

近年来，网络数据业务发展迅速，宽带用户呈爆炸式的增长，运营商在采用 xDSL，LAN，HFC，无线等多种接入方式的同时，为了构建一个可运营、可管理、可盈利的宽带网络，十分关心如何有效地完成用户的管理，PPPoE 就是随之出现的多种认证技术中的一种。

1 PPPoE 协议概述

1.1 PPPoE 的工作原理

PPPoE(PPP over Ethernet)是在以太网上建立 PPP 连接，由于以太网技术十分成熟且使用广泛，而 PPP 协议在传统的拨号上网应用中显示出良好的可扩展性和优质的管理控制机制，二者结合而成的 PPPoE 协议得到了宽带接入运营商的认可并广为采用。

PPPoE 建立过程可以分为 Discovery 阶段和 PPP 会话阶段。Discovery 阶段是一个无状态的阶段，该阶段主要是选择接入服务器，确定所要建立的 PPP 会话标识符 Session ID，同时获得对方点到点的连接信息；PPP 会话阶段执行标准的 PPP 过程。

一个典型的 Discovery 阶段包括以下 4 个步骤：

(1)主机首先主动发送广播包 PADI 寻找接入服务器，PADI 必须至少包含一个服务名称类型的 TAG，以表明主机所要求提供的服务。

(2)接入服务器收到包后如果可以提供主机要求

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1

以太网类=0x8863/8864 版本(Ver)类型(Type)编码(CODE)

会话 ID(Session ID)长度(Length)

净荷(Payload)

(3)主机在回应 PADO 的接入服务器中选择一个合适的，并发送 PADR 告知接入服务器，PADR 中必须声明向接入服务器请求的服务种类。

(4)接入服务器收到 PADR 包后开始为用户分配一个唯一的会话标识符 Session ID，启动 PPP 状态机以准备开始 PPP 会话，并发送一个会话确认包 PADS。

主机收到 PADS 后，双方进入 PPP 会话阶段。在会话阶段，PPPoE 的以太网类域设置为 0x8864，CODE 为 0x00，Session ID 必须是 Discovery 阶段所分配的值。

PPP 会话阶段主要是 LCP、认证、NCP 3 个协议的协商过程，LCP 阶段主要完成建立、配置和检测数据链路连接，认证协议类型由 LCP 协商(CHAP 或者 PAP)，NCP 是一个协议族，用于配置不同的网络层协议，常用的是 IP 控制协议(IPCP)，它负责配置用户的 IP 和 DNS 等工作。

PADT 包是会话中止包，它可以由会话双方的任意一方发起，但必须是会话建立之后才有效。

1.2 PPPoE 的特点

PPPoE 不仅有以太网的快速简便的特点，同时还有 PPP 的强大功能，任何能被 PPP 封装的协议都可以通过 PPPoE 传输，此外还有如下

特点：

(1)PPPoE 很容易检查到用户下线，可通过一个 PPP 会话的建立和释放对用户进行基于时长或流量的统计，计费方式灵活方便。

(2)PPPoE 可以提供动态 IP 地址分配方式，用户无需任何配置，网管维护简单，无需添加设备就可解决 IP 地址短缺问题，同时根据分配的 IP 地址，可以很好地定位用户在本网内的活动。

(3)用户通过免费的 PPPoE 客户端软件(如 EnterNet)，输入用户名和密码就可以上网，跟传统的拨号上网差不多，最大程度地延续了用户的习惯，从运营商的角度来看，PPPoE 对其现存的网络结构进行变更也很小。

DSLAM 是 ADSL 汇聚设备，其内核采用 ATM 或 IP 但上联口为以太网口，BAS 是局端实现 PPPoE 功能的接入服务器，它终结由用户侧发起的 PPPoE 进程。下行的以太帧从 IP 城域网路由器送到 BAS，被加上 PPPoE 的头后送到 DSLAM 封装成 AAL5 帧，经过交叉模块发送到 ADSL Modem，由其完成 AAL5 帧重组并解出以太帧发送到客户端，客户端从 PPPoE 包中取出 IP 数据包。

上行的 PPPoE 包在 ADSL Modem 中封装成 AAL5 帧，由 ATM 信元传输到局端的 DSLAM，DSLAM 负责终结 ATM，重新组合出 PPPoE 包，并通过设好的 PVC(永久虚电路)传送到 BAS 处理。

从上面可以看出，PPPoE 将 PPP 承载到以太网之上，实质是在共享介质的网络上提供一条逻辑上的点到点链路，对用户而言，在 DSLAM 和 ADSL Modem 之间的 ATM 传输是透明的，如果将中间的 DSLAM 和 ADSL Modem 换成有线电视的接入设备，就是典型的 HFC 接入，BAS 对 PPPoE 包的处理方式不变。

3 PPPoE 在 BAS 上的实现

PPPoE 拨号软件在应用中已经很成熟(Windows XP 中自带)，下面重点讨论 PPPoE 在接入服务器 BAS 中的实现方式。

3.1 PPPoE 的效率

从 PPPoE 协议模型可以看出，BAS 汇聚了用户的所有数据流，它必须将每一个 PPPoE 包都拆开检查处理，这在很大程度上是沿袭了传统的 PPP 处理的方式，虽然有很好的安全性，但一旦用户很多，数据包数量很大，解封装速度就需要很快，BAS 很大的精力花在检测用户的数据包上，容易形成接入的“瓶颈”。

