

CMP 科技经典

3G/B3G

核心技术丛书

010101010100
010101010100

WiMAX/802.16

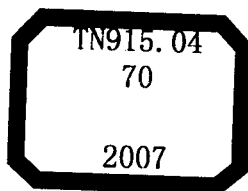
原理与应用

曾春亮 张 宁 王旭莹 俞一鸣 编著

3G/B3G 核心技术丛书



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



3G/B3G 核心技术丛书

WiMAX/802.16 原理与应用

曾春亮 张 宁 王旭莹 俞一鸣 编著



机械工业出版社

随着多媒体业务不断地推陈出新,无线接入技术正呈现高带宽和 IP 化的趋势。作为新一代的宽带无线接入技术, WiMAX/802.16 以自身固有的优势也越来越受关注。无线接入技术所定义的空中接口,通常只牵涉到 OSI 七层协议架构中的下两层。本书分别讲述了 WiMAX 的 MAC 层和物理层的工作原理。WiMAX 是第 1 个提出在 MAC 层提供 QoS 保证的无线接入标准,所以本书详细讨论了 MAC 层的 QoS 机制,包括服务流的划分与调度、多种带宽请求的方式、冲突解决机制等。另一方面,MAC 层对物理层的支持也是保证 WiMAX 通信系统能够提供 QoS 保证的一个重要方面。相比于固定接入的 WiMAX,移动 WiMAX (即 IEEE 802.16e) 具有更好的市场前景,同时也面临更多的挑战。本书的第 9 章深入地探讨了移动 WiMAX 所做的改进,以及固定 WiMAX 到移动 WiMAX 的平滑过渡。最后,本书讲述了 WiMAX 网络的部署与实现,以及与 WiMAX 共存的其他通信新技术,如 HSDPA、IEEE 802.11n、无线网格网 (Wireless Mesh Network)。

本书可作为业内实际网络部署与操作的工程师、科研人员、工程技术人员以及通信等相关专业的师生的参考书或自学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

WiMAX/802.16 原理与应用/曾春亮等编著. —北京:机械工业出版社, 2006.10

(3G/B3G 核心技术丛书)

ISBN 7-111-20111-6

I. W... II. 曾... III. 移动通信—通信协议 IV. TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 123951 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:朱林 版式设计:霍永明

责任校对:袁凤霞 封面设计:马精明 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 18.25 印张 · 449 千字

0 001—4 000 册

定价:30.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

编辑热线电话 (010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

3G/B3G 核心技术丛书

编 委 会

主任委员：袁超伟 姜宇柏

委 员(排名不分先后)：

程宝平	曾春亮	黄 韬	梁守青
贾 宁	赵 鑫	俞一鸣	汪裕民
杨睿哲	李美玲	张 宁	齐伟民
孙昌璐	刘 鸣	王旭莹	蒋建新

丛 书 序

目前, 3G 已成为中国传统电信运营企业转型的关键之一, 同时成为中国电信设备制造企业国际化发展的重要机遇。

然而, 随着宽带数据和多媒体业务的迅猛发展, 第三代移动通信原定目标规定的 2Mbit/s 的传输速率已经远远不能满足需求, 3G 技术正在朝着 B3G、4G 技术方向发展。由于我国至今没有正式颁发 3G 业务牌照, 一方面使得国内很多著名的 3G 设备制造企业不得不将更多的精力放在国际市场的开拓上; 另一方面使得我国可以充分发挥后发优势, 在 3G 网络的建设过程中可以引入各项成熟的新技术, 即在我国 3G 网络中直接应用部分 B3G 乃至 4G 的核心技术, 提高我国 3G 网络的业务能力。

因此, 我们策划了这套“3G/B3G 核心技术丛书”, 对 HSDPA/HSUPA 技术、IMS 技术、OFDM 技术、MIMO 技术、智能天线技术、软件无线电技术和 WiMAX 技术等主流的新技术进行阐述, 内容涉及 3G/B3G 网络的无线接入、核心网、智能天线、频分复用、系统设计等多个方面。

希望通过阅读本套丛书, 读者能够比较全面地了解 3G/B3G 系统的各项核心技术, 更希望本套丛书能对我国 3G/B3G 系统的网络建设和产业发展作出一定的贡献。

由于通信技术发展十分迅速, 加上编写时间相对紧张, 书中难免存在不足, 恳请广大读者和专家批评指正, 联系信箱 buptzjh@163.com。

3G/B3G 核心技术丛书编委会

2006 年 8 月

前 言

相对于有线接入,无线接入使得运营商可以更快地拥有接入网资源,在线路资源严重不足的情况下,利用少量的资金投入,快速获得一个较大的网络用户覆盖。通过对无线传输设备和无线接入设备进行组合应用,完全可以为运营商提供一个全部由无线设备组成的一级无线宽带骨干传输与接入、二级无线城域网覆盖的方案,而不必依赖有线资源。近年来,无线接入技术获得了突飞猛进的发展,适应各种应用场合的无线接入技术不断涌现。譬如小范围内提供较高速率的 WLAN (Wireless Local Area Network, 无线局域网),支持全球移动性的 3G 技术等。随着多媒体业务不断地推陈出新,无线接入技术正呈现高带宽和 IP 化的趋势。

