



## 산업 재해 대응 드론 비행경로 설정 방법

### Drone Flight Path for Countacting of Industry Disaster

추상목\* · 정의필\*\* · 이정철\*\*†  
Sang-Mok Choo, Ui-Pil Chong, and Jung-Chul Lee†

\*울산대학교 수학과, \*\*울산대학교 IT융합학부  
\*Department of Mathematics, University of Ulsan  
\*\*School of IT Convergence, University of Ulsan

#### 요약

드론은 이미 우리의 실생활에 폭 넓은 응용분야로 자리 매김하고 있으며, 또한 다양한 분야에서 중요한 역할을 수행하고 있다. 본 연구는 이러한 응용 분야 중에서 산업재해 대응을 위한 드론 운용 시스템 설계에 관한 방법론으로서, 드론이 정상 비행경로에 따라 비행하면서 재해관리현장에서 촬영된 영상을 드론 관리 서버로 전송하고, 이를 분석하여 각 재해관리현장이 이상상황 또는 비상상황인지를 판단한다. 이상상황으로 판단되면, 드론이 근접지점이 포함된 지정된 이상비행경로로 비행경로를 변경하여 영상을 촬영하고 함께 측정된 센서 값을 드론 관리 서버로 전송하고, 이들을 분석하여 정상상황 또는 비상상황인지를 판단한다. 비상상황으로 판단되면, 드론을 최대 근접지점으로 비행시켜 다시 관련 정보를 드론 관리 서버 및 상황실 서버로 전송하는 시스템을 설계하는 방법론을 제안한다.

키워드: 산업재해, 드론, 정상상황, 이상상황, 비상상황, 비행경로

#### Abstract

Drone is currently used for wide application areas in our real life. Also it performs more important functions. We propose a method of drone operation system for the prevention of industrial disaster. In normal operation of drone system the drone monitors the industrial sites according to the planned flight path with acquiring the monitored images and send the image information to the server. The server analyzes and compares the images to DB information by calculating the similarity based on the threshold. Then the system decides whether the industrial sites has problems or not. If the abnormal condition is occurred, the drone change the flight path to abnormal flight path and keep monitoring the industrial sites with measuring the air status by sensors and sends all information to server system on the ground. If the emergency case is occurred, drone approaches the closest position of accident points and acquiring the all information and send them to server and 119 center.

Key Words : Industrial Disaster, Drone, Normal Status, Abnormal Status, Emergency Status, Flight Path.

Received: Jan. 18, 2017  
Revised: Feb. 21, 2017  
Accepted: Feb. 21, 2017  
†Corresponding authors  
jungclee@ulsan.ac.kr

## 1. 서론

드론은 군사용으로 제일 먼저 개발되어 시장을 형성했지만, 오픈소스 드론의 제작이 많아지면서 소비자 시장도 급속도로 확대되고 있다. 최근 드론용 소프트웨어나 플랫폼을 확보한 스타트업 기업들에 대한 투자도 활발하게 이루어지고 있으며, 구글이나 페이스북, 아마존 등은 자사의 서비스 강화를 위한 목적으로 드론 기술을 적극적으로 활용하고 있으며, 드론의 시장 확대에 따른 드론 생태계도 크게 확장되고 있다[1]. 우리나라의 산업발전은 1962년도 이후 특정지역을 중심으로 지속적으로 고속 성장을 이루어 발전하여 왔으나 이제는 오래된 산업설비의 안전 문제가 사회적 문제로 대두하게 되었다. 무인 항공기는 조종사가 탑승하지 않고 지정된 임무를 수행할 수 있도록 제작한 비행체로서 단순히 드론(Drone)으로 불리기도 한다. 드론은 조종사를 태우지 않고, 공기역학적 힘에 의해 부양하여 자율적으로 또는 원격조종으로 비행을 한다.

