

산림병해충 검출을 위한 산림무인항공기 운영 모델

¹ 변상우, ^{2*} 강윤희

Operation Model for Forest-UAV for Detection of Forest Disease

^{1*} Sangwoo Byun, ² Yunhee Kang

요약

우리나라는 전국토의 63% 가 산림으로 이루어져 있으며, 지구의 평균 기온은 증가하고 있다. 소나무재선충병과 같은 산림재해충의 확산 방지를 위한 효과적 운영 방법으로는 선제적인 방제가 요구된다. 선제적인 방제 체계는 기상, 지형적 및 인력운영의 어려움 등으로 적시 방제에 쉽지 않다. 본 논문에서는 정보통신기술 기반으로 소형 무인항공기를 이용하여 획득한 영상을 기반으로 피해목과 고사목을 자동으로 분류하는 체계를 갖춰 신속·정확하고 효율적인 방제체계를 갖추는 모델을 제시한다. 특히 제안된 모델은 민간분야 협력을 통해 정부업무에 대한 효과적인 대응체계를 구축함으로써 무인항공기 사업 및 서비스 산업 등의 새로운 일자리 창출을 기대할 수 있다.

Abstract

In Korea, 63% of the nation's land is made up of forests, and the average temperature of the earth has been increasing. Forest service has been operating a proactive control system for preventing the spread of forest pests such as Pine wilt disease. but there were some hurdles in timely control due to weather, topography and manpower management difficulties. In this paper, we propose a model for building fast, accurate and efficient control system by categorizing the damage and dead wood automatically based on the images acquired using small unmanned aerial vehicles based on information and communication technology. In particular, the proposed model establishes an effective response system for government affairs through cooperation in the private sector. It can also create new jobs in the unmanned aerial vehicle business and service industries.

Keywords UAV, Drone, Forest disaster, Automatic classification, Monitoring,

¹ 산림청 정보통계담당관 직산주사(sangwoo@korea.kr)

^{2*} 교신저자 백석대학교 ICT 학부 부교수 (yhkang@bu.ac.kr)

I. 서론

우리나라는 전국토의 63%가 산림으로 이루어져 있으며, 지구의 평균 기온은 증가하고 있다. 기후변화에 따른 산림병해충 발생으로 인한 산림생태계가 영향을 받을 가능성이 높을 것으로 예상된다[1-4]. 특히 소나무재선충병은 1988년 부산에서 처음 발생한 이후 2013년 전후 급격히 확산되어 산림생태계에 많은 피해를 준다. 이러한 산림생태계에 영향을 미치는 소나무재선충병, 솔잎혹파리, 솔껍질깍지벌레 등 산림병해충으로부터 산림자원을 지키기 위한 효과적인 관리체계가 요구된다[5].

산림청은 소나무재선충병 피해목 예찰(豫察)을 위해서 항공·지상조사를 실시하고 있다. 소나무재선충병과 같은 산림재해충의 확산 방지를 위한 효과적 운영 방법으로는 선제적인 방제가 요구된다. 선제적인 방제 체계는 기상, 지형적 및 인력운영의 어려움 등으로 적시 방제에 쉽지 않다. 특히 적시 방제 시기를 놓쳐 소나무재선충과 같이 매개충(媒介蟲)에 의한 확산을 막지 못하게 되면 생태적 자연 확산으로 이어져 반복적인 피해감염이 일어날 수 있다. 따라서, 정확히 피해를 찾아내고 방제시기에 따른 골든타임을 맞추는 것이 중요하다. Table 1은 병해충에 따른 연도별 피해면적을 보인 것으로 병해충 피해에 따른 면적이 광범위한 것을 보인다[9].

Table 1. Annual damage area by pests

(unit: ha)

Type of pest	2013	2014	2015	2016	2017
Pine gall midge	59,309	56,685	49,960	44,166	35,707
Black pine bast scale	7,050	7,436	5,711	4,906	4,043
Pine Caterpillar	1,191	755	728	412	667
Fall Webworm	8,965	7,244	5,567	4,812	6,059
Other pests	34,200	28,286	30,026	33,074	30,971
Total	110,715	100,406	91,992	87,370	77,447

본 논문에서는 정보통신기술 기반으로 소형 무인항공기를 이용하여 획득한 영상을 기반으로 피해목과 고사목을 자동으로 분류하는 체계를 갖춰 신속·정확하고 효율적인 방제체계를 갖추는 모델을 제시한다. 특히 제안된 방안은 민간분야 협력을 통해 정부업무에 대한 효과적인 대응체계를 구축함으로써 무인항공기 사업 및 서비스 산업 등의 새로운 일자리 창출을 기대할 수 있다.

