



程控交换原理与现代交换技术课程论文

课程名称：程控交换原理与现代交换技术

授课老师：胡学敏

所属学院：计算机与信息工程学院

年级专业：1201 电子信息工程

学生姓名：曹 繁

学 号：2012221105200179

2015 年 06 月 17 日



目 录

IP 交换技术简介.....	2
1. IP 交换技术背景.....	2
2. IP 与 ATM 结合模型.....	2
2.1 重叠模型.....	2
2.2 集成模型.....	3
2.3 重叠模型与集成模型比较.....	4
3. 基于 ATM 的 IP 协议传输.....	4
3.1 IP 与 ATM 结合驱动方式的类型.....	4
3.2 IPOA 简介.....	5
3.3 IPOA 的网络结构.....	5
3.4 IPOA 的工作过程.....	6
3.5 IPOA 的优缺点.....	7
4. 基于 ATM 的多协议传输.....	7
4.1 MPOA 简介.....	7
4.2 MPOA 的网络结构.....	8
4.3 MPOA 的工作原理.....	8
4.4 MPOA 的优缺点.....	9
5. IP 交换机.....	9
5.1 IP 交换机的概念.....	9
5.2 IP 交换机的构成.....	9
5.3 IP 交换的工作原理.....	10
5.4 IP 交换中所使用的协议.....	11
6. 总结.....	11
6.1 IP 交换技术总结.....	11
6.2 课程学习心得体会.....	12
6.3 课程学习的教学建议.....	13
参考文献:	13



IP 交换技术简介

摘要：本文将结合课程内容与网络资源，简要介绍将最先进的 ATM 交换技术和最普及的 IP 技术融合而成的 IP 交换技术。

关键词：交换机；IP 交换；ATM 技术；程控原理；IP 技术

IP switching technology introduction

Abstract: *This article will combine curriculum and network resources and give a brief introduction to the most advanced ATM switching technology and the most popular IP technology integration of IP switching technology.*

Key words: *switch;IP exchange;ATM technology;SPC principle;IP technology*

1. IP 交换技术背景

1996 年美国 *Ipsilon* 公司提出了一种专门用于在 ATM 网上传送 IP 分组的技术，称之为 IP 交换(IP Switch)。它只对数据流的第一个数据包进行路由地址处理，按路由转发，随后按已计算的路由在 ATM 网上建立虚电路 VC。以后的数据包沿着 VC 以直通(Cut-Through)方式进行传输，不再经过路由器，从而将数据包的转发速度提高到第 2 层交换机的速度。

IP 交换基于 IP 交换机，可被看做是 IP 路由器和 ATM 交换机组合而成，其中的"ATM 交换机"去除了所有的 ATM 信令和路由协议，并受"IP 路由器"的控制。IP 交换可提供两种信息传送方式：一种是 ATM 交换式传输；另一种是基于 hop-by-hop 方式的传统 IP 传输。对于连续的、业务量大的数据流采用 ATM 交换式传输，对于持续时间短的、业务量小的数据流采用传统 IP 传输，IP 交换是基于数据流驱动的。IP 交换的核心思想就是对用户业务流进行分类。对持续时间长、业务量大、实时性要求较高的用户业务数据流直接进行交换传输，用 ATM 虚电路来传输；对持续时间短、业务量小、突发性强的用户业务数据流，使用传统的分组存储转发方式进行传输。

2. IP 与 ATM 结合模型

2.1 重叠模型

2.1.1 重叠模型的产生背景和运营方式

产生于 20 世纪 90 年代。当时业界相信 ATM 将是未来网络的主导技术，因此设计者的出发点是考虑今后如何更易于向基于 ATM 的 B-ISDN 过渡。基本思想是：IP 与 ATM 各自保持原有的网络结构和协议结构不变，通过在两个不同层次的网络之间进行数据映射、地址映射和控制协议映射，来实现 IP over ATM。

从 IP 层看，ATM 层是另一个异构的网络，通过 IP 协议实现网间互连，ATM 网络作为传送 IP 分组的数据链路层来使用；从 ATM 看，IP 层产生的业务只是它承载的一种业务类型，它使用 AAL5 适配 IP 分组，将其封装成 ATM 信元，使用标准 ATM 信令建立端到端的 VC 连接，并在其上传送已封装成 ATM 信元形式的 IP 业务流。

重叠模型由运行 IP 路由协议并具有 IP 地址的 IP 设备和运行 ATM 信令及路由协议并具有 ATM 地址的 ATM 设备(IP 主机、IP 路由器、ATM 交换机等)组成。由于 IP 和 ATM 分别运行各自独立的协议，IP 和 ATM 分别保留各自的地址格式，也就是说，一套设备有两套完



全不同的地址，因此，网络中需设置专用服务器完成高层 IP 地址到 ATM 地址的解析工作。

2.1.2 重叠模型的网络结构和优缺点

重叠模型的网络结构如图 1 所示，ATM 交换机构成核心网，路由器则位于核心网周围。由路由器构成的 IP 网络负责路由表的维护并确定下一跳路由器地址，然后将 IP 分组转换成 ATM 信元，经由 ATM 核心网建立的 VC 传送到选定的下一跳路由器。重叠模型的一个例子是后面叙述的多协议上的 ATM--MPOA。

