

유선 드론의 전력선 통신 성능 향상을 위한 전원 잡음 분석 및 대역제거 필터 구현

김용욱¹, 김현식¹, 손경락²

¹(주)매트론, ²국립한국해양대학교

²krsohn@kmou.ac.kr

Power noise analysis and band-rejection filter implementation to improve power line communication performance of tethered drones

Yong-Wook Kim¹, Hyun-Sik Kim¹, Kyung-Rak Sohn²

¹Matttron Corporation, ²Korea Maritime & Ocean University,

본 논문에서는 전력선 통신 기능을 동시에 수행하는 유선 드론의 통신 대역폭을 50 Mbps 이상 유지하기 위한 방안으로 DC 전원 잡음을 제거하는 필터를 제안하고 현장실험을 실시하였다. 1 km 송전선로 시험에서 통신 대역폭은 50 Mbps 이상을 유지하였다.

I. 서론

유선 드론(Tethered Drone)은 전력 및 데이터 전송을 위한 물리적 케이블을 사용하는 드론 시스템으로 배터리 기반의 일반 드론이 가진 비행시간의 제한, 신호 간섭, 보안 취약점 등의 문제를 극복할 수 있는 해법으로 주목받고 있다[1-3]. 하지만 기존의 유선 드론 시스템은 전력 공급선과 데이터 전송선을 별도로 구성해야 해서 케이블 무게 증가, 구조 복잡성, 운용 효율성 저하 등의 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 전력선 통신(PLC, Power Line Communication) 기술이 군사용 유선 드론을 중심으로 도입되고 있다. PLC는 기존에 스마트 그리드, 산업 자동화, 가정용 네트워크 등에서 널리 활용되었으며, 하나의 전력선으로 전기와 데이터를 동시에 전송하는 기술이다. 현재 상용화된 유선 드론은 모터 구동, 카메라 및 통신장치 운용 등에 필요한 전원은 지상부의 전력선과 연결된 다양한 전력조절 장치를 통해 공급받고 있다. 이에 따라 전력변환장치에서 발생하는 다양한 잡음으로 인해 유선 드론의 통신 특성에 많은 영향을 받아 성능 저하의 원인이 되므로 유선 드론에서 데이터 전송을 안정적으로 수행하기 위해서는 잡음 제거 기술이 필수적이다. 본 연구에서는 유선 드론용 DC 전원장치의 잡음을 분석하고 통신 성능을 고도화하기 위한 필터를 설계하고 개선된 통신 대역폭 결과를 제시한다.

II. 본론

그림 1은 전력선 통신 기능을 장착한 유선 드론의 개략도와 DC 전원의 잡음 스펙트럼을 보여준다. 유선 드론의 전원 공급선을 전력선 통신으로 동시에 사용하므로 선로 잡음은 통신대역폭에 민감한 영향을 준다. DC 전원의 잡음 스펙트럼을 분석한 결과 전력통신 대역폭인 1-30 MHz 영역과 거의 겹치고 있다. 그러므로 일정한 수준의 통신 품질을 유지하기 위해서는 잡음 제거가 필요하다.

그림 2는 유선 드론의 전력선 통신 대역폭을 50 Mbps 이상으로 유지하기 위하여 제작한 잡음 제거 필터이다. DC 전원의 잡음 제거에 적당한 필터 구조로 페라이트 비드를 사용한 공통모드 필터와 LC 소자를 사용한 차동모드 필터가 결합한 형태를 선택하였다. 공통모드 필터는 30 MHz 영역에서 잡음 제거 특성이 잘 나타나도록 지원한다. 제작한 필터의 스펙트럼으로부터 대역제거 주파수 영역인 1-30 MHz에서 잡음 제거율은 -50 dB 이상을 보인다.

그림 3은 1 km 송전선로에서 전력선 통신의 대역폭을 측정 한 실험 결과이다. 전력선 통신 모듈의 전원공급 케이블에 필터를 장착한 후 통신 시험을 하였고, 실험 결과 통신대역폭은 50 Mbps 이상을 유지함을 보였다.

III. 결론

본 논문에서는 전력선 통신 기능을 동시에 수행하는 유선 드론의 통신대역폭을 50 Mbps 이상 유지하는 방안으로 DC 전원 잡음을 제거하는 필터를 제안하고 현장실험을 실시하였다. 1 km 송전선로 실험의 결과를 통해 유선 드론의 전력선 케이블을 이용한 통신의 안정성은 DC 전원 필터 적용으로 가능하다.

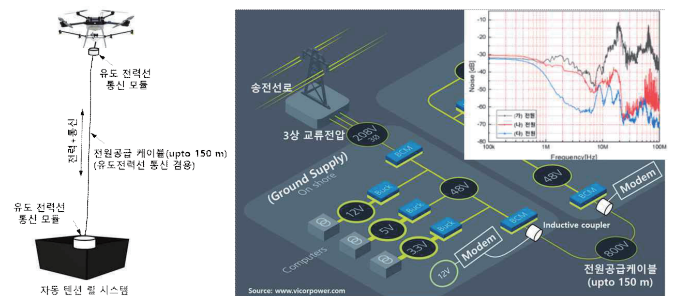


Figure 1. Schematic of the Tethered drone with Power line communication.

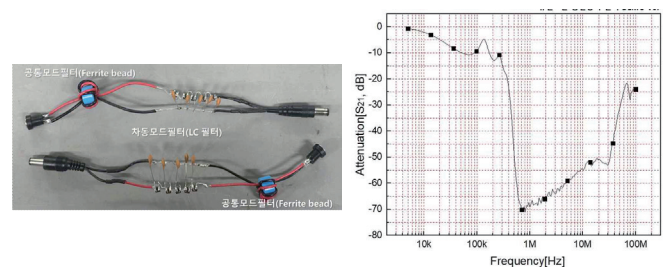


Figure 2. (a) Noise filter, (b) spectral response

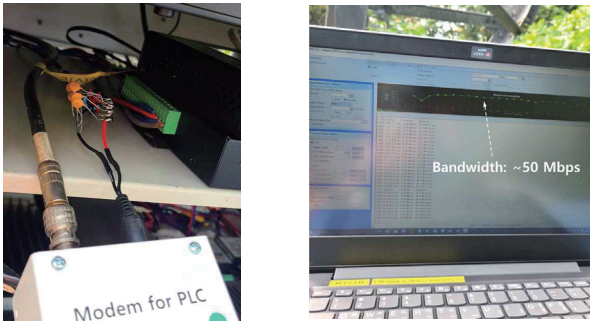


Figure 3. Measurement of communication bandwidth by applying it to a 1 km transmission line.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 중소벤처기업부의 2025년도 지역특화 레전드 50+ 지원사업과 한국해양대학교 첨단반도체인재양성부트캠프사업단의 지원을 받아 수행함.

참 고 문 헌

- [1] F. Fattori and S. Cocuzza, "Tethered Drones: A Comprehensive Review of Technologies, Challenges, and Applications," *Drones*, 9 (6):425, 2025.
- [2] V. Rodriguez et al., "An Experimental Tethered UAV-Based Communication System with Continuous Power Supply," *Future Internet*, 17(7) 273, 2025.
- [3] T. Ünler, "An innovative hybrid power model for protecting tethered drones in case of wired power failures," *Ain Shams Engineering Journal*, Vol. 16, Issue 8, 103471, 2025.