

第5章 流媒体技术

随着信息时代的到来,计算机网络已成为人们获取信息的主要途径,而多媒体技术的快速发展进一步推动了网络的广泛应用。如今,互联网不仅是信息传递的渠道,更是全球用户互动和共享的基础平台。流媒体技术的崛起标志着数字通信进入了全新的阶段,从文字到图像、音频、视频,信息的表达形式愈加丰富,传递效率和质量也得到了显著提升。

为了解决传统下载式视频传输的效率问题,提供更加灵活、实时的内容交互体验,流媒体已成为视频传输的核心技术之一。随着宽带网络的发展和移动互联网的普及,流媒体技术的出现极大地改变了视频内容的传输与分发方式。本章将深入探讨流媒体技术的基础知识,包括其发展历程、技术架构以及应用场景。本章将重点介绍网络模型和协议、IP组播、服务质量(QoS)以及流式传输、边缘计算等内容,帮助读者全面理解流媒体技术在现代信息社会中的重要性和应用价值。

本章学习目标

知识目标

- (1) 深入理解计算机网络的基本概念、架构、协议组成。
- (2) 掌握多媒体网络的服务质量概念和性能要求。
- (3) 了解流媒体技术的核心原理及其关键组件。
- (4) 了解边缘计算的概念、架构与应用。

技能目标

- (1) 能够应用专业工具与软件进行流媒体内容制作与编辑。
- (2) 分析和解决网络多媒体传输、播放等实际问题。
- (3) 能够进行多媒体网络性能测试与优化。

素质目标

- (1) 增强信息素养,提高对网络多媒体信息的分析、评价和利用能力。
- (2) 培养团队合作和奉献精神,提升跨学科沟通与协作能力。
- (3) 培养创新意识,增强在网络多媒体技术领域的创新意识,主动探索新技术、新应用。

5.1 流媒体技术基础



5.1.1 计算机网络

计算机网络是在网络协议的控制下,通过网络通信设备和线路,将分布在不同的地理位

置且具有独立功能的多个多媒体计算机系统连接,并通过多媒体网络操作系统等网络软件实现资源共享的多机系统。计算机网络本身就是相当复杂的系统,相互通信的两个计算机系统只有高度协调才能正常工作。为此,人们提出了将网络分层的方法,将庞大而复杂的问题转换为若干较小的局部问题进行处理,从而使问题简单化。

1. OSI 参考模型

国际标准化组织于 1981 年提出了一个网络体系结构的开放系统互连(OSI)参考模型。OSI 是一个定义异种计算机连接标准的框架,为连接分布式应用处理的“开放”系统提供了基础。所谓“开放”指任何两个系统只要遵守参考模型和有关标准,都能够进行互连。OSI 采用了层次结构化的构造技术。

OSI 参考模型共有 7 层,如图 5-1 所示,由低至高分别为:物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层、应用层。其中 1~3 层主要负责通信功能,称为通信子网。5~7 层属于资源子网的功能范畴,称为资源子网。传输层起着衔接上下 3 层的作用。

(1) 物理层。

物理层是 OSI 的最底层,主要功能是利用物理传输介质为数据链路层提供连接,以透明地传输比特流,并提供有关在传输介质上传输非结构的位流及物理链路故障检测指示。在这一层,数据还没有被组织,仅作为原始的位流或电气电压处理,单位是比特。

(2) 数据链路层。

数据链路层负责在两个相邻节点间的线路上,无差错地传送以帧为单位的数据,并进行流量控制,每一帧包括一定数量的数据和一些必要的控制信息。和物理层相似,数据链路层要负责建立、维持和释放数据链路的连接。传送数据时,如果接收点检测到所传数据中有差错,就会通知发送方重发这一帧。

(3) 网络层。

网络层的功能是进行路由选择、阻塞控制与网络互联等,为传输层实体提供端到端的交换网络数据传送功能,使得传输层摆脱路由选择、交换方式、拥塞控制等网络传输细节。另外,网络层可以为传输层实体建立、维持和拆除一条或多条通信路径,并对网络传输中发生的不可恢复的差错予以报告。

(4) 传输层。

传输层的功能是向用户提供可靠的端到端服务,透明地传送报文,是关键的一层。传输层为会话层实体提供透明、可靠的数据传输服务,保证端到端的数据完整性;选择能提供最适宜服务的网络层;根据通信子网的特性,最佳地利用网络资源,为两个端系统的会话之间提供建立、维护和取消传输连接的功能,并以可靠和经济的方式传输数据。

