

中华人民共和国通信行业标准

YD/T XXXXX—XXXX

支持带内遥测的软件定义网络控制器技术要求

Technical Requirements for Software-defined Network Controller
Supporting In-band Network Telemetry

(草案稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

目 次.....	I
前 言.....	II
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语、定义和缩略语.....	3
3.1 术语和定义.....	3
3.2 缩略语及符号.....	4
4 概述.....	4
4.1 技术背景.....	4
4.2 整体架构.....	4
5 基础管理.....	5
5.1 设备发现管理.....	5
5.2 网络拓扑管理.....	5
6 遥测管理.....	6
6.1 遥测配置管理.....	6
6.2 遥测任务管理.....	6
7 编排管理.....	6
7.1 任务编排管理.....	6
7.2 编排策略管理.....	6
8 其他功能要求.....	7
9 性能要求.....	7
10 接口要求.....	7
10.1 北向接口要求.....	7
10.2 南向接口要求.....	7
10.3 东向/西向接口要求.....	7
参 考 文 献	9

前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化公文的结构和起草规则》给出的规则起草。

注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国通信标准化协会提出并归口。

本文件起草单位：山东省计算中心（国家超级计算济南中心）、中国信息通信研究院、中国移动通信有限公司研究院、中国电信集团有限公司、中国联合网络通信集团有限公司、华为技术有限公司、北京邮电大学、北京交通大学、西安交通大学、鹏城实验室、之江实验室、中关村实验室、泉城实验室、山东正云信息科技有限公司、中国标准化研究院、浪潮电子信息产业股份有限公司、山东浪潮科学研究院有限公司。

本文件主要起草人：

支持带内遥测的软件定义网络控制器技术要求

1 范围

本文件规定了支持带内遥测的软件定义网络控制器的总体架构、功能模块、性能要求及接口要求。

本文件适用于支持带内遥测的软件定义网络控制器的研发、测试、部署、运行和管理，也可支持带内遥测的软件定义网络设备、遥测平台及相关运维管理系统的建设和互通提供参考。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

YD/T 4842-2024 数据中心带内遥测技术要求

IETF RFC 7276 An Overview of Operations, Administration, and Maintenance (OAM) Tools

IETF RFC 9232 Network Telemetry Framework

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件：

3.1.1 带内遥测 In-band Network Telemetry

一种在数据包转发过程中，由网络设备在数据平面按需采集并携带网络状态信息的测量机制。

3.1.2 支持带内遥测的软件定义网络控制器 Software-defined Controller Supporting In-band Network Telemetry

部署于软件定义网络中的网络控制设备或系统，负责遥测设备纳管、遥测任务管理、遥测策略生成、遥测配置下发、遥测状态监测、遥测数据管理和遥测接口开放等功能。

3.1.3 遥测任务 Telemetry Task

由用户或系统发起的、针对特定网络对象（如链路、设备、业务流）的测量需求，包含测量指标、采样频率、数据粒度、上报地址等核心参数。

3.1.4 遥测策略 Telemetry Policy

网络控制器依据遥测任务需求、网络拓扑关系、活跃流量分布、设备遥测能力、资源负载状态等信息生成的遥测控制规则，用于决定遥测任务的执行方式、覆盖范围、采样粒度、上报方式及动态调整规则。

