

21世纪高等院校信息与通信工程规划教材  
21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering

# 无线传输与 接入技术

孙学康 刘勇 编著

Wireless Transmission  
and Wireless Access

 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

  
精品系列

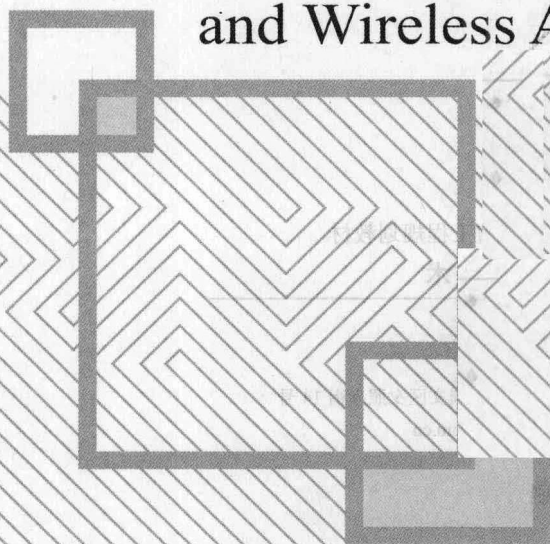


21世纪高等院校信息与通信工程规划教材  
21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engin

# 无线传输与 接入技术

孙学康 刘勇 编著

Wireless Transmission  
and Wireless Access



人民邮电出版社  
北京



## 图书在版编目(CIP)数据

无线传输与接入技术 / 孙学康, 刘勇编著. -- 北京:  
人民邮电出版社, 2010. 7  
21世纪高等院校信息与通信工程规划教材  
ISBN 978-7-115-22967-0

I. ①无… II. ①孙… ②刘… III. ①无线电通信—  
高等学校—教材 IV. ①TN92

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第097919号

## 内 容 提 要

本书包括无线传输和宽带无线接入两部分内容,共8章。内容涉及无线传输和宽带无线接入技术的基本概念、信号的调制与解调、电波传播理论、卫星通信中的多址技术、卫星通信与无线通信系统中的线路噪声分析及线路链路参数计算等。此外,本书根据国内外无线通信方面的最新技术发展现状,介绍了卫星通信系统、无线局域网、WIMAX 无线城域网、3G 无线接入网、LTE 系统以及下一代无线通信系统与网络等内容。

本书可作为高等院校通信工程、无线电技术及计算机通信网专业本科生的专业教材或研究生的教学参考书,也可供从事通信、计算机方面工作的工程技术人员参考。

21 世纪高等院校信息与通信工程规划教材

### 无线传输与接入技术

- 
- ◆ 编 著 孙学康 刘 勇  
责任编辑 贾 楠
  - ◆ 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>  
北京鑫正大印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 22 2010 年 7 月第 1 版  
字数: 540 千字 2010 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-22967-0

定价: 39.80 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223  
反盗版热线: (010)67171154

在过去的十几年中，无线传输与接入技术发展迅速，成为有线网络的有效补充，特别是随着多媒体应用的商用化，用户对无线网络服务质量的要求越来越高，这推动了无线通信网络发生本质性变革。对以语音为主的传统业务的需求将逐渐被以数据为主的应用所取代，进而以电路交换型端到端无线系统和网络的设计理念将由全 IP 分组交换无连接体系所取代；传统的无线系统与网络的分层体系将面临着跨层优化设计的巨大挑战，先前明确定义的七层开放系统互连（OSI）各层之间的界限正在逐渐消失；微电子技术的发展，使便携式移动用户终端更加轻便，同时又具有足够高的智能以适应工作环境的变化；无线链路的传输容量也大大增加，从 1995 年 GSM 系统的 9.6kbit/s 到 2005 年 WCDMA 系统的 2Mbit/s，其数据速率高速增长了 200 多倍。目前国际研究机构将无线系统的发展方向定位于“超三代”无线系统与网络，其峰值速率可以达到 500Mbit/s，未来的 4G 无线系统与网络将能够提供更高的业务峰值速率（1Gbit/s）。正是由于无线传输与接入技术具有高带宽、双向数据传输的特点，可提供多种交互式数据及多媒体业务，能够满足各种用户的不同要求，它必将给我们的生活带来深刻的影响。

本书具有以下特点。

## 1. 内容全面

本书内容包括无线传输的基本概念及其特点；无线传输系统的整体框架结构；无线接入方式的选择；信号的调制与解调；OFDM 技术基础；电波传播理论；多址接入技术基础；卫星移动通信系统；VSAT 卫星通信系统；移动通信系统；移动通信系统中的链路计算问题；卫星通信系统中的链路计算问题；无线城域网、无线广域网和无线局域网的概念与划分原则；WiMAX 网络；WLAN 网络；下一代无线通信技术与网络。

本书力求做到结构合理、逻辑性强，便于从应用的角度全面理解无线传输与接入技术。

## 2. 技术先进

本书对无线通信新技术，如 OFDM 技术、MIMO 技术、自适应调制编码技术和移动性管理等作了详细阐述，同时介绍了卫星移动通信网、WiMAX 网络、Wi-Fi 网络、第三代移动通信接入系统、LTE 系统等先进实用系统，以及多媒体业务在 3G 无线接入系统中的应用等内容。

