

교육공간의 통합안전시스템 구축을 위한 드론 기반 시뮬레이션

임 미 숙 · 여 상 수 · 김 윤 호*

목원대학교 융합컴퓨터·미디어학부

Drone-Based Simulation for the Establishment of Integrated Safety System in Educational Space

Mi Suk Lim · Sang Soo Yeo · Yoon Ho Kim*

Division of Convergence Computer & Media, Mokwon University, Daejeon 35349, Korea

[요 약]

본 연구에서는 드론 순찰 기능을 통하여 교육공간 및 교육현장 주변에서 자주 발생하는 교통안전 사고에 대응하기 위하여 드론을 활용한 교통안전사고 통합안전시스템을 설계하였다. 드론 기반 안전시스템은 CCTV 영상과 드론을 이용한 사고 예방 알고리즘과 이벤트 발생 후 최적 대응을 위한 시뮬레이션 기능으로 구성되었다. 드론의 순찰 안전성 확보를 위하여 충돌 회피 알고리즘을 적용하였으며 드론 간 충돌 예방을 위한 유니티 기반의 가상 시뮬레이터를 구현하였다. 또한, 학교의 등·하교 시간에 촬영된 영상을 이용하여 시뮬레이션한 결과들은 실시간으로 학교관계자, 경찰서, 소방서와 연계할 수 있도록 설계하였다.

[Abstract]

In this research, we developed an integrated safety system with the drone patrol function to respond to traffic accidents that frequently occur in school zones. The drone-based safety management system includes not only a collision prevention algorithm using CCTV images and drone but also a simulation function for optimal response after an event occurs. So as to enhance the safety of drone patrol, we applied a collision avoidance algorithm and implemented a Unity based virtual simulator. Moreover, we designed the system to connect school, police station, and fire station in real time with the simulation results that use images when school drop off and pick up time.

색인어 : 드론, 비행순찰, 가상 시뮬레이터, 유니티, 회피 알고리즘, 통합안전시스템

Key word : Drone, Flight Patrol, Virtual Simulator, Unity, Avoidance Algorithm, Integrated Safety System

*교신저자

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2019.20.9.1865>



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.

Received 10 July 2019; **Revised** 10 August 2019

Accepted 20 September 2019

***Corresponding Author; Yoon Ho Kim**

Tel: +82-2-5459-4415

E-mail: yhkim@mokwon.ac.kr

1. 서론

본 연구는 ‘영상 보안 시스템을 이용한 교육현장의 안전망 설계에 관한 연구’의 후속연구로 드론 기반의 교육공간의 통합 안전시스템 구축을 위한 확대 연구이다[1].

사회구조가 점차 복잡화되면서 우리 사회에 신종 범죄의 발생률도 증가하고 있다. 교육공간 주변에서 일어나는 범죄는 더욱 가능성이 높아지고 있고, 학교 내부뿐 아니라 학교 주변 통학로에서의 아동 범죄율은 아동 대상 범죄 발생의 대부분을 차지하고 있다[2]. 학교는 폭력과 범죄 등으로 인한 피해 학생들을 보호하기 위한 적절한 대응책이 없어서 이에 대한 대응방안이 시급한 실정이다. 학교범죄 예방 관련 방안으로 학교 주변에 폐쇄회로 TV인 CCTV, 경고표지판, 통학 안전지도 등을 실시하고 있으나 기준범위가 광범위하고 적용지침 기준이 구체적이지 못하다[1], [3]. 학생을 대상으로 한 범죄 예방을 위해 지방자치단체에서 실시하는 예방 관련 방안은 대부분 CCTV에 의존하는 실정이다. 각 지방자치단체에서 학교 주변 범죄 예방을 위한 시도로 환경 설계를 통한 범죄 예방기법인 CPTED(Crime Prevention Through Environmental Design)를 도입하고 있으나, 기준범위가 광범위하고 기존환경에 곧바로 적용하기에는 여전히 많은 어려움이 있다[4], [5].

