

寇曼曼,高冠龙,何香玲. 基于NPMD技术的地震预警系统运行质量监测管理工具研究与应用[J]. 华南地震, 2024, 44(3): 162-172. [KOU Manman, GAO Guanlong, HE Xiangling. Research and Application of Monitoring and Management Tools for Operation Quality of Earthquake Early Warning Systems Based on NPMD Technology [J]. South China journal of seismology, 2024, 44(3): 162-172]

基于NPMD技术的地震预警系统运行质量 监测管理工具研究与应用

寇曼曼, 高冠龙, 何香玲

(河南省地震局, 郑州 450016)

摘要: 地震预警系统采用自动化运行模式提供秒级地震减灾信息服务, 这对系统的运行维护工作提出更高要求, 它需要精细化的业务性能监测与分析能力, 快速的隐患发现、故障报警及定位能力, 高精度的运行状态跟踪能力和有效的异常状态响应处置建议支撑能力等, 并且各类运维监测与管理工作不能对系统产生影响。介绍基于NPMD(网络性能监控和诊断)技术的监测工具特点与使用场景, 并对其在地震预警系统全流程全过程监测、运行质量实时跟踪与分析、异常与故障快速定位响应、多场景可视化服务保障等多种应用效果进行详细阐述, 对于地震预警系统的运行、管理、维护工作有一定的参考意义。

关键词: 业务; 运行质量; 监控; NPMD; 地震预警

中图分类号: TU375

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)03-0162-11

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.03.18

Research and Application of Monitoring and Management Tools for Operation Quality of Earthquake Early Warning Systems Based on NPMD Technology

KOU Manman, GAO Guanlong, HE Xiangling

(Henan Earthquake Agency, Zhengzhou 450016, China)

Abstract: The earthquake early warning system adopts an automated operation mode to provide second-level earthquake disaster reduction information services, which puts higher requirements on the operation and maintenance of the system. It requires refined business performance monitoring and analysis capabilities, fast hidden danger detection, fault alarm, and positioning capabilities, high-precision operation status tracking capabilities, and effective support for abnormal status response and disposal suggestions. In addition, all kinds of operation and maintenance monitoring and management work cannot have an impact on the system. This article introduced the characteristics and application scenarios of monitoring tools based on network performance monitoring and diagnosis (NPMD) technology, and elaborated on its various application effects in earthquake early warning systems, including full-process monitoring, real-time tracking and analysis of operation quality, rapid positioning and response of anomaly

收稿日期: 2024-02-15

基金项目: 国家地震烈度速报与预警工程(河南子项目)(2016-000052-74-01-000666)

作者简介: 寇曼曼(1981-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事地震信息网络规划、管理与建设工作。

E-mail: kmm_hn@126.com

lies and faults, and multi-scenario visualization service guarantee. It has certain reference significance for the operation, management, and maintenance of earthquake early warning systems.

Keywords: Business; Operation quality; Monitoring; NPMD; Earthquake early warning

0 引言

随着信息化系统的发展,地震业务系统对网络环境的依赖程度越来越高,特别是地震烈度速报与预警系统(以下简称“地震预警系统”),由于其节点覆盖范围广、数据全自动化处理、信息实时发布、服务范围大的特点,对系统运行环境和自身运行状态的稳定性要求极高,需要有新的技术手段支撑对于此类业务系统运行质量的跟踪与管理。本文介绍作者在工作中,采用NPMD技术,对关键地震业务运行质量监测、分析与管理的效果,为业务系统运行质量管理工作提供参考。

1 地震预警系统运行质量监测管理需求分析

地震行业从“九五”期间开始,各类业务系统就不断从传输线下运行向网上运行转变,在“十五”期间,地震观测网络已经形成覆盖全国的大型行业网络架构,具备了“网络到台站、IP到仪器”的应用能力,到“十三五”末,特别是随着国家地震烈度速报与预警工程的建设,地震业务系统已经全部实现线上运行。

但随着地震预警系统的建设与上线运行,网络延时低、运行质量高的信息化保障需求凸显,传统的业务系统运行监测与管理手段无法满足运维要求,具体如下。

1.1 地震预警系统对运行质量监测管理的需求

地震预警^[1],是指在地震发生后,利用地震波传播速度小于电波传播速度的特点,提前对地震波尚未到达的地方进行预警。

地震预警系统全链条自动化的运行模式^[2-3],对运行质量监测管理也提出了更高的要求,体现在以下五个方面:

(1)全流程全过程监测:从传统的IP仪器、通讯线路、服务器的单点、单维度监测,变成对业务系统整体运行状态、数据传输全流程、应用响应全过程的监测;

