

基于 Web Services 的 SLA 监测系统体系结构

张奕奎^{1,2}, 邱雪松¹, 孟洛明¹

(1. 北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室, 北京 100876; 2. 安徽省移动公司计费业务部, 合肥 230000)

摘要:为解决现有 SLA 监测系统存在的不足, 提出了基于 Web Services 的 SLA 监测系统体系结构, 描述了该体系结构中相关服务的功能和 SLA 监测流程。为规范化不同层次 SLA 参数的映射, 提出了通用的 SLA 参数映射模型。原型系统的实现验证了该体系结构能够满足下一代互联网环境下的多业务的监测需求。

关键词: 服务等级协定; Web 服务; SLA 监测; 服务质量; 关键质量指标

Service Level Agreement Monitor System Architecture Based on Web Services

ZHANG Yi-kui^{1,2}, QIU Xue-song¹, MENG Luo-ming¹

(1. State Key Lab of Networking and Switching, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876;

2. Charging Service Department, Anhui Province Mobile Communication Corporation, Hefei 230000)

【Abstract】 In order to solve current problems of existing SLA monitor system, the SLA monitor system architecture based on Web services is proposed, the functions of services and SLA monitor process are described. In order to standardize different layers SLA parameters mapping, the general model of SLA parameters mapping is proposed. Implementation of a prototype validates that the architecture can meet multiple services monitor requirements in the environment of next generation Internet.

【Key words】 service level agreement; Web services; SLA monitor; Quality of Service(QoS); key quality indicator

随着下一代互联网和业务的发展, 下一代互联网既要支持传统的尽力而为的数据业务, 还必须支持语音、视频、流媒体等新兴多媒体业务, 同时针对不同的业务需求提供相应的 QoS 保证。为了保障业务在下一代互联网中的服务质量, 需要监测网络和各种业务的性能。SLA 监测是 SLA 管理系统中的业务监测部分, SLA 监测结果是 SLA 管理系统进行业务保障、流量工程、接纳控制、业务质量评价和基于 QoS 计费的重要依据。ITU-T M.3341 为了实现 SLA 监测指定了需要的 TMN 中的接口和功能^[1]。文献[2]针对 SLA 监测中涉及的关键技术进行了研究, 定义了 SLS 一致性判断和业务满意度的量化表示方法。TMF GB917 强调了 SLA 监测的重要性, 但没有提出 SLA 监测方法和 SLA 监测体系结构。文献[3]提出了一种在基于策略的网络中监测服务质量的体系结构, 但它存在可扩展性问题。同时, 现有的其他监测系统多以传统的网管系统为基础, 存在诸多问题: 在监测粒度方面, 仅仅局限于局部微观的监测, 无法反映网络的宏观性能; 在监测层次方面, 传统监测系统主要关注网元层和网络层, 对业务层的关注不够; SLA 监测系统的可扩展性也存在不足等。

1 SLA 监测系统存在的不足

目前 SLA 监测系统主要存在如下 3 方面的不足:

(1) 目前的 SLA 监测系统主要关注监测网元层和网络层的性能参数, 对监测业务层的性能参数支持不够^[4]。随着下一代互联网各种类型的业务的不断涌现, 各种度量新业务类型的业务层的性能参数也不断增加, 目前的 SLA 监测系统无法支持对这些新业务的性能参数的监测。要想实现对业务层性能参数监测的支持, 需要 SLA 监测系统支持业务层性能参数

到网络层和网元层性能参数的映射。不同层次的 SLA 参数的映射是实现可扩展的 SLA 监测系统的关键问题^[5]。目前对于不同层次的 SLA 参数的映射的研究是具体的, 只适用于特定的业务和网络场景。比如文献[6]针对 IP 网络接入业务提出了一个 QoS 参数到 IP 网络性能参数的映射模型, 基于这个模型开发的 SLA 监测系统只支持 IP 网络承载的各种业务的监测。由于下一代互联网是由异构网络硬件和软件组成的大规模松耦合网络环境, 要实现对下一代互联网环境中的各种业务的监测, 还需要在 SLA 监测系统中引入适用于各种业务的不同层次 SLA 参数的映射处理。

