

# 网络主干向 ATM 的升级

张孟顺 (浙江省邮电规划设计院 310014)

**摘要:**本文介绍了目前网络主干升级中的主要技术;及 ATM 技术在 LAN 网络主干的实现技术;指出了网络主干升级的一些发展动向。

**关键词:**网络主干 升级技术 ATM LANE

## 一、千兆位以太网

千兆位以太网为传统以太网的新发展,它采用以太网同样的 CSMA/CD 协议,它同以太网和快速以太网具有相同的帧格式和长度,而提供的数据传输速率可达 1Gbit/s,从以太网、快速以太网和光纤分布数字接口(FDDI)主干网向千兆位以太网可实现无缝升级,是一种最引人注目的主干网络升级解决方案。目前该技术还处于开发阶段,各种技术标准正由 IEEE 802.3 委员会在制订当中,只有少量产品问世。

由于以太网络 CSMA/CD 介质存取方法的固有特性,其网络的传输速率从快速以太网络的 100Mbit/s 提升到 1Gbit/s 后,其网络的最大网段则降为快速以太网络的 1/10,这使得网络的直径大大缩小。IEEE 802.3 委员会通过技术标准的修改,使千兆位以太网可不遵守 100BASE-T 采用的方式,但其组网必须采用具有中继器或交换器功能的集线器,连接距离可达 500 米至 2000 米。由于以太网采用的 CSMA/CD 数据传输方式常常使得信息数据在网络中传输的时延变化莫测,很难适合实时数据在网络中的传输。随着传输速率的提高,在千兆位以太网中实时数据的传送将会得到明显的改善,多媒体等实时数据可望在千兆位以太网中得到传送。

采用千兆位以太网技术升级网络主干的明显优势在于可实现从以太网、快速以太网和 FDDI 向千兆位以太网的无缝升级,可使广大以太网用户的原有投资得到保护,原有网络的设备、工作台和软件等都可得到重新利用,其网络升级的成本低廉、价格性能比相对诱人,对用户无需重新培训,无需为额外的网络协议增添投资。其缺点主要是服务质量 QoS 不能保证,在网络传输中可能会有数据包的丢失。如果网络环境必须强调通信的传输质量,则 ATM 的 QoS 要比千兆位以太网强得多。

## 二、IP 交换技术

IP 交换技术首先由 Ipsilon Networks 提出,其方案主

要集中在 ATM 技术上,但没有 ATM 那样复杂。Ipsilon 交换器的容量提高到了现有路由器的 5 倍,每秒可检测 2000 至 3000 个通信流,其智能处理器可决定如何定义通信流,用户可根据特定应用更改这些定义,Ipsilon 交换器仅支持 IP 协议。

除了 Ipsilon Networks 公司外,Cisco、IBM、3Com 等公司都向 IETF 提出了各自的 IP 交换技术建议。Cisco 的建议叫做标签交换(tag switching),而 IBM 则叫做积累路由式 IP 交换(ARIS)。而 3Com 公司开发的则叫 Fast IP 技术。其中 Fast IP 技术在 IP 交换技术中比较吸引人。

3Com 开发的 Fast IP 可作为各种网络的主干技术,如以太网、快速以太网、千兆以太网、FDDI、令牌环和 ATM 等,它结合了路由技术的控制策略功能与交换技术的线速转发性能,可用于每秒数十万包转发率的高速网络,也可用于下一代每秒数百万包转发率的高速网络。它可在多种网络体系结构上工作,它使用的基础技术 802.1Q、802.1q 或 NHRP 均不限制于 TCP/IP 协议,可极容易地扩展到其他协议,它尤其适合在交换式局域网结构上使用。是一种主干网络平稳升级的良好途径。