3.1.5 遥测域 Telemetry Domain

由一个或多个支持带内遥测功能的网络设备、控制器及相关系统构成的逻辑管理范围，在该范围内可实现统一的遥测配置。

3.1.6 主动带内遥测 Active In-band Network Telemetry

通过主动注入专用探测报文或构造合成流量执行遥测任务的带内遥测方式。

3.1.7 被动带内遥测 Passive In-band Network Telemetry

基于真实业务流量承载遥测信息，通过流选择、采样与数据压缩等方式执行遥测任务的带内遥测方式。

3.1.8 混合带内遥测 Hybrid In-band Network Telemetry

联合采用主动带内遥测和被动带内遥测机制，协同完成遥测任务的带内遥测方式。

3.1.9 明信片模式 Postcard Mode

网络设备检测到目标报文后，独立生成遥测报告报文并发送至收集系统的上报方式。

3.1.10 随流模式 In-band Report Mode

遥测信息随原始业务报文继续转发，由尾结点或后续系统完成处理和导出的上报方式。

3.2 缩略语及符号

下列缩略语及符号适用于本文件：

SDN	软件定义网络	Software-defined Networks
INT	带内遥测	In-band Network Telemetry
IOAM	原位操作、管理与维护	In-situ OAM
MTU	最大传输单元	Maximum Transmission Unit
ONT	带外网络遥测	Out-of-band Network Telemetry
SNMP	简单网络管理协议	Simple Network Management Protocol
NETCONF	网络配置协议	Network Configuration Protocol
RESTCONF	基于 REST 的网络配置协议	RESTful Network Configuration Protocol

4 概述

4.1 技术背景

随着网络规模持续扩大、网络速率持续提升和业务类型日益丰富，网络运维管理对网络状态的高效测量和实时感知需求显著提升。传统网络测量技术，如简单网络管理协议或带外遥测，存在测量粒度粗、实时性差等问题。带内遥测技术通过使用数据转发平面或在数据报文中承载遥测信息，能够实现逐跳网络状态数据采集，具备高精度、细粒度和高实时性等优势，成为支撑未来高速网络测量和管理的关键技术。

支持带内遥测的软件定义网络控制器通过集中式或分布式控制方式，对带内遥测过程和资源进行统一管理，通过对遥测任务进行策略生成、配置下发、状态监测和动态调整，从而提升带内遥测系统的可用性、扩展性、灵活性和自动化水平。本文件旨在规范支持带内遥测的软件定义网络控制器的技术要求，明确架构设计、功能要求、性能指标与接口规范，促进相关产品的标准化与协同互通。

4.2 整体架构

支持带内遥测的软件定义网络控制器可分为基础管理、遥测管理、编排管理、其他功能 4 个功能模块，并通过北向开放能力和南向协议适配实现与上层业务系统及支持带内遥测的网络数据平面的操作协同，具体功能模块如图 1 所示。控制器应具备遥测任务请求接收、任务参数解析、任务创建撤销、任务编排管理、数据订阅推送等能力，以支撑软件定义网络中带内遥测功能的统一管控。

基础管理模块主要用于对带内遥测域内的基础资源进行统一管理，包括设备发现管理、设备注册、能力识别、网络拓扑管理、设备分类管理和状态信息维护等功能。该模块为控制器提供全局资源视图和网络拓扑视图，为遥测配置、任务调度和策略控制提供基础支撑。

遥测管理模块主要用于对带内遥测能力进行统一配置和任务管理，包括遥测配置管理和遥测任务管理两部分。遥测配置管理主要支持遥测对象、采样频率、测量指标、上报地址、封装格式和上报方式等配置；遥测任务管理主要完成带内遥测任务的创建、启动、暂停、终止、删除、查询以及模板管理，支持主动、被动和混合带内遥测任务的统一管理。

编排管理模块包括任务编排管理和编排策略管理两部分。任务编排管理主要根据网络拓扑、设备能力、链路状态、业务优先级和资源负载，对主动、被动和混合带内遥测任务进行统一调度；编排策略管理主要负责管理基于网络拓扑、资源容量、负载均衡和冗余灾备等不同约束或考量下的编排策略。