(2) 要实现下一代互联网环境中各种业务的性能监测, 需要 SLA 监测系统具有良好的扩展性。由于目前的 SLA 监测系统多数关注特定网络承载的业务的监测, 因此只支持适合监测需求的测量系统, 而下一代互联网是由很多不同硬件设备和软件协议构成的各不相同的网络管理域组成的。不同的网络管理域具有其特定的测量策略和测量需求。同时, 针对不同业务的性能监测, 可能要将业务性能参数映射并测量不同的网络性能参数。由于不同的测量系统的适用范围、测量精度和对被测网络的影响不同, 因此测量不同的网络性能参数可能需要不同的测量系统^[7]。随着测量技术的不断发展, 新的测量系统会相继出现来支持对新的性能参数的测量。所

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60572121, 90204002); 教育部长江学者和创新团队发展计划基金资助项目(IRT0410)

作者简介: 张奕奎(1975 -), 男, 博士研究生, 主研方向: SLA 管理; 邱雪松, 副教授; 孟洛明, 教授、博士生导师

收稿日期: 2007-01-08 **E-mail:** buptman@163.com

以, SLA监测系统需要根据业务监测的需求动态地维护各种测量系统,将现有的各种测量系统有机地结合在一起,灵活地选用最优的测量系统。

(3)由于端到端的业务可能由多个业务元素组成,即可能由多个网络提供商和内容提供商等共同提供,因此现有的SLA监测系统只能进行端到端SLA监测,不能准确定位SLA违例涉及的相关业务元素,无法确认业务性能降级的相关责任方,从而不能有效、快速地进行业务保障。现有的SLA监测系统总是被动地SLA处理违例,而不能对业务性能劣化进行预警以便主动地提前采取相应动作避免SLA违例。

2 SLA 监测映射模型

为了解决在下一代互联网环境下跨多个提供商的端到端业务监测存在的不足,需要分析SLA监测需要的不同层次SLA参数信息的关系,建立通用的不同层次SLA参数的映射模型,基于以上需求,对SLA监测需要的不同层次SLA参数信息进行建模,本文提出了通用的SLA监测映射模型,如图1所示。

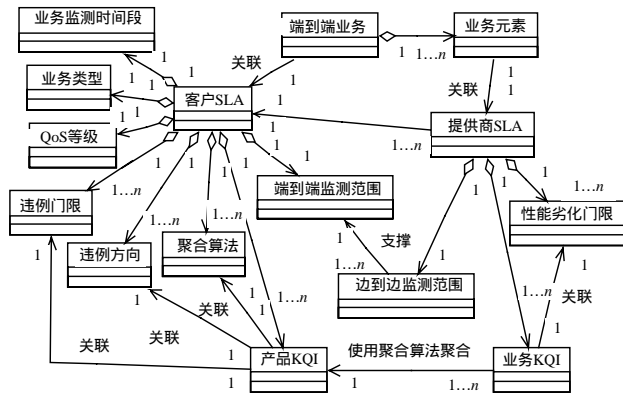


图1 SLA 监测映射模型

要实现在下一代互联网环境下跨多个提供商的业务的监测,SP需要根据端到端业务关联的客户SLA进行监测,为了满足监测需求,客户SLA需要包括业务监测时间段、业务类型、QoS等级、产品KQI、违例门限、聚合算法、违例方向(违例方向用来确定高于还是低于违例门限违例)、端到端监测范围等组成元素,其中每个产品KQI关联一个对应的违例门限、违例方向和聚合算法。由于客户SLA中的端到端监测范围是跨多个提供商的管理域,客户SLA中的产品KQI也是由多个提供商所提供的业务KQI聚合生成的,无法实现直接根据客户SLA进行业务监测,因此需要首先将产品KQI映射为业务包含的每个业务元素对应的业务KQI,然后,基于边到边的监测范围测量支撑产品KQI的每个业务KQI,最后,将测量得到的业务KQI值通过聚合算法聚合得到产品KQI值,才能实现端到端业务的监测。