(2)数据实时动态更新:需要实时监测网络带宽占用、网络传输稳定性、网络时延^[4]、数据路由变化、业务系统各类应用与服务响应时间等新型信息;

(3)异常发现更快速:需对系统数据传输、主机性能、应用响应、服务响应的情况实现秒级跟踪,能在分钟级内发现系统异常;

(4)隐患定位更精准:能基于网络流量数量,结合业务拓扑,快速从异常状态中定位到隐患位置,包括网络设备、服务器与工作站主机、应用程序、业务组件、通讯协议、服务端口等^[5];

(5)对业务系统运行无影响:监测管理不能额外对业务系统运行环境产生影响,具备无感监测或旁路监测能力。

1.2 传统运维监测工具无法适应地震预警系统的运行质量监测管理要求

传统的系统运维监测管理工具,大多数使用SNMP协议或自有Agent进行管理,它们对于地震预警系统运行质量的监测管理都有较大的局限性。

SNMP协议在网络管理中被广泛使用,优势在于覆盖范围广使用成本低,各类IT设备与操作系统基本属于出厂配置。但其不适合大规模应用,除安全性外,最为关键的是SNMP协议的性能问题。在大型系统中,SNMP协议设置的响应时间一般在分钟级或更久,实时性不足,而如果将数据采集频率提高,则协议本身对于宿主设备或系统将带来负载压力,同时,很多IT设备与系统的MIB私有化,所能监测的数据种类、数据精度受限,不能提供新型监测数据。

SNMP协议属于具备Agent的应用模式,传统监测管理工具还有Agentless的应用模式,即不需要在被监测管理的系统上安装特定的Agent,表1是对两种应用模式的对比分析。

通过以上分析,可以看出系统运维监测管理工具由于响应时间、应用模式、业务运行质量运行质量状态数据获取等限制,都无法适应地震预警系统的运行质量监测管理要求。

表 1 监测系统数据采用 Agent 与 Agentless 的区别
Table 1 Difference between using Agent and Agentless for monitoring system data

属性	Agent 模式	Agentless 模式
对监控资源的影响 (CPU、内存等)	占用一定的 CPU 和内存运行 Agent 软件	除对 Telnet/SSH/WMI 的影响外,其它几乎可忽略
对被监控系统的影响	影响小,大部分工作通过被监控资源端的 Agent 代理软件完成	影响大,监控工作通过远程直接连接被监控资源端实现
对网络带宽的影响	采集的各类数据,可经过压缩处理后再传输给监控中心,故对网络带宽的占用较低	采集的信息直接传输给监控服务器,数据一般未经压缩和汇总即进行传输,数据量相对较大,对网络带宽占用高
监控指标管理	监控指标相对固定,一般需通过二次开发进行指标扩展	监控指标相对固定,可通过编写脚本进行指标扩展
部署方式	部署相对复杂,需要在每台被监控节点及主机部署安装 Agent	只需要在被监控节点开通相应的协议和端口即可,部署相对简单

2 基于 NPMD 技术的地震预警系统运行质量监测管理能力设计

2.1 NPMD 技术

网络性能监控和诊断(NPMD)^[6]技术实时分析各种协议的网络数据包,使用数据包数据、流量数据和基础设施度量指标^[7-8],可实时掌握网络及在网络上运行的应用程序的可用性和性能,可快速分析识别业务性能下降的原因,并可提供历史、实时和可预测性的分析视图。

NPMD 技术对于运行环境高稳定性、数据处理高实时性、运行状态极低的错误率的业务运行质量监测管理要求有较好保障能力。因此,作者认为基于 NPMD 技术的监测系统,可以满足地震预警业务系统的运行质量监测管理要求^[9]。

2.2 基于 NPMD 技术的地震预警系统运行质量监测管理系统测试验证设计

作者在研究 NPMD 技术期间,正在从事河南省地震烈度速报与预警系统建设,针对地震预警系统的重要性,作者采用旁路数据采集方式获取地震预警系统的运行状态数据,在不对业务系统产生任何影响的情况下,测试验证 NPMD 技术的实际应用情况。

作者在测试工作中,设计采用了某公司的 UPM 系统(业务性能管理系统),主要包括两大部分组成,即网络流量分析系统(即数据采集前端)和业务性能监测与分析中心(UPM 分析中心)。

(1)网络流量分析系统(数据采集前端)。网络回溯分析系统实时采集、分析、统计及存储网络数据,配备有大容量存储的高性能数据包采集和前端分析设备,可部署在网络中的关键节点,实现对网络数据包的高性能实时采用和快速分析,它是 NPMD 系统中的前端数据获取组件。