在大多数情况下,政府机关、中小企事业用户、网吧在希求高速、高质量的宽带服务的同时,又希求经济实惠的通信费用。宽带无线接入技术凭借其投资少、见效快、组网灵活,被认为是解决宽带城域网建设“最后一公里”的重要手段,可以帮助运营商实现在激烈的宽带业务竞争中快速、有效地占领市场的目标。无线宽带接入顺畅了“最后一公里”,“让信息高速路实现通车”。

在宽带无线接入技术方面,Wi-Fi、WiMAX、IEEE 802.20 等技术属于新生一代,但它们潜在的优越性能和广阔的应用前景,已经令人们不得不刮目相看。另一方面,蜂窝电话行业准备通过 3G 技术升级网络,使无线接入能够覆盖更广的区域。但是,3G 技术的拥护者也不得不承认,使用 Wi-Fi 技术在机场、企业及校园等场所更加有效,尤其是在数据业务的传输方面。为了扩展 Wi-Fi 技术的覆盖范围,在更大的范围内提供高速的数据传输服务,业界又提出了 WiMAX 无线城域网技术。相比以前的 Wi-Fi 技术,WiMAX 能够达到更高的吞吐量、提供 QoS 服务以及增强的安全性能,并且,整个网络具有良好的可扩展性。

但是,目前关于 WiMAX 的专著在国外尚不多,国内很少见,而通信等相关专业的师生、科研人员以及业内进行实际网络部署与操作的工程师及工程技术人员,都需要具备 WiMAX 基本工作原理和操作机制等方面的知识,本书正是在这种情况下产生的。

无线接入技术所定义的空中接口,通常只牵涉到 OSI 七层协议架构中的下两层。本书分别讲述了 WiMAX 的 MAC 层和物理层的工作原理。WiMAX 是第 1 个提出在 MAC 层提供 QoS 保证的无线接入标准,所以本书详细讨论了 MAC 层的 QoS 机制,包括服务流的划分与调度、多种带宽请求的方式、冲突解决机制等。另一方面,MAC 层对物理层的支持,也是保证 WiMAX 通信系统能够提供 QoS 保证的一个重要方面。相比于固定接入的 WiMAX,移动 WiMAX (即 IEEE 802.16e) 具有更好的市场前景,同时也面临更多的挑战。本书的第 9 章深入地探讨了移动 WiMAX 所做的改进,以及固定 WiMAX 到移动 WiMAX 的平滑过渡。最后,本书讲述了 WiMAX 网络的部署与实现,以及与 WiMAX 共存的其他通信新技术,如 HSDPA (High Speed Downlink Package Access, 高速下行链路分组接入)、IEEE 802.11n、

WMN (Wireless Mesh Network, 无线网格网)。

本书由曾春亮、张宁、王旭莹、俞一鸣等共同编写。同时,在本书的编写过程中,张学静、吴鹏、潘天保、张博、赵鑫、李晓凯、张凯、齐兆群、黄志强、张睿、刘秀文、蒋建新、姜海燕、尤晓丽、夏钦东和杜平完成了全书资料的收集和整理工作,并完成了全书的文字校对和部分章节的编写工作,这里对他们的辛勤劳动表示十分的感谢。另外,本书在编写过程中参考了国内外不少专家学者的论文和著作,这里一并表示感谢。

由于作者水平所限,加上时间仓促,所以书中难免有不足之处,恳请广大读者批评指正。

作 者

2006.8

目 录

丛书序

前言

第1章 概述	1
1.1 无线接入技术	1
1.2 现有无线接入系统	2
1.2.1 3.5GHz 无线接入系统	2
1.2.2 直接广播卫星系统	3
1.2.3 本地多点分配业务	4
1.2.4 蜂窝移动通信技术	7
1.2.5 无线局域网	17
1.2.6 无线个域网	22
1.3 WiMAX/802.16 标准的提出	25
1.3.1 IEEE 802.16 工作组简介	26
1.3.2 WiMAX 论坛	26
1.3.3 IEEE 802.16 标准体系简介	28
1.3.4 WiMAX/802.16 的技术特点 与优势	30
1.4 与其他无线接入技术的比较	32
1.4.1 IEEE 802.11/WLAN	32
1.4.2 第三代蜂窝移动通信系统	34
1.5 国内外发展现状及前景展望	35
第2章 WiMAX/802.16 系统架构	38
2.1 WiMAX/802.16 中的频带使用	38
2.2 WiMAX/802.16 参考模型	39
2.2.1 面向业务的会聚子层	39
2.2.2 公共部分子层	40
2.2.3 安全子层	40
2.3 WiMAX/802.16 的特点	41
2.3.1 MAC 层特性	41
2.3.2 物理层特性	41
2.4 WiMAX/802.16 支持的两种网络拓扑	42
第3章 MAC 层基本工作原理	43
3.1 面向业务的会聚子层	43
3.1.1 面向 ATM 业务的会聚子层	43
3.1.2 面向分组业务的会聚子层	46
3.2 公共部分子层	49
3.2.1 PMP 网络	49

