



网络技术实用丛书 **Practical Network Technology**

P2P 网络技术原理 与C++开发案例

■ 张 文 赵子铭 主编
■ 杨天路 魏小康 等 编著

**Technology Principle
and C++ Development**

- 第9章中开发案例的源代码可到人民邮电出版社网站下载
- 其他章节中的开发案例的源代码可到相应网站下载，下载地址在书中相应章节处已注明

 **人民邮电出版社**
POSTS & TELECOM PRESS

网络技术实用丛书 **Practical Network Technology**



P2P

网络技术原理 与C++开发案例

■ 张 文 赵子铭 主编

■ 杨天路 魏小康 等 编著

**Technology Principle
and C++ Development**

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

P2P 网络技术原理与 C++开发案例 / 张文, 赵子铭主编;
杨天路等编著. —北京: 人民邮电出版社, 2008.8
(网络技术实用丛书)
ISBN 978-7-115-18105-3

I. P… II. ①张…②赵…③杨… III. ①因特网—基本
知识②C 语言—程序设计 IV. TP393.4 TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 066953 号

内 容 提 要

随着 P2P 网络的飞速发展, P2P 网络技术已经成为当今 IT 技术领域研究与应用的热点。本书通过基础理论篇与 C++开发案例篇两个部分的讲解, 使读者对 P2P 网络技术有全面的理解。

基础理论篇对 P2P 网络的定义、典型的网络拓扑结构、应用与研究现状以及当今 5 种主流的 P2P 系统分别进行了介绍; 通过与传统的搜索技术相比较, 分析了 P2P 搜索技术的原理; 对 P2P 技术所涉及的安全问题逐一进行了分析; 对 P2P 应用的相关技术进行了深入剖析。

C++开发案例篇介绍了 P2P 应用开发的两个平台, 然后针对 5 个具体的 P2P 系统进行了详细的系统介绍和源码分析, 包括 P2P 文件共享系统、P2P 即时通信系统、P2P 流媒体系统和 P2P 视频点播系统。

本书可供广大从事 P2P 网络技术工作的研发人员和工程技术人员阅读参考, 也可作为高等院校通信类、网络类、信息类、计算机类、电子类专业高年级本科生和研究生学习 P2P 技术的书籍。

网络技术实用丛书

P2P 网络技术原理与 C++开发案例

- ◆ 主 编 张 文 赵子铭
编 著 杨天路 魏小康 等
责任编辑 刘 洋
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市潮河印业有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 23
字数: 565 千字 2008 年 8 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2008 年 8 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-18105-3/TP

定价: 48.00 元

读者服务热线: (010)67129258 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

FORWARD

前言

近几年来,基于 P2P 网络技术的网络应用迅速发展起来。最初,以 BT、Emule 等为代表的 P2P 网络下载软件,创造了飞速下载的纪录,较之以往的网络下载技术有了巨大的飞跃。近一两年,以 PPlive 等为代表而火热发展的网络视频技术依然离不开 P2P 网络的应用。许多调查显示,在因特网的流量中,有超过 50% 的流量来自于 P2P 软件的使用。P2P 技术的这些特性使得 P2P 技术在普通的因特网用户中引起了极大的反响,从而为其带来了广泛的应用。

然而, P2P 技术的应用绝不仅限于此。研究人员认为, P2P 技术的应用将使网络上的资源得到充分利用和最大化的共享。P2P 技术在实时通信、协同工作、内容分发以及分布式计算等多个领域得到了应用。甚至有人认为, P2P 与其说是一种技术,更不如说是一种思想,有着改变整个因特网模式的思想。P2P 的一个重要特点就是改变因特网现在的以大网站为中心的状态,重返“非中心化”,并把资源共享的权力交还给用户。

目前,国内外已经从多个角度展开了对 P2P 技术的研究与应用,例如 P2P 路由寻址技术、P2P 文件共享技术、P2P 多媒体应用技术、P2P 流量监控技术及 P2P 安全技术等。自 2002 年起,美国国家科学基金会 (NSF) 提供了 1 200 万美元的资金启动了一个为期 5 年的研究项目 IRIS, 该项目集中了 MIT 和 UC Berkeley 等 5 所美国著名高等院校的强大科研力量,为下一代大规模分布式应用研制基于 DHT 的新型基础设施。