为此，在 BAS 的硬件结构上可以采用分布式网络处理器(NP)和 ASIC 芯片设计。网络处理器是专门针对电信网络设备而开发的专用处理器，它有一套专门的指令集，用于处理电信网络的各种协议和业务，

可以大大提高设备的处理能力。同时，ASIC 芯片转发数据包时接近硬件的转发性能，远非 CPU 软件方式可比，采用这种方式将 PPPoE 数据流的处理与转发分开，工作效率大大提高。此外在软件系统结构上还应该与其他技术相结合，更好地发挥 PPPoE 的性能。

3.2 PPPoE 与 VLAN 的结合

VLAN 即虚拟局域网，是一种通过将局域网内的设备逻辑地划分成一个个不同的网段，从而实现虚拟工作组的技术。划分 VLAN 的目的，一是提高网络安全性，不同 VLAN 的数据不能自由交流，需要接受第三层的检验；二是隔离广播信息，划分 VLAN 后，广播域缩小，有利于改善网络性能，能够将广播风暴控制在一个 VLAN 内部。

PPPoE 是一个客户端/服务器协议，客户端需要发送 PADI 包寻找 BAS，因此它必须同 BAS 在同一个广播式的二层网络内，与 VLAN 的结合很好地解决了这方面的安全隐患。此外通过将不同业务类型的用户分配到不同的 VLAN 处理，可以灵活地开展业务，加快处理流程，当然 VLAN 的规划必须在二层设备和 BAS 之间统一协调。

BAS 收到上行的 PPPoE 包后，首先判别 VLAN ID 的所属类别，如果是普通的拨号用户，则确定是 Discovery 阶段还是会话阶段的数据包，并严格按照 PPPoE 协议处理。在会话阶段，根据不同的用户类型从不同的地址池中向用户分配 IP 地址，地址池由上层网管配置。如果是已经通过认证的用户的的数据包，则根据该用户的服务类型处理，比如，如果是本地认证的拨号用户，且对方也申请有同样的功能，则直接由本地转发。

如果是专线用户，则不用经过 PPPoE 复杂的认证过程，直接根据用户的 VLAN ID 便可进入专线用户处理流程，接入速度大大提高。此外为了统一网管，在 BAS 与其他设备之间需要通信，这些数据包是内部数据包，也可根据 VLAN ID 来辨别。

对于下行数据，由于 BAS 负责分配和解析用户的 IP，兼有网关的功能，它收到数据包的目的 IP 是用户的，因此以 IP 为索引查找用户的信息比根据 MAC 要方便得多，这一点与普通的交换机有所不同，具体过程跟上行处理差不多。

3.3 PPPoE 对多业务选择的支持

多业务选择指的是用户通过一条终结到 BAS 的 PPP 连接来自主地选择后台网络运营商所提供的多种业务。之所以要支持多业务的选择，一方面是因为各种业务的具体实现在技术上的侧重点是不同的，对网络性能的要求也不尽相同，以前采取的固定分配的方式非常不便；另一方面，从网络应用的发展看，网络内容服务供应商 ICP 与网络接入商 ISP 的分离是必然趋势，在接入汇聚侧，ISP 必须严格保证将用户选择的业务流转发到相应的 ICP 中去。

目前采用的方法是用户先在 PPPoE 拨号软件中选择相应的业务，然后对用户进行业务授权确认，最后激活 BAS 内部相应的处理模块。但是采用这种方式，用户只能知道业务的名字，无法直观地、全面地获知 BAS 提供的各种业务类型，特别是在新业务的开展上十分困难，有很大的局限性。

因此可以将 BAS 与后台业务选择网关及 RADIUS 服务器相配合，采取先认证后选择业务的方式，具体操作如下：

(1)主机发送 PADI 寻找 BAS，PADI 中包含一个服务名类型的 TAG，它的值为空，表示该用户可以接受任何类型的服务。

(2)BAS 收到包后回送 PADO，PADO 中包含所有可以提供的服务的 TAG，同时，还包含一个服务名为 General 的 TAG。

(3)主机发送 PADR。用户选择已知的服务名，也可以选择 General 服务。

(4)BAS 收到 PADR 包后为用户分配资源，并开始 PPP 协商过程。在 PPP 过程中，BAS 将用户输入的账号和密码等信息送到 RADIUS 服务器上认证。

(5)通过认证的用户，享受 BAS 提供的该项服务，但如果选择的是 General，则被强制访问与 BAS 直连的服务选择网关。后台的服务选择网关是一台具有 Web Server 功能的服务器，用户可以通过 Web 的交互式界面得到可选择业务的相关信息(包括费用、带宽等)，同时显示该用户账号对应的信息。

(6)用户选择相应的业务，同时服务选择网关会定义各种用户的业务范围和操作权限。

(7)服务选择网关激活接入服务器内部相应的业务模型实现该业务。以上方式是严格按照 PPPoE 协议执行的，与当前流行的拨号软件完全兼容，如果用户对其他的业务根本不感兴趣而对已申请的业务非常熟悉，也不影响用户的习惯。

从 BAS 的角度考虑，PPPoE 的操作流程也没有什么改变，只是多添了一种服务类型而已。如果运营商当前没有服务选择网关，可以通过网管配置，在对 PADI 包的回应时不包含 General 服务就可以了。

对于运营商来说，采用以上方式不仅大大提高了接入用户操作的透明度，还可以起到业务门户的作用，为下一步的服务扩展提供空间，而且从宽带接入网以后发展的趋势来看，按需分配与业务类型相应的带宽和 QoS 是必然的，PPPoE 的这种业务选择运营模式是今后业务选择的发展方向。

