

SUPANET 基于 OAM 的保护交换研究

窦 军 陈文佳

(西南交通大学四川省网络通信技术重点实验室 成都 610031)

摘 要 单层用户交换平台体系结构(Single-layer User-data switching Platform Architecture, SUPA)是基于面向以太网的物理帧时槽交换(Ethernet-oriented Physical Frame Timeslot Switching, EPFSTS)技术的一种未来 Internet 体系结构。研究了 SUPA 用户平台的 OAM(Operation and Management or Operation, Administration and Maintenance)机制,以支持 SUPANET 域内的连通性诊断、故障诊断和故障恢复等功能。基于 SUPA 虚线路交换(Virtual Line Switching, VLS)服务,重点研究了基于 OAM 的保护交换机制。最后,基于 QVL(QoS Virtual Line)和 SVL(Shared Virtual Line)服务,仿真比较了 SUPA 用户平台中基于 OAM 的故障恢复的保护效果,验证了基于 QVL 的保护交换比基于 SVL 的保护交换具有更好的 QoS 保障能力。

关键词 未来 Internet 体系结构,单层用户交换平台体系结构(SUPA),面向以太网的物理帧时槽交换(EPFSTS),OAM,保护交换

中图法分类号 TP393 文献标识码 A

Research on SUPANET OAM-based Protection Switching

DOU Jun CHEN Wen-jia

(Sichuan Network Communication Technology Key Laboratory(SC-Netcom Lab),Southwest Jiaotong University,Chengdu 610031,China)

Abstract Single-layer User-data switching Platform Architecture(SUPA) which is based on Ethernet-oriented Physical Frame Timeslot Switching(EPFSTS) is promoted as a Future Internet architecture. SUPA User-platform OAM mechanism was introduced to provide operations including connectivity diagnosis, trace diagnosis and fault recovery in SUPA networks(SUPANET) domain. Based on SUPA Virtual Line Switching(VLS) services, the authors focused on research on SUPA OAM-based protection switching mechanisms. Finally, based on QVL(QoS Virtual Line) and SVL(Shared Virtual Line) services, OAM-based protection switching mechanisms for the User platform in SUPA networks were proved validity in simulation experiments, and the comparison of the simulation results shows that QVL-based protection switching is better than SVL-based protection switching in QoS provisioning capability.

Keywords Future internet architecture, Single-layer user-data switching platform architecture(SUPA), Ethernet-oriented physical frame timeslot switching(EPFSTS), OAM(Operation and management or operation, Administration and maintenance), Protection switching

1 引言

传统上,网络体系结构的“平面”(Plane)包括用户平面(User-Plane, U 平面)、控制平面(Control Plane, C 平面)和管理平面(Management Plane, M 平面)。目前,有关“未来 Internet”(Future Internet, FI)的研究得到了国内外标准化组织及研究机构越来越广泛的重视,研究的一个重要目标就是重新构建新的平面以构建新的网络体系结构^[1,2]。为了提高 U 平面的交换效率,采用单层结构的 U 平面的“单层用户交换平台体系结构”(Single-layer User-data switching Platform Architecture, SUPA)^[3-8]作为一种 FI 体系结构也得到了网络学术界的重视^[2]。

按照“带内信令”的思想,本文重新定义了 SUPA“平台”(Platform)的概念,提出 SUPA 平台中包含若干“内建”平面的概念,以促进这些平面各自技术的演进,从而增强所属平台的功能。为了提供“运营级”的可控、可管和可靠服务, SUPA 3 个“平台”(详见本文第 2 节)都可以构建各自的“内建”平面以支持“运行、管理和维护”(Operation, Administration and Maintenance, OAM)等功能。因此,尽管 SUPA 用户平台是单层的,但不排斥在用户平台中引入“内建”C 平面和/或 M 平面,以增强用户平台的控制管理(如 OAM)能力。本文在 SUPA 基于“虚线路交换”(Virtual Line Switching, VLS)服务的基础上,研究了 SUPANET(SUPA NETworks)管理域(简称 SUPA 管理域)内的用户平台的 OAM(如连通性诊断、故

收稿日期:2010-05-13 返修日期:2010-08-12 本文受国家自然科学基金(60372065, 60773102),国家自然科学基金委—中国工程院联合基金(U0970122)资助。

窦 军 博士生,副教授,主要研究方向为网络体系结构等, E-mail: jdou@home.swjtu.edu.cn; 陈文佳 硕士生,主要研究方向为网络与通信技术。

障诊断和故障恢复等)功能及其机制,最后重点研究了 SUPANET 基于 OAM 的保护交换机制,并通过仿真实验验证了其对于故障恢复的有效性。

2 SUPANET 体系结构及其服务

2.1 SUPANET 体系结构

如图 1 所示, SUPANET 是一种基于 DWDM 光传输网络,采用“面向以太网的物理帧时槽交换”(Ethernet-oriented Physical Frame Timeslot Switching, EPFTS)^[9,10] 技术的多“平台”网络。这里的“平台”具有“超级平面”的含义,以便于不同平面技术融合到 SUPA 体系结构中。本文定义的“平台”可以根据平台本身功能演进的需求包含若干个传统的平面(即“内建”平面),而同一个系统中的平台之间则定义了统一的“节点内部访问接口”(Intra-node Access Interface, IAI)^[7] 用于同一个系统中平台间的信控管理信息交互访问。

