

가상현실 기반 UAV 경로 계획 및 모니터링 시스템의 설계 및 구현

윤준희

한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부

Design and Implementation of Virtual Reality Based UAV Path Planning and Monitoring System

Junhee Youn

Dept. of Future and Smart Constructrion Research, KICT

요약 UAV 자율비행을 위해서는 정확한 경로 계획 및 비행 상태 모니터링이 필요하다. 상업용 UAV 운용업의 경로계획은 2차원 지도에 웨이포인트를 지정하고 그 높이를 입력하여 계획함으로써 정확한 3차원 경로계획 수립에 한계가 있다. 또한 UAV 카메라에만 의존하는 기존의 주변 위험 인지방식은 카메라 화각의 한계를 극복하기 어렵다. 본 논문에서는 가상현실 기반의 UAV 경로 계획 및 모니터링 시스템의 설계 및 구현을 다룬다. 첫째, 실험지역의 가상현실 데이터를 구축한다. 데이터 구축에는 지형데이터, 건물의 3차원 객체모델, 그리고 건물의 영상이 활용된다. 두 번째로, UAV 비행 데이터 연계모듈을 설계한다. 상업용 UAV의 비행상태 데이터를 실시간으로 전달받을 수 있는 연계모듈의 구조를 선택하고 주요 클래스를 설계한다. 세 번째로, 가상현실 기반 UAV경로계획 및 모니터링 시스템의 응용아키텍처를 설계한다. 아키텍처는 6개의 Level 1 기능과 12개의 Level 2 기능으로 설계한다. 마지막으로 시스템의 구현 결과를 나타낸다. 본 논문에서 개발된 시스템은 프로토타입으로써 다양한 활용목적에 맞는 분석기능 추가에 대한 연구가 필요할 것이다.

Abstract For UAV autonomous flight, we need accurate path planning and flight status monitoring. However, since the commercial UAV application plans the paths by choosing the way-points in a 2D map and inputting the corresponding altitude, it lacks accurate 3D path planning. Moreover, the current system has a limitation regarding the camera field of view, especially when applying the existing risk awareness method that depends only on the UAV camera. In this paper, we design and implement a Virtual Reality-based UAV path planning and monitoring system. First, we reconstruct the virtual reality data with a digital elevation model, 3D object model for buildings, and imagery. Second, the UAV flight data linking modules are designed. Here, we select the structure for the linking module and design the main classes for transmitting real-time flight status data for commercial UAVs. Third, the application architecture for Virtual Reality-based UAV path planning and monitoring system is designed with 6 Level 1 and 12 Level 2 functions. Finally, we present the system implementation results. The implemented system in this paper is a prototype, and hence a further study with added analysis function for various objects is needed.

Keywords : UAV, Virtual Reality, 3D Flight Path Planning, Monitoring System, Design and Implementation

본 논문은 한국건설기술연구원 주요사업 "DNA 기반 노후 교량 구조물 스마트 유지관리 플랫폼 및 활용기술 개발" 과제(20210289-001)와 국토교통과학기술진흥원의 국토공간정보연구사업 "3차원 입체 격자 체계 기반 국토 통합관리 지원 기술 개발" 과제(19NSIP-C135506-03)의 지원을 통해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

*Corresponding Author : Junhee Youn(KICT)

email: younj@kict.re.kr

Received October 1, 2021

Accepted December 6, 2021

Revised November 4, 2021

Published December 31, 2021

1. 서론

UAV가 조종사(오퍼레이터)의 도움 없이 자율비행하기 위해서는 비행 전에 적절한 경로를 계획해서 제공하여야 한다. UAV의 비행방식은 크게 수동형(manual) 조종과 자동형(automatic) 조종이 있다. 수동형 방식은 조종사의 시야 내에서 컨트롤러를 통해 비행체를 운용하거나 시야 밖에서 통신기기가 탑재된 임베디드 시스템을 통해 운용한다[1]. 또한 자동형(i.e. auto-flight) 방식은 자율비행 방식이라고도 불리며 조종사의 제어 없이 자율적인 비행 및 임무수행을 하는 것을 말한다[1]. 자율비행을 수행하기 위해서는 UAV에 일반적으로 내장되어 있는 GPS가 인식할 수 있도록 좌표 형태의 경로를 미리 계획하여 UAV에 전달함으로써 미션을 수행할 수 있다.