이러한 드론은 활용분야에 따라 다양한 장비(카메라, 광학, 적외선, 레이더 센서 등)를 탑재하여 감시, 정찰, 통신, 정보 중계 등의 임무를 수행한다. 재해 발생 시의 초기 정보 수집에 드론이 사용되는 경우에도 유용하다.

드론 기술이 발달하여 자동 제어 기술이나 원격 조종 기술이 진보함에 따라 아주 단순로운 감시

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2016년도 산학협력기술개발사업(00396429)의 지원으로 연구하였음.

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.

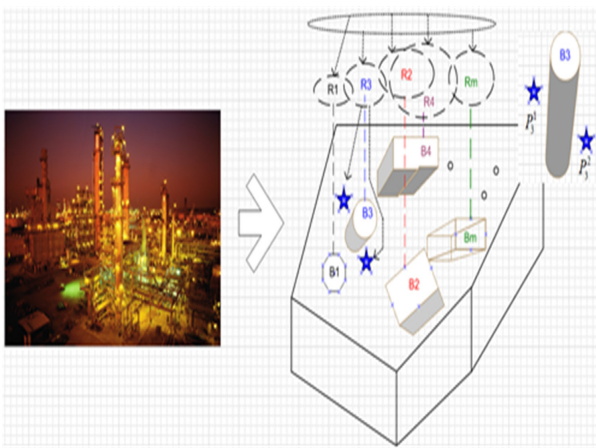


그림 1. 산업현장 드론 적용 개념도  
Fig. 1. Concept for drone operation for industry

작업, 넓은 현장의 감시 작업 또는 고온이나 저온 등의 위험한 환경에서의 감시 작업 등에도 드론의 응용분야가 확대되고 있다. 특히, 드론은 사람이 전체 단지를 감시하기 어렵거나 위험한 산업 현장을 모니터링하여 인명 손실을 최소화시키는데 도움을 주는 데 이용되고 있다.

드론은 GPS(global positioning system)를 탑재하여 실시간 위치를 파악하고 목적 위치의 경로 확인과 시각적으로 확인할 수 없는 악 조건하에 있는 재해관리현장의 영상 정보를 취득하여 회향함으로써, 목적지의 구조와 탐색, 촬영 등의 목적 달성을 지원하게 한다.

특히, 국가 단단이 있는 울산과 여수 지역은 노후화된 산업설비로 인한 안전성을 확보해야 하는 시점에 와 있다. 산업안전 문제는 산업체뿐만 아니라 중대사고 발생 시 주변 환경에 미치는 영향이 커서, 시민의 안전까지도 위협하는 요소가 되고 있다. 따라서 국가적인 차원에서 산업 안전 정책이 필요하다. 현재는 CCTV를 중심으로 한 재난관리 시스템에서 지능형 CCTV 더 나아가 재난정보를 한 눈에 파악하고 위기 상황에 즉각 대응하는 재해재난 관제시스템을 구축하기 위하여 첨단 ICT 기술과 사회재난관리 기술을 융합하려는 단계에 있다. 특히 첨단 무인 항공기인 드론을 산업안전에 이용한다면 화재/폭발 등의 사고 시 효율적인 대응책이 될 것이다. 골든타임 확보 및 소방차 이동 중에 대응책이 119 상황실로부터 사전에 통보되어 현장 도착 즉시 대응이 가능하다.

본 논문은 산업재해 대응을 위한 드론 운용 시스템 설계에 관한 방법론을 제안한다. 그림1에서 보는 바와 같이 정상 시에는 드론이 최상위 비행경로에서 산업현장을 정기적으로 모니터링 하고 이상상황 발생 시에는 드론이 하강하여 산업 현장에 근접 비행하여 이상 발생 정보를 신속히 파악하고 119 상황실에 신속히 알려주고 대응하는 방법으로서 국내특허로 기출원된 것이다[2].