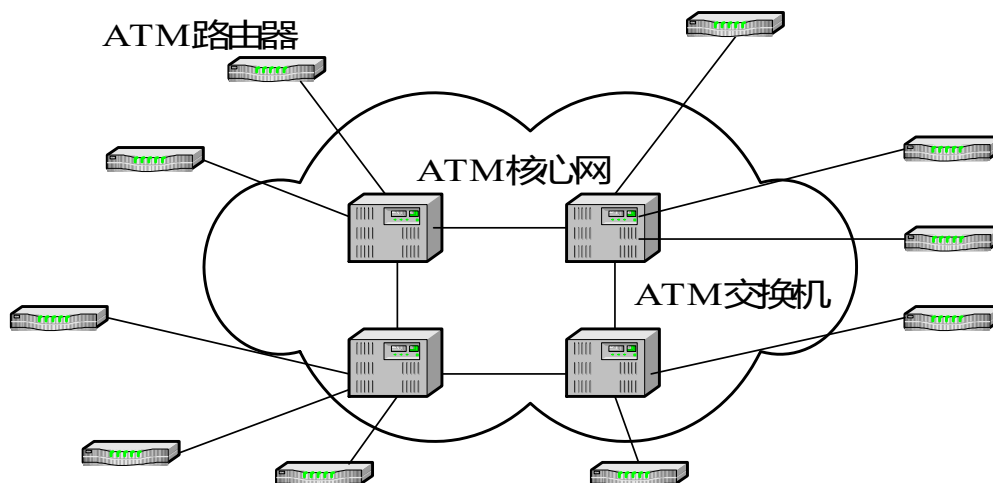


图 1 IP over ATM 重叠模型的网络结构

该模式的优点是与标准的 ATM 网络及业务兼容；缺点是 IP 的传输效率低，地址解析服务器太易成为网络瓶颈，不能充分发挥 ATM 在 QoS 方面的优势，因而不适宜用来构造大型骨干网。

2.2 集成模型

2.2.1 集成模型的产生背景和运行方式

为解决重叠模型性能低、可靠性差的问题，20 ‘90 后期产生。此时，关于 IP 与 ATM 谁主沉浮的争论已基本尘埃落定，设计者考虑的是如何设计一个高性能的基于 IP 的宽带综合网。

集成模型，是将 ATM 技术中合理成分为我所用，如 ATM 基于定长标记的交换、ATM 的硬件交换结构等。集成模型的基本思想是：让核心网的 ATM 交换机直接运行 IP 路由协议；将其看作 IP 层的对等层，而不是为其提供服务的下一层设备；使用 IP 服务的用户终端只需要一个 IP 地址来标识，网络无需再进行 IP 地址到 ATM 地址的解析处理，也不再使用 ATM 信令建立端到端的 VC。

2.2.2 集成模型的网络结构和优缺点

图 2 描述了该模型的基本网络结构。在网络中，ATM 交换机仍然基于 VPI/VCI 实现分组转发，但不同点在于，一般纯 ATM 网络和重叠模型中的 ATM 交换机的 VPI/VCI 表是由标准的 ATM 信令建立和维护的，而集成模型中 ATM 交换机的 VPI/VCI 转发表是由 IP 路由协议和基于 TCP/IP 的其它标记分发控制协议创建和维护的。因此在集成模型中，ATM 交换机实际上是一个多协议标签交换路由器，因而在图中将其记为 LSR(Label Switching Router)。LSR 节点先使用 IP 进行寻址和选路，然后在选好的路径上使用 ATM 交换进行分组转发。

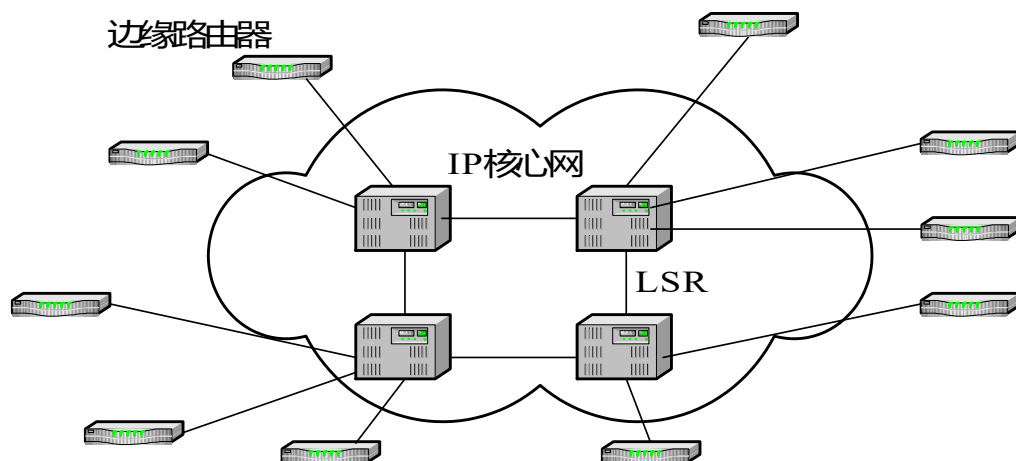


图 2 IP over ATM 集成模型的网络结构

集成模型的优点是综合了第三层路由的灵活性和第二层交换的高效性，IP 分组的传输效率高，可以充分发挥 ATM 面向连接的全部优点；缺点是协议较为复杂，与标准 ATM 技术不兼容，从技术特点上来看，集成模型更像多层交换技术。目前，IP over ATM 的主流是采用集成模型，它适合于组建大型 IP 骨干网。

集成模型主要包括 Ipsilon 公司的 IP 交换技术(IP Switching),Cisco 公司的标签交换技术(Tag Switching)，ETF 的多协议标记交换 MPLS(Multi-Protocol Label Switching)。

2.3 重叠模型与集成模型比较

属性	重叠模型	集成模型
寻址	独立的 IP 和 ATM	单一的 IP
路由协议	IP 路由和 ATM 路由	只有 IP 路由
地址解析	需要	不需要
QoS 保障	效率低	效率高
多播	差	好
技术应用	LANE、IPOA、MPOA	IP 交换、标记交换、MPLS

表 1 IP over ATM 两种模型比较

2.4 IP 与 ATM 模型总结

无论是重叠模型还是集成模型，它们都必须满足下面一些条件。

- (1)实现的方法与 IP 协议版本无关；
- (2)IP 与 ATM 结合的网络技术必须有良好的扩展性能，以支持大型网络；
- (3)IP 与 ATM 结合的网络技术必须能有效地在网络上支持多播，并且要保证多播的扩展性能；
- (4)IP 与 ATM 融合的网络技术必须具有良好的网络性能。

