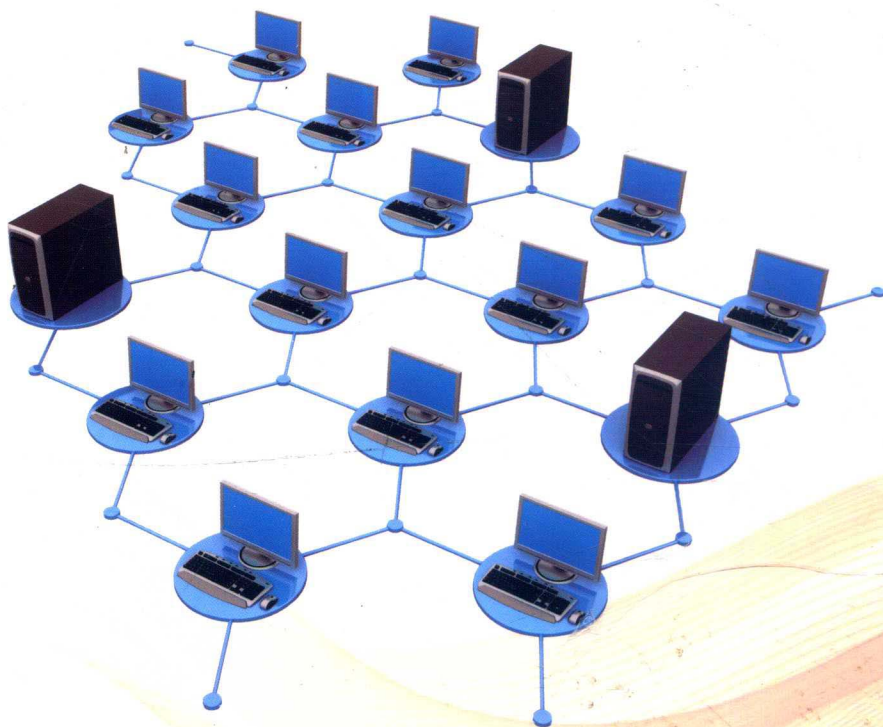


互联网多播传输技术、
多媒体实时通信系统及多媒体网络应用的学习指南

网络多播和 实时通信技术

鲁士文 编著



理论基础与开发技术紧密结合

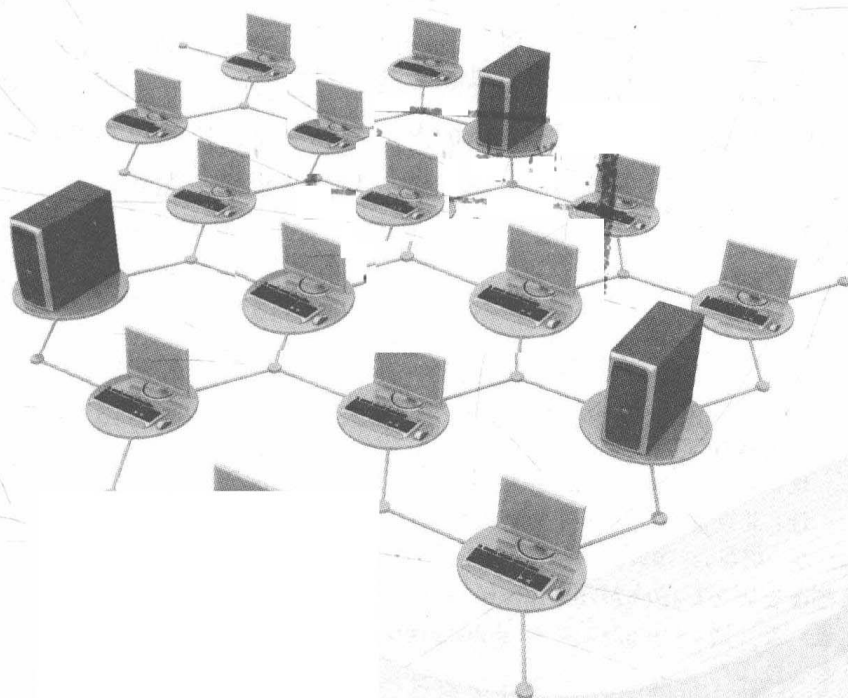
网络多媒体实时通信和应用技术实例详解



清华大学出版社

网络多播和 实时通信技术

鲁士文 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书阐述开发多媒体网络及其应用的两种核心技术：多播和实时通信。全书共分为 10 章，主要内容包括局域网上的多播和任播，互联网多播及基于单播协议的扩展路由，独立于协议的多播和边界网关多播协议，多媒体信息的编码和压缩技术，综合服务模型和资源预留机制，会话通告和实时传输协议，呼叫建立和控制技术，实时流播放控制和会话描述技术，媒体网关控制协议以及典型的实时多媒体应用。每一章都采用较为通俗易懂的描述和具有实际意义的例子及图表来说明相关原理、技术和协议。

本书融理论、方法和标准为一体，注重介绍实用技术和培养系统设计能力，以提高读者从事科学研究工作的能力和解决实际问题的能力为主要目标，可供信息技术相关专业的本科高年级学生和研究生用作学习数据通信和计算机网络课程的参考书，也可用作相关领域的研究和应用开发人员研制相关产品的参考资料。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目（CIP）数据

网络多播和实时通信技术 / 鲁士文编著. —北京：清华大学出版社，2016
ISBN 978-7-302-43332-3

I. ①网… II. ①鲁… III. ①计算机通信网 IV. ①TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 051602 号

责任编辑：夏非彼

封面设计：王 翔

责任校对：闫秀华

责任印制：宋 林

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编：100084

社总机：010-62770175

邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈：010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：北京密云胶印厂

经 销：全国新华书店

开 本：190mm×260mm

