원격탐사 기법을 활용한 산불 조기 탐지 기술 개발

김관철*, 이다솜*, 박건철*, 김대한*, 양재훈*, 김성민*, 박정민*, 노영민**, 최성철***, 최창기***, 김덕현****

*차세대융합기술연구원 미세먼지신기술측정연구실

**부경대학교

***(주)삼우TCS

****한밭대학교

e-mail:fehouse@snu.ac.kr

Development of early detection technology for wildfires using remote sensing

Kwanchul Kim*, Dasom Lee*, Keon-Chul Park*, Dae-Hwan Kim*, Jae-Hoon Yang*, Seong-Min Kim*, Jeong-Min Park*, Youngmin Noh,** Sungchul Choi***, Changgi Choi***, Dukhyun Kim****

*Advanced Institute of Convergence Technology

**Pukyong National University

***Samwoo TCS Co., Ltd.

****Hanbat National University

요 약

산불은 단시간에도 국민의 안전을 위협하고, 막대한 산불피해를 발생하며, 복구에 많은 시간과 예산이 투입되기 때문에 신속한 조기 탐지하기 위한 연구는 필수적이다. 현재 산불 감시를 위해 운용 중인 CCTV 영상처리, 드론 감시, 센서 등의 시스템은 산불 조기 탐지하기에는 실시간/신속한 연속 감시, 짧은 비행시간, 짧은 감지 거리 등의 기술적 한계가 있다. 최근 들어 빈번히 발생하는 산불로 인한 피해를 줄이기 위해서 기존의 기술적 한계를 극복한 라이다 신기술 개발 되었다. 김제시 불법 소각에 의한 연기 탐지로 테스트 결과 스캐닝 라이다 기술은 장거리에서 연기를 탐지가 가능한 신기술로 산불 조기 탐지에 적용 가능하다.

1. 서론

세계의 많은 지역에서 발생하는 산불을 감지하거나 모니터 링하고 초기에 진압하는 것은 시민들의 생명과 재산을 보호하고 경제 및 공공안전을 지키기 위해서는 반드시 필요하다. 산림청에 따르면 최근 2016~2121년 8월까지 총 3,151건의 산불이 발생하여 9,666 ha 산림이 소실되었으며, 피해액은 6천억 정도로 추정되며, 2022년 경북·강원에서 발생한 산불의 경우에만 20,523 ha가 소실되었고, 피해액 총 2,261억원에 대해 4,179억원의 복구비가 발생할 것으로 추정된다. 이처럼 산불은 단기간에도 막대한 손실을 초래할 수 있으므로 효과적인산불 진압을 위해서는 초기에 진압하는 것이 무엇보다도 중요하다. 따라서 산불로 인한 피해를 최소화하기 위해서는 조기 산불 감지 방법의 모니터링 수준을 개선하는 것이 무엇보다도 시급하다.

1.1 산불 감시의 기술과 한계 최근 이미지 및 영상처리 기술의 발전으로 산불을 조기 탐 지할 수 있어 대규모 산림지역의 모니터링에 활용성이 증대 되고 있다. 하지만 수동형 감지 방식으로 한계로 인해 산악지 역에서 빈번히 발생하는 안개와 고농도 미세먼지에 의한 연 무에 쉽게 측정 영향과 간섭을 받을 수 있어 오경보율과 경보 누락이 있을 수 있다 [1]. 국내에서는 산불감시를 위해 CCTV 카메라가 주로 활용되고 있으며, 선택적으로 열화상 카메라 와 지능형 영상처리 기능을 적용할 예정이나 여전히 운영환 경에 따라 감지거리가 짧아지거나 부정확할 가능성이 존재한 다. CCTV 카메라는 상대적으로 저가이고 AI 영상인식을 통 해 산불을 자동 감지하고자 하는 시도가 있으나 화재 감지 정 확도가 낮고, 근거리 산불 감지하는데 국한되고 있다. 이 또한 미세먼지와 안개와 같은 기상 조건에 따라 가시거리의 감소, 야간의 낮은 저조도에서는 영상처리가 성능이 크게 저하되 며, 강한 풍속에 의해 산불이 급속도로 확산이 진행된 후에 탐지될 가능성도 있다. 근적외선 및 열적외선 영상감시 시스 템 방식의 경우라도 열감지 또는 연기 감지를 통해 산불 발생 방향에 관한 정보를 제공할 수는 있으나 정확한 발원지를 추

정하는 것은 어렵다.

산불 감지에 사용되는 위성 원격탐사 기술은 FIRMS(Fire Information for Resource Management System)에서 제공하는 것과 같이 관측 범위가 넓은 특성을 가지고 있다 [2]. FIRMS는 NASA의 MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 및 VIIRS(Visible Infrared Imaging Radiometer Suite)에서 1 km 공간 분해능으로 위성 관측 후 3시간 이내에 산불 발생 데이터를 제공한다 [2,3]. 그러나 위성 관측은 궤도 주기와 구름과 날씨에 쉽게 영향을 받고 위성 원격 감지는 실시간 감시가 어렵고, 시공간 분해능이 낮다. 특히, 인공위성을 활용한 산불 감시는 실시간 분석은 어렵고 이미 대형 화재로 번졌을 가능성이 높다 [4-6].