UAV의 경로계획을 위한 좌표는 3차원으로 주어지야 하지만 태블릿 형태의 화면을 이용하기 때문에 2차원 인터페이스를 사용하는 한계가 있다. UAV 경로계획에 있어 차원은 지상에서 다니는 로봇 등과 다르게 3차원의 항로를 지정해주어야 하므로 2차원 계획에 비해 문제 난이도가 급격하게 상승하게 된다[2]. 따라서 많은 UAV 경로 계획 문제들은 UAV가 일정한 순항고도를 기준으로 비행한다는 가정 하에 3차원의 문제를 2차원으로 단순화시켜 접근하였다[2]. Bae(2019)는 격자지도에 표시된 위협정보를 바탕으로 커버리지 조건 및 경로계획 절차를 제시하였으나[3] 일정 고도에서 운용된다는 가정 하에 경로를 계산한 한계가 있었다. 중국 DJI사의 대표적인 UAV 운용앱인 DJI GS Pro의 예를 보면, 구글 맵 상에서 2차원 경로(또는 수평좌표)를 선정하고 특정 고도를 지정하여 주변 일정한 고도로 비행하는 경로가 선정되는 방식으로 엄밀한 3차원 경로라고 말하기 어렵다. UAV가 비행하여야 하는 3차원 좌표를 정확히 특정하기 어려운 이유는 컴퓨터 또는 태블릿을 사용하는 화면이 2차원 인터페이스이기 때문이다[4]. 이러한 문제를 해결하기 위해 Paterson et al. (2019)는 3차원 가상현실(VR: Virtual Reality) 인터페이스에서 경로를 계획하는 오픈소스 플랫폼의 설계를 제안하였다[4]. 이 플랫폼은 사용자가 6 DoF(Degree of Freedom) 상호작용(interaction)을 통해 3차원 상의 관심점을 지정하고 이를 연결하는 방식으로 경로를 계획한다. 실내 실험공간에서의 가상현실 상에서 경로를 설계하는 Paterson et al. (2019)의 방식과 달리, Nguyen et al. (2019)는 OpenStreetMap에서 제공하고 있는 지상 데이터를 가상화 하여 자동으로 경로를 계획하는 DroneVR 이라는 웹기반 시뮬레이터 앱

의 구현을 제안하기도 하였다[5].

UAV는 일반적으로 화각의 한계가 있는 하나의 영상 센서로 데이터를 취득하기 때문에 기체가 주변 장애물로 접근하는지 여부를 전 방위에서 파악하기 어렵다. 무인비행체의 자율비행을 위해서는 환경인지모듈, 경로계획모듈, 그리고 비행제어 모듈이 있는데 환경인지 모듈에서는 카메라 등을 이용하여 주변 환경정보를 획득함으로써 비행 상의 장애물을 탐지한다[6]. 자율비행의 경우에도 신호, 기상 문제 등으로 약속된 궤도를 이탈하는 경우가 있으므로 주변 장애물의 인지가 필요하다. 대부분의 상업용 UAV의 운용앱에서는 2차원 지도상에서 UAV에 장착된 GPS로부터 전달받은 2차원 위치와 카메라로부터 전달받은 비디오 영상을 실시간으로 보여준다. 그러나 사진측량이나 시설물 점검 등의 임무를 수행하는 UAV의 경우, 취득하여야 하는 대상물의 방향으로 카메라가 포커싱 되기 마련이므로 UAV 주변의 장애물 탐지에는 한계가 존재한다. 특히, 비 가시권 비행(거리의 한계 혹은 지형지물에 의한 폐색)의 경우 육안확인이 불가능하고 UAV센서에만 의존하여야 하므로 충돌에 의한 사고위험이 상존한다고 볼 수 있다.

UAV 주변 장애물에 대한 인지력을 높이기 위해 VR고글을 이용하기도 한다. 레이싱 UAV의 경우, 장애물을 실시간으로 회피하는 것이 핵심이다. 따라서 육안 혹은 평면 디스플레이로 조종하는 방식의 한계를 극복하기 위해 HMD(Head Mounted Display) VR고글을 활용하는 방식이 많이 활용된다. VR고글에서는 조종사의 시야 움직임과 동기화된 UAV 카메라의 영상을 전송받아 디스플레이 함으로써 몰입감 있는 FPV(First Person View) 조종이 가능하다. 국내 엘로이즈 사에서는 UAV를 이용해 촬영된 실사영상에 비행체를 합성해 UAV를 조종하는 것처럼 체험할 수 있는 어플리케이션을 제공[7]하고 있으며 Kim and Woo (2019)는 레이싱 UAV 조종훈련을 위한 가상현실 콘텐츠의 제작을 제안하기도 하였다[8]. 그러나 VR고글의 경우도 카메라 시야만을 이용하기에 시야 밖의 장애물에 대한인지에는 그 한계가 있다.