3.4 PPPoE 对组播的支持

PPPoE 本身是一个点到点的协议，每一个用户与 BAS 之间都有一条 PPP 的连接，用户与 BAS 之间是通过这条链路经二层设备以单播的形式传输数据。但是随着网上视频业务的不断发展，人们对带宽的需求越来越大，PPPoE 对组播的支持显得非常重要。PPPoE 所支持的组播协议通常指的是二层组播协议 IGMP proxy 或 IGMP Snooping，采取的基本方法是对每个组播数据包分组传送，下面分析这两种协议的实现方式。

3.4.1 IGMP Snooping

IGMP Snooping 是靠侦听用户与路由器之间通信的 IGMP 报文维护组播地址和 VLAN 的对应表的对应关系，它将同一组播组的活动成员映射为一个 VLAN，在收到组播数据包后，仅向该组播组所对应的 VLAN 成员转发。主要操作流程如下：

(1)主机与 BAS 进行 PPPoE 协商，通过 PPPoE 认证。

(2)主机向路由器发送 IGMP 成员报告包，BAS 监听到该包，并从 PPPoE 数据包中得到组播组的地址，将该用户添加到对应的 VLAN，如果该用户是组播组的第一个用户，则为此组播组产生一个组播条目，并将该报文转发至上层路由器以更新组播路由表。

(3)BAS 收到路由器的组播数据报文时，根据组播 MAC 地址和组播 IP 地址的对应关系，找到对应的 VLAN，然后将数据包封装成 PPPoE 的会话包，向 VLAN 内的成员转发。

(4)当收到来自主机的申请离开组播组的包时，BAS 把收到该包的端口从相应的 VLAN 中删除，若该用户是组播组最后一个用户(此时 VLAN 为空)，则把该 VLAN 删除，并把该包内容通过上行端口转发出去。IGMP Snooping 的规则比较简单，下行方向透传查询包，上行方向根据需要转发加入或离开包，但要求 BAS 必须有 3 层提取功能，它对于主机和路由器是透明的。

3.4.2IGMP Proxy

IGMP Proxy 是靠拦截用户和路由器之间的 IGMP 报文建立组播表，Proxy 设备的上联端口执行主机的角色，下联端口执行路由器的角色。

下面是简要流程：

(1)主机与 BAS 进行 PPPoE 协商，通过 PPPoE 认证。

(2)上联端口执行主机的角色，响应来自路由器的查询，当新增用户组或者某组最后一个用户退出时，主动发送成员报告包或者离开包。

(3)下行方向的业务包按照组播表进行转发。

(4)下联端口执行路由器的角色，完全按照 IGMP V2 中规定的机制执行，包括查询者选举机制，定期发送通用查询信息，收到离开包时发送特定查询等。IGMP Proxy 在两个端口分别实现不同的功能，工作量相对较大，其优点是当网络中没有路由器时，IGMP Proxy 设备可以起到查询者的作用，而且如果要扩展组播路由功能，Proxy 比 Snooping 方便。考虑到 BAS 复制 PPPoE 多播数据对底层设备造成的巨大压力，而且当前的交换机和部分 DSLAM(尤其是以 IP 为内核的 DSLAM)已经开始支持二层组播,所以从发展的角度看采用 IGMP Proxy 更好一些。

4 结束语

采用 NP 的硬件结构以及 PPPoE+VLAN 的设计思想，大大提高了 PPPoE 的效率、安全性和可管理性，而增加 PPPoE 多业务选择和组播业务的支持，向用户提供优质灵活的服务，将为正在蓬勃发展的宽带建设注入新的活力。近年来，网络数据业务发展迅速，宽带用户呈爆炸式的增长，运营商在采用 xDSL，LAN，HFC，无线等多种接入方式的同时，为了构建一个可运营、可管理、可盈利的宽带网络，十分关心如何有效地完成用户的管理，PPPoE 就是随之出现的多种认证技术中的一种。

1PPPoE 协议概述

1.1PPPoE 的工作原理

PPPoE(PPP over Ethernet)是在以太网上建立 PPP 连接，由于以太网技术十分成熟且使用广泛，而 PPP 协议在传统的拨号上网应用中显示出良好的可扩展性和优质的管理控制机制，二者结合而成的 PPPoE 协议得到了宽带接入运营商的认可并广为采用。

PPPoE 建立过程可以分为 Discovery 阶段和 PPP 会话阶段。Discovery 阶段是一个无状态的阶段，该阶段主要是选择接入服务器，确定所要建立的 PPP 会话标识符 Session ID，同时获得对方点到点的连接信息；PPP 会话阶段执行标准的 PPP 过程。

一个典型的 Discovery 阶段包括以下 4 个步骤：

(1)主机首先主动发送广播包 PADI 寻找接入服务器，PADI 必须至少包含一个服务名称类型的 TAG，以表明主机所要求提供的服务。

(2)接入服务器收到包后如果可以提供主机要求

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1

以太网类=0x8863/8864 版本(Ver)类型(Type)编码(CODE)

会话 ID(Session ID)长度(Length)

净荷(Payload)

(3)主机在回应 PADO 的接入服务器中选择一个合适的，并发送 PADR 告知接入服务器，PADR 中必须声明向接入服务器请求的服务种类。

(4)接入服务器收到 PADR 包后开始为用户分配一个唯一的会话标识符 Session ID，启动 PPP 状态机以准备开始 PPP 会话，并发送一个会话确认包 PADS。