由于 IP 交换技术的标准目前都还没有确定,其网络技术还处于试验阶段,用户的投资不能得到保证。

## 三、ATM 网络技术

ATM(Asynchronous transfer Mode)异步传输方式是一种新型的组网技术。它产生于 1989 年,目前正由试验阶段走向商用阶段。ATM 网络技术吸引了传统网络技术的优点,避开某些不足之处,成为对局域网、城域网和广域网都很有价值的技术。它采用固定长度的短小信元格式,将进入 ATM 网络各种类型的信息一律分割成 53 字节的短小信元,其中前 5 个字节为信头,后 48 字节为信息块。它采用面向连接的传送方式,在数据传送之前必须先建立虚通道(VP)或虚通路(VC)等虚链路以进行

资源的预定。它使每个信元的延迟时间可以预期,在负载重时,信元的延迟时间变化不会过大。它采用的虚拟网功能是指通过建立虚连接来传输数据。每个虚电路都有一个服务质量参数 QoS 来标定所传输的数据。QoS 参数包括所需要的传输能力、数据负载的类型和数据的优先级。对于优先级高的数据保证在允许的时延内先给予传输,使得对时延敏感的数据不会有什么问题,而优先级低的数据通过合理调节后予以传输,不至于使网络出现严重的阻塞。ATM 网络采用的主要关键技术为短小的固定信元、虚连接和 ATM 交换技术。

### 1. ATM 信元格式

ATM 信元是其网络信息数据传输的基础。它采用短小的固定长度信元替代了传统较长的 IP 数据包。每个信元为 53 个字节,前 5 个字节为 VPI 和 VCI 等用于交换的信息,后 48 个字节为传输的信息数据块。其格式如图 1 所示。

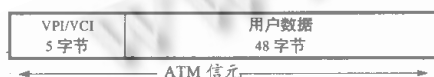
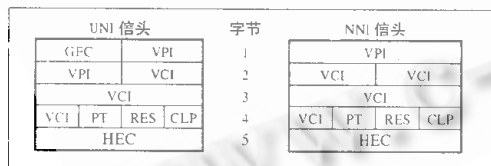


图 1 ATM 的信元格式

其中前 5 个字节的信头中包含了数据传输和交换的重要信息,其主要信息有流量控制信息、虚通路标识符、信元丢失的优先级以及信头的误码控制等。其信头对于用户网络接口(UNI; Network to Node Interface)和网络节点接口(NNI; Network to Node Interface)的定义有所不同。如图 2 所示。



- 其中, GFC: Generic Flow Control, 一般流量控制域;
- VPI: Virtual Path Identifier, 虚通道标识符;
- VCI: Virtual Channel Identifier, 虚通路标识符;
- PT : Payload Type, 净荷类型;
- RES: Reserved, 保留位;
- CLP: Cell Loss Priority, 信元丢失优先级;
- HEC: Header Error Control, 信头校验码。

图 2 UNI 和 NNI 的信头定义

### 2. 虚连接

ATM 技术是一种面向连接的信息数据传输技术,当发送端和接收端想要通信时,先通过 UNI 送一要求建立连接的控制信号。接收端通过网络收到该控制信号并同意建立连接后,一条虚拟线路就会被建立。虚拟线路是用虚通道标识符和虚通路标识符表示的。同时虚拟线路上的所有的中继点都会建立线路映像表。虚拟线路建立后,所需传送的信息就会被分割成 53 字节的信元,经网络送到对方。

一般的虚通道(VP: Virtual Path)由两端点复用的一组虚通路(VC: Virtual Channel)组成,理论上一条虚通道 VP 可最大携带 65000 条虚通路 VC。属于同一虚拟通路的信元群都拥有相同的虚拟通路标识符 VCI。属于同一虚拟通道的信元群都拥有相同的虚拟通道标识符 VPI。传输路径、虚通道和虚拟通路是 ATM 技术中三个重要的概念,三者间的关系如图 3 所示。