본 논문에서는 가상현실 기반의 UAV경로계획과 모니터링 시스템의 설계 및 구현을 제안한다. 정밀하게 구현된 대상지의 실측을 통해 가상현실 환경을 재구성(Reconstruction) 하였다. 3차원 가상현실 데이터는 일정격자의 격자로 분할하여 지형/지물을 포함하는 장애물 격자와 포함하지 않는 비장애물 격자 값을 할당하여 경로계획을 세움으로써 Paterson et al. (2019)방식의 단점인 경로의 장애물 관통여부를 쉽게 판단할수 있게

하였다. 또한 UAV 로부터 전송받는 실시간 상태정보를 3인칭 시점(TPV; Third Person View) 으로 디스플레이 함으로써 2차원 위치와 카메라로부터 전달받은 동영상으로 주변 장애물 상황을 인지하는 기존 방식의 한계를 보완하였다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 우선, 대상지에 대한 가상현실을 구축하였다. 이후, UAV로부터 상태정보를 실시간으로 전달받기 위한 연계모듈의 설계를 다루었다. 가상현실 기반의 경로계획 및 모니터링 시스템을 설계하고 그 구현 결과를 나타낸다. UAV 연계 모듈은 DJI사에서 제공(<https://developer.dji.com/windows-sdk/>)하는 SDK(Software Development Kit)을 이용하였고, 가상현실을 이용한 응용시스템은 Unity3D 엔진을 기반으로 C#을 활용하여 개발하였다.

2. 가상현실 데이터 구축

가상현실 데이터 구축 대상지역은 경기도 안양에 위치한 안양대학교 캠퍼스를 중심으로 주변 1km x 1km 넓이의 지역으로 선정하였다. 본 논문에서 가상현실 데이터는 3D 모델링과 텍스처 매핑된 데이터로 정의된다. 안양대학교 캠퍼스 내에 위치한 12개 건물은 3D 모델링 후 텍스처 매핑을 통해 실감형 모델로 구축하고, 주변 건축물은 텍스처 매핑 없이 3D 모델링만 수행하였다. 지형지물이 UAV가 이동할 때의 장애물 확인 역할로만 활용된다면 텍스처 매핑은 필요 없을 것이다. 그러나 본 논문에서는 UAV가 관심점(point of interest)을 경유하여 이동하는 것을 가정하였으며 관심점의 육안 확인을 위해 텍스처 매핑을 수행하였다. Fig. 1은 텍스처 매핑된 12개의 대상 건물을 나타내고 있다. Fig. 1은 구글맵(map.google.com)을 활용하였으며 12개의 건물은 붉은색으로 표현된다.



Fig. 1. Texture mapped building in test area

3D 모델링 및 텍스처 매핑을 위해서는 지형데이터, 건물의 3차원 객체모델, 그리고 건물의 영상 등이 필요하다. 지형데이터는 국토지리정보원에서 무료로 수집이 가능한 1:5000 수치지도를 이용하여 수치지형모델(Digital Elevation Model, DEM)를 제작하여 활용하며, 제작된 지형형상정보 위에 25cm급 해상도 항공영상 데이터를 수집하여 3차원 지형을 구축하여 시각화 하였다. 12개의 건물은 UAV영상을 활용하여 3차원 모델링과 텍스처 매핑을 하였다. 텍스처 매핑된 건물 이외의 주변 건물은 행정안전부 도로명주소에서 제공하고 있는 2차원 건물 레이어 상의 건물 층수에 3m를 곱하여 3차원으로 모델링 하였다.

가상현실 구축의 결과는 Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4에 나타나 있다. Fig. 2는 텍스처 매핑 대상 건물 중 대신관의 사례를 나타내고 있다. Fig. 3과 Fig. 4는 대상지역 전체의 가상현실데이터 구축 사례를 보여주고 있으며, 각각 동쪽, 북서쪽에서 바라본 대상지역을 표현한다.