主机收到 PADS 后，双方进入 PPP 会话阶段。在会话阶段，PPPoE 的以太网类域设置为 0x8864，CODE 为 0x00，Session ID 必须是 Discovery 阶段所分配的值。

PPP 会话阶段主要是 LCP、认证、NCP 3 个协议的协商过程，LCP 阶段主要完成建立、配置和检测数据链路连接，认证协议类型由 LCP 协商(CHAP 或者 PAP)，NCP 是一个协议族，用于配置不同的网络层协议，常用的是 IP 控制协议(IPCP)，它负责配置用户的 IP 和 DNS 等工作。

PADT 包是会话中止包，它可以由会话双方的任意一方发起，但必须是会话建立之后才有效。

1.2 PPPoE 的特点

PPPoE 不仅有以太网的快速简便的特点，同时还有 PPP 的强大功能，任何能被 PPP 封装的协议都可以通过 PPPoE 传输，此外还有如下

特点:

(1)PPPoE 很容易检查到用户下线,可通过一个 PPP 会话的建立和释放对用户进行基于时长或流量的统计,计费方式灵活方便。

(2)PPPoE 可以提供动态 IP 地址分配方式,用户无需任何配置,网管维护简单,无需添加设备就可解决 IP 地址短缺问题,同时根据分配的 IP 地址,可以很好地定位用户在本网内的活动。

(3)用户通过免费的 PPPoE 客户端软件(如 EnterNet),输入用户名和密码就可以上网,跟传统的拨号上网差不多,最大程度地延续了用户的习惯,从运营商的角度来看,PPPoE 对其现存的网络结构进行变更也很小。

DSLAM 是 ADSL 汇聚设备,其内核采用 ATM 或 IP 但上联口为以太网口,BAS 是局端实现 PPPoE 功能的接入服务器,它终结由用户侧发起的 PPPoE 进程。下行的以太帧从 IP 城域网经路由器送到 BAS,被加上 PPPoE 的头后送到 DSLAM 封装成 AAL5 帧,经过交叉模块发送到 ADSL Modem,由其完成 AAL5 帧重组并解出以太帧发送到客户端,客户端从 PPPoE 包中取出 IP 数据包。

上行的 PPPoE 包在 ADSL Modem 中封装成 AAL5 帧,由 ATM 信元传输到局端的 DSLAM,DSLAM 负责终结 ATM,重新组合出 PPPoE 包,并通过设好的 PVC(永久虚电路)传送到 BAS 处理。

从上面可以看出,PPPoE 将 PPP 承载到以太网之上,实质是在共享介质的网络上提供一条逻辑上的点到点链路,对用户而言,在 DSLAM 和 ADSL Modem 之间的 ATM 传输是透明的,如果将中间的 DSLAM 和 ADSL Modem 换成有线电视的接入设备,就是典型的 HFC 接入,BAS 对 PPPoE 包的处理方式不变。

3PPPoE 在 BAS 上的实现

PPPoE 拨号软件在应用中已经很成熟(Windows XP 中自带),下面重点讨论 PPPoE 在接入服务器 BAS 中的实现方式。

3.1PPPoE 的效率

从 PPPoE 协议模型可以看出,BAS 汇聚了用户的所有数据流,它必须将每一个 PPPoE 包都拆开检查处理,这在很大程度上是沿袭了传统的 PPP 处理的方式,虽然有很好的安全性,但一旦用户很多,数据包数量很大,解封装速度就需要很快,BAS 很大的精力花在检测用户的数据包上,容易形成接入的“瓶颈”。

为此,在 BAS 的硬件结构上可以采用分布式网络处理器(NP)和 ASIC 芯片设计。网络处理器是专门针对电信网络设备而开发的专用处理器,它有一套专门的指令集,用于处理电信网络的各种协议和业务,可以大大提高设备的处理能力。同时,ASIC 芯片转发数据包时接近硬件的转发性能,远非 CPU 软件方式可比,采用这种方式将 PPPoE 数据流的处理与转发分开,工作效率大大提高。此外在软件系统结构上还应该与其他技术相结合,更好地发挥 PPPoE 的性能。

3.2PPPoE 与 VLAN 的结合

VLAN 即虚拟局域网,是一种通过将局域网内的设备逻辑地划分成一个个不同的网段,从而实现虚

拟工作组的技术。划分 VLAN 的目的，一是提高网络安全性，不同 VLAN 的数据不能自由交流，需要接受第三层的检验；二是隔离广播信息，划分 VLAN 后，广播域缩小，有利于改善网络性能，能够将广播风暴控制在一个 VLAN 内部。

PPPoE 是一个客户端/服务器协议，客户端需要发送 PADI 包寻找 BAS，因此它必须同 BAS 在同一个广播式的二层网络内，与 VLAN 的结合很好地解决了这方面的安全隐患。此外通过将不同业务类型的用户分配到不同的 VLAN 处理，可以灵活地开展业务，加快处理流程，当然 VLAN 的规划必须在二层设备和 BAS 之间统一协调。

BAS 收到上行的 PPPoE 包后，首先判别 VLAN ID 的所属类别，如果是普通的拨号用户，则确定是 Discovery 阶段还是会话阶段的数据包，并严格按照 PPPoE 协议处理。在会话阶段，根据不同的用户类型从不同的地址池中向用户分配 IP 地址，地址池由上层网管配置。如果是已经通过认证的用户的数据包，则根据该用户的服务类型处理，比如，如果是本地认证的拨号用户，且对方也申请有同样的功能，则直接由本地转发。