基于 P2P 的网络应用系统容量大、扩散性强、计算资源利用率高,这些优点吸引了众多的研究人员和系统开发人员,以及大量对 P2P 网络技术感兴趣的工程技术人员。目前,关于 P2P 技术的英文书籍与论文很多,中文的相关资料却相对匮乏,这正是作者撰写本书的最重要原因之一。本书采用由浅入深以及技术原理与典型系统开发分析相结合的方式,向每一位对 P2P 技术感兴趣的读者全面地介绍了这一热门的研发领域。

本书分为基础理论篇与 C++ 开发案例篇两个部分。C++ 作为一种被广泛应用的编程语言,由于其面向对象的特性以及其语言本身相对的高效性,使其在 P2P 系统的开发中被大量使用。本书中介绍的所有案例都是以 C++ 为开发语言来实现的。

基础理论篇（第 1~5 章）介绍了 P2P 网络的基本概念、网络结构、主流 P2P 应用系统架构、常见的路由搜索算法、P2P 应用所涉及的安全问题、P2P 应用所涉及的相关技术等 P2P 网络设计中的关键问题，学习这些内容可使读者基本掌握 P2P 网络理论，并为后续学习开发过程和系统分析扫除障碍。

C++ 开发案例篇（第 6~11 章）是本书的重点。这部分内容首先介绍了 P2P 应用开发的两个平台，然后针对目前应用比较广泛的几个 P2P 系统进行了详细的系统介绍和源码分析，其中包括 P2P 文件共享系统、P2P 即时通信系统、P2P 流媒体系统和 P2P 视频点播系统。

作为一本详细介绍并涉及 P2P 各热点研究方向的书籍，本书涵盖了 P2P 技术的基本概念、研究方向与主要研究热点，并给出了丰富的 C++ 开发案例供读者参考。

作者结合自己在 P2P 领域的研发经历并参考大量的国内外相关文献完成了本书的编写。本书由张文、赵子铭、杨天路、魏小康、胡春英等人共同完成。由于 P2P 网络技术所涉及的知识面极为广泛，而且技术的发展日新月异，加上作者学识水平有限，因此书中难免出现错误和疏漏，希望广大读者批评指正。