본 논문에서는 먼저 국내·외적으로 드론의 활용방안을 분석하고, 교육공간의 안전망 구축을 위한 방안으로 교육공간의 통합 안전시스템 구축을 위한 드론 기반 시뮬레이션 방법론을 제안하였다.

드론을 교육공간 등에 1일 1~2회 일정 시간 순찰하여 촬영한 영상분석 및 감시를 통해 위험 발생 시 경찰서나, 소방서 등과 연계하여 즉각적인 대응방안을 제시하고자 한다. 또한, 드론 순찰 시 추락의 위험성도 발생할 우려가 있어 회피 알고리즘을 추가하여 드론의 안전성도 보완하였다.

연구를 위한 드론의 비행실험은 시뮬레이션 기반의 가상 모의 비행으로 설계하였고, 드론 순찰 경로는 A, B, C, D 네 개의 구역으로 나누어 학교를 중심으로 드론의 위치를 방향벡터를 이용하여 설정하였다. 사건이 발생하였을 때, 사고 위치를 추적하기가 편리하도록 하고, 드론의 안전한 착륙지점으로도 활용할 수 있도록 통합 안전시스템을 설계한다. 드론 순찰 시 촬영한 영상과 사건이 발생한 지역의 인접한 CCTV 영상을 공유하여 경찰서나 소방서에 신고 할 수 있는 기능을 추가함으로써 즉각적인 대응을 통한 안전한 교육공간 구현을 제시한다.

II. 교육공간 안전체계 구축 및 드론 활용 현황

초등학교 주변 사고 및 범죄에 대한 교육부 학교 알리미 공식 자료에 따르면 운동장, 체육관, 강당 등 학교시설 개방으로 인한 범죄사고가 증가 되었고, 이러한 사고는 대부분이 학교관계자가 아닌 외부인 출입으로 인한 학교에서 발생한 사건으로 이는 2000년부터 지방자치단체별로 추진한 담장 없는 학교 사

업이 원인이었다[6], [7]. 학교 사고 및 범죄가 증가하자 교육부와 지방자치단체에서는 학교안전사고의 개선방안으로 자동출입문 설치, 경비실 신설 등 학교 안전기준이 마련되어 운영되기 시작하였다. 그러나 여전히 학교 주변의 안전사고 및 범죄의 위험으로부터 학생을 보호하기 위한 안전시설과 보안 장비 등 안전대책에 관한 지속적인 연구방안이 요구되고 있다.

국내의 경우 드론을 활용하는 방안을 국가적으로 지원하고 있다. 국토교통부가 발표한 보도 참고자료에 따르면 비행장치 시험비행 허가기준을 새로 마련하여 유인 드론 등 비행장치의 시험비행이 가능해져 신기술개발이 활성화될 계획이다[8]. 미국, 유럽 등은 도심지에서 사용 가능한 개인 비행체(Personal air vehicle)의 연구가 활발히 진행 중이다. 그러나 국내의 경우 새로 개발된 비행장치의 성능확인에 필요한 시험비행을 허가할 근거가 명확하지 않아, 연구 및 개발에 어려움이 있었다. 국토교통부는 연구 및 개발에 있어 안전성 확보와 시험비행을 할 수 있는 제도를 마련해 가는 중이다. 또한, 공공목적으로도 드론 비행을 원칙적으로 허용하여 국가와 지방자치단체 등이 공공의 목적으로 필요한 경우에 사전승인 없이 드론의 비행 및 촬영으로 활용이 가능해진다[9]. 국토교통부의 드론산업 발전 기본 계획안에 의하면 2026년이 되면 세계 드론 시장은 꾸준히 성장하여 67,021 백만 달러까지 성장할 것으로 전망되고 있다[10]. 해외사례로 중동지역의 파이프 관리회사에서 파이프라인에 여러 가지 문제점들이 발생했을 때 기계적인 요인 중 누수 발생 시 누수 지점을 확인하는데 사람이 직접 확인하는 방법과 드론으로 영상 촬영을 통해 확인하는 것으로 비교하였다. 비교방법으로 파이프의 길이와 확인하는데 드는 시간과 비용 부분으로 나누어 드론과 사람이 직접 관찰하는 것으로 나누어 비교 분석하였다. 비교 분석한 자료는 표 1과 같다. [표 1]에서 드론으로 촬영하면서 누수검사를 하는데 드는 비용과 비용대비 인력으로 검사한 비용과의 비교 표이다. 즉, 파이프 총 길이가 길지 않을 경우는 사람이 직접 눈으로 누수를 확인하는 방법과 드론을 비행하여 찾아내는 방법에 큰 차이가 없으나 파이프의 길이가 길고 크기가 클수록 드론으로 촬영하여 문제점과 누수를 확인하는 방법이 비용과 소요시간이 훨씬 더 적게 드는 것을 확인할 수 있다[1], [11].