## 2 드론 기술 발전 및 동향

### 2.1 국내 기술 한계점 및 문제점

드론의 국내 산업체 적용을 위해서는 드론이 정상 또는 비정상 운행 시에 안전을 확보해야 하며, 드론의 기술적 특성상 카메라 및 화상처리 기술의 성능 향상에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 한다[3]. 또한, 통신 및 데이터 링크 두절에 따른 드론 통제 불능 상황 발생 시 타 항공기의 운항 안전에 중대한 위협으로 작용할 가능성이 상존하여, 통신 두절에 대비한 자동회복 및 복귀기능, 자동이착륙시스템 기술 개선 필요하다[4]. 비행체의 경량화와 태양광/연료전지/수소연료/하이브리드 등 연료기술 개선을 통한 비행시간 연장에 대한 연구가 필요하다.

또한 산업체 재해 관리를 위하여 119 상황실과 재해관리 현장을 연결하는 드론 운용 시스템에 대한 연구는 전무한 실정이다.

### 2.2 국외 동향

드론의 국외 시장 70% 이상을 점유하고 있는 중국 업체인 DJI는 지속적인 신모델 개발로 세계 시장을 공략하고 있다. 또한 구글은 8개의 로봇 전문 업체를 인수하여 로봇, 무인자동차 등 무인기기 개발 프로젝트를 전방위로 진행 중에 있다. 미국은 2015년 민간용 무인항공기가 민간공역에서 활용 가능도록 법규 및 제도를 구축하는 것을 주요 내용으로 하는 법안을 2012년 통과시켰다[1].

하리케인, 쓰나미, 지진 등 사람의 근접이 어려운 재난 지역에 드론의 사용은 매우 중요한 역할을 할 수 있다. 재난의 경우, 열감지, 화재 지점 등 지상에서 잘 보이지 않는 곳의 재난 정보 탐지에도 드론을 이용할 수 있다. 빌딩의 소프트웨어, 하드웨어, 클라우드 서비스까지도 드론을 이용하는 벤처기업들이 등장하고 있다. 빌딩의 종합 솔루션에 필요한 데이터까지도 드론이 공급하는 시점이 도래하였다[5].

드론 사용은 인간 조치가 개인의 프라이버시나 데이터 보안을 위하여 보다 투명하고, 공동체와의 약속과 안내 등을 통하여 알려 주어야 하는 심각한 실질적인 인종문제를 증가시키고 있다[6].

농업분야에서의 드론의 응용은 특별한 의미를 부여한다. 드론의 속도, 효율성, 분사에서 농작물 경작에 큰 중요성이 있다. 그러나 바람의 속도 등 기후조건에 따른 부수적인 문제, 경계면에서의 드론의 제어 문제등이 해결해야할 과제이다. 따라서 바람의 방향과 강도에 따른 무선 통신기반 드론 비행경로 변경 알고리즘 개발이 필요하다[7].

또한 드론을 이용하여 119 상황실과 재해관리 현장을 연결하는 산업 재해 대응 및 관리 시스템에 대한 연구는 부족한 실정이다[8].

### 3. 재해 관리를 위한 드론의 비행경로 및 운용모드 시스템 개발

본 논문에서 제안하는 산업 재해 대응 드론 운용 시스템은 재해 현장을 관리하다가 재해 관련 상황을 파악하고 119 상황실에 알리는 단계로 운영된다. 이를 위한 드론의 비행경로 설정 방법을 3.1절에서 운용모드 정의 및 변경방법을 3.2절에서 구체적으로 기술한다.

