



基于网络事件的自智网络探索与应用

李伟红, 杨莹, 黄坤, 朱成龙, 潘谭涛, 何鲜宗

(中国移动通信集团安徽有限公司, 安徽 合肥 230061)

摘要: 为落实和达成自智网络的目标, 提升网络运维自动化能力, 探索了一种自智网络模式, 引入多维数据自动聚类、自适应滑动时间窗机制、基于时空序列关联的用户流量损失评估模型、基于图论的故障传播图与时空聚类算法, 从网络事件管理、故障自识别、自定位、自调度和智能质检等多个方面进行自动化能力建设。力求 2025 年达到 L4 级高级自智网络的目标。

关键词: 网络事件; 自智网络; 自识别; 自定位; 自调度; 智能质检

中图分类号: TN915

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2024013

Exploration and application of autonomous network based on network events

LI Weihong, YANG Ying, HUANG Kun, ZHU Chenglong, PAN Tantaotao, HE Xianzong

China Mobile Communications Group Anhui Co., Ltd., Hefei 230061, China

Abstract: In order to achieve the goal of autonomous networks and improve the automation of network operation, an autonomous network model was explored. The model introduced algorithms such as multidimensional data automatic clustering, adaptive sliding time window mechanism, user traffic loss assessment model based on spatiotemporal sequence correlation, fault propagation graph based on graph theory and spatiotemporal clustering, and builded automation capabilities through network event management, fault self-identification, self-positioning, self-scheduling, and intelligent quality inspection. The goal is achieving L4 advanced intelligent network by 2025.

Key words: network event, autonomous network, self-identification, self-positioning, self-scheduling, intelligent quality inspection

0 引言

根据工业和信息化部和中国信息通信研究院的评估, 预计到 2025 年, 中国数字经济规模将增长到 65 万亿元, 信息服务业收入规模将增长到 20.4 万亿元^[1]。在此背景下, 运营商确立了“推

进数智化转型, 实现高质量发展”的发展主线^[2], 加快网络运维数智化转型升级, 努力构建云网一体、高度自动化、智能化的网络体系, 夯实各行各业数智化转型基础^[3]。

2021 年 7 月 3 家运营商^[4-6]先后发布了自智网络的白皮书, 目标是构建网络全生命周期的自动

化、智能化运维能力，为客户和运维带来新的价值^[7-8]。电信管理论坛（TM Forum）制定了从 L0 至 L5 的自智网络 AN 能力分级标准^[9]，按照自动化程度划分不同的等级，从完全手工维护到部分自治、高度自治，最终实现完全自动化、智能化的运维水平^[10]。

为积极践行自智网络理念，运营商制定了 2025 年达到 L4 级高级自智网络的目标，聚焦于生产调度自动化、智能化的运维水平达到世界领先水平^[11]。本文旨在研究维护域监控排障场景的自智网络建设，探索建立了一套基于网络事件的自智网络体系，全面提升复杂网络故障情况下事件发现、定位、调度和质检的能力。

1 网络故障管理现状及存在的问题

一个完整的故障管理流程包括故障识别、故障定位、故障调度、闭环质检等环节^[12]。随着网络规模日趋庞大，网络故障呈现指数级增长，现阶段的故障管理模式仍是传统面向告警的人工巡检模式，存在以下几个问题。

（1）故障识别能力不足

面向告警的网管巡检中，需要维护人员定期巡检，每月定期网管巡检达万余次，告警上传遗漏达千余条，人工发现的平均时延达数十分钟；且是否为真实故障主要通过对大量告警进行分析分类，漫长的人工分析往往错过了最佳的抢修时间。

（2）根因网元定位困难

目前自智网络等级较低，主要依靠人工聚类分析定位定界，缺少智能化手段，难以对具体的专业、网元和故障点进行准确定位；且在告警监控过程中，由于跨专业告警离散，全网各专业相对隔离，人工进行定界定位需要较长时间。

