

## 应对电子设备杂乱问题

Mohamed-Slim Alouini<sup>1\*</sup> 和 Christos Masouros<sup>2</sup>

<sup>1</sup>阿卜杜拉国王科技大学 (KAUST) 联合国教科文组织“架通未通之域”教席 (沙特阿拉伯, 麦加省, 图沃)

<sup>2</sup>伦敦大学学院, 信号处理与无线通信系 (英国, 伦敦)

少年审稿人



HARRY

电子垃圾  
(E-Waste)

老旧废弃的电子设备, 如手机、电脑、电池, 通常含有害物质。

通信感知一体化 (ISAC) 是一项解决“设备杂乱”问题的新技术, 通过将感知与通信功能融合到单一系统中来减少额外设备需求、节约能源并提升网络速度与智能化水平。它能使设备自主响应环境变化, 例如自动调节家中温度。目前, ISAC 已在多个领域接受测试: 帮助农民精准控制水肥用量; 快速检测电网中断、电流异常或设备故障等问题。ISAC 系统可支持网联汽车实现自动驾驶与障碍物检测, 并促进车辆协同, 优化大城市交通流, 甚至还能在医院中帮助监护患者。尽管存在系统无缝协同等技术挑战, ISAC 仍有望构建更简单、高效且环保的网络。

### 我们需要减少多余设备

你是否注意到我们的日常生活已被众多电子设备包围? 仅在家中就可能配有智能音箱、看视频的平板、无线路由器、恒温器和门铃摄像头等设备。它们在提供便利的同时, 也导致了“设备杂乱”——过多功能相似的设备造成能源浪费、通信延迟, 并消耗大量硅材等电子资源 [1]。设备报废后最终成为电子垃圾, 数量越多, 后续填埋处理压力越大。

### 传感系统 (Sensing Systems)

采集环境数据的设备, 如检测土壤湿度的传感器或监测空气污染的仪器。

### 通信系统 (Communication Systems)

收发信息的设备, 如支持流媒体视频和视频通话的无线路由器。

### 通信感知一体化 (ISAC) (Integrated Sensing and Communication (ISAC))

将数据采集与信息整合到单一系统中的技术, 可提升网络速度、简化结构并提高效率。

### 网联汽车 (Connected Cars)

搭载传感器与通信设备的现代汽车, 可实时监测环境、自主导航, 并与其他车辆及交通管理部门通信。

### 光无线通信技术 (Optical-Wireless Technology)

利用光波而非无线电波收发信息的系统, 可避免信号干扰, 适用于医院、工厂等特殊场景。

传统网络依赖两套独立系统:感知系统负责采集环境数据, 如监测空气质量的空气质量传感器、检测土壤湿度的农业传感器; 通信系统负责收发信息, 如支持玩游戏、看视频和视频通话的无线路由器。这两套系统通常共同运行却彼此独立, 导致设备增多、能耗增加且故障率上升。

要解决网络与设备激增带来的问题, 我们需要开发具备多种功能的智能设备, 并构建精简设备、节约能源并提升通信效率的智慧网络。

## 新兴技术: 通信感知一体化

通信感知一体化 (ISAC) 是一项针对设备杂乱问题开发的新技术, 将网络的两大核心功能——感知与通信——整合到单一系统中 [2, 3]。这意味着同一套系统既能采集环境数据, 又能与其他设备共享信息。通过功能融合, ISAC 可减少设备数量、节约能源资源、减少电子垃圾, 以及使网络更快速、更智能。

ISAC 不仅实现功能整合, 还能帮助网络了解周边环境, 使设备拥有智能, 学会感知周边状态并自主调节行为。例如, 搭载 ISAC 的智能家居设备可检测房间是否有人, 并自动向温控系统发送指令调节温度; 在仓储等复杂场景中, ISAC 能辅助系统做出更明智、更高效的决策, 实时追踪人员与设备动态, 向管理者或自动系统更新信息以确保全程运转流畅; 在智慧城市中, 配备 ISAC 的自动驾驶网联汽车可探测交通事故, 并向周边车辆广播信息以避免拥堵。无论是家居还是工业场景, ISAC 可借助先进算法实现感知与通信的同步并行, 这种双重任务协同机制最终可实现时间与能源的双重节约。