## 3. 便于自学

该书内容丰富，论述力求准确，思路清晰，语言流畅，逻辑性强，且通俗易懂，便于自学。

本书可作为高等院校通信工程、无线电技术及计算机通信网专业本科生的专业教材或研究生的教学参考书，也可供从事通信、计算机方面工作的工程技术人员参考。

## 2 | 无线传输与接入技术

本书的第1章、第2章、第4章、第6章、第8章由孙学康编写，第3章、第5章、第7章由刘勇编写。

在本书的编写过程中，编者得到李文海、张政、张金菊、段柄毅等的热心指导，在此表示衷心感谢，同时还要感谢戴亮、陈昊等对本书所提供的帮助。

由于编者学识有限，书中的不足之处在所难免，请读者不吝指正。

编 者

2010年6月

# 目 录

第 1 章 概述	1	3.1.2 自由空间的电波传播	57
1.1 无线传输的基本概念	1	3.1.3 地面反射对电波传播的影响	58
1.2 无线传输的实现方式	3	3.1.4 障碍物对电波传播的影响	59
1.2.1 无线通信网的构成	3	3.1.5 大气折射对电波传播的影响	60
1.2.2 利用地球轨道卫星的无线接入技术	4	3.1.6 电波传播的衰落特性	61
1.2.3 各种陆地无线接入技术及其特点	5	3.1.7 抗衰落技术	64
1.3 无线通信的频率配置	11	3.2 移动通信系统中的电波传播	68
小结	13	3.2.1 移动通信中电波传播的特点	68
习题	14	3.2.2 电波传播所产生的几种效应	69
第 2 章 数字信号的编码与调制	15	3.2.3 移动通信中的无线链路参数计算	70
2.1 数字信号的编码技术	15	3.3 卫星通信系统中的电波传播	84
2.1.1 信源编码技术	15	3.3.1 卫星通信中电波传播的特点	84
2.1.2 信道编码技术	16	3.3.2 卫星接收机载噪比与 C/I 值	87
2.2 数字信号的调制技术	19	小结	94
2.2.1 无线通信中的调制技术的特点和应用种类	19	习题	96
2.2.2 时分复用与数字信号的调制与解调	21	第 4 章 卫星通信系统	97
2.2.3 扩频调制技术	42	4.1 卫星通信系统的组成	97
2.3 正交频分复用技术	43	4.1.1 卫星通信系统的基本概念	97
2.3.1 正交频分复用的基本概念及特点	43	4.1.2 卫星通信系统的组成	98
2.3.2 正交频分复用的基本理论	44	4.2 多址及随机多址访问方式	107
2.3.3 正交频分复用系统的基本结构	47	4.2.1 多址技术的基本概念及信道分配方式	107
2.3.4 正交频分复用系统参数设计	50	4.2.2 频分多址技术	110
小结	52	4.2.3 时分多址技术	117
习题	53	4.3 卫星移动通信系统	122
第 3 章 电波传播	55	4.3.1 卫星移动通信系统的基本概念及其分类	122
3.1 电波传播模式及衰落	55	4.3.2 卫星移动通信技术	128
3.1.1 电波传播模式及电波传播机制	55	4.3.3 卫星移动通信原理	130