3.2.2 网格网	50
3.2.3 寻址与连接	51
3.2.4 PDU 格式	53
3.2.5 MAC PDU 的成帧与传输	62
3.3 安全子层	68
3.3.1 分组数据的加密	68
3.3.2 密钥管理协议	68
3.3.3 安全联盟	69
3.3.4 将连接映射到 SA	70
3.3.5 加密算法包	70
第4章 WiMAX/802.16 的 MAC 层 QoS 保证机制	72
4.1 概述	72
4.2 服务流	72
4.2.1 服务流的概念	72
4.2.2 服务流的认证	74
4.2.3 服务流的分类	75
4.3 动态服务流管理	77
4.3.1 动态服务流的创建	78
4.3.2 动态服务流的修改	79
4.3.3 动态服务流的删除	81
4.3.4 动态服务流的状态变迁	81
4.4 调度服务	88
4.4.1 概述	88
4.4.2 上行链路中请求/授权的调度	88
4.5 带宽分配与请求机制	90
4.5.1 请求	90
4.5.2 授权	91
4.5.3 轮询	91
4.6 冲突解决算法	96
4.6.1 传输机会	96
4.6.2 冲突解决算法	97
4.7 ARQ	98
4.7.1 ARQ 块的使用	99
4.7.2 ARQ 反馈信息元素的格式	100
4.7.3 ARQ 的操作	102
4.8 H-ARQ	108

第 5 章 MAC 层对物理层的支持	110	第 8 章 WiMAX/802.16 物理层	166
5.1 频分双工与时分双工模式	110	8.1 概述	166
5.1.1 频分双工	110	8.2 无线 MAN-SC	169
5.1.2 时分双工	110	8.2.1 概述	169
5.2 链路映射管理消息	111	8.2.2 帧结构	170
5.2.1 下行链路映射管理消息	111	8.2.3 MAP 消息域	173
5.2.2 上行链路映射管理消息	112	8.2.4 波特率与信道带宽	176
5.3 映射相关性与同步	113	8.2.5 无线子系统的控制	177
5.4 自适应天线系统	115	8.3 无线 MAN-SCa	177
5.4.1 天线在移动通信中的应用	115	8.3.1 帧结构	178
5.4.2 智能天线技术	117	8.3.2 MAP 消息域	184
5.4.3 WiMAX 的 MAC 层对 AAS 的 支持	119	8.3.3 控制机制	189
5.4.4 MAC 控制功能	120	8.4 无线 MAN-OFDM	189
第 6 章 WiMAX/802.16 的测距		8.4.1 OFDM 概述	189
机制	126	8.4.2 帧结构	193
6.1 下行突发描述的管理	127	8.4.3 MAP 消息域和信息元素	194
6.2 上行周期性测距	129	8.4.4 控制机制	198
6.3 以 OFDMA 为基础的测距	131	8.5 无线 MAN-OFDMA	200
6.3.1 基于竞争的初始化测距和自动 调整	131	8.5.1 介绍	200
6.3.2 周期性测距和自动调整	134	8.5.2 帧结构	200
第 7 章 WiMAX/802.16 的基本初始		8.5.3 MAP 消息域和信息元素	201
化流程	138	8.5.4 子载波分配	207
7.1 扫描下行链路信道和同步物理信道	139	8.5.5 控制机制	207
7.2 获得链路参数	139	8.6 无线 HUMAN	209
7.2.1 获得下行链路参数	139	第 9 章 移动版 WiMAX 网络相关	
7.2.2 获得上行链路参数	140	技术	210
7.3 扫描和获取上行链路参数的消息流	141	9.1 基于 IEEE802.16d 的移动宽带接入方案 与切换机制	210
7.4 初始化测距和自动调整	142	9.2 基于 IEEE802.16e 的移动宽带接入 方案	212
7.5 测距参数	147	9.2.1 IEEE 802.16e 协议简介	213
7.6 基本能力协商	148	9.2.2 物理层	215
7.7 SS 认证和交换密钥	149	9.2.3 MAC 层	217
7.7.1 SS 授权与 AK 交换的概述	149	9.2.4 切换方式	218
7.7.2 TEK 交换的概述	150	9.2.5 休眠模式	219
7.7.3 安全能力的选择	151	9.3 基于 IEEE802.20 的移动宽带接入 技术	220
7.7.4 授权状态机	151	9.3.1 MBWA 简介	220
7.7.5 TEK 状态机	157	9.3.2 MBWA 网络的基本特性	220
7.8 注册	162	9.3.3 MBWA 的网络结构	221
7.9 建立 IP 连接性	163	9.3.4 MBWA 与 IEEE 802.16e, 3G 的 比较	223
7.10 初始化时间和传送操作参数	164		
7.11 建立预留连接	164		

第 10 章 WiMAX 网络的部署与实现	225
10.1 WiMAX 的部署与实现所面临的问题	225
10.1.1 WiMAX 芯片能否及时供应及相应的解决方案能否顺利快速推出	225
10.1.2 各国电信企业和运营商是否积极参与	226
10.1.3 基于 IEEE 802.16e 的移动宽带接入面临 3G 等其他通信技术的冲击	227
10.1.4 其他相关的问题	229
10.1.5 WiMAX 网络的功能要求	230
10.2 WiMAX 的部署与实现	230
10.2.1 WiMAX 网络架构的参考模型与基本原则	230
10.2.2 部署 WiMAX 网络时 RF 的选用条件	233
10.2.3 WiMAX 频率资源配置	235
10.3 WiMAX 组网方案研究	239
10.3.1 WiMAX 组网关键技术	249
10.3.2 WiMAX 组网方案	243
10.3.3 华为 WiMAX 解决方案	247
第 11 章 与 WiMAX 共存的其他技术	249