3. 基于 ATM 的 IP 协议传输

3.1 IP 与 ATM 结合驱动方式的类型

驱动方式，就是何时以何种方式来建立虚连接。IP 与 ATM 结合的驱动方式有两种：数据流驱动和拓扑驱动。数据流驱动：在数据流到来时，临时判定流的性质，如有必要就建立 ATM 的虚连接来传送这一数据流。为此，要选定 VC，并将流的标识与 VCI 相关联。拓扑



驱动：用控制协议将预先生成和保持的 IP 路由映射到 ATM 的虚连接 VC。

数据流驱动与拓扑驱动的不同主要体现在通路是否预先建立上。数据流驱动是由用户数据流来临时驱动的，要由数据流分类功能(即按一定准则)来判别需要建立 ATM 连接的流。例如，文件传送适宜于建立 ATM 连接，短的域名服务器查询消息适宜于无连接的传送。在流的判别和 ATM 连接的建立过程中，该数据流的分组仍然由第三层选路，ATM 连接建立后分组才通过已建立的虚连接传送。这样，一方面产生了建立时延，另一方面又可能导致数据流中各个分组的失序。由于是临时驱动，还要用周期刷新方法来控制 ATM 连接的释放。刷新意味着继续保持连接，即当不进行刷新时连接就自动释放。

拓扑驱动是用控制协议在网络的入口、出口预先建立好虚连接，当数据到达网络入口时，数据沿已经建立好的通路传送，通常没有建立时延，不会产生失序，也不需要周期刷新。

基于 ATM 的局域网互连--局域网仿真

3.2 IPOA 简介

现有的局域网是一种非常成熟的技术，价格低廉，使用非常普及，基于局域网的高层应用遍地开花。虽然 ATM 技术是通信网发展的趋势，但按目前的情况，传统的局域网还将在很长的一段时间内使用，ATM 要成为局域网的主流技术，就必须解决与现有局域网综合的问题。为此，“ATM 论坛”定义了一种 ATM 业务，称为局域网仿真 LANE(LAN Emulation)。LAN 仿真基本思想是利用 ATM 仿真以太网或令牌环网，使 ATM LAN 看起来像是一个由路由器互连的逻辑共享介质的局域网，通过在属于同一逻辑 LAN 的 ATM 节点间建立 ATM 多址组的方式仿真共享 LAN。为在节点间传输数据，需要一个地址解析服务器(ARP Server)，其基本功能是解析 MAC 地址到 ATM 地址，在节点间建立点到点(point-to-point)的 VCC。经典的 IP over ATM，Classical IP Over ATM 简称 IPOA，是 Internet 工程任务组(IETF)制定和发布的解决方案。

IPOA 的基本思想是：将 ATM 网络当作局域网来处理，即在传输 IP 分组时把 ATM 网络看作是另一种异型网络(与在以太网、令牌网、X.25 分组网等物理网络上传输 IP 分组的情况类似)。IPOA 与局域网仿真类似，同样是在网络层以上隐去了 ATM 本身的复杂性，而给用户提供了一种应用编程接口(API)，以使现行的 IP 能够运行在 ATM 上。

IPOA 解决了 QoS 问题，它在结构上与局域网仿真有许多相似之处。它们的主要区别是：局域网仿真从 MAC 层接入 ATM 的，而 IPOA 是从 IP 层直接映射到 ATM 上的，完成此过程的基础是 IP 地址解析协议(IP ARP)。

3.3 IPOA 的网络结构

在 IPOA 中引入了逻辑 IP 子网 LIS(Logical IP Subnetwork)的概念。LIS 是根据用户和网络管理者的要求，对连接到同一 ATM 网络的任意 IP 节点(IP 主机或路由器)进行组合而形成的逻辑 IP 子网。一个 LIS 中的所有 IP 节点都必须和 ATM 网络直接相连，并且共享一个 IP 网络地址，从而构成一个独立的 IP 子网。

LIS 中的 IP 节点与它们的物理位置无关，不同的 LIS 之间相互独立。属于同一 LIS 的 IP 节点可以建立点到点的 ATM VCs，并在其上直接通信；不同 LIS 的 IP 节点之间则必须通过互连两个 LIS 的路由器进行通信。在 IPOA 中，VC 不能穿越 LIS 的边界建立，但在 IP 层看来，一个 LIS 只相当于一跳，而不管其中经过了几个 ATM 交换机。图 3 描述了 IPOA 的网络结构。