其他功能模块指遥测数据管理、遥测日志管理等与带内遥测相关的非核心功能模块。

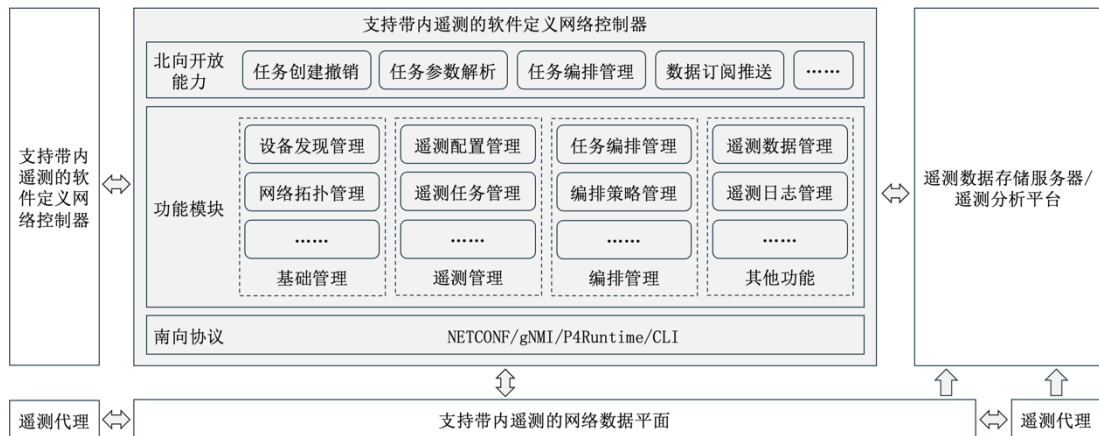


图 1 支持带内遥测的软件定义网络控制器功能模块

5 基础管理

5.1 设备发现管理

控制器应支持对带内遥测相关网络设备进行发现与管理，具体要求如下：

- 支持网络设备、链路、端口、队列、头结点、中间节点、尾结点等对象的标识和管理；
- 支持设备基础信息管理，包括设备名称、设备类型、设备厂商、设备型号、软件版本、能力集和位置信息等；
- 支持网络设备带内遥测能力管理，包括支持的封装协议、采样方式、上报方式、测量指标和性能上限等；
- 支持控制器对网络设备进行分组、分类和标签化管理。

5.2 网络拓扑管理

控制器应支持对网络拓扑和测量对象进行统一映射与管理，具体要求如下：

- a) 支持网络物理拓扑和逻辑拓扑的统一表示；
- b) 支持Overlay与Underlay路径关系管理，支持VLAN、VXLAN、VRF等场景下的路径关联；
- c) 支持为主动带内遥测任务选择测量路径、源结点和目的结点；
- d) 支持为被动带内遥测任务建立目标业务流与路径之间的映射关系。

6 遥测管理

6.1 遥测配置管理

控制器应支持对网络设备进行带内遥测相关配置管理，具体要求如下：

- a) 支持带内遥测功能启用与停用配置；
- b) 支持头结点、中间节点和尾结点角色配置；
- c) 支持遥测报文头指令相关配置，包括遥测指令、字段选择、字段长度和封装格式等；
- d) 支持遥测数据导出相关配置，包括上报地址、上报协议、上报周期、批量上报参数和缓存参数等；
- e) 支持明信片模式和随流模式相关配置；
- f) 支持设备状态、能力和任务执行状态回传配置；
- g) 支持按设备、遥测域和模板方式进行批量配置；
- h) 支持配置变更校验、版本管理、回滚和审计。

6.2 遥测任务管理

控制器应支持对带内遥测任务进行统一配置和管理，具体要求如下：

- a) 支持路径测量、时延测量、丢包测量、抖动测量、队列测量、吞吐测量等多类型遥测任务；
- b) 支持主动带内遥测业务配置，包括探测报文大小、TTL、优先级、发送周期和发送次数等；
- c) 支持被动带内遥测业务配置，包括基于五元组、应用类型、VLAN ID、虚拟网络标识等维度的目标流选择；
- d) 支持混合带内遥测业务配置，包括时间触发、事件触发和人工触发等方式；
- e) 支持上报方式配置，包括逐包上报、周期性上报、事件触发上报等；
- f) 支持任务模板的创建、编辑、导入、导出和复用；
- g) 支持任务优先级、任务依赖关系和冲突处理规则配置。