11.1 IEEE 802.11n 技术	249
11.1.1 IEEE 802.11n 的物理层关键技术	249
11.1.2 MAC 层优化技术	253
11.1.3 智能天线技术与 IEEE 802.11n	254
11.1.4 软件无线电与 IEEE 802.11n	255
11.2 HSDPA	256
11.2.1 HSDPA 简介	257
11.2.2 HSDPA 关键技术	257
11.2.3 HSDPA 系统商用进展及其演进策略	260
11.2.4 HSDPA 技术展望	262
11.3 WMN 关键技术及其应用研究	263
11.3.1 WMN 的研究现状	264
11.3.2 WMN 的构成	264
11.3.3 WMN 与其他通信网络的区别	267
11.3.4 WMN 的关键技术	267
11.3.5 WMN 的优势	268
11.3.6 技术方案与前景	269
缩略语	271
参考文献	275

第 1 章 概 述

1.1 无线接入技术

从传统电信网的角度看，电信网可分为公用电信网与用户驻地网两部分。由于用户驻地网属于用户所有，所以通常所说的电信网是指公用电信网。公用电信网又分为长途网、中继网和接入网三部分，其中长途网和中继网又合称为核心网。电信网的组成如图 1-1 所示。



图 1-1 电信网组成示意图

图 1-1 中，接入网介于用户终端与核心网之间。就电话业务而言，接入网即为本地交换机与用户之间的连接部分，通常包括用户线传输设备、复用设备、交叉连接设备或用户/网络终端设备。ITU-T 第 13 研究组 1995 年 7 月通过的 G.902 建议对接入网给出了明确的定义：接入网是由业务节点接口（SNI）和相关用户网络接口（UNI）之间的一系列传送实体（例如线路设施和传输设施）组成的、为传送电信业务而提供所需传送承载能力的实施系统，可经由 Q3 接口进行配置和管理。

接入网按其传输介质的不同，可分为无线接入与有线接入两种。目前应用广泛的非对称数字用户线（ADSL）以及正逐步兴起的无源光网络（PON）技术（如 EPON 和 GPON），都属于有线接入的范畴。有线接入具有几个突出的优点：首先是可以利用现有的通信设备，比如 ADSL 系统就以现有的普通电话线为传输介质；其次就是带宽可以很宽，有利于支持宽带业务，比如基于光纤的 EPON 和 GPON 接入技术可以提供的上下行带宽甚至可达吉赫的量级；另外，有线接入技术相对成熟，所以成本较低。尽管如此，有线接入与无线接入相比还存在一个明显的不足，就是有线接入不支持移动性，因而没有无线接入应用灵活。

无线接入是指从交换节点到用户驻地网或用户终端之间部分或全部采用无线手段接入的技术。无线接入技术给人们提供了方便的网络铺设，以及低成本和高灵活性，这也使用户能够通过无线通信实现真正的移动上网。现有的无线接入技术可分为长距离无线接入技术和短距离无线接入技术。长距离无线接入技术的代表是 GSM、GPRS、3G，而短距离无线接入技术则包括 WLAN、HiperLAN2、超宽带（UWB）等。

根据系统是否支持处于运动过程中的用户终端，无线接入可分为移动接入与固定接入两种。其中，固定无线接入技术主要有四类，包括 3.5GHz 无线接入、直播卫星系统（DBS）、本地多点分配业务（LMDS）和目前新出现的基于 IEEE 802.16d 的宽带无线接入系统。不同频段的固定无线接入技术的组网均采用一种类似蜂窝的服务区结构，将一个需要提供业务的地区划分为若干服务区，每个服务区内设基站，基站设备经点到多点无线链路与服务区内

的用户端通信。固定无线接入系统一般由中心站、终端站和网管系统三大部分构成，特殊情况下在中心站和终端站之间可以通过接力站进行中继。与终端站相接的用户（通过 UNI）可以是单个的用户终端（TE），也可以是一个用户驻地网（CPN）。根据不同的需求，远端站可以有不同的配置，例如提供不同的用户侧业务接口（2048kbit/s 接口、POTS 接口、10/100Base-T 接口等）；中心站可以根据上连的网络和业务需求配置不同的接口，例如 ATM 接口、2048kbit/s 接口、10/100Base-T 接口和 V5 接口等。

相对于宽带无线接入，移动无线接入最大的特点就是支持系统中用户终端的移动性。因此，在评估移动无线接入系统时，需要考察系统中用户终端以不同速度运动时的系统性能。通常来说，被考察的速度包括 3 种：人步行的速度、自行车速、汽车行驶的速度。移动无线接入技术主要为基于 IEEE 802.15 的无线个域网（WPAN）、基于 IEEE 802.11 的无线局域网（WLAN）、基于 IEEE 802.16e 的无线城域网（WMAN）和基于 IEEE 802.20 或第 3 代蜂窝移动通信技术（3G）的无线广域网（WWAN）共同组成的宽带无线接入网络链架构。

此外，根据系统中用户终端能达到的最大数据传输速率，无线接入又可以分为窄带无线接入和宽带无线接入两种。IEEE 对于宽带的定义是：具有大于 1Mbit/s 的瞬时频带，且支持大于 1.5Mbit/s 的数据速率。由于技术发展的限制，早期开发的无线接入系统通常都属于窄带无线接入，比如第 1 代和第 2 代蜂窝移动系统，它们所针对的业务也主要是窄带的语音业务。随着技术的发展以及多媒体业务不断地推陈出新，无线接入技术呈现高带宽和 IP 化的趋势。宽带无线接入的代表有第 3 代蜂窝移动通信系统、LMDS 和 WiMAX/802.16。