作者

2008 年 5 月于北京

CONTENTS

目 录

基础理论篇

第 1 章 P2P 基本概念 3

1.1 P2P 网络的定义 3

1.2 P2P 网络结构 4

1.2.1 集中式 P2P 网络 4

1.2.2 完全分布式非结构化 P2P 网络 5

1.2.3 完全分布式结构化 P2P 网络 6

1.2.4 混合式 P2P 网络 7

1.2.5 P2P 网络与传统网络的对比 8

1.3 P2P 网络的应用 9

1.4 P2P 的发展 11

1.4.1 起步 11

1.4.2 发展 11

1.4.3 高峰 11

1.5 P2P 技术国内外研究现状 12

1.5.1 国外相关研究 12

1.5.2 国内研究现状 12

1.6 本章总结 13

1.7 练习题 13

第 2 章 主流 P2P 系统 15

2.1 文件共享类系统 15

2.1.1 Napster 15

2.1.2 Gnutella 17

2.1.3 BitTorrent 19

2.1.4 eMule 20

2.1.5 Maze 22

2.2 即时通信类系统 24

2.2.1 Skype 24

2.2.2 QQ 26

2.2.3 GTalk 27

2.3 流媒体类系统 28

2.3.1 AnySee 28

2.3.2 PPLive 29

2.4 共享存储类系统 30

2.4.1 OceanStore 30

2.4.2 Granary 32

2.5 对等计算类系统 34

2.6 本章总结 35

2.7 练习题 35

第 3 章 P2P 网络的基础——搜索和路由算法 36

3.1 传统搜索技术 36

3.2 P2P 搜索技术的发展 37

3.3 DHT 网络（结构化 P2P 网络）的搜索技术 39

3.3.1 DHT 路由原理 39

3.3.2 Chord 40

3.3.3 Pastry 44

3.3.4 CAN 46

3.3.5 Tapestry 48

3.3.6 Kademlia 50

3.3.7 小结 53

3.4 非结构化 P2P 网络的搜索技术..... 53	性分析..... 88
3.4.1 Flooding..... 54	4.3.1 Skype 简介..... 89
3.4.2 Modified-BFS..... 55	4.3.2 Skype 安全机制分析..... 93
3.4.3 Iterative Deepening..... 55	4.3.3 Skype 流量识别..... 96
3.4.4 Random Walk..... 56	4.4 本章总结..... 98
3.4.5 Query Routing..... 57	4.5 练习题..... 98
3.4.6 Gnutella2..... 59	
3.4.7 移动 Agent..... 59	第 5 章 P2P 应用的相关技术..... 100
3.4.8 小结..... 60	5.1 P2P 与网络穿越..... 100
3.5 小世界 (Small World) 模型..... 61	5.1.1 NAT 网络概念..... 100
3.5.1 小世界模型概述..... 61	5.1.2 STUN 协议与 NAT 穿越..... 103
3.5.2 聚类分布 (CD) 算法..... 62	5.1.3 UDP 穿越 NAT..... 106
3.5.3 小世界网络的研究现状..... 66	5.1.4 TCP 穿越 NAT..... 107
3.6 P2P 搜索技术研究的挑战..... 66	5.1.5 NAT 类型检测..... 108
3.7 本章总结..... 67	5.1.6 常见 NAT 穿越解决方案..... 111
3.8 练习题..... 67	5.2 P2P 与 IMS 结合..... 112
第 4 章 P2P 应用与安全..... 69	5.2.1 什么是 IMS..... 112
4.1 P2P 应用面临的安全问题..... 69	5.2.2 P2P 与 IMS 的网络融合..... 112
4.1.1 P2P 应用引发的版权问题..... 69	5.3 VoIP 通信基础..... 113
4.1.2 P2P 应用对现有网络应用的 威胁..... 71	5.3.1 VoIP 系统概念..... 113
4.1.3 P2P 网络病毒与蠕虫..... 71	5.3.2 H.323 协议..... 115
4.1.4 结构化 P2P 网络的隐患..... 72	5.3.3 SIP..... 115
4.2 P2P 应用与安全技术..... 76	5.3.4 RTP..... 117
4.2.1 P2P 应用中的密码学技术..... 76	5.3.5 RTSP..... 118
4.2.2 P2P 应用中的网络安全技术..... 78	5.4 P2P 和 SIP 的结合..... 119
4.2.3 利用 P2P 网络解决安全问题..... 82	5.4.1 P2P 和 SIP 结合方案分析..... 120
4.3 P2P 实例系统——Skype 的安全	5.4.2 基于 Pastry 设计 P2P-SIP 系统..... 122
	5.5 本章总结..... 125
	5.6 练习题..... 126
	C++ 开发案例篇
第 6 章 P2P 应用开发平台..... 129	
6.1 Windows Peer-to-Peer Networking 平台..... 129	6.1.3 Windows Peer-to-Peer Networking 平台工作机制..... 132
6.1.1 Windows Peer-to-Peer Networking 平台简介..... 129	6.1.4 Windows Peer-to-Peer Networking 平台开发环境..... 136
6.1.2 Windows Peer-to-Peer Networking 平台结构..... 130	6.1.5 Windows Peer-to-Peer Networking 平台开发入门..... 139
	6.2 JXTA..... 161
	6.2.1 JXTA 简介..... 161

6.2.2	JXTA 的平台结构	162
6.2.3	JXTA 的基本概念	163
6.2.4	JXTA 的网络架构	166
6.2.5	JXTA 开发环境	171
6.3	本章总结	175
6.4	练习题	175

第 7 章 P2P 文件共享系统开发实例

——eMule 的设计与实现

7.1	eMule 系统概述	176
7.1.1	P2P 文件共享系统的背景	176
7.1.2	eMule 的设计目标	177
7.2	eMule 系统原理	178
7.2.1	eMule 协议原理	178
7.2.2	Kad 协议原理	185
7.3	eMule 系统设计	186
7.3.1	eMule 系统结构概述	187
7.3.2	文件基础设施	187
7.3.3	网络基础设施	189
7.3.4	eMule 通信协议	190
7.3.5	任务处理机制	191
7.3.6	Kad 系统结构概述	195
7.4	eMule 程序代码分析	199
7.5	eMule 系统部署	223
7.5.1	系统编译和运行	224
7.5.2	系统安装与配置	225
7.5.3	文件搜索和下载	226
7.5.4	文件上传	227
7.6	eMule 系统分析	228
7.7	本章总结	228
7.8	练习题	228