(2)业务性能监测与分析中心(UPM 分析中心)。业务性能监测与分析中心是面向业务的综合性能监测管理分析平台,它可以集中收集分布式部署在网络各个节点的网络回溯分析系统(数据采集前端)中的实时数据,以图形化、图表化的方式呈现业务系统各个环节的工作状况,全面监控业务系统各环节服务质量、快速发现并定位影响关键业务性能或稳定性问题的核心系统。

表 2 所述内容,是作者对于 UPM 系统在地震预警系统运行质量监测管理工作中的功能测试要求。

3 基于 NPMD 技术的地震预警系统运行质量监测管理工具测试验证

3.1 测试环境建设

作者设计的系统测试环境如图 1 所示,详细情况如下。

(1)部署 1 台网络流量分析系统,提供 4 个 10 G 接口进行 4 路网络数据采集,实现测试数据较全覆盖,4 路数据如表 3 所示;

(2)部署 1 台 UPM 分析中心,与网络流量分析系统对接,进行测试环境中的业务运行质量监测分析,并通过 WEB 提供分析结果应用;

表2 NPMD测试系统主要验证能力设计

Table 2 Design of main verification capabilities for NPMD test system

分类	目标	详细要求
业务性能监测分析	可在1分钟内发现业务性能问题	测试是否具备智能化的分析能力,可分析业务系统中应用响应性能、主机服务性能、网络传输性能和业务会话性能,并提供可视化的业务性能监控视图
故障分析与快速定位	5分钟内详细定位相关问题节点	测试是否可在业务性能监控可视化视图中,能根据业务逻辑关系,通过数据挖掘实现关联分析,准确进行性能异常报警与故障定位
高精度监测能力	秒级精度实时监控能力	测试是否可基于业务场景,进行可视化的秒级实时监控与分析,在业务突发、流量异常的情况下,能够快速提醒
数据包全流量监测	全局流量数据统一采集、分析与管理	测试是否可统一收集分析前端提供的流量统计、网络性能、应用性能及应用会话数据等,实现对业务系统统一的流量分析与业务性能监测管理
系统监测模式	开展监测与分析工作对业务无影响	测试工作,能否在对业务系统运行无影响的情况下进行,不需要在业务系统上进行组件安装、配置调整等工作

- (3)核心路由器为地震预警业务系统核心路由,汇聚本地及行业的地震预警业务流量;
- (4)边界防火墙,将路由器汇聚的数据,根据安全策略设置,安全分发至相关网络域;
- (5)核心交换机(内置防火墙),属于核心业务系统的交换系统,提供核心业务系统的网络连接与安全控制;
- (6)应用服务器与维护工作站,是核心业务服务与日常管理、维护工作站设备,相关地震预警业务部署运行于其中;

- (7)TAP流量盒,实现网络数据复制,实现网络流量旁路分流效果。
- 通过此种部署方式,可实现地震预警系统中地震台—省中心—国家中心/国家备份中心/邻省中心的数据传输和预警关键业务的监测范围覆盖。