(5) 会话层。

会话层的功能是组织两个会话进程间的通信,并管理数据的交换。会话层为表示层实

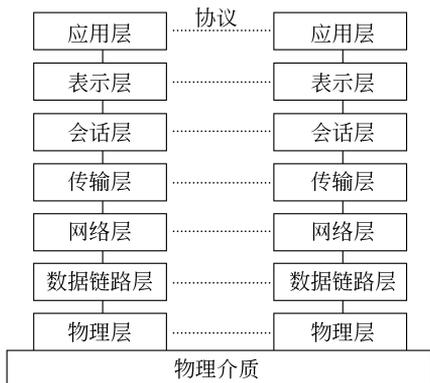


图 5-1 OSI 参考模型

体提供建立、维护和结束会话连接的功能;完成通信进程的逻辑名字与物理名字间的对应;提供会话管理服务。会话层不参与具体的传输,它提供包括访问验证和会话管理在内的建立和维护应用之间的通信机制。例如,服务器验证用户登录便是由会话层完成的。

(6) 表示层。

表示层主要用于处理两个通信系统中交换信息的表示方式,它包括数据格式变换、数据加密、数据压缩与恢复等功能。表示层为应用层进程提供能解释所交换信息含义的一组服务,即将交换数据从适合于某一用户的抽象语法转换为适合于 OSI 系统内部使用的传送语法,提供格式化的表示和转换数据服务。

(7) 应用层。

应用层是 OSI 参考模型中的最高层,确定进程之间通信的性质,以满足用户需要以及提供网络与用户应用软件之间的接口服务,如事务处理程序、电子邮件和网络管理程序等。

2. TCP/IP 的主要特性

协议是对数据在计算机或设备之间传输时的表示方法进行定义和描述的标准。协议规定了进行传输、检测错误以及传送确认信息等内容。

TCP/IP 作为因特网的核心协议,被广泛应用于局域网和广域网中。作为一个最早的、迄今为止发展最为成熟的互联网络协议系统,TCP/IP 包含许多重要的基本特性,主要表现在以下四方面。

(1) 逻辑地址。

因特网为每台连入网络的计算机分配一个逻辑地址,这个逻辑地址被称为 IP 地址。IP 地址与人们日常使用的通信地址相似,具有全球唯一性,这样,通过 IP 地址就可以很快找到相应的计算机。

(2) 路由选择。

在 TCP/IP 中包含了专门用于定义路由器如何选择网络路径的协议,即 IP 数据包的路由选择。

(3) 域名解析。

TCP/IP 采用的是 32 位的 IP 地址,为了方便用户记忆,设计了一种方便的字母式地址结构,称为域名或 DNS(域名服务器)名字。将域名映射为 IP 地址的操作,称为域名解析。域名具有较稳定的特点,而 IP 地址则较易发生变化。

(4) 错误检测与流量控制。

TCP/IP 具有分组交换确保数据信息在网络上可靠传递的特性,包括检测数据信息的传输错误(保证到达目的地数据信息没有发生变化),确认已传递的数据信息已被成功地接收,监测网络系统中的信息流量,以防止出现网络拥塞。

3. IP 地址

IP 地址是用来标识网络中的通信实体的,如主机或路由器的某一个端口。在基于 IP 协议网络中传输的数据包,必须使用 IP 地址来进行标识。每个被传输的数据包包括一个源 IP 地址和一个目的 IP 地址,该数据包在网络中进行传输时,要保持这两个地址不变,以确保网络设备总是能根据确定的 IP 地址,将数据包从源通信实体送往指定的目的通信实体。

目前使用最多的 IP 协议为互联网协议第四版(IPv4): 每个 IP 地址由 4 个小于 256 的数字组成,中间用“.”分开。因特网的 IPv4 地址共有 32 位,4 字节。它有二进制和十进制两种格式。二进制格式是计算机所识别的格式,十进制格式是由二进制格式转换而来的,主要是为了便于使用。

一个 IP 地址主要由两部分组成: 一部分是用于标识该地址所从属的网络号,另一部分用于指明该网络上某个特定主机的主机号。为了保证网络地址的全球唯一性,网络号由因特网权力机构分配,主机地址则由各个网络的管理员统一分配。网络地址的唯一性与网络内主机地址的唯一性确保了 IP 地址的全球唯一性。