印 张：18

字 数：461 千字

版 次：2016 年 4 月第 1 版

印 次：2016 年 4 月第 1 次印刷

印 数：1~3000

定 价：49.00 元

产品编号：067909-01

前言

我们所处的时代是一个多媒体通信时代，人们已经能够使用手机或计算机通过网络双向视频连接跟亲戚、朋友和同事交流。种类越来越多的基于多媒体的服务正在或即将被应用到我们的家庭、学校和企事业单位。用户能够创建自己的多媒体资料，也可以交互式地选择和接收多媒体信息。

今天，IP 网络已被人们看作主要的信息高速路，意识到未来的信息高速路将全面支持多媒体，目前电信、计算机、线缆和广播电视公司竞争激烈，它们都在参与建设能够实时传送视频和多媒体信息的高速路。近年来出现了许多示范性的视频点播和交互式电视系统，不少家庭已经能够接受点播影片、远程教育、电子报刊、交互式游戏和网上购物等服务。随着宽带接入和更高速率的广域网络的发展，可以得到这类服务的用户和工作单位将越来越多。

本书阐述开发多媒体网络及其应用的两个核心技术：多播和实时通信。

为了能够支持像视频点播和视频会议这样的多媒体应用，网络必须实施某种有效的多播机制。使用许多单播传送来仿真多播总是可能的，但这会引起主机上大量的处理负担和网络上的流量。我们所需要的多播机制是让源计算机一次发送的单个分组可以抵达用一个组地址标识的若干台目标主机，并被它们正确接收。显然，与单播相比，多播可减少发送方和网络的资源开销，也减少让所有目的地都接收到信息所需要的时间，从而可以更加有效地支持实时应用。

使用电路交换的公用电话网传送实时多媒体信息早已是相当成熟的技术，例如使用电话网络举行视频会议。使用电路交换的优点是经过压缩处理的多媒体信息在线路上的传输质量有保证，缺点是向电信公司租用电话线路的费用太高。因此人们希望能够利用分组交换 IP 网络以低廉的价格传送实时多媒体信息。

本书力图系统、深入地向读者介绍多播和实时通信的基本概念、原理、关键技术和开发标准。全书共分为 10 章。第 1~3 章讲述多播，内容包括局域网上的多播和任播，互联网多播及基于单播协议的扩展路由，以及独立于协议的多播和边界网关多播协议；第 4 章考察多媒体信息的编码和压缩技术；第 5 章阐述综合服务模型和资源预留机制；第 6 章讨论会话通告和实时传输协议；第 7~9 章分别讨论呼叫建立和控制技术，实时流播放控制和会话描述技术，以及媒体网关控制协议；第 10 章介绍了典型的实时多媒体应用。每一章都采用较为通俗易懂的描述和具有实际意义的例子及图表来说明相关理论、方法和协议。

