

端到端 SLA 性能测量与分析

成卫青^{1,2,3}, 龚俭^{1,2}, 葛立青^{1,2}

¹(东南大学 计算机科学与工程系,江苏 南京 210096);

²(江苏省计算机网络技术重点实验室,江苏 南京 210096);

³(南京邮电学院 计算机科学与技术系,江苏 南京 210003)

摘要: 指出对每一种应用服务应综合考虑人的感受和服务的技术实现内幕来选择 SLA 参数,并较详细地定义了反映服务内在性能的 SLA 测度,然后提出了一个旨在验证 SLA 遵从性,适用于高速网络环境、扩展性较好的端到端 SLA 性能测量模型,其中对模型的主要部件采集器、前端机和分析机的功能予以分析说明并给出所有部件的工作流程进一步说明模型实现的可行性,此外还探讨了 SLA 遵从性分析及报告形式。

关键词: SLA 参数(SLA parameter);测度;流(flow);端到端服务性能测量

中图法分类号:

随着互联网应用的日益膨胀和新应用的不断涌现,人们已认识到原始的统一尽力而为服务方式必将被按用户要求进行区别服务这种按需服务方式所替代。IETF、ITU-T 和 TMF(电信论坛)都在致力于在互联网上的服务质量(QoS)保证及验证技术的研究。按需服务将围绕服务级别协定(SLA)来展开。SLA^[1,2]是客户(customer)和服务提供者(SP)双方就服务、优先级、责任义务等正式议定的一份协约。SLA 可以包括客户和服务提供者之间关系的许多方面,比如服务性能、客户维护、帐单、供应(provisioning)等。合同双方可以是端用户和服务提供者,称为客户-SP 接口,或两个服务提供者,称为 SP-SP 接口,其中一个 SP 作为客户向另一个 SP 购买支撑服务。端用户可以是单个用户或一个用户组织(如公司网络或校园网)。服务提供者是个泛称,包括电信服务提供者(TSP), Internet 服务提供者(ISP), 应用服务提供者(ASP), 和其他提供服务的组织,比如需要在 SLA 中充当客户)或者具有(在 SLA 中充当 SP) SLA 能力或要求的内部 IT 组织。

对于互联网上 SLA 的研究虽已历时几年,但仍处于初级阶段,因为即使对于 SLA 参数究竟该包括哪些内容还没有标准化。然而在信息产业中提供个性化服务是个大趋势,SLA 将是各服务提供者增强其竞争力的必须手段,因此对于 SLA 的研究很有意义。SLA 管理包括:SLA 参数定义、端到端 QoS 管理、SLA 测量及 SLA 履行(fulfillment)报告^[3]。

作为网络普通用户,最关心的是某个具体应用给自己的端到端服务质量如何,如某个实时视频服务器的实时播放给其视听感受的好坏。很难想象用户因已向其 ISP 购买了高带宽的接入服务便对互联网的总体服务就比较满意,因此未来应用服务提供者极有可能通过与端用户签订 SLA 来向端用户销售不同等级(如金、银、铜级)的应用服务。然而如何将这种 SLA(端用户-ASP 型 SLA,记为 EASLA)中的服务要求转化为各种 QoS 保证技术所认可的参数是个难点。此外,SLA 履行情况既是服务收费的依据,也可作为更经济有效地提供服务质量保证的参考,因此设计一个可行的 SLA 履行情况监测方案也很重要。

鉴于目前关于直接测量用户所察觉的端到端服务研究甚少也没有标准,我们综合考虑准确性、经济性和扩展性提出一种经济的能够用于高流量环境的端到端 SLA 性能测量模型。本文第 1 节介绍 SLA 参数选择。第 2 节定义反映服务内在性能的 SLA 测度。第 3 节描述端到端 SLA 性能测量模型,阐述各部件的功能和工作流程以及 SLA 分析和报告。最后是总结。

1 SLA 参数选择

SLA 应包含服务提供者能向客户保证的一些客观又可测的参数。应测算出 SLA 参数的值并适时报告,以便向客户证明服务提供者正兑现他们的承诺,测量者可以是服务提供者或第三方。

根据文献[2], SLA 一般包括下列有关方面的陈述:

