

SUPANET 信控管理平台的 UNI 和 NNI 研究

窦 军 曾华燊 陈文佳

(西南交通大学信息科学与技术学院 成都 610031)

摘要 单物理层用户数据传输与交换平台体系结构(SUPA)是由四川省网络通信技术重点实验室提出的、基于“面向以太网的物理帧时槽交换”(EPFTS)技术的下一代 Internet(NGI)体系结构。此前对 EPFTS 技术的研究主要针对用户数据交换平台(U-平台)。从 SUPA 第二阶段过渡的需要,进一步将信控管理平台(S&M-平台)的下部两层结构简化为单层 EPFTS 结构,从而形成 4 层的 S&M-平台。定义了该平台的用户-网络接口(UNI)和网络-网络接口(NNI)并对相关接口上的典型协议在新环境中进行了仿真,以证实其可行性。

关键词 下一代 Internet,单物理层用户数据传输与交换平台体系结构,面向以太网的物理帧时槽交换,用户-网络接口/网络-网络接口,服务质量

中图分类号 TP393 文献标识码 A

Research on UNI and NNI in Signaling & Management Platform of SUPANET

DOU Jun ZENG Hua-shen CHEN Wen-jia

(School of Information Science and Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract Single physical layer User-data transfer & switching Platform Architecture (SUPA) is one for Next Generation Internet (NGI), which is based on Ethernet-oriented Physical Frame Timeslot Switching (EPFTS) and defined by SC-Netcom. Unlike previous work, where EPFTS was confined in User-data platform, the work presented the second phase SUPA, where both the Signaling & Management platform (S&M-platform) and U-platform are based on EPFTS. Consequently, the S&M-platform was reduced to 4 layers only. User-Network Interface (UNI) and Network-Network Interface (NNI) in this new S&M-platform were defined and simulation on typical protocols in the platform had been carried out to validate their feasibility.

Keywords Next generation internet (NGI), Single physical layer user-data transfer & switching platform architecture (SUPA), Ethernet-oriented physical frame timeslot switching (EPFTS), User-network interface/network-network interface (UNI/NNI), Quality of service (QoS)

1 引言

尽管以太网技术始于局域网,但 30 多年来已经发展成为园区网、城域网的主流技术,即将成为广域网的主流技术。ITU-T, IEEE, IETF 和 MEF(城域以太网论坛)都成立了以太网标准研究组织。其中 ITU-T 主要关注运营商网络的体系结构方面的标准制定,其 SG13 和 SG15 研究组在城域以太网领域的工作重点是规范如何在不同的传送网上承载以太网帧,包括制订针对用户平面的以太网 UNI(用户-网络接口)和以太网 NNI(网络-网络接口)^[1]。

针对以太网技术与传统的 Internet 技术应用的广泛性和各自的特点,西南交通大学四川省网络通信技术重点实验室提出了下一代 Internet(NGI)体系结构 SUPA(单物理层用户数据传输与交换平台体系结构)^[2-5]。SUPA 采用带外信令的思想,将信令控制与管理平台(简称“信控管理平台”,S&M-平台, S&M-Platform)与用户数据交换平台(简称用户平台, U-平台, U-Platform)分离,进而将用户平台简化为单物理层

结构。针对以太网帧在各类网络中的广泛应用前景, SUPA 采用面向以太网的物理帧时槽交换(Ethernet-oriented Physical Frame Timeslot Switching, EPFTS)^[6-8]技术,解决各类数据链路帧或其他应用数据的运载与适配问题,进而将成帧、帧交换和在 DWDM 环境中对单波长信道的多粒度复用技术融为一体。为了保持与现有 Internet 的互联互通能力,在过渡阶段, SUPANET 的“信控管理平台”保持 Internet 原 5 层结构,但增加必需的新功能。

SUPANET 在用户数据传输与交换上,基于面向以太网的物理帧(Ethernet-oriented Physical Frame, EPF)^[6-8],提供面向连接的物理层的“交换、永久虚线路服务”(Switched/Permanent Virtual Line Service),从而为用户数据穿越 SUPA 域提供物理层的端到端的“虚隧道服务”(Virtual Tunneling Service)。SUPANET 用户平台的物理虚线路和端到端隧道的建立,由 S&M-平台上的服务质量协商协议(QoS/NP)和路由选择协议等功能负责。在 SUPA 第一阶段,上述活动将在传统 Internet 的 5 层结构上进行。