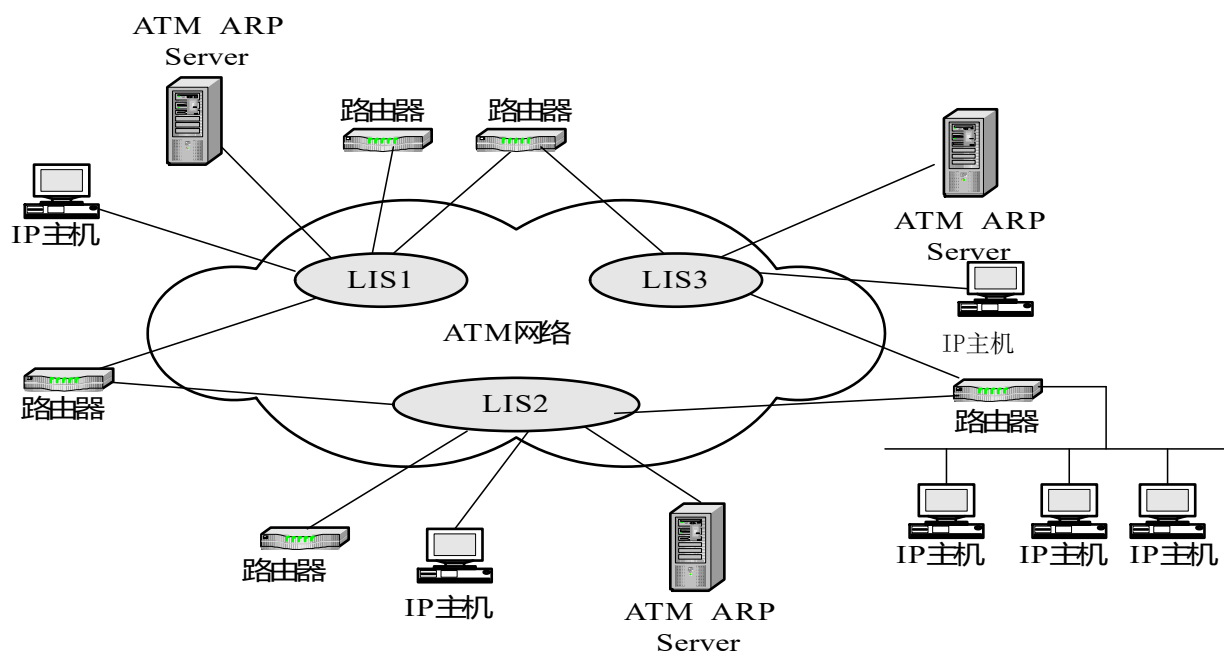


图3 IPOA 的网络结构示意图

为解决 IP 地址到 ATM 地址的直接映射，在每个 LIS 域内，都必须设置一个 ATM 地址解析服务器 ATM ARP Server，它负责建立、更新 LIS 域中所有节点的 IP 地址和对应的 ATM 地址表，并完成 IP 到 ATM 地址的映射。对于 ATM ARP Server 而言，每个 IP 节点就是一个 LIS 客户机，它必须具有一个 ATM 地址和它所在的 LIS 中的 ATM ARP Server 的 ATM 地址，只要一接入 LIS，它就立即建立到 ATM ARP Server 的 VC 连接。ATM ARP Server 检测到来自一个新主机的连接，就向该节点发反向 ARP 请求，获取新增节点的 IP 地址和 ATM 地址，并登记到映射表中。

3.4 IPOA 的工作过程

一个 IP 节点在发送数据之前，只知道目的 IP 节点的 IP 地址，而不知其 ATM 地址，所以首先必须通过 ATM ARP 协议获取目的 IP 节点的 ATM 地址，然后才能建立 ATM VC 连接，并在其上传送数据。其过程如图 4 所示。

- (1)源客户向 ATM ARP 服务器发送 ATM ARP 请求，服务器根据目的客户的地址，完成目的 IP 地址与 ATM 地址的映射；
- (2)服务器将映射后的 ATM 地址返还给源客户；
- (3)源客户与目的客户建立连接；
- (4)当目的客户收到源客户的第一个数据包时，目的客户向 ATM ARP 服务器发送请求，以确定源客户的地址；
- (5)服务器将源客户的 ATM 地址返还给目的客户；
- (6)目的客户与源客户建立连接。

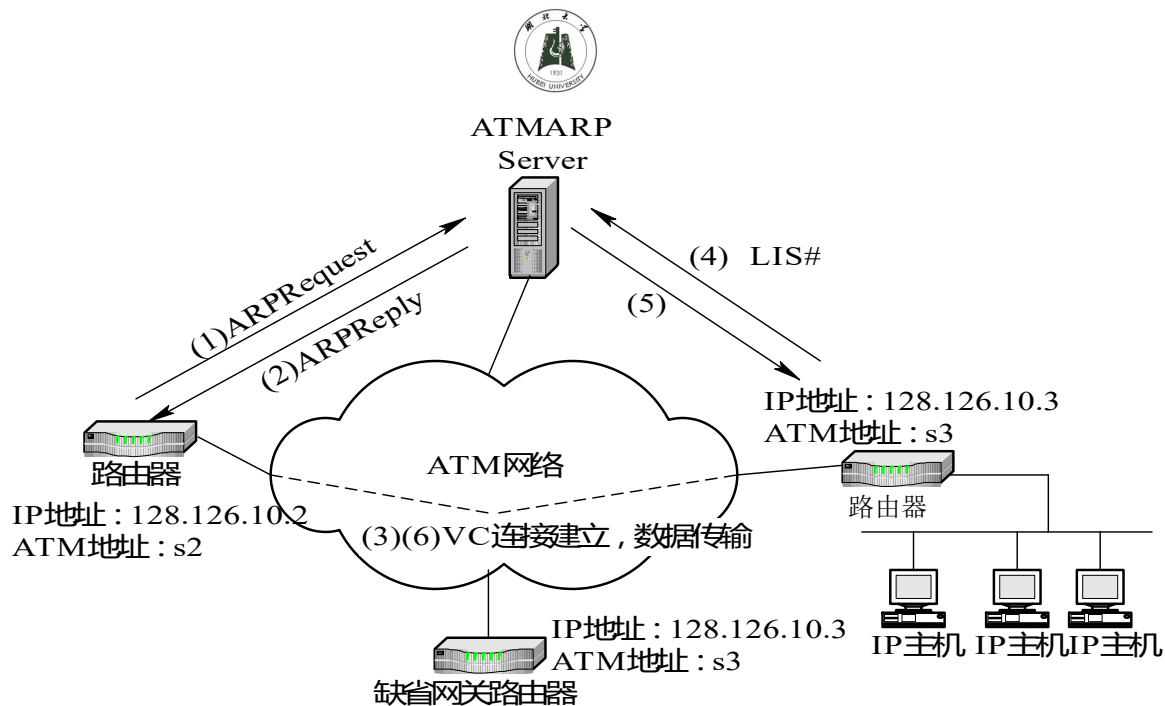


图 4 IPOA 工作过程示意图

3.5 IPOA 的优缺点

优点:

- (1) IPOA 使 LIS 上传送的广播业务量大大减少
- (2) 简化了主机间的通信步骤, 改善了传输时延;
- (3) 协议简单, 传输效率高, 可在 LIS 支持 QoS 等.

