

# 최근 Integrated Sensing and Communication의 보안 이슈에 관한 연구조사

이충현, 이동현, 나인호\*, 조성래

중앙대학교, \*군산대학교

{chlee, dhlee}@uclab.re.kr, \*ihra@kunsan.ac.kr, srcho@cau.ac.kr

## A Study on Security Issues in Integrated Sensing and Communication

Chunghyun Lee, Donghyun Lee, Inho Ra\*, Sungrae Cho

Chung-Ang Univ., \*Kunsan National Univ.

### 요약

본 논문은 최근 주목받고 있는 미래 6세대(6G) 무선 통신 시스템의 후보 기술인 ISAC(Integrated Sensing and Communication)에 대한 연구 동향과 이와 관련된 공격 유형들을 조사하였다. 또한, 각 공격 유형에 대해 분석하고 이에 대응할 수 있는 ISAC 보안 기술 연구들을 조사하여 ISAC 보안 솔루션에 대한 기법들을 분석하였다.

### I. 서론

차세대 통신 시스템으로 주목받고 있는 6G 무선 통신 시스템의 유망 후보 기술로써 ISAC이 주목받고 있다 [1-2]. ISAC의 가장 큰 특징으로는 대상 감지와 데이터 통신을 RF(Radio Frequency) 하드웨어와 컴퓨팅 플랫폼을 각기 달리 사용하지 않더라도 구현할 수 있다는 점으로, 이는 기존의 무선 통신 인프라를 그대로 사용하여 대상 감지 또한 수행할 수 있는 큰 이점이 있다. 특히, 각각의 무선 통신 및 대상 감지 기술은 이미 상당한 수준의 연구가 진행되고 있어 두 기술의 융합을 통해 미래 스마트 환경에서 핵심적인 기반 기술로 사용될 것으로 전망된다. ISAC 또한 신호 처리 기술을 통한 파형 설계, 스펙트럼 프레임워크 등 상당한 수준의 연구가 진행되었으며, 이는 네트워크의 스펙트럼 효율성을 향상시켜 주파수 자원 부족의 문제를 해결할 수 있다.

그러나, ISAC은 무선 채널의 전파 특성과 감지 파형에 정보가 담겨있는 신호가 포함된다는 특성 때문에 도청, 제밍 등과 같은 고유한 보안 문제가 중요한 해결 과제로 남아있다. 특히, ISAC을 활용할 수 있는 분야가 차량 간 통신, 스마트 홈 등 개인 정보 영향을 끼치는 것뿐만 아니라 항공기, 차량, 선박 등의 위치, 방향, 속도 등 군사 및 국가 전반적인 분야에도 사용될 수 있음을 고려할 때, 이는 상당한 경제적 손실 외에도 국가 안보를 위협하는 심각한 문제로 이어질 수 있다.

이 같은 이유로 최근 ISAC 연구는 스펙트럼 효율성을 높이는 본질적인 성능 연구뿐만 아니라 ISAC의 보안을 강화하는 연구들도 같이 진행되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 ISAC의 보안 이슈와 관련된 대표적인 공격 유형인 도청과 제밍 기법이 어떻게 ISAC을 위협하는지 분석하고, 이를 방어하기 위한 보안 솔루션에 관한 연구를 조사하였다.

### II. 본론

서론에서 소개하였듯이, 현재 가장 큰 ISAC 보안 위협으로는 대표적으로 정보가 담겨있는 전파 신호를 도청하는 스니핑(Sniffing) 공격과 무선 채널의 고유한 전파 약점인 전파 방해(Jamming) 공격이 대두된다 [3-4].

#### A. Sniffing Attack

대부분 이전의 ISAC 시스템에 대한 연구들에서는 감지 대상이 통신 신호를 가로채지 않는다고 가정한다 [5]. 그러나 실제 통신 환경에서 수신 및 감지하는 대상이 목표에 부합하는지 또는 도청자인지는 사전에는 알 수 없다는 단점이 있다. 일반적으로 실내에서 이루어지는 무선 통신 및 대상 감지 신호는 신뢰성이 높으나 실외에 대하여서는 보안을 보장하기 어렵다.

이를 해결하기 위하여 [6]에서는 최근 주목받고 있는 새로운 유형의 재구성 가능한 지능형 표면(RISs, Reconfigurable Intelligent Surfaces)인 지능형 진방향 표면(IOSs, Intelligent Omni-Surfaces)를 기반으로 통신의 보안을 보장하는 문제를 공식화하였다. IOS를 통하여 기존 ISAC 시스템의 물리 계층에서 공간적으로 통신 부분과 감지 부분을 나눠 관리하는 방법을 통하여 보안을 보장하였다. 특히, 통신 사용자들에게 필수적인 QoS(Quality of Service) 제약 조건을 통해 정보 누출을 방지하고 동시에 빔 패턴 이득을 최대화하는 공동 최적화 접근 방식을 제안하였다.