표 1. 드론을 활용한 파이프점검 해외사례

Table 1. A case of pipe inspection using drone

Pipeline		Total cost (\$)		Task-time (min)	
Length (km)	No.	Drones No.	By worker ($\alpha \times \beta$)	By drone	By worker
0.5	1	4	17×1=17	4	14
1	2	16	34×2=68	8	27
2.5	3	60	102×3=306	21	88
3	7	148	120×7=840	24	95
3	16	338	120×16=1920	24	95

III. 드론 기반 통합안전시스템 설계

드론의 활용도가 높아지면서 여러 대의 드론을 동시에 비행하였을 때 드론 추락에 대한 위험성이 제기되고 있고 드론의 추락으로 인한 피해도 증가하고 있지만 드론 간 충돌 또한 여전히 고려해야 할 과제이다[12]. 한 사례로 2017년 캐나다에 있는 경비행기가 캐나다 퀘벡에 있는 장르사주 국제공항에 접근하고 있을 때, 드론이 갑자기 경비행기의 날개에 부딪히는 사고가 발생하였으며 미등록 된 여러 드론으로 인해 피해 보상이나 피의자를 찾아내는 방법도 현실적으로 어려운 상황이다[13].

국내에서도 드론 시장이 성장함에 따라 소비자위해감시시스템CISS(Consumer Injury Surveillance System)에 위험신고 건수도 증가하고 있다. 접수된 위해신고의 원인으로는 프로펠러 등 드론(장난감 헬기 포함)과의 충돌이 23건(57.5%)이다 [14]. 드론이 실제 현장에서 비행 도중 추락할 경우 그 위험성은 심각할 수 있으며 실제로 일상에서 접근하기 쉬운 선풍기, 예초기 등의 모터 회전 속도와는 큰 차이를 보이고 있다. [표 2]

[표 2]에서 드론의 시간당 모터 회전 속도는 예초기의 최대 속도에 비교해서 약 4배 이상의 차이가 있으며, 드론은 비교적 무게는 가벼우나 작동 위치가 공중이고 바람 등의 변수로 인해 추락 시 2차 피해로 커질 수 있다.

표 2. 드론, 선풍기, 예초기 회전 속도 비교

Table 2. Comparison of unmanned airplanes, electric fans, grass eliminator

	Drone	An electric Fan	Grass Eliminator
Motor rotational speed(rpm)	65,000	300 ~ 2,000	7,000 ~ 13,000
Weight	~ 1kg	4.5 kg	1.6 kg ~
Operating method	Movement	Stationary	Movement
Operating position	The air	Floor	Floor

드론이 비행 중에 건물, 전깃줄 등의 외부 환경 요인에 의한 추락하는 경우도 있고, 업무 중인 드론에 의도적 행위로 인하여 드론이 파손되는 경우도 있다. 또한, 비행체간 이동 중 충돌하는 경우도 예상할 수 있는바, 드론과 드론의 충돌에 대한 회피 방법이 이슈화 되고 있으므로 효율적인 회피 알고리즘 설계는 통합안전시스템 구축을 위한 선결 과제이다. 따라서, 본 연구에서는 드론간 충돌 예방을 위한 충돌 회피 알고리즘을 설계하였고 회피 알고리즘의 흐름도는 그림 1과 같다.

