通信监测系统中的数据融合与多源信息处理

笪飞鹤
浙江蕙达科技有限公司　浙江　杭州　310000

摘　要：聚焦通信监测系统中的数据融合与多源信息处理展开研究。阐述研究背景，随着通信技术发展，监测系统面临海量、多样数据，凸显数据融合与多源信息处理的重要性。介绍多源信息基础，涵盖数据源类型、特点及采集预处理方式。深入剖析数据融合理论，包括概念、模型、层次划分和算法特性。探讨关键融合技术，如时间序列、分布式及异质数据融合。还研究多源信息处理与应用，实现信息关联协同，用于通信故障诊断和性能优化。研究成果有助于提升通信监测系统效能，但存在不足，未来可在算法优化等方向拓展，为通信领域发展提供支撑。

关键词：通信监测系统；数据融合；多源信息处理；故障诊断

1 引言

在通信技术迅猛发展的当下，通信监测系统承担着保障通信网络稳定、高效运行的重任。从4G迈向5G乃至未来的通信网络，数据流量呈爆炸式增长，监测对象和场景愈发复杂多样，如5G基站高密度部署、物联网设备大量接入。这使得监测系统需处理来自不同设备、不同类型的海量数据，传统单一数据源处理方式难以满足需求。在此背景下，数据融合与多源信息处理成为通信监测系统发展的关键。通过整合多源信息，能弥补单一数据源的局限，提升信息完整性与准确性；借助数据融合技术，可挖掘数据深层价值，为通信网络故障诊断、性能优化提供有力支持，助力通信行业持续进步。

2 多源信息基础

2.1 通信监测数据源类型解析

通信监测数据源丰富多样，按监测对象主要可分为网络设备、通信链路以及用户终端这几类数据源。网络设备数据源包含基站、核心网设备等，基站提供实时运行状态数据，如发射功率、信号强度等，这些数据对评估基站覆盖范围和服务质量至关重要；核心网设备则反馈用户连接数、数据流量等关键指标，帮助了解网络整体承载能力。通信链路数据源涵盖有线和无线链路，有线链路监测数据涉及光纤损耗、传输速率等，反映物理连接的稳定性；无线链路数据包含信噪比、干扰信号强度等，能判断无线通信环境的优劣。用户终端数据源提供用户位置信息、业务使用情况，像用户在不同区域的分布、各类应用的使用频率等，为运营商优化服务提供方向。如表一所示：

表1 数据源类型解析

数据源类型	示例设备	数据类型	产生频率
基站监测设备	宏基站传感器	信号强度、功率、温度	每5秒采集一次
用户终端反馈	智能手机APP	网络延迟、丢包率、吞吐量	用户主动上报或定时（每30分钟）上报
网络流量监测工具	流量监测探针	IP流量、端口流量	每秒统计一次
信号质量检测仪	频谱分析仪	信号频率、信噪比	持续监测，每1分钟记录一次关键数据

2.2 各类数据源特点与优势

不同类型的通信监测数据源各有独特之处。网络设备数据源具备高度的专业性和精确性，设备自身配备专业传感器和监测模块，所采集数据准确反映设备运行状态，能精准定位设备故障隐患。通信链路数据源实时性强，能快速捕捉链路状态的瞬间变化，无论是有线链路的突发中断，还是无线链路的信号波动，都能第一时间反馈，让运维人员及时采取措施保障通信连续性。用户终端数据源则具有广泛的覆盖性和应用导向性，其采集范围覆盖大量用户，能从用户角度直观展现通信服务质量，基于这些数据可针对性地开发新业务、优化用户体验。各类数据源优势互补，共同为通信监测提供全面、立体的数据支撑，助力构建完善的通信监测体系[1]。

2.3 数据源的采集与预处理

数据源采集需依据不同类型采用合适方式。对于网络设备，多通过标准接口和协议，如简单网络管理协议（SNMP），实现数据自动采集，确保数据的定时、准确获取。通信链路数据采集则借助专业监测设备，像光时域反射仪（OTDR）监测光纤链路，实时记录链路状态。用户终端数据源采集，部分通过终端应用程序在用