[7]에서 또한, 지능형 반사 표면(IRSs, Intelligent Reflecting Surfaces)을 기반으로 도청을 방지할 수 있는 전용 감지 신호를 전송하여 감지 빔 패턴 이득을 최대화함과 동시에 완벽한 채널 상태 정보와 잠재적인 관심 대상 위치가 기지국에 의해 알려졌는지에 따라 각기 다른 최적화 문제를 제안하여 강력한 보안 알고리즘을 제안하였다.

#### B. Jamming Attack

앞서 살펴본 바와 같이, ISAC 시스템에서 도청에 관련된 보안 연구는 지능형 표면을 활용하여 물리 계층의 보안 강화를 통해 해결 방법이 제안되고 있다. 그러나, ISAC의 전파 방해를 방지하는 연구는 거의 없다 [8]. 이는 전파 방해의 다양성과 실제 통신 환경에서의 복잡성 때문에 방지 기술을 개발하기 어렵기 때문이다. [8]에서는 공중 지능형 반사 표면(AIRSs, Aerial IRSs) 배포를 통해 도입된 반사 링크를 기반으로 능동 및 수동 빔 포밍을 활용하여 제밍 방지의 신호 대 간섭 및 잡음 비율(SINR, Signal-to-Interference-Plus-Noise Ratio)를 향상함과 동시에 최대 신호를 달성하는 방법을 제안하였다.

본 논문에서는 ISAC 시스템의 민감하고 고유한 보안 문제를 해결하기 위하여 대표적인 공격 유형인 도청과 통신 방해 공격의 원인을 분석하였다. 이를 해결하기 위하여 도청 공격의 경우 RIS 기반으로 ISAC 시스템의 물리 계층의 보안 강화를 제안함과 동시에 빔 패턴 이득을 최대화하는 방법을 제안하였다. 또한, 진파 방해 공격에 관해서는 연구가 많지 않으나 공중 지능형 반사 표면을 활용하여 제밍 방지의 신호 대 간섭 및 잡음 비를 향상시켜 효과적인 안티제밍 성능을 달성하는 방법을 제안하였다. 공통적으로 최근 ISAC 시스템은 지능형 표면을 기반으로 연구가 많이 진행되고 있으며 이를 통해 보안 솔루션 또한 도출할 수 있는 것으로 전망된다.

### ACKNOWLEDGMENT

"본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터사업의 연구결과로 수행되었음" (IITP-2024-RS-2022-00156353, IITP-2024-RS-2023-00258639)

### 참고 문헌

- [1] F. Liu et al., "Integrated sensing and communications: Toward dualfunctional wireless networks for 6G and beyond," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 40, no. 6, pp. 1728 - 1767, Jun. 2022.
- [2] H. Hua, J. Xu, and T. X. Han, "Optimal transmit beamforming for integrated sensing and communication," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, early access, Mar. 29, 2023, doi: 10.1109/TVT.2023.3262513.
- [3] D. Xu, X. Yu, D. W. K. Ng, A. Schmeink, and R. Schober, "Robust and secure resource allocation for ISAC systems: A novel optimization framework for variable-length snapshots," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 70, no. 12, pp. 8196 - 8214, Dec. 2022.
- [4] Z. Wei, F. Liu, C. Masouros, N. Su, and A. P. Petropulu, "Toward multifunctional 6G wireless networks: Integrating sensing, communication, and security," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 60, no. 4, pp. 65 - 71, Apr. 2022.
- [5] Z. Wang, X. Mu, and Y. Liu, "STARS enabled integrated sensing and communications: A CRB optimization perspective," in *Proc. IEEE 96<sup>th</sup> Veh. Technol. Conf. (VTC-Fall)*, Sep. 2022, pp. 1 - 6.
- [6] W. Sun, S. Sun, X. Su and R. Liu, "Security-Ensured Integrated Sensing and Communication (ISAC) Systems Enabled by Phase-Coupled Intelligent Omni-Surfaces (IOS)," in *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 23, no. 4, pp. 3480-3492, April 2024, doi: 10.1109/TWC.2023.3308973.
- [7] M. Hua, Q. Wu, W. Chen, O. A. Dobre and A. L. Swindlehurst, "Secure Intelligent Reflecting Surface-Aided Integrated Sensing and Communication," in *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 23, no. 1, pp. 575-591, Jan. 2024, doi: 10.1109/TWC.2023.3280179.
- [8] J. Xu, D. Li, Z. Zhu, Z. Yang, N. Zhao and D. Niyato, "Anti-Jamming Design for Integrated Sensing and Communication via Aerial IRS," in *IEEE Transactions on Communications*, doi: