

**레이리파와 딥러닝을 활용한 비접촉식 토양수분센서 개발**  
**The development of non-contact soil moisture sensors using Rayleigh waves and a fully convolutional network**

이승민\*, 우동국\*\*

Seoungmin Lee, Dong Kook Woo

.....  
**요 지**

토양수분은 지표면과 지하 영역 사이에 존재하는 수분 및 열에너지의 분배를 제어하거나, 토양 영양분, 식물 성장 및 미생물 활동과 같은 다양한 환경 과정에 영향을 미치는 핵심 구성요소이다. 토양수분은 생태수문학 및 생지화학적 역학, 저수지 관리, 가뭄 및 홍수의 경고, 토양 수분 변화에 따른 작물 수확량 등을 이해하는 데 매우 중요한 역할을 한다. 따라서, 토양 수분의 정확한 측정은 필수적이며, 이러한 필요성에 따라 중력 측정법, 장력 측정법, 전기 저항법 및 시간-주파수 영역반사 측정법 등의 다양한 측정 방법들이 다년간 개발되어 사용되었다. 다만, 앞선 방법들은 철저한 실험을 통해 높은 정확성을 확보하였지만, 토양 교란이 발생하는 단점이 존재하며 실험 현장 토양의 물리적, 생물학적, 그리고 화학적 특성의 보존은 매우 어려운 한계점을 가지고 있다. 따라서, 이러한 단점을 극복하기 위해, 본 연구에서는 레이리파를 이용한 비접촉식 비교란 토양수분 센서 개발을 목표로 한다. 모래, 실트, 점토와 같은 세 가지 특징적인 토양 유형에 따른 파동을 측정하고, 측정된 파동으로부터 토양 수분을 추정하기 위해 기존에 개발된 시간-주파수 방법을 활용하여 토양수분을 함께 측정하였다. 비접촉 파동신호를 토양수분으로 변환하기 위하여, fully convolutional network를 개발하였다. 개발한 모델의 결과 검증은 RMSE(Root Mean Square Error)를 활용하여 검증하였으며, 모래, 실트, 점토에서 각각 0.0131, 0.0021, 0.0034  $m^3 m^{-3}$ 으로 상대적으로 높은 정확성을 보였다. 즉, 본 연구에서 제시한 누출 레이리파를 사용한 비교란-비접촉 토양수분 측정 방법으로, 토양을 교란하지 않고 토양수분을 측정 할 수 있는 높은 가능성을 제시하였다.

**핵심용어 : 토양수분, 레이리파, FCN, 비접촉, 비교란**

**감사의 글**

이 성과는 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021R1C1C1004801). 이에 감사드립니다.

\* 정회원 · 계명대학교 공과대학 토목공학과 석사과정 · E-mail : [1114356@stu.kmu.ac.kr](mailto:1114356@stu.kmu.ac.kr)

\*\* 정회원 · 계명대학교 공과대학 토목공학전공 조교수 · E-mail : [dkwoo@kmu.ac.kr](mailto:dkwoo@kmu.ac.kr)