户授权下收集信息，如位置信息、业务使用记录等。采集到的数据往往存在噪声、错误值或不完整情况，需进行预处理。先进行数据清洗，去除重复、错误数据；再对缺失值进行填补，可采用均值、插值等方法；最后对数据进行标准化，统一量纲，使不同数据源数据具有可比性，为后续的数据融合与分析奠定良好基础。

3 数据融合理论基础

3.1 数据融合基本概念与模型

数据融合是在一定准则下综合处理多源数据，获取更准确、全面信息的过程。它不是简单堆砌数据，而是深度整合，去除冗余。在通信监测系统中，数据来源于基站传感器、网络探针、用户终端反馈等。

常见数据融合模型有集中式、分布式和混合式。集中式把原始数据统一传输到融合中心处理，精度高但对带宽和计算力要求高，可靠性依赖中心节点；分布式先局部处理再汇总，减轻传输压力、提升可靠性，但局部处理准确性影响结果；混合式结合二者优势，在复杂场景适应性更强。

3.2 数据融合层次划分及原理

数据融合分为数据层、特征层和决策层三个层次。数据层融合直接处理原始监测数据，像通信信号监测中，直接合并不同频段传感器采集的原始信号，保留原始信息，但计算量大、对带宽要求高。特征层融合先提取原始数据特征，如信号强度等，再融合，能减少传输量、降低计算复杂度，常用于通信故障特征提取和分类，比如综合不同数据源特征判断网络拥塞状况。决策层融合是各数据源独立决策后再融合结果，对带宽要求低、灵活性高，部分数据源故障也不影响整体决策，常用于通信网络综合评估与决策[2]。

3.3 融合算法的分类与特性

融合算法主要有基于概率统计、人工智能和模糊数学的算法。基于概率统计的贝叶斯估计能依新信息修正先验概率，用于通信信号检测等；卡尔曼滤波适用于动态系统状态估计，实时估计信号参数。基于人工智能的神经网络经训练学习复杂模式，用于通信故障诊断；支持向量机擅长处理小样本、非线性问题，用于信号分类等。基于模糊数学的算法用模糊集合和逻辑处理不确定信息，如量化通信信号质量，提高系统鲁棒性。

4 数据融合关键技术

4.1 基于时间序列的数据融合技术

在通信监测系统中，许多数据都具有时间序列特征，像通信流量、信号强度随时间的变化数据。基于时间序列的数据融合技术，核心在于分析数据随时间的动态变化规律，挖掘数据间的内在联系。首先，收集不同监测点在相同时段的时间序列数据，这些数据反映了通信网络在不同位置和时刻的运行状态。然后，运用时间序列分析算法，如ARIMA（自回归积分滑动平均模型），对数据进行建模和预测。

在融合过程中，将各监测点预测结果与实时数据进行对比和整合。例如，当某一区域通信流量出现异常波动时，通过融合多个周边监测点的时间序列数据，可更准确判断异常是局部突发还是整体趋势，从而为网络管理提供更可靠的决策依据，有效提升通信监测系统对网络动态变化的响应能力[3]。

4.2 分布式数据融合技术应用

通信监测系统覆盖范围广，涉及众多分布式监测节点，分布式数据融合技术应运而生。该技术充分利用各节点的计算和存储能力，在本地对采集的数据进行初步处理和特征提取。一方面，减少数据传输量，降低网络带宽压力，提高系统运行效率；另一方面，增强系统的可靠性和抗毁性，避免因中心节点故障导致数据融合失败。

在实际应用中，各分布式节点根据预先设定的融合策略，将本地处理后的特征数据发送至融合中心。融合中心运用分布式卡尔曼滤波等算法，对这些数据进行融合处理，得到更全面、准确的网络状态信息。例如，在广域通信网络监测中，不同地理位置的基站作为分布式节点，通过分布式数据融合技术协同工作，实现对全网通信质量的有效监测和评估。

4.3 异质数据融合技术的实现

通信监测系统中的数据源种类繁杂，包含结构化的网络性能指标数据、非结构化的文本日志数据以及图像、音频等多媒体数据，异质数据融合技术旨在整合这些不同类型的数据。首先，针对不同格式的数据进行预处理，将其转化为统一的表达形式，方便后续处理。对于文本日志数据，采用自然语言处理技术提取关键信息；对于图像数据，运用图像识别算法提取特征。