缺点:

- (1) 在基于 RFC 1577 的 IPOA 中, 不支持 IP 广播和多播的应用。
- (2) RFC 1577 只适用于处理 IP 协议, 对于其它协议无效。因此, 其适用范围较局域网仿真要窄。
- (3) 只规定了在一个 LIS 内的通信协议, 如果一个 ATM 网上连接有多个 LIS, 则 ATM 交换只在每一个 LIS 内建立。不同 LIS 间的通信, 即使它们连接在同一个 ATM 网络上, 数据也必须通过路由器传送。因此很难支持大型网络。

4. 基于 ATM 的多协议传输

4.1 MPOA 简介

基于 ATM 的多协议传输 MPOA (Multiple Protocol Over ATM) 是在局域网仿真 LANE 和 IP Over ATM 之后第三种以 ATM 网络支持传统局域网的方案。MPOA 克服了 LANE 和 IPOA 中的一些缺点, 可以提供一种高性能、低时延并能承载多种高层协议的网络互连方式, 进一步利用了 ATM 提供的各种服务性能。

与 LANE 相比, IPOA 是通过完成 IP 地址和 ATM 地址解析 (ARP) 来完成 ATM 技术的应用的。IP 地址作为网络地址可以直接用于网络寻径, 在数量上也远远低于 MAC 地址, 所以从寻径的角度而言, 这种方式的效率高于 LANE; 另外, 在 IPOA 中是将 IP 协议作为 ATM 网络协议的上层, 这样处理 IP 和 ATM 协议的关系就是完成 IP 协议和 ATM 协议的适配, 而不是 IP 协议和 ATM 协议同等层之间的转换, 由这些特点构成的 IPOA 可以利用 ATM 网络的服务质量 QoS, 因此它能支持多媒体业务。但是, IPOA 只支持 IP 协议, 并不支持其它的网络层协议, 如 IPX、DECnet 等, 因此它的使用受到了很大的限制。另外, IPOA 不能提供



广播和多播的信息传输。

MPOA 业务的基本功能是在 ATM 网络框架上实现点到点的网络层连接。这种连接可以是 ATM 主机间的连接，也可以是 ATM 主机与传统局域网间的连接。MPOA 提供一种网络结构，可以有效地将网桥、路由器与 ATM 网络结合，支持多种协议、多种网络技术以及虚拟局域网。MPOA 吸收了“ATM 论坛”和 IETF 的许多协议，采用了 IETF 的下一站解析协议(NHRP)与“ATM 论坛”的局域网仿真协议，并将其修改成更适合 MPOA 的格式。

4.2 MPOA 的网络结构

MPOA 的基本思想就是将传统多协议路由器中的分组转发功能和路由功能分开到 MPOA 客户端 MPC 和 MPOA 服务器 MPS 中。地址管理和网络拓扑检测由 MPS 完成，而分组转发由客户端 MPC 通过 ATM 交换结构实现。MPOA 的网络结构如图 5 所示。

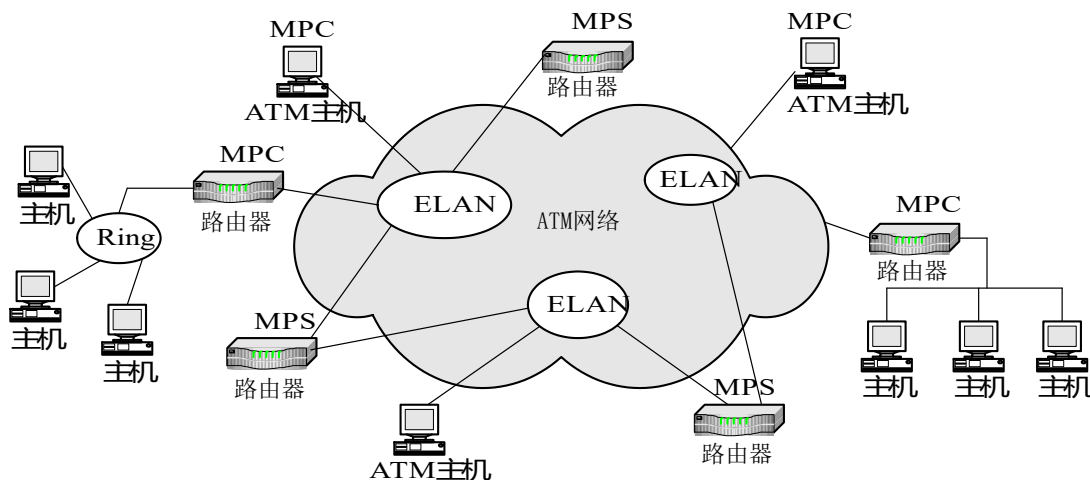


图 5 MPOA 的网络结构示意图

4.3 MPOA 的工作原理

MPOA 中数据转发与路由计算是分开的。MPS 负责路由计算，并给 MPC 发出正确的路径转发目标。当 MPC 收到分组时，它会根据分组的网络层地址首先查自己的缓存中有无对应映射，如果没有，则向 MPS 查询出对应的 ATM 地址，然后建立一条 SVC；如果本地 MPS 不知道正确的 ATM 地址，它将通过 NHRP 向其它的 MPS 查询。因此，MPOA 模型同时具备第二层和第三层的功能，即包含了路由与交换两种功能，使得第三层的服务需求能映射到底层的 ATM 上。在 MPOA 中有 QoS 要求的数据流将在申请建立的 SVC 中传送，一般小业务量数据在缺省通路上传送。

MPOA 的基本工作原理是：首先数据包到达 MPOA 客户机 MPC，MPC 检查数据包的目的地址，然后根据下面不同的原始条件，确定实现连接的具体方法。

(1) 如果分组不需要路由，就可以通过传统的 LANE 方式解析目的端的 ATM 地址，建立与目的端的虚连接。

(2) 如果分组需要路由，MPC 就需要查询分组的网络层的目的地址，向 MPS 查询，解析出该网络层地址所对应的 ATM 地址，或者直接从高速缓存中查询地址的映射信息，然后建立一条到目的端的虚连接。