如果是专线用户，则不用经过 PPPoE 复杂的认证过程，直接根据用户的 VLAN ID 便可进入专线用户处理流程，接入速度大大提高。此外为了统一网管，在 BAS 与其他设备之间需要通信，这些数据包是内部数据包，也可根据 VLAN ID 来辨别。

对于下行数据，由于 BAS 负责分配和解析用户的 IP，兼有网关的功能，它收到数据包的目的 IP 是用户的，因此以 IP 为索引查找用户的信息比根据 MAC 要方便得多，这一点与普通的交换机有所不同，具体过程跟上行处理差不多。

3.3 PPPoE 对多业务选择的支持

多业务选择指的是用户通过一条终结到 BAS 的 PPP 连接来自主地选择后台网络运营商所提供的多种业务。之所以要支持多业务的选择，一方面是因为各种业务的具体实现在技术上的侧重点是不同的，对网络性能的要求也不尽相同，以前采取的固定分配的方式非常不便；另一方面，从网络应用的发展看，网络内容服务供应商 ICP 与网络接入商 ISP 的分离是必然趋势，在接入汇聚侧，ISP 必须严格保证将用户选择的业务流转发到相应的 ICP 中去。

目前采用的方法是用户先在 PPPoE 拨号软件中选择相应的业务，然后对用户进行业务授权确认，最后激活 BAS 内部相应的处理模块。但是采用这种方式，用户只能知道业务的名字，无法直观地、全面地获知 BAS 提供的各种业务类型，特别是在新业务的开展上十分困难，有很大的局限性。

因此可以将 BAS 与后台业务选择网关及 RADIUS 服务器相配合，采取先认证后选择业务的方式，具体操作如下：

(1)主机发送 PADI 寻找 BAS，PADI 中包含一个服务名类型的 TAG，它的值为空，表示该用户可以接受任何类型的服务。

(2)BAS 收到包后回送 PADO，PADO 中包含所有可以提供的服务的 TAG，同时，还包含一个服务名为 General 的 TAG。

(3)主机发送 PADR。用户选择已知的服务名，也可以选择 General 服务。

(4)BAS 收到 PADR 包后为用户分配资源，并开始 PPP 协商过程。在 PPP 过程中，BAS 将用户输入的账号和密码等信息送到 RADIUS 服务器上认证。

(5)通过认证的用户，享受 BAS 提供的该项服务，但如果选择的是 General，则被强制访问与 BAS 直连的服务选择网关。后台的服务选择网关是一台具有 Web Server 功能的服务器，用户可以通过 Web 的交互式界面得到可选择业务的相关信息(包括费用、带宽等)，同时显示该用户账号对应的信息。

(6)用户选择相应的业务，同时服务选择网关会定义各种用户的业务范围和操作权限。

(7)服务选择网关激活接入服务器内部相应的业务模型实现该业务。以上方式是严格按照 PPPoE 协议执行的，与当前流行的拨号软件完全兼容，如果用户对其他的业务根本不感兴趣而对已申请的业务非常熟悉，也不影响用户的习惯。

从 BAS 的角度考虑，PPPoE 的操作流程也没有什么改变，只是多添了一种服务类型而已。如果运营商当前没有服务选择网关，可以通过网管配置，在对 PADI 包的回应时不包含 General 服务就可以了。

对于运营商来说，采用以上方式不仅大大提高了接入用户操作的透明度，还可以起到业务门户的作用，为下一步的服务扩展提供空间，而且从宽带接入网以后发展的趋势来看，按需分配与业务类型相应的带宽和 QoS 是必然的，PPPoE 的这种业务选择运营模式是今后业务选择的发展方向。

3.4 PPPoE 对组播的支持

PPPoE 本身是一个点到点的协议，每一个用户与 BAS 之间都有一条 PPP 的链接，用户与 BAS 之间是通过这条链路经二层设备以单播的形式传输数据。但是随着网上视频业务的不断发展，人们对带宽的需求越来越大，PPPoE 对组播的支持显得非常重要。PPPoE 所支持的组播协议通常指的是二层组播协议 IGMP proxy 或 IGMP Snooping，采取的基本方法是对每个组播数据包分组传送，下面分析这两种协议的实现方式。

3.4.1 IGMP Snooping

IGMP Snooping 是靠侦听用户与路由器之间通信的 IGMP 报文维护组播地址和 VLAN 的对应表的对应关系，它将同一组播组的活动成员映射为一个 VLAN，在收到组播数据包后，仅向该组播组所对应的 VLAN 成员转发。主要操作流程如下：

(1)主机与 BAS 进行 PPPoE 协商，通过 PPPoE 认证。

(2)主机向路由器发送 IGMP 成员报告包，BAS 监听到该包，并从 PPPoE 数据包中得到组播组的地址，将该用户添加到对应的 VLAN，如果该用户是组播组的第一个用户，则为此组播组产生一个组播条目，并将该报文转发至上层路由器以更新组播路由表。

(3)BAS 收到路由器的组播数据报文时，根据组播 MAC 地址和组播 IP 地址的对应关系，找到对应的 VLAN，然后将数据包封装成 PPPoE 的会话包，向 VLAN 内的成员转发。

(4)当收到来自主机的申请离开组播组的包时, BAS 把收到该包的端口从相应的 VLAN 中删除, 若该用户是组播组最后一个用户(此时 VLAN 为空), 则把该 VLAN 删除, 并把该包内容通过上行端口转发出去。IGMP Snooping 的规则比较简单, 下行方向透传查询包, 上行方向根据需要转发加入或离开包, 但要求 BAS 必须有 3 层提取功能, 它对于主机和路由器是透明的。