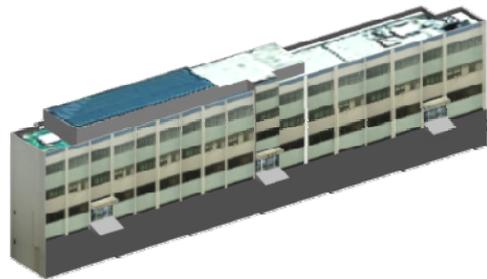


Fig. 2. 3D texture mapped building-Daeshin-Kwan

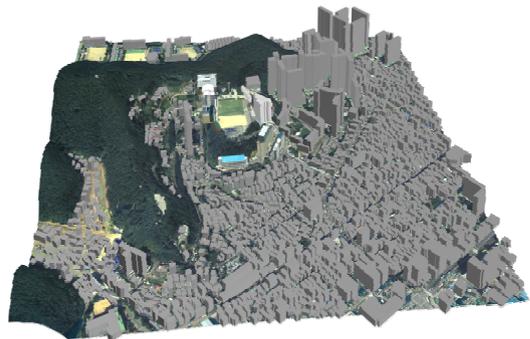


Fig. 3. The result of virtual reality data construction over the test area-1

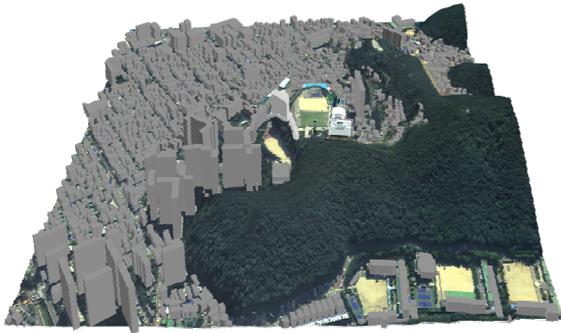


Fig. 4. The result of virtual reality data construction over the test area-2

3. UAV 비행데이터 연계모듈의 설계

3.1 연계모듈의 구조

가상현실 기반에서 UAV를 모니터링 하기 위해서는 UAV의 데이터를 모니터링 시스템으로 연계하는 것이 필요하다. 본 논문에서 사용한 UAV는 DJI 사의 MAVIC 2 PRO이다. DJI 사에서는 SDK(Software Development Kit)를 제공하고 있으며 이를 이용하면 DJI 사의 UAV 데이터를 다른 기기(혹은 PC)에서 활용할 수 있다.

UAV 비행데이터 연계모듈은 DJI SDK를 활용하고 서버를 포함한 데이터 제공 구조로 구성하였다. DJI Windows SDK의 구조는 Fig. 5와 같다. Windows SDK는 PC와 USB로 연결된 조종기로부터 조종기와 연결된 UAV의 정보를 제공받는다. Windows SDK는 UAV의 위치, 속도, 자세, UAV의 상태 및 배터리 정보 등을 제공하고 영상 정보는 Video Parser를 이용하여 처리하고 있다. 또한, Windows SDK는 UWP(Universal Windows Platform)를 기반으로 구현되어 UWP에 종속적이다.

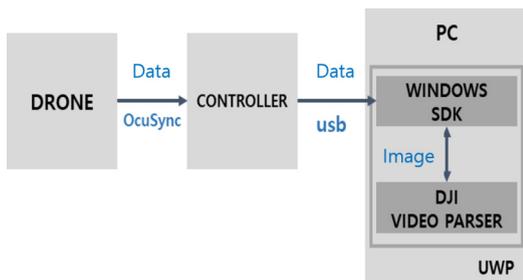


Fig. 5. Windows SDK link structure of DJI

Windows SDK로 다른 기기 혹은 프로그램에 데이터를 제공하는 전반적인 구조는 Fig. 6과 같다. Data Provider는 Data Receiver가 전송하는 데이터를 받아 종류별로 정리하고 프로그램 내부에 제공하는 함수를 가진 라이브러리이다. Data Provider는 UWP 앱 내에서 Windows SDK로 취득한 데이터를 처리하고 전송하는 기능을 제공한다. Fig. 6과 같이 Data Provider와 Data Receiver가 바로 연결하는 방식이 속도와 성능 면에서 월등하다. 그러나 UWP는 동일한 기기 내에서 프로그램 간의 데이터 전송 시 제약이 있다. 따라서 본 논문에서는 Fig. 7과 같이 node.js 기반의 간단한 server를 사이에 두고 데이터를 송수신하였다.

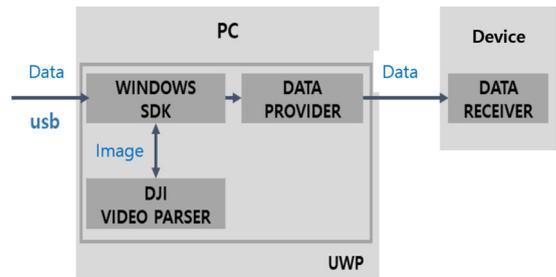


Fig. 6. UWP based data transferring structure

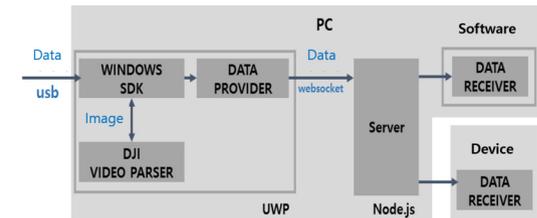


Fig. 7. Server based data transferring structure

3.2 연계모듈의 설계

3.2.1 Data Provider

Data Provider는 UAV 로부터 생성된 데이터를 가져 와서 서버에 전달하며 이를 시각화 하는 기능을 가졌다. 이 클래스는 Drone 클래스, Mainpage 클래스, 그리고 Server 클래스로 구성되었다. Data Provider 클래스의 구조는 Fig. 8과 같다. Drone 클래스는 DJI Windows SDK에서 데이터를 가져오며, Server 클래스는 생성된 데이터를 Node.js server에 전송한다. MainPage 클래스는 Drone에서 데이터가 갱신되면 Server 클래스에 해당 데이터를 전달하고 제공되는 데이터를 시각화한다.