이 논문의 2장에서는 정보통신기술(ICT)과 무인항공기를 통한 산림병해충 예찰체계 현황을 살펴보고 3장에서는 산림병해충 업무를 효율적으로 처리하기 위해서 기술 및 산업간 융합을 위해 산림병해충 탐지를 위한 무인항공기 활용을 통한 적합한 운영모형을 제안한다. 4장에서는 결론을 기술한다.

II. 무인항공기를 통한 산림병해충 예찰

소나무재선충병 등 산림병해충으로 소나무, 잣나무, 참나무 등이 고사가 매년 증가하고 있다. 산림청은 2014년부터 소나무재선충병 감염목을 초기에 검출하기 위해서 무인항공기를 활용한 첨단예찰체계를 운영하고 있다[5]. 소나무재선충은 크기 1mm 내외의 실같은 선충으로 매개충(솔수염하늘소, 북방수염하늘소)의 몸 안에 서식하다가 새순을 갹아먹을 때 상처부위를

통하여 나무에 침입한다. 침입한 소나무재선충은 빠르게 증식하여 수분·양분의 이동통로를 막아 나무를 고사시키는 병으로 치료약이 없어 감염되면 100% 고사한다[6, 8].

산림자원의 피해 확산을 조기에 막기 위해서 산림청은 산림헬기 및 무인항공기를 이용한 항공조사와 산림예찰원을 통한 현장조사를 병행 실시하고 있다. 그러나, 산림헬기는 한 번 가동하는 데 많은 비용이 소모될 뿐만 아니라 헬기운항에 따른 안전비행문제를 갖는다. 한편 인력에 의한 지상예찰은 산림의 지리적 특성 및 입목 등으로 인해 접근성이 매우 불량한 경우, 효율성이 낮게 나타나고 있다. 일 예로 2 인 1 조 산림병해충 예찰원의 이동거리는 1 일 7km 정도이며 가지권은 산림의 울폐도(crown density)에 따라 차이는 있으나 좌우 30m 에 불가한 상황이다. Table 2 는 현행 소나무재선충병 피해목 예찰을 위한 운영체계를 보인 것이다[6]. Table 2로부터 무인항공기 등 원격탐사 기술을 이용한 소나무재선충병 대면적 예찰 조사기술을 개발하여 피해목 분포, 확산추이 등 광역권 예찰정보체계 마련이 필요하다. 이를 통해 피해목 선별의 정확성을 높이고, 소나무림 보호지역, 문화재보호구역 등 소나무재선충병의 확산 방지와 피해 선단지(피해확산지역)에 대한 산림병해충 피해확산 차단 및 완전방제의 실현이 필요하다.

Table 2. Pine nematode disease damage prediction system

Inspection method		Inspection time	Inspection Method
Aircraft Precise Helicopter		3 per year	Helicopter
Ground-level Inspection	Complete inspection of damages	2 per year	Completed inspection of damaged events
	Front and Outlying area	More than 1 per month	Completed inspection of damaged events
	Damaged area	Monthly	Standard site inspection

III. 산업융합형 산림무인항공기 운영모델

3.1 산림병해충 자동화기술 개발

산림청에서는 2014년 소나무재선충병이 발병한 경상북도 포항시·경주시, 충청남도 보령시를 대상으로 무인항공기 도입방안에 대해서 검토하였으며, 한국임업진흥원은 과학기술정보통신부에서 주관하는 협업기반의 산업활력제고 사업을 통해 2015년 4월부터 2016년 3월까지 산림병해충 탐지 자동화기술 개발 사업을 수행하였다[2]. 두 사례를 통해 무인항공기로부터 얻어진 정사영상을 분석한 결과 소나무재선충병 의심목에 대한 선별 정확도는 약 70% 이상으로 조사되어 산림병해충 예찰조사 결과를 활용한 벌채·훈증·파쇄 등 방제 설계 연구를 수행하였다 [3]. Figure 1 은 산림병해충 탐지를 위한 시스템의 구성을 보인 것으로 무인항공기를 통해 획득된 컬러영상과 적외선 영상을 입력 받으며 해당 입력영상은 영상 전처리와 탐지 알고리즘을 사용하여 병충해 상태 분석 및 분류를 수행한다.