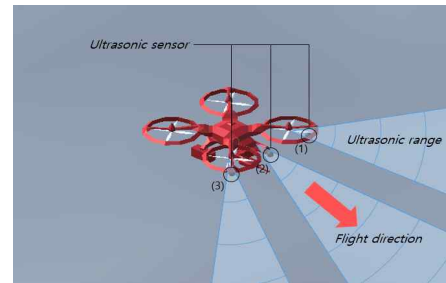


그림 2. 드론에 장착된 초음파센서
Fig. 2. Ultrasonic sensors fitted to drone

그림 1의 회피 알고리즘은 다음과 같다. 먼저, 충돌 회피를 위한 초음파 센서를 그림 2와 같이 부착하였고 센서 감지 시 이동 각도를 센서 별로 설정하였다. 즉, 센서 1은 감지 거리가 30m 이면 45° 회전이동하고, 15m 이내이면 135° 회전이동 후 전진한다. 센서 2는 30m 감지 시 잠시 정지하고 15m 이내이면 5초 정도 후진 후 135° 회전하여 전진한다. 센서 3은 감지 거리가 30m 이면-45° 회전이동하고, 15m 이내이면-135° 회전이동 후 전진한다. 그 외의 경우는 90° 회전하여 전진하도록 설계하였다.

IV. 시뮬레이션 구현

설계된 통합안전시스템의 타당성을 확인하기 위하여 학교 주변 교육현장에 대한 모의 비행실험 시뮬레이션 환경을 구축하였다. 드론의 순찰형태는 나선형으로 비행하여 학교 주변의 사각지대를 촬영하도록 설계하였으며, 유니티(Unity) 엔진을 이용하여 교육환경을 구축하였고 제안한 회피 알고리즘 등의 모의 시뮬레이션 실험을 수행하였다.

먼저, 드론 기반 순찰 시뮬레이션을 구현하기 전에 모의실험 환경의 구축 조건을 확인하기 위하여, 학교현장에서 드론 모의 비행을 하였고 실제 학교건물과 건물간의 거리, 고도, 비행속도 등의 시뮬레이션 변수를 추출하기 위한 모의 비행 실험을 수행하였다.

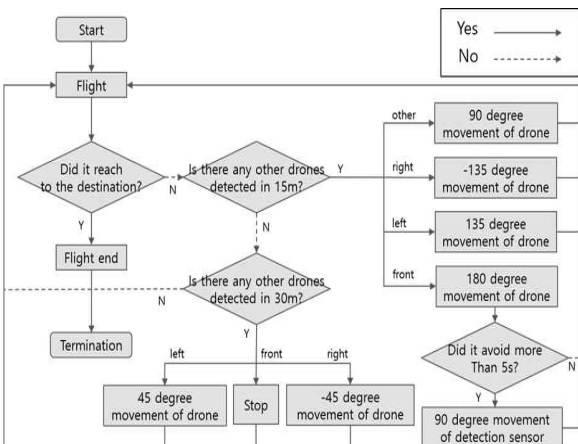


그림 1. 드론 회피 알고리즘흐름도
Fig. 1. Drone avoidance algorithm flowchart



그림 3. 드론 순찰 현장실험 (a) 학교 주변 드론 비행, (b) 건물간 고도 측정
Fig. 3. Drone patrol field experiment (a) A drone flight around the school, (b) Altitude measurement between buildings