（3）网络运维调度能力相对较弱

识别故障定位网元后，需要人工根据经验制定故障调度处置方案，在推送方案时，有时会缺

少全面性考虑；制定的抢修方案难以与历史故障调度处置方案间形成有效关联，一套流程往往耗费大量抢修时间，影响客户感知。

（4）人工质检无法满足网络需求

故障处理后，需要对处理结果进行质检，目前全网缺少自动化的诊断流程，也欠缺 AI 训练进行匹配预处理和定界定位后生成处理方案，自动化率较低，与 L4 级高级自智网络仍有一定距离。

因此，建设多维数据自动聚类、自动分析及 AI 智能诊断等多种能力的自智网络，实现从“面向告警监控”向“面向事件监控”的转变，完成劳动密集型网络运维向技术密集型网络运维的升级很有必要。

2 系统设计与实现

2.1 构建基于网络事件的运维模式

事件监控体系架构如图 1 所示，传统运维模式需要根据性能和告警人工核查诊断故障原因。基于网络事件的运维模式则将日志、投诉、拨测、拓扑等不同专业、不同维度的数据进行自动聚类，及时洞察网络异常。同时根据专家经验进行自动化分析和 AI 智能诊断，开展面向网络事件的态势感知，全面提升复杂网络下的故障发现和定位能力。

该体系支持网络事件端到端能力，基于规则对复杂网络和业务场景下的多维数据进行自动化事件生成、诊断、决策和处理，实现网络事件的自动化闭环处理。

2.2 故障自识别

在故障识别方面，通过融合多维数据以及规则可灵活配置，自动识别网络异动事件，实现故障的快速识别和全覆盖。

（1）将告警、性能、投诉、日志、拨测、资源、业务等多维数据进行关联，通过事件感知规则，包括重要表征告警、衍生规则以及关键性能劣化等，对已发生的网元故障、网络故障、业务故障进行单专业或跨专业准确识别。

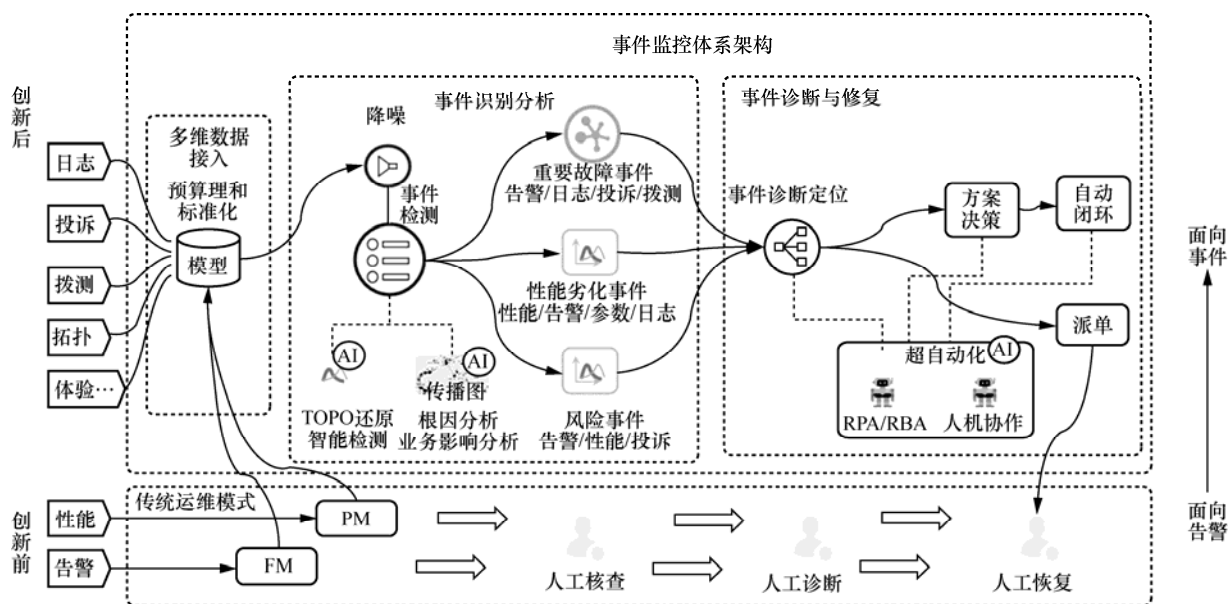


图1 事件监控体系架构

(2) 打造可编排的故障识别配置功能, 按照业务需求灵活进行场景配置, 同时可利用多种数据源挂接触发规则, 如衍生告警、过滤器、原始告警信息等。

(3) 以家庭宽带上网群障业务故障的识别为例, 通过对端口告警、光模块告警、主干/分支断纤等通断类故障的监控, 对节点业务流量陡降、端口流量拥塞等业务类指标劣化的聚类分析, 基于设备告警及业务劣化进行智能关联分析, 准确识别家庭宽带上网群障事件。

