

应用 5G 和超高频 RFID 用于生产工厂 的人员定位管理系统分析

张岑

东实自动化科技(上海)有限公司 上海 201206

DOI: 10.12238/ems.v6i12.10866

[摘要] 随着工业 4.0 和智能制造的快速发展, 生产工厂对人员定位和管理的需求日益增长, 基于 5G 与超高频射频识别 (RFID) 技术的人员定位管理系统, 通过集成这两种技术, 能够实现无感式的人员追踪和精准定位。本文详细探讨 5G 网络与超高频 RFID 的互补性, 并分析其在危化企业、实时定位和权限管理中的应用。结合实际案例, 展示该系统在提升工厂安全性、生产效率以及管理成本控制方面的显著效益。通过 5G 的高带宽与低延迟通信技术, 系统能够实时提供区域内的人员位置数据, 实现智能化、可视化管理, 满足现代工厂对安全和效率的双重要求。

[关键词] 5G; 超高频 RFID; 人员定位; 智能化管理

Analysis of personnel positioning management system for production factories using 5G and ultra-high frequency RFID

Zhang Cen

Dongshi Automation Technology (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 201206

[Abstract] With the rapid development of Industry 4.0 and intelligent manufacturing, the demand for personnel positioning and management in production factories is increasing. A personnel positioning management system based on 5G and ultra-high frequency radio frequency identification (RFID) technology can achieve seamless personnel tracking and precise positioning by integrating these two technologies. This article explores in detail the complementarity between 5G networks and ultra-high frequency RFID, and analyzes their applications in hazardous chemical enterprises, real-time positioning, and permission management. Based on practical cases, demonstrate the significant benefits of the system in improving factory safety, production efficiency, and managing cost control. Through the high bandwidth and low latency communication technology of 5G, the system can provide real-time personnel location data within the area, achieving intelligent and visual management, and meeting the dual requirements of modern factories for safety and efficiency.

[Keywords] 5G; Ultra high frequency RFID; Personnel positioning; Intelligent management

引言

工业生产中人员管理的精细化要求促使技术的革新, 随着 5G 技术的推广和 RFID 技术的成熟, 基于两者结合的人员定位管理系统逐渐被应用于生产工厂中。在危化企业中, 员工的实时定位与安全管理尤为重要, 传统的门禁系统和手动打卡方式容易出现失误, 且在紧急疏散中效率低下。通过 5G 与超高频 RFID 技术的结合, 能够实现无感化的人员定位管理, 极大提升工厂的安全管理水平。本文将基于实际案例,

探讨 5G 和 RFID 技术在工厂人员管理中的应用, 分析其对生产管理的深远影响。

一、5G和超高频RFID技术架构

(一) 5G 与 RFID 技术的互补性

5G 与超高频 RFID 技术的结合在人员定位管理系统中表现出显著优势, 5G 网络凭借其高带宽、低延迟的特点, 为海量数据的实时传输提供稳固基础, 满足工业现场复杂环境中高频次、多节点数据交换的需求。而超高频 RFID 技术能够进

行远距离、快速、多目标的识别,适用于大范围内对人员、设备等对象的非接触式管理^[1]。RFID技术中,尤其是超高频段,能够通过无源标签与读写器之间的电磁耦合实现识别,其无需电池的特点确保低成本和长期使用的可能性。两者的结合弥补传统定位技术在精度、时效性方面的不足,使得工厂内的人员流动信息得以精准记录,并且能够进行大规模部署而不产生明显的延迟或带宽瓶颈。结合5G的高效网络和超高频RFID的技术特性,系统能够在覆盖广泛的工业场景中实现高效的信息管理,构建出一个高度智能化、自动化的人员定位解决方案。

(二) 系统硬件部署与架构

在硬件部署方面,人员定位系统依赖于5G基站和超高频RFID读写器的合理分布。RFID读写器安装在关键位置如门口、工作区域等,实现进出数据的采集。标签则附着在员工的工作证或穿戴设备上,通过5G网络将读写器获取的数据传输至后端管理平台。系统架构基于分布式结构设计,确保数据处理的冗余性和可靠性。后端管理系统整合多种信息来源,能够对RFID读取的数据进行实时分析与处理,并通过5G网络对数据进行低延迟传输,从而确保人员定位信息的准确性和实时性^[2]。硬件系统部署过程中,重点关注基站的覆盖范围与信号干扰的处理,特别是针对厂区内复杂的金属结构环境,采取多种硬件优化措施,以确保RFID信号不受干扰,定位精度得以保障。

(三) 数据通信与实时定位

数据通信架构基于5G的广域覆盖能力,确保在任何环境下实现稳定、低时延的通讯。5G网络能够支持大规模设备的并发连接,配合RFID技术能够在短时间内处理大量数据,确保实时定位的准确性。RFID标签通过读写器采集到的数据将通过5G网络快速传输至中央数据处理系统,该系统结合厂区的电子地图,可以对人员的位置信息进行精确分析和展示。在定位精度上,超高频RFID技术结合电子围栏、区域划分功能,能够实现米级定位,确保工厂中每个个体的活动轨迹能够被清晰记录^[3]。数据通信采用加密技术,保障数据传输的安全性,尤其是在危化企业等对人员安全有严格要求的环境中,实时定位技术进一步提高安全管理的效率

