

자유 공간 광통신 시스템에서 CNN 기반 링크 방위 추정 시 광센서의 해상도에 따른 성능 변화 분석

문형주¹, 이은주², 채찬병¹

¹연세대학교, ²특허청

{moonhj, cbchae}@yonsei.ac.kr, ejpooh@korea.kr

A Performance Analysis on the Variation of a Receiver Resolution in CNN-based Fine PAT for Free Space Optical Communications

Hyung Joo Moon¹, Eunju Lee², and Chan-Byoung Chae¹

¹Yonsei University, ²Korean Intellectual Property Office

요약: 수백 THz의 높은 주파수 대역의 광신호는 강한 직진성과 넓은 대역폭을 가진다. 이러한 이유로 자유 공간 광통신(FSO) 시스템은 수십 km 이상의 초장거리 통신 네트워크의 해법으로 떠오르고 있다. 또한, 광통신 링크 형성과 링크 유지를 위한 positioning, acquisition, and tracking (PAT) 시스템 또한 먼 통신 거리와 높은 직진성으로 인하여 그 중요성이 부각되고 있다. 본 논문은 링크 유지를 위한 입사광 방위 추정 과정에 convolutional neural network(CNN) 기법을 도입하고, 광센서의 개수 증가에 따른 정확도와 시스템 복잡도의 변화를 프로세싱 해상도에 따라 비교 분석하였다.

I. 서론

먼 거리에서 좁은 빔을 이용해 통신하는 자유 공간 광통신(FSO) 시스템의 성능은 positioning, acquisition, and tracking(PAT) 시스템의 안정성에 의해 크게 좌우된다. 일반적으로 PAT는 링크 형성 과정을 담당하는 Coarse PAT(CPAT)와 통신이 이루어지는 중에 링크의 유지를 담당하는 Fine PAT(FPAT)로 나누어진다[1]. 그중 FPAT는 링크를 형성하는 두 플랫폼 각각이 수신 신호의 입사 방향을 측정하여 송신 신호의 전송 방향을 미세하게 변화시키는 방식으로 링크를 유지한다[2]. 본 논문에서는 격자 형태로 배열된 광센서가 감지한 수신 신호를 convolutional neural network (CNN) 기법으로 학습된 네트워크에 통과시킬 때, 입사 방위 추정의 정확도와 추정 시간을 비교 분석하였다.

II. 본론

FSO 수신기의 렌즈를 통과한 광신호가 격자 형태로 배열된 광센서에 입사하는 시스템 모델을 가정하였다. 렌즈를 통과한 빔은 입사 방위에 따라 광센서 배열의 특정 위치를 중심으로 하는 영역에서 감지되며, 모든 센서에서 포아송 잡음이 더해진 신호를 수신하게 된다.

(1) 데이터 생성

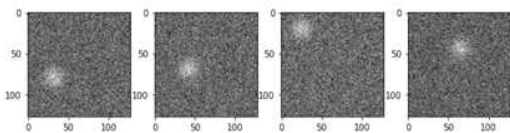


그림 1 인풋 데이터 예시

데이터의 크기는 128*128이고, 수신된 광신호의 세기가 각 픽셀에 표현되었다. 빔의 실제 입사 위치를 중심으로 하는 가우시안 빔과 각 센서에서 독립적으로 나타나는 포아송 잡음을 더해 데이터를 생성하였다.

(2) 네트워크 구조

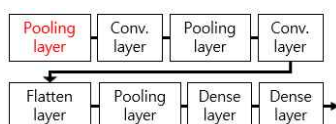


그림 2 CNN 구조

CNN의 구조는 그림 2와 같다. 첫 단의 average pooling layer를 통해 실험의 변인으로 작용하는 광센서의 개수 변화를 나타내었다. 예를 들어, 첫 단의 pooling layer가 2의 stride를 가지는 경우, 64*64개의 광센서가 신호를 수신하는 상황을 나타낸다.

III. 결론

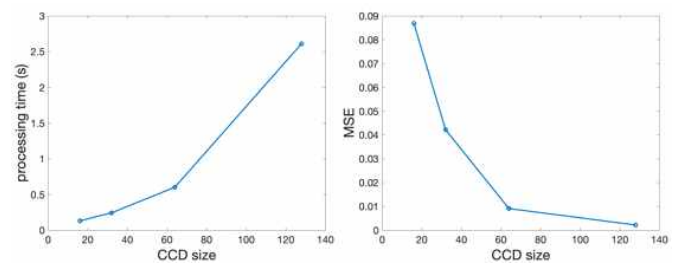


그림 3 광센서의 개수에 따른 방위 추정 소요 시간 및 오차

x 축의 값을 제공한 수가 광센서의 총 개수이며, MSE 값은 빔의 중심 추정 시의 상대적인 오차 값을 의미한다. 많은 수의 광센서를 가진 시스템이 훨씬 더 작은 오차를 가지지만, 더 긴 측정 시간을 가진다. 이러한 시스템의 경우 정밀한 빔 추적에도 불구하고 높은 주파수의 기계적 떨림 현상 등에 취약할 것임을 알 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임. (2019-0-00685, 무선광통신 기반 수직 이동통신 네트워크 기술 개발)

참고 문헌

- [1] J. Park *et al.*, "Impact of Pointing Errors on the Performance of Coherent Free-space Optical Systems," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 28, no. 2, pp. 181-184, Jan. 2016.
- [2] Y. Kaymak *et al.*, "A Survey on Acquisition, Tracking, and Pointing Mechanisms for Mobile Free-Space Optical Communications," *IEEE Commun. Surv. Tutor.*, vol. 20, no. 2, pp. 1104-1123, Apr. 2018.