2.3 故障自定位

针对自动识别的故障, 基于多维数据, 利用AI算法进行故障原因自动定位及业务影响分析。

(1) 建立典型故障案例库。案例库包含各专业历史事件, 每个事件包含网元名称、告警标题、措施分类相关统计信息, 能够提供定位依据, 支撑故障处置。

(2) 结合专家经验, 人工编排事件基础信息。打造基于场景可编排规则的配置和管理功能, 使用少量的代码即可利用已挖掘的多种数据源挂接触发规则, 实现事件定位定界规则编排的智能化、可视化。

(3) 运用AI算法对历史数据和专家经验进行分析, 实现网络故障快速关联定位。利用自适应时空熵频繁项挖掘算法对历史告警和已有拓扑数据进行AI挖掘, 同时注入专家经验, 生成告警传播关系模型, 为故障定位定界提供支撑。

(4) 以专线业务中断故障定位为例, 对用户网络接口 (user network interface, UNI) 状态/性能、伪线 (pseudo wire, PW) 性能、专线业务路径节点设备告警等多维信息进行关联, 利用AI算法对客户历史告警及工单数据进行告警特征挖掘, 通过训练形成故障传播图, 提高定界定位准确率。

2.4 故障自调度

运用大数据、AI等技术手段对各项应急预案、人员物资、处置能力等进行自动调度, 实现网络运维流程的高效运行。

(1) 基于已配置的故障预警通知规则, 所有事件通过自动语音应答 (interactive voice response, IVR) 通知运维人员, 需要短消息通知的故障自动生成H5网页链接, 推送给相关运维人员。

(2) 构建重要故障调度能力^[13]。深入推进故障场景智能化支撑水平, 以大面积基站退服等典

型故障场景开展智能化调度，实现调度作战室自动触发、调度任务自动下发、故障预警自动发送、故障恢复闭环评估。

(3) 以传输专业场景为例，涉及的流程环节包括内部信息流转、对外信息流转、应急预案启动处置进程督办、跨省传输路由绕转、跨运营商调度、处置闭环管控等。

2.5 闭环智能质检

本文在发现、定位、调度的基础上，利用指令交互、关键词比对、逻辑校验等算法模型开展智能化工单质检闭环，确保故障真实恢复、彻底处理。

(1) 故障处理真实性质检

- 指令交互：打通多系统接口，通过指令交互判断 2G/4G 基站退服、光线路终端（optical line terminal, OLT）退服、无源光网络（passive optical network, PON）接口故障恢复真实性。
- 逻辑性核查：根据故障处理经验，梳理各类故障操作关键字，智能判断故障类型与操作处理逻辑性。
- 业务关联判断：关联故障告警与业务信息，判断是否真实处理，如关联基站退服情况、开展发电工单智能质检，判断运维人员发电真实性；关联 OLT 实时在线用户数，判断 OLT 是否真实恢复。

(2) 故障处理彻底性质检

- 重复故障根源判断：部署高频故障工单计

量分析质检规则，根据关键字匹配方式，智能判断故障处理有效性。

- 告警关联判断：梳理需要现场处理的故障场景，通过关联机房门禁告警辅助判断故障处理真实性。

3 关键技术

3.1 打破“流程黑盒”，实现网络事件个性化灵活配置

网络事件端到端流程如图 2 所示，主要包括事件产生、事件核查、事件影响分析、事件界定定位、处置方案推荐等信息。

以往基于代码/脚本开发一个自动化故障场景，从需求提出、需求确认、需求开发、现网部署、验证、上线使用，整个周期长达数月，且后期维护、变更极其困难，需要专业代码开发人员才能完成。为了解决以上难题，本文的网络事件端到端闭环管理实现了全流程个性化、可视化编排，网络运维人员可对事件管理的每个模块进行拖拉拽、增删改，进行个性化定制和关联，同时可实时定位流程中每个环节的运行情况，针对有问题的环节可及时修复，从而实现对开发内容、进度、质量以及后期变更维护的自主掌控。