本章中首先对现有几种典型无线接入系统的技术特点以及发展现状进行简单介绍，随后将引出 WiMAX/802.16 系统，对其进行概述性介绍。

1.2 现有无线接入系统

1.2.1 3.5GHz 无线接入系统

3.5GHz 是国际电信联盟（ITU）推荐的用于固定无线接入（FWA）的频段，在世界范围内得到了较好的应用。3.5GHz 无线接入系统源于多信道多点分配业务（MMDS），采用了点到多点（PMP）的拓扑结构，如图 1-2 所示。系统包括中心站、终端站和网管系统三大部分。与终端站相接的用户（通过 UNI）可以是单个用户终端（TE），也可以是一个用户驻地网（CPN）。在中心站和终端站之间可以通过中继站进行中继。

（1）中心站 它主要汇聚中心站不同扇区设备上的业务与信令数据，实现

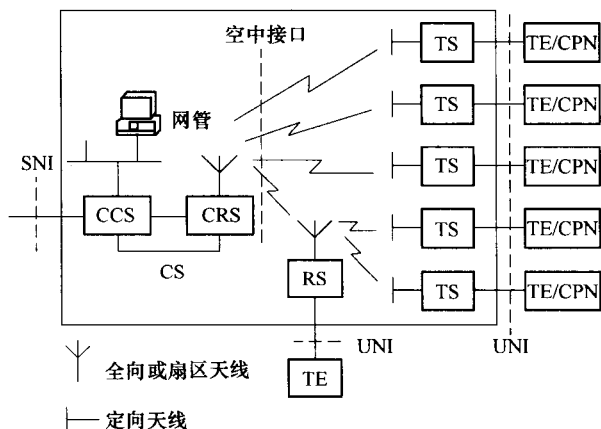


图 1-2 3.5GHz 固定无线接入系统结构

CS—中心站 TS—终端站 CCS—中心控制站

RS—中继站 CRS—中心射频站

TE/CPN—终端设备/用户驻地网

SNI—业务节点接口 UNI—用户网络接口

与核心网络相连。系统能提供多种综合业务,例如 PSTN、IP、FR (帧中继)、ATM 等。中心站通过划分的扇区以无线点对多点方式负责对终端站进行覆盖,并提供对核心网络的接口。中心站设备包括室内单元和室外单元两部分,室内单元由与核心网络相连的接口、调制与解调模块以及中频混合器组成;室外单元由射频收发模块和天线组成。中心站可分为 4~8 个扇区,使在一定角度范围内聚焦的扇区天线覆盖终端站。

(2) 终端站 它包括室外单元 (含定向天线、射频单元) 和室内单元 (调制与解调单元以及用户室内设备相连的业务接口单元)。系统可提供多种类型的用户接口,目前常见的业务都可直接接入。终端站可以为用户提供语音、数据等业务。

(3) 网管系统 它主要与中心站相连,分成带内、带外和串口连接 3 种方式。网管系统完成设备基本的配置、故障、性能、安全管理以及计费信息的采集。软件工作平台一般为 WindowsNT、UNIX 等。

(4) 中继站 它作为系统实现的可选项,用以转发中心站和用户站之间的信号,以延长中心站和用户站之间的距离。一个中继站可服务多个终端站。中继站设备可按两种类型配置:同频转接中继站和基带转接中继站。同频转接中继站应具有低功耗、无人值守的性能,用太阳能电池或风力发电设备供电;基带转接中继站具备基带再生功能,配置相应的附属单元后兼具终端站的功能。

我国信息产业部无线电管理局在 2000 年 4 月分配了 3.40~3.43GHz 和 3.50~3.53GHz 两个 30MHz 的频段用于固定无线接入,这种无线接入系统覆盖范围一般可达 10km,属于准视距传输。据统计,对于 3.5GHz 无线信号,在降雨量为 25mm/h 时,其衰减低于 0.1dB/km。从业务能力和速率上看,3.5GHz 固定无线接入系统可支持多业务的接入,主要用于向中小企事业单位、住宅小区提供数据、语音等业务,侧重于中低速的数据服务;另外,还可用于各种移动网或无线本地环路 (WLL) 基站的互连。3.5GHz 固定无线接入技术成熟度高、技术难度小,因而设备成本较低,同时覆盖的用户广泛,单用户分担的成本也较低,3.5GHz 固定无线接入适合于在业务发展初期进行大范围的一般覆盖。对于国内的各运营商来说,目前发展 3.5GHz 无线接入主要用于中小企业接入、无线到大楼、基站连接、中继服务、DDN、IP 电话等。

1.2.2 直接广播卫星系统

直接广播卫星 (DBS) 系统使用 Ku 波段的地球同步卫星 (12GHz 下行/14GHz 上行) 将视像、图文和声音等节目进行点对面的广播,直接供广大用户接收 (个体接收或集体接收)。按照国际电信联盟 (ITU) 规定,直播卫星属于卫星广播业务 (BSS),它与卫星节目传输不同:后者通过卫星进行点对点 (或多点) 传输,把节目传送给地面广播电台或有线电视台转播,属于固定卫星业务 (FSS)。20 世纪 80 年代中期,欧洲、日本先后建立了以模拟技术为基础的 Ku 频段直播卫星。20 世纪 90 年代初,数字压缩技术的开发和应用使直播卫星进入了数字化时代,给直播卫星注入了新的活力。将电视图像数字化,并将上百兆比特每秒的图像带宽压缩至几兆比特每秒,可使每个卫星转发器传送几路乃至 10 多路图像信息,从而实现了更有效的图像数据传输、存储和交换。在数字直播卫星系统中,通过同步轨道上的大功率 (120W 或 240W) 卫星,用户使用一副较小的固定卫星天线,就可以直接接收多个频道的电视节目。用户接收系统硬件包括天线、解码器和远端控制器。解码器的作用是将电