3.4.2IGMP Proxy

IGMP Proxy 是靠拦截用户和路由器之间的 IGMP 报文建立组播表, Proxy 设备的上联端口执行主机的角色, 下联端口执行路由器的角色。

下面是简要流程:

(1)主机与 BAS 进行 PPPoE 协商, 通过 PPPoE 认证。

(2)上联端口执行主机的角色, 响应来自路由器的查询, 当新增用户组或者某组最后一个用户退出时, 主动发送成员报告包或者离开包。

(3)下行方向的业务包按照组播表进行转发。

(4)下联端口执行路由器的角色, 完全按照 IGMP V2 中规定的机制执行, 包括查询者选举机制, 定期发送通用查询信息, 收到离开包时发送特定查询等。IGMP Proxy 在两个端口分别实现不同的功能, 工作量相对较大, 其优点是当网络中没有路由器时, IGMP Proxy 设备可以起到查询者的作用, 而且如果要扩展组播路由功能, Proxy 比 Snooping 方便。考虑到 BAS 复制 PPPoE 多播数据对底层设备造成的巨大压力, 而且当前的交换机和部分 DSLAM(尤其是以 IP 为内核的 DSLAM)已经开始支持二层组播, 所以从发展的角度看采用 IGMP Proxy 更好一些。

4 结束语

采用 NP 的硬件结构以及 PPPoE+VLAN 的设计思想, 大大提高了 PPPoE 的效率、安全性和可管理性, 而增加 PPPoE 多业务选择和组播业务的支持, 向用户提供优质灵活的服务, 将为正在蓬勃发展的宽带建设注入新的活力。近年来, 网络数据业务发展迅速, 宽带用户呈爆炸式的增长, 运营商在采用 xDSL, LAN, HFC, 无线等多种接入方式的同时, 为了构建一个可运营、可管理、可盈利的宽带网络, 十分关心如何有效地完成用户的管理, PPPoE 就是随之出现的多种认证技术中的一种。

1PPPoE 协议概述

1.1PPPoE 的工作原理

PPPoE(PPP over Ethernet)是在以太网上建立 PPP 连接, 由于以太网技术十分成熟且使用广泛, 而 PPP 协议在传统的拨号上网应用中显示出良好的可扩展性和优质的管理控制机制, 二者结合而成的 PPPoE 协议得到了宽带接入运营商的认可并广为采用。

PPPoE 建立过程可以分为 Discovery 阶段和 PPP 会话阶段。Discovery 阶段是一个无状态的阶段, 该阶段主要是选择接入服务器, 确定所要建立的 PPP 会话标识符 Session ID, 同时获得对方点到点的连接

信息；PPP 会话阶段执行标准的 PPP 过程。

一个典型的 Discovery 阶段包括以下 4 个步骤：

(1)主机首先主动发送广播包 PADI 寻找接入服务器，PADI 必须至少包含一个服务名称类型的 TAG，以表明主机所要求提供的服务。

(2)接入服务器收到包后如果可以提供主机要求

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1

以太网类=0x8863/8864 版本(Ver)类型(Type)编码(CODE)

会话 ID(Session ID)长度(Length)

净荷(Payload)

(3)主机在回应 PADO 的接入服务器中选择一个合适的，并发送 PADR 告知接入服务器，PADR 中必须声明向接入服务器请求的服务种类。

(4)接入服务器收到 PADR 包后开始为用户分配一个唯一的会话标识符 Session ID，启动 PPP 状态机以准备开始 PPP 会话，并发送一个会话确认包 PADS。

主机收到 PADS 后，双方进入 PPP 会话阶段。在会话阶段，PPPoE 的以太网类域设置为 0x8864，CODE 为 0x00，Session ID 必须是 Discovery 阶段所分配的值。

PPP 会话阶段主要是 LCP、认证、NCP 3 个协议的协商过程，LCP 阶段主要完成建立、配置和检测数据链路连接，认证协议类型由 LCP 协商(CHAP 或者 PAP)，NCP 是一个协议族，用于配置不同的网络层协议，常用的是 IP 控制协议(IPCP)，它负责配置用户的 IP 和 DNS 等工作。

PADT 包是会话中止包，它可以由会话双方的任意一方发起，但必须是会话建立之后才有效。

1.2 PPPoE 的特点

PPPoE 不仅有以太网的快速简便的特点，同时还有 PPP 的强大功能，任何能被 PPP 封装的协议都可以通过 PPPoE 传输，此外还有如下

特点：

(1)PPPoE 很容易检查到用户下线，可通过一个 PPP 会话的建立和释放对用户进行基于时长或流量的统计，计费方式灵活方便。

(2)PPPoE 可以提供动态 IP 地址分配方式，用户无需任何配置，网管维护简单，无需添加设备就可解决 IP 地址短缺问题，同时根据分配的 IP 地址，可以很好地定位用户在本网内的活动。

(3)用户通过免费的 PPPoE 客户端软件(如 EnterNet),输入用户名和密码就可以上网,跟传统的拨号上网差不多,最大程度地延续了用户的习惯,从运营商的角度来看,PPPoE 对其现存的网络结构进行变更也很小。

