

# 基于AI能力的 智能运维建设实践

## Construction and Practice of Intelligent Operation and Maintenance Based on AI

李红霞,杨洁艳,肖琦(中国联通重庆分公司,重庆401131)

Li Hongxia, Yang Jieyan, Xiao Qi (China Unicom Chongqing Branch, Chongqing 401131, China)

### 摘要:

为减轻一线维护工作量,引入了数字化和AI手段提升网络运营效率。基于故障树和AI能力,打造关键智能运维能力,从而解决各运维生产系统不具备故障自动定位和自动愈合的能力、跨专业故障定位难、排障周期长的问题。实施从基础的规则梳理,到告警和资源的采集,再到指令平台的搭建,经过跨域和单域全场景的调试,最终构建起的关键能力全部投入生产应用并取得显著效果。

### 关键词:

跨域故障定界;单域自动诊断;自愈

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.07.015

文章编号:1007-3043(2023)07-0081-06

中图分类号:TN915

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

In order to reduce frontline maintenance workload, digital and AI methods are introduced to improve network operation efficiency. Based on fault tree and AI capabilities, the key intelligent operation and maintenance capability is built to solve the problems that each operation and maintenance production system does not have the ability to automatically locate and heal faults, the cross-domain fault location is difficult and troubleshooting cycle is long. From the basic rule sorting, alarm and resource collection, to the construction of the command platform, after cross-domain and single-domain full scenario debugging, all key capabilities are put into production and application and achieve significant results.

### Keywords:

Cross-domain fault demarcation; Single-domain automatic diagnosis; Self-healing

引用格式:李红霞,杨洁艳,肖琦. 基于AI能力的智能运维建设实践[J]. 邮电设计技术,2023(7):81-86.

## 0 引言

当前,在数字化转型背景下,随着网元数量的不断增加,业务也越来越复杂,网络运营系统面临排障效率低、跨专业故障定位困难、排障周期长等诸多问题,越来越不能够满足智能运维的需要。为减轻一线维护人员的工作量,提升网络智能化运维水平,打造智能排障创新能力,显得尤为重要。

收稿日期:2023-05-22

## 1 关键能力打造

根据智能运维建设需求,智能运维创新能力由一系列关键网络能力构成,需要打造网络拓扑还原、跨域故障定位和故障自愈等关键能力。

### 1.1 拓扑还原能力

拓扑还原即还原网络中设备间的物理连接关系,以及以此为基础的业务真实路径和流向。通过探针自动采集和准确还原全网跨域物理拓扑、业务路径,提供拓扑数据服务,支撑网络和业务可视化,提高维