本书是编者在中国科学院计算所和中国科学院大学多年从事计算机网络科研工作 and 研究生教学实践的基础上编写的。全书融原理、技术和标准为一体，注重介绍实用技术和培养学

生的系统设计能力,以提高读者从事科学研究工作的水平和解决实际问题的能力为主要目标。另外,张卫军和鲁国相等人参与了本书的审校工作,在此表示感谢。

本书可供信息技术相关专业的本科高年级学生和研究生用作学习数据通信和计算机网络课程的参考书,也可用作相关领域的研究和应用开发人员研制相关产品的参考资料。

限于时间与水平,不当之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编者
2015年10月
于中国科学院大学

目 录

第 1 章 局域网多播和任播.....	1
1.1 局域网多播的特征	2
1.2 单个生成树多播路由	3
1.3 局域网多播路由的性能	5
1.4 多播 IP 地址和 MAC 地址	6
1.4.1 D 类 IP 地址	7
1.4.2 把 D 类地址映射到 MAC 地址	7
1.4.3 多播数据报的传输和投递	8
1.5 在 IP 子网上的组管理协议	9
1.6 IPv6 对多播的支持	12
1.6.1 IPv6 多播地址	13
1.6.2 把 IPv6 多播地址映射到 MAC 地址	16
1.6.3 IPv6 的组管理协议	17
1.7 任播	18
第 2 章 互联网多播及基于单播协议的扩展路由	22
2.1 互联网络多播环境及性能需求	23
2.2 距离向量多播路由	24
2.2.1 反向通路洪泛	24
2.2.2 反向通路广播	25
2.2.3 截短的反向通路广播	26
2.2.4 反向通路多播	28
2.2.5 DVMRP	30
2.3 链路状态多播路由	34
2.3.1 链路状态多播路由算法	35
2.3.2 MOSPF 协议	37
第 3 章 独立于协议的多播和边界网关多播协议	42
3.1 共享树技术	43

3.2	密集方式 PIM.....	44
3.3	稀疏方式 PIM.....	45
3.3.1	直接附接的主机加入一个组	47
3.3.2	直接附接的源给一个组发送	47
3.3.3	共享的会合点树和最短通路树	48
3.3.4	PIM-SM 树的建立和转发小结	49
3.4	基于核的树	49
3.4.1	加入一个组的共享树	50
3.4.2	数据分组转发	51
3.4.3	非成员发送	51
3.4.4	CBT 树的建立和转发小结	51
3.5	边界网关多播协议	52
3.5.1	BGMP 体系结构	52
3.5.2	BGMP 特征	53
3.5.3	小结	57
第 4 章	多媒体信息的编码和压缩技术.....	58
4.1	正文信息编码	59
4.2	多媒体文件格式	62
4.2.1	富文本格式	62
4.2.2	标记图像文件格式	63
4.2.3	资源交换文件格式	63
4.3	声音编码	64
4.3.1	模拟声音和信号	64
4.3.2	数字声音	67
4.3.3	脉冲编码调制	67
4.4	静止图像编码	69
4.4.1	向量图形	69
4.4.2	光栅扫描	70
4.4.3	彩色模型	71
4.4.4	图像分辨率和点距	72
4.5	移动图像编码	73
4.5.1	视觉暂留	73
4.5.2	模拟视频图像	73
4.5.3	数字视频图像	75
4.5.4	动画图像	77
4.5.5	高清晰度电视	77