4.3.4 卫星移动通信系统中的 交换方式.....	135	<b>第6章 无线城域网</b> .....	189
<b>4.4 VSAT 卫星通信系统</b> .....	137	6.1 WiMAX 的基本概念及特点.....	189
4.4.1 VSAT 的概念及通信业务 类型.....	137	6.2 WiMAX 网络及其系统协议 框架.....	191
4.4.2 VSAT 卫星通信系统的组成及 工作原理.....	138	6.2.1 WiMAX 网络.....	191
4.4.3 VSAT 网络应用.....	143	6.2.2 网络参考模型.....	192
小结.....	145	6.2.3 WiMAX 协议栈.....	195
习题.....	146	<b>6.3 WiMAX 关键技术</b> .....	197
<b>第5章 第三代移动通信接入网</b> .....	147	6.3.1 WiMAX 物理层关键技术.....	197
5.1 无线接入网概述.....	147	6.3.2 WiMAX MAC 层关键技术.....	214
5.1.1 无线接入网系统结构.....	147	<b>6.4 移动性管理</b> .....	221
5.1.2 无线接入网接口.....	148	6.4.1 支持移动性的网络模型.....	221
5.1.3 无线接入网分类.....	149	6.4.2 睡眠模式.....	223
5.2 2G 向 3G 网络的演进.....	149	6.4.3 空闲模式.....	225
5.2.1 移动通信概述.....	149	6.4.4 切换技术.....	228
5.2.2 移动通信系统组成.....	152	<b>6.5 WiMAX 的业务应用</b> .....	234
5.2.3 第三代移动通信系统.....	154	6.5.1 基于业务的调度策略.....	234
5.2.4 2G 向 3G 网络的演进.....	159	6.5.2 基于 WiMAX 的 IPTV 应用系统.....	235
5.3 UTRAN 的体系结构.....	165	6.5.3 基于 WiMAX 的多播和 广播业务.....	238
5.3.1 UTRAN 的功能.....	165	小结.....	239
5.3.2 UTRAN 的结构.....	165	习题.....	242
5.3.3 UTRAN 地面接口通用协议 模型.....	166	<b>第7章 无线局域网</b> .....	243
5.3.4 无线信道.....	168	7.1 WLAN 基本概念.....	243
5.4 3GPP IP 承载标准及各 接口协议.....	171	7.1.1 无线局域网的概念及特点.....	243
5.4.1 协议体系结构.....	172	7.1.2 无线局域网的网络结构 类型.....	244
5.4.2 相关接口标准.....	173	7.1.3 无线局域网的频段分配.....	245
5.4.3 HSDPA 技术.....	174	7.1.4 无线局域网体系结构.....	247
5.4.4 HSUPA 技术.....	178	<b>7.2 WLAN 标准</b> .....	248
5.5 多媒体业务在 3G 无线接入 网络中的实现.....	182	7.2.1 IEEE 802.11 系列标准.....	248
5.5.1 IMS 系统架构.....	182	7.2.2 HiperLAN 标准.....	253
5.5.2 IMS 信令协议.....	184	7.2.3 蓝牙标准.....	255
5.5.3 IP 多媒体会话流程.....	185	7.2.4 HomeRF 标准.....	257
小结.....	186	7.2.5 IrDA 标准.....	258
习题.....	187	<b>7.3 WLAN 物理层关键技术</b> .....	259
		7.3.1 WLAN 物理层关键技术.....	259
		7.3.2 物理层的数据传送机制.....	265

7.4 WLAN MAC 层关键技术.....	268	8.2.1 LTE 的主要技术特征.....	292
7.4.1 WLAN MAC 层体系结构.....	268	8.2.2 LTE 无线接入网体系结构及接口协议.....	293
7.4.2 MAC 帧结构.....	269	8.2.3 LTE 无线传输关键技术.....	296
7.4.3 MAC 层关键技术.....	271	8.2.4 LTE 无线空中接口协议.....	305
7.5 WLAN 技术应用.....	276	8.2.5 LTE 业务实现过程.....	314
7.5.1 常用无线局域网 硬件设备.....	276	8.3 下一代无线通信系统与网络.....	321
7.5.2 WLAN 应用实施方案.....	281	8.3.1 4G 的概念和要求.....	321
7.5.3 WLAN 与 3G 的融合.....	283	8.3.2 4G 中的 IP 网络架构.....	323
小结.....	289	8.3.3 移动通信的发展趋势.....	324
习题.....	290	小结.....	328
<b>第 8 章 下一代无线通信系统与网络</b> .....	<b>291</b>	习题.....	329
8.1 无线通信的发展与演进.....	291	<b>附录 英文缩写对照表</b> .....	<b>330</b>
8.2 LTE 技术.....	292	<b>参考文献</b> .....	<b>344</b>



随着微电子技术、计算机技术的快速发展,因特网由原来的简单传送数据文件发展到普遍提供实时视频、音频通信及动画与广告等其他娱乐服务,从而大大增加了数据的传输量。同时用户终端速率也在迅速增加,致使 IP 业务成爆炸式迅速增长。为了应对这种局面,因特网需进行多方面的技术演进,以满足用户对网络的宽带化、数据化、智能化、移动化的要求。

信息传输方式分为有线传输和无线传输两种方式。在有线传输技术不断发展的同时,无线传输技术以其灵活方便的功能特点,广泛应用于电信网的各个领域。本章主要介绍无线传输的基本概念、无线通信网的构成、无线接入网的基本概念、各种无线接入技术的特点和无线通信的频率配置方案等内容。

## 1.1 无线传输的基本概念

无论是移动通信系统,还是无线接入系统以及卫星通信系统,它们的工作频率都属于微波频率,所以它们既有共同的特点,又各自具有本身的特性,且构成独立的通信系统。

微波是指频率为 300 MHz~300 GHz 的电磁波。无线传输是指用微波频率作为载波携带信息,并通过空中无线电波来进行通信的方式。

图 1-1 所示为无线传输系统结构图,可见与有线通信系统相比,无线传输系统在发射设备和接收设备上均增加了天线系统,以实现电磁波的辐射和接收。由于原始的语音、数据、图像信号的工作频段比较低,例如语音信号的工作频段为 300~3 400Hz,视频信号的工作频段也不超过 6MHz。这样的信号非常不利于天线的辐射和电磁波的传播,因此在发射设备中首先要对低频信号进行调制,即将其加载到高频的载波上。频率变换器将信号变换成发射电波所要求的频率,再经过功率放大后,由天线辐射并通过大气空间进行电磁波的传播。由于电波在传播过程中会受到衰落的影响,使得到达接收端的信号功率很弱,因此在接收设备中要经过信号放大、频率变换,最后经解调处理,恢复出原信号,完成无线传输过程。

