

基于聚类挖掘的移动通信网络链路优化设计

徐阳

中国铁塔股份有限公司浙江省分公司, 中国·浙江 杭州 310000

摘要: 随着移动通信技术的飞速发展和用户需求的日益增长, 移动通信网络面临着前所未有的挑战, 特别是在链路优化方面。链路质量直接影响着网络的传输效率、用户感知以及服务质量。论文提出一种基于聚类挖掘的移动通信网络链路优化策略, 旨在通过聚类算法对网络链路特性进行深入分析, 识别潜在的链路模式, 进而在大规模网络中实现精准的链路优化, 提升网络性能和用户体验。

关键词: 聚类挖掘; 移动通信; 网络链路; 优化设计

Optimization Design of Mobile Communication Network Links Based on Cluster Mining

Yang Xu

China Tower Corporation Zhejiang Branch, Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract: With the rapid development of mobile communication technology and the increasing demand from users, mobile communication networks are facing unprecedented challenges, especially in link optimization. Link quality directly affects the transmission efficiency, user perception, and service quality of the network. This paper proposes a mobile communication network link optimization strategy based on clustering mining, aiming to conduct in-depth analysis of network link characteristics through clustering algorithms, identify potential link patterns, and achieve precise link optimization in large-scale networks, improving network performance and user experience.

Keywords: cluster mining; mobile communication; network link; optimal design

1 引言

移动通信网络的复杂性、动态性和规模性要求链路优化策略必须高效且智能化。传统的链路优化方法大多基于静态规则或简单的性能指标优化, 难以适应复杂多变的网络环境。聚类挖掘作为一种高级数据分析技术, 能够从大量数据中发现隐藏模式和规律, 为链路优化提供新的视角和策略。

2 聚类挖掘的技术特点

聚类挖掘作为机器学习领域中的一种无监督学习方法, 其核心思想在于从大量无标签的数据中发掘出隐藏的结构和模式。在移动通信网络的背景下, 聚类挖掘技术能够为我们提供一种强有力的工具, 用于分析链路性能数据, 如延迟、丢包率、吞吐量等关键指标。移动通信网络中的链路性能数据往往庞大且复杂, 包含着来自不同基站、不同设备、不同时间段的各类数据。这些数据中蕴含着丰富的信息, 但往往难以直接通过肉眼或简单的统计方法发现其中的规律。

通过聚类挖掘, 可将具有相似性能指标的链路归为同一簇, 使得同一簇内的链路在性能上呈现出高度的相似性。这样分组不仅有助于更好地理解网络中的链路行为, 还能为后续的链路优化工作提供有力的支持。例如, 可以针对某一簇内的链路制定特定的优化策略, 以提高其整体性能; 或者通过分析不同簇之间的性能差异, 找出网络中的瓶颈或潜在问题, 从而进行有针对性的改进。因此, 聚类挖掘在移动通信

网络链路性能数据分析中, 不仅能提高对网络性能认识和理解, 还能为网络优化和故障排除提供有力的技术支撑。随着机器学习技术的不断发展, 聚类挖掘在移动通信网络中的应用将会越来越广泛。图 1 为聚类挖掘技术示意图。

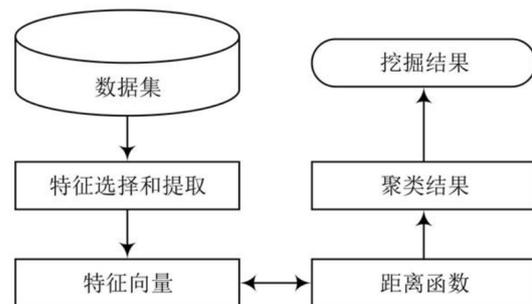


图 1 聚类挖掘技术示意图

3 移动通信链路优化框架

3.1 数据预处理

在移动通信网络链路优化设计的初期阶段, 首要任务是全面而细致地收集网络链路性能数据。这些数据来源广泛, 包括但不限于用户投诉记录、网络日志、信令统计等, 它们共同构成了链路性能分析的基础。

用户投诉记录是反映网络链路性能的直接反馈。用户在使用移动通信服务时, 若遇到网络质量不佳、通话中断、

数据传输缓慢等问题，往往会通过投诉渠道向运营商反映。这些投诉记录不仅包含了用户的基本信息，还详细描述了问题发生的时间、地点、网络类型等关键信息，对于分析链路性能具有重要的参考价值。

网络日志则记录了移动通信网络运行过程中的各种事件和数据交换情况。这些日志数据包括了基站、中继站、终端设备等各个节点的运行状态、信号强度、传输速率等关键指标。通过分析网络日志，可了解网络链路在不同时间、不同地点的运行状况，进而发现可能存在的性能问题。信令统计是移动通信网络中用于监测和控制信令传输的数据。它记录了网络中的信令流量、信令类型、信令成功率等关键信息。通过分析信令统计数据，能了解网络链路在信令传输方面的性能表现，从而发现潜在的信令拥塞、信令传输错误等问题。