为了实现端到端业务的监测,端到端业务需要分解为多个与提供商关联的业务元素,与此相应,客户SLA需要映射为多个与业务元素关联的提供商SLA,包括:端到端监测范围需要被分解为每个业务元素对应的边到边监测范围;产品KQI需要映射为每个业务元素对应的业务KQI。另外,产品KQI关联的聚合算法和违例方向根据产品KQI特性确定。为了准确定位客户SLS违例涉及的相关业务元素和及时有效地对业务元素的性能劣化进行预警以避免客户SLS违例,需要为业务元素的每个业务KQI关联对应的性能劣化门限,而性能劣化门限值的定义非常关键,因为如果性能劣化门限值定

义得过紧,会造成业务运行良好的情况下频繁地发送预警消息,引发不必要的操作;如果定义得过松,则起不到预警的作用。SP可以在正常的网络负载下部署相同的业务(相同的边到边监测范围、业务类型、QoS等级)并测量该业务一段时间内的业务KQI值。因为在正常负载下测量得到的KQI值真实地反映了该网络提供业务的能力,所以通过分析一段时间内测量得到的业务KQI值可以确定业务KQI的性能劣化门限值。该SLA监测映射模型是通用的不同层次SLA参数的映射模型,适用于在下一代互联网环境下对各种业务的业务层SLA参数的映射处理,因此,只要将该SLA映射模型实例化,就可以实现端到端业务的监测。

3 SLA 监测系统体系结构

为了解决现有SLA监测系统的可扩展性问题,本文提出了基于Web Services的SLA监测系统体系结构,如图2所示。

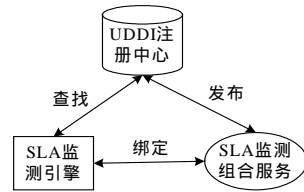


图2 SLA 监测系统体系结构

3.1 SLA 监测引擎

SLA监测引擎是基于BPEL4WS的工作流引擎,主要功能是提供对SLA监测流程运行的支持、管理和控制。BPEL4WS是IBM、微软和BEA公司提出的一个基于工作流的Web Services组合描述语言,BPEL4WS以工作流方式对业务流程建模,能够实现业务流程处理的自动化。当前存在多个工具支持BPEL4WS流程的开发和执行,例如IBM公司的BPWS4J。SLA监测引擎主要包括工作流编辑工具和运行时引擎:工作流编辑工具实现对SLA监测流程的定义,生成描述SLA流程的BPEL4WS文档;运行时引擎根据描述SLA流程的BPEL4WS文档提供对SLA监测流程运行的支持。

3.2 SLA 监测组合服务

由于SLA监测是一个复杂的流程,单一的原子服务无法单独实现,需要根据描述SLA监测流程的BPEL4WS文档将每个满足实现特定任务需求的原子服务进行组合生成SLA监测组合服务,由SLA监测组合服务实现端到端SLA监测,如图3所示。