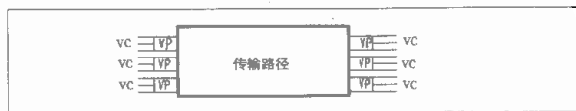


图 3 虚拟通路、虚通道和传输路径三者的关系

### 3. ATM 交换

ATM 交换是 ATM 网络中的关键和主要技术,它的性能好坏直接影响到网络的传输吞吐量、传输信元的阻塞等问题。它常由输入、输出、控制处理器和交换机构组成。ATM 技术采用的这种异步传送方式本质上是一种高速分组交换模式,它能够适应速率从低于数千比特到高达数百兆比特的不同链路在同一网络中进行操作,不再需要路由器或隔离桥进行速率匹配,每条链路可根据需要改变其速率,具有很大的伸缩性。其信元的交换在虚拟线路建立后进行。在虚拟线路中,相邻两个交换点的 VCI/VPI 值保持一致,两端点间形成一条虚通路链路或一条虚通道链路。VCI/VPI 值在经过 ATM 交换点时,该交换点根据 VP 连接的目的地,将输入信元的 VPI 值改为可导向接收端的新 VPI 值赋予信元并输出。以上过程被称作 VP 交换,此过程中 VCI 值保持不变。其交换过程如图 4 所示。

在理论上 VC 交换过程的交换点终止于 VC 链和 VP 链,VC 交换后 VCI 与 VPI 将同时改为新值。

在 ATM 交换中,时隙不再固定地分配给某一特定的呼叫,只要时隙一空闲,任何一个允许接入的呼叫都能

占用空闲时隙。其信元的统计复用和交换处理方式均与所传送的信息类型(如图形图像、声音、三维动画等)无关。由于 ATM 网络所处理的为统一格式的固定长度信元,交换过程可省去许多不必要的校验,而只需改变 VPI/VCI 的值,而不用理采信元的信息类型,其信元的交换传输速率非常快。

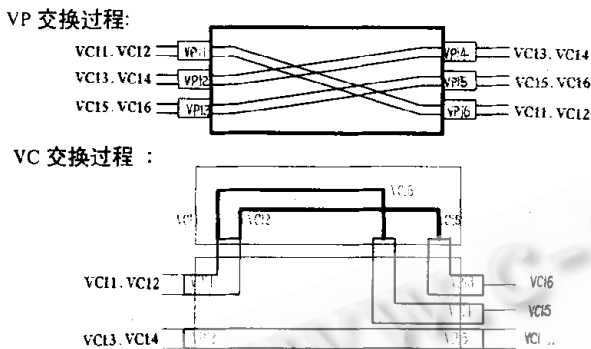


图 4 VP 交换过程和 VC 交换过程的比较

#### 四、ATM 网络的特点

##### 1. 宽带化的传输网络可提供各种宽带化的业务服务

ATM 本质上是一种高速分组交换模式,它能够适应从速率低于数千比特到高达数百兆比特的各种业务,它集语音、图像和数据等信息于一体,进行宽频带综合业务数字通信。

##### 2. 高速的数据传输能力,良好的服务质量 QoS

宽带、高速和 QoS 可谓是 ATM 网络的主要特点。ATM 技术的传输的速率相当高,可高达数百兆比特,为目前计算机网络技术传输速率最高的一种。它具有良好的服务质量,可将不同种类的数据分成 A、B、C、D 各种等级的数据业务,并按业务的优先等级要求保证数据在允许的时延范围内加以传送。

##### 3. 可动态地分配带宽,适合传输突发性的数据

ATM 技术使用类似时分多路复用技术,采用一个个时间片(也称帧)。每一帧又包含多个时隙。其时隙不再固定地分配给某一特定的呼叫,只要时隙一空闲,任何一个允许接入的呼叫都能占用空闲时隙。在输入端配有缓冲器,呼叫的信息先存入缓冲器中等待,以便时隙一空闲就去占用。在输出端不是靠时隙同步,而是靠信头标志来识别固定 53 个字节的信头。它以动态的方式来分配带宽,适合传输突发性的数据业务,并且其资源的利用率相当高。

##### 4. 提供大数据吞吐量,有效地控制网络阻塞

ATM 网络的容量主要由 ATM 交换来决定,其吞吐量大大高于传统网络的吞吐量。它可将不同链路、不同速率的信息集中在同一界面上操作,而不需要传统路由器或隔离桥来进行速率的匹配,其网络的容量非常大。同时由于其信息全都采用短小的信元,而信元又可按其业务的承受延迟能力和丢失请求,分为 A、B、C、D 多种等级,保证对时延敏感的数据在允许时延内优先传输,而优先级低的数据则通过合理调节予以传输,使网络传输不易产生阻塞。