3.2 建立自适应滑动时间窗机制，解决事件漏识别问题

事件数据以数据流的形式在网络中不断发

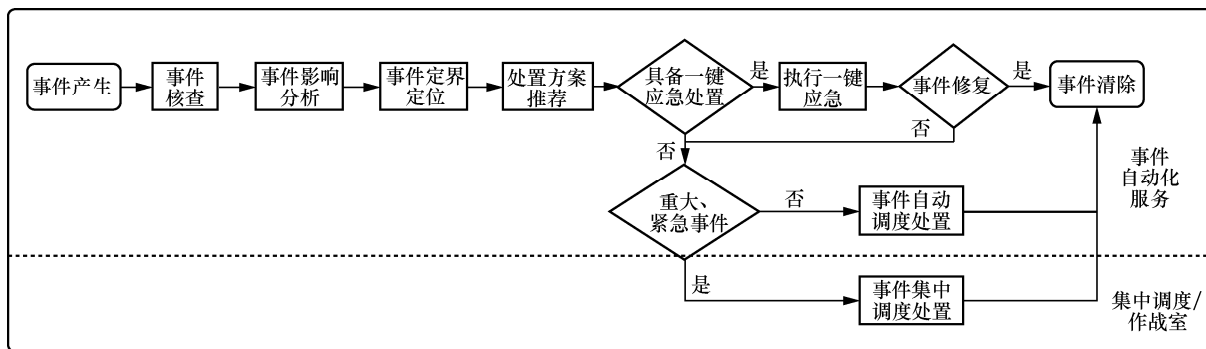


图 2 网络事件端到端流程



生,具备无限快速、不确定性、乱序、时变性和短暂易逝的特点,需要实时计算。传统时间窗和自适应时间窗如图3所示,传统基于大小固定的滑动时间窗或会话时间窗,不能正确反映数据流的变化和内在规律,容易漏检事件;自适应时间窗可以实时、准确地适应变化的时间窗机制,确保事件无遗漏。

3.3 基于告警传播模型和用户/流量损失评估模型,自调优事件触发

事件的触发不仅依赖事先预设的触发规则,同时需要根据数量、时空特征、业务特征、用户/流量损失模型等进行综合判断,自适应调整事件触发机制。

时间序列预训练提升模型如图4所示,首先采用基于网络拓扑映射的告警传播模型判断影响的区域,然后利用性能影响关联模型确认如何影

响网络质量,最后基于时空序列关联的用户/流量损失评估模型,确认影响范围,包括损失的用户数和损失的业务量等。

3.4 引入基于图论的故障传播图与时空聚类算法,实现跨域故障智能分析

本文引入基于图论的故障传播图与时空聚类技术,通过数学方法实现跨域故障智能分析^[14];将单域故障自动定界拓展为跨域故障辅助定界,并实现从人工总结处理经验到基于图论的故障传播图的转变。

AI算法通过训练态得到故障传播图,再利用推理态对故障进行定界定位。

(1)训练态如图5所示,通过自适应时空熵频繁项集挖掘算法对历史告警及拓扑数据进行AI挖掘,注入专家经验,融合生成故障传播图;同时具备故障传播关系的重复、冲突、成环检测能力。