(3) 如果本地的 MPS 不知道对应的 ATM 地址，它会通过下一跳解析协议，将对该地址的查询请求发送到其它的 MPS 上以获得目的端的 ATM 地址(该地址是主机地址或边缘设备的地址)。分组经过建立后的虚连接传送。分组到达出口时，要接受检查，如果在出口缓存中找不到匹配信息，分组就会被丢弃掉。如果找到了合适的匹配，就要使用缓存中的地址信息对分组进行第二层封装，然后将分组转发到正确的目的地。



4.4 MPOA 的优缺点

MPOA 建立在 LANE、NHRP、多播地址解析服务器技术基础上。由于它不限定与特定的网络互连协议，因此它是在 ATM 环境下支持传统网络的一种通用机制。MPOA 能够以统一的方式支持第二层和第三层的网络互连，因此 MPOA 能够在 ATM 环境中实现扩展性较好的连接。

MPOA 能够快速有效地处理长数据流和短数据流，又将路由选择和第三层转发分离开来，减少了参与互联网路由计算的数量，从而提高了可扩展性。

MPOA 实现了独立地理位置的标准虚拟子网，使边缘设备不需要运行互联网路由选择协议，从而降低了边缘设备的复杂程度。MPOA 使用 NHRP 的扩展协议--高速缓存条目插入协议，能够通过删除最后一跳，在整个 ATM 中实现端到端的直通连接。总之，MPOA 是一种功能很强的机制。

由于 MPOA 仍需要地址解析部件，因此分布在网络中的高速存储数据库之间必须保持同步，这就增加了建立连接的时延以及设计和实现协议的复杂程度。

5. IP 交换机

5.1 IP 交换机的概念

1996 年，Ipsilon 公司提出 IP 交换(IP switching)的概念。将一个 IP 路由处理器捆绑在一个 ATM 交换机上，去除了交换机中所有的“ATM 论坛”信令和路由协议，ATM 交换机由与其相连的 IP 路由处理器控制。

IP 交换机作为一个整体运转，执行通常的 IP 路由协议，并进行传统的逐级跳方式的 IP 分组转发。检测到大数据量、长持续时间的业务流时，IP 路由处理器与其邻接的上行节点协商，为该业务流分配一个新的 VPI/VCI 标记属于该业务流的信元，同时更新 ATM 交换机中转发表对应的内容。一旦这个独立的处理过程在路由通路上的每一对 IP 交换机之间都得到执行，那么每一个 IP 交换机就可以很简单地把转发表中的上行和下行节点的表项入口正确地连接起来，这样，最初的逐级跳选路方式的业务流最终被转变成了一个 ATM 交换的业务流。

5.2 IP 交换机的构成

IP 交换机是能在第三层转发 IP 分组，在第二层被交换的设备或系统。有区分哪些分组在第三层转发，哪些分组在第二层交换的控制机制，通过对第二层交换路径重定向实现交换组。IP 交换机的结构如图 6 所示，由 ATM 交换模块和 IP 交换控制器。

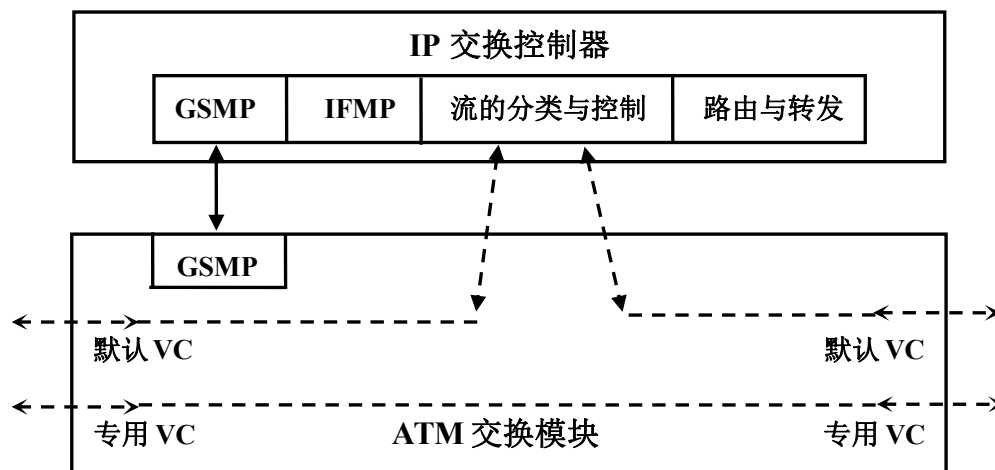


图 6 IP 交换机的结构



(1)ATM 交换模块：利用 ATM 固定长度信元、高速交换信元。

(2)IP 交换控制器：主要由 IP 路由软件和控制软件组成。负责标识一个流，并将其映射到 ATM 的虚连接上。ATM 交换机与 IP 交换控制器通过一个 ATM 接口相连，用于控制信号和用户数据的传送。

(3)GSMP：通用交换管理协议。此协议使 IP 交换控制器可从内部完全控制 ATM 交换模块，管理交换端口，建立和撤销交换机的连接等。

(4)IFMP：Ipsilon 流管理协议，用于在 IP 交换机间共享流标记信息，以实现基于流的第二层交换。

IP 交换的基本概念是流的概念。一个流是从 ATM 交换机输入端口进来的一系列有先后关联的 IP 分组，它将由 IP 交换控制器的路由软件来处理。IP 交换的核心是把输入的数据流分为两种类型：一种是持续期长、业务量大的用户数据流，比如 FTP、Telnet、HTTP 以及多媒体音频、视频数据等；另外一种持续期短、业务量小、呈突发分布的用户数据流，比如 DNS 查询、SMTP 数据、SNMP 数据等。

对于持续期长、业务量大的数据流用 ATM 硬件直接进行交换；对于持续期短、业务量小、呈突发分布的数据流，通过 IP 交换控制器中的 IP 路由软件完成转发，即采用和传统路由器类似的逐跳的存储转发方式。IP 交换机利用 IFMP 建立 VCI 和每条输入链路上传送的业务流之间的关系。