3.2 测试系统部署与业务参数配置

测试系统1天部署完成,系统的部署、流量采集配置等环节在此不再赘述。

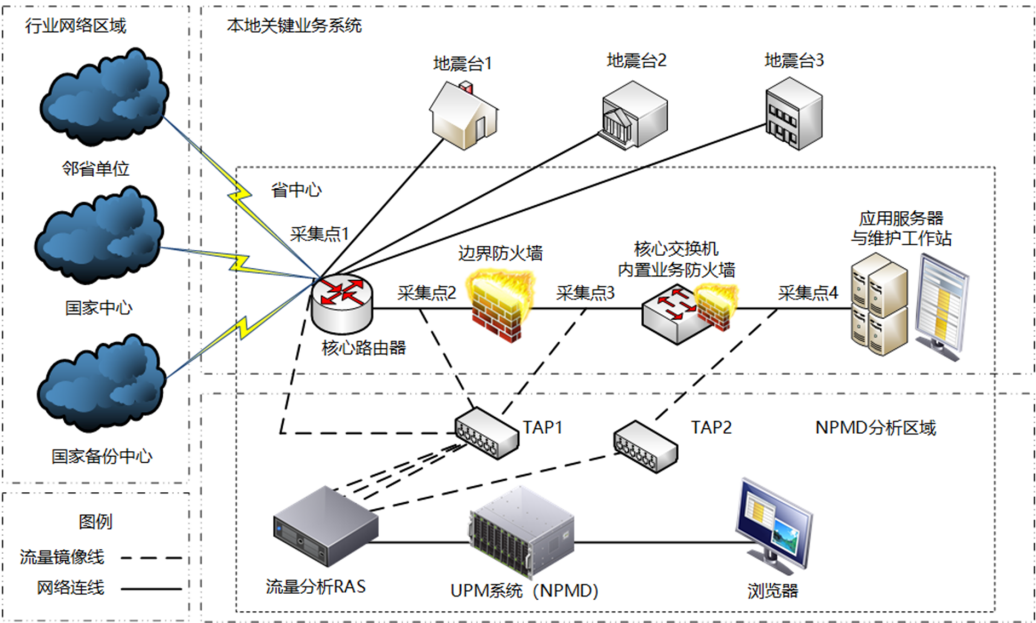


图1 测试系统拓扑图

Fig.1 Test system topology

表 3 NPMD 测试系统数据采集设计
Table 3 Design of data collection for NPMD test system

分类	采集位置	采集数据设计
采集点 1	核心路由器外网接口	采集全业务外部数据传输,监测网络传输延时、网络抖动、数据协议、站点应用性能等多类实时指标
采集点 2	边界防火墙外网接口	采集出入防火墙的全量数据包,监测业务响应性能、传输协议异常、访问关系变化等实时指标
采集点 3	边界防火墙内网—核心业务交换机接口	采集核心业务数据传输过程中的各类数据包,监测实现业务响应性能(南北向)等实时指标
采集点 4	核心应用与服务器区	采集核心业务系统性应用性能指标(东西向),包括访问延时、数据阻塞、性能抖动等

由于 NPMD 技术更多是进行业务系统的运行质量监测管理,所以在系统正式使用前,要在测试的 UPM 系统中,建立准确的业务系统信息,包括支撑业务系统的网络环境、网络拓扑、业务服务器、业务工作站等内容。

在测试系统部署上线后,作者在系统中,使用 UPM 系统业务访问关系自动发现与梳理功能,快速配置出测试环境中的所能监测的业务系统信息,包括如下内容。

- (1)200 个基本站、基准站的通信网络;
- (2)河南省中心至国家地震台网中心通信网络;
- (3)河南省中心至国家备份中心通信网络;
- (4)16 个地震预警业务核心服务器;
- (5)1 个地震预警业务运维工作站;
- (6)3 个地震预警台站节点业务系统

并基于以上监测信息,设计了台站节点在线情况多维度监测、通信链路高精度监测、业务系统运行质量监测、业务核心性能指标监测、综合业务性能监测等场景。

3.3 系统测试效果

在系统上线配置完成后,经过 3 个月的运行验证,各项测试结果达到表 2 预期目标。实现对地震预警系统业务运行质量与运行状态的智能感知、关键性能指标分析、运行异常状态研判与报警以及场景化可视化展现等,且测试工作未对地震预警系统产生任何影响。详细情况如下。

3.3.1 业务系统运行质量精细化监测分析

以业务逻辑关系图的方式,监测组成业务系统的每个应用环节的运行状态。下图是根据建立

的业务逻辑关系,对系统运行状态与服务质量进行实时精细化监测分析,其中包括业务内相关应用之间的数据传输量、传输延时等关键信息,对异常访问、超限响应等情况进行告警关联。在测试中,将关键状态告警时限设置为分钟级阈值模式,实现了分钟级的异常报警与故障定位,促进了业务系统隐患发现与故障排除,同时,各类监测信息可通过数据关联下钻进行详细信息跟踪,如图 2 所示。

图 3 是一种展开的关键业务环节详细监测与问题分析界面,其呈现的是业务系统中核心应用与关键数据传输中的数据丢包和传输延时两项关键指标,其他详细指标还包括 TCP 重传率、TCP 分段丢失率、传输比特率和传输的总数据包量等。图中红色箭头表示该方向的指标异常(丢包多),箭头旁边的数字为异常数据包的数量。通过对此类核心应用的性能指标监测与分析,可以快速准确发现造成应用系统性能下降的关键原因,提升对业务异常与故障的响应处置效率。

图 4 是对业务中关键设备与应用的详细监测示例,通过对网络性能、应用性能、主机性能三类关键指标分析,实现对业务运行内在环节的状态跟踪,图中显示的波形数据存储与管理系统,在 11:48:00 至 11:49:00 之间,网络性能较为稳定,TCP 会话建立稳定,数据传输无丢包等。此类精细化的监测数据,对于业务系统异常状态分析、故障判断有重要作用,传统的网络监测系统无法实现。