第 8 章 P2P 文件共享系统开发实例

二——BT 的设计与实现

8.1	BitTorrent 系统概述	230
8.2	BitTorrent 系统原理	230
8.2.1	BitTorrent 协议原理	231
8.2.2	BitTorrent Tracker 服务器原理	234

8.3	BitTorrent 系统设计	236
8.3.1	Arctic 客户端系统结构概述	236
8.3.2	LibTorrent 库系统结构概述	237
8.4	BitTorrent 程序代码分析	238
8.4.1	Arctic 客户端代码分析	238
8.4.2	LibTorrent 库代码分析	260
8.5	BitTorrent 系统部署	270
8.5.1	BitTorrent 服务器的部署	271
8.5.2	BitTorrent 客户端的部署	271
8.6	BitTorrent 系统分析	271
8.7	本章总结	272
8.8	练习题	272

第 9 章 P2P 即时通信系统开发实例——

Hermes 的设计与实现

9.1	Hermes 系统概述	273
9.1.1	P2P 即时通信系统的背景	273
9.1.2	Hermes 系统设计目标	274
9.2	Hermes 系统原理	274
9.2.1	登录认证机制	275
9.2.2	语音提取与播放机制	277
9.3	Hermes 系统设计	279
9.4	Hermes 程序代码分析	280
9.4.1	语音处理模块代码分析	280
9.4.2	通信模块代码分析	295
9.5	Hermes 系统分析	302
9.6	本章总结	302
9.7	练习题	302

第 10 章 P2P 流媒体系统开发实例——

PeerCast 的设计与实现

10.1	P2P 流媒体系统概念	303
10.1.1	流媒体内容发布网络技术	303
10.1.2	P2P 流媒体系统概述	304
10.1.3	P2P 流媒体系统架构	304
10.1.4	现有系统	305
10.2	流媒体技术	305
10.3	设计 P2P 音视频点播系统	306
10.3.1	多媒体数据压缩	306

10.3.2	应用层 QoS	306	11.2.2	工作机制	316
10.3.3	应用层多播技术	306	11.2.3	ACE 简介	317
10.3.4	流媒体同步技术	307	11.2.4	wxWidgets 简介	320
10.3.5	PeerCast 实现分析	307	11.3	Myseelite 系统设计	320
10.3.6	改造 BitTorrent 成为流媒体系统	311	11.3.1	Capture 子系统	320
10.4	本章总结	311	11.3.2	Super Peer 子系统	321
10.5	练习题	311	11.3.3	Tracker 子系统	322
			11.3.4	Client 子系统	324
			11.4	Myseelite 程序代码分析	329
第 11 章	P2P 视频点播系统开发实例——Myseelite 的设计与实现	313	11.5	Myseelite 系统部署	353
11.1	Myseelite 系统概述	313	11.5.1	系统编译	353
11.1.1	P2P 视频点播系统的背景	313	11.5.2	系统运行	353
11.1.2	Myseelite 的设计目标	314	11.5.3	轮播流程	354
11.2	Myseelite 系统原理	315	11.5.4	直播流程	357
11.2.1	基本概念	315	11.6	Myseelite 系统分析	359
			11.7	本章总结	359
			11.8	练习题	359



基础理论篇

CHAPTER 1

第 1 章 P2P 基本概念

要认识和理解 P2P 网络,就要理解 P2P 网络理论中的基本概念,这些概念和传统的服务器/客户端网络有很大的区别。

在学习了本章后,希望读者能够掌握以下几点:

- (1) P2P 网络的概念和定义;
- (2) P2P 网络的基本结构;
- (3) P2P 网络的应用和发展。

1.1 P2P 网络的定义

P2P (Peer to Peer) 即对等计算或对等网络,通常简称为 P2P,可以简单地定义成通过直接交换,共享计算机资源和服务。在 P2P 网络环境中,成千上万台彼此连接的计算机都处于对等的地位,整个网络一般来讲不依赖于专用集中服务器。网络中的每一台计算机既能充当网络服务的请求者,又能对其他计算机的请求做出响应,提供资源与服务。通常这些资源和服务包括信息的共享与交换、计算资源(如 CPU)的共享使用、存储资源(如缓存和磁盘空间)的使用等。

对于 P2P 概念的一种解释是 P2P 即 Peer to Peer。Peer 在英语里是“(地位、能力等)同等者”、“同事”和“伙伴”的意思。因此, P2P 也就可以理解为“端对端”的意思,或称为对等联网。

对于 P2P 的定义,不同的机构有着不同的理解,每种理解方式本质上并不矛盾,都从不同的侧面揭示了 P2P 网络的特点。本书仅列出比较典型的 5 种定义,如表 1-1 所示。

表 1-1

P2P 多种定义

定 义 者	定 义
Intel 工作组	通过在系统之间直接交换来共享计算机资源和服务的一种应用模式
A.Weytsel	在因特网周边以非客户地位使用的设备
R.I.Granham	通过 3 个关键条件定义: ① 具有服务器质量的可运行计算机;

续表

定 义 者	定 义
R.I.Granham	② 具有独立于 DNS 的寻址系统; ③ 具有与可变连接合作的能力
C.Shirky	利用因特网边界的存储/CPU/内容/现场等资源的一种应用; 访问这些非集中资源意味着运行在不稳定连接和不可预知 IP 地址环境下, P2P 节点必须运行在 DNS 系统外边; 具备有效或全部的自治
Kindberg	独立生存的系统
D.J.Milojicic	给对等组提供或从对等组获得共享

1.2 P2P 网络结构

1.2.1 集中式 P2P 网络

集中式 P2P 网络形式上有一个中心服务器来负责记录共享信息以及回答对这些信息的查询。每一个对等实体对它将要共享的信息以及进行的通信负责, 根据需要下载它所需要的其他对等实体上的信息。这种形式具有中心化的特点, 但是它不同于传统意义上的 Client/Server (客户端/服务器) 模式。传统意义上的 Client/Server 模式采用的是一种垄断的手段, 所有资料都存放在服务器上, 客户端只能被动地从服务器上读取信息, 并且客户端之间不具有交互能力。其典型结构如图 1-1 所示。而集中式 P2P 网络则是将所有网上提供的资料都分别存放在提供该资料的客户端上, 服务器上只保留索引信息, 此外服务器与对等实体以及对等实体之间都具有交互能力。

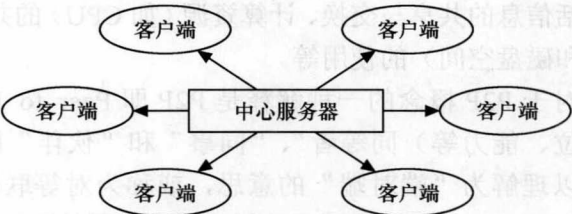


图 1-1 传统的客户端/服务器网络结构

采用集中式 P2P 形式的软件被称为第一代 P2P, 其代表性软件为 Napster。Napster 的系统结构如图 1-2 所示。

这种形式有一个中央服务器, 为用户提供共享和搜索文件服务。这就要求有一个连续运转的服务器, 并且一旦该服务器被关闭, 整个网络就会停止运行。此外, 这样的服务器必须能够处理大量的用户连接, 拥有足够的内存和磁盘空间来维护 and 搜索文件列表。虽然 Napster 流行一时, 但是由于通过这个软件, 大量的有版权的资料可以在网上轻易地获得, 导致不久就被 RIAA (Recording Industry Association of America, 美国唱片工业协会) 告上法庭, 最终