为了给不同规模的网络提供必要的灵活性,IP 地址的设计者将 IP 地址空间划分为 5 个不同的地址类别,如表 5-1 所示,其中 A、B、C 三类最为常用。

表 5-1 IP 地址空间划分

IP 地址类型	第一字节十进制范围	二进制固定最高位	二进制网络位	二进制主机位
A 类	0~127	0	8 位	24 位
B 类	128~191	10	16 位	16 位
C 类	192~223	110	24 位	8 位
D 类	224~239	1110	组播地址	
E 类	240~255	1111	保留试验使用	

为了提高 IP 地址的使用效率,可将一个网络划分为多个子网: 采用借位的方式,从主机位最高位开始借位变为新的子网位,所剩余的部分则仍为主机位。这使得 IP 地址的结构分为三部分: 网络位、子网位和主机位。

引入子网概念后,网络位加上子网位才能全局唯一地标识一个网络。把所有的网络位用 1 来标识,主机位用 0 来标识,就得到了子网掩码。子网编址使得 IP 地址具有一定的内部层次结构,这种层次结构便于 IP 地址分配和管理。它的使用关键在于选择合适的层次结构(即从何处分隔子网号和主机号),使其在适应各种现实的物理网络规模的同时又能充分地利用 IP 地址空间。

子网掩码是对特定的 IP 地址而言的,脱离了 IP 地址就毫无意义。它的出现一般是跟着一个特定的 IP 地址,用来指明哪些是网络号部分,哪些是主机号部分。

例如,一个主机的 IP 地址是 202.112.14.137,掩码是 255.255.255.224,如何计算这个主机所在网络的网络地址和广播地址? 常规办法是把这个主机地址和子网掩码都换算成二进制数,两者进行逻辑与运算后即可得到网络地址。其实仔细想想,可以得到另一个方法: 255.255.255.224 的掩码所容纳的 IP 地址有 $256 - 224 = 32$ 个(包括网络地址和广播地址),那么具有这种掩码的网络地址一定是 32 的倍数。而网络地址是子网 IP 地址的开始,广播地址是结束,可使用的主机地址在这个范围内,因此略小于 137 而又 是 32 的倍数的只有 128,所以得出网络地址是 202.112.14.128。而广播地址就是下一个网络的网络地址减 1。而下一个 32 的倍数是 160,因此可以得到广播地址为 202.112.14.159。

IPv4 的设计思想成功地造就了目前的国际互联网,其核心价值体现在: 简单、灵活和开放性。但随着互联网的膨胀,IPv4 不论从地址空间上,还是协议的可用性上都无法满足国

际互联网的新要求,于是出现了一个新的 IP 协议 IPv6,IPv6 的技术特点如下。

(1) 地址空间巨大: IPv6 地址空间由 IPv4 的 32 位扩大到 128 位,2 的 128 次方形成了一个巨大的地址空间。采用 IPv6 地址后,未来的移动电话、冰箱等信息家电都可以拥有自己的 IP 地址,IPv6 的一句宣传口号是:“让每一粒沙子都有 IP 地址。”

(2) 地址层次丰富,分配合理: IPv6 分为三个层次,表示为 TLA、NLA 和 SLA,分别称为顶级聚集体、次级聚集体和底级聚集体。IPv6 的管理机构将某一确定的 TLA 分配给某些骨干网的 ISP,然后骨干网 ISP 再灵活地为各个中小 ISP 分配 NLA,而用户从中小 ISP 获得 IP 地址。这样资源可以合理配置,根据地址判断每个资源的归属。

(3) 实现 IP 层网络安全: IPv6 要求强制实施因特网安全协议 IPSec,并已将其标准化。IPSec 支持验证头协议、封装安全性载荷协议和密钥交换 IKE 协议,这 3 种协议将是未来因特网的安全标准。

(4) 无状态自动配置: IPv6 通过邻居发现机制能为主机自动配置接口地址和默认路由器信息,使得从互联网到最终用户之间的连接不经过用户干预就能够快速建立起来。

但现在 IPv6 并不完善和成熟,仍需要长期的试验验证,因此,IPv4 到 IPv6 的完全过渡将是一个比较长的过程,在过渡期间我们仍然需要使用 IPv4 实现网络间的互联。