## 技术助力解决设备杂乱

目前, ISAC 已在多个行业投入应用, 以创新方式解决现实问题 (图 1)。

ISAC 在光无线通信技术领域的潜力尤为突出, 该技术利用光波而非无线电波收发信息 [4]。例如, 家中的智能灯泡既可提供照明, 又能协助手机或电脑等设备进行通信, 甚至能感知气温、人员活动等环境状况。在医院或工厂等场景中, Wi-Fi 等传统无线信号可能会干扰精密医疗设备或工业传感器, 而光无线系统可有效避免此类干扰。病房照明面板在提供光照的同时, 可监测患者活动或生命体征, 并通过 ISAC 直接与医疗设备通信, 从而减少额外传感器需求, 提升医护效率与患者舒适度。由于使用光波而非无线电波, 光无线通信技术的抗干扰能力强, 可确保系统在这些复杂环境中流畅运行。

ISAC 在环境监测、农业与能源领域也展现出广阔的应用前景。在环境监测领域, ISAC 传感器能够实时追踪空气质量、检测污染物浓度或监

图 1

将网络的感知与通信功能整合至单一系统的 ISAC 在多个领域展现出应用潜力。(A)在智能电网中, ISAC 可优化电力输送与使用效率, 提升供电可靠性, 同时减少设备数量并提升效率, 降低能耗; (B)ISAC 可减少设备杂乱, 使网络提速, 并减少有害电子垃圾; (C)此外, 通过光波发送信息的光无线通信技术可用于智能灯泡, 在照明的同时感知环境, 并辅助设备间通信。

