

基于 4G 基站的控制信令切换实现人员数量统计业务应用创新的探索

于镇嘉 赵田明 宋站丞

内蒙古平庄煤业（集团）有限责任公司 内蒙古 赤峰 024005

【摘 要】：随着 4G 通信技术的普及，基站的控制信令携带了大量的用户行为数据。利用这些数据对人员数量进行精准统计，不仅能提供实时的人流监测信息，还能有效提升公共服务和安全管理智能化水平。本文提出了一种基于 4G 基站控制信令切换的人员数量统计方法，通过对切换信令的分析，准确捕捉人员流动信息。该方法通过对现有基站资源的合理调度和数据挖掘，能够克服传统人员统计方式在实时性、覆盖面等方面的不足。研究结果表明，这一创新应用在公共安全、城市管理等领域具有广阔的应用前景。

【关键词】：4G 基站；控制信令；切换；人员数量统计；业务应用

DOI:10.12417/3041-0630.24.11.026

在信息技术的飞速发展中，4G 基站的作用已超越了基础通信，成为智能城市和公共管理的重要数据来源。基站控制指令中蕴含的用户行为数据，为人员数量统计提供了新的视角。针对露天矿山等特殊环境，通过在矿坑出入口部署 4G 一体化大功率基站，实现了对出入矿车辆内部人员数量的实时监控。这些基站通过记录 SIM 卡在不同小区的注册和切换信息，分析人员流动模式，从而在无需人工或传统传感器的情况下，实现大范围、高时效性的人员统计。此方法特别适用于人员密集且流动性大的区域，如大型场馆、商场、车站等，展现了在公共安全、交通管理和商业分析等领域的广泛应用潜力。通过基站指令切换分析，能够精准捕捉并实时更新人员流动信息，为现代城市管理和决策提供强有力的数据支持。

1 基站控制信令切换与人员统计的关联性分析

在现代通信网络中，4G 基站的控制信令承担着重要的数据传输和管理任务。除了提供常规的通信服务外，这些控制信令所蕴含的用户行为数据，尤其是在信号切换过程中的数据，可以为人员统计提供新的思路。在露天矿山等特定环境下，通过在矿坑出入口部署 4G 一体化大功率基站，利用基站的控制信令切换来实现对出入矿车辆内部人员数量的实时监控。这种监控方式通过记录 SIM 卡在不同小区的注册信息，结合小区切换的数据分析，能够准确捕捉人员流动信息，实现在大范围内的实时人员统计。如图 1 所示：

通过分析基站信令切换数据，可以实时监测不同时间段的人群聚集情况，克服传统固定设备统计方法的局限性。基站信令切换覆盖面广，能够精确捕捉大范围复杂环境中的人员动态，尤其在商场、车站等地表现优越。4G 网络中，基站覆盖范围广且切换频率高，确保了数据的实时性和准确性，为精确的人员流动统计和预测提供了理想工具。

2 传统人员统计方法的局限性与挑战

传统人员统计方法通常依赖物理设备，如红外传感器、摄像头和压力传感器，这些设备在许多应用场景中存在显著局限性。首先，设备安装和维护成本高，尤其是在大型公共场所或复杂环境中，布设传感器需要大量人工和物理空间，且维护周期短，容易受到光线、温度变化或遮挡物等外部因素的影响，从而影响数据的准确性和稳定性。其次，固定位置的传感器难以适应人员流动的动态变化，覆盖范围有限，导致数据死角，无法全面捕捉所有活动信息。此外，传统方法的实时性和数据更新频率存在瓶颈。人工统计或周期性数据采集无法提供即时反馈，特别是在人员流动密集或突发事件发生时，无法迅速响应并采取有效应对措施。由于数据处理容易受到误差和噪声干扰，如何在复杂环境中实现高精度的人员统计仍是挑战。这些局限性使得传统方法在大规模、实时性要求较高的场景中难以满足需求。

3 基于 4G 基站控制信令的人员数量统计方法设计

基于 4G 基站控制信令的人员数量统计方法设计,核心在于利用基站在通信过程中产生的控制信令数据,通过对这些信令的采集、解析和分析,实现对特定区域内人员数量的实时监测与统计。与传统依赖物理传感器的方式不同,4G 基站通过处理信号切换、接入请求、位置更新等信息,能够提供更加全面且高效的人员流动数据。每个基站在通信过程中都不断与终