到稿日期:2008-10-20 本文受国家自然科学基金(60773102)资助。

窦 军(1963-),男,副教授,博士研究生,主要研究方向为网络体系结构, E-mail: doujun@126.com; 曾华燊(1945-),男,教授,主要研究方向为网络体系结构、网络与通信技术; 陈文佳(1987-),男,硕士生,主要研究方向为网络与通信技术。

本文反映的工作是 SUPANET 第二阶段的研究工作, 它将 SUPANET 的 U-平台和 S&M-平台都置于 EPFTS 之上, 从而将现有的 5 层 S&M-平台进一步简化为 4 层, 为将来第 3 阶段该平台进一步简化和优化做准备。本文的工作反映第 2 阶段 S&M-平台的研究进展, 包括“信控管理平台的 UNI” (UNI_{SM}) 和“信控管理平台的 NNI” (NNI_{SM}) 接口的定义和对该平台上的典型协议的仿真, 重点是与信令相关的协议。实验结果表明了这一简化的可行性。

2 SUPA 信控管理平台的信令体系结构

如图 1 所示, SUPA 域内的信令系统按信令交换对象的不同, 可分为 UNI_{SM}, NNI_{SM} 和 UUI_{SM} (信控管理平台的用户-用户接口) 信令。SUPA 信令系统除涉及由 SUPA 中间系统 (SUPA 网络节点) 组成通信子网外, 还可能涉及 OSI/RM 定义的端系统, 即 SUPA 端系统。

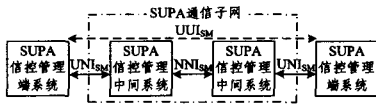


图 1 SUPA 信令接口分类

SUPA 中间系统由两部分组成, 即 U-平台上的单物理层结构部件和 S&M-平台上包括应用层在内的多层部件; 图 1 中的中间系统代表后者。它们是信令源节点、目的节点或应用层的信令转发节点 (网关), 因此本质上是一类特殊的端系统, 即“信控管理端系统” (S&M-End-system)。上述 3 类信令有可能涉及该平台相关接口上的多层协议, 包括多种应用层的信令 (控制) 协议。例如, SUPANET 的呼叫准入控制协议 (Call Admission Protocol, CAP)^[3] 在 UNI_{SM} 接口上交换信令, 在边界 SUPA 中间系统上根据网络不同拥塞程度和呼叫控制算法对不同连接请求实施超前拥塞预防控制, 因此它是 UNI_{SM} 上的局部“应用层信控协议”。应当指出: 为边界中间系统提供简单的呼叫准入控制依据, 必须在 SUPA 域内按照特定方式交换流量分布规律和拥塞信息并按照预定的算法决策。而相关信息的交换则需要涉及 NNI_{SM} 和其他信令协议。

服务质量协商协议 (QoS Negotiation Protocol, QoS-NP)^[3] 在概念上则是 UUI_{SM} 上的应用层信令控制协议, 它在一对 SUPA 端系统和多个中间系统组成的 S&M-平台上的应用层实体之间, 以服务质量为基础进行建立连接的协商。其逐段协商与确认过程既涉及 UNI_{SM}, 也涉及 NNI_{SM}, 端到端连接的成功最终由端到端确认标识。协商发起端可能是 SUPANET 端系统或 Internet-SUPA 网关。

另一类特殊的端到端 UUI_{SM} 信令控制协议——连接拆除协议 (Connection Ending Protocol, CEP)^[3] 从概念上讲是 UUI_{SM} 上的端到端的虚线路拆除协商协议, 在通信子网中仅涉及单层 EPFTS 平台, 直接利用 S&M-平台的 UNI_{SM}、NNI_{SM} 物理层命令或利用 U-平台上用户数据的最后一个 EPF“捎带”完成。