4.6	信息压缩技术	78
4.6.1	无损压缩算法	79
4.6.2	图像压缩 JPEG	81
4.6.3	视频压缩 MPEG	85
4.6.4	音频压缩 MP3	89
第 5 章	综合服务和资源预留机制	91
5.1	应用需求	92
5.2	实时应用分类	93
5.3	综合服务类别	95
5.4	实现机制	95
5.5	流规格	96
5.6	准入控制	97
5.7	资源预留协议	98
5.7.1	RSVP 数据流	102
5.7.2	RSVP 会话和预留方式	102
5.7.3	RSVP 操作过程	104
5.7.4	预留方式示例	106
5.7.5	RSVP 报文	108
5.7.6	RSVP 软状态的实现	115
5.7.7	RSVP 隧道	116
5.8	分组分类和调度	117
第 6 章	会话通告和实时传输协议	118
6.1	SAP	119
6.1.1	会话通告	120
6.1.2	会话删除	121
6.1.3	会话修改	122
6.1.4	分组格式	122
6.2	RTP	124
6.2.1	基本需求	125
6.2.2	协议机制	126
6.2.3	RTP 头格式	128
6.2.4	信息源的同步	133
6.2.5	层次式编码	133
6.2.6	RTCP	134
6.3	SCTP	141

第 7 章	呼叫建立和控制技术	143
7.1	H.323 协议	144
7.1.1	基本结构	144
7.1.2	H.323 协议栈	146
7.1.3	工作过程	148
7.2	会话起始协议	150
7.2.1	功能特征	152
7.2.2	基本结构	153
7.2.3	SIP 呼叫建立信令过程	158
7.2.4	SIP 命令和响应	159
7.2.5	SIP 报文	162
7.2.6	SIP 事务	168
7.2.7	SIP 对话	168
7.2.8	即时消息	170
第 8 章	实时流播放控制和会话描述技术	171
8.1	RTSP	172
8.1.1	相关术语及其含义	173
8.1.2	演播描述	175
8.1.3	会话建立	178
8.1.4	媒体投递控制	180
8.1.5	会话参数操作	183
8.1.6	媒体投递	185
8.1.7	会话维持和终止	186
8.1.8	扩展 RTSP	187
8.2	SDP	188
8.2.1	相关术语及其含义	188
8.2.2	SDP 用例	188
8.2.3	要求和建议	189
8.2.4	SDP 规范	191
8.2.5	SDP 属性	201
第 9 章	媒体网关控制协议	206
9.1	术语定义和缩略语	207
9.1.1	术语定义	207
9.1.2	缩略语	208
9.2	连接模型	209

9.2.1	背景	210
9.2.2	终端	211
9.3	命令	214
9.3.1	命令的概要描述	214
9.3.2	描述器	216
9.4	事务	227
9.4.1	通用参数	228
9.4.2	事务处理的概要描述	229
9.4.3	报文	231
第 10 章	典型的实时多媒体应用	232
10.1	音视频服务的类别	233
10.1.1	存储流音视频	233
10.1.2	直播流音视频	240
10.1.3	交互式音视频	242
10.2	实时多媒体系统的协议特征	245
10.2.1	对传输层的要求	247
10.2.2	TCP 和 UDP 的能力	248
10.2.3	使用 RTP	249
10.2.4	使用 SIP	251
10.2.5	使用 H.323	255
10.3	IP 电话	256
10.3.1	IP 电话基本模型	257
10.3.2	IP 电话的关键技术	258
10.3.3	IP 电话协议结构	266
10.3.4	IP 电话的组织成分	267
10.3.5	IP 电话的业务流程	269
10.4	视频点播	270
10.5	视频会议	274

第 1 章

局域网多播和任播

从本章节可以学习到:

- ❖ 局域网多播的特征
- ❖ 单个生成树多播路由
- ❖ 局域网多播路由的性能
- ❖ 多播 IP 地址和 MAC 地址
- ❖ 在 IP 子网上的组管理协议
- ❖ IPv6 对多播的支持
- ❖ 任播

为了能够支持像远程教学和视频会议这样的多媒体应用，网络必须实施某种有效的多播机制。虽然使用多个单播传送来仿真多播是可能的，但这会引起主机上大量的处理开销和网络上的流量。人们所需要的多播机制是让源计算机一次发送的单个分组可以抵达用一个组地址标识的若干台目标主机，并被它们正确接收。

使用多播的缘由是有的应用程序要把一个分组发送给多个目的主机。不是让源主机给每一个目的主机都发送一个单独的分组，而是让源主机把单个分组发送给一个多播地址，该多播地址标识一组主机。网络（比如因特网）把这个分组给该组中的每一个主机都投递一个拷贝。对于任一个组，主机都可以自主地选择是否加入或离开，而且一个主机可以同时属于多个组。