在收集到这些原始数据后，需要进行数据清洗去噪、缺失值填充和归一化处理，以确保数据的质量和一致性。数据清洗去噪是指去除数据中的噪声和异常值，以保证后续分析的准确性。缺失值填充则是针对数据中存在的缺失值进行填充，避免因数据不完整而影响分析结果。归一化处理则是将数据转换为统一的尺度，以便进行后续的比较和分析。经过这些预处理步骤后，数据将被整理成适合聚类挖掘的格式，为后续链路性能分析提供有力的数据支持。

3.2 特征选择与聚类分析

在移动通信网络链路优化设计的过程中，选择对链路性能影响显著的特征是至关重要的一步。这些特征不仅能够帮助我们更准确地描述网络链路的性能状态，还能为后续的聚类分析提供有力的依据。第一，地理位置是影响链路性能的关键因素之一。由于移动通信网络覆盖广泛，不同地理位置的网络环境可能存在显著差异。第二，时间特性也是影响链路性能的重要因素。移动通信网络的使用情况在不同时间段可能存在差异，如早晚高峰时段、节假日等。这些时间段内，用户的通信需求可能会增加，导致网络负载加重，链路性能下降。因此，将时间特性作为特征之一，能识别出在不同时间段内表现相似的链路簇，进而分析这些链路簇在性能上的变化趋势。

在选择了合适的特征之后，可以采用多种聚类算法进行链路聚类分析。其中，K-means 算法是一种基于距离的聚类算法，通过迭代计算每个样本点到聚类中心的距离，将样本点划分到最近的聚类中心所在的簇中。DBSCAN 算法则是一种基于密度的聚类算法，能发现任意形状的簇，并且对噪声数据具有较好的鲁棒性。层次聚类算法则是一种基于树形结构的聚类算法，通过不断合并或分裂簇来形成最终的聚类结果。这些算法各有优缺点，在实际应用中需要根据具体情况进行选择。图 2 为 K-means 算法示意图。

通过聚类分析，可将具有相似性能特征的链路划分为不同的簇，并理解每个簇中的链路性能模式。这有助于更深入地了解网络链路的性能状态，并为后续的链路优化提供有

力的支持。例如，可针对某个簇中的链路制定特定的优化策略，以提高其整体性能；或者通过分析不同簇之间的性能差异，找出网络中的瓶颈或潜在问题，从而进行有针对性的改进。

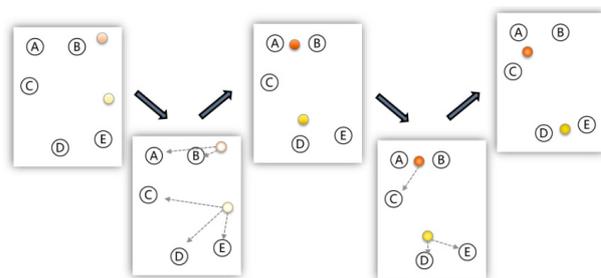


图 2 K-means 算法示意图

4 优化策略制定

在移动通信网络链路优化设计中，对不同链路簇采取定制化优化策略是至关重要的。这种策略旨在根据链路簇的特定性能特征和需求，量身定制解决方案，以最大化网络性能的提升。

4.1 高密度区域且丢包率高的链路簇

在高密度区域，如城市中心、商业区等，由于用户数量众多、网络负载较重，网络链路往往面临较大的压力。特别是当丢包率较高时，用户的通信质量将受到严重影响。针对这类链路簇：
 ①增加基站密度：在高密度区域增加基站数量，可以有效减轻原有基站的负载压力，提高信号覆盖范围和传输质量。通过增设基站，可以使信号传输更加稳定、快速，降低丢包率。
 ②功率调整：结合基站功率调整技术，根据网络负载情况动态调整基站的发射功率。在负载较重时，可以适当提高基站功率，以扩大信号覆盖范围，提高信号传输质量；在负载较轻时，则可以降低基站功率，以节约能源和降低干扰。
 ③负载均衡：通过负载均衡技术，将用户流量分配到多个基站上，避免单一基站过载。这可以通过调整基站间的连接权重、引入负载均衡算法等方式实现。图 3 负载均衡技术示意图。