护与故障分析效率和准确率,缩短故障处理时长。拓扑还原算法如图1所示。

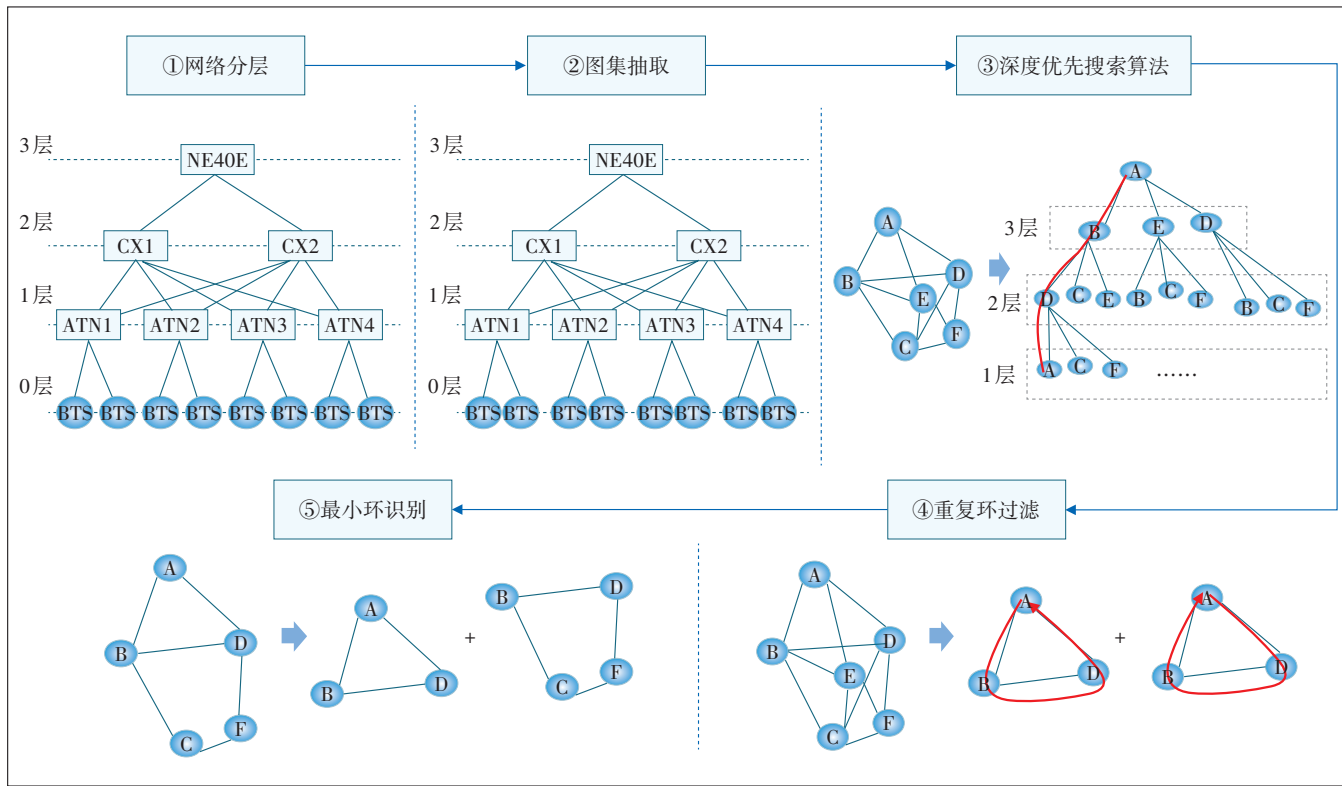


图1 拓扑还原算法

结合实际的网络情况,采用OSS上单域链路解析、IP+MASK计算、带约束条件的最短路径计算、环路识别计算等算法。

a) OSS单域链路解析:从设备网管上获取单域,比如IPRAN、DWDM组网的内部物理连接信息、电路配置信息等,并解析入库。

b) IP+MASK计算算法:基于TCP/IP协议,三层IP网络中互连的一组三层接口,只有处于同一IP子网中时,报文才能转发互通。通过对接口配置的IP地址及对应的子网掩码进行“二进制相与计算”,可以得到每个接口对应的IP子网号,若两边子网号一致,则可以认为它们三层互连。

c) 最短路径计算算法:对于L3 VPN、VPLS、Native IP组网下的动态网络,设备通过IGP的最短路径进行路由计算,运维人员在手动创建业务时,一般选定最短路径进行业务创建,以节省网络资源的占用。通过模拟系统自动创建业务或运维人员手动创建业务,系统自动判断或手动选择业务的源宿节点,用带约束条件的最短路径算法(如Dijkstra算法)完成现网业务的最短路径推导计算。约束条件基于设备类型、

源宿网元列表、设备名称关键字、VPN Peer、基站和网关等进行设定。

d) 环路识别计算算法:结合通信组网特点,将其综合融入到深度优先搜索算法(Depth First Search, DFS)中,通过网络分层后,进行图集抽取,并结合深度优先搜索算法,识别环链,过滤重复环后,识别最小环。

## 1.2 跨域故障定位能力

现网中,有很多故障是由于其他专业引起的关联故障,需要跨域诊断定位根因派单,否则简单按各专业的告警派单会出现较多的重复派单。

比如某日某基站机房报市电故障,导致机房关联的1个IPRAN退服,4个基站退服。故障所关联的3个专业(传输、动环、无线)派发故障工单3张,而实际故障根因是动环专业停电。跨域诊断定位根因派单如图2所示。

因此,如何定位由于其他专业引起的跨域故障定位问题,分析故障产生原因和故障处理显得尤为重要。故障定位基于拓扑建模,依赖故障时空类、根因推导算法,可实现跨域故障根因的快速定位,流程如