#### 3.1 드론의 비행 경로 설정

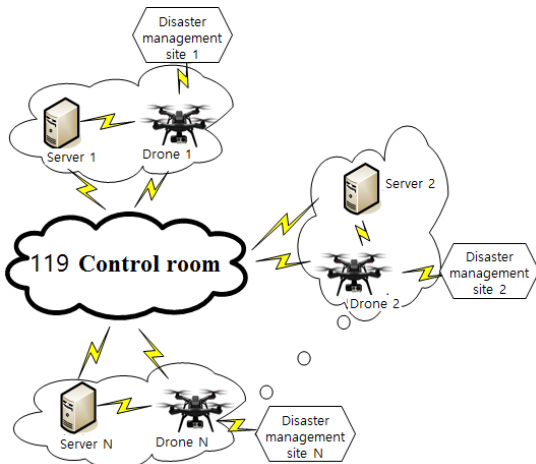


그림 2. 드론 운용 시스템 개념도  
Fig. 2. Concept of drone operation system

재해를 관리해야 하는 산업현장이 N개 있다고 할 경우 그림 2와 같이 각각의 산업현장의 특성에 맞는 N개의 드론 운용 시스템이 필요하다. 각각의 시스템은 해당 산업현장, 서버, 드론으로 구성되는 하드웨어와 이를 운영하는 소프트웨어가 필요하며, N개의 시스템을 통합 관리하는 통합제어 시스템이 필요하다. 또한, 각각의 시스템은 비상시에 모두 119 상황실과 통신이 가능하도록 설계되며 재해 현장의 정보를 즉시 통보하도록 한다.

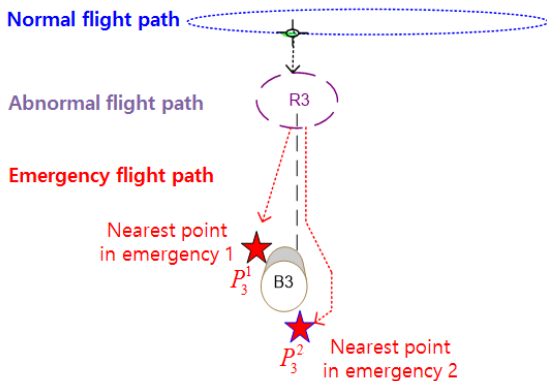


그림 3. 정상/이상/비상 비행경로  
Fig. 3. Flight path of normal/abnormal/emergency

드론의 비행경로 설정은 그림 3과 같이 정상/이상/비상 비행경로로 구별되며 이의 적용방법은 다음과 같다.

1. 재해관리현장 (B3)이 정상적으로 작동할 때 드론이 비행하는 “정상 비행경로”, 이상상황이 발생 시 근접 비행하는 “이상 비행경로 (R3)”, 그리고 비상 상황 발생 시 최대근접 비행하는 “비상 비행경로 (P31 와 P32를 연결한 비행 경로)”를 설정한다.
2. 정상 시에는 정상비행경로를 따라 자동 비행하면서 해당 산업현장의 이상 또는 비상상황 발생 여부를 감시한다.
3. “정상 비행경로” 운행 중, 이상 상황이 발생하면 “정상 비행경로”에서 이상 지점에 근접 비행하는 “이상 비행경로”로 변경하여 비행한다.
4. “이상 비행경로”에서 정상상황이라고 드론이 판단하면 정상비행경로”로 복귀한다.
5. 그렇지 않으면 최대근접비행하는 “비상 비행경로”로 변경하여 “최대근접지점”에서 비상상황 정보를 수집하고 관리자(Server)와 119 상황실에 이 정보를 전달한다.

#### 3.2 드론의 운용 모드 정의 및 변경

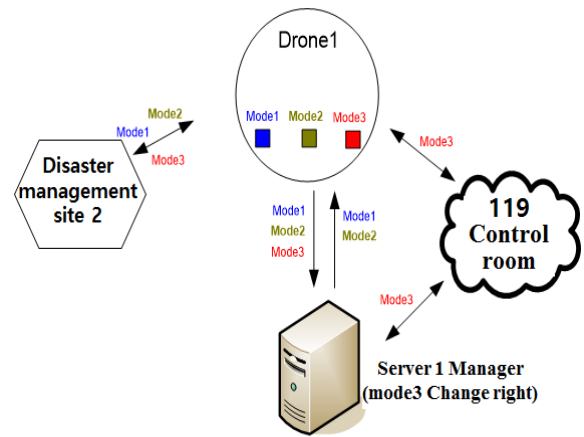


그림 4. 드론 운용 모드의 연관 관계  
Fig. 4. Relationship between drone operation modes

드론 운용 시스템은 상황에 따라 운용 모드를 그림 4와 같이 Mode1, Mode2 혹은 Mode3으로 변경한다. 3가지 모드의 정의는 다음과 같다.