3 SUPA 信令协议

3.1 两种 SUPA 信令协议结构

由于 SUPA 信令的发展必须经历与 Internet 兼容的过渡

阶段和将来的全 EPFTS 支撑阶段, 而这两个阶段之间尽管有共性, 但许多情况将有所不同, 因此本文提出基于以太网的 IP 协议栈 (简称基于 IP 协议栈) 和基于 EPFTS 的 SUPA UNI_{SM}/NNI_{SM} 的信令协议结构 (如图 2 所示), 以适应 SUPANET 的这两个阶段, 并且保证 SUPA 节点之间同一种 SUPA 信令协议结构中信令的正确传送。

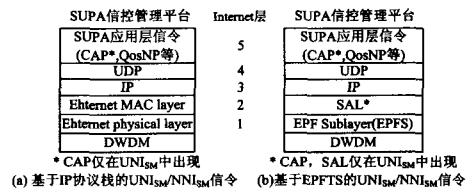


图 2 SUPA 信令协议结构

图 2(a) 是 SUPA 前期研究提出的采用基于 IP 协议栈的信令协议结构^[2-5], 它只考虑了端到端的应用层信令协议, 信令使用特定端口号的 UDP 传送 (详见 4 节描述), 在传统, Internet 的 5 层结构上, 其下部两层结构与用户平台的单层 EPFTS 结构不同, 因而存在平台间协调复杂和影响信令执行效率的问题。为此, 本文从 SUPA 过渡阶段的需要, 进一步将 5 层信控管理平台的下部两层结构简化为单层 EPFTS 结构, 从而形成 4 层的基于 EPFTS 的层次化 NNI_{SM} 信令体系结构, 如图 2(b) 所示, SUPA 信令可使用特定端口号的 UDP 通过预定义的信令 VLI 值的 EPF 传送 (详见 3.2 节描述)。图 2 中的 SAL (Stream Adaptation Layer, 流适配层) 是 SUPA 端系统中应用层数据流与 EPF 子层之间的数据长度和速率适配功能层。

这两种信令协议结构的 SUPA 应用层信令协议都包括已定义的 QoSNP, CEP 和流量监控与信息交换协议 (TMEP), 具有全局或端到端的性质, 位于每个交换节点的信控管理平台的应用层实体。NNI_{SM} 上局部的其它信息 (局部流控/拥塞控制信息、波长/光纤断路信息等) 仅在邻节点间交换, 不一定扩散到其他节点, 以提高信令的执行效率。

3.2 基于 EPFTS 的 SUPA 信令协议流程

图 3 中端系统是同时支持图 2 中两种信令协议结构的 Internet-SUPA 网关, 而中间系统支持图 2(b) 的信令协议结构。

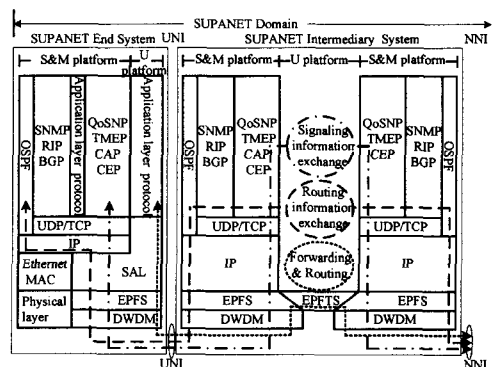


图 3 基于 EPFTS 的 SUPANET 信令数据流向示意图

图 3 中虚线表示信控管理平台上路由选择协议 (如 OSPF) 的双向路由信息数据流。图 3 中的点划线表示对应图 2 (b) 的基于 EPFTS 的信控管理平台的双向信令数据流, 点线

则表示基于 EPF 的用户数据流。为了区别信控管理 EPF 与用户数据 EPF, 本文提出一种从 EPF 子层 (EPF sublayer, EPFS) 直接区别这两大类 EPF 的通用方式: 利用 EPF 头部的 2bit 的保留位, 定义相应控制字段, 其中 1bit 定义为控制/用户数据位 (Control/User-Data bit) 用于区分这两大类 EPF, 但究竟是何类信息仍然要在高层区别; 另 1bit 定义为流控和/或拥塞控制 (Congestion and/ or Traffic bit) 用以支持流控和/或拥塞控制。