二、人员管理系统的应用场景

(一) 危化企业中的安全管理

危化企业的生产环境复杂且危险性较高,因此人员的安全管理是重中之重,在这种场景下,传统的打卡和门禁系统并不能有效应对突发的紧急情况,且容易因为人为因素造成疏忽。基于5G和超高频RFID技术的人员管理系统通过提升定位精度和实时性,有效解决这一问题。在实际项目中部署基于工业物联网的无感式进出自动管理系统,应用于危化企业的装置区,该系统不仅实现人员的实时定位,还能够进行危险区域的权限控制和自动化报警功能。

该系统的优势在于,能够设置电子围栏,并实时检测人员的进出行为,当人员越界或进入未授权区域时,系统会立

即触发报警,通知管理者采取措施。这样的安全管理模式使得危化企业在日常生产中可以有效避免人员误入危险区域的事故,确保生产环境的安全性。系统具备紧急疏散管理功能,当工厂发生火灾或化学品泄漏等紧急情况时,能够实时定位所有人员的位置,并根据其位置自动生成最佳疏散路线,帮助管理者快速组织人员撤离。在突发化学泄漏事件中,该系统帮助管理者迅速疏散所有人员,成功避免更严重的安全事故。该系统还具备人员行为分析功能,可以对员工在厂区的活动进行实时监控,并根据其历史行为生成行为报告。管理者可以通过这些报告了解员工在厂区内的活动频率和工作效率,为绩效评估和管理决策提供数据支持。此系统的引入显著提升危化企业的安全管理水平,减少因人员失误导致的安全事故风险,尤其是在高风险作业区域中,确保作业的安全性和高效性。

(二) 实时定位与权限管理

实时定位和权限管理是现代化工厂人员管理中的关键问题,尤其是在生产过程中,权限分配直接影响到作业的安全性和管理的有效性。项目在人员权限管理中应用5G与超高频RFID技术,不仅能够对人员进行实时定位,还能够根据工厂管理的需求动态调整人员的权限范围,确保不同层级员工在不同区域的权限得到精准控制,防止未经授权的人员进入敏感区域。系统通过在每位员工的RFID标签中嵌入其权限信息,结合5G网络的高带宽和低延迟特性,实时监控员工的活动轨迹^[4]。一旦员工进入其权限范围之外的区域,系统会立即发出警报,并记录其行踪。通过这种方式,企业可以确保危险区域的安全性,避免人员误操作带来的隐患。这一功能在危化企业和需要高安全级别管理的工厂中尤为重要,避免了由于人员误入导致的安全事故。

该系统支持多级权限管理,根据不同的岗位和职能,员工被划分为不同的权限等级,对于某些关键区域或设备的操作,只有具备特定权限的员工才能进入或操作,其他员工的进入请求会被自动拒绝,并触发系统的报警功能。这种分层权限管理模式能够确保生产过程的安全性和可靠性。管理者还可以根据生产需求实时调整权限范围,确保系统的灵活性和可扩展性。在实践中,通过该系统实现高效的人员调度和权限管理,降低生产过程中的安全风险。

(三) 系统的智能化管理功能

智能化管理功能是5G与超高频RFID技术结合在工业应用中的一大亮点,通过大规模数据的实时采集和分析,该系统能够对工厂内所有人员的行为和工作效率进行全面的评估。在上海化学工业区的智慧园区中,系统不仅具备基本的实时定位功能,还集成大量的智能分析模块,如人员行为分析、绩效管理、异常行为报警等。通过这些功能,工厂的管理者可以实时掌握员工的工作状态,自动生成行为统计报告,并对异常行为进行自动化处理。该系统还能够根据不同的应用场景自定义管理规则,在生产高峰期,系统可以动态调整人员的工作区域和任务分配,确保资源的合理调度。在出现

人员长时间滞留、缺员或超员的情况下,系统会自动发出报警,通知管理人员进行处理。这种自动化的管理模式不仅提高工厂的管理效率,还减少人为因素对生产过程的干扰,确保生产的连续性和稳定性^[5]。

智能化管理功能的另一大优势在于其与其他系统的集成能力,系统可以与视频监控、门禁系统、紧急报警系统等设备进行联动,形成一个完整的安全管理闭环。当出现突发情况时,系统能够自动调用监控视频和历史定位数据,帮助管理者快速做出决策,这种跨系统的集成方式极大地提升工厂的安全防护能力,并为管理者提供更全面的信息支持。

三、系统实施与效益分析

(一) 系统部署的挑战与解决方案

系统的部署在任何工厂中都面临着不同的挑战,尤其是在大型工厂和复杂的生产环境中。项目显示,在实施基于5G和超高频RFID的人员定位管理系统时,最大的挑战来自于厂区内复杂的设备布局和多层次的结构环境。这些环境因素会干扰RFID信号的传播,导致定位精度的下降,5G信号在大规模厂区中的覆盖和稳定性也需要进行精确规划。