- (1) 系统/服务可用性
- (2) 识别客户举报故障原因的时限
- (3) 修复客户举报故障的时限
- (4) 有关供应的时间
- (5) 其它 QoS 指标

ITU-T 建议 E.800 定义 QoS 为决定服务用户满意程度的诸多服务性能的共同作用, 交付给用户的总 QoS 主要由两部分组成^[2]:

(1) 服务内在性能判别准则(Service-intrinsic Performance Criteria), 与服务提供者的服务平台的性能有关, 这些准则是服务内在的, 能直接反映 QoS。它们通常是服务运行中的主要准则, 包括**特定服务和特定技术**(service-specific and technology-specific)的性能参数, 如响应时间、时延、吞吐量、丢包率等。

(2) 运行判别准则(Operational Criteria), 包括那些与服务和技术无关而与服务提供者组织的效率有关的性能参数, 如服务可用性、平均恢复服务时间、平均修理时间、平均供应时间、平均故障间距等, 它们影响客户体验到的 QoS。其中可用性是最重要的参数, 文献[2]有专门讨论。本文不特别讨论运行参数, 后面的 SLA 参数仅指服务内在性能参数。

文献[2]列举了一些网络服务的 SLA 参数, 例如 ATM 信元中继 PVC 服务可包括信元传送时延、信元时延抖动、信元丢失率和误信元率等参数, 而专用租用线路服务可包括误比特率、不可用秒数、出错的秒数和严重出错的秒数等参数。类似, 用于 EASLA 的 SLA 参数可以根据应用服务的特点来选择。为降低 SLA 测算与分析成本应精心选择 SLA 参数, 我们从服务本身的技术实现手段和作为 SLA 客户的人的感觉这两个方面来考虑设定 SLA 参数。限于篇幅只给出 VoIP、流式传输、Web 服务、Telnet 服务的 SLA 参数选择结果, 参见表 1, 其中 VoIP 通信双方都可以充当通信发起方, 归为对等式服务, 其余服务属于 C/S 型服务。关于 VoIP 服务, SLA 合同的客户是通过 VoIP 进行语音通信的两个端用户, 而沿途所有网络服务提供者的合集可抽象为 ASP。C/S 型服务中的一个或一组应用服务器是直接的 ASP, 当然 QoS 保证还有赖于沿途的网络服务提供者。SLA 性能测量的测量点(也称观测点)设置及各参数的计算与服务类型有关。对等式服务的测量点设在两个端用户网络的出口处。C/S 型服务的测量点分别设在应用服务器所在网络的出口处和端用户网络出口处。

Table 1 SLA parameters of specific application services???

表 1 各服务的 SLA 参数

| SLA 参数 | 流式传输 | Web 服务 | Telnet 服务 | VoIP |
|--------|------|--------|-----------|------|
| 响应时间 | | √ | | |
| 吞吐量 | √ | √ | | |
| 利用率 | √ | √ | √ | √ |
| 单向延迟 | | | √ | √ |
| 单向延迟抖动 | √ | | | √ |
| 丢包率 | √ | √ | √ | √ |

以上单向延迟、单向延迟抖动和丢包率属于 **IP 网络技术特有的** QoS 参数, 从层次上看属于网络层参数; 其余属于**特定服务**或特定应用的技术参数, 层次上属于应用层。

2 测度定义

IETF 的 IPPM 工作组的 RFC2330^[4]规定: 一旦仔细确定了与互联网的性能和可靠性相关的参量(quantity)的测量与计算方法, 参量就可称为测度。测度要求定义明确、具体、有意义, 要能反映用户所感受和提供者所提供的性能, 不会诱导出人为的性能目标。一个测度的测量方法要具有可重复性, 即在相同条件下使用多次能产生一致的测量结果, 其中条件包括时间, 测度值常随时间变化而变化。测量方法还应尽量减小误差并最好能够量化测量误差。对于一组性能测度可以有多种不同的测量方法, 如:

- (1) 使用注入的测试业务流(test traffic)直接测量性能测度, 属于主动测量;

- (2) 侦听网络上自然的业务流(traffic)直接测量性能测度, 属于被动测量;
- (3) 从多个低级测量中影射某测度^[2];
- (4) 从一组较聚集的测量中估计成分测度^[2]。

