과 같이 동일 또는 유사 훈련의 반복인 경우에는 많은 인력과 시간을 절약할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 한번 구축된 가상현실 시스템은 반영구적으로 사용할 수 있고, 실제 훈련에서도 1/3가량의 시간이 절약되는 것을 볼 수 있다.

비용적 측면에서는 기존의 훈련방식은 훈련종류에 따라 1회 훈련에 최대 200만원까지 비용이 소모되는 반면, 가상현실 훈련의 경우, 초기 3D 모델 생성에 많은 비용이 들지만 한번 3D 모델을 생성하면 반영구적으로 사용할 수 있고 가상현실 구현에는 비용이 들지 않는다는 점에

서 비용 감소가 효과적인 것으로 추측된다.

또한 기존의 훈련방식은 대운동장, 잔디밭과 같은 넓은 장소에서 직접 활동할 수 있는 공간이 필요하지만, 가상현실 훈련방식은 스마트폰과 HMD를 이용하여 앉아서 고개를 돌릴 수 있는 협소한 장소에서도 대피 경로 훈련이 가능해 공간의 제약을 받지 않는다. 또한 가상현실 훈련은 반복이 가능하여 시간과 장소에 구애받지 않고 사용자가 원하는 시간에 훈련을 반복적으로 실시할 수 있는 장점이 있다. 전문적인 인력이 필요하지 않으며, 누구나 쉽게 따라 할 수 있는 점 또한 장점이라고 할 수 있다.

위와 같은 가상현실 훈련의 장점으로 현재 공간적, 비용적, 시간적 등의 문제로 실제적인 재난훈련에 참여하는 금오공대 학생 및 교직원들은 약 200명 정도에 머무르고, 있지만 가상현실 훈련을 적용하게 되면 참여 인원을 더 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

결론

본 연구에서는 공간구조에 적합한 사진측량 방법(지상사진촬영, 항공사진촬영)을 통해 근거리 영상 즉, 이미지 데이터를 획득하고 이를 기반으

로 3D 모델 생성, 수정을 통해 실세계를 컴퓨터 3D 모델로 생성하였다. 3D 모델 생성 프로그램으로는 ContextCapture, 수정에는 ZBrush 프로그램을 이용하였으며 가상현실 구현에는 Google VR SDK와 Unity 프로그램으로 구현할 수 있었으며 가상현실에서 필요한 3D 오브젝트(사용자 캐릭터, 경로점) 및 스크립트를 생성하여 실감형 재난재해 대피훈련을 위해 가상현실 환경을 구현하였다. 최종적으로 구축된 가상현실은 안드로이드 스마트폰 애플리케이션으로 생성하여 사용자는 휴대폰과 HMD를 이용하여 원하는 장소에서 반복적으로 재난재해 대피훈련을 실행할 수 있다.

항공 영상을 포함한 근거리 영상을 기반으로 3D 모델을 생성하고 이를 가상현실로 이용할 경우 사진의 촬영 결과물이 가상현실의 현실성 구현에 큰 영향을 미치게 된다. 다시 말해, 사진 촬영 시 영상의 조도는 3D 모델 생성 결과물에 직접적인 영향을 주며, 특히 항공 사진 촬영의 경우 일조량이 좋은 맑은 늦은 오후에 촬영하고 움직이는 물체가 최소화되도록 촬영을 해야 우수한 결과물을 얻게 된다. 또 3D 모델 생성 시 특징점이 적은 영상은 구멍이나 공백이 발생하게 되는데 이는 사진 촬영 방법에서 해결하기보다 ZBrush와 같은 메쉬 편집 소프트웨어를 통해 보완하는 것이 보다 효율적이며 작업시간을 줄일 수 있다. 가상 현실 구현에 있어서 고사양의 컴퓨터를 사용하지 못하는 경우에는 3D 모델의 구역화를 통해 3D 모델링과 텍스처의 용량과 작업시간을 줄일 수 있도록 하는 방법이 가장 효율적이며 추가적인 타일로 분할하여 ZBrush 수정작업과 Unity Import에도 효율적으로 운영할 수 있는 것으로 나타났다. 마지막으로 앞서 구역화를 통해 생성된 3D 모델을 Unity에서 효율적으로 사용하기 위해 Unity에서 여러 개의 Scene을 생성하여 가상현실 환경을 구축함으로써 3D 모델 Import 시 위치 조정과 연결 작업을 생략할 수 있으며 가상현실 재생 시 버퍼링을 줄일 수 있었다.