### 1. 无线信道的特性

对于无线传输而言,无线电波所经历的路径就是无线信道。信道的类型分为恒参信道和变参信道。恒参信道是指表征其传输特性的参数变化速度极慢,在相当长的时间内可以将它们看成是不变的。而变参信道是指传输特性随时间变化比较剧烈,信号在传输中的衰减值不

## 2 | 无线传输与接入技术

稳定，存在衰落、传输时延、多径传输效应等。无线信道是一种典型的变参信道。

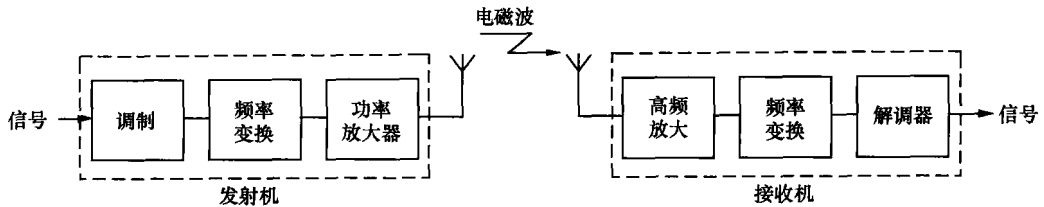


图 1-1 无线传输系统结构图

### 2. 无线传输的特点

(1) 开放式的信息传播。无线传输是借助于电磁波的空间传播来实现信息传输的。路径的空间约束性差，极易受到大气传播环境以及周围各种复杂地形的影响，例如风、雾、冰雪恶劣气象条件的制约，高大的建筑物、山脉、湖泊地理条件的制约。因此无线信道不像有线信道那样固定并具有可预见性，而是具有极大的随机性。

(2) 收发环境具有复杂性和多样性，包括地形、地貌、建筑物、气候以及电磁干扰等，给信道估计带来极大难度。

(3) 用户终端具有随机移动性。例如漫游用户、高速的车载台。这样当用户终端处于高速运动时，都会给系统引入信号衰落和频移，严重时影响通信质量。

可见正是上述这些原因，造成无线传输具有多样性和时变性的特性。特别是在移动通信环境下，传输信道的复杂性成为无线传输系统设计中的一个难点问题。通常是根据特定频带上的传输测量值，采用统计的方法来进行信道质量的评估。

### 3. 单工与双工通信

无线通信系统有单向传输和双向传输两种工作方式。绝大多数网络都采用双向传输方式。单向传输只用于无线寻呼系统。双向传输又可分为单工、半双工和双工 3 种工作方式。

在单工系统中，通信双方只能交替地进行收信和发信。根据收发工作频率是否相同，可分为同频单工和异频单工。同频单工是指通信双方使用相同的工作频率，这样发送和接收操作只能分时进行，即发送时不能接收，接收时不能发送。异频单工是指收发信机利用两个不同的工作频率进行发送和接收操作，但同一终端的发信机与收信机是轮换进行工作的。

在半双工系统中是使用同一个信道进行信息发送和接收的。这样在某一时刻，用户只能发送信息或接收信息。通常使用“按下通话”和“放开收听”按钮来控制通信的形式，这是半双工通信的典型特征。

双工通信是指通信双方可以同时进行发送和接收操作的工作方式，也称为全双工通信。它通过提供两条性能相同，并彼此独立的信道进行信息的发送和接收。根据这两条信道之间的复用关系，又分为频分双工和时分双工。

频分双工（FDD）可为通信双方之间同时提供无线发送和接收信道，以便双方能够在接收对方信号的同时可以不间断地发送信息。但两个方向的链路采用不同的工作频率。一般在基站使用独立的发送和接收天线来支持两个独立的信道，而在用户端则是使用一根天线并通过双工器同时实现信息的发送与接收。

时分双工（TDD）方式在时间上分享同一信道，将其一部分时间用于一个方向的信息传输（例如由基站向用户），而另一部分时间则用于另一方向的信息传输（如由用户向基站）。TDD 只能用在采用数字传输和数字调制技术的传输系统之中，而且适用于室内或小范围的无线环境，在这种环境下覆盖距离远小于传统蜂窝网的覆盖范围，因此相应的无线传输时延也小得多。

## 1.2 无线传输的实现方式

### 1.2.1 无线通信网的构成

在过去的十几年中，无线通信从蜂窝语音电话到无线接入 Internet 和无线家庭网络，无线网络给人们的学习、工作和生活带来了深刻的影响。随着通信技术和计算机技术的快速发展，现代无线通信技术已经不再局限于单一的通信模式，其中一个重要的标志就是网络化。无线通信与有线通信的结合构成了直接面向用户的无线通信网，如图 1-2 所示。可见无线通信网分为核心网和接入网两部分。