##### 5. 采用一律的信元格式,有利于通信的规范化

ATM 网络采用字节长度为 53 字节的固定信元传输,对于数据、文字、图形和图像及视讯等不同的信息数据,都将它们分割成固定长度的信元,而形成统一的信元格式。即使是管理使用的信息数据,它们也分割成同样的信元格式。从而 ATM 层上得到单一的通信集成。采用这种方法,极有利于信息数据传送格式的规范化。

### 五、LAN 仿真

由 ATM 论坛设计的 LAN 仿真(LANE),可利用 ATM 交换机提高网络干线的性能而不破坏传统网络的应用和网络操作系统,服务器能够跨接在高速的 ATM 交换机上,并且仍然可和 LAN 所连接的客户机一起工作,同时保护用户在应用和网络软件的投资,使 ATM 对现有协议更为有用。

ATM 局域仿真有两种方案。第一种方案是将 ATM 网络实现为一个新的数据链路层,修改现有的网络层协议以适应这种链路层接口。IETF(Internet Engineering Task Force)选择了这种方法,它主要针对 Internet 的 TCP/IP 协议,适应于 Internet 网同 ATM 网的互连。第二种方案是由 ATM 提高传统 LAN 数据链路层的 MAC 子层的服务。即以 ATM 替代 MAC 子层成为 ISO 网络七层模型中物理层与数据链路层中逻辑链路控制子层(LLC)之间的一层。使 ATM 仿真 MAC 子层后,可避免第一种方案中修改上层协议的工作。这种方案在局域网的主干升级中比较适用。其 LANE 系统图如图 5 所示。

在 ATM 主机中的 ATM 层直接在物理层上,由 ATM 层管理 ATM 信元的头标,接收更高层来的信元数据,然后附上标头,再把合成的 53 字节的信元交给物理层;反过来,ATM 层接收物理层送来的 ATM 信元,剥去头标,再把剩下的 48 字节传送给高层的协议。ATM 层的上一层为 ATM 适配层 AAL。AAL 把数据格式化,使之成为 48 个字节的 ATM 信元数据,这个格式化过程

称做分段。ATM 信元被传输到目的地之后,必须重新组织成高层的数据,再由当地设备接收下来,这个过程称做 AAL 的重组。AAL 层中有 ATM 送来的传统网络的多种适配协议,而且可同时工作。ATM 网络协议的 AAL5 专门用于进行 LANE。LANE 位于 AAL 层的上面。在网络边界处 ATM 至 LAN 转换器中,LANE 为所有协议解决数据连网问题。其办法是把媒体存取控制层的 LAN 地址与 ATM 地址桥接起来。LANE 完全独立于其上层的协议、服务和应用。

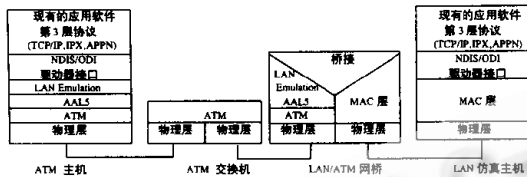


图 5 LANE 示意图

ATM 标准规定的 LANE 用户网络接口(LUNI)协议使 ATM 网络边界设备可以控制供传输用虚拟连接,并且模仿传统的 LAN 的无连接的特性。从而使 ATM 网络技术对 LAN 完全透明;LANE 把 ATM 交换对更高层的协议层所要求的建立连接功能完全屏蔽起来。