4. TCP

传输控制协议(TCP)是整个 TCP/IP 协议族中最重要的协议之一。TCP 为应用程序提供了一个可靠的、面向连接的、全双工的传输服务。

TCP 能够实现可靠性,主要是因为采用了重发技术。在 TCP 传输过程中,发送方启动一个定时器,然后将数据包发出,接收方收到该信息后给发送方发送一个确认信息。如果发送方在定时器到点之前没收到这个确认信息,就重新发送该数据包。

利用 TCP 在源主机和目的主机之间建立和关闭连接操作时,均要通过 3 次握手来确认建立和关闭是否成功。3 次握手方式如图 5-2 所示。TCP 建立连接的 3 次握手过程如下所述。

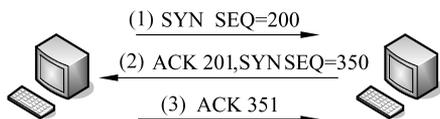


图 5-2 TCP 建立连接的 3 次握手过程

(1) 源主机发送一个 SYN(同步)标志位为 1 的 TCP 数据包,表示想与目标主机进行通信,并发送一个同步序号(如 SEQ=200)进行同步。

(2) 目标主机愿意进行通信,则响应一个确认(将命令正确应答标志 ACK 位设置为 1),并以下一个序列号为参考进行确认(如 201)。

一个序列号为参考进行确认(如 201)。

(3) 源主机以确认来响应目标主机的 TCP 包,这个确认包括想要接收的下一个序列号,至此连接建立完成。

5. UDP

用户数据报协议(UDP)是一种不可靠的、无连接的协议,可以进行应用程序进程间的通信。其建立连接的过程如图 5-3 所示。与同样处在传输层的面向连接的 TCP 相比较,UDP 的错误检测功能要弱得多。可以说,TCP 有助于提供可靠性,而 UDP 则有助于提高传输的高速率性。

UDP 协议软件的主要作用就是将 UDP 消息展示给应用层,它并不负责重新发送丢失或出错的数据消息,不对接收到的无序 IP 数据报进行重新排序,不消除重复的 IP 数据报,不对已收到数据报进行确认,也不负责建立或终止连接。这些问题由使用 UDP 进行通信的应用程序进行处理。

TCP 虽然提供了一个可靠的数据传输服务,但是它是牺牲通信量来实现的,也就是说,为完成同样一个任务,TCP 会需要更多的时间和通信量。网络不可靠时,TCP 通过牺牲时间来实现网络的可靠,在网络十分可靠的情况下,它又通过浪费带宽来保证可靠性,这时 UDP 则以十分小的通信量浪费占据优势。

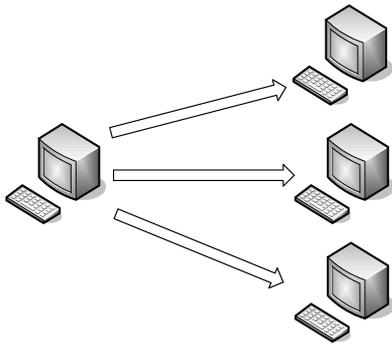


图 5-3 UDP 建立连接的过程

十分可靠的情况下,它又通过浪费带宽来保证可靠性,这时 UDP 则以十分小的通信量浪费占据优势。

6. 网络多媒体的应用

目前,运用于因特网上的典型多媒体应用主要有以下几种。

1) 视频会议

视频会议是通过网络通信技术来实现的虚拟会议,使地理上分散的用户可以共聚一处,通过图形、声音、视频等多种方式交流信息,从而使人们能远距离进行实时信息交流与共享,开展协同工作。视频会议要求传送的声音、图像信号连续平滑,其他辅助功能使用简捷。因此,系统在声音/图像压缩、通信线路条件、数据/应用程序共享等方面都对技术提出了很高的要求。

2) 视频点播

视频点播是综合了计算机技术、通信技术、电视技术而迅速新兴的一门综合技术,它利用了网络的优势,将多媒体信息集成起来,为用户提供具有实时性、交互性、自主性功能的多媒体点播服务系统。在实际应用过程中,把用户选择的节目通过通信网络的传输分发到用户终端设备上。