각 클래스 간의 데이터 송수신 구조는 Fig. 9와 같다. Node.js 기반의 서버 구조는 http server 아래로 websocket 통신을 하는 client server와 데이터를 제공 받는 4개의 서버로 구성된다. 그 4개 서버의 기능은 각각 UAV의 이동경로, UAV에서 취득하는 실시간 영상 및 카메라 정보, UAV의 상태 정보, 그리고 UAV의 위치정보를 전송한다.

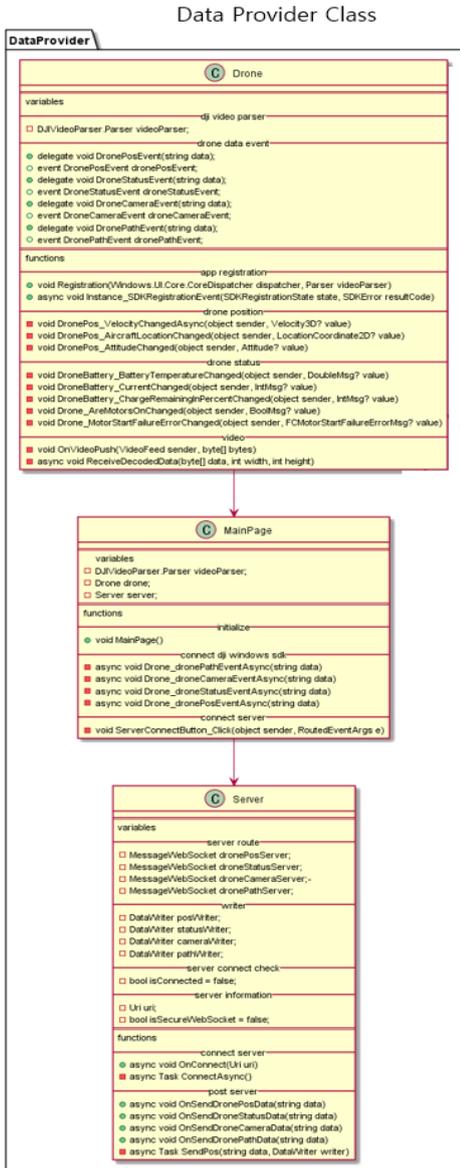


Fig. 8. Class structure of 'Data Provider Class'

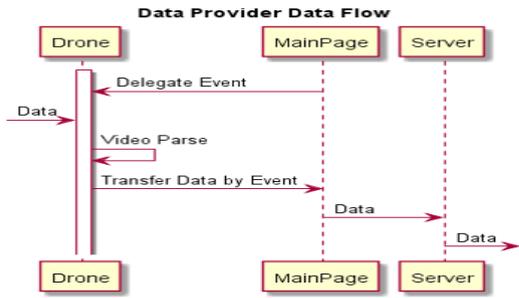


Fig. 9. Data transferring structure between classes in Data Provider Class

3.2.2 Video Parser

Video Parser는 UAV가 촬영한 카메라 영상을 Remote Controller를 통해 받아들여 다른 기기에서 사용될 수 있도록 데이터 처리를 하는 역할을 한다. 프로젝트에 DJI Windows SDK를 통합하고 DJIVideoParser 프로젝트를 생성한다. DJIVideoParser 프로젝트의 Property Window에 UAV 정보를 설정한다. DJIVideoParser 프로젝트에서 "빌드"를 선택하여 관련 참조를 추가 한 후 코드에서 직접 API를 사용할 수 있도록 프로젝트를 빌드 한다. DJI 개발자페이지(<https://developer.dji.com/>)에서 다운받은 DJIWSDKDemo 프로젝트와 참조 추가를 선택한 후 DJIVideoParser 프로젝트에 추가하였다. DJIVideoParser 프로젝트의 체크박스를 클릭하여 추가한다. 마지막으로 카메라 동영상 수집 및 변환을 위한 FFMpeg 라이브러리를 DJIWSDKDemo 프로젝트에 설정하였다.

3.2.3 Data Streaming Server

node.js 기반의 Data Streaming Server 의 주요 클래스는 Fig. 10과 같이 구성된다. http server 아래로 websocket 통신을 하는 client server와 데이터를 제공받는 5개의 서버로 구성되고 각각 다음과 같은 기능을 한다.