LANE 协议保护 ATM 网络的外观和行为方式都与传统的以太网或令牌环 LAN 相似,然而运行速率比传统 LAN 快得多。

在 LAN 仿真中,整个数据网的 VC 建立在所有 ATM 端站和边缘设备之间,如图 6 所示。

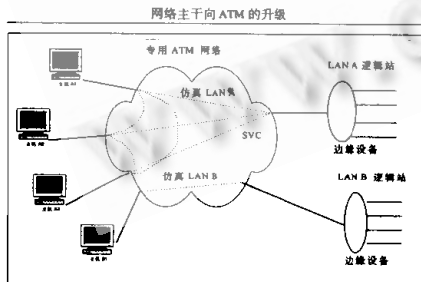


图 6 LAN 仿真的物理描述

## 六、LANE 服务支持类型

LANE 服务被专门设计成支持三种类型的配置情况:ATM 与 ATM 互连、ATM 与 LAN 互连和 LAN 与 LAN 互连。其中 ATM 与 ATM 的互连适合于 ATM 网建设的初期,它仍需要利用现有的传输网络,易形成传输性能上的瓶颈。不适合于网络主干的升级方案。

### 1. ATM 与 LAN 互连

这种方式采用 ATM 服务器或子网与现有 LAN 单级连接,ATM 的终端支持现有的 LAN 子网的各种业务,并与现有 LAN 的终端互连。其网络主升级到了 ATM 网的 LANE 服务。

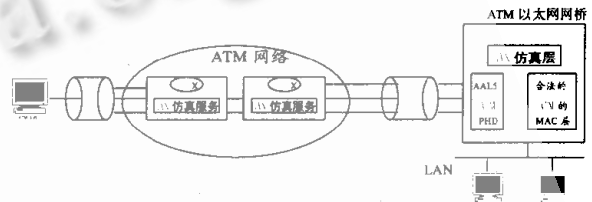


图 7 ATM 与 LAN 互连

### 2. LAN 与 LAN 互连

这种方式利用现有网通过 ATM 主干网串接,利用 ATM LANE 主干承载现有网络的业务,在 ATM 主干网络上实现现有 LAN 的互连问题。提高了网络主干的性能。

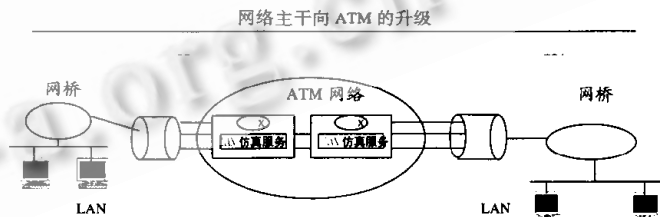


图 8 LAN 与 LAN 互连

## 七、LANE 的配置结构

ATM 网络由一串用 ATM 中继连接的 ATM 交换机组成,用作 LAN 仿真的 ATM 局域干线也应当有相同的组成情况。LANE 采用客户机/服务器操作模式。它定义了两种功能,第一种是 LAN 仿真客户机(LEC:LAN Emulation Clients),它驻留在具有和 ATM 网络直接接口的节点,如 LUNI、ATM/LAN 交换机,以及 ATM 网络到 LAN 连接的网桥和路由器等设备中。另一种功能包括

LAN 仿真服务器(LES:LAN Emulation Servers)、LAN 仿真配置服务器 (LECS: LAN Emulation Configuratin Servers)、以及广播的未知的服务器(BUS: Broadcast and Unknown Servers)。它们构成局域干线网络的框架。LES的具体实现可以使用专门的工作站,也可以包含在 ATM 局域干线交换机中,LECS 和 BUS 的功能一般都由 ATM 局域干线交换机实现。