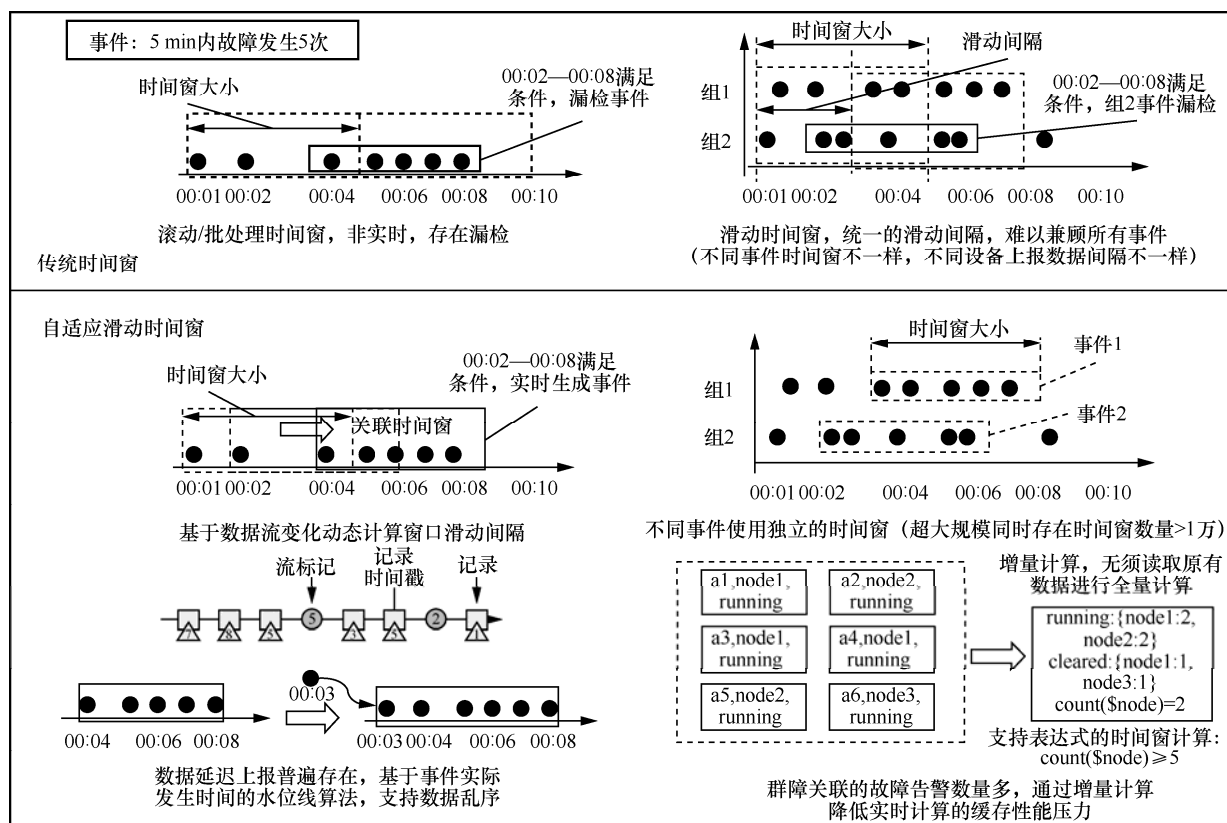


图3 传统时间窗和自适应时间窗

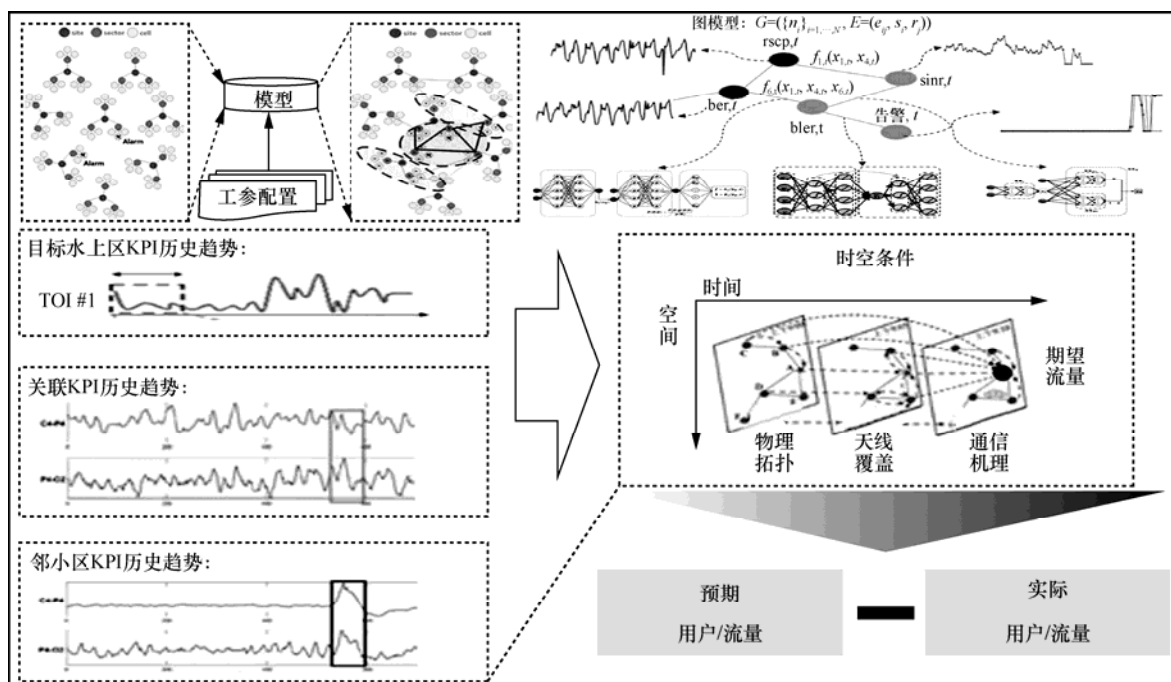


图4 时间序列预训练提升模型

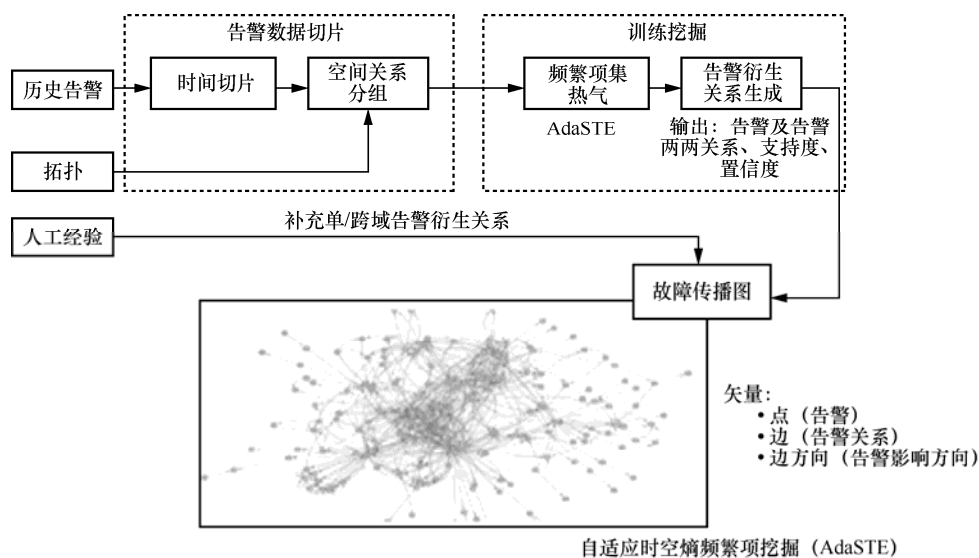


图5 训练态

(2) 推理态如图 6 所示, 通过流式处理方式对告警进行时空聚类, 调用故障传播图通过多拓扑时空异质图推理算法对聚类告警进行切割和根因网元推断, 生成最终故障组, 快速识别故障影响范围及故障节点。

3.5 工单智能质检

应用大数据处理和 AI 技术建设工单智能质

检能力^[15], 将大量的工单数据进行机器学习建模, 对每条工单进行系统全面检测, 进而实现全量故障的精细化管理。智能质检的内容主要包括故障是否真实恢复、回单信息是否符合逻辑、回单内容是否规范准确等。

