 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i7.6694

Analysis on the application of short range wireless communication technology in information transmission

Zhihua Wang

China United Network Communications Co., Ltd. Jiangsu Branch, Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract

In recent years, short-range wireless communication technology, which has developed alongside digitalization and industrial automation, has seen widespread application and research. Compared to traditional cellular networks or wide-area communications, this technology offers several advantages, including low cost, high speed, and low power consumption. It enables information exchange within a localized space, making it highly advantageous for applications in smart manufacturing, rail transit, medical equipment, and smart homes. This article explores the concept, value, and key aspects of short-range wireless communication technology in information transmission, aiming to provide theoretical guidance for its practical application and deployment.

Keywords

short distance wireless communication technology; information transmission; application; value; key points; analysis

短距离无线通信技术在信息传输中的应用分析

王志华

中国联合网络通信有限公司江苏省分公司，中国 · 江苏 南京 210000

摘　要

近年来，在数字化进程与工业自动化进程中发展起来的短距离无线通信技术已经得到了广泛的应用及研究，相比于传统的蜂窝网或者广域通信而言，这种短距离通信具有低成本、高速率、低功耗等特点，可以实现局部空间之内的信息互通，具有很大的优势，并且能够满足智能制造、轨道交通、医疗设备和智能家居等诸多方面的应用需求。文章以此为切入点，从技术的概念、价值及要点就短距离无线通信技术在信息传输中应用展开探讨，以期为其具体应用与部署提供一定理论指导。

关键词

短距离无线通信技术；信息传输；应用；价值；要点；分析

1 引言

短距离无线通信技术是现代信息传输结构的主要部分之一，近两年在国内得到快速发展，在高密度数据交换、复杂环境干扰性好以及低成本低功耗终端接入方面优势明显。相比传统的长距离传输方式，其结构更加灵活方便布置，适用于高频率的、少数据量的即时交换，而且短距离通信依托我国通信设备制造业的基础和技术标准日渐成熟，逐步在多个行业开始大规模地投入使用 [1]。但不可否认的是短距离无线通信技术在系统集成、干扰处理以及信道优化等多方面还存在一定的短板，这桎梏了其信息传输领域更为广泛的应用。

2 短距离无线通信技术概述

短距离无线通信是一种用于一定范围之内，以一定的速率进行高速的通信，主要是通过电磁波的非接触方式进行数据传递的通信技术。这种技术具有低功耗、低成本、高灵活性等优点，在短程通讯中得到了广泛的应用，其中最常用的是 WLAN、Bluetooth、ZigBee、IRDA 及 RFID 等技术。加强对短距离无线通信技术的研究，能够为社会发展提供更好的助力。

近几年，在“新基建”和工业智能化转型的驱动下，华为、中兴、大唐电信等国内各通信设备公司都加大了对低功耗、抗干扰型短距无线通信模组和芯片的研发力度。一些企业在根据不同的应用场景，如工业现场高干扰的车间内、结构复杂的地下空间和洁净手术室内等，形成了面向本行业的短距无线通信多层次技术，并通过采用自组网协议、跳频、选路算法等方式增强了应用的可靠性，这体现了该技术具有加强的本地化和场景差异化的优化改进特点。

3 短距离无线通信技术在信息传输中应用价值

随着我国正加快通信基础设施建设步伐下，在信息传输领域中短距离无线通信技术的应用价值主要有以下 4 个

【作者简介】王志华（1979–），女，中国江苏南通人，本科，工程师，从事移动通信无线网络演进与发展研究。

方面。一是局部区域信息传输速率和响应速度有明显提升效果，得益于无需长距离基站中继，该技术通信链路较短、信号损耗较小，非常适合物联网节点、边缘端这类小容量数据包且频率较高的应用终端设备；二是减少短距离信息传输的费用是无线通信技术的一个显著特征，同时也是通信技术发展的一个客观需求 [2]。实际应用中，多个通信终端的数据量相对较大，为加强各终端的直接连接，提高运行效率，必须节省资源费用。利用无线通信技术进行短距离内的信息传送，能有效地减少信息的传送费用，大大节约传输成本；三是空间复用能力强，支持多用户并发通信，能够在诸如展会、商场、园区等场所发挥协同作用，减少用户之间信道冲突的问题；四是随着信息安全要求不断提高，短距离无线通信技术得益于自身物理限制而拥有一定的防泄漏有点，为此其可与加密方案融合形成闭环的数据防护，保证本地信息在边缘侧的私密性和可控性。总体而言，信息传输中短距离无线通信技术的应用有助于大幅强化本地数据传输效率且和使用便捷、安全可控。