由于视频点播对网络系统、节目系统和技术实现上的要求都相当高,因此,数字电视业务普遍采取准视频点播的方式来实现数字电视的部分点播功能。

3) IP 电话

IP 电话是在网络上通过 TCP/IP 实时传送语音信息的应用。IP 电话是一种数字型电话,与传统的模拟电话不同,语音信号在传送之前先进行数字量化处理,并压缩、打包转换成 8kbps 或更小带宽的数据流,然后再送到网络上进行传送。而传统的模拟电话以纯粹的音频信号在线路上进行传送。由于 IP 电话是以数字形式作为传输媒体,因此它占用资源小,成本很低,价格便宜。目前,第 4 代 IP 电话已经有成熟的产品出现,它和使用普通电话一样方便,而费用只有普通电话的几分之一到几十分之一。第 4 代 IP 电话是基于 IP 网关的真正意义上的 IP 电话,也是目前发展最快而且最有商业化前途的电话。

4) 远程教育

所谓远程教育就是教育机构借助多媒体技术和各种教育资源而实施的超越传统校园时空限制的教育活动形式。远程教育是适应社会发展的需要,并且伴随现代媒体技术的发展

而迅速成长壮大的教育形式。称它为教育形式是因为它具有特定的教育信息传输和交流手段、适应远程教育方式的信息资源、特定的教育管理制度和方法、特定的教育管理机构等。与传统教育相比,远程教育是一种全新的教育模式,它可以突破时间和空间的限制,帮助人们随时随地地学习,让更多的学习者共享优秀教育资源。远程教育具有开放性、交互性、协作性、自主性等特点,可以使更多的人尤其是无法到校园内学习的人们接受高等教育,它将成为终身教育的首选形式。

5) 远程医疗

远程医疗是随着计算机技术和远程通信技术的飞速发展并与传统医学相结合而产生的一门新兴的综合学科,它已渗透到医学的各个领域。其包括远程诊断、远程会诊及护理、远程医学信息服务、远程影像学、远程诊断、远程护理等医疗活动。利用远程医疗这种方式可以最大范围地共享全国乃至全世界的医疗卫生资源,它具有广阔的发展前景。

网络多媒体的应用还有协同工作系统、公共信息检索查询系统等。

5.1.2 IP 组播

1. IP 组播的概念

目前,在因特网上,多媒体业务诸如网上直播、视频会议和视频点播等,正在成为信息传送的重要组成部分。这些业务的媒体发布方式主要有以下三种。

1) 单播

单播(unicast)是一种点到点的数据传输模式。这种模式需要客户端与服务器端建立主动连接,并在客户端与服务器端之间建立一个单独的数据通道。当存在多个客户端时,服务器必须与每个客户建立独立的连接。因此,单播需要消耗较多的服务器资源。

2) 广播

广播(broadcast)是一种点到所有点的数据传输模式。服务器发送数据包,连接在网络上的所有主要客户都会被被动地接收。数据发送的效率较高,但由于发送目标的盲目性,需要消耗较多的网络资源。

3) 组播

组播(multicast)技术吸收了上述两种数据发布方式的优点,克服了它们的不足。组播采用的是一对多的传输模式。媒体服务器通过路由器一次将数据包复制到多个通道上,再将数据流发送给某一特定群体的客户端,因此网络传输效率大幅提高,并最大限度地减少了对服务器资源的占用。

传统网络最初是为保证数据的可靠传输而设计的,所用的多为点到点协议的单播和广播。其固有的特点将增加网络发送负载,带来网络延时,随之带来了带宽的急剧消耗和网络拥挤问题。为了缓解网络瓶颈,人们提出各种方案,如采用 IP 组播技术、增加互连带宽、改变网络流量结构、应用服务质量机制等。其中,IP 组播技术有其独特的优越性——在组播网络中,即使用户数量成倍增长,主干带宽也不需要随之增加。

IP 组播将 IP 数据包从一个源发送到多个目的地,将信息发送到由一组地址组成的组播组。接收方通过 IGMP(Internet 组管理协议)选择加入不同的组播组,发送方只需向相

应的组播地址(D类IP地址)发送IP包,该组播组中的所有主机都可以收到。作为一种网络层的点对多点传输方式,IP组播利用路由器进行IP包的复制和分发,IP包沿一条“组播转发树”从一个发送端传送给多个接收端。组播转发树有两种类型:有源树和共享树。它们的主要区别是:有源树的根就是发送组播信息流的源主机;共享树是用放在网络的某些可选择点作为单独的公用根(通常叫作汇合点)。