- Mode1: 영상기반으로 불꽃 또는 연기 발생이 정상 기준치 범위 이내인 정상상황이다.
- Mode2: 영상 또는 센서 측정값을 기반으로 불꽃 또는 연기 발생이 정상 기준치 범위 이상이지만 확률적으로 비상 기준치의 50% 이상을 초과하지 못한 이상상황이다.

- Mode3: 영상 또는 센서 측정값을 기반으로 불꽃, 연기 발생 또는 화학물질 누출 등의 측정치가 위험상황으로서 설정된 범위 이상인 비상상황이다.

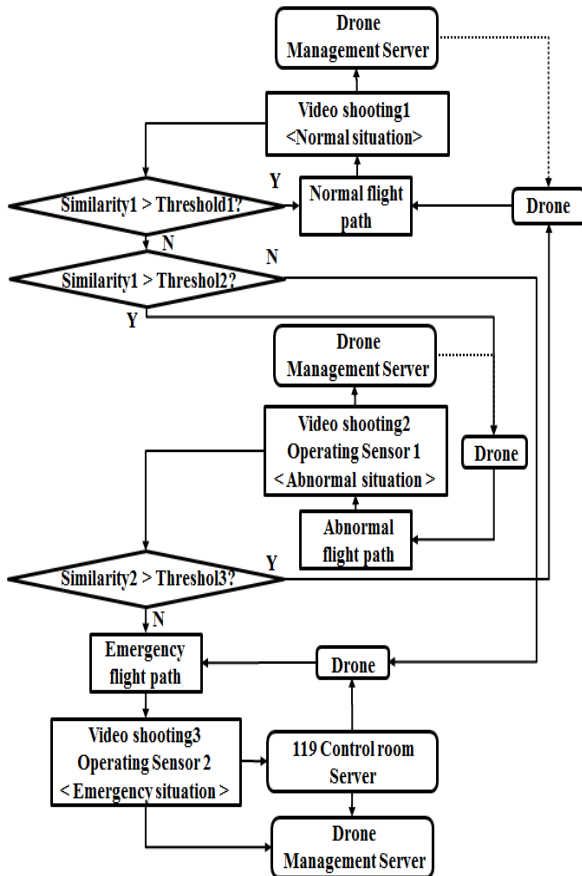


그림 5. 드론 시스템 운용 방법  
Fig. 5. The Method of Drone Operation System

#### 4. 드론 시스템 운용 방법

본 논문에서 제안하는 드론 시스템 운용을 위해 필요한 정상상태 표준 데이터베이스 구축을 4.1절, 이상 상황 판정 방법을 4.2절, 비상 비행 경로 판정 및 드론 수행 임무를 4.3절에서 구체적으로 기술한다.

##### 4.1 정상상태 표준 데이터베이스 구축

산업재해 대응을 위한 드론 운용 방법에 대한 흐름도(그림 5)에서 먼저, 드론은 정상 비행경로를 비행하면서 수집된 영상에 영상처리 알고리즘을 적용하여 사용자가 제공하는 건물, 구조물, 장치 등의 대한 위치, 윤곽 정보를 이용하여 정상상태 영상정보를 추출하고, 날짜, 시간, 날씨, 온도, 풍향, 풍속, 드론의 위치와 관련된 정보를

추가하여 대용량의 정상상태 표준영상 데이터베이스를 구축한다.