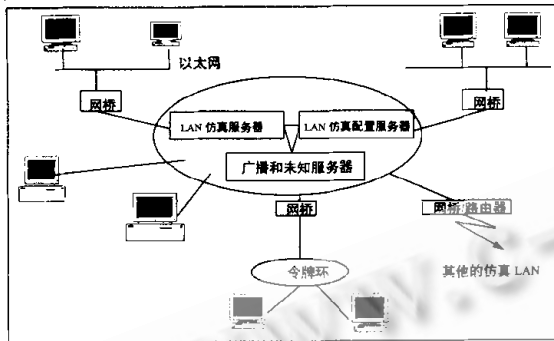


图 9 LAN 仿真的配置结构

每个仿真的 LAN 都有一个 LES,当 LAN 仿真客户机联机时,它在 LES 上登记自己的 MAC 和 ATM 网络地址。LECS 的作用是 LEC 初始时,把 LEC 分配给 LES。当某个 LEC 要和另一个 LEC 通信时,它向 LEC 查询目标 LEC 的 ATM 网络地址,然后在两者之间建立起通信的虚拟电路构成连接,BUS 是一个多路广播服务器,它的功能是扩散未知目标地址流量和广播流量。当某个 LEC 要把信息包广播到多个 LEC 时,它先把此信息包送到 BUS。由 BUS 建立起点到多点的虚拟电路,把信息包转发到仿真局域网内的相关成员。

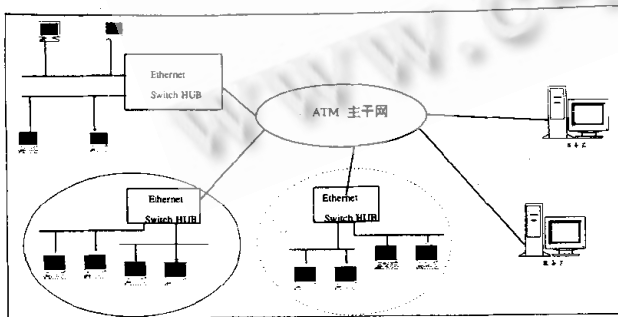


图 10 ATM/以太网组合交换技术

LAN 仿真允许在一个 ATM 网络中实现多个仿真的局域网。LAN 仿真客户机(LEC)把 LAN 的 MAC 地址转换成 ATM 网络的地址。每个 LEC 通过虚拟电路和 LAN 仿真服务器(LES)相连,只有连到同一个 LES 上的 LEC 才能互相直接通信。通过多个 LES 功能对网络进行逻辑分段,这样便可以在同一个物理的 ATM 网络上形成多个仿真的 LAN。

## 八、虚拟 LAN(VLAN)

虚拟 LAN 以交换为网络的核心,是一种为每个端口提供全带宽通信的 OSI 模型第二层的桥接方式。该技术已在独立的多端口设备和交换式集成器中得到实现。它可使得网络容易扩展、移动和改变。虚拟网络使网络适应各种机构的工作流程,而不是像现在这样把机构约束在物理网络上;允许端点系统集中进行逻辑上的重新配置,而无需物理上的重新配置;还有助于减少移动。虚拟 LAN 将物理的或逻辑的网络基本结构完全分离。因而能够把 ATM LAN 虚拟地分段成能够沿着可供管理的边界布置的多个网络段,以提高安全性和增强可伸缩性。

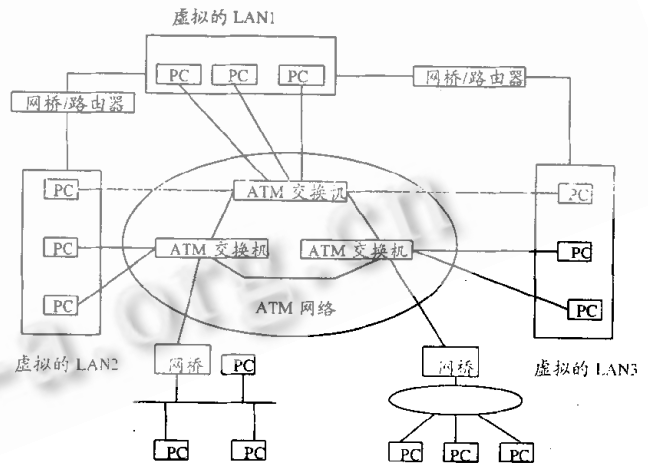


图 11 虚拟局域网

### 参考文献

- [1] 张宏科 袁正定. ATM 网络互连原理与工程. 北京:清华大学出版社,1997
- [2] Thomas W. Madron. 局域网新技术与标准. 熊伟东 马洪兵 孟昭晖等译. 北京:电子工业出版社,1995

(来稿时间:1997年12月)