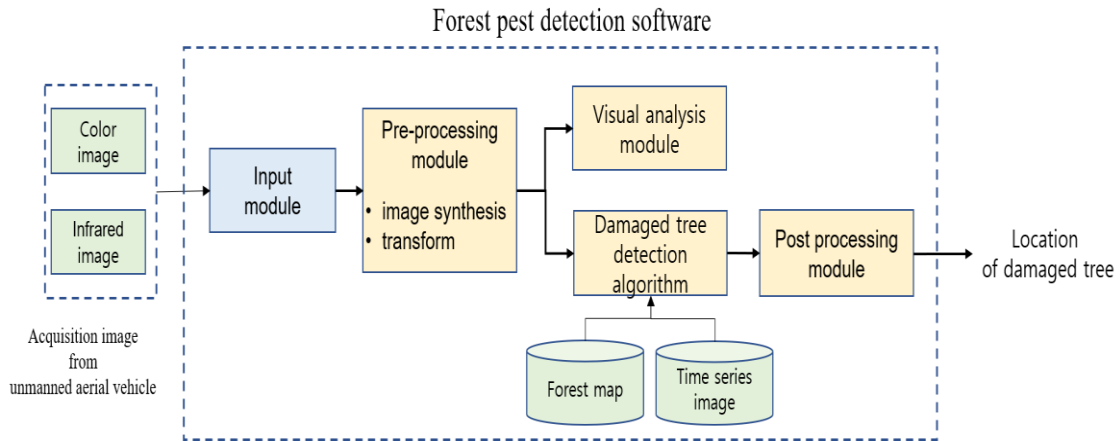


Figure 1. Forest Pest Detection System Software Diagram

산림병해충 자동화 기술개발은 Figure 2 와 같이 무인항공기를 통해 촬영한 정사영상을 피해목 탐지 알고리즘에 적용·분석하여 감염 의심목을 자동으로 선별할 수 있는 산림병해충 탐지 프로그램을 개발한 사업이다. 알고리즘은 피해목 후보 영역을 우선 검출하고, 피해목 분류 및 위치 검출을 수행한다.