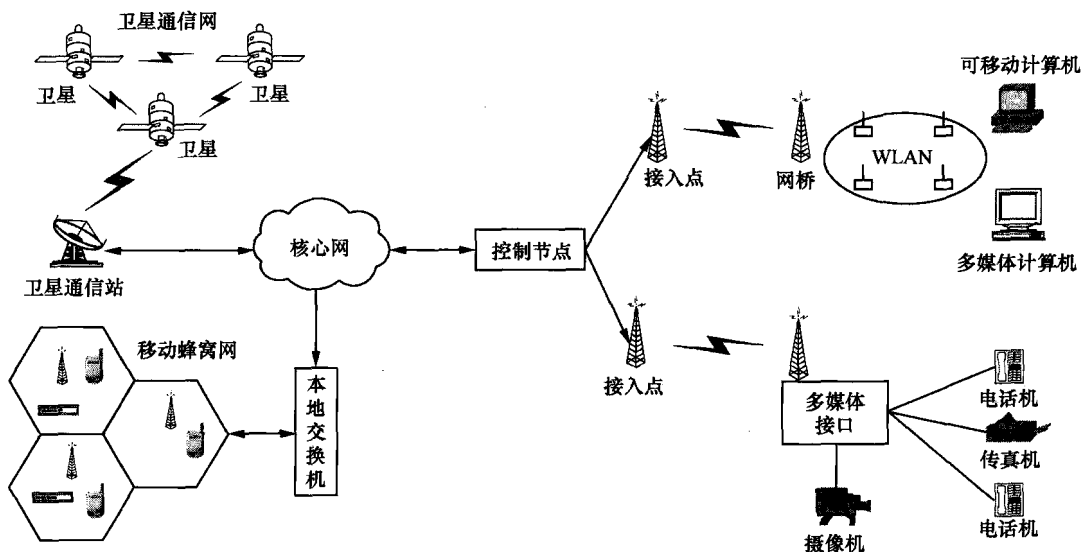


图 1-2 现代无线通信网的组织结构

核心网也称为骨干网，它是由高速选路设备和光传输网组成，主要负责为边缘网提供服务，可将边缘网络所形成的低速数据流汇聚到更高的高速主干线路中，进行信息的传输，从而达到所有用户共享资源的目标。接入网络是指本地局端与用户端设备之间的信息传输网络。由于其技术上和地理位置上的特殊性，经常被称为“最后一公里”的网络，因其技术复杂、实现最为困难，因而其影响面也最大。根据所采用的信号传输手段的不同，接入网络可分为有线接入网和无线接入网。按照空中接口所能承载的业务带宽，无线接入网又可分为宽带无线接入网和窄带无线接入网。按照传输介质分类，有线接入网可包括光纤接入网、铜缆接入网和混合光纤/同轴电缆网等。无线接入网可以包括集群通信网、蜂窝移动网、微波通信网和卫星通信网等多种形式。

### 1.2.2 利用地球轨道卫星的无线接入技术

地球轨道卫星的无线接入系统是指利用人造地球卫星作为中继转发无线电信号,使其能够在两个或多个地球站之间进行通信的系统。这里地球站是指设在地球表面,包括地面、海洋和大气中的通信站。实际上卫星通信最早主要是一种作为到达边远地区的补充通信手段。自从20世纪60年代早期开展卫星通信的商业运作以来,无论是Telstar和Relay低轨卫星系统,还是Syncom同步卫星系统,都能够提供更经济的长距离电话和电视传输。随着卫星容量的增加,其价格也随之下降,但通信的发展趋势是实现数字通信,因此通过卫星实现包括数字化语音和数字化电视在内的数据传输是其设计目标。这样卫星可基于请求方式实现用户和计算机、计算机与计算机、计算机与用户之间的连接,从而为地面移动通信系统覆盖不到的那些区域提供通信服务。

与地面无线通信系统相比,卫星通信具有如下优点。

(1) 通信距离远,且建站成本与通信距离无关。以静止卫星为例,卫星距离地面35 000km,其波束可覆盖地球表面的42%,这样即使最大地面通信距离为18 000km的两个地球站之间也无须经过地面中继地球站,便可直接利用卫星进行通信。可见只要在视区内的地球站与卫星之间的信号传输符合技术要求,通信质量便可以得到保障,建站成本不会因通信距离的远近而变化。

(2) 通信容量大,适于多业务传输,且通信线路稳定可靠。由于卫星通信采用微波频段,可供使用的频带较宽。通常一个中频转发器带宽为36MHz,而微波射频转发器的带宽为500MHz,卫星的总带宽可达3 000MHz以上,一颗卫星的通信容量已可达到30 000路电话,并可传输高分辨率照片和其他信息。随着卫星通信容量的增加,传输业务的类型也越来越多样化。由于卫星通信的电波主要是在大气层以外的宇宙空间传输,这种宇宙空间可看做是均匀介质,因此电波传播比较稳定,受地面和环境的影响小,通信质量稳定可靠。

(3) 覆盖面积大,可实现多址通信。在通信卫星所覆盖的视区内,所有地球站都可以利用卫星进行双方或多方通信,即多址通信。与其他只能进行点到点通信的通信方式相比,例如长途微波中继通信、光纤通信等干线或点到点通信,卫星通信显然为通信网络建设提供了一种高效、灵活的通信方式。