정상상태 표준영상 데이터베이스의 정상상황 영상에는 물체정보(정상 비행경로에서 파악한 관리대상물의 위치와 윤곽), 정상상황 영상 정보(드론 상태, 날짜, 시간, 기상, 재해관리현장 영상) 및 정상상황 영상 정보를 이용한 각 촬영 지점에서의 정상영상 설정값(유사도(제1유사도), 문턱치1(제1문턱치)과 문턱치2(제2문턱치))이 저장된다. 예를 들면, 정상 비행 경로의 특정 지점에서 관리대상까지의 거리와 관리 대상의 윤곽, 그리고 1월1일 일몰에서 자정까지 구름이 많은 날에 관리대상이 정상 상황인 날 영상과 정상상황으로 보기 어려운 날을 최근 5년까지의 데이터를 모아 이러한 문턱치를 만들 수 있다. 이러한 정상상태 표준영상 데이터베이스가 구축되면, 드론은 이를 기반으로 정상상태 산업재해 발생 유무 관측을 수행할 수 있다. 또한, 정상상태 표준영상 데이터베이스의 이상상황 DB에는 근접 정상상황 영상 DB와 근접 정상상황 센서 DB가 포함된다. 근접 정상상황 영상 DB에는 물체 정보 및 정상상황 영상 정보를 이용한 각 촬영 지점에서의 정상영상의 제2유사도, 제3문턱치가 DB화되어 저장된다.

##### 4.2 이상 상황 판정

드론은 정상 비행경로에 따라 비행하면서 재해관리현장에 대한 제1영상을 촬영한다. 여기서, 드론은 촬영된 영상을 드론 관리 서버에 전송하며, 촬영된 제1영상에서 영상처리 알고리즘을 적용하여 추출된 건물, 구조물, 장치 등의 형상과 데이터베이스로 구축되어 있는 정상상황 영상과 비교하여 이상 유무를 판정한다. 이때, 드론은 동일한 관리대상물에 대한 영상이라도 날짜, 시간, 날씨, 온도, 풍향, 풍속 등에 따라 차이가 있으므로 확률적 유사도(제1유사도)를 계산하여 이상 유무를 판정한다. 유사도 판단에는 정상상황 또는 이상상황인지를 판단할 수 있는 문턱치1 및 이상상황 또는 비상상황인지를 판단할 수 있는 문턱치2가 이용된다.

확률적 유사도(제1유사도)가 문턱치1을 초과하면, 드론은 정상상황이라고 판단하고 정상 비행경로로 정상 관측을 수행한다. 확률적 유사도(제1유사도)가 문턱치1을 초과하지 않으면, 드론은 그 계산된 확률적 유사도(제1유사도)가 문턱치2를 초과하는지를 확인한다. 확률적 유사도가 문턱치2를 초과하면, 드론은 이상 비행경로로 비행경로를 변경한다. 그리고 드론은 이상 비행경로에 따라 비행하면서 재해관리현장에 대한 제2영상을 촬영하고 이상 감지 센서를 통해 제1센서 측정값을 측정한다. 즉, 유사도는 낮지만 사고유형이 모호할 경우(제1유사도)문턱치2), 드론은 이상 비행경로에서 드론에 장착된 카메라를 통해 촬영된 제2영상 및 불꽃감지센서, 연기감지센서, 가스감지센서, 열감지센서 등의 측정값을 서버에 전송한다.

### 4.3 비상 비행경로 판정 및 드론 수행 임무

확률적 유사도(제2유사도)가 문턱치3를 초과하지 않으면, 드론은 비상 비행경로로 비행경로를 변경하여 수행한다. 즉, 유사도가 문턱치3를 초과하는 경우, 드론은 차이가 큰 부분을 확대하거나 부분 영상으로 변환하여 중점적으로 기존 화재, 폭발, 누출 사고 영상과 비교하여 사고유형을 인식할 수 있다.

이어서, 드론은 비상 비행경로에 따라 사고현장에 근접 비행하면서 재해관리현장에 대한 제3영상을 촬영하고 이상 감지 센서를 통해 제2센서 측정값을 측정한다. 즉, 드론은 사고유형이 명확하게 판별될 경우 드론에 장착된 불꽃감지센서, 연기감지센서, 가스감지센서, 열감지센서를 통해 세부정보를 수집하여, 촬영된 제3영상과 측정된 제2센서 측정값을 상황실 서버 및 드론 관리 서버에 전송한다.