RCA分析组ID	RCA结果	RCA规则名级别	名称	告警ID	来源系统	诊断状态
POS_324150073	根告警	ipran_rul重要	动环-市电故障	9999	9999@某市	诊断成功
POS_324150073	子告警	ipran_rul重要	网元连接中断	301	hwadp_lte	诊断成功
POS_324150073	子告警	ipran_rul重要	网元连接中断	301	hwadp_lte	诊断成功
POS_324150073	子告警	ipran_rul重要	网元连接中断	301	hwadp_lte	诊断成功
POS_324150073	子告警	ipran_rul重要	网元连接中断	301	hwadp_lte	诊断成功
POS_324150073	子告警	ipran_rul重要	以太网物理接口(ETPI)	9999	传输网管@	诊断成功
POS_324150073	子告警	ipran_rul重要	以太网物理接口(ETPI)	9999	传输网管@	诊断成功
POS_324150073	子告警	ipran_rul重要	以太网物理接口(ETPI)	9999	传输网管@	诊断成功
POS_324150073	子告警	ipran_rul重要	以太网物理接口(ETPI)	9999	传输网管@	诊断成功
POS_324150073	子告警	ipran_rul重要	以太网物理接口(ETPI)	9999	传输网管@	诊断成功

图2 跨域诊断定位根因派单

图3所示。

跨域故障定位,涉及拓扑建模技术,从空间维度将传输网络用数学拓扑模型描述并供跨域模块调用处理,从基站开始,分段建立传输拓扑。跨域故障定位主要步骤如下。

- a) 抽取通用TOPO路径表(link)数据,计算TOPO二层资源模型。
- b) RCA引擎调用Redis高速缓存中的TOPO二层资源数据。
- c) 筛选需要进行根因分析的告警信息。
- d) 抽取告警字段中的值组成资源模型ID,如该字

段在资源库中存在,则建立告警和TOPO资源模型的映射关系。

- e) 标注TOPO路径中受影响的资源节点。
- f) 分析受影响的资源节点是否出现对应的告警。
- g) 将关联结果回写到告警的字段。

根据平时处理故障的经验积累,将专家经验转化为平台自动化诊断能力。比如:以前需要人工凭经验对同一时间、同一区域、同一机房等资源 and 告警信息进行拓扑关联分析定位告警,现在将专家经验规则统一梳理汇总,利用系统AI能力生成动力、无线、传输跨域关联场景自动诊断逻辑规则。系统根据告警类别