DSLAM 是 ADSL 汇聚设备,其内核采用 ATM 或 IP 但上联口为以太网口, BAS 是局端实现 PPPoE 功能的接入服务器,它终结由用户侧发起的 PPPoE 进程。下行的以太帧从 IP 城域网路由器送到 BAS,被加上 PPPoE 的头后送到 DSLAM 封装成 AAL5 帧,经过交叉模块发送到 ADSL Modem,由其完成 AAL5 帧重组并解出以太帧发送到客户端,客户端从 PPPoE 包中取出 IP 数据包。

上行的 PPPoE 包在 ADSL Modem 中封装成 AAL5 帧,由 ATM 信元传输到局端的 DSLAM,DSLAM 负责终结 ATM,重新组合出 PPPoE 包,并通过设好的 PVC(永久虚电路)传送到 BAS 处理。

从上面可以看出,PPPoE 将 PPP 承载到以太网之上,实质是在共享介质的网络上提供一条逻辑上的点到点链路,对用户而言,在 DSLAM 和 ADSL Modem 之间的 ATM 传输是透明的,如果将中间的 DSLAM 和 ADSL Modem 换成有线电视的接入设备,就是典型的 HFC 接入, BAS 对 PPPoE 包的处理方式不变。

3PPPoE 在 BAS 上的实现

PPPoE 拨号软件在应用中已经很成熟(Windows XP 中自带),下面重点讨论 PPPoE 在接入服务器 BAS 中的实现方式。

3.1PPPoE 的效率

从 PPPoE 协议模型可以看出, BAS 汇聚了用户的所有数据流,它必须将每一个 PPPoE 包都拆开检查处理,这在很大程度上是沿袭了传统的 PPP 处理的方式,虽然有很好的安全性,但一旦用户很多,数据包数量很大,解封装速度就需要很快, BAS 很大的精力花在检测用户的数据包上,容易形成接入的“瓶颈”。

为此,在 BAS 的硬件结构上可以采用分布式网络处理器(NP)和 ASIC 芯片设计。网络处理器是专门针对电信网络设备而开发的专用处理器,它有一套专门的指令集,用于处理电信网络的各种协议和业务,可以大大提高设备的处理能力。同时, ASIC 芯片转发数据包时接近硬件的转发性能,远非 CPU 软件方式可比,采用这种方式将 PPPoE 数据流的处理与转发分开,工作效率大大提高。此外在软件系统结构上还应该与其他技术相结合,更好地发挥 PPPoE 的性能。

3.2PPPoE 与 VLAN 的结合

VLAN 即虚拟局域网,是一种通过将局域网内的设备逻辑地划分成一个个不同的网段,从而实现虚拟工作组的技术。划分 VLAN 的目的,一是提高网络安全性,不同 VLAN 的数据不能自由交流,需要接受第三层的检验;二是隔离广播信息,划分 VLAN 后,广播域缩小,有利于改善网络性能,能够将广播风暴控制在一个 VLAN 内部。

PPPoE 是一个客户端/服务器协议,客户端需要发送 PADI 包寻找 BAS,因此它必须同 BAS 在同一个广播式的二层网络内,与 VLAN 的结合很好地解决了这方面的安全隐患。此外通过将不同业务类型的用户分配到不同的 VLAN 处理,可以灵活地开展业务,加快处理流程,当然 VLAN 的规划必须在二层设备和

BAS 之间统一协调。

BAS 收到上行的 PPPoE 包后，首先判别 VLAN ID 的所属类别，如果是普通的拨号用户，则确定是 Discovery 阶段还是会话阶段的数据包，并严格按照 PPPoE 协议处理。在会话阶段，根据不同的用户类型从不同的地址池中向用户分配 IP 地址，地址池由上层网管配置。如果是已经通过认证的用户的数据包，则根据该用户的服务类型处理，比如，如果是本地认证的拨号用户，且对方也申请有同样的功能，则直接由本地转发。

如果是专线用户，则不用经过 PPPoE 复杂的认证过程，直接根据用户的 VLAN ID 便可进入专线用户处理流程，接入速度大大提高。此外为了统一网管，在 BAS 与其他设备之间需要通信，这些数据包是内部数据包，也可根据 VLAN ID 来辨别。

对于下行数据，由于 BAS 负责分配和解析用户的 IP，兼有网关的功能，它收到数据包的目的 IP 是用户的，因此以 IP 为索引查找用户的信息比根据 MAC 要方便得多，这一点与普通的交换机有所不同，具体过程跟上行处理差不多。

3.3 PPPoE 对多业务选择的支持

多业务选择指的是用户通过一条终结到 BAS 的 PPP 连接来自主地选择后台网络运营商所提供的多种业务。之所以要支持多业务的选择，一方面是因为各种业务的具体实现在技术上的侧重点是不同的，对网络性能的要求也不尽相同，以前采取的固定分配的方式非常不便；另一方面，从网络应用的发展看，网络内容服务提供商 ICP 与网络接入商 ISP 的分离是必然趋势，在接入汇聚侧，ISP 必须严格保证将用户选择的业务流转发到相应的 ICP 中去。

目前采用的方法是用户先在 PPPoE 拨号软件中选择相应的业务，然后对用户进行业务授权确认，最后激活 BAS 内部相应的处理模块。但是采用这种方式，用户只能知道业务的名字，无法直观地、全面地获知 BAS 提供的各种业务类型，特别是在新业务的开展上十分困难，有很大的局限性。