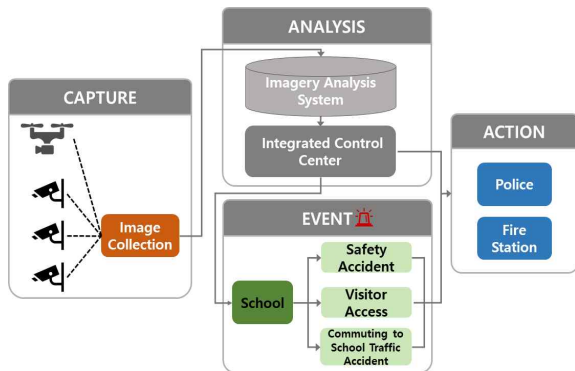


그림 4. 통합안전시스템 개요
Fig. 4. Integrated safety system overview

실험을 통해 실제 학교의 높이와 드론 비행 시 학교 주변 사항과 촬영 시 화면의 해상도, 속도, 총 비행시간, 장애물 등을 설정하였다. 안전망 설계로 그림 4와 같이 통합안전망을 구축하여 교육환경에 드론 영상을 촬영하고 촬영한 영상을 수집하여 통합관제센터에서 영상분석 시스템을 이용하여 위험 발생 감지 시 경찰서나 소방서에 화면을 공유하고 즉각적인 대응을 할 수 있도록 설계하였다.

드론 경로는 나선형으로 순찰하였다. 학교를 중심으로 반경 200m 안 곳곳을 촬영하도록 설계하였다. 나선형 비행 공식은 복소평면으로 확장하여 드브아브르의 정리 (De Moivre's theorem) 식 (1)을 이용하였다.

$$z = r (\cos\theta + i\sin\theta) \tag{1}$$

$$z^n = r^n (\cos n\theta + i\sin n\theta)$$

z = 복소평면
 r = 반지름
 θ = 회전각도

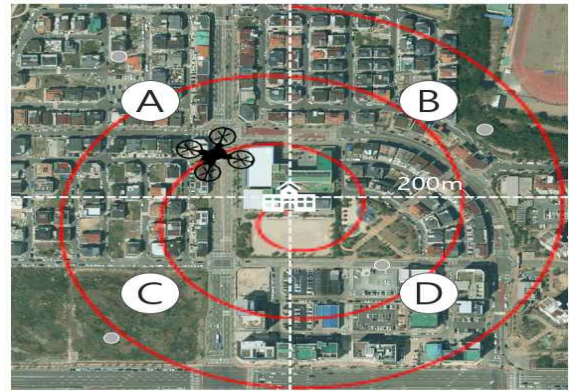


그림 5. 나선형 드론 비행경로와 구역 설정
Fig. 5. Set a flight path and zone of spiral drone

나선 극방정식(Spiral) 형태를 이용하여 식(2)와 같이 더 넓은 지역을 촬영하였다.

$$x(t) = r(t)\cos(\theta(t)) \tag{2}$$

$$y(t) = r(t)\sin(\theta(t))$$

$$r(0) = r_0, \theta(0) = \theta_0$$

$x(t)$ = 시간 t 에 따른 X 좌표
 $y(t)$ = 시간 t 에 따른 Y 좌표
 여기서, r_0, θ_0 는 $t=0$ 일때

드론 순찰은 그림 5와 같이 학교를 중심으로 반경 200 m 설정하였다. 드론 비행경로는 A, B, C, D 네 구역으로 나누어 학교를 중심으로 드론의 위치를 방향벡터를 이용하여 이동 경로를 설정하였다. 또한, 사건이 발생하였을 때 위치를 추적하기가 편리하고 드론의 안전한 착륙지점으로도 활용할 수 있도록 설계하였다. 사건 발생 시 드론을 이용하여 그림 6과 같이 사건 위치로 이동하여 3~5m 높이의 공중에서 호버링(hovering) 하면서 촬영하여 경찰서나 소방서에 연락하여 즉각적인 대응을 할 수 있도록 하였다.