P2P 网络技术原理与 C++ 开发案例

的判决结果是 Napster 停止运行, 现在 Napster 已经停止运行了。之所以会有这样的结果是因为 Napster 的运行依赖于一个用来索引用户文件具有公司所有权的中心服务器。尽管 Napster 的使用与侵权、盗版等名词联系在一起, 但我们不能因此就忽视 Napster 这一新兴领域所具有的潜力和广阔的应用前景, 而阻止这一技术进步。为了解决由于外界的压力而有可能导致系统停止运行, 产生了基于分布式的 P2P 形式。

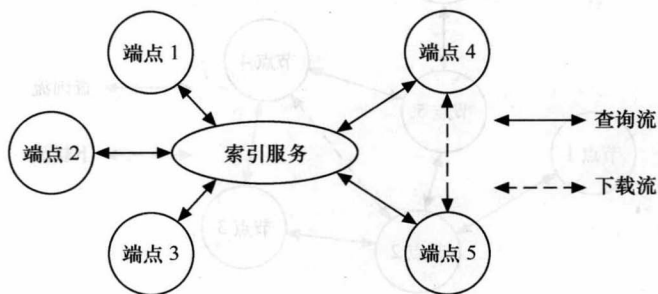


图 1-2 集中式 P2P 网络架构 (Napster)

1.2.2 完全分布式非结构化 P2P 网络

完全分布式非结构化拓扑的 P2P 网络采用了随机图的组织方式来形成一个松散的网络, 其典型网络结构如图 1-3 所示。这种结构对网络的动态变化有较好的容错能力, 因此具有较好的可用性。同时, 这种结构支持复杂查询, 比如带有规则表达式的多关键字查询、模糊查询等。完全分布式非结构化拓扑的 P2P 网络的典型代表是 Gnutella。

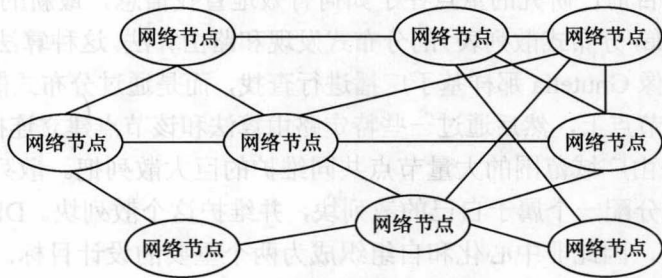


图 1-3 典型的分布式非结构化 P2P 网络

Gnutella 是一个 P2P 文件共享系统, 它和 Napster 的最大区别在于 Gnutella 没有中心服务器, 它采用了完全随机图的洪泛式搜索和随机转发机制。为了控制搜索消息的传输, Gnutella 网络采用类似 IP 数据包中 TTL 的机制来决定是否继续转发消息。Gnutella 的查询流程如图 1-4 所示。

在完全分布式非结构化拓扑的 P2P 网络模型中, 每个节点都具有相同的功能, 既是客户端又是服务器, 因而节点也被称为对等点。

这种拓扑的优点是网络配置简单, 不需要服务器的支持, 在网络规模较小的时候具有很高的查询效率。但由于在这种拓扑的网络中多采用洪泛方式查询和定位资源, 随着联网节点的增加, 网络规模不断增大, 从而给网络带来了沉重的网络负载。而且由于没有确定的拓扑,

这种形式的网络无法保证查找资源的确定性，即可能会漏过网络中的一些资源。另一个问题是由于采用了 TTL (Time To Live, 生存时间)、洪泛、随机漫步或有选择转发算法，这个拓扑的网络直径不可控，可扩展性较差。

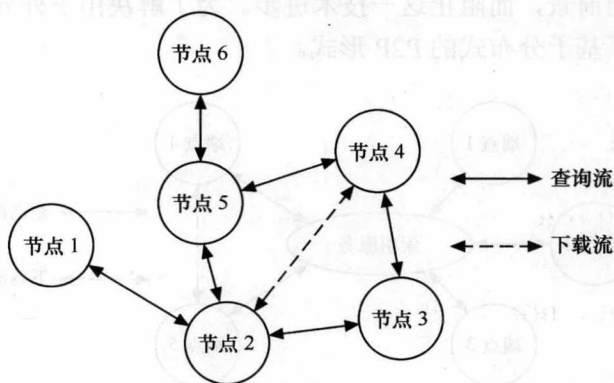


图 1-4 Gnutella 的查询流程

由于发现的准确性和可扩展性是完全分布式非结构化网络面临的两个重要问题，因此目前对这种结构网络的研究集中在改进发现算法和转发策略上。本书的后续章节将在这方面予以详细讲解。