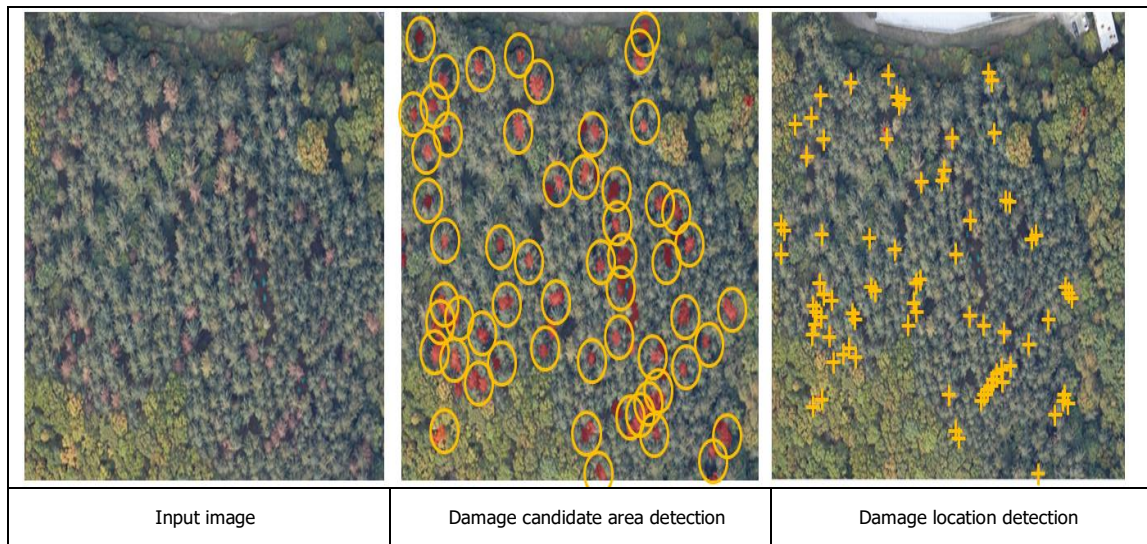


Figure 2. Damage Classification Process

피해목 후보영역 검출 방법은 적색공간을 필터링한 이미지와 텍스처 필터가 적용된 영상으로부터 얻어진다. 피해목 후보 영역의 특징들을 추출하여 기존에 학습한 피해목 모델을 사용하여 피해목을 분류하게 된다. 산림용 무인항공기의 경우 산악지역의 특성에 맞춰 능선을 따라 일정 고도를 유지하고, 갑자기 발생할 수 있는 돌풍에도 안정적으로 운영될 수 있게 설계되어야 한다. 영상 확보를 위해서는 산림병해충 감염목 식별을 위해서 항공 촬영시 광학영상뿐만 아니라 적외선 촬영이 함께 가능한 무인항공기를 사용한다. 이러한 영상의 취득은 자율비행을 통해 대상지역에 대한 영상정보를 취득할 수 있어야 한다[10]. 자율비행은 산악지역의 자율비행 노선의 구획과 비가시권지역의 충돌방지 등에 대한 비행컨트롤러를 통한 통신제어의 역할이 매우 중요하다[12]. 더구나 산악 통신 음영지역의 경우 자체 보조기억장치에

관련 자료를 기록하고, 통신 재개 시 신속하게 재전송함으로써 실시간 정보활용체계를 갖춰야 한다.

3.2 산업융합 모델

무인항공기 산업은 플랫폼설계, 탑재용 센서, 시스템 통합, 통신 기술 등에 대한 전문 기술의 조합이 필요하다[8]. 따라서 각 기술성숙도가 상위수준에 있는 우리나라의 경우 고부가가치 산업의 확산을 위해서 먼저 관련 산업과 융합하여 수요를 확보하는 것이 시급한 실정이다.

산업융합 모델은 일반적으로 디지털융합으로 불리는 산업내 융합, ICT 범위가 확대되어 타 산업분야 기술과 접목되는 산업간 융합, NBIT(NT-BT-IT)로 알려진 기술간 융합이다[7]. 본 제안 모델에서는 시장진입의 트리거 역할을 할 수 있는 정부의 역할을 중심으로 ICT 산업과 무인항공기 산업간 융합을 바탕으로 영상분석처리서비스의 활용측면에서 산업내 서비스간 융합을 고려한다.

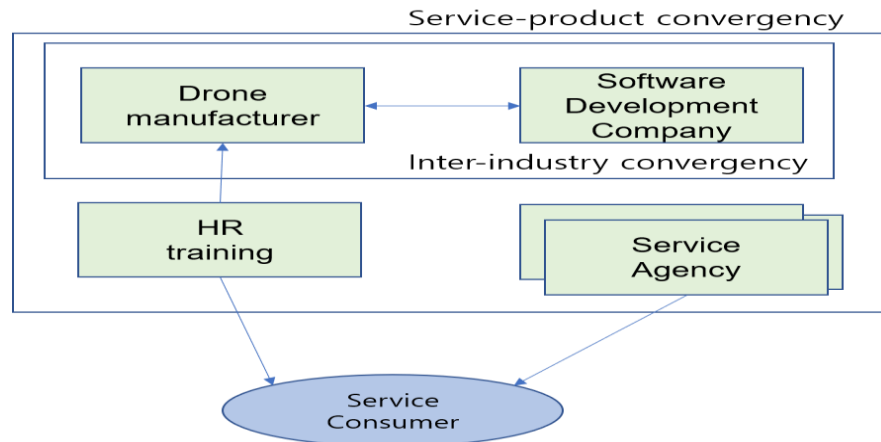


Figure 3. Conceptual view of forest drone operation model

Figure 3 은 산림 무인항공기 운영 모델을 보인것으로 산업융합을 통한 일자리 창출을 위해서는 무인항공기 제조사, ICT 기반의 소프트웨어 개발사, 서비스 대행자 및 소비자, 프로그램 교육 등이 활성화되어야 한다. 서비스 대상은 산림청의 소나무재선충병 등 산림병해충 예찰체계에 무인항공기를 도입하여 업무체계를 개선한다.