视信号解码后转送到电视机或录像机上,目前国际上没有标准的解码器,不同公司的解码器是互不兼容的。由于电视节目信号是经过数字压缩的,所以多达 200 个频道的电视节目集中从上行链路发送到卫星上,可以通过一颗卫星转播出去。数字直播卫星具有质量高、容量大、能提供多媒体业务等优势,故在全世界范围内蓬勃发展。目前一般说的 DBS 多指数字直播卫星,而且与另一个名词 DTH (直接到家) 在指数字卫星直播方面是通用的。

由于互联网流量的不对称性(服务器到用户的前向链路的数据流量比用户到服务器的反向链路的数据流量大得多),现在有一种倾向,即通过直接广播卫星提供互联网接入,每个家庭都安装一个只能接收的卫星天线,用来接收卫星广播信道上的高速数据,反向信道则由地面连接来提供,如图 1-3 所示。

DBS 系统具有全球覆盖性、固定的广播能力,对于飞速发展的点对多点和多点广播(特别是宽带多媒体应用)具有特别的吸引力。DBS 可以用作宽带接入网接入各种各样的网络,这对处于边

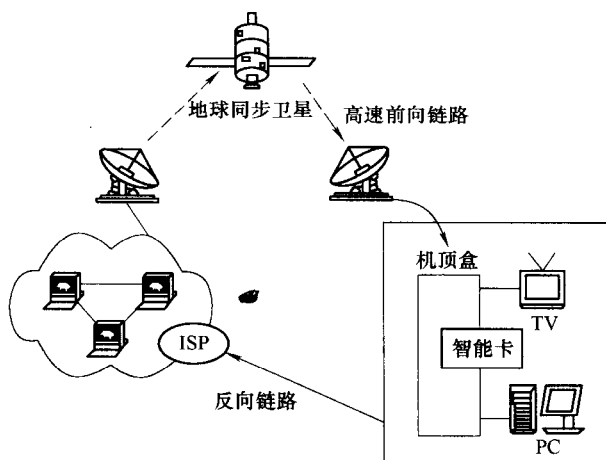


图 1-3 直播卫星系统接入方式

远地区缺少地面通信基础设施的用户是极为合适的,甚至是惟一的选择。即使是在有线网络密集的地区,卫星通信也可以作为日益拥挤的地面链路的一种备用选择。

1.2.3 本地多点分配业务

本地多点分配业务(Local Multipoint Distribution Service, LMDS)是一种工作在毫米波段的宽带接入技术,它的工作频率为 28~31GHz (Ku 波段)。LMDS 是以点对多点的固定无线通信方式,提供宽频及双向的语音、数据与视讯等传输,有别于传统点对点的微波传输。

LMDS 现在已经成为一种重要的宽带接入技术。与现有的 Cable Modem、ADSL、HFC 等有线接入技术相比,无线接入的成本低,灵活性大,组网更容易,加上最近毫米波技术的发展,使得 LMDS 成为一种足以与有线接入技术竞争的理想宽带接入技术。由于 LMDS 在 28~31GHz 可用带宽达到了 1.3GHz,完全可以满足宽带接入的需要,所以使得 LMDS 技术在近年不断升温。LMDS 已经成为一种能够给众多用户提供快速接入互联网并实现交互多媒体应用的理想接入技术。

1. 发展现状

被业界称为“无线光纤”的 LMDS,不仅以投资少、见效快、组网灵活等优势,在国内接入市场具有较强的竞争力,成为宽带城域网“最后一公里”用户接入的首选,同时还能带来新的业务增长点,实现新的运营收入。目前在全球范围内已有多家厂商推出了 LMDS 产品,其中以阿尔卡特公司的 7390LMDS 系统应用最为广泛。阿尔卡特公司的 7390LMDS 系统从 1999 年起在以欧洲为主的全球市场大量部署,广泛应用于宽带业务的综合接入和移动基站的互连。法国著名电信运营商 FIRSTMARK,早在 2000 年就利用 7390LMDS 提供宽带接入业务,分别在巴黎等主要城市部署商业网络,提供 FirstIP、FirstLAN 和 FirstLL 解决

方案。其中, FirstIP 为高速互联网接入, 提供保证速率为 64kbit/s ~ 2Mbit/s、突发速率为 1 ~ 4Mbit/s 的对称连接; FirstLAN 即 LAN 互连, 通过永久及对称的高速链路连接远端网络, 提供保证速率为 256kbit/s ~ 4Mbit/s 的对称链路; FirstLL 提供租用线业务, 在两个或多个站点之间提供永久及可靠的租用线连接以及对称连接等。

在韩国, 成立于 1997 年的韩国宽带接入及本地语音业务服务商 HanaroTelecom, 属于同时拥有语音和数据业务许可证的竞争性本地电信运营商, 其主营业务为捆绑语音的宽带互联网接入、多媒体内容、企业数据等, 其业务发展策略为针对高密度的商业区和住宅区, 综合采用多种宽带接入技术 (LMDS、ADSL、FTTC、FTTO), 提供捆绑互联网接入、多媒体内容和本地语音的多种业务。Hanaro 采用 7390LMDS 系统, 主要针对市区内人口分布密集区域的大型公寓楼和商业大楼, 向多租户单元、SME、SOHO 等提供高速的数据链路。