对于运行参数可用性不能单纯依靠被动测量, 因为无用户数据将被误认为服务不可用。而表 1 中的参数可采用上述(2)和(4)测量方法。下面讨论这些 SLA 参数的测量计算方法。

2.1 响应时间

响应时间本义一般指 TCP 连接三次握手的前两次握手的时间差。可以有多种测量方法, 测量点可设在 C/S 型服务的 C 和 S 任一方; 为共享吞吐量和利用率测度所需的采集数据, 我们选择 C 方的观测点; 一次连接的响应时间可定义为测量点听到入方向的第二次握手包(序号=y,SYN,ACK)的时间与听到 S 对 C 的第三次握手包的确认包(序号=y+1,ACK)的时间之差^[5]。但作为 SLA 参数, 响应时间可定义为一段时间内同属某个应用服务的各连接响应时间的平均值, 也可定义为应用服务器处理绝大多数(95%或更高)用户连接请求所允许的最大响应时间。为反映一般情况, 我们不能以某次连接的响应时间作为 SLA 参数值, 否则将以偏概全。

响应时间测度包括: 在测量时间间隔(Measurement Interval, 如 10 分钟)内同属某个应用服务的所有单个连接响应时间的平均值、95%最大响应时间、最小响应时间和中值响应时间等。只需利用单个观测点收集的数据进行计算的测度称为单点测度。响应时间、吞吐量和利用率都是单点测度。

2.2 吞吐量

SLA 参数吞吐量可定义为交付给用户的数据速率^[3]。吞吐量测度可定义为在测量时间间隔内同属某个应用服务的所有入方向的流(in-flow)的平均数据率, 其测量点选在 C 方。

对于 web 服务, 因其下载为主, 所以只考虑下行吞吐量; 其二一个页面往往涉及多个站点, 即常常并非只由一个 IP 主机而是由多个 IP 主机提供 web 服务, 而且有研究表明: 聚集流量速度对用户感觉的影响大于页面所涉及的某个站点的流入速度的影响; 其三 web 服务是一种交互服务, 吞吐量测量要防止把用户相隔较长时间两次点击网页引发的业务流当作一次的而低估吞吐量。此外 EASLA 端用户一般是一个内部网。因而我们将 web 服务的入流关键字^[6]定义为{source IP addresses, destination IP address, protocol, source Ports, timeout^[7]}。对于在测量时间间隔内流经端用户侧观测点的 IP 包 X:

- (1) 如果其源 IP 地址是提供特定 web 服务的 IP 地址集中的任一个, 且
- (2) 目的 IP 地址是端用户网络中的某一个, 记为 d, 且
- (3) protocol 等于 6, 源端口是该 web 服务端口集(一般只有一个值 80)中的任一个, 那么
- (4) 若本测量时间间隔内已有满足前 3 条的 IP 包 Y, 注意 Y 包的目的 IP 地址为 d; 而且 Y 经过此观测点的时间(记为 T_Y)与 X 经过此观测点的时间(记为 T_X)相差不超过 timeout, 则 X 包归属为 Y 包所在的流。否则, 如果 T_Y 和 T_X 相差超过 timeout, 或者还不存在 Y 包, 则 X 包开创一个新的流。其中 timeout 的取值应能大体反映用户访问 web 时的操作习惯。

根据 web 服务的入流定义显然: 不同的具体用户必然产生不同的流, 同一用户能够产生一个流也能产生不同的流。为反映特定 web 服务对特定端用户的服务质量, 吞吐量记为各个流的数据率的平均值。忽略只含一个 IP 包的流, 一个流的数据率可以定义为流内所有 IP 包的总字节数(或除去 IP 和运输层的首部开销后的总字节数)除以流持续时间。

流式传输指媒体服务器将视听节目通过互联网实时连续地传送到用户计算机, 用户不必等到整个 A/V 文件全部下载完毕, 只需数十秒的启动延迟即可观看^[8]。流式传输实现方式有顺序流式传输和非交互的实时流式传输。顺序流式传输使用 HTTP 服务器, 利用基于 HTTP/TCP 的顺序流发送 A/V 文件, 不支持现场广播。实时流与 HTTP 流式传输不同, 需要专用的流媒体服务器和播放器及传输协议。实时流式传输特别适合现场事件, 也支持随机访问, 用户可快进或后退观看前面或后面的内容; 常采用 RTSP/TCP(或 UDP)来传输控制信息、控制播放进程, 而用 RTP/UDP(有时仍用 RTSP/TCP)来传输 A/V 数据。顺序流式传输完全可参照上