多播功能是在 1988 年通过定义 D 类地址和 IGMP（Internet 组管理协议）正式加进 IPv4 的。1992 年 MBONE（multicast backbone，多播主干试验网）的建立加速了这些功能的实施，然而这样的实施还远未普及。IPv6 的设计者们希望利用更换新协议的机会保证多播功能在所有的 IPv6 结点上都可以提供。他们定义了所有路由器都可以识别的一个多播地址格式，把 IPv4 的 IGMP 功能加进 IPv6 的基本 ICMP 协议，并且保证所有的路由器都能够为多播分组选择路由。

在 IPv6 中添加任播功能为网络管理者提供了大量的灵活性。任播地址也是分配给不止一个接口（典型地属于不同的结点）的地址，但发送给一个任播地址的分组仅被路由到根据路由协议的测量在具有那个地址的接口中距离最近（代价最小）的接口。

在所有主机都共享一个传输通道的网络中，例如在 CSMA/CD 以太网中，多播功能很容易提供，跟单播代价相同。链路层桥接器利用改善了通信经济性把局域网扩展到多个物理网络，并在扩展的局域网上支持多播功能。

在发送方和接收方可能驻留在不同子网内的互联网络环境中，路由器必须实现一个多播路由协议，允许建立多播投递树，并支持多播分组转发。此外，每个路由器都需要实现一个组成员关系协议，允许它获悉在直接附接的子网上组成员的存在。

1.1 局域网多播的特征

像以太网这样的局域网的多播功能为分布式应用提供了两个重要的优越性。

① 当一个应用必须把同样的信息发送到多个目的地时，多播比单播更有效：它减少发送方和网络的开销，也减少所有目的地都接收到信息所需要的时间，从而可以更加有效地支持实时应用。

② 当一个应用必须定位、查询或发送信息到一个或多个其地址未知或可变的主机时，多播可用作一种替代配置文件、名字服务器或其他绑定机制的简单的强有力的方案。

LAN 多播具有下列重要的特征。

1. 组编址

在一个 LAN 中，多播分组被发送到一个标识一组目的地主机的组地址。发送方不必知道

该组的成员关系，它自己也不必是该组的成员。对于在一个组中的主机的数目或位置没有限制。主机可以随意地加入和离开组，而不必跟该组的其他成员或该组的潜在发送方同步或协商。

使用这样的组编址，可以把多播用于这样的一些目的：在其地址未知的情况下定位一个资源或服务器；在动态改变的一组信息提供方之间搜索信息；给任意大的自我选择的一组信息消费者（用户）分发信息。

2. 投递的高概率

在一个 LAN 中，一个组的一个成员成功地接收到发送给该组的多播分组的概率通常跟该成员成功接收到发送给它的单播地址的单播分组的概率相同，而且在没有分隔的情况下，每个成员都成功接收的概率是非常高的。这一特征允许端到端的可靠多播协议的设计者假定，对于多播分组做少量的重传就可以把多播分组成功地投递到处于活动状态和可达的所有目的地组成员。在一个 LAN 中多播分组损坏、重复或失序的概率是非常低的，但不必等于 0，从这些事件中恢复也是端到端的协议的责任。

3. 低延迟

LAN 对于多播分组的投递产生很小的延迟。对于许多的多播应用，例如分布式会议、并行计算和资源定位，这是一个重要的特性，而且，在 LAN 上一个主机从决定加入一个组到它能够接收到发送给该组的分组时的延迟（称作加入延迟）是非常小的，通常就只是更新一个本地的地址过滤器所需要的时间。低的加入延迟对于某些应用，例如使用多播跟迁移进程或移动主机通信的那些应用，是重要的。

1.2 单个生成树多播路由

链路层桥接器执行基于 LAN 地址的路由选择（链路层）功能，该 LAN 地址在一组互联的 LAN 范围内具有唯一性。

桥接器把 LAN 功能透明地扩展到互联的多个 LAN，并且有可能跨越较长的距离。为了维持透明性，桥接器通常把每个多播和广播帧都传播到扩展 LAN 的每个网段。这被一些人看成是桥接器的一个缺点，因为在每个网段上的主机都会受到所有网段的全部广播和多播流量的冲击。然而这种对主机资源的威胁是由对广播帧的不当使用引起，而不是由多播帧引起。多播帧可以被主机接口的硬件过滤。因此，对于主机遭受冲击问题的解决方案是把广播应用转换成多播应用，每个应用都使用一个不同的多播地址。