在相当长的与 Internet 兼容的过渡时期, QoSNP 必须先在全 EPF 栈中执行。在全 EPF 栈支撑时期, 如果在基于 EPF 的信控管理平台上执行 QoSNP, 由于不能借用传统 IP 路由表 (因为 QoSNP 本身没有构建 IP 路由表的功能), 因而需要建立在全 EPF 栈支撑下具有 SUPA 节点标识、节点发现等功能的基于 QoS 的波长路由协议 (QoS-based Lambda Routing Protocol, QLR), 用于 U-Platform 的 VL 选择波长和虚波长通路, 然后在其建立的 SUPA 的 QoS 波长路径转发表基础上才能执行 QoSNP。

为此, 本文提出了 SUPA PVLI (permanence VLI, 永久虚线路标识) 的概念, 建议保留 127 (含 127) 以内的 VLI 值 (16bit), 保留给 SUPA 信控、管理、检测以及将来的扩展使用, 而用户平台的 VLI 只能使用大于 127 的值, 用户数据虚通路 (VP) 的 VLI 仍然采用交换虚线路 (SVL) 方式通过 QoSNP 动态分配。本文采用信令路径与相关的数据路径一致 (在网络中通过相同的节点和接口), 以减少信令系统复杂性。

这种方法可以不依赖 Internet 协议栈, 在值为 0~127 的 VLI (虚线路标识) 中指定一个来标识某种信令协议的信令专用虚线路。VLI 值指定的方法可以采用预先为各种信令协议各自分配一个全网统一的 VLI 值 (即预定义的信令 VLI 值, 如统一配置 QoSNP 的 VLI 为 1); 也可以采用全网各节点独立地从 0~127 中预先分配一个本地唯一的 VLI 值给某种信令协议, 使得各节点的分配值即使不同, 但都指示同一种信令协议 (如 QoSNP)。

无论采用上述哪种 VLI 值预先配置方式, QoSNP 在 SUPA 基于 QoS 的波长路由协议 (QLR) 建立的路径转发表的基础上, 就能完成 QoSNP 原有的相应功能, 为用户数据虚通路 (VP) 的动态分配大于 127 的 VLI 值。为此, 本文提出采用 OSPF 路由选择协议, 并进行必要的扩展用以实现 SUPA 的 QLR。

与此类似, 其它信令 (如, 路由信息, 局部流控、局部拥塞控制信息、波长/光纤断路信息, 测试信息) 协议也可以采用分配相应唯一的 VLI 作为信令 VLI。目前建议小于 16 的 VLI 为 SUPA 系统保留 PVLI 值, 大于 15 小于 128 的是保留给用户使用的 PVLI 值。SUPA PVLI 值的 1 到 4 保留给 QoSNP, TMEP, CAP 和 CEP, 5 到 8 分配给路由信息、局部流控/局部拥塞控制信息、波长/光纤断路信息、测试信息。

4 SUPANET UNI 和 NNI 信令仿真

目前, 在 SUPANET 中, 所有的专用的应用信令控制协议 (QoSNP, TMEP 和 CAP 等) 都是采用 UDP 协议作为其传送层的承载协议, UDP 端口号为 400 (今后需经 IETF 批准)。SUPA 定义的通用 PDU 格式详见文献 [9], 其通用 PDU 格式的协议头中的“协议编号”字段用来区分不同的 SUPANET

专用协议, 如“01”代表 QoSNP; “02”代表 TMEP; “03”代表 CAP; “04”代表 CEP 等。“PDU 类型”用来标识不同的消息类型。

4.1 基于动态路由的 SUPA 信令仿真

本文以 QoSNP 为主, 仿真研究基于动态路由的 SUPA 信令工作流程, 即, 考虑二次选径, 解决文献 [9] 中 QoSNP 只是基于传统路由表选择下一跳节点的问题。图 4 是比文献 [9] “线型”仿真拓扑更具代表性的 SUPANET 仿真拓扑: 各链路都采用全双工通信, host1, host2 为 SUPA 端系统; R1, R2 为 SUPA 边界在中间系统, 其它节点均为 SUPA 中间系统。该仿真环境中各 SUPA 节点均兼容 Internet 协议栈且仍采用 IP 地址标识各端口, SUPA 中间系统都执行 OSPF 动态路由选择协议, 同时 QoSNP 协议能够获得传统 IP 路由机制的支持, 访问传统的 IP 路由表。