(4) 可进行自发自收监测。处于同一颗卫星覆盖区中的任意两个地球站,可以通过卫星向对方站发送测试信息,并接收来自对方站的反馈信息来监测本站所发信息的传输状况,以此判断通信质量。

卫星通信也同样具有某些不足。

(1) 卫星的发射与控制技术比较复杂。静止卫星从发射到进入精确的轨道,并保持很小的漂移,其技术难度相当大,而且成本较高。另外由于通信距离较远,传输损耗较大,因此需要采用高增益天线、大功率的发射机,低噪声的接收机,从而导致设备成本提高,同时其便携性下降。

(2) 地球两极地区为通信盲区,而且地球高纬度地区的通信效果也不好。同步静止卫星无法覆盖地球的南北两极,因而两极地区为通信盲区。另外由于卫星通信要求卫星与地球站之间可视,必须具有一定的通信仰角,因此对于高纬度地区或去往卫星的方向有高大建筑物阻挡时,其通信质量不好。

(3) 存在星蚀和日凌中断现象。当卫星、地球和太阳处于同一条直线上, 并且卫星进入地球的阴影区时, 会出现星蚀现象, 如图 1-3 所示。在星蚀发生时, 只能靠电池维持卫星工作。对于同步卫星而言, 星蚀发生在每年春分和秋分前后 23 天的午夜, 且每天发生星蚀的时间不等, 最长时间为 72min。

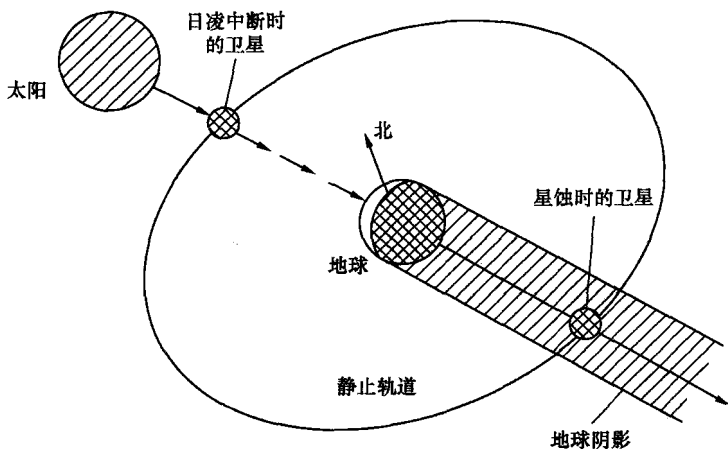


图 1-3 同步卫星的日凌中断和星蚀现象

当卫星处于太阳与地球之间的连线上, 因地球站的天线在对准卫星的同时也对准了太阳, 使得强大的太阳辐射噪声进入地球站, 从而造成通信中断, 这就是日凌中断。在每年春分和秋分前后各发生一次日凌中断, 每次持续约 6 天, 每天中午持续时间最长约 10min, 具体情况与地球站的天线口径、工作频率有关。

(4) 有较大的信号传输时延和回波干扰。以同步卫星通信系统为例, 信号由发端地球站经卫星转发到收端地球站, 单程传输时间约为 0.27s, 可见进行双向通信时需要 0.54s 的传输时间, 这无法满足双向交互式应用 (如通话、电视会议等) 的实时性要求。另外, 由于收发双方的语音回路使用的混合线圈不平衡等因素的影响, 使发话者在延时 0.54s 后, 又听到了反馈回来的自己讲话的声音, 这就是回波干扰, 需采用回波抵消器等措施来加以克服。

尽管卫星通信具有某些缺点, 但与其优点相比是次要的, 而且随着卫星通信技术的发展, 有些问题已经得到了解决。特别是近年来用多颗低轨道卫星组成的通信网, 可实现全球通信, 为个人移动通信建立了很好的技术基础。

### 1.2.3 各种陆地无线接入技术及其特点

#### 1. 宽带无线接入技术及其特点

无线接入技术是指从公共电话网的交换节点到用户终端全部或部分采用无线手段的接入技术, 即用无线传输来代替接入网的全部或部分, 向用户终端提供电话业务和数据业务, 它实际上是核心网络的无线延伸。

与传统的有线接入方式相比, 宽带无线接入具有如下特点。

(1) 覆盖范围灵活, 提供服务快, 而且初期投入小。单基站的覆盖范围通常可以从几十米到几千米不等, 因而适用于局域网或城域网。无线系统安装调测容易, 可迅速为用户提供



服务。而且在系统建设初期不需要进行大规模的基础建设，仅在增加用户时才需增加资金投入，因此很大程度上降低了运营商的风险。

(2) 工作频带宽，可提供宽带接入。宽带无线接入系统可以工作在各种不同的工作频率下，因此可供选择的频率空间很大，能够适应不同规划频率的地区。需要说明的是，目前低频段已经被移动通信、无线电广播等占用，因此可供使用的频率下限是 2GHz。