- postServer : DataProvider의 Server에서 보낸 데이터를 각 속성에 맞게 입력
- wsWaypointServer: UAV의 이동 경로 제공
- wsCameraServer: UAV에서 취득하는 실시간 영상 및 카메라 정보 제공
- wsStatusServer: UAV의 상태(배터리, 날개 등) 정보 제공
- wsPosServer: UAV의 위치(경위도, 고도, 이동속도, 자세) 정보 제공

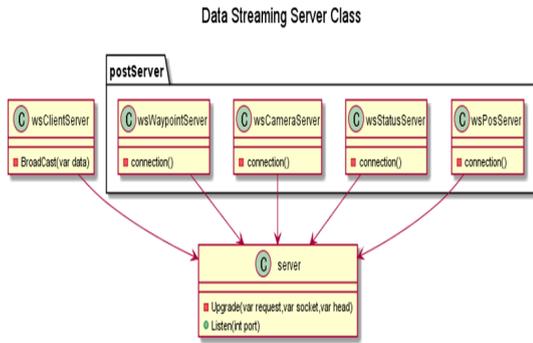


Fig. 10. Main classes for 'Data Streaming Server'

4. 시스템 응용아키텍처 설계

전 장까지는 UAV로부터 비행데이터를 연계하여 전송 받고 전달하는 연계모듈의 구조와 그 설계를 다루었다. 본 장에서는 가상현실 내에서 최적경로를 경로점 (way-point) 기반으로 선정하여 UAV에 전달하고 UAV 는 전달받은 경로대로 이동하며 기체의 상태(동영상, 기체의 위치와 자세, 영상 센서의 위치와 자세, 배터리 잔량 등)을 삼차원으로 가시화 하고 실시간 모니터링 하는 시스템 응용아키텍처의 설계를 다룬다.

가상현실 기반 UAV 모니터링 및 경로계획 시스템을 구현하기 위해서는 업무 프로세스를 정의해야 한다. UAV의 자동비행 경로는 기체가 방문하여야 할 사용자의 관심점을 기반으로 장애물(건물, 지표면 등)을 회피하여 서 정해져야 한다. 또한 관심점과 경로는 모두 좌표 형태로 기체에 전달되어야 하며 상공의 좌표를 쉽게 취득하기 위해서 본 논문에서는 대상지를 일정 크기의 3차원 격자로 나누었다. 2장에서 구축된 가상현실 데이터 중 건물과 지표면이 포함된 격자는 3차원 격자의 대푯값을 '장애물'로 분류하여 경로로 지정될 수 없도록 하였다. 격자 기반의 장애물이 활성화 되면, 사용자는 관심점을 선택하고, 시스템에서 관심점을 연결하고 장애물이 회피된 최적 경로를 계산한다. 계산된 최적 경로 데이터는 UAV로 전달되고 UAV는 운항을 시작하게 된다. 이후 UAV의 상태 정보는 시스템으로 실시간 전달되어 가상현실 기반으로 가시화 된다. 이렇게 도출된 업무 프로세스는 Fig. 11에 나타나 있다.

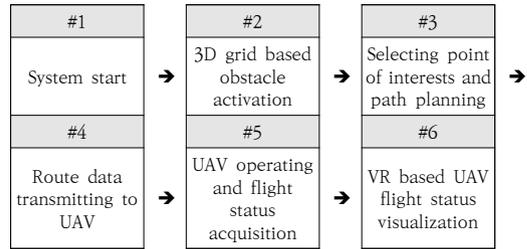


Fig. 11. Business process for virtual reality based UAV monitoring and route providing system

시스템의 시작을 제외한 Fig. 11의 다섯 개 업무 프로세스는 상위기능(Level 1)으로 정의되며, 각각의 상위기능은 다시 하위기능(Level 2)을 갖도록 설계되었다. 첫째 상위기능인 장애물 활성화는 세 개의 하위기능을 갖는다. 그 하위기능은 격자의 간격 설정, 지구좌표 기반의 격자 생성, 그리고 격자의 가시화/비가시화로 구별된다. 둘째 상위기능인 경로계획은 그리드에서 관심점을 선택하는 하위기능과 관심점을 연결하며 장애물을 회피하는 최적경로 계산 기능으로 구성되었다. 셋째 상위기능인 경로 전달은 두 개의 하위기능으로 설계될 수 있다. 경로 데이터는 우선 본 시스템에서 UAV의 GCS(Ground control station)로 전달되며 이 데이터는 다시 GCS에서 UAV로 전달된다. 넷째 상위기능인 UAV운용 및 데이터 취득 기능은 UAV의 미션 시작, 멈춤, 그리고 UAV의 상태 데이터를 시스템으로 전송하는 세 개의 하위기능으로 설계되었다. 다섯째 상위기능인 비행 상태 가시화 기능은 두 개의 하위 기능으로 나뉘지며, 천저각 방향의 2차원 가시화와 경사각 방향의 3차원 가시화 기능으로 설계되었다. 가시화의 시점은 모두 3인칭 시점이다. 시스템의 상위/하위 기능 및 이에 대한 설명은 응용기능기술서 (Description of application function)로 정리되며 Table 1과 같다.