然后，根据数据特点选择合适的融合方法，如基于特征级、决策级或数据级的融合策略。例如，在判断通信故障时，融合网络性能指标数据与设备日志文本数据，从不同维度综合分析故障原因，克服单一数据类型的局限性，提高故障诊断的准确性和全面性，为通信网络的稳定运行提供更有力的支持[4]。

5 多源信息处理与应用

5.1 多源信息关联与协同处理

在通信监测系统中，多源信息来自不同的监测设备和渠道，这些信息相互独立又存在潜在联系。多源信息

关联旨在通过建立合理的关联规则，识别出描述同一通信事件或对象的不同信息，消除冗余与冲突。例如，将基站监测数据与用户终端反馈数据进行关联，当基站检测到信号波动，同时用户终端上报网络卡顿，通过时间戳、地理位置等属性建立关联，就能更全面地了解网络状况。协同处理则是在关联基础上，综合运用不同信息，发挥各自优势，完成更复杂的任务。把网络流量监测数据与信号强度监测数据协同分析，能精准定位网络拥塞区域及成因，为网络优化提供可靠依据，有效提升通信监测系统的整体效能。

5.2 面向通信故障诊断的信息处理

通信故障诊断依赖准确、全面的信息处理。多源信息收集后，首先要进行特征提取，从海量数据中提炼出与故障相关的关键特征，如异常的信号频率、功率变化等。接着运用智能算法，如神经网络、决策树等，将提取的特征与预设故障模式对比分析，判断故障类型和位置。

例如，当通信系统出现通话中断故障，通过分析基站、传输线路、核心网等多源监测数据，能快速定位故障点是基站设备故障、线路损坏还是核心网节点异常。这种面向故障诊断的多源信息处理方式，大大缩短故障排查时间，提高通信系统的可靠性和稳定性，保障通信服务质量[5]。

5.3 助力通信性能优化的信息应用

通信性能优化需要充分挖掘多源监测信息的价值。通过分析网络流量的时间分布、业务类型占比等信息，运营商可以合理分配网络资源。如在视频业务高峰时段，动态增加带宽资源，保障视频流畅播放，提升用户体验。

利用信号质量监测信息，能优化基站布局和参数设置。根据不同区域的信号强度、干扰情况，调整基站发射功率、天线角度等，减少信号盲区和干扰，提高通信覆盖范围和质量。同时，基于用户行为信息，个性化定制服务套餐，精准投放增值业务，在提升通信性能的同时，实现运营效益最大化。如图1所示：

图1 通信性能优化前后对比图

6 结语

本研究围绕通信监测系统的数据融合与多源信息处理，明确了多源信息的类型、采集及预处理方式，剖析数据融合理论，探索关键技术，实现多源信息的关联协同、故障诊断与性能优化应用。研究成果对提升通信监测系统效能，保障通信网络稳定运行意义重大，为行业技术革新提供了新思路。但研究也存在不足，如复杂场景下融合算法的实时性与准确性有待提升，多源信息安全防护机制尚不完善。未来可深入研究融合算法优化，加强信息安全防护，进一步挖掘多源信息价值，推动通信监测系统朝着智能化、高效化、安全化方向迈进，更好地满足通信行业发展需求。

参考文献

[1]王劲力.基于多元数据融合的通信电源优化研究[J].通信电源技术,2025,42(2):97-99.

[2]和朝敦.基于数据融合的互联网网站群信息安全监测系统研究[J].电子设计工程,2024,32(14):159-164.

[3]盛丽华,沈晖.多源异构数据边缘融合信息化监测仿真[J].计算机仿真,2023,40(9):477-481.

[4]徐梦溪,施建强.仿生复眼型多源监测数据融合与专题信息提取[J].水利信息化,2021(1):71-75.

[5]杨博涵,燕雪峰,郭丽琴.面向信息物理融合系统的多源异构数据交互模型[J].数据采集与处理,2022,37(6):1323-1332.