因此可以将 BAS 与后台业务选择网关及 RADIUS 服务器相配合，采取先认证后选择业务的方式，具体操作如下：

(1)主机发送 PADI 寻找 BAS，PADI 中包含一个服务名类型的 TAG，它的值为空，表示该用户可以接受任何类型的服务。

(2)BAS 收到包后回送 PADO，PADO 中包含所有可以提供的服务的 TAG，同时，还包含一个服务名为 General 的 TAG。

(3)主机发送 PADR。用户选择已知的服务名，也可以选择 General 服务。

(4)BAS 收到 PADR 包后为用户分配资源，并开始 PPP 协商过程。在 PPP 过程中，BAS 将用户输入的账号和密码等信息送到 RADIUS 服务器上认证。

(5)通过认证的用户，享受 BAS 提供的该项服务，但如果选择的是 General，则被强制访问与 BAS 直连的服务选择网关。后台的服务选择网关是一台具有 Web Server 功能的服务器，用户可以通过 Web 的交

交互式界面得到可选择业务的相关信息(包括费用、带宽等)，同时显示该用户账号对应的信息。

(6)用户选择相应的业务，同时服务选择网关会定义各种用户的业务范围和操作权限。

(7)服务选择网关激活接入服务器内部相应的业务模型实现该业务。以上方式是严格按照 PPPoE 协议执行的，与当前流行的拨号软件完全兼容，如果用户对其他的业务根本不感兴趣而对已申请的业务非常熟悉，也不影响用户的习惯。

从 BAS 的角度考虑，PPPoE 的操作流程也没有什么改变，只是多添了一种服务类型而已。如果运营商当前没有服务选择网关，可以通过网管配置，在对 PADI 包的回应时不包含 General 服务就可以了。

对于运营商来说，采用以上方式不仅大大提高了接入用户操作的透明度，还可以起到业务门户的作用，为下一步的服务扩展提供空间，而且从宽带接入网以后发展的趋势来看，按需分配与业务类型相应的带宽和 QoS 是必然的，PPPoE 的这种业务选择运营模式是今后业务选择的发展方向。

3.4 PPPoE 对组播的支持

PPPoE 本身是一个点到点的协议，每一个用户与 BAS 之间都有一条 PPP 的连接，用户与 BAS 之间是通过这条链路经二层设备以单播的形式传输数据。但是随着网上视频业务的不断发展，人们对带宽的需求越来越大，PPPoE 对组播的支持显得非常重要。PPPoE 所支持的组播协议通常指的是二层组播协议 IGMP proxy 或 IGMP Snooping，采取的基本方法是对每个组播数据包分组传送，下面分析这两种协议的实现方式。

3.4.1 IGMP Snooping

IGMP Snooping 是靠侦听用户与路由器之间通信的 IGMP 报文维护组播地址和 VLAN 的对应表的对应关系，它将同一组播组的活动成员映射为一个 VLAN，在收到组播数据包后，仅向该组播组所对应的 VLAN 成员转发。主要操作流程如下：

(1)主机与 BAS 进行 PPPoE 协商，通过 PPPoE 认证。

(2)主机向路由器发送 IGMP 成员报告包，BAS 监听到该包，并从 PPPoE 数据包中得到组播组的地址，将该用户添加到对应的 VLAN，如果该用户是组播组的第一个用户，则为此组播组产生一个组播条目，并将该报文转发至上层路由器以更新组播路由表。

(3)BAS 收到路由器的组播数据报文时，根据组播 MAC 地址和组播 IP 地址的对应关系，找到对应的 VLAN，然后将数据包封装成 PPPoE 的会话包，向 VLAN 内的成员转发。

(4)当收到来自主机的申请离开组播组的包时，BAS 把收到该包的端口从相应的 VLAN 中删除，若该用户是组播组最后一个用户(此时 VLAN 为空)，则把该 VLAN 删除，并把该包内容通过上行端口转发出去。IGMP Snooping 的规则比较简单，下行方向透传查询包，上行方向根据需要转发加入或离开包，但要求 BAS 必须有 3 层提取功能，它对于主机和路由器是透明的。

3.4.2 IGMP Proxy

IGMP Proxy 是靠拦截用户和路由器之间的 IGMP 报文建立组播表, Proxy 设备的上联端口执行主机的角色, 下联端口执行路由器的角色。

下面是简要流程:

(1)主机与 BAS 进行 PPPoE 协商, 通过 PPPoE 认证。

(2)上联端口执行主机的角色, 响应来自路由器的查询, 当新增用户组或者某组最后一个用户退出时, 主动发送成员报告包或者离开包。

(3)下行方向的业务包按照组播表进行转发。

(4)下联端口执行路由器的角色, 完全按照 IGMP V2 中规定的机制执行, 包括查询者选举机制, 定期发送通用查询信息, 收到离开包时发送特定查询等。IGMP Proxy 在两个端口分别实现不同的功能, 工作量相对较大, 其优点是当网络中没有路由器时, IGMP Proxy 设备可以起到查询者的作用, 而且如果要扩展组播路由功能, Proxy 比 Snooping 方便。考虑到 BAS 复制 PPPoE 多播数据对底层设备造成的巨大压力, 而且当前的交换机和部分 DSLAM(尤其是以 IP 为内核的 DSLAM)已经开始支持二层组播,所以从发展的角度看采用 IGMP Proxy 更好一些。

4 结束语

采用 NP 的硬件结构以及 PPPoE+VLAN 的设计思想, 大大提高了 PPPoE 的效率、安全性和可管理性, 而增加 PPPoE 多业务选择和组播业务的支持, 向用户提供优质灵活的服务, 将为正在蓬勃发展的宽带建设注入新的活力。