Table 1. Description of application function for virtual reality based UAV monitoring and auto-flight route providing system

Level 1	Level 2	Description
Obstacle activation	Grid interval selection	Selecting the grid interval
	Grid generation	Dividing the space with same space 3D grid and assigning the value as obstacle or non-obstacle
	Grid on and off	Visualizing the grid visible or invisible

Path planning	Points of interest selection	Selecting the points of interest in the grid
	Optimal path calculation	Calculating the optimal route between points of interests
Path transmission	System to GCS	Transmitting the route information to ground control system
	GCS to UAV transmission	Transmitting the route information from ground control system to UAV
UAV operating and data acquisition	UAV mission start	Starting the UAV mission
	UAV mission stop	Stopping the UAV mission and flying back to start point
	UAV to system transmission	Transmitting the UAV status data from UAV to system
Flight status visualization with TPV	Nadir angle view visualization	Visualizing the UAV status with nadir view
	Inclination angle view visualization	Visualizing the UAV status with 3D inclination view

5. 시스템 구현결과

개발된 시스템의 레이아웃은 Fig. 12와 같다. 화면 우측부분은 경사각 방향 시점으로 UAV 및 대상지역을 3차원 가상현실로 보여주도록 구현하였다. 화면 우측 부분의 좌 상단은 천저각 방향의 대상지역을 나타내고 있으며 좌 중단은 UAV의 현재 상태(경위도 좌표, 고도, 자세, 배터리, 온도)를 나타내고 있다. 좌 하단은 UAV에서 전송하고 있는 실시간 화면을 보여주도록 구성하였다. 화면 맨 밑의 아이콘은 각각 우측부터 격자활성화, 관심점 입력, 최적경로 계산, GCS 전송, UAV 전송, 미션 시작, 미션 멈춤, 귀환, 그리고 네트워크 상태를 나타내고 있다. Fig. 13은 장애물 격자가 활성화된 상태를 나타내고 있다. 격자는 5m x 5m의 크기로 제작되었다. 격자의 크기는 시스템 상에서 가변 형으로 구현하였다. 격자의 크기는 UAV의 비행 오차 및 가상현실 데이터의 정확도와 관련이 있다. 움직이는 UAV는 바람 혹은 기기오차에 의해 일정한 위치오차를 가질 수 있으며 가상현실 데이터의 위치 오차가 크다면 안전율을 고려하여 보다 큰 격자를 구성 하여야 하는 것이다. 단, 격자의 크기가 크다면 근접 촬영 등의 세밀한 비행에 영향을 끼칠 수 있다. Fig. 13에서 하늘색 부분은 UAV 운항의 장애물로 할당된 격자이다. Fig. 14는 관심점과 이를 연결하는 최적경로를 표현하고 있다. 그림에서 상대적으로 크기가 큰 자주색

육면체는 관심점을 나타내고 있으며 크기가 작은 주황색 육면체는 최적경로를 나타내고 있다. 관심점은 모두 마우스를 클릭하여 지정할 수 있도록 구현되었다. 또한 모든 격자의 중심점은 node가 되고, 격자의 중심점은 6-connected link로 연결되어 출발지와 목적지 관심점 사이의 최적경로는 A* 알고리즘으로 결정하였다. Fig. 15는 UAV의 미션이 시작된 이후 경로를 따라 움직이면서 UAV의 비행상태 정보가 가상현실 기반 하에서 모니터링 되고 있는 화면을 나타내고 있다. Fig. 15에서 좌 하단은 비행중인 UAV가 촬영하고 있는 실시간 비디오 영상을 보여주고 있다.



Fig. 12. Layout for virtual reality based UAV monitoring and auto-flight route providing system