述 web 服务中流的定义及吞吐量计算方法。实时流式传输中，对于接收者而言一个 RTP 会话由一个 IP 地址（组播地址或单播地址）加上一对连续端口号（偶数号用于 RTP，下一个用于 RTCP）定义^[9]。这时流的定义仍可仿照 web 服务的，但要注意：(1)若接收方地址为组播地址，需将所有具体接收用户当作一个用户来计算吞吐量；(2)RTP 发送方的一对端口号不是熟知端口号，如果不可估计则可不考虑流关键字“源端口”，因为事实上专用的流媒体服务器一般不会兼职其它服务。

2.3 利用率 (Utilization)

SLA 参数利用率定义为同时访问服务的用户数^[3]。应用服务提供者需要和端用户商定在怎样的利用率下保证一定的服务质量，超过此利用率可约定提供质量降级服务或拒绝提供额外服务。近似地，C/S 型服务的利用率测度可定义为在测量时间间隔内同属某个应用服务的所有入流中相异的目的地址个数，入流定义见 2.2 节。

对等型服务 VoIP 在实现方式上可分为电话机到电话机、电话机到 PC、PC 到电话机和 PC 到 PC 等 4 种方式。VoIP 应用程序供应商有很多，各自可以使用不同的语音压缩技术。为使被动测量 VoIP 性能成为可能，我们仅考虑遵照 H.323 的 PC 到 PC 的 VoIP。H.323 协议不使用保留端口号（1024 以下），但是使用“熟知端口”的思想，当一个 H.323 应用程序启动时会请求特定的两个 TCP 端口号 1503 和 1720 处于听状态，分别用于呼叫建立和呼叫控制^[10]。作为发起方的 H.323 应用程序要主动与另一 H.323 主机的 TCP 端口 1503 和 1720 分别建立两条连接，协商数据传送用的 UDP 端口号。H.323 指定数据传送使用实时传输协议 RTP，而 RTP 双方都使用两个连续的 UDP 端口号，偶数号用作数据传送端口，下一号用作控制端口。基于上述两点，VoIP 入流关键字可定义为{源 IP 地址，宿 IP 地址，RTP 偶端口号，*timeout*}，对等型服务的利用率测度可定义为在测量时间间隔内同属某个应用服务的所有入流中相异的源/宿 IP 地址对个数，可任选一方计算利用率。

2.4 IP 分组单向延迟

需要利用两个观测点协同采得的数据进行计算的测度称为两点测度，将要讨论的三个网络层测度都是如此。对于 C/S 型服务，双向流量中一般下行流量占绝大部分（Telnet 服务总体上是，个例不一定），因此可以只测 S→C 方向的网络层测度值；而对等服务双向流量相当，又鉴于 IP 路由不对称特性，两个方向的网络层测度都测量为宜。三个网络层测度对在测量时间间隔内同属某个应用服务的流不加区分，只针对一个个 IP 包。

设有测量点 A 和 B，则 A→B 方向的 IP 分组单向延迟测度可定义为在测量时间间隔内同属某个应用服务的所有 IP 包从测量点 A 至测量点 B 的平均延迟，也可定义为所有 IP 包从 A 至 B 的延迟值 95% 或更高的最大值。计算时对丢失的包及在测量时间间隔里 A 听到而 B 没听到的包忽略不计。此外可通过抽样计算降低测量系统代价，参见 3.3 小节。判断离开 A 点的某 IP 包 IPP_A 与进入 B 点的某 IP 包 IPP_B 是否是同一个包分为 2 步：(1)如果两个 IP 包的{源 IP 地址，目的 IP 地址，标识}不同，则判为两个包，否则(2)如果 IPP_A 在 A 点的时戳与 IPP_B 在 B 点的时戳相差小于估计的最大端到端时延 TD_{max}，则 IPP_A 和 IPP_B 判为同一个包，否则判为两个包。需要第 2 步是因为 IP 标识循环使用数值 0~2¹⁶-1。