5.3 IP 交换的工作原理

IP 交换同时支持传统的逐跳转发方式和基于流的 ATM 直接交换方式。IP 交换机的工作过程可分为三个阶段，如图 7 所示。

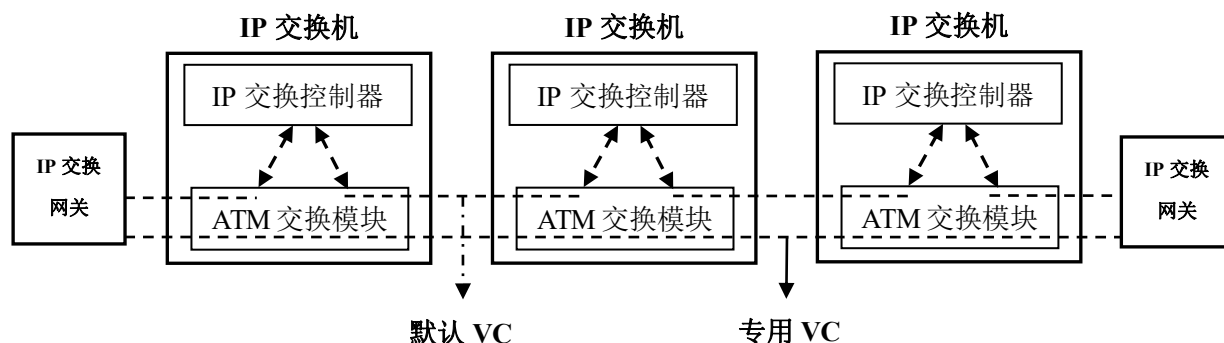


图 7 IP 交换机的工作过程

(1) 逐跳转发 IP 分组阶段。任意 IP 分组流，最初都在两个相邻 IP 交换机间的缺省 VC 上逐跳转发。每一跳，ATM 信元先重新组装成 IP 分组，送往 IP 交换控制器，IP 交换控制器则根据 IP 路由表决定下一跳，然后 IP 分组分拆为 ATM 信元进行转发。同时，IP 交换控制器基于接收 IP 分组的特征，按照预定的策略进行流分类决策，以判断创建一个流是否有益。

(2) 使用 IFMP 将业务流从默认 VC 重定向到一个专用的 VC 上。如果分组适合于流交换，则 IP 交换控制器用 IFMP 协议发一个重定向信息给上游节点，要求它将该业务流放到一个新的 VC 上传送。若上游节点同意建立 VC，则后续分组在新的 VC 上转发。同时下游节点也进行了流分类决策，并发送了一个重定向信息到上游，请求为该业务流建立一条呼出 VC。

(3) 在新的 VC 上对流进行第二层交换。ATM 交换机根据已经构造好的输入/输出 VC 的映射关系，将该流的所有后续业务量在第二层进行交换，而不会再涉及到 IP 交换控制器。同时，一旦建立了一个流，IP 分组就不需要在每一跳进行组装和分拆操作，因而大大提高了 IP 分组的转发效率，尤其是由长数据流组成的网络业务将从 IP 交换受益最多。



5.4 IP 交换中所使用的协议

IP 交换中使用了 GSMP 和 IFMP 两种协议。GSMP 用于 IP 交换控制器中，完成直接控制 ATM 交换的功能；IFMP 用于 IP 交换机、IP 交换网关或 IP 主机中，传送控制数据。

5.4.1 GSMP 协议

GSMP 是一种异步协议，它把 IP 交换控制器设为主控制器，把 ATM 交换机设为被控设备。IP 交换控制器利用该协议向 ATM 交换机发出下列要求：

- (1) 建立和释放穿过 ATM 交换机的虚连接。
- (2) 在点到多点连接中，增加或删除端点。
- (3) 控制 ATM 交换机端口。
- (4) 进行配置信息查询。
- (5) 进行统计信息查询。
- (6) 为用户流建立新的 VPI/VCI。

5.4.2 IFMP 协议

IFMP 协议可以在两台 IP 交换机之间的点到点链路上运行，用于 IP 交换机间标记绑定的流间通信，采用下游标记分配模型来实现。它可以在 IP 交换网关或支持 IFMP 的网络接口卡之间请求分配一个新的 VPI/VCI，即 IFMP 协议给某个流附加一个标签，使该流的路由更加有效。

IFMP 是软状态协议；除非更新，否则其状态会自动超时结束。这就是说，流的绑定信息有一个有效期，一旦上游交换机获知该期限，则应周期性地更新。IFMP 包含两个协议：邻接协议和改发协议。邻接协议用于发现相邻节点以及实现两节点间链路状态的同步；改发协议则用于 VCI 分配与 ATM 连接建立和释放过程。

5.4.3 IP 交换的优缺点

由于 IP 交换机把输入的用户业务流分成两大类，节省了建立 ATM 虚电路的开销，因此提高了效率；

IP 交换的缺点是只支持 IP 协议，同时它的效率依赖于具体用户的业务环境。对于大多数业务为持续期长、业务量大的用户数据，能获得较高的效率。但对于大多数业务为持续期短、业务量小、呈突发分布的用户数据，IP 交换的效率将大打折扣，这时一台 IP 交换机只相当于一台中等速率的路由器。

6. 总结

6.1 IP 交换技术总结

本文主要介绍了 IP 交换技术的产生背景、技术原理，在实际中应用的 IPOA 和 MPOA 协议以及 IP 交换机的技术原理和工作过程。借助于课程与网络资源，对交换技术，诸如电路交换、软交换、光交换和 IP 交换有了全面清晰的认识，考虑到 IP 交换技术包含 ATM 交换技术和 IP 路由技术，它在交换技术里面起着承前启后的作用，是传统交换技术的制高点，又是软交换以及下一代网络技术的起点，故而对 IP 交换做了详尽的原理和应用分析。