一旦把应用转变成使用多播，就有可能通过仅在为到达其目的地成员所需要的那些链路上传递多播帧来保护桥接器和链路资源。在小的桥接 LAN 中，通常桥接器和链路资源是丰富的。然而在包括低带宽长距离链路的大的扩展 LAN 中，或者针对在其小的子区域中驻留的组有大量的多播流量的扩展 LAN 中，避免到处都发送多播帧可能是一个很大的益处。

桥接器典型地是把所有的帧流量限制到单个生成树，可以通过禁止在物理拓扑中的回路，

或者通过在多个桥接器之间运行一个分布式算法，来计算一个生成树。当一个桥接器接收到一个多播或广播帧时，它简单地把帧转发到生成树中（除了从其接收的支路以外的所有附接支路）。因为该生成树跨越所有的网段，并且没有回路，所以在没有传输差错的情况下，到达每个网段的帧仅投递 1 次。

如果桥接器知道它们的哪些附接支路到达一个给定多播组的成员，它们就能够把前往该组的帧仅在那些支路上转发。桥接器能够通过观察进入帧的源地址获悉使用哪些支路可以到达一个个主机。如果组成员使用组地址作为源地址周期性地发布帧，那么桥接器可以把同样的自学习算法应用到组地址。

例如，假定有一个所有桥接器组 B，所有的桥接器都属于该组，那么，属于一个组 G 的成员的每个主机可以定期地发送一个帧来向桥接器通告它的组成员关系，该帧的源地址是 G，目的地址是 B，帧类型是组成员报告，没有用户数据。

图 1-1 表示的是在一个具有单个组成员的简单桥接 LAN 中，该算法是如何工作的。LAN a、b 和 c 被桥接到主干 LAN d。

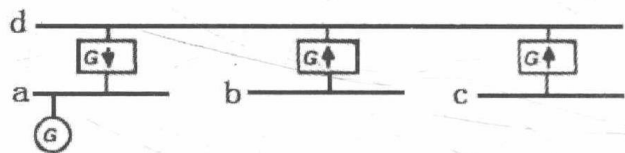


图 1-1 具有一个组成员的桥接 LAN

在 LAN a 上的一个组成员发布的任何组成员关系报告都被附接到 a 的桥接器转发到主干 LAN。没有必要把组成员关系报告转发到 LAN b 或 c，因为它们是生成树的叶，不到达任何附加桥接器。桥接器能够识别叶 LAN，可以是作为它们建立生成树算法的结果，或者通过定期发布关于它们在所有桥接器组中的成员关系的报告。

如图 1-1 所示，在组成员关系报告到达所有桥接器之后，它们都知道在哪个方向上可以到达 G 这个成员。随后前往 G 的多播帧的传输仅在那个成员关系的方向上转发。例如，一个源于 LAN b 前往 G 的多播帧将会经过 d 和 a，而不会经过 c。源于 LAN a 发往 G 的一个多播帧就根本不会被转发。

图 1-2 表示的是在 LAN b 上的第二个成员加入该组后桥接器的知识状态。现在发给组 G 的多播帧将向着 LAN a 和 b 传送，而不会向 LAN c 传送。

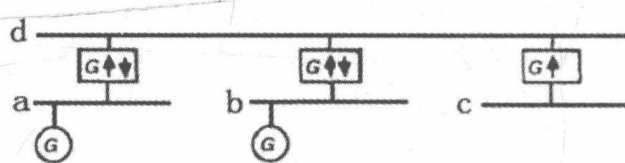


图 1-2 具有两个组成员的桥接 LAN

1.3 局域网多播路由的性能

上述局域网多播路由（链路层）算法只需用桥接器中很少的附加工作或附加空间。典型的自学习桥接器维持一个单播地址表，每个表项是一个三元组：

（地址，（外出支路，历时））

这里的历时域用以检测过时数据。每个输入帧的源地址和源支路都被安装在该表中，分别填进对应的地址域和外出支路域。而对于每个到达的单播帧也都在该表中查找其目的地址，从而确定其外出支路。

