

무선측위 관점에서의 6G ISAC의 이해

양현호, 박정훈, 김효원

충남대학교 전자공학과

{hyunho.yang00, pjhoon5121}@o.cnu.ac.kr, hyowon.kim@cnu.ac.kr

Exploring 6G ISAC: A Wireless Positioning Perspective

Hyunho Yang, Junghoon Park, and Hyowon Kim

Department of Electronics Engineering, Chungnam National University

요약

6G 네트워크에서 ISAC(integrated sensing and communication)은 높은 정확도와 낮은 복잡성을 위한 새로운 패러다임을 도입하였다. ISAC 시스템에서 SSL(simultaneous sensing and localization)은 주요 기술 중 하나이다. 이 논문에서는 무선측위 관점에서 ISAC을 탐구하고, ISAC의 향후 연구 목표를 검토한다.

I. 서론

6세대 이동통신(6G) 시대는 초고속 데이터 전송, 초저지연, 초연결성을 목표로 하며[1], 단순한 데이터 전송을 넘어 환경 정보를 실시간으로 수집하고 분석하는 방향으로 발전하고 있다. ISAC(integrated sensing and communication)은 통신과 센싱 시스템을 통합적으로 제공하여 새로운 패러다임을 제공한다. 특히, SSL(simultaneous sensing and localization)은 통신 신호의 반사 및 산란 특성을 활용해 환경을 감지하고 객체의 위치를 추적하는 기술로, ISAC의 핵심 기술 중 하나이다. 기존의 센싱 시스템과 달리, 통합된 통신과 센싱을 활용하여 데이터 중복과 지연을 줄이고 정밀도를 높인다. ISAC 기술은 6G 시대의 다양한 산업 분야에 적용되어 혁신적으로 변화할 예정이다. 본 논문에서는 무선측위 관점에서의 ISAC 기술의 이해와 응용 사례를 분석하며, 향후 연구 방향을 논의한다.

II. 본론

2.1 ISAC 응용사례

ISAC 기술은 통신과 센싱 기술을 융합하여 다양한 산업에서 혁신을 이끌고 있다. 센싱과 위치 추적을 통합적으로 수행하면서 기존 시스템의 한계를 극복하였고, 비용의 효율성을 극대화하였다. 자율주행 차량은 신호의 물리적인 특성을 활용하여 객체의 위치를 정밀하게 추적한다. 스마트 공장에서는 실시간으로 로봇의 위치를 분석하고 최적화함으로써 효율적인 생산과 높은 안정성을 보장할 수 있다. 스마트 시티는 ISAC 기술을 활용하여 도시의 환경을 분석하고 도시 생활 개선에 중요한 역할을 한다. 드론 물류 시스템에서는 실시간 센싱 데이터를 통해 정밀하게 드론을 제어하면서 효율적이고 안정적인 물류 작업을 수행한다. 정밀 농업에서도 작물 및 토양을 실시간으로 분석하여 최적화된 농업