2.5 IP 分组单向延迟抖动

定义为单向延迟上的偏差。基于上述各 IP 包的单向延迟测量值，单向延迟抖动测度定义为在测量时间间隔内的各 | 单向延迟 - 平均单向延迟 | 平均值，或 95% 或更高的最大值。

2.6 丢包率

对于 A→B 方向，丢包率测度定义为在测量时间间隔 T 内，在 A 点出现在 B 点也应出现但未出现的 IP 包，占在 A 点和 B 点皆应出现的 IP 包的百分比。在时间 T 内的 0~T-TD_{max} 时间段源自 A 侧内部网经过 A 点至 B 侧内部网的 IP 包应该在时间 T 内被 B 点截获，没被截获的 IP 包认为是丢失了。

3 端到端 SLA 性能测量模型

前面已提到 EASLA 型端到端 SLA 性能测量要设置两个测量点，一个在应用服务器所在网络的出口或

其中之一端用户网络出口处，通称为测量点 A；一个在端用户网络出口处，记为测量点 B。高速网络 SLA 性能测量与分析模型见图 1。综合考虑网络流量的短期稳定性、测量的实时性和可行性，测量时间间隔可设为 10 分钟^{???}，用于采集收集原始数据，测量间距(space)设为 10 分钟，用于原始数据整理、测度计算和汇总分析。第 2 节定义的是最小粒度测度，小时和天粒度的测度值可分别定义为每小时和每天内最小粒度测度值的平均值。为保证两点测度的准确性，确保两测量点的时钟同步是关键，可以通过接收 GPS 定时信息实现同步^[10]。

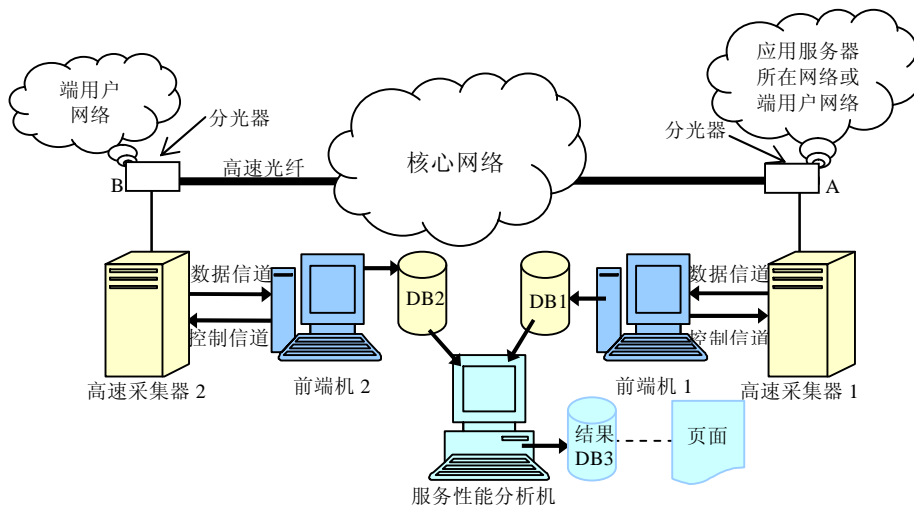


图 1 高速网络 SLA 性能测量与分析实现模型

3.1 高速采集器^[11]

当内部网使用光纤接入互联网时，采集器应配有千兆光纤网卡，通过分光器探听光纤上入出的网络活动（network activity），如图 1 所示；否则，应根据中继链路的特点采用其它分接技术实现被动探听^[10]。除用于监听的网卡，采集器还要安装另一高速网卡如至少百兆级以太网卡，用于发送听到的并且是 SLA 性能测量所需要的业务流数据。出于速度、安全性、实用性考虑，该接口通过专线与前端机相连组成与互联网隔开的专用通道，即该网卡和前端机上用于接收采集数据的网卡上要分别使用仅具有局部意义且同属于一个 IP 子网的保留 IP 地址。

专用通道分为数据信道和控制信道，采集规则集通过控制信道从前端机传入采集器。将光网卡设成混杂模式，再根据采集规则集，采集器将所有符合采集要求（根据应用服务涉及的源或目的 IP 地址，可选源或目的端口号）的出入 IP 包的部分信息通过数据信道即时地传给前端机。为适应高速网络下的高速流量，采集规则数据结构和模式匹配算法要精心设计以获得较好的时间与空间复杂度；另外为提高速度，可基于 Linux 编程通过修改内核将采集融于内核中。