2. IP 组播的优势

同单播和广播相比,组播效率非常高。单播在发送者和每一个接收者之间需要单独的数据信道。如果一台主机同时给很少量的接收者传输数据,则不会出现问题。但如果大量主机希望获得数据包的同一份副本时,将导致发送者负担沉重、延迟长、网络拥塞。此时为了保证一定的服务质量就需要增加硬件和带宽。广播指在IP子网内广播数据包,所有在子网内部的主机都将收到这些数据包。广播意味着网络向所有的子网主机都投递一份数据包,不论这些主机是否乐于接收该数据包。广播的使用范围非常小,只在本地子网内有效,因为路由器会封锁广播通信,并且广播传输增加非接收者的开销。而在组播中任何给定的链路至多只传输一次数据,因此IP组播能够有效地节省网络带宽和资源,管理网络的增容和控制开销,大幅减轻发送服务器的负荷,从而高性能地发送信息。另外,组播传送的信息能同时到达用户端,时延小,并且网络中的服务器不需要知道每个客户机的地址。所有的接收者使用一个网络组播地址,可实现匿名服务,并且IP组播具有可升级性,与新的IP和业务能相兼容。

IP组播技术的特性决定了IP组播在多点视频数据传输方面具有很大的优势,当某个IP站点向网络中的多个IP站点发送同一视频数据时,IP组播技术可以减少不必要的重叠发送,与多次点对点的单播相比,减轻了系统和网络的负担,提高了CPU资源和网络带宽的利用率,极大地改善了视频数据传输的实时性,如图5-4所示。参与通信的各主机无论是源站点还是目的站点均使用同一程序,无客户机和服务器之分,从而具有对等性。

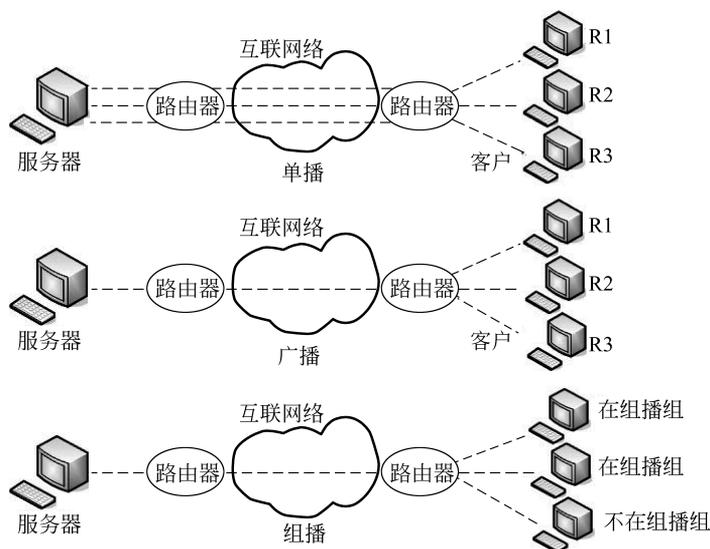


图 5-4 单播、广播和组播情况的比较

3. 实现 IP 组播的条件

要实现 IP 组播传输,组播源和接收者以及两者之间的下层网络都必须支持组播。这包括以下几方面:

- (1) 主机的 TCP/IP 支持发送和接收 IP 组播;
- (2) 主机的网络接口支持组播;
- (3) 有一套用于加入、离开、查询的组管理协议,即 IGMP(v1,v2);
- (4) 有一套 IP 地址分配策略,并能将第三层 IP 组播地址映射到第二层 MAC 地址;
- (5) 支持 IP 组播的应用软件;
- (6) 所有介于组播源和接收者之间的路由器、集线器、交换机、TCP/IP 栈、防火墙均需支持组播。

4. IP 组播的地址分配

在组播通信中,需要两种地址:一个 IP 组播地址和一个以太网地址。其中 IP 组播地址标识一个组播组。由于所有 IP 数据包都封装在以太网数据帧中,所以还需要一个组播以太网地址。为使组播正常工作,主机应能同时接收单播和组播数据,这意味着主机需要多个 IP 和以太网地址。IP 地址方案专门为组播划出一个地址范围,在 IPv4 中为 D 类地址,范围是 224.0.0.0~239.255.255.255,并将 D 类地址划分为局部链接组播地址、预留组播地址、管理权限组播地址。

- (1) 局部链接组播地址:224.0.0.0~224.0.0.255,用于局域网,路由器不转发属于此范围的 IP 包。
- (2) 预留组播地址:224.0.1.0~238.255.255.255,用于全球范围或网络协议。
- (3) 管理权限组播地址:239.0.0.0~239.255.255.255,组织内部使用,用于限制组播范围。