3.3 소형 산림용 무인항공기

산림청은 항공촬영으로 소나무재선충병 피해고사목 조사방법을 적용하고 있으나, 소나무재선충병 등으로 인한 고사목을 검출하기 위해서는 자동으로 만들어진 정사영상을 전문가가 분석하여 고사목의 위치를 다시 찾아내야 하는 일을 반복하고 있다. 이러한 현업업무의 효율성을 높이기 위해서는 각 사용자별 맞춤형 무인항공기의 제작과 보급이 필요하다.

산림무인항공기를 개발하기 위해서는 비행운영환경을 고려하고, 소프트웨어 및 하드웨어적인 정교한 제어기능을 고려해야 한다. 대부분의 무인항공기 비행은 고도 유지기능을 필요로 한다. 예를 들어 촬영이나 감시 목적의 비행을 할 때 무인항공기가 일정한 고도를 유지하지 못하고 움직이면 카메라와 비행 제어를 동시에 해야 하기 때문에 비행목적 달성이 어렵다[13-14]. 산림용 무인항공기의 경우 산악지역의 특성에 맞춰 능선을 따라 일정 고도를 유지하고, 갑자기 발생할 수 있는 돌풍에도 안정적으로 동작하도록 설계한다. 또한 산림병해충 감염목 식별을 위해서 항공 촬영시 광학영상뿐만 아니라 적외선 촬영이 함께 가능한 무인항공기의 제작이 요구된다.

3.4 서비스 소비자 및 대행자

우리나라에서 무인항공기를 통한 산업창출을 위해서는 이를 활용한 지속적인 산업적 수요가 요구되어야 한다. 특히, 산림의 경영관리 및 재해대응을 위해서 전통적으로 위성 및 항공 등을 통한 공간정보를 활용하고 있다. 산림병해충의 경우에도 헬기 및 현장 예찰을 통해서 죽은 나무의 경·위도 위치를 찾아내어 방제한다. 이 부분에 대한 업무처리방식을 효율적으로 개선한다면 자연스럽게 지속적인 수요처의 역할을 할 수 있을 것이다. 무인항공기를 통한 예찰이 가능하다면 전국적으로 산림청 뿐만 아니라 지방자치단체에서 이에 대한 활용이 늘어나게 되면서 관련 산업의 안정적인 성장이 가능할 것이다.

서비스 대행자는 서비스를 전달해주는 매개 역할을 하면서 무인항공기의 산업융합을 통해 가장 많은 일자리가 늘어날 것으로 예상되는 분야이다. 무인항공기의 운영을 위해서는 일종의 숙련된 기술자가 필요하다. 무인항공기를 조정하고 취득한 낱장사진에 대한 정사영상의 제작과 기본적인 보정 작업을 통해 최종 고객에게 납품하는 역할을 하게 된다. 그리고 산림 내 다양한 객체 분류를 위한 영상분석 전문가 영역이 발전할 수 있다. 대용량 위성정보와 무인항공기로부터 생산한 정밀 영상에 대한 기계학습을 활용한 자동분류체계를 갖춰야 한다.

IV. 결론

본 논문에서는 산림병해충의 효과적인 예찰을 위해서 기존에 운영하는 헬기 및 인력에 의한 방식에서 소형 무인항공기를 활용한 예찰 방안을 제시하였다. 그동안 무인항공기 산업에 많은 관심이 있었으나 이를 지속적으로 운영하기 위한 새로운 사업분야의 창출이 미미한 실정이었다. 신산업 창출을 위해서 단순히 무인항공기 산업뿐만 아니라 빅데이터 기반의 기계학습 및 5G 통신 개통에 따른 실시간 정보 전달체계를 적용하여 서비스 소비자에게 가치 있는 정보의 제공이 필요하다.

이를 위해서 산림청은 소나무재선충병의 효과적인 대응을 위해서 무인항공기를 활용한 예찰 방법을 지원하고 있다. 그러나 적외선 등을 통한 산림병해충 탐지에 대한 연구는 지속적인 개선이 필요하며 향후 이러한 감시체계를 하나의 패키지 형태로 운영하는 것이 요구된다. 또한 서비스의 효과적인 운영을 위해서 서비스대행자를 통해 서비스의 지속성 및 일자리 창출을 확대할 수 있다.

향후 이 기술은 위성정보 분석기술과 접목하여 산불·산사태 및 산림훼손 등의 사후관리 모델에도 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 현재 산림분야의 산불·산사태·산림훼손 복구를 위해서 현지 조사 시 조사자가 직접 현장에서 피해지의 면적 등에 대해서 측량을 하고 있는데 이를 대체하는 경우 더 많은 고부가가치 수요가 창출 될 것으로 보인다.