采集器对网络活动数据的处理动作依次为：对听到的任一数据链路层(L2)包记下当时时间（加时戳）、截取 L2 包使之足以包含 IP 头和运输层头即可、仅考虑 IPv4 报文、根据采集规则集过滤、将中选的 IP 包的 IP 头和运输层头（合称为原始数据）存放在内存、最后利用 UDP 协议将原始数据组包发送至前端机。

3.2 前端机

前端机也配置两块网卡。一块与采集器构成专用通道。其中数据信道用于接收采集器传来的原始数据，原始数据暂存于本机；而控制信道用于将采集规则集准确无误地传至采集器。采集规则集由具体的 SLA、各测度定义和相关测量点信息决定。另一块与互联网互通。在整理计算期间，前端机将原始数据整理以便于测度计算，结果数据仍称为原始数据，通过内部网通道存储在本地数据库中，见图 1 中的 DB1 和 DB2。

对于 C/S 型服务，在服务器侧的采集器只需捕捉源自服务器发向各个 SLA 客户的 IP 包。为区分与同一组服务器分别签订 SLA 的不同端用户，前端机要根据各份 SLA 将出 IP 包按照“SLA 客户号、测量时间段编号、时戳、源 IP 地址、目的 IP 地址、IP 标识”格式整理存放。在客户侧采集器只需捕捉从各份 SLA 中指定的服务器发向本端用户的 IP 包。一个端用户允许与多方服务提供者签订 SLA，前端机根据 SLA 及入流定义将入 IP 包按照“SLA 客户号、测量时间段编号、流编号、时戳、源 IP 地址、目的 IP 地址、IP 标识”格式整理存放。

对于对等型服务 VoIP，通信双方都可以当通信发起方，一旦通信双向流量总体相当。在任一测量点对 VoIP 业务流处理如下：采集器捕捉所有 VoIP 业务出入 IP 包，通过数据通道存于前端机；在整理计算期间，前端机根据 SLA 将出 IP 包按照“SLA 客户号、测量时间段编号、时戳、源 IP 地址、目的 IP 地址、IP 标识”格式整理存放，根据 SLA 及入流定义将入 IP 包按照“SLA 客户号、测量时间段编号、流编号、时戳、源 IP 地址、目的 IP 地址、IP 标识”格式整理存放。

前端机主要功能有：收集原始数据；整理原始数据并将规整好的原始数据就近存放在本地数据库中；根据 SLA 及测度定义计算最小粒度的单点测度值；每小时每天计算小时及天粒度的测度值，结果也就近存放在本地数据库中。

3.3 服务性能分析机

服务性能分析机每个应用服务提供者设一个：对于 C/S 型服务可放在服务器所在网络中，对于对等型服务可放在某端用户处。分析机必需的知识包括应用服务提供者同不同客户签订的各份 SLA 及有关测量点信息（包含存放原始数据的数据库地址）。分析机主要的功能是两点测度计算和 SLA 遵从性分析。

两点测度计算要依据两测量点测得的相关原始数据，为节约成本将通过互联网传输这些数据。为尽量减少引入的额外网络负载又保证一定的测度估算准确性，更基于两点测度不用区分上述流的前提，可对测量时间间隔内收集的原始数据先进行抽样再无损压缩以缩小数据量，然后通过互联网从本地数据库（如图 1 中的 DB1 和 DB2）传至分析机。抽样方法可分为系统抽样和随机抽样两类，具体的算法可参见文献[12、13]。对于 SYBASE 数据库，抽样可通过存储过程来实现。