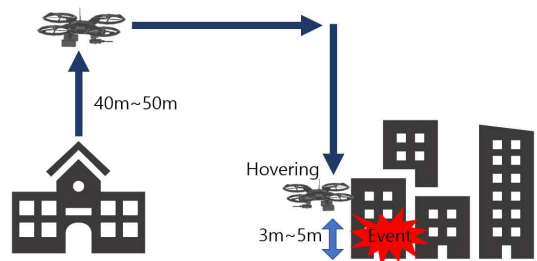


그림 6. 사건 발생 시 드론의 현장 이동
Fig. 6. On-site movement in case of occurring events

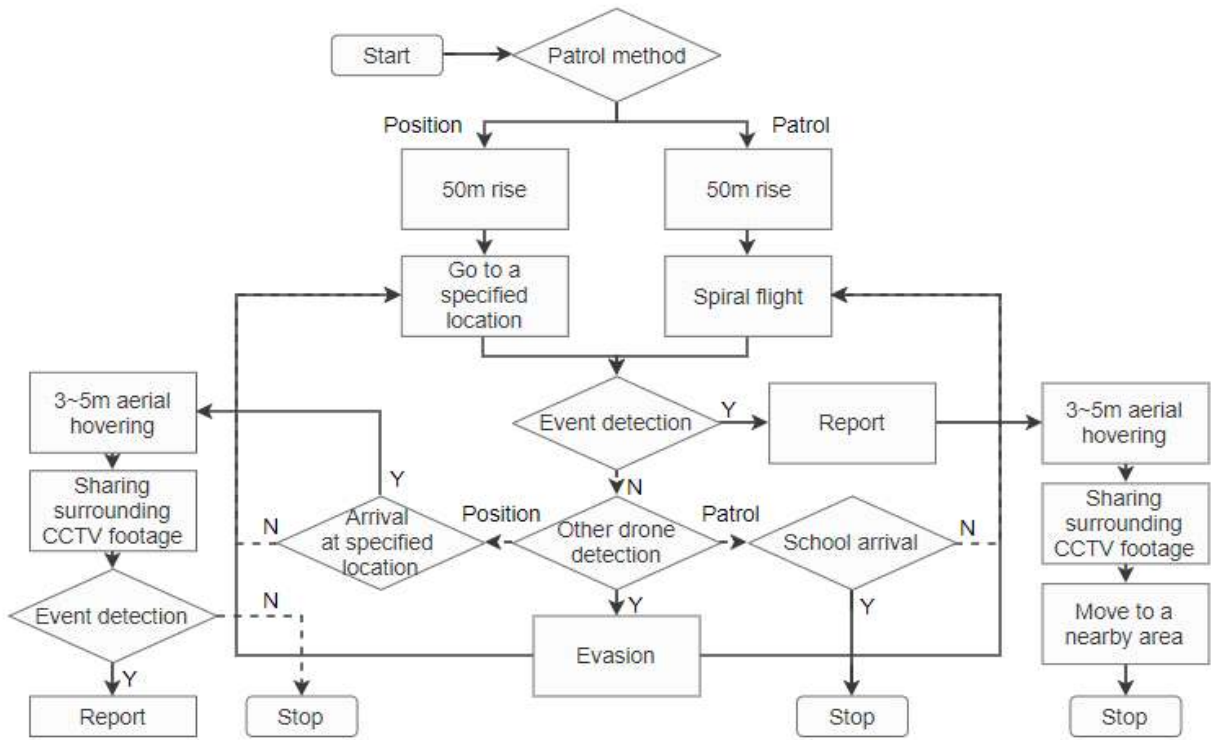


그림 7. 드론 기반 시뮬레이션 흐름도
 Fig. 7. Drone-based simulation flowchart

그림 7은 드론 기반 학교 주변 순찰 시뮬레이션 흐름도이다. 흐름도에서 Position 영역(왼쪽)은 지정된 A, B, C, D 구역으로, Patrol 영역(오른쪽)은 정기적으로 등·하교 시간에 순찰하도록 구성하였다. 지정 위치로 이동하는 순찰 드론은 정해진 곳으로 비행하여 호버링하면서 관리자가 감찰하도록 영상을 공유한다. 나선형 비행은 왕복 10분 정도 학교 등·하교 시간에 순찰하며 사건이 발생하지 않았을 때 정기 순찰을 마치고 학교로 되돌아오도록 설정하였다. 그림 8은 드론의 속력은 시속 30 km/h 이고, 학교의 위치가 대부분 주거지역이어서 주변 아파트의 주거 높이를 고려하여 높이를 40 ~ 50m 정도에서 순찰할 수 있도록 시뮬레이션 환경을 설계하였다. 시뮬레이션 환경을 임의로 설계한 것은 실제 현장에서 실험할 수 있는 환경을 구축하기가 현실적 제약 조건으로 인하여 가상현실 기법으로 모델링 하였다. 화면의 왼쪽은 학교 주변을 촬영한 화면이 보이고, 오른쪽은 CCTV 화면이 보이게 하였다. CCTV는 사고 발생지점에서 가장 위치가 가까운 순서로 화면을 볼 수 있다. 순찰 시에는 왼쪽화면 즉 학교 주변만 화면에 보이게 하였다. 사건 발생 시 관계자가 다시 사건 지역으로 드론을 이동시켜 근처의 CCTV 화면을 공유하고, CCTV 화면이 안 보일 경우는 드론이 호버링하면서 사건 지역을 촬영하였다. 학교 관리자가 사건 발생 시 즉각적으로 경찰서나 소방서에 연락하도록 모니터 장치를 설계하여 신속한 대응을 할 수 있게 하였다.