按照上述“平台”的观点, SUPANET 体系结构包含“用户

平台”(User Platform, U 平台)、“信控平台”(Signaling Platform, S 平台)和“管理平台”(Management Platform, M 平台),分别完成 SUPA 用户数据传送、信控和管理的功能。鉴于篇幅所限,本文将“信控平台”和“管理平台”合称为“信控管理平台”(Signaling & Management Platform, S&M 平台)以便简化相关论述。SUPA 管理域中的端系统和中继系统(也称为 SUPA 端节点和中继节点)都是由上述 3 个平台组成的。在图 1 的 SUPANET 的逻辑结构中,上半部分表示 S&M 平台,下半部分表示 U 平台。SUPA 端系统与(边缘)中继系统、中继系统与中继系统之间分别定义了统一的用户-网络接口(User-Network Interface, UNI)和网络-网络接口(Network-Network Interface, NNI);按不同平台也分别定义了端系统和中继系统专用的 UNI 和 NNI 接口,如图 1 所示的 UNI_U (U 平台的 UNI)和 UNI_{S&M} (S&M 平台的 UNI)、NNI_U (U 平台的 NNI)和 NNI_{S&M} (S&M 平台的 NNI)^[8]。

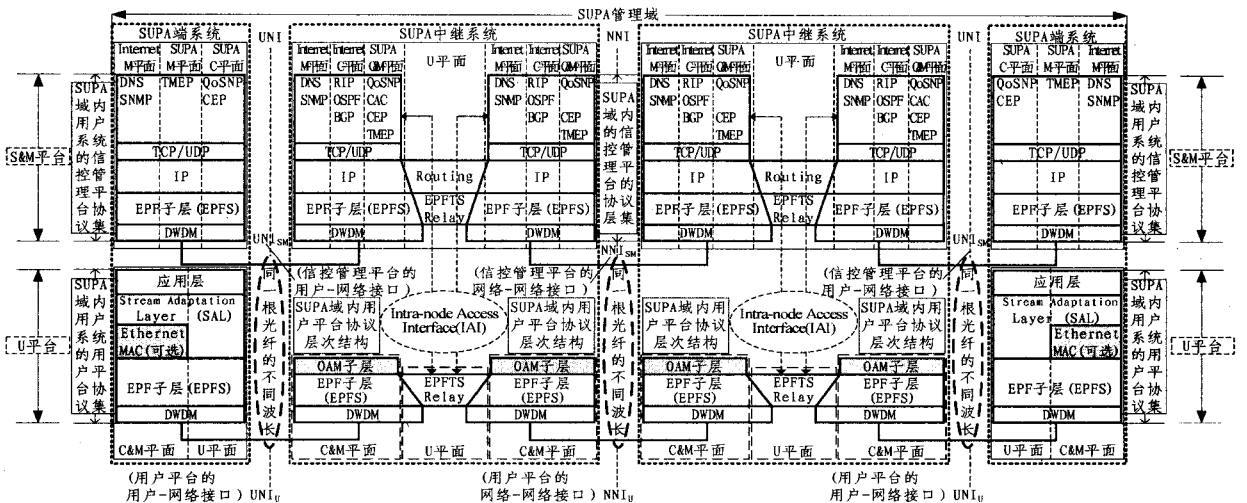


图 1 SUPANET 体系结构

由于一个平台的演进主要体现在其内部平面的技术构成可以根据需要进行重构,因此本文提出不同网络(如 Internet、Ethernet 等)技术的平面(U 平面、C 平面和 M 平面)可以被引入 SUPA 平台中,以方便不同平面技术的融合和平面技术本身的演进。采用这种“平台构建”的概念, SUPA 平台逻辑上可以由不同的平面构建,以适应 SUPA 分阶段的研究与发展策略^[2]。如图 1 所示, SUPA 端系统和中继系统中的平台在逻辑结构上还包含了不同的 U 平面、C 平面和 M 平面。与平台的称谓类似, C 平面和 M 平面合称 C&M 平面。基于 EPFTS, SUPA U 平台包含 U 平面和增强 OAM 功能等的 C&M 平面,而 SUPA S&M 平台除了 SUPA 特有的 C&M 平面外,还融合了原有 Internet C 平面和/或 M 平面,以保持与 Internet 的兼容性。

图 1 中每个平面都对应一个协议栈,每个协议栈则由多个协议层构成,而每个平台中所含平面的所有协议构成该平台的“协议集”。由于平面(协议栈)所采用的技术有所不同,使得对应的 SUPA U 平台和 S&M 平台的功能及其协议集也就有所不同。从用户数据传送的角度看, U 平台(面)需要尽量简化协议或减低层次以提高转发效率,而 S&M 平台(面)往往比 U 平台(面)拥有更多的协议(层次)以实现复杂的信控管理功能。因此,从信控管理的角度看, U 平台(面)和