4 短距离无线通信技术在信息传输中的应用

4.1 组网结构设计中的分布式调度机制

短距离无线通信技术在信息传输中应用，组网结构设计的分布式调度机制是其中一项重要内容，这对于实现多节点协同通信有着重要作用。基于减少链路竞争提高信息的传输性能目标，须构建根据节点位置按需自适应的动态调整节点密度的拓扑结构，在通信节点上设置加权因子，加权因子由该节点的历史信道占用情况、自身缓冲区状态、任务优先级等动态设置，采用具有时钟同步功能的 CSMA/CA 改进算法进行调度控制，并用纳秒级精度的晶振作为同步基准，以实现时隙边界的对齐以及数据帧整合转发。例如：若针对钢铁厂高炉等高温条件下部署状态监控时，则需要在短距离无线通信网络中将高鲁棒性的传感器节点布置于炼钢炉周边，各节点利用位置信息进行感知连接形成链状的拓扑结构，随后再利用改进型的令牌轮转协议来限制每个节点数据占用的时间周期，在该协议下以节点间轮流传递调度令牌的方式实现发送控制，不仅可保证由于过于拥挤引起的数据包冲撞，并且还能确保保证每个节点进行数据占用的机会均等。同时在生产现场，通过中心控制器里添加负载感知模块，对链路上信息传输负载进行预测和判断，依据各节点的实际负载程度对其进行调度，在尽可能满足传输需求的同时，达到链路负载均衡的目的 [3]。另外，分布式调度机制中通信控制流程采用三段式状态迁移模式：第一段是链路状态检测阶段，根据物理层的反馈得到信道占用率、错误率；第二段是调度反馈模式，根据检测信息及时调整信息发射功率和接入优先级；第三段是任务切换阶段，由调度主节点发送命令给任务节点使其转入其它子信道或者轮转等待状态。借助于该模式能够很好地避免信息传输中大量节点密集情况下所导致的通信碰撞问题，保证了传输稳定性以及实时性。

4.2 物理信道隔离与干扰规避技术

从实践来看，短距离无线通信易受信道拥塞及电磁干扰，尤其是在城市、工矿、医疗场所等复杂电磁环境中，因而须针对信息传输系统信道采取物理信道隔离以及干扰规避技术。以医院地下楼层如库房、办公室等用房无线监测系统为例，受该区域上下方均有限宽电气设备（电梯井），供暖通风与给排水管路等设施设备较多且管线相互连接，这就导致短距离无线通信在该地下环境中面临着严重的信道拥塞以及较强的信道干扰。为此采取物理信道隔离与干扰规避技术保障信息传输十分重要。部署环节借助频谱分析仪对目标环境开展长时间的频谱扫测工作，并且获取及记录不同频段内的 RSSI 以及 SINR 的数据，并据此建立基于统计建模的信道可用性优选表。与此同时，根据频谱占用分配情况来选取受到干扰情况较少的信道组作为初始工作信道组。通过跳频扩频（FHSS）技术，系统控制模块设置一定的跳频周期以及跳频序列，在指定时间段内给每组传感器设定相应频率资源，随后再以伪随机跳频方式降低对特定信道造成的不间断干扰。此外，可在医院地下各层使用高增益定向天线以及添加金属反射屏障的方式形成空间隔离结构，一方面能有效对无线信号的传布路径进行控制，另一方面则避免出现同频组间信号的重叠，从而达到提升系统性能的目的。另外，针对医院地下楼层可采用错峰传输调度机制，即在短距离无线通信中每个节点群具有各自的起始传输时间、传输周期等，这能够保证在同一时间窗口内信息传输不会出现相同的帧冲撞。最后在传输控制上，短距离无线通信可采取设定基于误码率（BER）的自适应重传，即单个信道如果超过了重传次数仍不能成功将数据上传到地面站端则从优选表中找寻备用通道，由后者继续完成后续的数据转发动作。通过以上措施地落实确保短距离无线通信技术能够在诸如医院地下楼层等高干扰环境下、多节点并发环境下实现通信链路稳态保持和信息传输的完整性 [4]。