또 공간적, 비용적, 시간적 효율성에 있어서 실제 훈련은 매회 노력과 비용, 공간, 인원이 모

두 소요되는 반면, 가상 현실의 경우에는 초기에 노력과 비용이 소요되지만, 결과물의 반복적, 반영구적 사용이 가능하여 사용 횟수에 따라 충분히 실제 훈련보다 효율적으로 훈련효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. **KAGIS**

REFERENCES

- Andreatta, P.B., E. Maslowski, S. Petty, W. Shim, M. Marsh, T. Hall, S. Stern, and J. Frankel. 2010. Virtual reality triage training provides a viable solution for disaster-preparedness. *Academic Emergency Medicine* 17(8):870-876.
- Bruno, F., S. Bruno, G. Sensi, M. Luchi, S. Mancuso, M. Muzzupappa. 2010. From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition. *Journal of Cultural Heritage* 11(1):42-49.
- Chae, J. 2018. Study on Firefighting Education and Training Applying Virtual Reality. *Fire Science and Engineering* 32(1):108-115 (채진. 2018. 가상현실을 적용한 소방교육·훈련에 관한 연구. *한국화재소방학회 논문지* 32(1):108-115).
- Durlach, N. and A. Mavor. 1995. *Virtual Reality: Scientific and Technological Challenges*. National Academies Press, 1995.
- Farra, S., E. Miller, N. Timm, J. Schafer. 2012. Improved training for disasters using 3-D virtual reality simulation. *Western Journal of Nursing Research* 35(5):655-671.
- Hsu, E.B., Y. Li, J.D. Bayram, D. Levinson, S. Yang and C. Monahan. 2013. State of Virtual Reality Based Disaster

- Preparedness and Response Training. PLOS Currents Disasters, 2013.
- Hwang, W. and D. Park. 2018. A study on the planning of content for children disaster safety environment : focusing on the virtual-reality(VR) based Experiential Contents. Proceedings of Korea Environmental Policy And Administration Society pp.63-64 (황우석, 박덕근. 2018. 어린이 재난안전 환경을 위한 체험형 콘텐츠 기획 - 가상현실(VR) 체험형 콘텐츠를 중심으로. 한국환경정책학회 학술대회논문집. 63-64쪽).
- Lee, J.H. 2018. Review and Analysis on VR Disaster Education Simulation - Derivation of Required Technology through Analysis of Domestic Disaster Experience. Journal of the Korean Society of Design Culture 24(3): 511-522 (이지혜. 2018. VR재난교육 시뮬레이션 소요기술 검토 및 분석. 한국디자인문화학회지 24(3): 511-522).
- Lowe, D.G. 2004. Distinctive image features from scale-invariant keypoints, International Journal of Computer Vision 60(2):91-110.
- Ministry of the Interior and Safety. 2017. Statistical yearbook of natural disaster. 242pp (행정안전부. 2017. 재해연보. 242쪽).
- Park, H.J., and M.B. Seo. 2017. A Development of Disaster Evacuation Simulation in Underground Space based on Virtual Reality. Proceedings of Korea Information Science Society. pp. 29-30 (박형진, 서명배. 2017. 가상현실기반 지하공간 재난대피 시뮬레이션 개발. 한국정보과학회 학술발표논문집. 29-30쪽).
- Song, Y.S., P.S. Lee, Y. Yeu, G.H. Kim. 2012. Flood Risk Mapping using 3D Virtual Reality Based on Geo-Spatial Information. The Korean Society for Geospatial Information Science 20(4):97-104 (송영선, 이필석, 유연, 김기홍. 2012. 공간정보기반 3차원 가상현실을 이용한 홍수 위험지도 제작. 한국지형공간정보학회지 20(4):97-104).
- Westody, M.J., J. Brasington, N.F. Glasser, M.J. Hambrey, and J.M. Reynolds. 2012. Structure-from-Motion photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. Geomorphology 179:300-314.
- Zhang, L. and W.J. Tam 2005. Stereoscopic image generation based on depth images for 3D TV. IEEE Transactions on Broadcasting 51:191-199.
- Zheng, E. and C. Wu. Structure from Motion Using Structure-less Resection. Proceedings of 2015 IEEE International Conference on Computer Vision. Santiago, Chile, 7-13 December, 2015. pp. 2075-2083. [KAGIS](#)