3.3.2 终端设备运行质量与台站节点在线状态多维度监测分析

利用台站与省中心的实时预警数据交换,对

于台站节点的关键设备在线情况及网络传输延时进行可视化的统一监测与报警,实现秒级发现台站节点离线情况。图5是采用排列方式对许昌、驻马店区域台站节点中关键数据传输终端的延时监控。从图中可以看到网络及数据传输延时基本为水平的直线模式,从其可以基本确定网络运行质量与数据传输质量较好,图示右下角区域驻马店—遂平—花庄节点的传输有锯齿状情况,但从其延时值分析,基本在8 ms以内,可以确认网络通信质量较好,但可以通过检查该节点的网络延时状态进行数据传输延时分析,如网络延时为稳定状态,则需检查设备数据传输情况,如网络延时也为锯齿状态,则直接与链路运营商沟通,降低通信链路的抖动。

通过数据包的跟踪与分析,可以实时监测到全网节点在线情况,并利用业务拓扑,直接分析判断

相关故障,如省中心未收到某台站数据时,在系统监测信息中,可直接提供是网络信道故障、网络路由设备故障还是专业仪器故障。图6中呈现的是台站节点在线情况,其中每个台站监测网络路由器和仪器终端两类设备,图中所示的南湾基准站(信阳—狮河区域)终端在线率为0,表示为网络故障;矩桥基本站(鹤壁—淇滨区域),终端在线率为50%,但网络传输比特率为不足10 kbps,则可确定为仪器故障。

3.3.3 通信链路服务质量多维度监测分析

利用预警业务系统中台站节点与省中心实时交换的数据,实现对通信链路及其承载的重要业务的高精度监测,包括线路延时、带宽占用、数据重传、数据丢包率、网络抖动等信息,对于通信链路质量管理实现有效支撑。

