

6G ISAC을 위한 센싱 및 측위 기법

양현호, 김효원

충남대학교 전자공학과

hyunho.yang00@o.cnu.ac.kr, hyowon.kim@cnu.ac.kr

Simultaneous Sensing and Localization Approaches

Hyunho Yang and Hyowon Kim

Department of Electronics Engineering, Chungnam National University

요약

6G 네트워크에서 ISAC(integrated sensing and communication) 기술에 기반하여 데이터 전송뿐 아니라 센싱까지 통합적으로 가능하게 되었다. SSL(simultaneous sensing and localization)은 ISAC의 핵심 기술 중 하나로 객체를 추적하는 기술이다. 본 논문에서는 ISAC에서의 센싱 기법을 검토하고 SSL을 구현하기 위한 RFS(random finite set) 기반 확률밀도를 이용하는 베이지안 프레임워크를 소개한다.

I. 서론

6세대 이동통신(6G) 시대에서는 통신 네트워크가 환경 정보를 실시간으로 수집하고 분석하는 것을 목표하고 있다[1]. ISAC(integrated sensing and communication)은 통신과 센싱을 통합한 새로운 패러다임으로, 데이터를 송수신함과 동시에 환경을 실시간으로 감지하여 객체를 추적하는 기능을 하며, 이는 6G 시대의 요구 사항을 충족한다. ISAC의 발전은 초고주파수 대역(테라헤르츠(THz))의 활용을 통해 가능해졌다. 높은 주파수에서의 넓은 대역폭 사용으로 향상된 데이터 전송뿐 아니라 센싱이 통합적으로 가능해졌다. ISAC의 핵심 기술 중 하나인 SSL(simultaneous sensing and localization)은 통신 신호의 반사 및 산란의 특성을 활용하여 환경을 감지하고, 객체의 위치를 추적한다. 본 논문에서는 ISAC을 위한 센싱 기법 및 SSL의 구현 방식을 소개한다.

II. 본론

SSL은 ISAC의 핵심 기술로 통신과 센싱을 동시에 진행하여, 데이터 처리와 위치 추적을 효율적으로 수행할 수 있다. SSL의 주요 구현 방식은 기존의 전통적인 SLAM(simultaneous localization and mapping) 기법뿐 아니라 RFS(random finite set) 기반 SLAM과 BP(belief propagation) 기반 메시지 전달 기법을 활용하여 복잡한 환경에서 정밀한 데이터 처리가 가능하게 한다. RFS 기반 SLAM은 SSL의 주요 구현 방식 중 하나로, 객체를 랜덤 합집으로 모델링하여 복잡한 환경을 처리하는 베이지안 프레임워크 기반의 방법이다. 이는 불확실한 객체를 합집으로 관리할 수 있을 뿐 아니라 객체의 수와 상태를 동시에 추적할 수 있다. 이 기술은 다중 객체 추정(MTT, multi-target tracking) 문제에서 환경의 제약 조건을 효과적으로 처리할 수 있다[2]. RFS-SLAM의 주요 구성 요소는 객체의 존재 확률 밀도를 기반하여 상태를 추정하는 PHD(probability hypothesis density) 필터와 추가적으로 객체의 수까지 추정하는 CPHD(cardinalized PHD) 필터가 있다.

PMBM(Poisson multi-Bernoulli mixture) 기반 SLAM은 RFS-SLAM의 구현 방식 중 하나로, 객체를 포아송 분포와 다중 베르누이 분포를 결합하여 모델링한 방식이다[3]. 이는 데이터 연관

문제를 효율적으로 처리할 뿐 아니라 객체의 상태를 동적으로 관리할 수 있다. PMBM 필터는 확률에 기반하여 데이터 연관 문제를 해결하여 데이터의 불확실성을 효과적으로 관리하며, 복잡한 환경에서도 계산 복잡도를 줄이며 높은 정확도를 제공할 수 있다. Set-type BP는 기존의 BP에서 객체를 합집으로 모델링하여, 객체의 수가 변하는 상황에서도 효율적으로 작동하고 데이터 연관 문제를 동시에 해결한다[4].

III. 결론

SSL 기술의 발전은 6G 시대에 새로운 가능성을 여는 중요한 역할을 한다. RFS-SLAM과 BP-SLAM은 각각 객체 추적과 데이터 처리의 효율성을 높이는 데 중점을 두고 있으며, 이는 6G 네트워크에서 통신 데이터와 센싱 데이터를 실시간 처리와 정밀한 추적을 가능하게 한다. 이러한 기술들은 SSL이 6G 네트워크에 핵심 요소로 자리 잡을 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 한국연구재단을 통해 과학기술정보통신부의 「한-핀란드 공동연구사업」의 지원을 받아 수행되었음(RS-2024-00464570).

참고 문헌

- [1] F. Liu *et al.*, "Integrated sensing and communications: Towards dual-functional wireless networks for 6G and beyond," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 40, no. 6, pp. 1728-1787, Jun. 2022.
- [2] L. Gao *et al.*, "Random-finite-set-based distributed multirobot SLAM," *IEEE Trans. Robot.*, vol. 36, no. 6, pp. 1758-1777, Dec. 2020.
- [3] H. Kim *et al.*, "PMBM-based SLAM filters in 5G mmWave vehicular networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 71, no. 8, pp. 8646-8661, Aug. 2022.
- [4] H. Kim *et al.*, "Set-type belief propagation with applications to Poisson multi-Bernoulli SLAM," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 72, pp. 1989-2005, 2024.