关于 SLA 遵从性分析，最基本也较实用的方法描述如下。先对各具体服务设若干档次的服务质量承诺，比如金银铜 3 档，每个档次包含一组 SLA 测度阈值，与具体用户签订时选择其中之一。本测量与分析系统的任务就是验证某具体服务的实际服务质量与其承诺的是否相符，判别方法是根据 SLA 按月评估：如果某月每天的各个天粒度测度值都在相应测度阈值之上（正向指标，如吞吐量）或之下（负向指标，如单向延迟）即为相符，否则说明实际服务质量没有遵从 SLA。为区分违约程度，按下式量化某月 SLA 遵从程度：

$$\sum_{i=1}^m w_i \frac{\sum_{j \in I_i(TH_i)} 1}{n} \quad (1)$$

其中集合

$$I_i(TH_i) = \{j, p_{ij} \geq TH_i, j = 1, 2, 3, \dots, n\}, \quad (2)$$

式(1)中， m 表示 SLA 参数个数，权向量 w 反映各 SLA 参数的重要性，应包含在 SLA 合同中^[2]，且 $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ 。

式(2)中， TH_i 表示第 i 个 SLA 测度的阈值， p_{ij} 表示第 i 个 SLA 参数在该月第 j 天的天粒度测度值， n 为该月总天数， \mathbf{p} 表示满足阈值要求。SLA 遵从程度可作为收费依据。

3.4 各功能部件工作时序

对于一份 SLA 合同的性能测量，各测量分析功能部件工作时序见图 2。采集器在测量时间间隔与前端机协作采集感兴趣的网络活动原始数据；然后采集器停采一段时间，在此期间前端机将原始数据整理存放在本

地数据库（一般由本子网内另一主机担负，图 2 中是 DB1 和 DB2）并计算单点测度，包括最小粒度的、小时粒度和天粒度的测度值。测量时间间隔和紧邻的测量间距组成一个测算周期。在测算周期内，分析机与采集器和前端机并行工作，先从相关的两测量点的本地数据库收集计算前一测算周期的两点测度所需的原始数据（在数据库中先抽样再压缩），再计算两点测度，包括最小粒度的、小时粒度和天粒度的测度值；此外还要从其中一个测量点收集单点测度结果，与两点测度结果一起存入 DB3 上的结果库中；最后分析机还要进行 SLA 分析，分析断言即遵从程度也存放在结果库中。

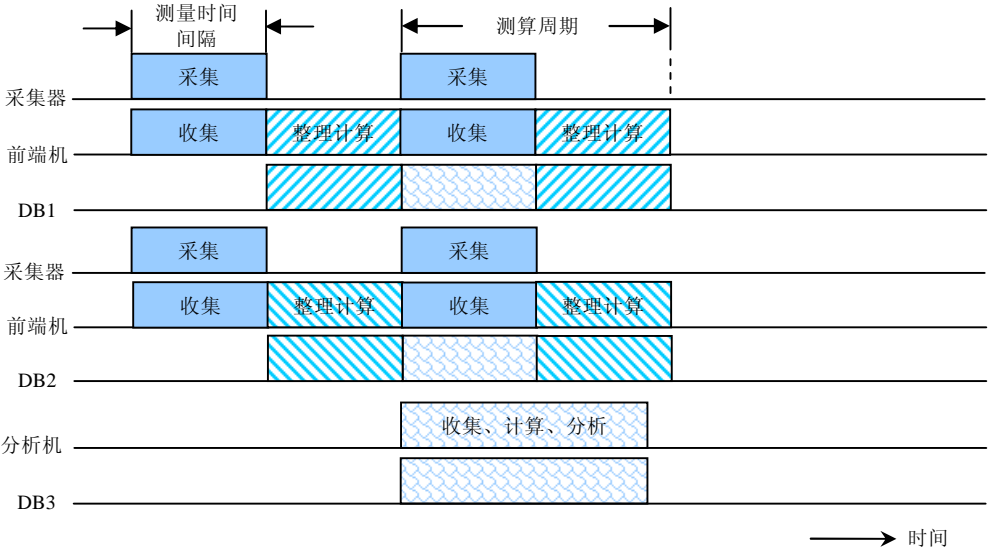


图 2 各功能部件工作时序

3.5 SLA 履行报告

通过 web 方式，根据 SLA 客户查询要求能提供当日各“小时粒度测度值—时段”曲线、当月各“天粒度测度值—一天”曲线，以及每月 SLA 遵从性分析结果。还可以支持实时查询，即能提供最小粒度测算结果的实时报告。