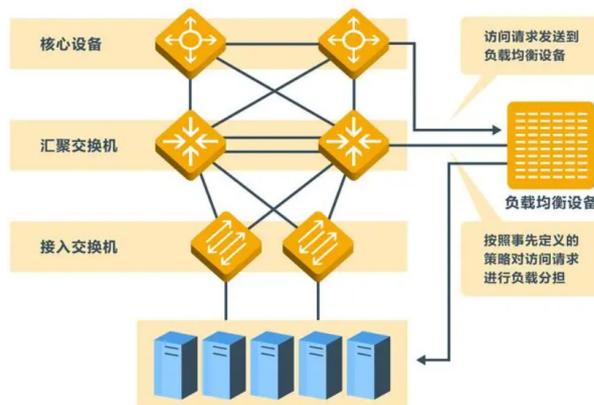


图 3 负载均衡技术示意图

4.2 低延迟敏感链路簇

对于低延迟敏感链路簇，如实时通信、在线游戏等对网络延迟要求较高的应用场景，需要特别关注链路的延迟性能。①优化路由协议：引入更高效的路由算法，如基于链路状态信息的路由算法，实时获取网络链路的带宽、延迟等状态信息，为数据包选择最优的传输路径。这可以确保数据包在网络中的传输延迟尽可能低，满足低延迟敏感应用的需求。②流量工程：采用流量工程技术，如 MPLS（多协议标签交换）（见图 4）等，实现数据包的快速转发和路由优化。通过流量工程，可根据网络负载情况动态调整数据包的传输路径，避免拥塞和延迟。③队列管理：优化队列管理策略，确保低延迟数据包能够优先得到处理。这可以通过设置不同的优先级、调整队列长度和调度算法等方式实现。

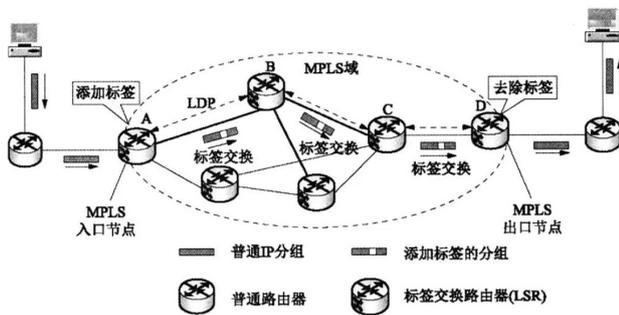


图 4 MPLS 示意图

4.3 引入预测模型预判未来趋势

在定制化优化策略的制定过程中，引入预测模型可以帮助我们预判未来趋势，提前调整网络配置。预测模型可以基于历史数据和网络状态信息，对未来一段时间内的网络负载、用户行为等进行预测。通过预测模型，可以提前发现网络中的潜在问题，如即将出现的网络拥塞、设备故障等，并采取相应的预防措施。

①预测模型的选择：根据实际需求选择合适的预测模型，如时间序列分析、机器学习算法等。这些模型可以根据历史数据和网络状态信息，对未来一段时间内的网络性能进行预测。

②数据预处理：对收集到的历史数据和网络状态信息进行预处理，包括数据清洗、去噪、特征提取等步骤。这可以确保预测模型的输入数据质量，提高预测的准确性。

③模型训练与验证：使用预处理后的数据对预测模型进行训练和验证。通过不断调整模型参数和优化算法，确保模型具有较高的预测准确率和泛化能力。

④预测结果应用：将预测模型应用到实际网络中，根据预测结果提前调整网络配置。

4.4 实施与评估

在移动通信网络链路优化设计中，部署优化策略仅仅是第一步，确保这些策略的有效实施并持续监测网络性能变化同样至关重要。通过实时监测和评估，能准确判断优化策略的效果，并根据反馈进行迭代优化，以确保策略的持续有效性。

首先，在部署优化策略后，需建立一套完善的监测机制来实时跟踪网络性能的变化。这包括收集和分析关键性能指标（KPIs），如用户满意度、链路质量指数等。用户满意度是反映网络服务质量的重要指标，直接关联到用户的实际体验。链路质量指数则衡量了网络链路的稳定性和可靠性，对于确保数据传输的准确性和完整性至关重要。为了准确评估优化策略的效果，可将收集到的数据与历史数据进行对比。通过对比不同时间段或不同策略下的性能指标，可清晰地看到优化策略对网络性能的影响。

除了对比历史数据外，还可以利用统计分析和数据挖掘技术来深入挖掘数据中的潜在信息。例如，能分析用户满意度与不同时间段、不同地理位置、不同设备类型等因素之间的关系，以了解不同用户对网络性能的需求和期望。这些分析结果可以更加精准地制定优化策略，提高策略的有效性和针对性。在评估优化策略效果的过程中，还需要注意数据的真实性和准确性。

5 结语

基于聚类挖掘的移动通信网络链路优化策略，通过深入数据驱动的分析与模式识别，实现了链路性能的精准优化，提升了网络整体效率和用户体验。随着 5G、6G 技术发展，更复杂的网络架构和数据维度，聚类挖掘技术的深度应用将更显现出其重要性，为移动通信网络的智能化管理提供强有力的支持。

参考文献：

- [1] 来骥,盛红雷.基于聚类分析的复杂网络链路预测性能研究[J].计算技术与自动化,2019(4):144-150.
- [2] 王喆.基于K-means聚类算法的章程文本数据安全智能检验分析系统设计[J].自动化与仪器仪表,2022(3):96-100.
- [3] 杨涛,张红梅,王家乐,等.大数据下数据流聚类挖掘算法的优化分析[J].物联网技术,2019(8):58-60+64.
- [4] 袁娟.基于改进模糊聚类的复杂网络链路预测数学建模分析[J].电子设计工程,2023(19):153-156.

作者简介：徐阳（1981-），男，中国浙江龙泉人，本科，高级工程师，从事移动通信网络规划与设计、信息通信技术及其应用、通信管理及相关政策研究。