S&M 平台(面)若需要获得更好的控制、管理和维护能力或增强其安全性,就要进行相关协议层次或子层的增补。本文后续将基于这种“平台构建”的概念,着重讨论与 OAM 相关的问题。

2.2 SUPANET 服务

尽管 OBS(光突发交换)或 OPS(光分组交换)被认为是可用于 DWDM(密集波分复用)光网络之上的交换技术,但是在实际中还存在难以实现全光网络的问题。有鉴于此,考虑到以太网应用的广泛性,如图 1 所示,上述的 EPFTS 技术则被看成是一种在电域内实现物理层(Layer 1, L1)交换的技术,用于支持 SUPANET 在 DWDM 光网络之上执行高速的物理层“虚线路交换”(Virtual Line Switching, VLS)^[9,10]。

EPF(面向以太网的物理帧)作为物理层交换的基本单位,其帧格式如图 2 所示。EPFTS 技术基于定长 2024 字节 EPF 时槽,时分复用多个光波长巨量的光传输能力。“EPF preamble”作为 EPF 的前导序列(8 字节)。16 字节的“EPF head”主要包含 3 个“Switch Field”字段和 1 个“Control”字段。“Switch Field”用于指示交换信息,包括单播/组播标志位(M-bit)、端口号(Next port)、波长号(Next Lambda)、VLI(Virtual Line Identifier, VLI);“Control”字段用于标识多种控制信息,如丢弃标志位(D-bit),突发标志位(B-bit),优先级

(Priority),连接结束标志位(E-bit),OAM及流控等组合标志位(C-bit和T-bit)。最后的“EPF payload”采用定长2000字节的载荷。在U平台中,为了满足定长的要求,SUPA源端系统中的用户数据可能需进行必要的填充,经SAL适配后直接封装到“EPF payload”或经可选Ethernet MAC层再封装到“EPF payload”。SUPA目的端系统则需完成相反的用户数据适配与解封封装过程。

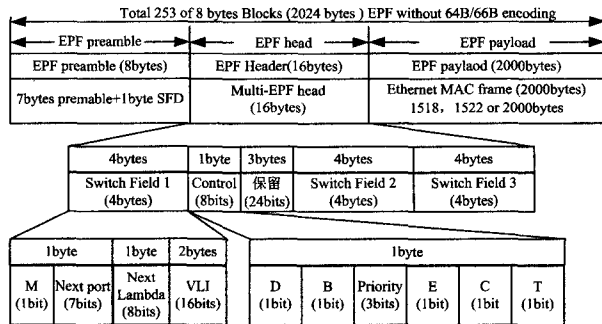


图2 EPF格式

图1中的“EPF子层”(面向以太网的物理帧子层,EPF Sublayer,EPFS)是基于DWDM的物理层交换子层,“EPFTS Relay”是电域中实现交换的中继实体。EPFTS技术通过在相邻SUPA节点(物理层)EPF子层之间建立“虚线路”(Virtual Line,VL)并绑定只具有本地意义的“虚线路标识”(Virtual Line Identifier,VLI)进行“虚线路交换”(VLS)。根据VL服务质量(Quality of Service,QoS)级别的不同,SUPANET可在SUPA管理域中提供3类服务:

1)虚线路连接VLC(Virtual Line Connection):在端到端(End-to-End)之间,提供单向或双向具有QoS保障(如高优先级、低时延、低丢失率等)的面向连接服务(如实时音视频数据传送服务)。VLC服务的实现是首先在端系统用户和网络之间建立SLA(Service Level Agreement)合约并利用SUPA CAC(接纳控制)实现入网控制;其次,端到端连接的QoS VLS路径通过S&M平台的QoSNP(QoS Negotiation Protocol)^[11]按用户QoS要求在U平台建立。QoSNP通过协商分发该VLS路径上的VLI,在U平台建立相应的交换机的“端口-波长-虚线路”(Port-Lambda-VL)映射表(即虚线路交换表),使得这种连接的QoS得到底层的交换基础设施——物理层的EPFTS的支持;随后,SUPA VLC的端到端(应用层用户)数据经端系统U平台SAL(Stream Adaptation Layer)封装或解封封装,沿中间系统U平台相应的VLS路径传输;最后,连接结束时,S&M平台的CEP(Connection Ending Protocol)^[12]用于释放该连接。

2)QoS虚线路QVL(QoS-VL):仅在相邻节点间提供单向或双向的QoS服务(相应的VL绑定了QoS要求的带宽等资源),属于非端到端服务,主要用于SUPA平台之间传送高优先级的信控管理信息(包括OAM信息),也可用于提供备份链路,实现具有QoS保障的1:1或1:n保护交换。