(3) 频谱利用率高，通信容量大。目前宽带无线接入技术中普遍使用 OFDM/OFDMA（正交频分复用/正交频分多址）等调制技术，使得从交换节点到用户终端的空中接口链路的无线频谱利用率，明显高于 GSM、CDMA 等无线接入系统。加之链路自适应技术的使用，系统能够根据链路状态动态、灵活地调整上下链路中的调制类型及带宽，可最大限度地提高系统的频带利用率。

(4) MAC 层提供调度机制。空中接口的 MAC 层能根据不同业务的带宽请求进行调度，使宽带无线接入系统可实现端到端的 QoS 保证，也有效地保障了宽带接入系统对多业务的支持能力。

(5) 具有安全性保障措施。通过数据包加密和密钥管理等手段来实现空中接口数据的加密传输。通过网络管理上的防火墙、地址/协议过滤和 MAC 地址锁定等一系列措施，可以最大限度地保证系统不同级别的安全性要求。

## 2. 宽带无线接入技术的分类

从覆盖范围进行划分，宽带无线接入技术可分为个域网无线宽带接入、局域网无线宽带接入、城域网无线宽带接入和广域网无线宽带接入技术。

无线广域网是指全国范围或全球范围内所构成的无线网络，其信息速率不高。GSM 系统和卫星通信系统就是两种最典型的无线广域网。

无线城域网（WMAN）是指在地域上覆盖城市及其郊区范围的分布节点之间传输信息的本地分配无线网络。能实现语音、数据、图像、多媒体、IP 等多业务的接入服务。其覆盖范围的典型值为 3~5km，点到点链路的覆盖可以高达几十千米，可以提供支持 QoS 的能力和具有一定范围移动性的共享接入能力。MMDS、LMDS 和 WiMAX 等技术属于城域网范畴。

无线局域网（WLAX）是指在局部区域内以无线形式进行通信的无线网络。所谓局部区域就是距离受限的区域，可在此范围内为用户提供共享的无线接入带宽。覆盖范围从几米到几百米，通常为了一座大楼或一个楼群。

无线个域网（WPAN）是指能够在便携式终端和通信设备之间进行短距离连接的无线网络。在网络结构上，它位于整个网络的末端，用于实现同一地点终端与终端之间的双向通信。其覆盖范围可从几厘米到几米。其典型技术有蓝牙技术、UWB（超宽带）技术等。

从是否支持终端的移动性方面，宽带无线接入技术可分为移动宽带无线接入技术和固定宽带无线接入技术。

### (1) 移动宽带无线接入技术

移动宽带接入是指用户终端在较大范围内移动的通信技术。根据 ITU-R 的相关建议，无线接入的移动性可定义为静止、步行、典型车速和高速车速 4 种类型。移动宽带无线接入技术，就是能够为在典型车速和高速车速状态下的终端提供无线宽带接入的系统。与此

相反,固定和游牧无线接入要求用户终端在使用时保持相对静止,也称为便携式系统。为了实现高速的、大容量的无线接入,移动宽带接入技术需要从以下几方面提出有效的解决方案。

① 高速数据传输方面:主要可以采用多输入多输出天线、分集和波束形成、多用户检测和干扰抵消等技术,以此提高频谱资源利用率,同时满足大容量高速数据传输的要求。

② 高频传输可靠性方面:可以采用 Turbo 编码或 LDPC 编码、自适应编码以及重传机制来保证所发送信息的正确性。

③ 非对称的多址接入和双工方面:通过对网络中业务流量的分析发现,通常上行的业务流量要低于下行的业务流量,呈现出上下行链路流量不对称的现象,实际中的工作模式可选择频分双工方式,也可以采用时分双工方式。

④ 业务量和 QoS 的 MAC 层设计方面:根据业务 QoS 要求进行业务量设计。

⑤ 网络协议方面:需考虑水平/垂直切换和快速 IP 切换、服务质量和安全性等,以满足用户终端移动性的要求。

需要说明的是,由于无线通信环境复杂多变,因此在移动性与带宽、调制方式与多址接入方式、业务量与复杂性、公平性与服务质量等多方面,必须根据网络设计时的工程要求进行折中。

移动宽带无线接入技术主要是指第三代移动通信技术,如 WCDMA、cdma2000 和 TD-SCDMA 等。这些技术的典型特征就是在支持终端的移动性的同时,可实现业务的高速无线接入。通常在不同移动速率下,所支持的接入带宽不同。而在采用 IEEE 802.16 和 IEEE 802.20 标准的网络中,其典型的覆盖范围能够达到几千米,并可分别提供 120km/h (802.16e) 和 250km/h (802.20) 的典型移动速率条件下的超高带宽接入,从而满足用户对未来高速数据传输的需求。