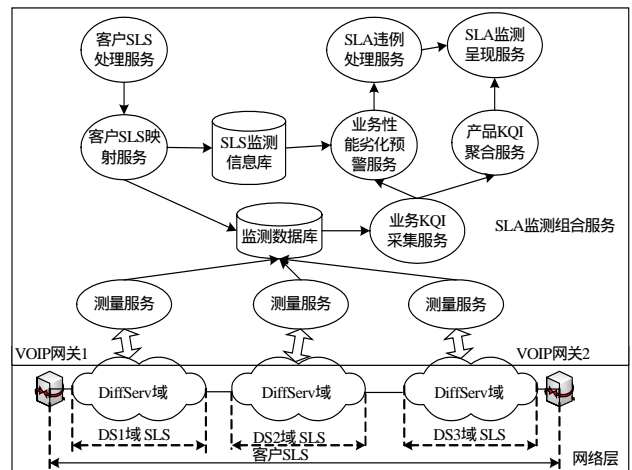


图3 SLA 监测组合服务

客户SLS处理服务主要用于将客户SLS中的产品KQI

的定性的违例门限值转变为定量的违例门限值。客户 SLS 映射服务通过分析端到端的监测范围将客户 SLS 映射为提供商 SLS，具体内容包括：将端到端的监测范围映射为边到边的监测范围；将产品 KQI 映射为业务 KQI。根据产品 KQI 的特性确定产品 KQI 关联的聚合算法，根据每个 DiffServ 域的同业务的历史性能数据确定业务 KQI 的性能劣化门限值。同时，每个提供商 SLS 生成一个监测任务，将监测任务列表写入监测数据库中。

SLS 监测信息库用来存储 SLA 监测信息模型实例化的监测信息，包括客户 SLS 中的监测信息、映射得到的提供商 SLS 中的监测信息。监测数据库用来存储测量得到的每个 SLS 监测任务的业务 KQI 数据。业务 KQI 采集服务以周期 T (T 根据业务类型可调) 访问监测数据库，获取 SLS 监测任务列表，并从监测数据库中提取相应的业务 KQI 数据。产品 KQI 聚合服务将上报的每个 SLS 监测任务的业务 KQI 数据根据相应的聚合算法进行聚合计算，得到客户 SLS 中的产品 KQI 数据。业务性能劣化预警服务将上报的每个 SLS 监测任务的业务 KQI 数据和相应的性能劣化门限值进行比较，确定是否有发生业务性能劣化的业务元素。

SLA 违例处理服务根据收到的业务性能劣化预警服务的预警消息通知发生业务性能劣化相关业务元素的管理者，使管理者按客户 SLA 的规定采取相应动作进行 SLA 违例处理。SLA 监测呈现服务分析业务性能数据，确定呈现图表的维度、精度和时间粒度，通过控制时间粒度，可以做到业务性能数据的实时或准实时呈现。测量服务根据 SLS 监测任务中的参数(边到边的监测范围、业务类型、QoS 等级、业务 KQI 等)部署测量，并采集业务运行时的业务 KQI 数据。

3.3 UDDI 注册中心

UDDI 注册中心是一个基于 UDDI 协议的存储着原子服务注册信息的数据库，用于发布、查找服务。各种原子服务通过 SOAP 消息向 UDDI 注册中心发布自己的服务描述信息，将包含自己服务描述信息的 WSDL 文档存储于 UDDI 注册中心的一个目录上供其他 Web 服务发现、绑定和调用；SLA 监测引擎根据 BPEL4WS 文档中对 SLA 监测流程的描述，通过包含查询条件的 SOAP 消息向 UDDI 注册中心提出查找服务请求，UDDI 注册中心根据接收的查询条件搜索满足需求的服务，并将查找到的包含服务绑定信息的 WSDL 文档通过 SOAP 响应返回给 SLA 监测引擎。目前很多研究组织已经提供了 UDDI 注册中心的实现，如 CapeClear 公司的 WSAP。

3.4 SLA 监测流程

首先 SP 使用 SLA 监测引擎中的工作流编辑工具定义 SLA 监测流程，生成描述 SLA 监测流程的 BPEL4WS 文档，该文档指定了一组原子服务操作的执行顺序。然后，SLA 监测引擎接口开始监听来自网络上的 SOAP 消息请求，当收到包含客户 SLA 信息的 SOAP 消息时，SLA 监测引擎生成 SLA 监测流程实例，根据 BPEL4WS 文档描述的 SLA 监测流程中原子服务的执行顺序向 UDDI 注册中心发送包含查询条件的 SOAP 请求，查找最符合条件的原子服务，UDDI 注册中心返回给 SLA 监测引擎包含 WSDL 文档的 SOAP 响应，根据 WSDL 文档 SLA 监测引擎绑定并调用相应的原子服务，该原子服务根据输入参数完成具体的任务，并将执行结果经 SOAP 消息返回给 SLA 监测引擎，SLA 监测引擎根据 SLA 监测流程依次绑定并调用其他的原子服务，直至完成整个