1.2.3 完全分布式结构化 P2P 网络

由于非结构化拓扑的 P2P 网络中随机搜索造成的不可扩展性，人们开始研究如何构造一个高度结构化的系统。目前，研究的重点在于如何有效地查找信息，最新的成果就是基于 DHT (Distributed Hash Table, 分布式散列表) 的分布式发现和路由算法。这种算法避免了类似 Napster 的中心服务器，也不像 Gnutella 那样基于广播进行查找，而是通过分布式散列函数将输入的关键字唯一映射到某个节点上，然后通过一些特定路由算法和该节点建立连接。

分布式散列表是由广域范围的大量节点共同维护的巨大散列把。散列把被分割成不连续的块，每个节点都被分配一个属于自己的散列块，并维护这个散列块。DHT 的节点既是动态的，也是数量巨大的，因此非中心化和自组织成为两个重要的设计目标。通过散列函数，节点的 ID 还有资源的键值被映射到一个巨大的线性空间里。

在 DHT 技术中，网络节点按照一定的方式分配一个唯一节点标识符 (Node ID)，资源对象通过散列运算产生一个唯一的资源标识符 (Object ID)，且该资源将存储在节点 ID 与之相等或者相近的节点上。需要查找该资源时，采用同样的方法可定位到存储该资源的节点。

DHT 类结构能够自适应节点的动态加入/退出，有着良好的可扩展性、顽健性、节点 ID 分配的均匀性和自组织能力。由于重叠网络采用了确定性拓扑结构，DHT 可以提供精确的发现。只要目的节点存在于网络中 DHT 总能发现它，发现的准确性得到了保证。

DHT 类结构最大的问题是 DHT 的维护机制较为复杂，尤其是节点频繁加入退出造成的网络波动 (Churn) 会极大增加 DHT 的维护代价。DHT 所面临的另外一个问题是 DHT 仅支持精确关键字匹配查询，无法支持内容/语义等复杂查询。

目前已有的分布式结构化拓扑的 P2P 网络有 Pastry、Tapestry、Chord 和 CAN。本书的后

续章节将详细介绍这几个 P2P 网络的结构和路由算法等特性。

1.2.4 混合式 P2P 网络

集中式 P2P 形式有利于网络资源的快速检索, 以及只要服务器能力足够强大就可以无限扩展, 但是其中心化的模式容易遭到直接的攻击, 分布式 P2P 形式解决了抗攻击问题, 但是又缺乏快速搜索和可扩展性。混合 P2P 形式结合了集中式和分布式 P2P 形式的优点, 在设计思想和处理能力上都得到进一步优化。它在分布式模式基础上, 将用户节点按能力进行分类, 使某些节点担任特殊的任务。Skype 即时通信软件就使用了混合式 P2P 网络模式。通常的混合式 P2P 系统结构图和查询流图分别如图 1-5 和图 1-6 所示。混合式 P2P 网络总共包含 3 种节点, 分别是用户节点、搜索节点和索引节点。