3)共享虚线路SVL(Shared-VL):逐节点的(step-by-step)单向或双向虚线路服务,用于“尽力而为”(Best Effort, BE)服务,即,仿真传统Internet逐跳的(hop-by-hop)服务;也可用来提供备份链路,用于提供1:1或1:n的共享保护交换。

显然,在SUPA的阶段研究策略中,SUPA除了提供

有QoS保障的面向连接的服务,还兼容考虑了提供无连接的服务以适应传统Internet“尽力而为”服务的需要。后两种服务分别提供了有QoS保障和无QoS保障的无连接服务。

此外,上述服务还由“保护交换”和/或“重路由”机制提供某种级别(如电信级)的可靠性和效率的保障。参考文献[8]已经就“重路由”方法进行了详细讨论,所采用的方法是一旦SUPA U平台链路或节点故障发生,就利用特定重路由信息的交换并计算出新路径。SUPA“保护交换”的方式包括了1+1,1:1或1:n保护。特别是1:n保护可用QVL或SVL服务为多对相同源-目的地址的端系统之间提供一定的保护并节省相应资源。鉴于篇幅限制,本文将重点研究1:n保护方式(详见本文第4节)。

3 SUPANET OAM功能和机制

3.1 SUPANET OAM功能

OAM虽然源于ATM OAM^[13],但已被引入MPLS^[14]和Ethernet^[15-17]以方便近年来“运营级”服务提供商网络(如三网合一)的部署和应用。ITU Y_1731^[15]定义了基于Ethernet网络的OAM故障管理和OAM性能监视功能,要求OAM故障管理能够检测、验证、定位和报告不同的缺陷,要求OAM性能监视能够测量不同的性能参数,如帧丢失率、帧时延、帧时延抖动^[15]和吞吐率等^[18]。ITU-T Y.2011^[19]中的NGN由分离的传输基层和业务基层构成。按ITU-T G.805^[20]制定的原则,这两个基层又有各自不相同的OAM功能,从而使每个“层网络”也有自己的OAM能力^[21]。因此,MPLS^[14],Ethernet^[15,16]位于不同的层并拥有它们各自的OAM机制。MPLS OAM功能被设计成仅仅与MPLS层相关以便能够独立演进,没有基于其上层或下层(如Ethernet)的OAM功能。而运营级以太网(Carrier-Ethernet)也被要求具有Ethernet OAM功能,因为Ethernet PBB/PBT(服务提供商骨干网桥/服务提供商骨干传输)近年来有望成为一种新的城域网或广域网骨干网技术。同时“保护交换”(Protection Switching)也被引入运营级的MPLS网络^[22-24]和运营级以太网^[25]以增强网络的可靠性。

从体系结构的角度来讲,OAM功能不仅存在于SUPANET U平台,也可以存在于SUPANET S&M平台中,而且不同平台中的OAM功能和机制可能各不相同且仅仅与各自的平台相关,各平台中相关平面也可以进一步独立地拥有自己的OAM机制。

由于OAM是未来网络体系结构中的重要议题,它能够提供在不中断或不影响用户数据传送的条件下,提供网络故障的定位以及QoS能力的保护。因此,按照前述SUPA“平台构建”的概念,如图1所示,本文在SUPA模型U平台的C&M平面中引入了OAM功能子层,以提供U平台的OAM功能。尽管S&M平台提供的信令协议如QoSNP,CEP,TMEP(Traffic Monitoring & information Exchanging Protocol)等^[6]在SUPANET中提供了有QoS保障的连接建立和连接释放以及流量管理等功能,但网络管理者可以不仅仅依靠S&M平台(协议)去检测所有的U平台故障或缺陷。因此,U平台OAM功能的目的是能够在S&M平台即使有缺陷时也能正常操作。相应地,U平台OAM功能^[26]主要包括故障管理和性能检测。故障管理包括连通性诊断、故障检测、通告、定位和恢复等功能;性能检测则包括通过OAM帧检测

虚线路、虚线路交换路径等的相关性能。

鉴于 S&M 平台在出现缺陷或发生故障时会同时影响 S&M 平台和 U 平台的数据传送, 本文将着重研究 U 平台基于 OAM 的故障恢复技术, 使得即使 S&M 平台发生故障, SUPA 也能够独自在 U 平台提供基于 OAM 的保护交换功能, 以保证 U 平台的用户数据传送不受影响。有关 S&M 平台的 OAM 功能则在将来研究。

3.2 SUPANET OAM 机制

以太网历经 30 多年的演变, 在兼顾兼容性的同时, 其多个方面的能力被不断增强或改进。虽然 IEEE 802.3as^[27] 给出了最新的帧格式扩展, 但以太网帧的最大长度变化并不明显, 尽管业界已经在使用更长的以太网帧(如 9000 字节的“巨帧”)^[28]。