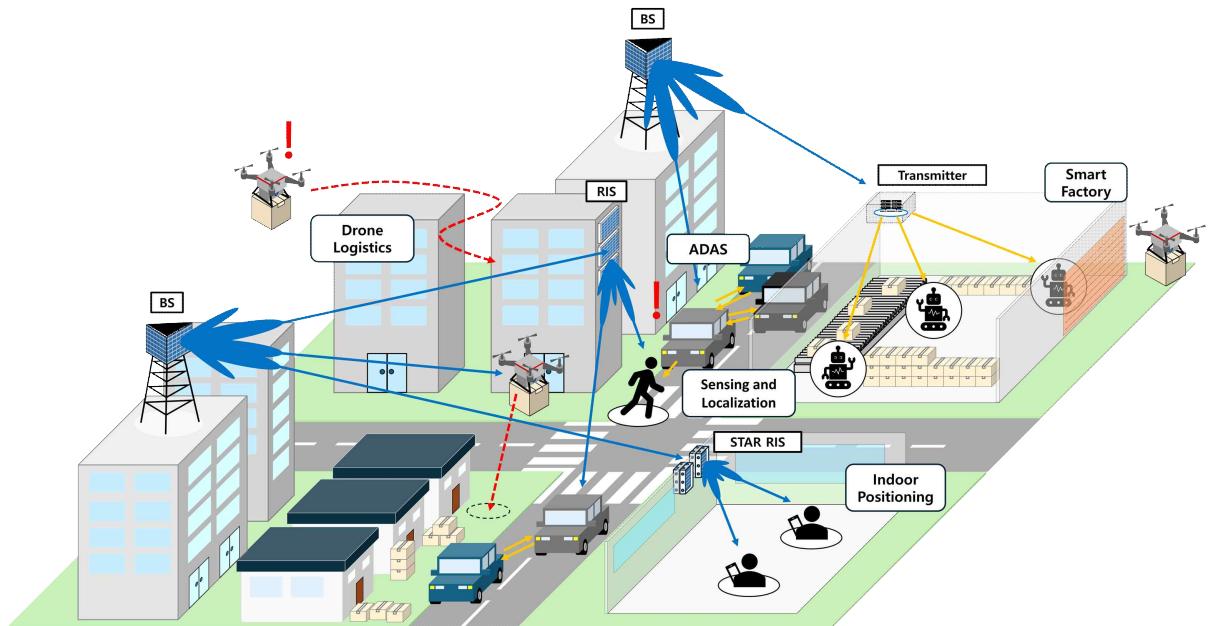


그림 1. ISAC 기반 무선 측위 기술 및 센싱의 응용 사례

환경을 제공한다. 재난 대응 및 관리 분야에서도 ISAC 기술이 중요한 역할을 한다. 구조 대원의 정밀한 위치 추적과 실시간 재난 상황 모니터링을 통하여 피해를 최소화하고 효율적인 구조 작업을 지원한다. 군사 및 국방 분야에서는 실시간 상황 인식을 통하여 신속 정확한 작전을 수행할 수 있게 한다[2].

2.2 향후 연구 방향

ISAC 기술의 연구 방향은 크게 네 가지로 나눌 수 있다. 첫째, THz와 같이 초고주파 대역에서의 신호 특성을 효과적으로 활용하기 위해 채널 모델링, 신호 증폭, 빔포밍 기술의 발전이 요구된다. 둘째, RIS(reconfigurable intelligent surface) 기술 연구를 통해 능동적으로 신호를 제어하고[3], 센싱 데이터의 정밀도를 높여 향상된 6G 네트워크의 ISAC 시스템을 이끌 수 있다. 셋째, SSL 알고리즘을 기반한 효율적인 데이터 처리 기술이다. RFS(random finite set) 기반 SLAM(simultaneous localization and mapping), BP(belief propagation) 기반 접근법[4], PMBM(Poisson multi-Bernoulli mixture) 필터[5]와 같은 기법을 활용하여 보다 정확하고 신뢰성 높은 객체 추적 시스템으로 발전시킬 필요가 있다. 넷째, AI 기반 대규모 네트워크 관리를 통한 효율적인 데이터 처리를 통해 신뢰성이 제공되어야 한다.

III. 결론

6G 시대의 ISAC 기술은 핵심 기술로 자리잡고 있다. 통합된 센싱과 측위 기술은 혁신적인 산업을 이끌 수 있을 뿐 아니라, 지능적인 네트워크 서비스를 제공할 수 있다. THz 대역 활용, RIS 기술의 발전, 정교한 SSL 알고리즘, AI 기반 네트워크 관리와 같은 과제를 해결함으로써, 6G 시대의 핵심 기술로 발전할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

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

참 고 문 헌

- [1] Z. Zhang *et al.*, “6G wireless networks: Vision, requirements, architecture, and key technologies,” *IEEE Veh. Technol. Mag.*, vol. 14, no. 3, pp. 28–41, Sep. 2019.
- [2] 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.
- [3] H. Kim *et al.*, “RIS-enabled and access point free simultaneous radio localization and mapping,” *IEEE Trans. Wireless Commun.* vol.23, no. 4, pp. 3344–3360, Apr. 2024.
- [4] H. Kim *et al.*, “Set-type belief propagation with applications to Poisson multi-Bernulli SLAM,” *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 72, pp. 1989–2005, 2024.
- [5] 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.