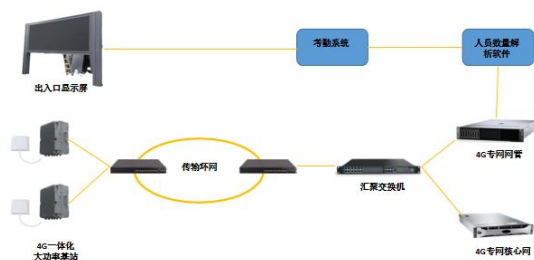


图 1 露天矿山 4G 基站人员统计系统架构图

端设备进行交互,生成大量的信令数据,这些数据能够反映用户的位置变化、停留时间、移动路径等信息,极具价值。

为了实现这一方法,需要首先对基站控制信令中的关键信息进行提取和处理。具体到露天矿山的应用场景,这涉及到对车辆内人员佩戴的定位手表或胸卡中的4G专网SIM卡在进入矿坑时的信令切换进行监测。当SIM卡进入1小区范围内,核心网生成该SIM卡在1小区的注册信息,并被网管同步调用至人员数量检测软件。随着车辆的移动,SIM卡离开1小区,进入2小区,核心网再次生成注册信息,完成小区切换。人员数量检测软件通过调取该SIM卡的切换信息和两次注册信息,判定该人员先经过1小区再经过2小区,为入矿坑(反之为出矿坑)。如图2所示:



图2 出入口4G人员数量检测网络覆盖示意图

除了信令数据的采集,还需要设计高效的数据处理算法来处理这些大规模的实时信令数据。在处理过程中,数据预处理是一个至关重要的环节,首先需要对原始信令数据进行去噪和标准化处理,过滤掉不相关的、无效的数据,如短暂的信号波动或背景噪声。接下来,采用机器学习、数据挖掘等先进技术,结合地理信息系统(GIS)对人员的空间分布进行建模。通过对不同信令切换行为的模式识别,可以准确预测人员的流动方向、流量密度及潜在的热点区域。此外,结合历史数据与实时信令分析,能够动态调整统计模型,提高统计精度和实时性。

在人员统计的具体实现过程中,还需考虑到用户隐私保护的问题。尽管基站信令数据包含大量与用户行为相关的信息,但这些数据一般是去标识化的,因此需要通过加密、脱敏处理等技术,确保用户的身份和隐私不会被泄露。此外,为了进一步提升人员统计的精度,可以将基站控制信令与其他辅助数据来源进行融合,如视频监控、Wi-Fi信号等,这种多源数据融合的方式能够增强数据的完整性与准确性。通过对上述技术的综合设计,基于4G基站控制信令的人员数量统计方法能够提供一种高效、低成本且精度较高的解决方案。在实际应用中,这种方法可广泛应用于公共安全、交通管理、商业分析等多个领域,尤其是在大规模公共场所或复杂环境下,能够实时反映人群动态,助力决策和管理优化。

4 数据采集与处理技术的优化方案

数据采集与处理是基于4G基站控制信令进行人员数量统计的核心环节。在该方法的实现过程中,如何高效地获取基站信令数据并确保数据的准确性和可靠性,成为了关键因素。基站控制信令主要包括用户设备的接入请求、位置更新、切换请求、信道质量反馈等信息,这些数据反映了终端设备的活动轨迹和用户分布。为了确保数据采集的准确性和全面性,必须在多个方面对数据获取与处理过程进行优化。

数据采集的可靠性要求极高。在4G基站的信令传输过程中,由于通信信号的波动和环境因素的干扰,信号数据可能存在一定的丢包或误差。在这一过程中,信令的抓取需要通过高性能的信令分析平台进行,平台能够实时处理大量的信号流,保证数据的高效获取和最小化丢包率。此外,考虑到大规模网络环境中信令数据量的庞大,需要设计分布式的信令采集系统,将多个基站的数据整合到一个集中处理中心,实现高效的数据收集。对采集到的信令数据进行处理时,信号的噪声干扰和数据的冗余是两个主要挑战。基站信令数据包含了大量的无效信息,如短暂的信号波动、临时的接入请求等,这些数据不仅会影响后续分析的效率,还可能降低统计结果的准确性。因此,需要对原始信令数据进行有效的清洗与预处理。这一过程包括去除无关数据、滤波去噪、数据标准化等步骤,以确保后续分析基于准确且干净的数据进行。