图 4 中 host1, host2 分别与 R1, R6 边界在中间系统之间执行 UNI_{SM} 协议, 其余节点间执行 NNI_{SM} 协议。这里假定 host1 使用 UNI_{SM} 协议发出的协商请求都能得到边界中间系统 R1 接入许可, 仿真主要考虑的是 host1 与 host2 之间执行 QoSNP 进行协商的时序流程, QoSNP 采用“两次单向协商” (TSDN-Twice Single-Direction Negotiation) 协商模式 [9], 各中间系统的初始资源配额数如图 4 所示。

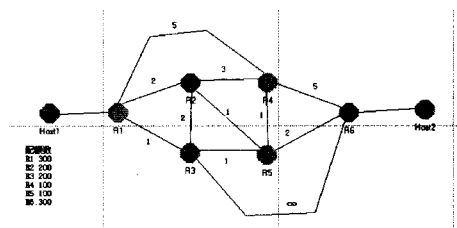


图 4 SUPANET 仿真拓扑结构图

4.2 二次选径原理

由于 QoSNP 首先通过查询 IP 路由表来确定要请求的下一跳节点, 一旦 SUPA 中间系统不能满足请求资源 (如配额) 时, 将导致本次虚线路连接路径上的 QoSNP 协商失败 [9], 而此时网络中实际上可能还存在别的满足请求资源 (如配额) 的路径, 尽管不是最短路径优先算法 (如 OSPF) 意义上的最短路径。

针对上述情况, 本仿真实验在整个网络 (中间系统) 执行动态路由选择协议 OSPF, 当链路状态 (度量值, 如图 4 中链路上的标识的数字, 表示时延等) 发生变化时, 路由重构 (链路状态稳态时, 各中间系统中都得到经 Dijkstra 算法计算后的本节点到其它节点的最短路径)。

因此在 OSPF 路由选择协议的基础上, 结合 SUPANET 的特点, 本仿真在 QoSNP 中又增加了一些二次选径过程 (此时 QoSNP 选取的下一跳, 不一定是基于最短路径的传统路由表中的下一跳): 当资源申请不成功时, 申请消息将会向上游节点回退, 上游节点收到申请失败消息后, 进行二次选径, 此次是选出“可用”节点中所拥有资源最小的节点 (即下游节点), 然后再向此节点发送连接申请消息, 若选出来的下游节点与当前节点 (这里的当前节点是指前面一句里的“上游节点”) 的上游节点之间链路的总耗费 (经过当前节点) 大于上游节点直接到下游节点的耗费 (这两个节点若直接相连), 则“此

连接”的路由将会重定向。若在当前节点中找不到符合要求的节点,则继续向它的上游节点回退,直至到达源端节点的边界中间系统,此时如果仍没找到,则向源端节点发送连接失败消息。整个连接建立的过程中,各中间系统间发出的消息中携带着所经过的节点标识。

4.3 仿真实验

在仿真的建模过程中,构造了3种表:网络邻接表、各中间系统的邻居表和路由表。其中网络邻接表记录了在每个网段的中间系统,用于计算路由表;邻居表中记载了相邻节点与本节点连接的IP地址、相邻节点的标识、本节点与之相邻的接口以及此相邻节点所拥有的资源配额数。

路由表的形成过程:依次搜索网络邻接表,每搜索一项得到此网络相连的两个中间系统,然后分别算出到这两个中间系统的度量值,取度量值最小的中间系统,然后根据最短路径得到下一跳中间系统,将表项添加到路由表中。当链路状态改变(度量值改变或链路断开)时,重新执行Dijkstra算法。当SUPA网络节点(SUPA中间系统)的资源发生变化后,会通知其他相邻节点,相邻节点收到信息后改变邻居表中的度量值。

在整个仿真过程中,host1向host2先后发起4次连接请求。其中,第一次(第0秒),各SUPA网络节点都能满足此连接所需要的资源,虚线路连接路径为:R1->R3->R5->R6;第二次(第1秒)连接申请,尽管host1得到边界中间系统R1的接入许可,但R5不能提供足够的资源,申请回退到R3,R3通过二次选径查出R2的可用资源最小且能满足此次连接的资源所需,从而向R2发出申请消息,虚线路连接路径为:R1->R2->R4->R6。