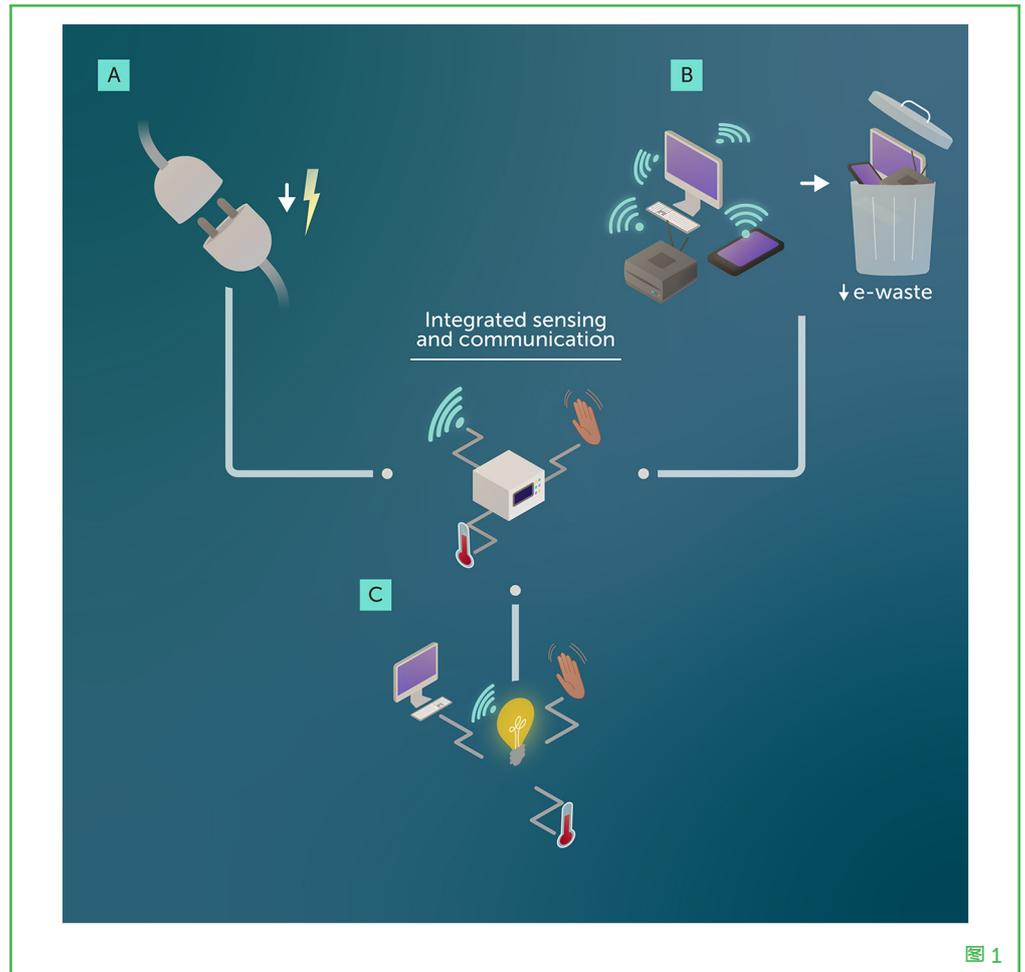


图 1

### 智慧农业 (Smart Agriculture)

借助先进技术提升农业生产效率, 例如通过传感器监测作物生长状况, 并精准显示需水需肥区域。

### 智能电网 (Smart Grids)

采用传感器与通信工具的现代供电网络, 可实时监控电力状况、检测故障并提升供电可靠性。

测水位变化, 为社区应对环境挑战提供数据支持。在智慧农业领域, 此系统不仅可测量土壤湿度, 更能对整片农田进行精准测绘, 直观显示需水需肥区域, 帮助农民优化资源和时间分配、减少浪费并提高作物产量。在能源系统领域, ISAC 可改善电力输送与使用方式。名为智能电网的现代化供电网络可借助 ISAC 实时监控电力使用状况, 及时检测线路过热或损坏等故障, 快速响应电力需求波动。传感器可向维修团队发送即时警报, 缩短停电时间, 提升供电网络的可靠性。

## 重大挑战与更大机遇

ISAC 技术有望彻底改变我们的连接与技术使用方式, 但其仍在不断发展中。首要难题在于如何将感知与通信功能整合到单一系统中, 同时确保系统简单高效。这两种功能原本彼此独立的原因在于它们需要不同类型的信号与硬件——感知需检测环境中的细微特征, 而通信则专注于快速数据传输。若想实现两种功能的无干扰精准融合, 我们需要更智能的程序、更稳定的信号以及更先进的硬件设备, 确保 ISAC 的运行速度与精度。

另一项挑战在于确保 ISAC 系统的协同运行。目前,各家企业采用独特的传感器与设备设计方案,导致系统间的信息共享存在障碍。例如,在智慧城市中,搭载 ISAC 技术的交通传感器需与车辆、路灯及公交车流畅通信,若协同失败将导致整个系统瘫痪。因此,必须建立明确的标准与规范来保障系统兼容性。

尽管存在这些挑战,ISAC 仍具有巨大的发展潜力。将感知与通信融为一体的 ISAC 有助于节能降耗、减少设备杂乱并提升网络速度与效率。相比之下,维持感知与通信分离意味着更多硬件、更高成本以及更慢的响应速度(尤其在自动驾驶或智能电网等场景中)。随着研发的持续深入,ISAC 有望成为未来无线系统的核心组成部分。

## 致谢

由 SJD Consulting, LLC. 科学撰稿人/编辑、毕业于美国马萨诸塞大学陈氏医学院晨兴生物医学研究生院的 Susan Debad 博士参与撰写和编辑。图表制作方为 Somersault18:24。

## AI 人工智能工具使用声明

本文中所有图表附带的替代文本 (alt text) 均由 Frontiers 出版社在人工智能支持下生成。我们已采取合理措施确保其准确性,包括在可行情况下经由作者审核。如发现任何问题,请随时联系我们。