为了支持多播，该表也必须包含多播地址。由于单个多播地址可能有多个外出支路（和历时域），因此相关的表项变成具有下列形式的可变长记录：

（地址，（外出支路，历时），…，（外出支路，历时））

一个到达的组成员关系报告会引发对应其源地址的表项的安装和更新。对于一个到达的多播帧，会在该表中查找其目的地址，以确定一组外出支路。在转发之前，该帧从其到达的支路总是会被从查得的一组外出支路中除去。

对在多播地址表项中的历时域的处理跟单播地址有些不同。当桥接器收到一个单播帧时，如果其目的地址在表中不存在，或者其表项已经期满（即其历时值超过了某个门槛值），那么该帧在除输入支路以外的所有支路上转发出去。可以期待，来自目的地的对应流量随后将允许桥接器获悉其位置。然而当桥接器接收到一个多播帧时，它仅在用没有期满表项标识的支路上转发。期满表项被看成是在那条支路上不再有任何成员的迹象。因此，组成员必须以小于成员关系期满门槛值的间隔时间定期报告它们的成员关系。

成员关系报告流量的开销由报告间隔时间 T_{report} 决定， T_{report} 越大，报告开销越小。选择大的 T_{report} 具有下列缺点。

（1）为了容许偶尔的成员报告丢失，期满门槛值 T_{expire} 应该等于 T_{report} 的若干倍。 T_{expire} 越大，在沿着一一条特别的支路不再有可达的组成员之后，桥接器继续在那条支路上转发多播帧的时间就越长。这不是一个特别严重的问题，因为主机可以使用地址过滤器拒绝不想要的流量。

（2）如果一个主机是在一个特别的 LAN 上的第一个成员，并且它的开头 1 个或 2 个成员关系报告由于传输差错丢失了，那么桥接器将不知道它的成员关系，直到延迟 1 个或 2 个 T_{report} 时间为止。这就满足不了低的加入延迟的目标。可以通过让主机开始加入一个组时一个紧接着一个地发送多个成员报告得以避免。

（3）如果由于桥接器或 LAN 的开启或关闭引起生成树改变，那么在桥接器中的多播登记项可能在长至 T_{expire} 的时间内变得无效。这个问题可以通过在拓扑改变之后在 T_{expire} 时间内让桥接器恢复到广播方式的转发来避免。

因此这些问题中的任何一个都不是那么严重，都不会阻止对相对大的 T_{report} 值（比如说在几分钟的量级，而不是几秒钟）的使用。

除了增加 Treport 值,还有一种技术可以用来减少报告流量。当发布关于组 G 的成员报告时,主机把目的地址初始化成 G,而不是所有桥接器地址。然后直接附接到在做成员报告的 LAN 上的桥接器在把报告帧转发到其他桥接器之前,把 G 用所有桥接器地址替换。一个桥接器可以根据源和目的地址是相同的组地址的事实来识别这样的报告。这样做的结果就使得在同一 LAN 上的同一组的其他成员能听到这个成员报告,从而禁止它们自己的多余报告。为了避免不希望有的组成员报告同步,每当有一个这样的报告在一个 LAN 上发送时,在那个 LAN 上被报告的组的所有成员都把它们的下一次报告定时器设置成在大约 Treport 范围内的一个随机值。对于该组的下一次报告由首先超时的成员发送,此时再次选择新的随机定时值。这样在每个 LAN 上起始的报告流量减少到在每个 Treport 期间对于存在的每个组发送一个报告,而不是对于存在的每个组的每个成员都发送一个报告。这在每个 LAN 上有多个成员的一般情况下是一个显著的流量减少。

为了对这种算法的代价有一个概念,假定一个典型扩展 LAN 由 10 个网段构成,一个网段上的每个主机都属于 5 个组,每个网段上都有 20 个不同的组的成员,总共有 50 个组,成员关系报告的间隔时间 Treport 等于 200 秒。