IP 交换机的结构是由 IP 交换控制器和 ATM 交换机两部分构成。IP 交换控制器实际上就是运行了标准的 IP 选路软件和控制软件的高性能处理机，其中控制软件主要包括流的判识软件、Ipsilon 流管理协议和通用交换机管理协议。

(1)流的判识软件

流的判识软件用于判定数据流，以确定是采用 ATM 交换式传输方式，还是采用传统的 IP 传输方式。



(2) Ipsilon 流管理协议(IFMP)

在 IP 交换机之间通信所使用的协议是 IFMP(Ipsilon 流管理协议), 用于 IP 交换机之间分发数据流标记, 即传递分配标记(VCI)信息和将标记与特定 IP 流相关联的信息。

(3) 通用交换机管理协议(GSMP)

在 IP 交换控制器和 ATM 交换机之间所使用的控制协议是 GSMP, 是一个主/从协议, 此协议用于 IP 交换器对 ATM 交换器的控制, 以实现连接管理、端口管理、统计管理、配置管理和事件管理等。

ATM 交换机实际上就是去掉了 ATM 高层信令(AAL 以上)、寻址、选路等软件, 并具有 GSMP 处理功能的 ATM 交换机。它们的硬件结构相同, 只存在软件上的差异。

IP 交换的工作过程可分为四个阶段。

(1) 对默认信道上传来的数据分组进行存储转发

在系统开始运行时, IP 数据分组被封装在信元中, 通过默认通道传送到 IP 交换机。当封装了 IP 分组数据的信元到达 IP 交换控制器后, 被重新组合成 IP 数据分组, 在第三层按照传统的 IP 选路方式, 进行存储转发, 然后再被拆成信元在默认通道上进行传送。

(2) 向上游节点发送改向消息

在对从默认信道传来的分组进行存储转发时, IP 交换控制器中的流判别软件要对数据流进行判别, 以确定是否建立 ATM 直通连接。对于连续的、业务量大的数据流采用 ATM 交换式传输, 对于持续时间短的、业务量小的数据流采用传统 IP 存储转发方式。当需要建立 ATM 直通连接时, 则从该数据流输入的端口上分配一个空闲的 VCI, 并向上游节点发送 IFMP 的改向消息, 通知上游节点将属于该流的 IP 数据分组在指定端口的 VC 上传送到 IP 交换机。上游 IP 交换机收到 IFMP 的改向消息后, 开始把指定流的信元在相应 VC 上进行传送。

(3) 收到下游节点的改向消息

在同一个 IP 交换网内, 各个交换节点对流的判别方法是一致的, 因此 IP 交换机也会收到下游节点要求建立 ATM 直通连接的 IFMP 改向消息, 改向消息含有数据流标识和下游节点分配的 VCI。随后, IP 交换机将属于该数据流的信元在此 VC 上传送到下游节点。

(4) 在 ATM 直通连接上传送分组

IP 交换机检测到流在输入端口指定的 VCI 上传送过来, 并受到下游节点分配的 VCI 后, IP 交换控制器通过 GSMP 消息指示 ATM 控制器, 建立相应输入和输出端口的入出 VCI 的连接, 这样就建立起 ATM 直通连接, 属于该数据流的信元就会在 ATM 连接上以 ATM 交换机的速度在 IP 交换机中转发。

6.2 课程学习心得体会

程控交换原理与现代交换技术主要介绍了交换机的发展历史以及各种交换技术的产生背景和技术原理, 重点讨论了电路交换技术、IP 交换技术和软交换技术, 最后引出当前在世界范围内掀起研究热潮的下一代网络(NGN)。

胡老师在教学过程中, 一直结合当前的前沿技术, 与学生讨论交换技术的发展, 这极大地增加了学生的学习兴趣。课程安排上, 胡老师由浅入深, 逐步引导学生从零学习交换技术, 并且利用相关课程的知识点复习与点拨, 让学生能够时刻抓住课程学习的重点。这极大地削减了学生的工作量, 但是增加了学生思考问题的深度, 这是非常好的教学模式, 让学生真正学有所获。

此外, 胡老师利用课堂作业深化巩固课程学习内容, 大力引导学生探讨相关的问题, 比如下一代网络的优点, 学生能通过图书或者网络资料互相分享相关知识点, 教学资源扩大了, 学生吸收的知识也增加了, 并且在这个过程中, 我们增加了对交换技术的研究兴趣。



6.3 课程学习的教学建议

1.继续坚持简单的教学模式，以激发学生学习的兴趣为主，充分调动学生学习的能动性，知识的学习本就不是一种记忆训练，也不是理解的强加，而应该称为一种愉悦的思考交流活动，且在知识大爆炸的时代，传授学习方法、学习观念要比教授学习知识重要得多，有用的多；

2.课堂上多多互动，还是调动学生学习的积极性，交换技术的发展历史有点长，并且现在交换技术处于一股研究热浪上，学生本能的实用主义心态是需要老师花费时间去慢慢调节的。

3.充分考虑学生所处的学习环境，从大一开始，就一直在学习这门课，那门课，课程似乎无穷无尽，单靠学生自己去总结这些课程之间的联系，这是有难度的。所以老师在授课时，可以把这些课程之间的关系梳理清楚，让学生对课程体系、对自己所学专业有清晰的认识，让学生在学习过程中始终能意识到：①他从哪里来；②他该怎么做；③他往哪里去。

参考文献：

- [1]李鉴增著. 有线电视综合信息网技术.[M]北京:冶金工业出版社,2004:55-58.
- [2]方宏一著. 有线电视宽带多媒体网络.[M]北京:清华大学出版社,2008:65-108.
- [3]Marcus Goncalves&Kity Niles 著. IP 多路广播技术与应用 .M]Beijing:Tsinghua University Press,2000(in Chinese).
- [4]赵惠玲著. ATM,帧中继,IP 技术与应用.[J]计算机工程与科学.2001,23(2):62-65.