在数据清洗之后,信令数据的有效处理成为另一个关键步骤。基站控制信令本质上是时间序列数据,具有时间相关性和空间相关性,因此数据分析方法必须能够挖掘这些关联信息。通过采用时空建模技术和机器学习算法,可以有效分析用户的移动轨迹、停留模式以及人群的流动趋势。数据处理技术的优化可以利用多层次的分析框架,通过动态聚类、热点检测等方法,自动识别人员聚集的区域和时间,从而为人员统计提供实时且高效的反馈。数据的时效性也是优化过程中的一个重要方向。在人员统计中,尤其是对于公共安全和紧急管理领域,数据的实时性往往直接影响决策的效果。为了确保数据的实时处理,需要采用高速的数据流处理技术,如流式计算平台。通过这些技术,能够在信令数据产生的瞬间进行即时处理,减少数据延迟,实现对人员流动的即时监控。与传统的批处理方式相比,流式计算能够在更短的时间内响应数据变化,从而提供更加及时和准确的人员统计结果。

优化4G基站控制信令的人员统计方法,不仅要准确识别人员数量,还应深入分析人群行为模式。通过多源数据融合,如结合视频监控和Wi-Fi信号,可弥补基站信令的不足,提升统计精度和多维分析能力。应用深度学习与人工智能技术,能进一步提升数据处理的智能化,自动识别复杂场景中的人员流动规律。这样,数据采集和处理的精度、时效性和可靠性大幅

提高，为公共安全和城市管理等领域的决策提供精确实时支持。

5 实际应用与效果评估

在公共安全领域，通过对基站信令数据的实时分析，能够及时掌握人流密集区域的变化，帮助相关部门做出迅速反应。例如，在大型活动或人群聚集场所，基站信令数据能够提供实时的人员流动趋势，预测潜在的拥堵或安全风险，从而有效避免事故的发生。对于应急响应部门，基站控制信令提供的实时数据能迅速反馈人员分布情况，优化资源调度和人员疏散方案，提升应急管理效率。

在交通管理中，基于基站信令的人员统计方法同样具有广泛应用，尤其是在繁忙的交通枢纽和交通监控中，通过对人员流动的监控和分析，能够精准预测交通高峰期的人员密集程度，为交通调度和指挥提供有力支持。通过统计各大交通站点或公共交通工具的乘客流动，优化交通方案，提升运输效率。信令数据的时效性和准确性，能够帮助管理者在人员流动变化较快的情况下，做出实时调整，避免交通瓶颈和拥堵的发生。商业零售和场馆管理也是基于4G基站控制信令的人员统计方法的应用场景之一。商场、购物中心等场所通过分析客户流动数据，能够实现精准的客流量预测，优化营销策略和商品陈列，

提升顾客体验。商家通过了解顾客停留的时间和流动路径，可以针对性地调整销售策略和活动安排，提升销售额。

效果评估方面，基于4G基站控制信令的人员数量统计方法在多个应用场景中显示出较高的准确性和实时性。与传统统计方法相比，这一方法在大规模、动态环境下具有明显优势。通过与其他传感器数据进行对比分析，基站信令数据能够提供更广泛的覆盖和更高的精度，尤其在大范围区域内，展现了其独特的实时监测能力。实际应用中的反馈表明，这一方法不仅能够提升人员统计的效率，还能够提供更多维度的数据分析，帮助各类机构做出更加精准和及时的决策。

6 结语

基于4G基站控制信令的人员数量统计方法，通过创新的数据采集与处理技术，在多个领域展现了巨大的应用潜力。与传统的人员统计方式相比，该方法不仅能够提供更高的精度，还具有实时性和广泛的覆盖面，尤其在公共安全、交通管理及商业分析等场景中发挥了重要作用。随着数据处理技术的不断优化，基站信令数据的应用前景将更加广阔，未来有望为更多行业提供智能化的决策支持，推动智能城市和数字化管理的进一步发展。

参考文献：

- [1] 张凯.基于4G信令的人员流动统计方法研究[J].通信技术,2022,58(7):82-89.
- [2] 王鑫,刘红梅.4G基站信令数据在公共安全中的应用[J].移动通信,2021,45(10):101-107.
- [3] 赵晨,李明.基于移动通信信令的人员统计方法探讨[J].信息与通信工程,2020,48(5):115-122.
- [4] 周亮,王志宏.基于大数据的基站控制信令流量预测方法[J].网络与信息,2021,39(6):233-238.
- [5] 陈洁,刘波.基于4G信令的智能城市人群流动监测[J].智能交通,2022,19(3):41-48.