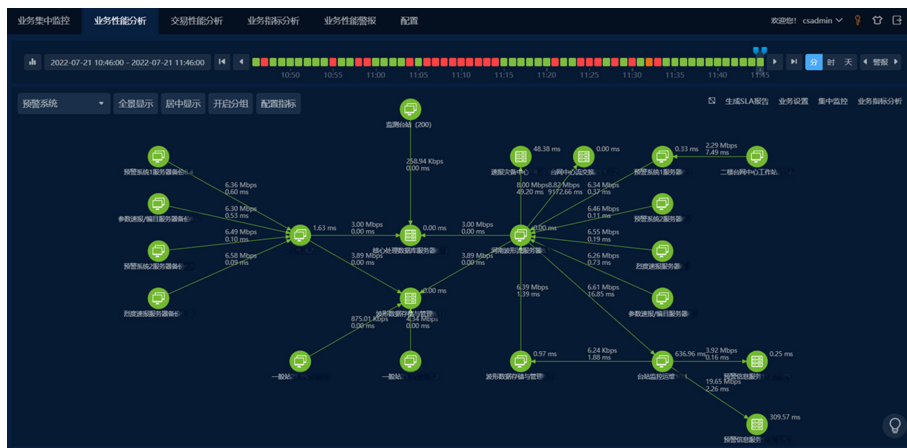


图2 业务系统运行质量监测分析

Fig.2 Monitoring and analysis of operation quality of business system

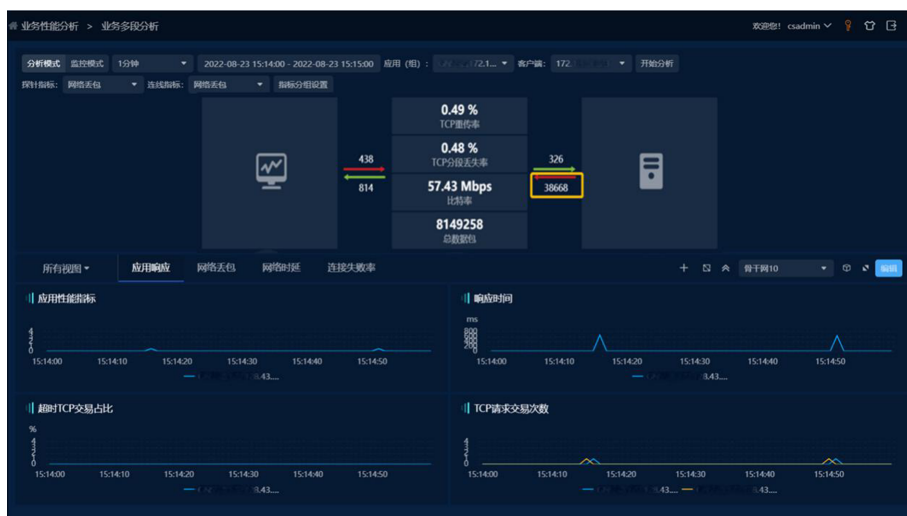


图3 业务核心性能指标监测

Fig.3 Monitoring of core business performance indicators



图4 业务系统精细化监测指标应用

Fig.4 Application of refined monitoring indicators of business system



图5 关键设备数据传输延时监测

Fig.5 Delay monitoring of key equipment data transmission

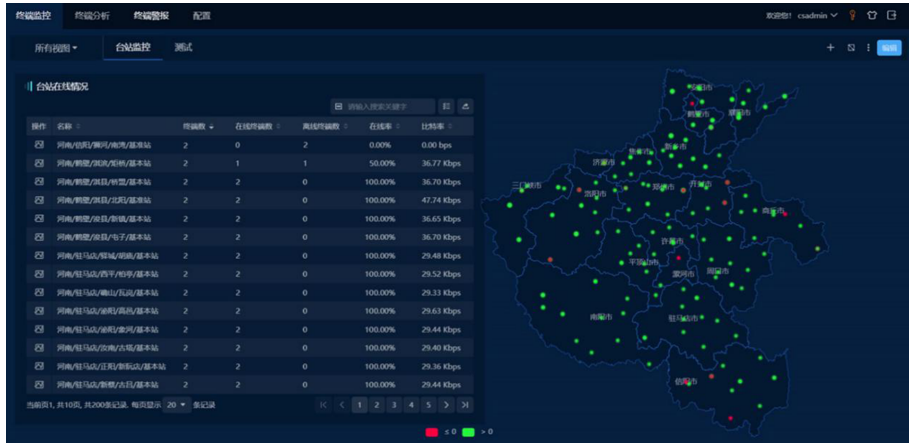


图6 台站节点在线状态监测与故障分析

Fig.6 Online status monitoring and fault analysis of station nodes

图7是通过数据分析，建立的预警台站数据流监控界面，其中包括了网络链路+业务数据流量两类监测信息。

图8是对省级预警中心与国家中心、国家备份

中心进行的核心链路监控，除链路的连通性外，还包括了链路比特率、TCP分段丢失率等重要的链路服务质量信息，以及在链路上承载的关键业务的网络延时和网络重传率等关键信息。

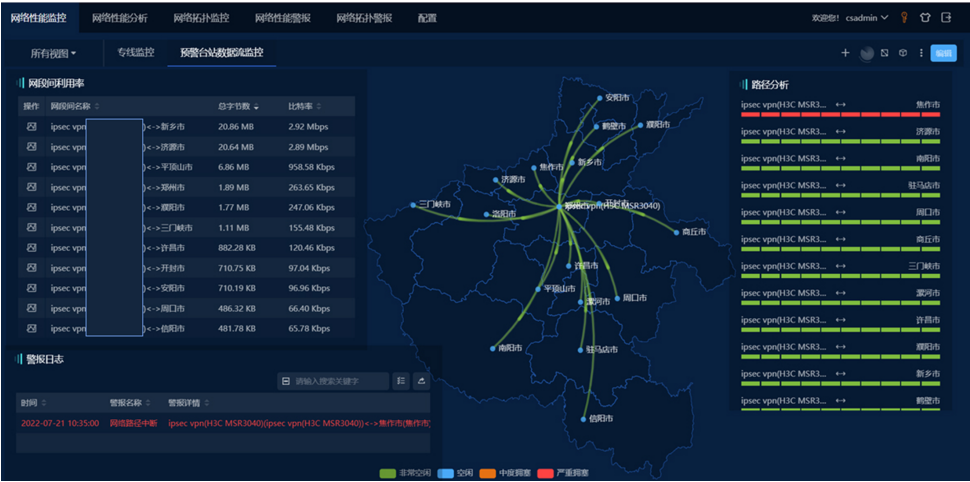


图7 台站节点与业务数据流监测分析

Fig.7 Monitoring and analysis of station nodes and business data flow



图8 重要链路及承载业务的运行质量监测分析

Fig.8 Monitoring and analysis of operation quality of important links and bearer services

3.3.4 业务系统运行质量状态综合呈现

在测试中，将各类完成的监测指标，通过自定义方式建成不同的可视化界面，为不同管理运维需求提供了定制化服务。图9是将关键业务数据流（台网中心数据流、灾备中心数据流）、关键业务运行质量、核心服务器状态、网络时延、应用响应时延、故障告警进行的综合呈现，有效支撑了地震预警系统的日常运行管理。