因此, 按前述“平台构建”概念, 与 U 平台的 U 平面仅采用定长的 EPF 帧不同, 其 C&M 平面可以利用高速以太网(如 100GE)物理层技术来减少修改带来的成本。与 IEEE 802.3as^[27] 类似, 作者将以以太网帧扩展成 4 种类型: basic(最长 1518 字节), Q-Tag(最长 1522 字节), envelope(最长 2000 字节)和 EPF(定长 2024 字节)。其中, EPF 作为定长帧, 被定义成扩展后的以太网的最长帧, 保持与以太网技术的兼容。实际上, 这也可以看成是对以太网物理层功能的进一步扩展。

由图 2 可知, EPF 帧与以太网帧具有天然的联系, Ethernet MAC 帧被封装在 EPF 帧的载荷字段中。这种设计是考虑到在推进 SUPA 研究与发展的过程中, 如图 1 所示, Ethernet MAC 可在 U 平台中作为可选子层与 EPF 子层共享相同的物理层, 用于构成未来 Internet 的“传送基层”。由于信控管理信息具有种类较多(如 OAM, 安全等)、信息量小(短信息)的特点, 此时 U 平台的 C&M 平面的物理层 OAM 帧可采用变长帧来提高此类信息传送效率并减少对 U 平面用户数据传输的影响。当信控管理信息量较少时, 可采用较短的帧(甚至 64 字节的最短帧)进行封装和传送, 以减少采用 EPF 帧的填充和传送开销。

SUPANET 的 OAM 机制是通过定义 OAM 帧实现的, 其功能是在物理层的上子层、EPF 子层之上实现, 它的信息帧利用图 2 中的“EPF head”字段中的“Control”字段进行识别, 从而在 SUPANET U 平台中利用“带内”信令的思想将 OAM 信息流从用户数据流中“分离”出来, 按本文的“平台构建”概念, 构建 SUPA U 平台中的 C&M 平面, 使得 SUPA U 平台具备 OAM 功能。目前, SUPA U 平台中 OAM 具有基本故障管理能力, 包括链路测试、故障警告和环回检查功能^[26]。本文后续篇幅将进一步重点研究基于 OAM 的保护交换功能。

4 SUPANET 基于 OAM 的保护机制

虽然 MPLS(L2.5)和 Ethernet(L2)的 OAM 和保护功能能够被用于提供保护, 但是一旦出现物理层缺陷或发生故障, 这两种 EPF 子层之上的层次提供保护的响应时延会比 EPF 子层(L1)内提供保护的响应时延大, 故障恢复时间也大。因此, 作者利用基于 EPF 子层的 OAM 机制, 在 U 平台中引入基于 OAM 的保护功能, 用于检测 SUPANET 中的缺陷或故障。

目前, SUPANET 的保护机制主要有单向或双向的 1+1, 1:1 和 1:n(n>2)保护方式。

1+1 保护方式的备份路径只能由工作路径使用, 即使备份路径上没有业务传输, 其资源也不被其它业务流使用, 虽然这种方式故障恢复能力最强, 但它所占用的资源也最多; 1:1 共享保护方式的备份路径上的资源在没有故障时可以被其它低优先级的业务流使用, 提高了备份资源的使用效率。而 1:n 共享保护方式较为复杂, 典型地, 本文将重点研究 1:n 保护方式中 n=2 时的仿真保护效果。

图 3 是 SUPANET 1:2 全局保护的 OPNET 仿真拓扑图。其中, H1, H2 为源节点, H3 为目的节点, R1 到 R8 为中继节点, H1→H3 和 H2→H3 的数据流均通过 R1 和 R2。R1→R4→R7→R2 为 H1 的工作路径(简称 WP1), R1→R6→R2 为 H2 的工作路径(简称 WP2), R1→R5→R8→R2 为 WP1 和 WP2 的共享备份路径。

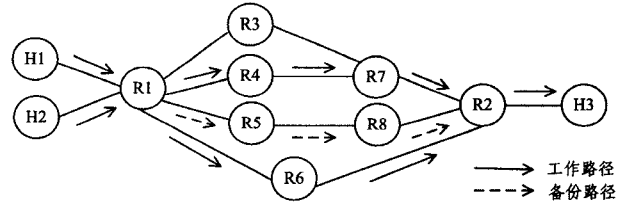


图 3 SUPANET 仿真实验环境

仿真实验分别在上述备份路径上分配 QVL 和 SVL 实现单向保护链路, 在 U 平台采用 OAM 检测故障, 当故障发生时通知 PSN(Path Switch Node, 此处为 R1)进行工作路径与备份路径之间的保护交换。保护交换仿真的总体过程是: R6 先发生故障(在仿真时间内不恢复), 然后 R4 发生故障(稍后又恢复), 两条工作路径的数据流依次切换到共享备份路径上。场景 1 与场景 2 分别采用基于 QVL 和基于 SVL 的保护, 但相关的其它仿真参数相同, 用于比较基于 QVL 和基于 SVL 的两种保护方式下的仿真效果; 场景 2 与场景 3 通过对 H1, H2 设定不同的发帧速率使工作路径 WP2 切换到备份路径后会导导致备份路径分别出现轻度拥塞(场景 2)和重度拥塞(场景 3), 从而比较不同拥塞程度下基于 SVL 的保护效果。