D 类地址的最后 28 比特没有结构化,即没有网络 ID 和主机 ID 之分。响应某一个 IP 多播地址的主机构成一个主机组,主机组可跨越多个网络。主机组的成员数是动态的,主机可以通过 IGMP 加入或离开某个主机组。因为 IP 多播地址的高 5 位未影射,因此,影射的以太网地址不是唯一的,共有 32 个 IP 多播地址影射到一个以太网地址。

根据上面的讨论可知应用系统中可采用组播地址的范围是:224.0.1.0~238.255.255.255。在应用系统中有两种方法使用组播地址:静态设置、动态获取。

1) 静态设置

在会议系统中设置好组播地址,以后永远不变。这种方式虽然比较简单,在会议系统使用不多时没有问题,但是如果有两个此类会议系统同时运行,或使用相同组播地址的不同系统同时运行(由于没有统一管理组播地址),那就有可能会出现冲突。因为本应属于两个不同的组却由于使用相同的组播地址而合为一组。这对于会议系统的广泛应用来说是不可行的。

2) 动态获取

会议系统用到的组播地址不是固定的,只在运行时临时确定。动态获取组播地址的方法大概有三种。第一种是通告方式获取,当会议系统建立时,先侦听 10~20min,以确定当

前已使用的组播地址,防止冲突;第二种是算法推导,根据本地的特殊条件,通过一定的算法,求出当前使用的组播地址;第三种是采用因特网组播地址动态分配体系结构(RFC2908)。采用上述三种方式获取组播地址可有效防止地址冲突问题,虽然比较复杂,也较耗费资源,但是有利于多媒体应用的扩展。

5. Internet 组管理协议——IGMP

在 IP 组播中,Internet 组管理协议(IGMP)是管理和维护组播用户组的核心协议。IGMP 运行在主机与直接相连的组播路由器之间,主要功能是管理主机如何加入或离开组播组,以确保组播流量能准确传递到有需求的主机。

IGMP 通过消息机制让主机能够向本地组播路由器通告它希望接收的组播流量地址。组播路由器通过这些消息维护一张主机组成员表,并定期探询以确认该主机组是否仍然活跃。

IGMP 消息嵌入在 IP 报文中进行传输。IGMP 定义了两种主要消息类型:主机成员查询(Host Membership Query)和主机成员报告(Host Membership Report)。当某主机希望接收某组播流量时,它会发送“主机成员报告”消息给本地组播路由器,通告它想要接收的组播地址。路由器接收到该报告后,会将该主机加入对应的组播组中。随后,路由器会在特定的时间间隔内向所有支持组播的主机发送“主机成员查询”消息,以探测当前组播组成员的活跃状态。如果主机仍希望接收组播流量,它必须响应这一查询,重新发送“主机成员报告”。

IGMP 已发展到三个版本,各版本具备不同的功能特点。

(1) IGMPv1: 这是 IGMP 的最初版本,允许主机加入组播组,但没有离开组的信息。路由器使用基于超时的机制检测组成员是否不再感兴趣,从而进行相应的调整。

(2) IGMPv2: 该版本增加了主机离开组播组的功能,允许主机快速向路由器通报它们不再接收某组播流量的情况。这种机制对于高带宽或成员变化频繁的组播组非常重要。

(3) IGMPv3: 相比前两种版本,IGMPv3 引入了更精细的流量控制,允许主机指定要接收的特定源主机的组播流量,并屏蔽其他非指定源的流量。IGMPv3 的这一特性极大地增强了组播流量的安全性和灵活性,适应了复杂网络环境下的应用需求。

IGMP 在现代网络中扮演着不可或缺的角色,特别是在支持大规模、高效传输的组播网络中。随着互联网技术的不断进步,IGMP 也在不断演进,以满足越来越复杂的网络传输需求。

5.1.3 5G 网络

1. 5G 网络的特点

第五代移动通信技术(5G)是继第四代移动通信技术(4G)之后的最新一代移动通信技术。5G 不仅在速度、延迟和设备连接能力方面相较于 4G 有了显著提升,还为无线通信领域带来了革命性的变化。5G 网络具有以下特点。

(1) 超高速的数据传输能力。5G 网络提供的下载速度可以达到 10Gbps,这一速度远超 4G 网络,使得用户能够在极短的时间内下载或上传大量数据。这种高速率不仅支持了