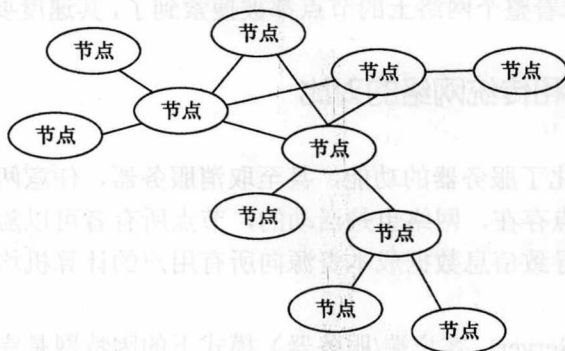


图 1-5 混合式 P2P 网络结构

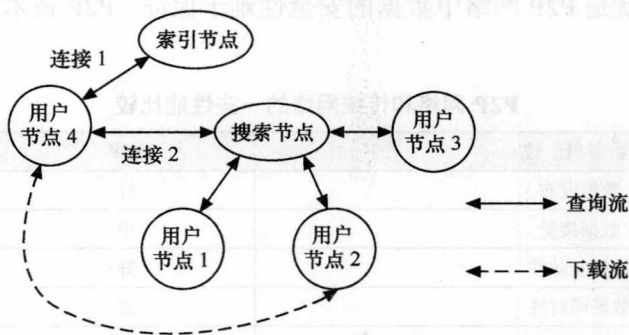


图 1-6 混合式 P2P 网络查询流程

(1) 用户节点

普通的节点就是用户节点, 它不具有任何特殊的功能。

(2) 搜索节点

搜索节点处理搜索请求, 从它们的孩子节点中搜索文件列表, 这些节点必须有 128kbit/s 以上的网络连接速度。因此, 最好用高性能的处理器。

(3) 索引节点

连接速度快、内存充足的节点可以作为索引节点。索引节点保存可以利用的搜索节点信息、搜集状态信息以及尽力维护网络的结构。一个节点可以既是搜索节点又是索引节点。用

户节点可以选择 3 个搜索节点作为它的父节点, 如果父节点接受该用户节点作为它的孩子, 那么该用户节点就可以提交它要共享的列表给它的父节点。默认的情况下, 搜索节点可以最多维护 500 个孩子节点。

在第三代 P2P 的软件体系结构中, 采用了混合 P2P 形式。这种形式的关键之一是引入了索引节点, 索引节点不会直接连接到有版权的资料, 它就像 Yahoo! 一样, 只是搜索和所需资料相关的地址, 至于用户到底连接下载了什么内容和它无关。这种形式的关键之二是引入搜索节点, 搜索节点管理着所属用户的文件列表。用户节点通过索引节点获得搜索节点信息, 之后用户节点就与获得的搜索节点相连, 每一次查询都通过该搜索节点进行。当用户发出搜索请求后, 如果和用户节点直接相连的搜索节点查询结果为 100 个 (这里的 100 个搜索结果可以由用户自己来设定) 就停止, 如果不足 100 个, 就向相邻的搜索节点发出请求, 如果查询结果还不够, 就继续向外快速发散, 直到所有的搜索节点都被搜索到。而如果所有的搜索节点都被访问过, 就意味着整个网络上的节点都被搜索到了, 其速度要比纯 P2P 模式快得多。

1.2.5 P2P 网络 and 传统网络的对比

在 P2P 网络中, 弱化了服务器的功能, 甚至取消服务器, 任意两台 PC 互为服务器/客户端, 即使只有一个对等点存在, 网络也是活动的, 节点所有者可以随意地将自己的信息发布到网络上。P2P 技术将导致信息数据成本资源向所有用户的计算机均匀分布, 即“边缘化”趋势。

首先, C/S (Client/Server, 客户端/服务器) 模式下的因特网是完全依赖于中心点服务器的, 没有服务器的 P2P 的不足之处就在于不易管理, 而对 C/S 网络, 只需要在中心点进行管理, 从而带来的不足就是 P2P 网络中数据的安全性难于保证。P2P 技术与 C/S 技术性能比较如表 1-2 所示。

表 1-2 P2P 网络 and 传统网络的一些性能比较

性能比较	P2P	C/S
数据发布	好	差
数据接受	中	好
数据互动性	好	差
数据即时性	好	差
数据安全性	差	好
数据更新	好	差
数据质量	中	好
数据覆盖率和数量	差	好
数据成本控制	好	差
数据管理方便性	差	好

在传统的 C/S 模式中, 客户端之间要进行文件交换必须经过服务器, 随着节点的增加, 服务器的负担越来越重, 并逐渐形成系统瓶颈, 一旦服务器崩溃, 整个网络也随之瘫痪。而在 P2P 网络中每个节点的地位都是对等的, 每个节点既充当服务器, 为其他节点提供服务, 同时也充当客户端, 享用其他节点提供的服务。同时, 由于每个节点在工作时都在向网络贡