作者设置的仿真场景的相关参数如表 1 所列。仿真过程中数据源(H1, H2)采用泊松流, 整个 SUPA 域内采用基于优先级的拥塞控制方式, 假定路径切换时数据丢失忽略不计, 并且 R1, R2 具有“无阻塞”交换能力, 节点吞吐量指单位时间内节点成功转发的数据量与其最大转发数据量之比。

表 1 SUPANET 1:2 保护交换仿真场景相关参数

相关属性	场景		
	场景 1	场景 2	场景 3
备份路径类型	QVL	SVL (轻度拥塞)	SVL (重度拥塞)
备份路径初始流量	0	0	0
H1 发帧速率(EPF/s)	100	100	100
H2 发帧速率(EPF/s)	122	122	233
工作路径 WP1 最大节点吞吐量	18%	18%	18%
工作路径 WP2 最大节点吞吐量	22%	22%	42%
工作路径 WP1, WP2 均切换后, 备份路径最大节点吞吐量(理论值)	40%	40%	60%
仿真时间	35min		
故障时刻	R6: 1min, R4: 10min		
恢复时刻	R4: 29min R6: 在仿真时间内不恢复		
故障点	R4, R6		

根据表 1 的仿真约束条件, 仿真得到图 4 所示的 H1 到 H3 的端到端丢帧率和 R5 的吞吐率的性能曲线(均按 time_

average 方式显示,横坐标为时间,单位为秒),其中绿线(green)表示采用 QVL 的场景 1,蓝线(blue)和红线(red)表示备份路径为 SVL 时,工作路径 WP2 的数据切换后备份路径的状态分别为轻度拥塞和重度拥塞的场景,即场景 2 和场景 3。

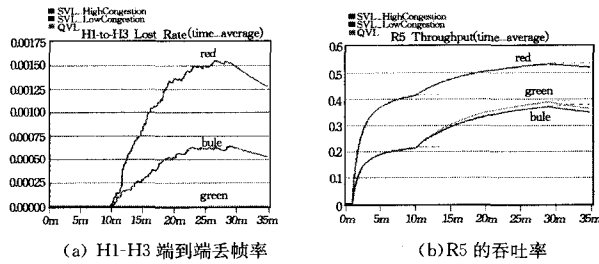


图 4 基于 QVL 和基于 SVL 的保护交换性能对比

由图 4(a)所示结果可以看出,R4 在 10min 时故障又在 29min 时恢复,QVL(绿线)保护方式下端到端丢帧率为 0,而备份路径采用 SVL 保护方式时只能提供“尽力而为”的服务,SVL 的场景 2(蓝线)和场景 3(红线)都出现了丢帧,且在重度拥塞(场景 3)的情况下丢帧率相对较大。

图 4(b)为 R5 的吞吐率变化情况,虚线表示当链路状态不发生改变时吞吐率的趋势。可以看出,在 1min 至 10min 时段,图 4(b)的场景 1(绿线)和场景 2(蓝线)的备份路径中 R5 吞吐率相同(最大可达 22%),但随着工作路径 WP1 在 10min 时刻开始保护交换,场景 2 中 R5 的实际最大吞吐率为 37%,低于 40%的理论值,这是由于 SVL 采用尽力而为的服务,从而产生了一定数量的丢帧所致;而图 4(b)中场景 2(蓝线)与场景 3(红线)的实际最大吞吐率 38%和 54%与它们的理论上限值 40%和 60%分别相差 2%和 6%,说明 SVL 保护在两种拥塞情况下节点吞吐率均受到不同程度的影响,这种影响在图 4(a)中表现为重度拥塞(场景 3)情况下的丢帧率较轻度拥塞(场景 2)情况下的大。

结束语 本文在“平台构建”概念的基础上,在 SUPA 单层 U 平台中的 C&M 平面引入了 OAM 机制,以增强 U 平台的 OAM 和保护(OAM & Protection, OAM& P)功能,适应“运营级”的未来 Internet 需求;在讨论 SUPA 提供的 3 种“虚线路交换”服务的基础上,着重研究了基于 OAM 的保护交换机制,最后采用 1:2 保护方式,基于 QVL 和 SVL 服务,仿真比较了 SUPA U 平台中基于“带内”OAM 的故障恢复的保护效果,验证了基于 QVL 的保护比基于 SVL 的保护具有更好的 QoS 保障能力。