德国的第 3 大移动运营商 E-Plus 在获得利用 LMDS 提供移动网络基站互联应用的许可证后, 于 2000 年 5 月与阿尔卡特签订首个合同, 使阿尔卡特成为其 LMDS 系统的惟一供应商。目前, E-plus 不仅运用 LMDS 连接新的站点, 同时逐步用 LMDS 取代已有的 PTP 微波连接。已投入使用的 40 多个 LMDS 基站, 基本分布在大都市或高密度地区; 所有的基站都采用 4 扇区结构, 超过 160 个 GSM BTS 通过 LMDS 系统连接, 每一个 BTS 都通过 1 × E1 与 LMDS 终端相连。E-plus 计划进一步扩展 LMDS 系统覆盖范围, 向高密度地区和新移动网络 (GPRS 及 EDGE) 提供基站互连, 并将在未来使用更多的 LMDS 系统, 作为 UMTS 网络基站互连的主要手段。

法国电信集团公司 Orange 罗马尼亚分公司在 2001 年夏季进行了大量现场试验后, 选择了 7390LMDS 解决方案, 它可以为 GSM 移动网络提供基站互连, 以满足不断增长的业务需求, 提供固定接入业务产生更多利润。目前, 7390LMDS 网络覆盖了 Orange 下属的 33 个城市, 并于 2001 年底开始了正式运营。

丹麦第 2 大移动运营商 Sonofon, 2000 年 12 月份获得 LMDS 运营许可证后, 选择 7390LMDS 设备提供的成套接口, 以满足安全和将来发展要求的方式提供多种应用。Sonofon 的目标是通过 LMDS 实现固定和移动、语音和数据的融合, 逐步向以数据为核心的网络转变。2001 年 7 月, Sonofon 的 7390LMDS 投入使用后, 获得了良好的运营效果。

在国内, 从 2000 年起, 上海贝尔阿尔卡特先后在不同的地点为国内主要的运营商提供了 LMDS 实验系统, 进行了全面、长时间的测试, 各项测试结果在所有被测系统中名列前茅。2002 年初, 上海贝尔阿尔卡特完成了专门针对中国国内市场的 7390LMDS 产品优化设计, 并首批获得了信息产业部颁发的产品入网许可证与无线电发射设备型号核准证。

2. 技术特点

LMDS 主要由一个安装全向天线或扇形天线的中心和许多安装了定向天线的用户终端组成, 如图 1-4 所示。天线安装在建筑物的房顶上, 以避免被障碍物遮挡。用户终端的天线也安置在房顶上, 与中心的天线接收和发送 2.8GHz 的信号。用户天线与别的网络接口或机顶盒相连, 用以实现家用和商用设备的互连。典型应用如天线与屋内的以太网接口相连, 然后多台计算机可以通过天线访问互联网, 从而实现宽带无线接入。同时, 中心配备一个宽带中心室, 内有 CATV (有线电视) 数据转发器、宽带数据交换机, 以与电信局进行连接用以实现广域网互连。一个使用光纤或无线接口的主干网将所有的这些中心连接起来, 这样的网络通常包括重叠的直径为 2 ~ 6km 的蜂窝。

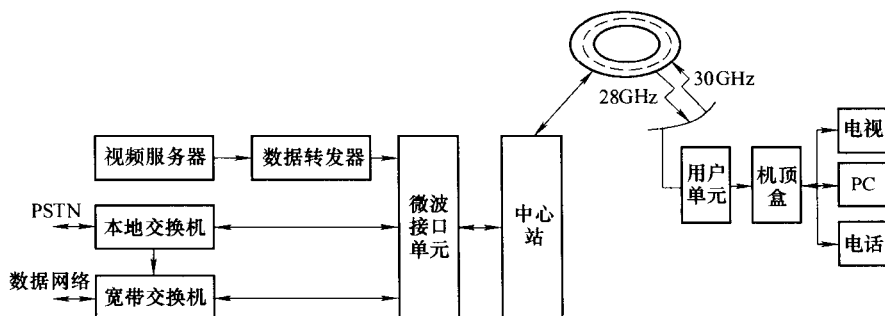


图 1-4 LMDS 系统的结构

3. 工作频段

目前世界上不少国家都规划了 LMDS 的应用频段。美国联邦通信委员会（FCC）将 LMDS 的频谱分为两段：27.5 ~ 28.35GHz、29.1 ~ 29.25GHz 和 31.075 ~ 31.225GHz 为 A 段，共 1.15GHz；31.225 ~ 31.3GHz 为 B 段，共 150MHz。其他国家，如加拿大、澳大利亚、新西兰、俄罗斯和新加坡等数十个国家也都相继分配了 LMDS 频谱。总体来看，这些国家的频谱分配一般集中在 24GHz、26GHz、28GHz、31GHz 和 38GHz 等几个频段，其中 27.5 ~ 29.5GHz 最为集中，差不多 80% 的国家都将本国的频谱分配在这一频段内。