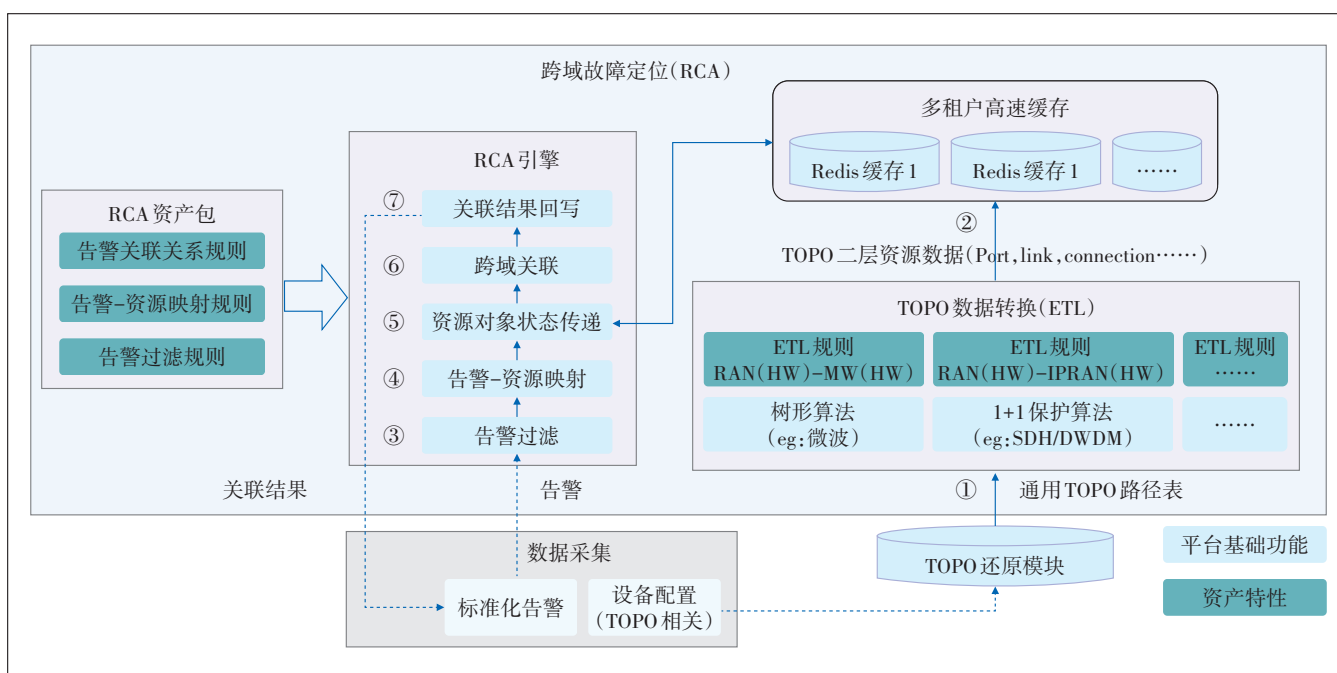


图3 跨域故障定位流程

自动适配诊断场景规则,自动发起诊断指令,根据诊断查询结果自动进行逻辑判断,智能定位故障根因,并快速呈现给一线维护人员,实现对故障精准定位,提高故障处理效率。

### 1.3 故障自愈能力

基于集团架构进行研发,北向告警对接集团智能监控,南向由统一指令平台对接网管监控中心,分析基站侧和射频单元的主告警与子告警之间关联信息,以及参数阈值等性能类异常的故障信息。统一指令平台通过 CLI、MML、NETCONF 等接口对可以复位恢复的故障下发相应的修复指令,实现无线单域故障自愈,减少维护人员上站次数,缩短故障历时。故障自愈能力流程如图4所示。

## 2 平台框架设计

平台遵循集团 OSS 集约化框架,按照模块化结构设计,由采集层(告警和资源采集探针)、业务处理层(RCA 分析模块、告警诊断模块、算法库、流程策略处

理模块)和数据展现层(数据标准化装配及转发)构成,平台框架如图5所示。智能排障平台各功能模块与统一指令平台、资源平台、EMS(网管系统)、智能监控系统和沃工单系统通过专用接口进行数据交互和协同,实现网络告警自动采集、自动化分析处理和结果输出。其主要工作机制流程包括通过告警采集探针(Socket 协议)与ESB对接,接收智能监控转发的实时告警;跨域自动诊断模块通过从资源管理平台采集资管数据,还原出业务路径和告警采集探针接收的告警,并进行跨域根因定位;故障自动愈合模块通过告警触发诊断流程,通过指令探针与指令平台对接,将指令下发至各个专业网管,实现故障诊断和故障自愈等功能。

通过挖掘算法进行分析,实现对故障预处理流程的智能发现,形成故障处理规则库,根据规则库实现故障自动诊断。基于故障树、AI诊断结果分析出的故障原因,评估是否可进行远程自愈恢复,对于可以进行远程自愈的设备告警,通过下发指令到设备,查询