4.3 通信节点部署与空间布局优化

在复杂封闭环境中部署短距离无线通信节点，需基于空间结构、电磁特性及节点互通要求开展高精度布局设计。节点部署应首先满足链路冗余原则，任意两个相邻节点间必须控制在其稳定通信半径的 70%-90% 范围内，并确保覆盖区域产生至少 15% 的有效重叠区，以避免信道边缘效应引发的数据丢失。在多障碍环境（如地下物流枢纽）中，需引入三维建筑信息建模（BIM）配合无线传播仿真工具（如 WirelessInSite）建立场景电磁模型，基于射线追踪算法获取各节点在结构遮挡条件下的信号反射路径、衰减分布与阴影区域，并将仿真输出与实测 RSSI 数据进行最小均方误差拟合修正，从而优化节点坐标。天线安装需统一采用线性极化短天线，其方向应严格与信号主传播路径一致，且安装高度应通过剖面结构图选取在无遮挡、最低反射干扰的中轴高

度。以三层地下车库为例，各层独立划分通信域，通过部署位于楼层几何中心处的 LoRa 主节点向外双向布设从节点，节点间距不超过 15 米，同时确保与上层系统接口网关间距在 20 米以内，以提升数据聚合稳定性。节点不得布设于存在强反射或电磁干扰源（如钢筋柱、机电设备）半径 2 米范围内，必要时引入电磁屏蔽层。各节点物理布局采用轴对称结构，主节点位于主通道中心，从节点沿通道延展布设，构建具备多跳中继能力的线性链式拓扑网络，确保在高密度结构遮挡条件下维持通信链路连续性与稳定性。

4.4 数据传输协议适配与帧结构定制

结合研究可知，我国目前应用较多的短距无线通信技术场景如智慧交通路侧终端协同、轨道交通信号控制单元间通信及电力巡检终端数据回传等等，这类典型场景通信需满足频率高、低数据量以及实时性强等要求。因而为实现典型场景高效信息传输目标，我们应在协议层级上开展数据传输协议适配与帧结构定制。物理帧结构上可采取固定长度的同步字段，该字段长度需依据接收设备同步精度进行优化配置，一般设置为 4-8 个字节的长度范围即可，这样既能保证判定帧头检后的准确度，同时又可增加帧头检后的同步收敛速度 [5]。而在地址段上则采取自适应动态绑定机制，同时再辅以设备唯一标识符与网络接入上下文以动态生成通信标识，一方面实现无需人工干预移动终端自动快速入网，另一方面则可根据信息传输具体情况选取合适的方法以帧方式确保数据成功高效传输。控制段设置为可变结构，根据控制帧、状态帧、数据帧等不同的帧类型设置不同的字段组集，以帧头控制字选择字段数量和排序，从而适配指令传输与状态回报的不同功能需求。传输逻辑层上建议使用半双工通信逻辑传输，即发送方在发送后等待接收方基于 ACK 机制的显式确认帧，ACK 帧中需包含序列号以标识对应的数据帧，如此才能确保信息传输中数据得以实现完整和一致。误码控制上可采取将帧序号和丢包标识字段内嵌如帧结构中，这样一来借助于丢包重传机制实现数据包异常丢失的重新传输，从而有效增强链路鲁棒性。降低信道占用率上则需要使用物理层小帧聚合方式，在帧头通过扩展标记识别多个逻辑帧，随后将它们统一压缩封装到单个物理帧内进行传输。最后，在误码检测中按照场景误码率选用 CRC-16 或 CRC-32 校验法，在帧尾部添加校验字段占用 2 字节或 4 字节，从而保证帧级数据完整性的同时减少错检率。

5 结语

综上所述，短距离无线通信作为一种高效灵活且安全性较强的技术，其不仅在信息传输体系占据着重要地位，同时众多场景也显示了很高的应用成熟度和匹配度。上文在结合我国通信产业实际的基础上，阐述了短距离无线通信技术含义及其在信息传输方面应用价值和要点。今后，随着我国自主核心芯片、无线模组、网络协议栈等领域不断取得突破性进展，短距离无线通信技术也将更广泛的应用到社会生产与生活中各个行业，从而成为我国新型信息基础设施建设的重点方向。

参考文献

[1] 冷增强.短距离无线通信技术在信息传输中的应用[J].数字技术与应用, 2023, 41(7):55-57.

[2] 田福才.传输技术在信息通信工程中的应用研究[J].中国宽带, 2024, 20(7):58-60.

[3] 高焕李佳珩.传输技术在信息通信工程中的应用研究[J].中国新通信, 2025, 27(3):10-12.

[4] 郄凤林,肖克.短距离无线通信技术在信息传输中的应用研究[J].信息系统工程, 2018(5):1.

[5] 刘学舜.短距离无线通信技术在信息传输中的实践研究[J].中国新通信, 2024, 26(6):7-9.