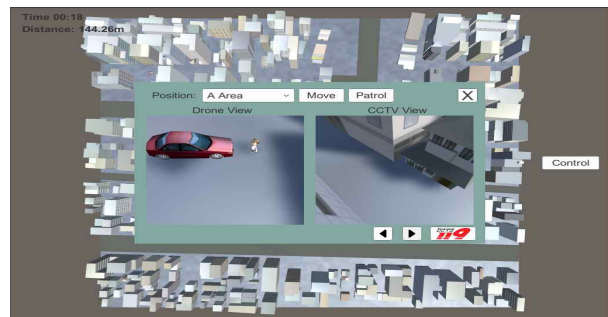


그림 8. 설계된 시뮬레이터의 모니터링 화면
 Fig. 8. Monitoring screen of the designed simulator

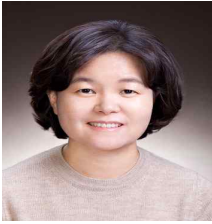
V. 결론 및 제언

본 연구에서는 드론 기반의 교육공간 통합안전시스템을 제안하였으며, 유니티 엔진을 이용하여 시뮬레이션을 구현하였다. 먼저 드론 기반 순찰 시뮬레이션을 구현하기 위해 모의환경 조건을 결정하기 위한 학교현장 비행실험을 하였다. 실험을 통해 학교건물과 주변 건물 간의 거리, 고도, 비행속도 등의 시뮬레이션 변수를 정하였고 촬영 시 화면의 해상도, 속도, 총비행 시간, 장애물 등을 설정하여 교육공간의 통합안전시스템을 구축을 위한 드론 기반 가상 시뮬레이터를 구현하였다.

구현된 시스템은 드론의 추락으로 인한 사고를 방지하기 위하여 회피 알고리즘을 추가하여 안전성을 확보하였다. 시뮬레이션의 타당성을 검증하기 위하여 학교 주변의 교육환경을 모델링하고, 드론 비행에 위한 환경조건을 구축하여 모의실험을 수행하였다. 학교 주변을 중심으로 드론 순찰을 통해 위험요소나 범죄 발생 시 드론 영상과 사고지점 근접한 곳에 설치된 CCTV 영상을 공유하도록 하였다. 드론 영상이 추가됨으로써, 기존에 설치되어있는 CCTV 영상으로는 보이지 않는 범죄나 사건 사고 사각지대의 촬영이 가능하였다. 또한, 위험 상황 발생 시 학교관계자가 경찰서나 소방서에 연락하여 즉각적인 대응이 이루어지도록 설계하였다.