参考文献

- [1] FUTURE INTERNET ASSEMBLY 2009 [OL]. Stockholm, Sweden, November 2009;23-24
- [2] Dou Jun, Xia Yu, Chen Xi. Future Network Applications, Network Model, and Development Strategy [C] // Proceedings of FADS'2009 (International Workshop on Future network Architecture and Development Strategy). Madrid, Spain, September 2009
- [3] Zeng Hua-xin, Dou Jun, Xu Deng-yuan. Single physical layer U-plane Architecture (SUPA) for Next Generation Internet [R]. Comprehensive Report on VoIP and enhanced IP Communications Services. IEC Publications, 2004, 197-227
- [4] Zeng Hua-xin, Gao Yu, Xia Yu. On NGN architecture and evolution strategy [C] // Proceedings of the first ITU-T Kaleidoscope Academic Conference, Innovations in NGN: Future Network and Services. Geneva, May 2008; 337-342
- [5] Zeng Hua-xin, Dou Jun, Xu Deng-yuan. Replace MPLS with EPFTS to build a SUPANET [C] // Proceedings of 2005 IEEE International Workshop on High Performance Switching and Routing (HPSR'05). Hong Kong, May 2005; 39-43
- [6] DOU Jun, Zeng Hua-xin, Wang Hai-ying. Single User-Plane Architecture and its QoS provisioning mechanisms in Signaling and Management (S&M) Planes [C] // Proceedings of 5th International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT2004). Singapore, December 2004, Lecture Notes in Computer Science (LNCS 3320). Springer, 2004; 429-440
- [7] 窦军,曾华燊,汪海鹰. NGI/NGN 体系结构及其服务质量保障机制研究[J]. 计算机科学, 2008, 35(3): 31-33
- [8] 窦军,曾华燊,陈文佳. SUPANET 信控管理平台的 UNI 和 NNI 研究[J]. 计算机科学, 2009, 436(4): 112-115
- [9] Zeng Hua-xin, Xu Deng-yuan, Dou Jun. Promotion of Physical Frame Timeslot Switching (PFTS) over DWDM [J]. Annual Review of Communications, IEC Publications, 2004, 57: 809-826
- [10] Xu Deng-yuan, Zeng Hua-xin, Li Ji, et al. Physical Frame Timeslot Switching (PFTS) in the Single User-Plane Architecture Network (SUPANET) [C] // Proceedings of 5th International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT2004). Singapore, December 2004, Lecture Notes in Computer Science (LNCS 3320). Springer, 2004; 383-395
- [11] 赵君,高雨. SUPANET 中 QoS 协商流程的研究[J]. 计算机科学, 2004, 31(8 增刊): 21-24
- [12] 郭阳勇,窦军,李云婷. SUPANET 中的专用连接释放协议[J]. 通讯和计算机, 2005, 2(2): 76-81
- [13] ITU-T I. 610. B-ISDN operation and maintenance principles and functions [OL]. <http://www.itu.int/publications/>, 1999
- [14] ITU-T Recommendation Y. 1711. Operation & Maintenance mechanism for MPLS networks [R]. ITU-T. 2004
- [15] ITU-T Recommendation Y. 1731. OAM functions and mechanisms for Ethernet based networks [R]. ITU-T. 2006
- [16] IEEE Std 802.3-2005-section 5, Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications [S]. IEEE, December 2005
- [17] IEEE Std 802.1-2007ag, Virtual Bridged Local Area Networks Amendment 5: Connectivity Fault Management [S]. IEEE, December 2007
- [18] Bradner S, McQuaid J. Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices [S]. RFC 2544. IETF, March 1999
- [19] ITU-T Recommendation Y. 2011, General principles and general reference model for Next Generation Networks [R]. ITU-T. 2004
- [20] ITU-T Recommendation G. 805, Generic functional architecture of transport networks [R]. ITU-T. 2000
- [21] ITU-T NGN FG Proceedings, NGN-GSI Release I, 2005 [OL]. http://www.itu.int/ITU-T/ngn/files/NGN_FG-book_I.pdf, http://www.itu.int/ITU-T/ngn/files/NGN_FG-book_II.pdf
- [22] Sharma V, Hellstrand F. Framework for Multi-Protocol Label

Switching(MPLS)-based Recovery[S]. RFC3469. IETF, February 2003

- [23] ITU-T Recommendation Y.1720, Protection switching for MPLS networks [R]. ITU-T. 2006
- [24] Haung C, Sharma V, Owens K, et al. Building Reliable MPLS Networks Using a Path Protection Mechanism[J]. IEEE Commun. Mag., 2002, 40(3):156-162
- [25] ITU-T Recommendation G. 8031/Y. 1342, Ethernet Protection

Switching [R]. ITU-T. 2006

- [26] 竺叶子, 窦军. SUPANET 中 OAM 仿真设计[J]. 计算机科学, 2010, 37(8 专刊):244-248
- [27] IEEE Std 802.3as-2006, Amendment 3; Frame format extensions[S]. November 2006
- [28] Reinemo S-A, Skeie T, Södring T, et al. An Overview of QoS Capabilities in InfiniBand, Advanced Switching Interconnect, and Ethernet[J]. IEEE Communications Magazine, 2006, 44(7):32-38

(上接第 42 页)

P1@TD1。如果被查询节点不是本域内的成员,如代理节点 P7@TD3,它将自己保存的与 P5@TD2 相关的信息,即本域内(域 TD3)节点与 P5@TD2 交易的评价记录返回给查询节点 P1@TD1。