SLA 监测流程的执行。根据 SLA 监测流程，SLA 监测引擎首先发送包含客户 SLA 信息的 SOAP 请求给客户 SLS 处理服务，客户 SLS 处理服务将定性的客户 SLA 参数值转变成定量值，并将执行结果返回给 SLA 监测引擎；SLA 监测引擎将定量的客户 SLA 参数传给客户 SLS 映射服务，经客户 SLS 映射服务处理后，将客户 SLS 信息和映射得到的提供商 SLS 信息存入 SLA 监测信息库，同时把对应提供商 SLS 的监测任务列表写入监测数据库中，客户 SLS 映射服务返回给 SLA 监测引擎映射得到的监测任务列表；为了提高 SLA 监测的公正性和精确性，客户和 SP 都希望采用第三方提供商的测量服务，因此 SLA 监测引擎根据每个监测任务中的参数(边到边监测范围等)查询 UDDI 中心，选择满足每个监测任务具体需求的第三方提供商的测量服务并部署测量。

测量服务将采集的每个监测任务的业务 KQI 数据都存入监测数据库中，业务 KQI 采集服务访问监测数据库，获取 SLS 监测任务列表，并从监测数据库中提取相应的业务 KQI 数据，并把得到的业务 KQI 数据分别交给业务性能劣化处理服务和产品聚合服务；业务性能劣化预警服务将业务 KQI 数据和相应的性能劣化门限值进行比较，分析是否有相关的业务元素出现性能劣化，如果发生业务元素性能劣化，发送性能劣化消息给 SLA 违例处理服务，处理后交给 SLA 监测呈现服务呈现；产品 KQI 聚合服务将上报的每个 SLS 监测任务的业务 KQI 数据根据相应的聚合算法进行聚合计算，得到客户 SLS 中的产品 KQI 数据，并交给 SLA 监测呈现服务呈现，至此，实现了端到端的 SLA 监测。

4 实验与结果

为了验证该体系结构的有效性和可行性，开发了基于该体系结构的原型系统，并部署了一个由不同厂家的路由器组成的多 DiffServ 域的异构的实验环境。具体的实验网络如图 3 中的网络层所示。在实验网络中部署了 VoIP、VoD、FTP 和 Web 等多种业务。假设客户向 SP 订购了金牌的 VoIP 业务。该客户 SLA 中需要监测的产品 KQI 包括时延、抖动和丢包率。根据实验网络图，该业务由 3 个业务元素组成，其产品 KQI 需要被映射为每个业务元素的业务 KQI。根据历史的业务性能数据确定每个业务元素的业务 KQI 的性能劣化门限。将不同的测量工具封装为测量服务(如 Cisco SAA、问思通 NetMatrix Station 3000)，根据业务元素的监测需求选用不同的测量服务进行测量任务监测。

图 4 给出了原型系统监测 VoIP 业务生成的性能曲线图，它较为真实、准确地反映了该客户 SLA 在实验网络中的运行质量状况。

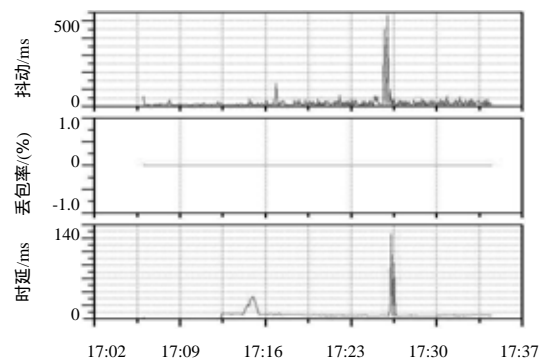


图 4 客户 SLA 的性能曲线

(下转第 133 页)