참고문헌

- [1] M. S. Lim, "A Study on the Safety Network Design of Educational Site Using Video Security System", Ph.D. dissertation, Mokwon University, 2019.
- [2] C. H. Kim, "A Study on the Prevention of Crimes against Children by Schools and Local Communities", Ph.D. dissertation, Dongguk University, 2016.
- [3] H. K. Kim, "A meta-analysis on the effects of crime prevention Closed-Circuit Television", Ph.D. dissertation, Dongguk University, 2016.
- [4] H. H. Shin, "A Study on the CPTED guideline for Elementary school and surrounding area", Master Thesis, Mokwon University, 2011.6.
- [5] M. G. Shin, "A Study on the Improvement of School Environment with CPTED Theory", Master Thesis, Seoul National University of Science and Technology, 2012.8.
- [6] S. R. Cho, "Necessity of Systematic Management of Open School Facilities", Chungnamilbo, 2018. 10, <http://www.chungnamilbo.com/>
- [7] Y. B. Park, "A study on safety management plan of opening gate and fence in school grounds:- Elementary Schools in Pohang City - ", Master Thesis, Korea National University of Education, 2017.2.
- [8] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Homeland Traffic News." <http://www.molit.go.kr/>, 2018. 10.
- [9] H. Y. Hurr, *The aerospace industry*, 3rd ed, Book Net, 2018.3.
- [10] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Basic Plan for Development of Drone Industry", pp. 49, 2017.12.
- [11] Wamidh Mazher, Osman N. Ucan, Hadeel Ibrahim, Oguz Bayat, "Drone swarm with free-space optical communication to detect and make deep decisions about physical problems for area surveillance," *Optical Engineering* Vol. 57, No. 3, pp. 036116 March 2018.
- [12] K. H. Lee, "Development of A* Real-time Path Planning Algorithm of UAV Considering Collision Avoidance", Master Thesis, Seoul National University, 2015.2.
- [13] H. Jang, "A Study on the Operation and Safety of Business Drones", Ph. D. dissertation, Myongji University, 2018.1.
- [14] Korean Consumer Agency, "Survey Report on Drones Safety" 2017.8.1.-31. <http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07234448>



임미숙(Mi-Suk Lim)

2019년 2월 : 목원대학교 대학원(공학박사)

2019년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 융합 컴퓨터·미디어학부 겸임교수

※ 관심 분야 : 정보보호(Personal Information), 안전, SW교육, 드론



여상수(Sang-Soo Yeo)

2005년 8월 : 중앙대학교 공학박사

2008년 2월~2009년 2월 : (주)비티웍스 연구개발본부 부장

2009년 3월~현재 : 목원대학교 융합컴퓨터·미디어학부 교수

2018년 3월~현재 : 목원대학교 기획처장

※ 관심 분야 : 정보보호 기술 및 정책, 멀티미디어 시스템, 임베디드시스템



김윤호(Yoon-Ho Kim, Ph.D.)

1992년 6월 ~ 현재 : 목원대학교 융합컴퓨터·미디어학부 교수

2005년~2006년: University of Auckland NZ, CITR Lab. Research Fellow

2008년~ 현재: ISO/TC 292, Korea Delegate

2012년~ 2014년 : (사) 사회안전학회 회장

2017년~ 2018년 : (사)한국정보기술학회 회장

2019년~ 현재 : (사)한국디지털콘텐츠학회 수석부회장

2018년 9월 ~ 현재 : 목원대학교 입학처장

2019년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 교학 부총장

※ 관심 분야 : 퍼지 추론, 영상처리, IT 기반 사회안전망 설계, 사회안전 표준화 등