사업의 모델을 성공적으로 확산하기 위해서 특정 분야에 한정된 형태로 발전되어서는 안되며 관련분야가 동시에 개발에 참여하여 전반적으로 양질의 고객 만족서비스를 이루어져야 할 것으로 본다.

V. 참고문헌

- [1] Jung Bin Lee, Eun Sook Kim, Seung Ho Lee, "An Analysis of Spectral Pattern for Detecting Pine Wilt Disease Using Ground-Based Hyperspectral Camera," Korean Journal of Remote Sensing, Vol.30, No.5, 2014, pp.665-675, 2014.
- [2] Kim, J.W. "Occurrence status of pine wilt disease and ecological approaches for its prevention plan," in Gyeongbuk Development Research Papers 2006, pp. 183-223.
- [3] Myeong-Jun Kim, Hong-Seok Bang, Joon-Woo Lee, "Use of Unmanned Aerial Vehicle for Forecasting Pine Wood Nematode in Boundary Area: A Case Study of Sejong Metropolitan Autonomous City," J. Korean For. Soc. Vol. 106, No. 1, pp. 100-109, 2017.
- [4] Sangwoo Byun. "Implementation of integrated systems for forest disaster management," The Journal of the Korea Contents Association, Vol. 12, No.2, pp.73-77, June 2014.
- [5] Korea Forest Service, "2019 Forestry Budget Plan," 2019, pp. 644.

- [6] Korea Forest Service. "Availability evaluation of UAV for damaged area by pine wilt disease," 2014, pp. 171.
- [7] Donghyun Yang, Jongbong Byeon, YenYoo You, "A Comparative Study on Innovation Tools for the Development of Business Models by the Types of Convergence," The Journal of digital policy & management, Vol.10, No. 6, pp. 141-152, 2012.
- [8] Agoston Restas, "Drone Applications for Supporting Disaster Management," World Journal of Engineering and Technology, Vol.3, No. 3 pp. 316-321, Oct. 2015.
- [9] Korea Forest Service, "2018 Forestry Statistics Yearbook," 2018, pp. 190.
- [10] Kim, M.I., Lee, W.K. Kwon, T.H. Kwak, D.A. Kim, Y.S., Lee, S.H., "Early detecting damaged trees by pine wilt disease using DI(Detection Index) from portable near infrared camera," Journal of Korean Forest Society, Vol. 100, No.3, pp. 374-381, 2011.
- [11] Deok Yeop Kim, Bo Ram Yun, Sunghye Lee, Woo Jin Lee, "Improvement of Altitude Measurement Algorithm Based on Accelerometer for Holding Drone's Altitude," KIPS Tr. Software and Data Eng., Vol.6, No.10 pp.473~478, 2017.
- [12] Inkyu Jung, Hyosuk Lim, Yongseung Kim, Yukyoung Seo, Minki Hong, Chun Kim, "Approach on Application of Small UAV for Forest Fire Monitoring System," Society of Forest Science, Vol. 2012, pp.75-77, 2012
- [13] Robert Austin, "The Use and Applications of Unmanned-Aerial Systems (UAS) In Agriculture," 58th Annual Meeting of the Soil Science Society of North Carolina. 2015.
- [14] Samuel T. Aden, James P. Bialas, Zachary Champion, Eugene Levin, Jessica L. McCarty, "Low cost infrared and near infrared sensors for UAVs," International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, , Vol. XL-1, pp.1-7, Nov. 2014.

저자 소개



변상우(*Sangwoo Byun*)

1996년 2월 인천대학교 전자계산학과 학사
 2002년 8월 성균관대학교 컴퓨터공학과 석사
 2007년 4월 ~ 2008년 1월 국립산림과학원 연구기획과 주무관
 2008년 2월 ~ 산림청 정보통계담당관 주무관

관심분야 : 소프트웨어공학, 공간정보서비스



강윤희(*Yunhee Kang*)

1993년 8월 동국대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사
 2002년 8월 고려대학교 대학원 컴퓨터과학과 박사
 2000년 3월~현재 백석대학교 ICT 학부부교수

관심분야 : 분산시스템, 인공지능, 클라우드컴퓨팅