在前两个连接已经建好的同时,第三次(第3秒)申请发起,此次信令先从R1->R3,此时R3无法提供所需资源,因此R1向R2发送请求,而R2通过查找后发觉相邻节点都没有可用资源,所以向R1发送否定消息,至此,R1相邻的路径都走不通,连接失败。

前述两个连接的数据传输结束后,连接释放。之后,网络中物理链路状态发生改变(R1与R4间链路时延变为1,R2与R5间时延变为5,R3与R5间时延变为2),路由重构,各中间系统重新计算路由表,第四次(第13秒)连接建立过程中路径的选择是按新的路由表(不同于前面的路由表)进行的,虚线路连接路径为:R1->R4->R5->R6。

4.4 仿真结论

图5说明了6个SUPA中间系统所拥有的资源配额变化情况。从上述仿真看出:4次不同情况下,两个SUPA端系统通过SUPA中间系统的信令传送仿真了QoS协商连接的建立过程;仿真过程中,各SUPA中间系统资源配额得到正确的分配和释放。

值得注意的是由于OSPF基于IP,没有使用UDP,因此本仿真实验采用信令VLI值为5的EPF帧来传递OSPF消息,使用Dijkstra算法,动态构建IP路由表,同样得到前面的仿真结果。这种设计有利于SUPA从Internet兼容的过渡阶段到将来的全EPFTS支撑阶段的过渡。当然具体实现还需做大量工作,目前的工作无疑对后期的具体实现有较好的指导作用,以此进一步研究和优化基于EPFTS的信控管理平台 and 相应建立的基于EPF的信令通道的功能,并为建立基于

QoS的波长路由、流量控制、资源管理等信令协议提供有力的支持。

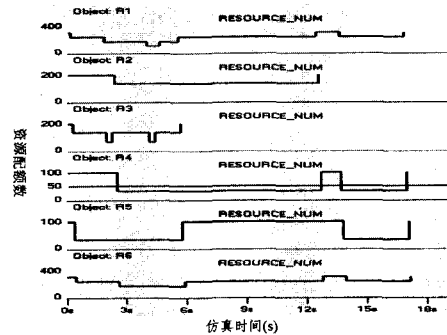


图5 各SUPA中间系统所拥有的资源配额变化情况

结束语 本文提出了基于EPFTS的信控管理平台的概念,定义了SUPA的信控管理平台的UNI和NNI,仿真验证了UNI_{SM}/NNI_{SM}上基于动态路由的QoSNP协议的可行性。将以太网技术和Internet技术的巧妙结合正是SUPA所努力实现的目标。目前我们已经进行了传统以太网单播/组播接入SUPANET、802.16无线网接入SUPANET以及SUPA VPN技术等的初步研究。进一步的研究需要强化SUPA UNI对于多种边缘网络的接入能力,简化和优化SUPA NNI,并且以此实现现有Internet向真正具有QoS保证的NGI的顺利过渡。

参考文献

- [1] ITU-T Recommendation G.8012/Y.1308, Ethernet UNI and Ethernet NNI[R]. ITU-T, 2004
- [2] Zeng Huaxin, Dou Jun, Xu Dengyuan. Single physical layer U-plane Architecture (SUPA) for Next Generation Internet[J]. Comprehensive Report on VoIP and enhanced IP Communications Services, IEC, 2004; 197-227
- [3] Dou Jun, Zeng Huaxin, Wang Haiying. 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), 2004. LNCS3320. Berlin: Springer, 2004; 429-440
- [4] 曾华荣, 窦军, 汪海鹰. 论“单物理层的用户数据传输平面体系结构”-SUPANET[J]. 计算机应用, 2004, 24(6): 1-5
- [5] 窦军, 曾华荣, 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
- [6] Zeng Huaxin, Xu Dengyuan, Dou Jun. Promotion of Physical Frame Timeslot Switching (PFTS) over DWDM[J]. Annual Review of Communications, IEC, 2004, 57: 809-826
- [7] 曾华荣, 许登元, 郭子荣, 等. SUPANET 中的物理帧时槽交换技术[J]. 计算机应用, 2004, 24(6): 6-9
- [8] Xu Dengyuan, Zeng Huaxin, 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), 2004. LNCS3320. Berlin: Springer, 2004; 383-395
- [9] 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