한편, 제2유사도가 문턱치3를 초과하면 드론은 정상상황이라고 판단하고 정상 비행경로로 복귀한다.

## 5. 결론 및 향후 연구

드론을 산업현장의 안전 및 재해 감시에 적용하여 운용하는 시스템을 설계하였다. 본 연구는 유사도와 문턱치 값으로 드론의 비행경로를 설정하는 방법론을 제안한 것이며, 산업 현장에 실제 구현하고 검증해야 하는 문제가 향후 과제로 남아 있다. 또한, 이러한 시스템을 실제 구현하기 위해서는 기술 및 산업적, 정책 및 관련법 개정 등 해결해야 할 문제점들이 많이 남아 있다.

## References

[1] KISA Report, "Developed History and Future Market of Drones," 2015, 5

[2] Uipil Chong et al, "Drone Operation Method and System for Counteraction of Industry Disaster," Korean Patent 10-2015-0165797, 2015, 11, 25

[3] E.H. Sun, T.H. Luat, D.Y. Kim, and Y.T. Kim, "A Study on the Image-based Automatic Flight Control of Mini Drone," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, 25(6), pp. 536-541, 2015

[4] Hyun-Ho Yoo and Byung-Jae Choi, "Design of Simple-structured Fuzzy Logic Systems for Quad-Copter," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, 25(6), pp. 600-606, 2015

[5] Joerg Schlinkheider, Prashant Ramarao, Tim Tully, Vineet Banga, Vipul Deokar, "Commercial Drones Are Coming Sooner Than You Think?," *Insights in Engineering Leadership White Paper*, Nov 02, 2014, pp. 1-15, 2014

[6] Daniel Gilman, "Unmanned Aerial in Humanitarian Response," POLICY PAPER, OCHA POLICY AND STUDIES SERIES, pp. 3-14, June 2014

[7] Swati D Kale, Swati V Khandagale, Shweta S Gaikwad, Sayali S Narve, Purva V Gangal, "Agriculture Drone for Spraying Fertilizer and Pesticides," *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, Vol. 5, Issue 12, pp. 804-807, December 2015

[8] T.J. Tanzi, M. Chandra, J. Isnard, D. Camara, O. Sebastien, and F. Haivelo, "Towards "DRONE-BORNE" Disaster Management: Future Application Scenarios," *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. III-8, pp. 181-189, 2016

### 저자 소개



#### 추상목(Sang-Mok Choo)

1987년 : 서울대학교 수학교육과 이학사  
 1989년 : 서울대학교 수학과 석사  
 1999년 : 서울대학교 수학과 이학박사  
 2011년~현재 : 울산대학교 수학과 교수

관심분야 : Systems Biology

Phone : +82-52-259-2312

E-mail : smchoo@ulsan.ac.kr



#### 정의필(Ui-Pil Chong)

1978년 : 울산대학교 전기공학과 공학사  
 1980년 : 고려대학교 전기공학과 석사  
 1985년 : 오레곤주립대학교  
 전기및컴퓨터공학과 석사  
 1997년 : 뉴욕대학교 전기공학과 박사  
 현재 : 울산대학교 IT융합학부 연구교수

관심분야 : Signal Processing, Drone System, Fault Detection,

Phone : +82-52-259-2220  
E-mail : upchong@ulsan.ac.kr

관심분야 : 디지털신호처리, 음성신호처리, 음성합성  
Phone : +82-52-259-1269  
E-mail : jungclee@ulsan.ac.kr



**이정철(Jung-Chul Lee)**

1984년 : 서울대학교 전자공학과 공학사  
1988년 : 서울대학교 전자공학과 공학석사  
1998년 : 서울대학교 전자공학과 공학박사  
현재 : 울산대학교 IT융합학부 부교수