(1) 主机上的开销是每 40 秒发送或接收一个成员报告帧 ($200 \div 5 = 40$)。

(2) 在叶网段上和通往叶网段的桥接器接口上的开销是每 10 秒一个成员报告帧 ($200 \div 20 = 10$)。

(3) 在非叶网段上和通往非叶网段的桥接器接口上的开销是来自每个网段的报告流量的和,即每秒一个成员报告帧。

(4) 在每个桥接器中的存储开销是 50 个组地址登记项。

这样的代价跟在当前安装的扩展 LAN 中可提供的带宽和桥接器的能力相比不是显著的。而且在主机和叶网段上的开销是独立于总的网段数目的,具有数百个网段的扩展 LAN 仅在主干网段上有较大的开销,而不是在大部分主机通常连接的更多数目的叶网段上。

上述桥接器多播路由算法需要主机为它们所属的组发布成员关系报告。这就影响了作为链路层桥接器的重要特征之一的透明性(对主机而言)。然而,如果把主机修改成使用多播而不是广播,那么让它同时也实现组成员报告协议可能是合理的。为了尽可能把对主机的开销减至最小,最好在主机操作系统的最底层,例如 LAN 设备驱动程序,处理组成员报告。而且,LAN 接口可以自动地提供组成员报告服务,不用主机介入。这实际上是设置多播地址过滤器的顺带功能。相反地,如果主机不打算支持这个功能,那么可以通过允许在桥接器中手动插入组成员关系信息来迁就。

1.4 多播 IP 地址和 MAC 地址

多播 IP 地址分配给构成一个多播组的一组互联网主机。发送方使用多播 IP 地址作为发送给所有组成员的分组的目的地。

1.4.1 D 类 IP 地址

在 IPv4 中，一个多播组用一个 D 类地址标识。D 类地址的高序 4 位是 1110，后随 28 位多播组标识符。表示成点分十进制形式，多播组地址范围是从 224.0.0.0 至 239.255.255.255，可缩写成 224.0.0.0/4。图 1-3 显示的是 32 位 D 类地址的格式。

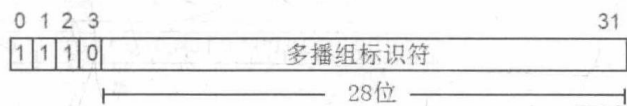


图 1-3 D 类多播地址格式

因特网编号分配机构（The Internet Assigned Numbers Authority, IANA）维持一个注册 IP 多播组列表。基础地址 224.0.0.0 保留，不可分配给任何组。从 224.0.0.1 至 224.0.0.255 的多播地址块保留为各种使用的永久分配，包括路由协议和其他需要众所周知的永久地址的协议。

下面列出的是一些众所周知的组。

“这个子网上所有的系统”	224.0.0.1
“这个子网上所有的路由器”	224.0.0.2
“所有的 DVMRP 路由器”	224.0.0.4
“所有的 OSPF 路由器”	224.0.0.5
“所有的 OSPF 指定路由器”	224.0.0.6
“所有的 RIP2 路由器”	224.0.0.9
“所有的 PIM 路由器”	224.0.0.13
“所有的 CBT 路由器”	224.0.0.15

剩余的组，从 224.0.1.0 至 239.255.255.255，要么永久地分配给各种多播应用，要么动态分配（通过 SDR 会话目录或其他方法）。在这个地址范围中，从 239.0.0.0 至 239.255.255.255 的地址保留给各种管理限定范围的应用，以及在专有网络中的应用，而不必是因特网范围的应用。

要查看完全列表，可查询分配的号码 RFC（RFC 1700 或其后继文档），或者访问 IANA Web 场点的分配网页（URL 为 <http://www.iana.org/iana/assignments.html>）。

1.4.2 把 D 类地址映射到 MAC 地址

IEEE-802 MAC 层也为 IP 多播保留一部分地址空间。所有这些地址都以 01-00-5E（十六进制）开头，即从 01-00-5E-00-00-00 至 01-00-5E-FF-FF-FF 范围内的 MAC 地址可用于 IP 多播组。

已经有了一个简单的规程可用以把 D 类 IP 地址映射到所预留的空间内的 MAC 地址。这就允许 IP 多播容易利用网络接口卡支持的硬件级多播功能。

为了把 IP 多播地址映射到以太网的多播地址，只需把 IP 多播地址的低序 23 位放入特别的以太网多播地址 01.00.5E.00.00.00（十六进制）的低序 23 位。例如，IP 多播地址 224.0.0.1