4 总结

本文综合考虑准确性、成本和扩展性对端到端 SLA 性能测量做了如下一些研究。(1)针对每一应用服务选择确能反映应用服务质量的 SLA 参数，因为这有利于降低计算成本。(2)定义了反映服务内在性能的 SLA 测度。(3)设计了一个适用于高速网络环境、扩展性较好的端到端 SLA 性能测量模型。所谓扩展性好指整个 SLA 履行情况验证成本不随应用服务提供者的 SLA 客户数增多而成倍增长，这体现在为每个 ASP 只设一个分析机处理多份 SLA，还体现在一个端用户的测量点可以处理涉及该端用户的多份 SLA 合同。(4)提出了一个简单实用的 SLA 遵从程度估算方法。但本文对于流的定义没有考虑目前校园网基本都采用代理的情形。实际上，一个校园网的所有用户共享极少几个对外 IP 地址，这种情况下，本文的测量方法将因无法区分实际用户而导致吞吐量和利用率测量结果与实际严重不符。进一步的研究工作包括：测量误差的量化；抽样采集的可行性研究（文中为计算单点测度而采取了全采有关 IP 包的策略）；各服务的 SLA 参数选择及阈值的确定；规则集的自动生成、更新；SLA 计费；考虑代理情况。此外，亟待解决如何按照 SLA 要求来保证 QoS。

致谢 衷心感谢江苏省计算机网络技术重点实验室的赵钧硕士和徐加玲助教对本文的完成所给予的支持和帮助。

References:

- [1] [GB 917] – GB 917 SLA Management Handbook Evaluation Version 1.0. TeleManagement Forum, 2001.
- [2] [TMF 701] Performance Reporting Concepts & Definitions Version 2.0. TeleManagement Forum, 2001.
- [3] Park, J.T., Baek, J.W. Management of Service Level Agreements for Multimedia Internet Service Using a Utility Model. IEEE Communication Magazine, May 2001.
- [4] Paxson, V., Almes, G., Mahdavi, J., *et al.* RFC2330: Framework for IP Performance Metrics. May 1998. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2330.txt>.
- [5] Jiang, H., Dovrolis, C. Passive Estimate of TCP Round-Trip Times. ACM Computer Communication Review, July 2002.
- [6] Norseth, K.C. Architecture Model for IP Flow Information Export. June 2002. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-ipfix-architecture-02.txt>
- [7] Claffy, K.C., Braun, H.W., Polyzos, G.C. A parameterizable methodology for Internet traffic flow profiling. 1994. <http://www.caida.org>
- [8] <http://www.videosky.com/>
- [9] Schulzrinne, H., Casner, S., Frederick, R., *et al.* RFC1889: RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. 1996. <http://www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt>.
- [10] Curtis, J. Analysis of Voice Over IP Traffic. 1999. http://wand.cs.waikato.ac.nz/wand/publications/jamie_420/final/report.html
- [11] 徐加羚. 基于 Linux 内核的高速 IP 报文测量器的设计与实现[学士论文]. 东南大学, 2002.
- [12] Zseby, T., Molina, M., Raspall, F. Sampling and Filtering Techniques for IP Packet Selection. 2002. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-psamp-sample-tech-00.txt>.
- [13] CHENG Guang, GONG Jian, DING Wei. Obtaining a Distributed Traffic Sample in a Large-Scale IP Network. ICON 2002. 10th IEEE International Conference on Network, in Singapore, pp: 409-413, 2002.8.

End-to-End service performance measurement and analysis against SLA

CHENG Wei-qing^{1,2,3}, GONG Jian^{1,2}, GE Li-qing^{1,2}

¹(Department of Computer Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

²(Key lab of Computer Network Technology Jiangsu Province, Nanjing 210096, China)

³(Department of Computer Science and Technology, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: It is pointed out that SLA parameters for specific application service should be carefully selected taking into account the feelings of human users as well as the intrinsic implementation technologies of the service. After that the SLA metrics related to service-intrinsic performance are defined. Then we propose an end-to-end SLA performance measurement model for verification of SLA compliance that promises better scalability in addition to applicability for high-speed network environments. The functionalities of main components of the model including meters, front-end processors and analyzer are described, and the workflow of all components is provided to illustrate the feasibility of the model further. Finally a simple algorithm for quantifying SLA compliance is put forward.

Key words: SLA parameter; metric; flow; end-to-end service performance measurement