## 原文

Alouini, M.-S., Costantine, J. 和 Masouros, C. 2024. Integrated sensing and communication. Building next-generation networks with digital awareness, 2024 年十大新兴技术报告, 世界经济论坛, 链接: 访问 <https://www.weforum.org/publications/top-10-emerging-technologies-2024/> (获取日期:2025 年 5 月 7 日)。

## 参考文献

1. The Guardian. 2021. *Global shortage in computer chips 'reaches crisis point'*. Available online at: <https://www.theguardian.com/business/2021/mar/21/global-shortage-in-computer-chips-reaches-crisis-point> (accessed May 7, 2025).
2. Asif Haider, M., and Zhang, Y. D. 2023. RIS-aided integrated sensing and communication: a mini-review. *Front. Signal Process.* 3:1197240. doi: 10.3389/frsip.2023.1197240
3. Liu, F., Cui, Y., Masouros, C., Xu, J., Han, T. X., Hassanien, A., et al. 2022. Integrated sensing and communications: toward future dual-functional wireless networks. *IEEE J. Sel Areas Comms.* 40:1728–67. doi: 10.1109/JSAC.2022.3156632

4. Metin, T., Emmelmann, M., Corici, M., Jungnickel, V., Kottke, C., and Müller, M. 2020. "Integration of optical wireless communication with 5G systems", in *2020 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)* (Taipei, Taiwan), 1–6. doi: 10.1109/GCWkshps50303.2020.9367502

线上发布: 2025 年 9 月 30 日

编辑: [Idan Segev](#)

科学导师: [Shaojing Fan](#)

引用: Alouini M 和 Masouros C (2025) 应对电子设备杂乱问题. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2025.1572272-zh

英文原文: Alouini M and Masouros C (2025) Tackling the Too-Many-Devices Problem. *Front. Young Minds* 13:1572272. doi: 10.3389/frym.2025.1572272

利益冲突声明: 作者声明本研究不涉及任何潜在商业或财务关系。

版权 © 2025 © 2025 Alouini 和 Masouros. 这是一篇依据 [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#) 条款发布的开放获取文章。根据公认的学术惯例, 在注明原作者和版权所有者, 及在标明本刊为原始出处的前提下, 允许使用、传播、复制至其他平台。如违反以上条款, 则不得使用、传播或复制文章内容。

## 少年审稿人



HARRY

我是 Harry, 喜欢各种体育和比赛项目, 对不同科学领域怀有浓厚的兴趣, 尤其是生物学和生物医学, 因为我能从中看到如何用生化和遗传学知识有效解决现实问题!

## 作者



MOHAMED-SLIM ALOUINI

Mohamed-Slim Alouini 出生于突尼斯首都突尼斯市, 1998 年获得加州理工学院 (Caltech) 博士学位, 曾先后任教于明尼苏达大学和得克萨斯农工大学卡塔尔分校, 2009 年成为阿卜杜拉国王科技大学 (KAUST) 创始教员, 现任电子与计算机工程系阿尔-花拉子密杰出教授, 并担任联合国教科文组织“架通未通之域”教席教授。作为 IEEE 和 OPTICA 会员, 他的研究领域涵盖无线及卫星通信等众多课题。目前他专注于解决服务欠缺地区所面临的信息通信技术 (ICT) 发展挑战, 致力于通过攻克农村、低收入、灾害频发及偏远地区 ICT 资源分布不均、接入困难和利用率低等问题, 助力消除全球数字鸿沟。\*[slim.alouini@kaust.edu.sa](mailto:slim.alouini@kaust.edu.sa)



### CHRISTOS MASOUIROS

C. Masouros 现任伦敦大学学院无线通信与信号处理教授, 主要研究如何提升电信系统的数据传输速率与服务品质, 同时改善系统的可持续性与安全性。他的研究对智慧城市、网联汽车、工业应用乃至增强现实和元宇宙等众多领域具有重要意义。他在业余时间喜爱读书和弹吉他。

中文翻译由下列单位提供  
Chinese version provided by