3.3.5 实现业务“无感”监测管理

根据测试环境的设计，测试系统利用TAP设备对地震预警系统的数据实时复制，所开展的各类监测与分析工作都是基于复制的数据进行，未对原有业务系统产生任何影响。

4 地震预警系统风险分析定位实例

在作者对地震预警系统进行运行质量监测期

间，遇到地震预警业务网络安全设备调整，在此过程中，通过运行质量监测工具，快速发现、分析、定位了相关故障。

4.1 系统异常发现

在图1所示的网络环境中，为了增加预警业务系统边界的整体防护能力，将边界防火墙采用性能更高、功能更强的设备进行了替换，替换完成后，运行质量监测工具提示出现异常，并将异常位置确定为新替换的边界防火墙区域。

运行质量监测工具提示的详细告警信息，包括业务系统中出现的网络连接失败率增加、网络会话数快速增长、TCP报文量不正常变化等，如图10所示。



图9 业务系统运行质量可视化跟踪与管理

Fig.9 Visual tracking and management of operation quality of business system

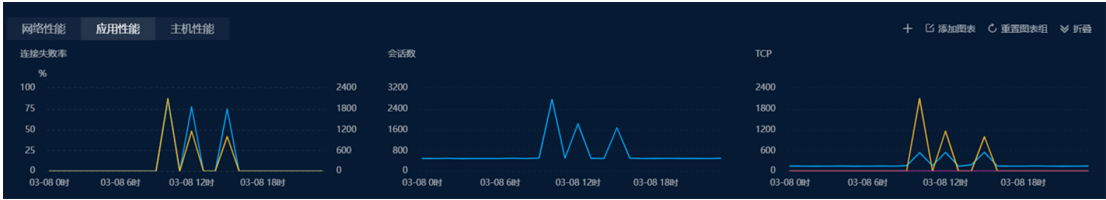


图10 系统故障监测——应用性能多维异常

Fig.10 System fault monitoring —multi-dimensional anomaly of application performance

运维人员在验证关键业务后，发现通过预警系统中的运维工作站与预警台站节点的仪器进行WEB界面访问时，出现严重超时问题，且系统响应持续不稳定。根据此情况，运维人员又在边界防火墙右侧核心业务区进行内部测试，一切正常，台站节点运维人员在边界防火墙左侧进行外部应用测试，一切正常。因此，初步判定，在新的边

界防火墙上线后，影响了部分使用HTTP协议的业务应用，运行质量监测工具报警有效。

4.2 异常初步排查分析

确定了故障位置后，对新上的边界防火墙做了以下确认工作，如表4所示。

表4 防火墙系统验证过程			
Table 4 Firewall system verification process			
序号	检查项	结果	作用
1	防火墙系统指示灯状态	全部正常	快速发现设备异常
2	防火墙各接口线路指示灯状态	全部正常	是否有半双工、限速运行
3	防火墙软件版本号	为最新稳定版	判断设备自己异常是否修正
4	现有配置策略中,是否有异常提示	无提示,全部通过	配置策略检查
5	与原防火墙策略配置比对	无差错	验证迁移系统时配置错误
6	新旧防火墙自有参数比对	无差错(仅为匹配项)	设备自有参数验证
7	防火墙性能监测	负载5%以内	是否超载
8	防护策略原理性对比	无异常	不同品牌设备防护原理对比

完成以上验证工作后,认为迁移过程中,防火墙策略配置无误,系统运行正常,且仅对部分使用HTTP协议的业务系统有影响,认为需要进行精细的分析排查。

4.3 异常详细排查分析

通过运行质量监测工具对异常期间的数据进行精细分类后,发现系统中与核心业务区域21.X.X.11的数据交换,频繁出现连接失败率较高情况。

进一步对连接较多的会话(21.x.x.11—21.x.x.1)进行时序分析,发现在业务系统存在TCP超长时间响应,下图所示为24 s内未收到回复,在此情况下,一方发送FIN包主动断开连接,随后21.X.X.1尝试恢复链接直至链接恢复。在此期间内出现网络流量大幅下降。