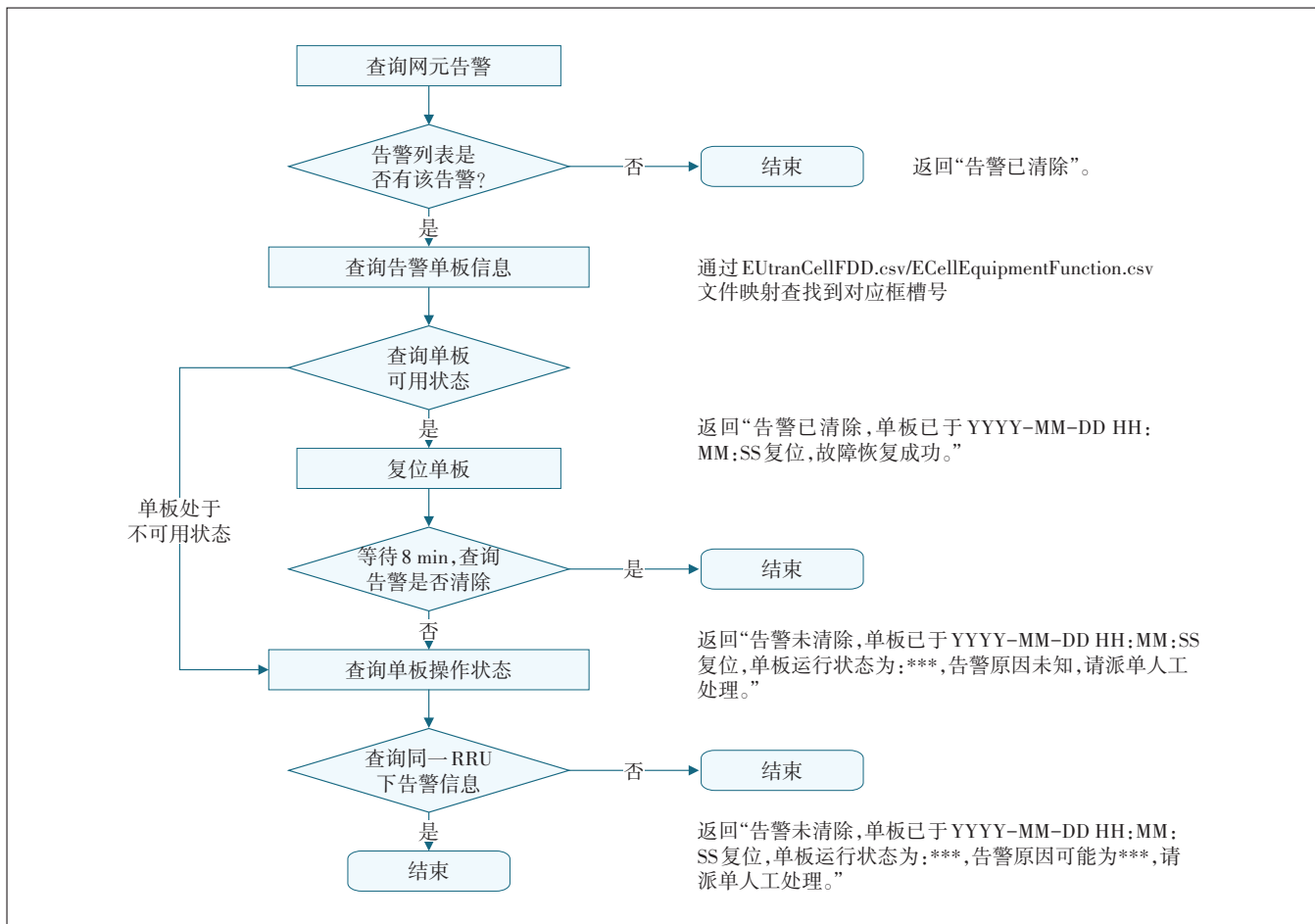


图4 故障自愈能力流程



汇聚节点及其关联的传输 16 个 IPRAN 退服, 83 个基站退服, 最后将 320 条告警压缩至 1 张工单。

### 3.3 故障诊断、压缩故障时长实施案例

以定位诊断、压缩故障时长为例, 从多条网管告警判定出根因告警为 CPRI 接口异常告警, 诊断指令逐步排除电源和单板自身问题, 最后定位为光模块故障, 从而减少人力投入, 压缩故障时长。

### 3.4 故障自愈、减少上站次数案例

通过基于机器学习+专家经验生成故障分析树, 系统自动诊断并下发修复指令, 实现故障自愈, 从而减少上站次数。2020 年 11 月 11 日 09 点 52 分, 某小区出现小区不可用主告警及多条衍生告警, 经过系统诊断和复位自愈处理, 09 点 59 分告警清除。