(1) 对于基站退服、光缆中断等典型故障, 建立集中网管、采集平台、厂商网管、设备网元

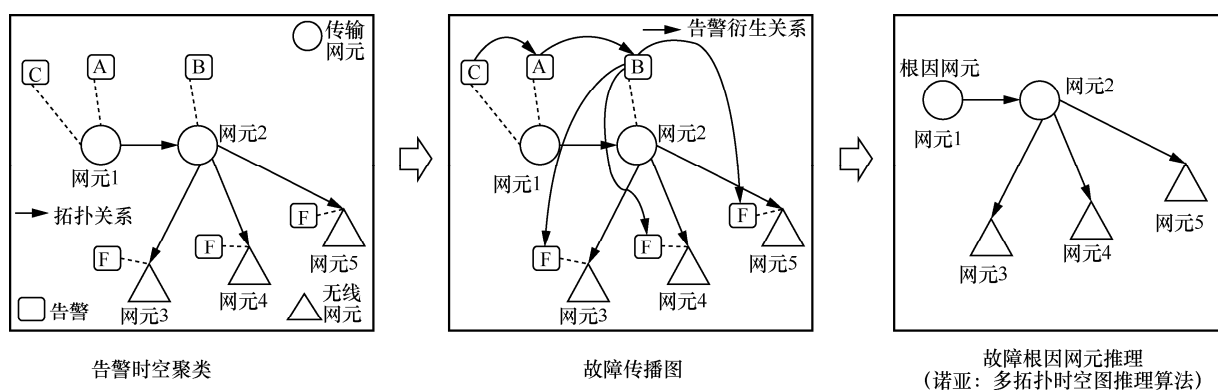


图6 推理态

间的指令通道，系统自动下发指令核查报竣工单中的故障是否已恢复。

(2) 将故障工单回单内容打散为一维词向量，通过训练正确历史工单，运用机器学习方法自动判断错误的词向量分布，从而识别出不符合逻辑的工单。

(3) 建立质检常用词库及词性关系，应用自然语言处理（natural language processing, NLP）、错别字检测工具等技术对工单回复内容进行甄别诊断，自动标记错别字、重复字等问题工单。

4 应用情况

4.1 整体应用情况

本文所述技术和系统实施完成后，实现了18个事件场景、超过20个自智子场景的建设，具备根据业务需要进行自编排、提供事件触发生成可编排、应用程序接口（application program interface, API）图形化可编排等能力，提供了超过300种原子API能力，支撑可编排。在虚拟化、传输、核心网等7个专业实现了网络事件管理、故障自识别、故障自定位、故障自调度和闭环智能质检方案的落地应用，整体已达到L3级自智网络水平。

4.2 监控运维生产效益

(1) 提升了故障识别和定位定界能力：全专业故障识别能力和定位定界能力达到L3级，故障识别准确率达到92%以上，自动定界定位准确率达81%。流程调度自动化环节比例达73%，大

幅提升了数智化能力。

(2) 缩短了故障历时：故障发现时长由10 min降至5 min，预警时长由12 min降至6 min，故障定位时长由原来的20 min降至10 min，重要故障处理时长由原来的30 min降至15 min，提升了故障处置效率。

(3) 提升了工单质检覆盖率：故障工单质检覆盖率由10%提升至100%，单张工单质检耗时由5 min下降至1 s，高频故障占比由3%降至0.8%，提升了故障闭环管理效率。

5 结束语

本文基于网络事件建立了一种自智网络体系，实现了故障识别、定位、调度和质检的全流程自动化。基于本文所述技术和机制，已形成完整流程规范、管理办法，且大多采用常用框架、软件、插件，易于移植，稍做本地优化即可推广至其他运营商或同行业领域投入使用。其中故障工单智能质检作为一项智慧能力已被江苏、上海、广东等9个省级移动公司引入并落地应用，极大提升了智能化运维水平，助力实现更高阶自智网络的目标。中国移动未来将继续使用“自研+合作”相结合的研发模式，联合产业合作伙伴，针对网络运维的规划、建设、维护、优化和运营全流程，积极开展应用创新试点，赋能业务提质创收、赋能运维降本增效。

参考文献:

- [1] 葛健, 叶涓涓, 王丽杰. 数字经济体系的构成与演化[J]. 商业经济, 2022(10): 124-126.
GE J, YE J J, WANG L J. Composition and evolution of digital economy system[J]. Business & Economy, 2022(10): 124-126.
- [2] 中国移动通信集团有限公司. 中国移动财务年报(2020 年)[R]. 2020.
China Mobile Communications Group Co., Ltd. China Mobile financial annual report (2020)[R]. 2020.
- [3] 中国移动通信有限公司研究院. 中国移动自动驾驶网络白皮书(2021 年)[R]. 2021.
China Mobile Research Institute. China Mobile practice on autonomous network white paper (2021)[R]. 2021.
- [4] 任飞, 马又良, 李宏平, 等. 中国联通自智网络的理念和实践[J]. 通信世界, 2023(16): 15-17.
REN F, MA Y L, LI H P, et al. The concept and practice of China unicom's intelligent network[J]. Communications World, 2023(16): 15-17.
- [5] 王泽林, 韩赛, 张洁, 等. 中国联通自智网络研究与实践[J]. 通信世界, 2022(21): 42-45.
WANG Z L, HAN S, ZHANG J, et al. Research and practice of China unicom's intelligent network[J]. Communications World, 2022(21): 42-45.
- [6] 王禹蓉. 中国电信的云网运营自智之路[J]. 通信世界, 2023(16): 9-10.
WANG Y R. China telecom's road to smart cloud network operation[J]. Communications World, 2023(16): 9-10.
- [7] TM Forum. Cross industry autonomous networks: vision and roadmap[R]. 2019.
- [8] 邓灵莉, 刘凯曦, 马梦媛, 等. 自智网络产业进展与应用实践[J]. 通信世界, 2023(16): 11-14.
DENG L L, LIU K X, MA M Y, et al. Progress and application practice of self-intelligent network industry[J]. Communications World, 2023(16): 11-14.
- [9] TM Forum. Autonomous networks: empowering digital transformation for the telecoms industry[R]. 2019.
- [10] 邓灵莉, 刘凯曦, 袁向阳, 等. 自智网络能力评估与建设实践[J]. 通信世界, 2022(17): 42-45.
DENG L L, LIU K X, YUAN X Y, et al. Self-intelligent network capability evaluation and construction practice[J]. Communications World, 2022(17): 42-45.
- [11] 郑军. 电信网络自动驾驶研究: 以中国移动为例[J]. 江苏通信, 2022, 38(2): 107-111.
ZHENG J. Research on automatic driving of telecommunication network—taking China mobile as an example[J]. Jiangsu Communication, 2022, 38(2): 107-111.
- [12] 李书铮. 一种智能化网络故障调度系统的设计[J]. 中国新通信, 2021, 23(22): 43-44.
LI S Z. Design of an intelligent network fault scheduling system[J]. China New Telecommunications, 2021, 23(22): 43-44.
- [13] 李昀, 史欣然. 传送网管控系统智能化技术与应用研究[J]. 通信与信息技术, 2023(2): 103-106, 132.
LI Y, SHI X R. Research on intelligent technology and application of transmission network management and control system[J]. Communication & Information Technology, 2023(2): 103-106, 132.
- [14] 魏继翔, 柴宗弘, 马英香. 拓扑可视化在自智网络中的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2022(20): 10-13.
WEI J X, CHAI Z H, MA Y X. Application of topology visualization in intelligent network[J]. Electronic Technology & Software Engineering, 2022(20): 10-13.
- [15] 尹序鑫, 孙冰, 马张晖, 等. 基于 NLP 的智能质检应用实践[J]. 中国金融电脑, 2023(7): 59-63.
YIN X X, SUN B, MA Z H, et al. Application practice of intelligent quality inspection based on NLP[J]. Financial Computer of China, 2023(7): 59-63.

[作者简介]



李伟红(1987—), 女, 中国移动通信集团安徽有限公司工程师, 主要从事网络监控自动化、智能化、数字孪生网络等工作。

杨莹(1996—), 女, 中国移动通信集团安徽有限公司助理工程师, 主要从事网络运维、自智网络建设等工作。

黄坤(1987—), 男, 中国移动通信集团安徽有限公司高级工程师, 主要从事网络监控智能化、通信网络数字孪生研究等工作。

朱成龙(1997—), 男, 中国移动通信集团安徽有限公司助理工程师, 主要从事网络运维工作。

潘谭涛(1997—), 男, 中国移动通信集团安徽有限公司工程师, 主要从事网络监控调度、自智网络建设等工作。

何鲜宗(1987—), 男, 中国移动通信集团安徽有限公司工程师, 主要从事自智网络、监控智能化研究等工作。