为了解决这些问题,项目团队引入多路径传播模型和智能天线技术,通过对信号的精准测量和规划,优化5G基站和RFID读写器的部署位置。特别是在多层建筑和设备密集区域,系统通过增加信号中继器和智能天线,实现稳定的信号覆盖,确保定位数据的准确性。在硬件设备的选择上,也优先选用能够适应高温、高湿等恶劣环境的设备,确保系统的长期稳定运行。这些措施有效解决系统部署中的信号干扰和设备耐久性问题,为工厂的数字化转型提供强有力的技术支持。在项目实施过程中,还考虑到系统的扩展性,采用模块化设计,系统可以根据工厂的需求进行灵活扩展,支持技术升级和功能集成。这种设计理念不仅降低初期部署的复杂性,还为未来的系统优化提供空间。通过这一部署方案,成功克服多个技术难题,实现人员定位系统的高效运作,显著提升工厂的管理效能。

(二) 提升安全管理和绩效的实际案例

在实际应用中,5G和RFID技术的结合不仅提升危化企业的安全管理水平,还为提升员工绩效提供有力的技术支持。上海化学工业区智慧园区的5G+RFID项目展示了这一技术的应用效果,在一次突发的化学泄漏事件中,该系统通过实时监控和自动报警功能,帮助管理者迅速定位了所有在厂的人员,并生成最优的疏散路线。这一系统在事故发生后的短短几分钟内完成全部人员的疏散工作,有效避免更严重的伤亡和损失,该案例不仅展示系统在危化企业中的安全管理作用,还验证5G和超高频RFID技术在紧急事件中的高效应对能力。

除了提升应急管理效率,该系统在日常的生产管理中也显现出其在员工绩效提升方面的优势,通过实时采集和分析员工的活动数据,系统能够对每位员工的工作效率、任务完成情况以及工作行为进行全面的记录与分析。系统能够追踪每位员工在各个工作区域内的活动轨迹,评估其工作效率,

并生成详细的绩效报告供管理层参考。这一数据分析功能在精益管理中发挥重要作用,帮助企业发现生产过程中的瓶颈和效率低下环节,从而制定出相应的优化方案。上海化学工业区的项目表明,通过对员工行为的数字化监控和管理,企业不仅能够提高员工的工作效率,还可以减少生产中的安全隐患。数据驱动的管理模式为工厂的绩效评估提供强有力的支持,帮助管理者在优化生产流程的同时,进一步降低人力成本和运营风险。

(三) 管理效能提升与成本节约

在传统的工厂管理中,人员管理往往依赖于人工监督和手动记录,这种方式不仅效率低下,且容易出现失误。5G与RFID技术的结合,实现人员管理的全自动化与数字化,显著减少对人工的依赖。上海化学工业区项目的实际应用证明,该系统能够实时追踪人员的动态信息,自动生成相关的管理数据,大幅减少管理工作中的的人工成本。通过部署5G与RFID技术,企业可以实现人员进出管理、区域控制、权限分配等多项功能的自动化,这种自动化管理模式能够减少因人为操作失误导致的管理漏洞。系统的智能化功能可以自动生成异常报警,当某个区域人数超出限定值时,系统会立刻发出警报,并通知相关管理人员进行干预。这样不仅提高管理效能,还减少不必要的安全隐患,进一步降低企业的运营风险。

项目表明,系统还能够通过优化资源配置、减少设备损耗、提高生产效率等方式,帮助企业节约成本。系统能够追踪员工在各个生产环节中的工作表现,并根据其工作效率动态调整任务分配。这种智能化调度方式不仅提高生产线的整体效率,还避免因生产过剩或任务分配不合理导致的资源浪费。长远来看,系统的部署为企业带来可观的成本节约,尤其是在大型生产企业中,这种节约效果尤为显著。

结论

基于5G和超高频RFID的人员定位管理系统为现代生产工厂提供一种高效、安全的管理工具。通过实时定位与权限管理,系统不仅提升工厂的安全性,还有效减少人为管理失误的风险。实际应用表明,该系统能够显著提高管理效能,降低运营成本,尤其是在危化企业的安全生产中发挥重要作用。

[参考文献]

- [1] 蒋维, 张亮, 张源, 等. 移动定位技术支持下的基建施工作业人员管理系统[J]. 大众标准化, 2022 (23): 70-72.
- [2] 李凯. RFID人员定位技术在建筑施工安全管理中的研究及应用[J]. 价值工程, 2022, 41 (22): 3.
- [3] 李纲, 唐迪. 基于RFID的人员精确定位方法研究[J]. 2022 (4): 38.
- [4] 齐迪, 郭俊宇, 杨一琛. 基于RFID的铁路巡检人员定位系统研究[J]. 电子设计工程, 2024, 32 (3): 129-133.
- [5] 石范锋, 单丹. 地铁施工人员定位系统的研究与实现[J]. 河北软件职业技术学院学报, 2023, 25 (2): 1-6.

作者简介: 张岑 (1982.11-), 男, 汉族, 河北辛集人, 硕士研究生, 研究方向: 工业互联网和智能制造。