카메라 또는 열화상 복합 카메라를 장착한 드론이나 UAV를 활용하여 산불 감시는 기존 CCTV의 오경보를 줄이기 위해 사용되지만 준비 시간이 필요하거나, 통신 거리, 기상 조건, 배터리 수명에 의해 비행 시간도 제한된다. 또한 여러 지역을 동시에 광역적으로 감시하기에는 한계가 있다. 따라서 드론이나 UAV는 실시간 연속 관측하거나 산악지역을 동시에 관측하기에는 한계가 있다.

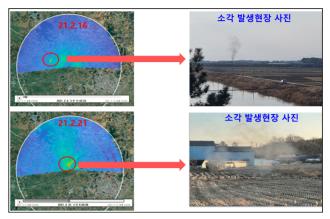
기존 방식과 달리 라이다 기반 산불감시의 경우 레이저를 빛을 광원으로 연기 입자에 의해 후방산란되는 빛의 양과 다 파장으로 입자의 종류를 구별하여 산불을 감시할 수 있는 능 동형 첨단 원격탐사 감시로 주목받고 있다.

2. 스캐닝 라이다 기술을 활용한 산불감시

최근 국내에서 개발된 스캐닝 라이다는 두 파장(532 nm와 1064 nm)의 광원을 사용하며 수평 방향으로 각도분해능이 20° 이내로 30분 내 360° 관측이 가능한 시스템을 개발하였다 [7]. 또한, 두 파장에서 산출되는 후방산란계수(Backscatter coefficient, β)를 이용하여 PM₁₀과 PM₂₅의 질량 농도를 산출할 수 있는 분석기술은 광역적 지역의 산불 조기 탐지 및 발원지 파악이 가능하고 농도 분석을 동시에 가능한 기술이다. 낮과 밤 구분없이 실시간 연속 측정이 가능하고 다파장 분석과 편광소멸도를 활용하면 대기 중 입자의 특성 분석을 통해산불 연기 탐지의 정확성 향상도 가능하다.

3. 연구내용 및 결론

스캐닝 라이다 시스템을 이용하여 농촌 소각에 의한 연기를 탐지 및 미세먼지 관측을 전라북도 김제시 공공하수처리장 건물 옥상에 설치하여 2021년 1월 28일 ~ 2021년 3월 13일 까지 연속관측을 통해 모니터링 하였다. 관측기관 중 특별한 경우를 제외하고 24시간 관측을 진행한 결과 연기탐지 신호 12건을 감지하고 불법소각에 의한 8건의 연기를 감지를 확인 하였다. 그림 1은 연기에 의한 연기탐지 및 미세먼지 농도 변 화를 시각화를 통해 확인하였고 이는 향후에 산불에 의한 연기의 조기 탐지의 가능성을 확인하였다.



[그림 1] 스캐닝 라이다를 활용한 연기탐지 및 미세먼지 측정

본 연구는 과학기술정보통신부와 국토교통부/국토교통과학기술진 흥원의 스마트시티 혁신성장동력프로젝트(22NSPS-C151375-05)와 차세대융합기술연구원(AICT-2022-002) 지원으로 수행됨 연구임

참고문헌

- [1] Witt, Emma L., et al. "Forest fire effects on mercury deposition in the boreal forest." Environmental Science & Technology 43.6 (2009): 1776–1782.
- [2] Davies, Diane K., et al. "Fire information for resource management system: archiving and distributing MODIS active fire data." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 47.1 (2008): 72-79.
- [3] Csiszar, Ivan A., Jeffrey T. Morisette, and Louis Giglio.

 "Validation of active fire detection from moderate-resolution satellite sensors: The MODIS example in Northern Eurasia." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 44.7 (2006): 1757–1764.
- [4] Chand, TR Kiran, et al. "Monitoring forest fires over the Indian region using Defense Meteorological Satellite Program-Operational Linescan System nighttime satellite data." Remote Sensing of Environment 103.2 (2006): 165–178.
- [5] Kim, Goo, et al. "Detecting wildfires with the Korean geostationary meteorological satellite." Remote Sensing Letters 5.1 (2014): 19–26.
- [6] Yao, Jiayun, et al. "Predicting the minimum height of forest fire smoke within the atmosphere using machine learning and data from the CALIPSO satellite." Remote sensing of environment 206 (2018): 98–106.
- [7] 노영민. "두파장 스캐닝 라이다 시스템을 이용한 고해상 도 미세먼지 질량 농도 산출." 대한원격탐사학회지 36.6, 1681-1690, 2020년