2) 计算信任值

P1@TD1 根据查询结果和 UTM 的信任值计算算法进行计算,得出 P5@TD2 信任值,并将值转换成 TD1 域的表达方法后,返回给向其发送查询请求的节点 TD1@P3。

3) 保存交易结果

P3@TD1 与 P5@TD2 进行交互。交互结束后, P3@TD1 给出一个此次交易的评价值,并将此值返回给其代理节点 P1@TD1。节点 P1@TD1 把评价值转换成 UTM 表示方法,并在本地保存评价信息。

在上述交互过程中,还存在域代理的选取和维护以及基于域本体的域相似度的判别等内容,因篇幅关系,就不加以介绍。

3.3 展望

结合第 3.1 节中提出的问题和 3.2 节提出的理论模型,我们认为在分布式环境下多信任域信任管理模型的研究中,可以在以下几个方面做进一步的工作。

1) 进一步研究信任本体,尤其是探讨分布式动态环境下信任本体映射的方法,这对研究基于本体的多信任域信任管理模型是至关重要的,是多信任域中代理间交互的基础。

2) 通用多信任域信任管理模型的进一步研究及其实现。我们应该在本文提出的通用信任管理模型的基础上,根据不同的应用环境给出具体的实现原型。同时我们认为,基于本体的多信任域信任管理模型为我们提供了明确的研究方向,应该基于现有的本体研究成果,建立一个基于信任本体的通用多信任域信任管理模型。

结束语 近十几年来,信任、信任模型和信任管理系统的研究非常活跃,获得了大量的研究成果。然而,这些研究成果间相关概念和算法彼此独立或不一致,导致彼此间只能使用某一特殊应用环境。为此,一些研究者开展了多信任域的信任管理模型研究,取得了一定的进展,也为我们下一步研究信任管理系统指明了一个方向。通过本文的综述可以发现,多信任域的信任管理模型研究工作刚刚起步,还需要相关的研究者不断努力。

参考文献

- [1] Yan Z, Cofta P. Methodology to Bridge Different Domains of Trust in Mobile Communications[C]// The 1st International Conference on Trust Management(iTrust'03). LNCS vol. 2692/2003. Greece, May 2003:211-224

- [2] Lee A J, Yu Ting. Towards a Dynamic and Composite Model of Trust[C]//Proceedings of the 14th ACM Symposium on Access Control Models and Technologies(SACMAT 2009). June 2009
- [3] Casare S, Sichman J. Towards a functional ontology of reputation[C]//Proceedings of the Fourth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems. The Netherlands, July 2005
- [4] Pinyol I, Sabater-Mir J, Cuni G. How to talk about reputation using a common ontology: From definition to implementation[C]//Ninth Workshop on Trust in Agent Societies. 2007:90-102
- [5] Branchaud M, Flinn S. *Trust: A scalable trust management infrastructure[C]//Proceedings of Privacy, Security and Trust. Fredericton, Canada, 2004:207-218
- [6] Bonatti P, Duma C, Olmedilla D, et al. An integration of reputation-based and policy-based trust management [C]// Semantic Web and Policy Workshop. Galway, Ireland, Nov. 2005
- [7] Kailar R, Muralidhar V. A Security Architecture for Health Information Networks[C]//American Medical Informatics Association (AMIA) Symposium. Chicago, Nov. 2007:12-14
- [8] Mui L. Computational models of trust and reputation: Agents, evolutionary games, and social networks [D]. Cambridge, MA, USA: Massachusetts Institute of Technology, 2003
- [9] 李小勇, 桂小林. 大规模分布式环境下动态信任模型研究[J]. 软件学报, 2007, 18(06):1510-1521
- [10] Carbo J, Molina J, Davila J. Trust management through fuzzy reputation[J]. Int. Journal in Cooperative Information Systems, 2003, 12(1):135-155
- [11] Sabater J, Paolucci M, Conte R. Repute: Reputation and image among limited autonomous partners[J]. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 2006, 9(2)
- [12] Carter J, Bitting E, Ghorbani A. Reputation formalization for an information-sharing multi-agent system[J]. Computational Intelligence, 2002, 18(2):515-534
- [13] Valente A. Legal Knowledge Engineering-A modeling Approach [M]. Amsterdam: IOS Press, 1995
- [14] Viljanen L. Towards an ontology of trust[C]//Proceedings of the 2nd International Conference on Trust, Privacy and Security in Digital Business(TrustBus'05). Springer-Verlag, 2005
- [15] Huang Jingwei, Mark S. Fox. An ontology of trust: formal semantics and transitivity[C]//ICEC. 2006:259-270
- [16] Nardin L G, Brandao A A F, Sichman J S, et al. An Ontology Mapping Service to Support Agent Reputation Models Interoperability[C]//11th Workshop on Trust in Agent Societies. Estoril, Portugal, 2008
- [17] 文珠穆, 李瑞轩, 卢正鼎, 等. 多域环境中基于蚁群算法的抗攻击时态信任模型[J]. 计算机科学, 2009, 36(7):46-51