## 4 实施效果

从第 3 章试点效果案例分析可见, 基于 AI 能力的智能运维创新平台对故障定位、根因分析、故障自愈方面具有显著成效, 在提升效率、支撑市场和提升网络能力这 3 个方面取得了显著成效。

### 4.1 提升效率

建设智能运维创新能力积极响应了数字化转型要求, 提升了网络智能化运营水平, 并推动了网络智能化应用工具在网络运营生产中的使用。该创新平台最早实现功能达标上线, 无线基站智能诊断实现从零到全覆盖, 覆盖率达 100% (超出中国联通集团要求指标 15%), 故障诊断方式实现从人工到自动, 诊断成功率为 94% (超出中国联通集团要求指标 14%), 跨域工单和告警压缩率达到 87%, 告警准确性为 99.5%, 故障修复时长下降 12%, 在行业内处领先地位。

### 4.2 支撑市场

通过将环路识别、诊断自愈等创新手段应用于单域 19 类、跨域 8 类网络生产故障场景, 提升一线支撑和一线经验指导水平, 取得支撑市场、赋能一线的良好效果, 系统功能实用性突出。

### 4.3 提升网络能力

通过智能运维故障工单压缩, 提升工单压缩率, 工单量减少 15%~20%, 年均减少维护成本 650 万元。试点可自动定位故障根因, 故障诊断成功率已达到 94%, 减少故障修复时长 10~20 min。结合智能监控和指令平台的运用, 实现单域故障自愈, 对小区、断站、射频单元告警进行自动愈合, 自愈率达到 5%, 减少上站耗时 2 592 h。整体试点效果如表 1 所示, 故障派单

表 1 整体试点效果

自动化	智能化	智慧化
通过 OSS 2.0, 已实现全专业的告警自动采集和工单自动派发	通过智能化的故障管理系统, 实现了无线单域故障的智能定位与自愈、传输环路识别和跨域故障关联排障	探索 AI、IoT、AR 等新兴技术与网络运营的紧密结合; 以“5K”为引领, 推进网络运营智慧化转型

从最基础的自动化—告警—工单模式, 通过智能运维平台, 实现了智能化—故障—工单模式, 具有故障智能定位以及原因分析的能力。

## 5 结论

目前, 智能运维系统经过建设完善, 一直稳定运行。年处理告警量达 150 余万次, 覆盖网元达 8 万余个, 涉及资源量达 24 万条, 基站设备 54 000 余个、传输端口 143 000 余个、传输拓扑 21 000 余条、动力机房 30 000 多个, 涉及算法和关联规则共 53 条。后续计划拓展覆盖更多专业域、丰富完善专家经验规则, 通过不断迭代优化智能排障和智能监控关联规则, 从网络拓扑、时空方面进一步深化告警关联逻辑、压缩工单, 逐步达到故障智能诊断和根因定位的全专业覆盖, 实现智能化—故障—工单模式, 对最终实现故障工单全流程自动闭环管控、网络态势感知自动预测、故障隐患自动发现处理和业务服务协议 (SLA) 端到端可视等网络自智能能力, 构建网络智慧运营体系有着重要意义。

### 参考文献:

- [1] 许力, 丁男, 高焕博, 等. 应用智能运维实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2021.
- [2] 汤滨. 大数据定义智能运维[M]. 北京: 机械工业出版社, 2019.
- [3] 吴东, 郭春, 申国伟. 一种基于多因素的告警关联方法[J]. 计算机与现代化, 2019(6): 30-37.
- [4] 程教育. 基于机器学习的智能化运维系统研究[J]. 信息与电脑(理论版), 2019(4): 151-152.
- [5] 窦中兆, 雷湘. WCDMA 系统原理与无线网络优化[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [6] 陈真, 王雅志. 基于人工智能的运维系统建设研究与应用[J]. 常州工学院学报, 2021, 34(3): 35-40.

### 作者简介:

李红霞, 高级工程师, 硕士, 主要从事网络创新及数字化运营相关工作; 杨洁艳, 高级工程师, 硕士, 主要从事网络数字化运营相关工作; 肖琦, 高级工程师, 学士, 主要从事网络监控及智能化运维工作。