4. 多址方式

LMDS 下行主要采用 TDM（时分复用）的方式将信号向相应扇区广播，每个用户终端在特定的频段内接收属于自己的信号。目前绝大多数设备厂家都采用 ATM 信元流的形式来进行下行业务的分配工作。这里要说明的多址方式，是指基站设备采用何种方法正确接收来自本扇区多个远端用户的信号。目前，各厂家主要采用 TDMA（时分多址接入）或 FDMA（频分多址接入）两种方式中的一种，也有个别厂家声称可以同时支持两种方式。如果采用 TDMA 方式，则若干远端站可以相同频段的不同“时间片”向基站发射信号。这种方式对支持突发性的数据业务，比如互联网接入应用比较有优势。如果采用 FDMA 方式，则相同扇区中不同远端在不同频段上向基站发射信号，彼此互不干扰。由于这种方式远端须长期占用频率资源，因而对于租用线业务比较有利。

5. 调制方式

目前各厂家普遍支持的调制方式为 QPSK，也有不少厂家支持 16QAM，甚至 64QAM。采用 16QAM 或者 64QAM 等高阶调制方式可以有效地扩大系统的容量。简单地说，采用 16QAM，相同频段可以支持的容量是 QPSK 的 2.3 倍；如果采用 64QAM，则为 3.5 倍。但是调制技术越复杂，在相同条件下覆盖范围越小。根据用户离基站距离的远近混合选择多种调制方式可以明显扩大容量，当然后者显然要增加额外的设备费用。

6. 拓扑结构

LMDS 系统的拓扑结构与局域网类似，可以有星形和环形两种主要结构形式。目前星形结构居于主流地位，绝大多数设备厂家都支持星形结构，也有些厂家推出了环形结构的解决方案。星形结构是指基站采用全向或扇区天线与采用定向天线的远端用户终端直接进行微波通信。环形结构是指相邻服务节点之间采用定向天线彼此进行微波通信，中央节点处于网络枢纽位置，负责微波环路上业务量的汇聚和转接，环形 LMDS 可以方便地实现链路自愈。

(Self—Healing) 功能。同时由于采用点点相连的方式, 如果环路组织合适, 有可能部分解决星形 LMDS 中覆盖盲区的问题。比较而言, 星形拓扑结构比较适合于用户分布比较确定、比较集中的环境; 环形拓扑更适合于用户比较稀少、地理环境比较复杂的环境。究竟采用何种方式组织网络, 需要电信运营商综合考虑业务需求以及各种解决方案的性价比来决定。

与传统的有线接入或者低频段无线接入方式相比, LMDS 具有以下优势:

- 1) 工作频带宽, 可提供宽带接入;
- 2) 运营商启动资金较小, 后期扩容能力强, 投资回收快;
- 3) 业务提供速度快;
- 4) 在用户发展方面极具灵活性;
- 5) 可提供质优价廉的多种业务;
- 6) 频率复用度高, 系统容量大。

此外, LMDS 有如下局限性:

- 1) LMDS 服务区覆盖范围较小, 不适合远程用户使用。LMDS 采用无线通信单元来覆盖半径通常为 2~5km 的地理区域。
- 2) 由于工作频率高, 通信质量受雨、雪等天气影响较大。
- 3) 基站设备相对比较复杂, 价格较贵, 所以在用户数比较少时, 平均每个用户成本较高。

LMDS 技术的主要优点在于可以提供高带宽、提供数据、语音、多媒体等综合服务, 但视距传输的工作方式限制其商用化的发展。作为一种新兴的宽带无线接入手段, LMDS 为新兴的网络服务商提供了经济、快速、宽带大容量双向数据传输手段, 为运营商“最后一公里”宽带接入和交互式多媒体应用提供了经济和简便的解决方案, 有着广阔的市场前景。

1.2.4 蜂窝移动通信技术

近年来, 移动通信成为 IT (信息技术) 发展最为迅猛的产业之一, 新技术和新需求在互相推进下层出不穷。正当以 GSM 为代表的第 2 代移动通信普及开来, 在全球占主导地位时, 以 WCDMA 和 CDMA2000 技术为代表的第 3 代移动通信已崭露头角, 并成为全球各大移动生产商和运营商竞相追逐的热点。然而, 2G 运营商们已拥有庞大的用户群, 对其巨大投资在世界范围内还在继续。因此, 他们不希望立即放弃目前这套系统, 并各自着手制定从 2G 逐步演进到 3G 的解决方案, 以期望兼容和尽量利用 2G 的系统资源。

在第 3 代移动通信标准的制定过程中, 起主导作用的是两大区域性标准化组织: 3GPP 和 3GPP2。其中, 3GPP 是由欧洲电信标准化协会 (ETSI) 发起的, 主要任务是制定以 GSM/MAP 为核心网、UTRA (FDD: WCDMA, TDD: TD-CDMA) 为无线接口的第 3 代移动通信标准 (统称 WCDMA); 3GPP2 是由美国国家标准协会 (ANSI) 发起的, 主要任务是制定以 IS-41 为核心网、CDMA2000 为无线接口的第 3 代移动通信标准 (统称 CDMA2000)。

我国提出的 TD-SCDMA 技术, 已被 3GPP 所采纳成为 R4 版本, 它与欧洲的 UTRA TDD 方式 (即 D-CDMA 技术) 比较相似。世界各大移动运营商在由 2G 向 3G 演进时, 将根据自身情况在上述标准中做出选择。从而, 3G 最终格局的形成将依赖于 3GPP 和 3GPP2 的竞争以及 OHG (运营商融合组织) 的选择。