7 编排管理

7.1 任务编排管理

应支持任务扩容/缩容。如基于网络状态的任务参数动态调整，当检测到网络负载过高时，自动降低采样频率或延长上报周期。

应支持基于业务服务质量水平的任务调整，当业务流指标恶化时，自动提高该业务流的遥测频率与数据粒度。

应至少支持主动带内网络遥测任务编排、被动带内网络遥测任务编排和混合带内网络遥测任务编排三种类型的编排功能。

应支持增量式与预分配式两种编排模式，适配硬件/软件不同数据面实现场景。

7.2 编排策略管理

应支持遥测任务编排策略的自定义配置，用户可根据业务需求创建、编辑、删除编排策略，策略配置界面友好，操作便捷。

应支持基于网络拓扑的编排策略，根据网络设备节点角色、链路带宽、转发路径等因素，选择最优采集节点与上报路径，减少传输时延。

应支持基于资源容量的编排策略，根据遥测任务需求（如遥测频率等）与设备资源剩余容量（如设备最大支持检测流数量），最优分配遥测任务。

应支持基于负载均衡的编排策略，能够将遥测任务均匀分配至多个网络设备或遥测代理，避免单一设备负载过高。

应支持基于冗余灾备的编排策略，支持网络故障检测与切换，当检测到网络故障（如设备离线、接口中断）时，自动切换至备用设备承载网络遥测任务。

宜支持编排策略评估与优化，能够分析调度策略的执行效果，自动优化策略参数，提升遥测性能。

8 其他功能要求

遥测数据管理功能、编排日志管理功能、编排系统安全功能等其他通用功能要求应满足相应标准规定。

9 性能要求

遥测任务创建、启动、停止的响应时间应 $\leq 3s$ 或 ≤ 5 倍最大往返延迟。

遥测任务参数调整的响应时间应 $\leq 1s$ 或 ≤ 3 倍最大往返延迟。

控制器支持的最大并发遥测任务数应 ≥ 1000 条。

编排策略更新的生效时间应 $\leq 1s$ 或 ≤ 5 倍最大往返延迟。

10 接口要求

10.1 北向接口要求

北向接口应支持 RESTful API 或 gRPC 接口，用于接收上层应用或用户的遥测任务请求、配置指令及查询请求。

接口响应时间应 $\leq 50ms$ ，接口调用成功率应 $\geq 99.9\%$ 。

应提供完整的接口文档，明确接口 URL、请求参数、返回值、错误码及调用示例。

接口应支持批量操作，单次最多支持 100 个任务的批量创建、修改或删除。

接口应支持权限控制，不同用户角色拥有不同的接口调用权限。

接口应支持版本管理，确保接口升级的向后兼容性。

10.2 南向接口要求

南向接口应支持 NETCONF、gNMI、P4Runtime、CLI 等协议中的一种或多种，用于下发的遥测配置指令、执行命令和状态查询请求。

应支持配置指令的批量下发与异步响应，批量下发宜最大支持 1000 条指令。

接口应具备兼容性，支持不同厂商、不同型号的网络设备接入。

应支持基于 YANG 模型的配置下发，并兼容行业主流 YANG 模型规范。

接口应具备错误处理机制，当指令下发失败时，自动重试（最多 3 次），并返回详细错误信息。

10.3 东向/西向接口要求

应支持与其他控制器的对接接口。

应支持与带内遥测数据存储或分析平台的对接接口。

应支持与网络管理平台、运维平台的对接接口。

参 考 文 献

- [1] Tan L, Su W, Zhang W, et al. In-band network telemetry: A survey[J]. Computer Networks, 2021, 186: 107763.
- [2] 吕鸿润, 李清, 沈耿彪等. 带内网络遥测方法综述. 软件学报, 2023, 34(8): 3870-3890.