此外发现在会话中,数据包中存在大量的重传和乱序包,大量的乱序包会导致系统延迟降低响应时间,如图13所示。

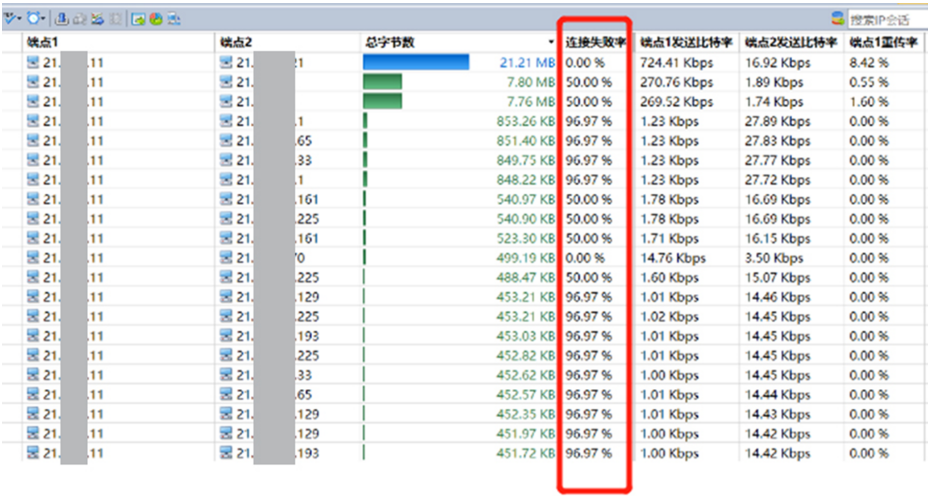


图11 系统故障监测——网络连接失败率异常

Fig.11 System fault monitoring—abnormal network connection failure rate

TCP交易	数据包数	字节数	交易处理时间	服务器响应时间	服务器传输时间	客户端空闲时间
关闭连接	8	576.00 B	00:00:00.00032904	-	-	-



图12 系统故障监测——TCP会话链接异常

Fig.12 System fault monitoring—abnormal TCP session link



图13 系统故障监测——数据包乱序与重传

Fig.13 System fault monitoring—packet disorder and retransmission

根据以上情况,认为新上线的边界防火墙在TCP流量控制中和原有防火墙存在不同,随后将系统异常排查重点放到新防火的TCP控制类参数中。

4.4 异常处置与分析

经过与防火墙厂商的详细排查,将新防火墙系统中的【TCP连接完整性】调整为关闭状态,并打开【允许非SYN包建立连接】后,各业务系统访问恢复正常,运行质量监测工具不再进行异常报警。

查阅资料,新防火墙的【TCP的连接完整性】状态打开时,设备会跟踪TCP连接的状态,TCP连接必须通过完整的三次握手,防火墙才允许其建立连接;TCP连接经过四次结束握手或者收到RST数据包,防火墙才终结其连接。

在地震预警系统中,台站节点中的部分HTTP服务,在TCP设计中,可能未完全进行TCP连接完整性设计,因此在新防火墙上线后,会造成对此类HTTP服务访问时的TCP会话异常。

此次系统异常处置中,基于NPMD技术的运行质量监测工具,实现了传统运维系统无法发现的业务异常,且早于人工发现,并自动定位故障点,基于数据包级的详细数据,支撑问题的快速分析与研判,大大缩短处置时间。

5 小结

基于NPMD技术的地震预警系统运行质量监测管理工具,对于系统运行质量、业务状态监测管

理至关重要,其基于数据包的综合业务性能监测、通信链路监测、快速故障分析与定位等技术,特别是对于业务系统运行环境的无影响特性,是成为地震预警系统等类似业务系统运维管理的必备工具。作者相信,未来在更多的关键业务系统运维管理中,基于NPMD技术的监测管理工具将发挥更多更好的作用。

参考文献

- [1] 马强.地震预警技术研究及应用[D].哈尔滨:中国地震局工程力学研究所,2009.
- [2] 李山有,金星,马强,等.地震预警系统与智能应急控制系统研究[J].世界地震工程,2004,20(04):21-26.
- [3] 周跃勇,李水龙,周施文,等.地震预警系统的架构设计[J].现代信息科技,2021,5(14):42-45.
- [4] 李拴虎,陈立峰,姚远,等.现代地震预警系统中的时间延迟效应分析[J].地震工程学报,2017,39(04):790-796.
- [5] 刘志勇,朱希收,王玉峰.基于流量分析的工控系统安全防护策略研究[J].信息安全研究,2019,5(08):668-672.
- [6] 陈冉.网络性能及业务质量监测系统的研究和应用[J].中国新通信,2018,20(21):102-103.
- [7] 王庆刚,顾峰,张雪梅,等.基于校园网流量分析的安全预警系统[J].网络安全技术与应用,2022,2022(07):73-76.
- [8] 周孝鹏.基于网络安全的流量分析技术[J].信息与电脑(理论版),2019(12):201-202.
- [9] 刘萌.基于业务视角的网络性能管理应用研究[J].网络安全技术与应用,2021(11):27-28.