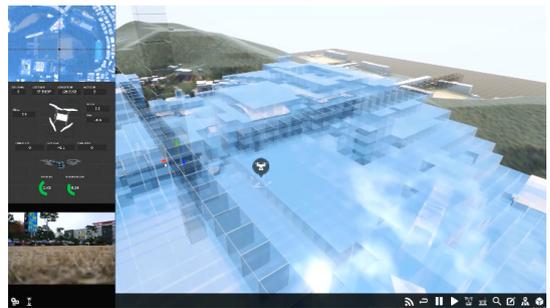


Fig. 13. Obstacle activation

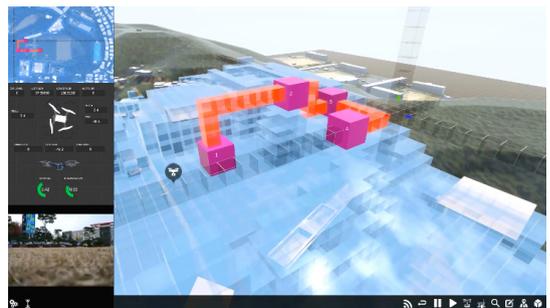


Fig. 14. Optimal path and points of interest

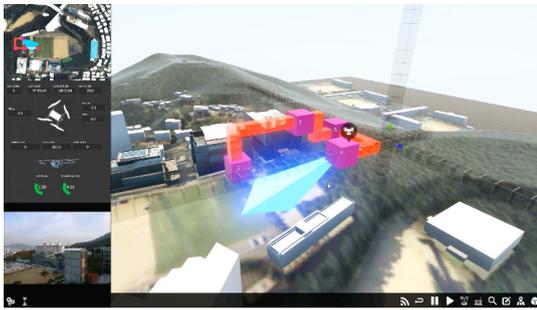


Fig. 15. VR based UAV flight status monitoring during the mission

6. 결론

본 논문에서는 가상현실 기반으로 UAV의 자동비행용 최적경로를 계산하고 비행 상황을 모니터링 하는 시스템의 설계 및 구현을 다루었다. 우선 상업용 UAV로부터 경로 데이터를 전달하고 비행상태 데이터를 전달받기 위한 비행데이터 연계모듈의 구조를 선택하고 모듈을 설계하였다. 다음으로 연계모듈을 통해 전달하고 전달받는 데이터를 이용하여 가상현실 기반으로 최적경로를 설정하고 상태를 실시간으로 모니터링하는 시스템의 응용아키텍처를 설계하였다. 응용아키텍처는 6개의 Level 1 기능과 12개의 Level 2 기능으로 설계하였다. 마지막으로 본 논문에서 설계된 내용을 바탕으로 구현된 시스템의 구현결과를 나타내었다. 구현 결과, UAV에 장착된 센서에만 의존한 일인칭 시점의 한계를 극복하여 삼인칭 시점의 실시간 UAV와 장애물 간의 위치 관계를 파악할 수 있었다. 본 연구에서는 바람 등에 의해 예상한 경로를 벗어나는 상황을 상정하지 않았다. 따라서 실제 현장에서 활용하기 위해서는 빌딩풍 등에 의해 UAV가 경로를 이탈할 수 있는 변수를 고려하여 격자의 크기를 조정하여야 하며, 추후 관련 연구가 필요하다고 판단된다. 또한, 가상현실 데이터를 구축하는데 소요되는 비용과 시간을 고려한다면 본 연구의 현실 적용은 기존 삼차원 가상현실 데이터가 구축되어 있는 지역이나 임무수행의 부가가치가 큰 대상에 적용하는 것이 경제적이라고 판단된다. 본 연구 결과는 UAV를 활용한 다양한 비가시 지역에 대한 모니터링 시스템 구현으로 확장될 수 있을 것으로 판단된다.

References

[1] H. Kim, "A Study for Strategy UAV Use", MS thesis, Mokwon University, 2010. DOI:

http://m.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=be54d9b8bc7cdb09&control_no=7572d320cb35016cffe0bdc3ef48d419

- [2] J. Kim, J. Kim, J. Chae, "A Review of Routing Plan for Unmanned Aerial Vehicle: Focused on In-Country Researches", Journal of society of Korea industrial and systems engineering, Vol. 38, No. 4, pp. 212-225, 2015. DOI:<http://dx.doi.org/10.11627/jkise.2015.38.4.212>
- [3] M. Bae, "UAV Path Planning for ISR Mission and Survivability", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 20, No. 7, pp. 211-217, 2019. DOI:<http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.7.211>
- [4] J. Paterson, J. Han, T. Cheng, P. Laker, D. McPherson, J. Menke, A. Yang, "Improving Usability, Efficiency, and Safety of UAV Path Planning through a Virtual Reality Interface", SUI '19: Symposium on Spatial User Interaction, No. 28, 2019. DOI:<http://dx.doi.org/10.1145/3357251.3362742>
- [5] V. Nguyen, K. Jung, T. Dang, "DroneVR: A Web Virtual Reality Simulator for Drone Operator" 2019 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality, pp. 257-262, 2019. DOI:<https://dx.doi.org/10.1109/AIVR46125.2019.00060>
- [6] Y. Hong, Y. Kim, S. Kim, H. Lee, J. Cha, "Research Trends on Environmental Perception and Motion Planning for Unmanned Aerial Vehicles", Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 34, No. 3, pp. 43-54, 2019. DOI:<https://dx.doi.org/10.22648/ETRI.2019.J.340305>
- [7] J. Bang, Y. Lee, H. Lee, G. Lee, "Augmented Reality and Virtual Reality Technology Trends for Unmanned Aerial Vehicles", Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 32, No. 5, pp. 43-54, 2017. DOI:<https://doi.org/10.22648/ETRI.2017.J.320512>
- [8] J. Kim, T. Woo, "VR Content Development for Racing Drone Control Training", JKGS, Vol. 18, No. 3, pp. 113-122, 2018. DOI:<https://dx.doi.org/10.7583/JKGS.2018.18.3.113>

윤 준 희(Junhee Youn)

[종신회원]



- 1998년 8월 : 연세대학교 토목공학(공학석사)
- 2006년 8월 : Purdue University, Dept of Civil Eng. (Engineering Ph.D)
- 2007년 5월 ~ 2012년 1월 : 삼성 SDS 수석컨설턴트
- 2012년 2월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>

GIS, Feature Extraction, Computer Vision