## (2) 固定宽带无线接入技术

固定无线接入技术是指能把有线方式传来的信息(如语音、数据、图像)用无线方式传送到固定用户终端,或是实现相反传输的一种通信技术。固定无线接入系统的工作频率为 3~40GHz,该频段属于视距或准视距传播频段,由于波长短,因此极易受到建筑物、地形地貌、雨、雾、雪等恶劣气候条件的业务影响。目前商用的固定无线接入系统主要有工作在高频段的 LMDS(本地多点分配系统、低频段的 MMDS 多路多点分配业务)系统以及公用频段 5.8GHz 无线接入系统。尽管不同系统工作于不同的频段,但组网时均采用一种类似蜂窝的服务区结构。这样一个网络可以由若干个服务区构成,每个服务区内设置一个基站,基站(也称为中心站)设备可通过点到多点无线链路与区内的远端站进行通信。

通常中心站由多个扇区组成,可见中心站负责汇集不同扇区设备上的业务与信令数据,实现与核心网络的相连。根据上联的业务需求不同,需配置不同的接口,例如 ATM 接口、E1 接口、10/100Based-T 接口和 V5 接口等。另外根据基站发射功率的不同,覆盖范围可以从几百米到几千米、十几千米不等。

需要说明的是,除了移动性之外,固定无线接入与移动无线接入在使用载波、所支持的技术、频谱分配、数据传输速率、应用业务、服务类别等方面存在差别。移动无线接入应用的典型频谱是为移动性分配的 3.5GHz 以下专用许可频段,而固定无线接入系统采用的是非许可频段或分配给固定无线服务的许可频段。

### 3. 目前主要的无线接入技术

通信网络的发展经历了由窄带到宽带、由人工到智能、由单业务到综合业务的过程，并向着宽带化、个人化、分组化和综合化方向发展。目前发展和需求增长最快的是 Internet 和移动通信。因此近年来相继出现了 UWB、蓝牙、WLAN、WiMAX、3G、Wi-Fi、MMDS/LDMS 等无线新技术。借助这些技术，无论何时何地，人们都可以轻松地接入互联网。

#### (1) MMDS/LMDS

LMDS 是一种点到多点的宽带固定无线接入技术，可提供非常高的带宽以实现双向数据传输，在此基础上推广多种宽带交互式数据及多媒体业务，满足用户对高速数据和图像通信的要求。通常系统工作频率为 10~43GHz，在 26GHz 频段附近可用的频谱带宽最大可达 1GHz 以上。LMDS 网络组织采用类似于蜂窝的服务区结构，即将一个需要提供业务服务的地区划分为若干服务区，并可相互重叠。一个服务区又可进一步分为不同的扇区，根据需要为不同的扇区提供不同的服务。每个服务区内设置基站，经点到多点无线链路与服务区中的固定用户进行通信。每个基站的覆盖区域约 5km。LMDS 下行链路采用 TDMA 工作方式将信号向覆盖区发射，各用户终端在特定的频段内接收属于自己的信息。上行链路采用 TDMA 或 FDMA 方式。基站室外单元包括射频收发器和射频天线两部分。射频收发器负责将来自室内单元的中频信号进行上变频处理调制到射频频率，进行射频信号发射，同时将接收到的射频信号下变频传送至室内单元，从而实现中心基站与终端之间的双向数据通信。因为 LMDS 采用 26GHz 频段，因此其中心基站与终端之间的通信属于视距传输的范畴。

MMDS 是近些年发展起来的通过无线微波传送有线电视信号的一种新型无线接入技术。这种技术组成的系统重量轻、体积小，方便安装调测，非常适合于中小城市或郊区有线电视覆盖不到的地方。该系统使用的工作频率一般为 2.5~3.5GHz，这样人们在反射天线周围 50km 范围内可将 100 套数字电视节目信号直接传送至用户，可见仅用一个发射塔就可以覆盖一个中型城市。MMDS 最显著的一个特点就是各个下频器的本振点可以不同，可由用户进行选择，因此经下变频后的信号可分别落在电视标准频道的 VHF-I、III 频段，增补的 A、B 频段，UHF 的 13~45CH（频段），这样便于避开当地的开路无线电视或 CATV 所占用的频段。

#### (2) GPRS/EDGE

GPRS（通用分组无线业务）是一种基于 GSM 的无线分组交换技术，因此只需在现有 GSM 网络基础上进行升级，便可提供端到端的、广域的无线 IP 连接。其网络容量只有在需要时才进行分配，不需要时则被拆除，这种发送方式称为统计复用。与 GSM 系统相比，GPRS 移动通信系统的技术优势在于其数据速率可达 115kbit/s，而 GSM 仅为 9.6kbit/s。除了速率上的优势外，由于用户能够随时与网络保持联系，因此使用 GPRS 之后，可同时实现数据分组的发送与接收，这意味着用户总是在线且按流量计费，从而大大降低了服务成本。

EDGE（增强型数据速率 GSM 演进技术）仍然以 GSM 为基础，其传输速率达到 384kbit/s，不但能够充分发挥 GPRS 的功能，还可以通过现有无线网络为用户提供宽频多媒体服务。

#### (3) CDMA

CDMA（码分多址）是一种码分多址分组数据传输技术，它也是一种先进的无线扩频技术。扩频技术是指在所要传递的信息中加入一个特定的信号（扩频码），使其在一个比原来信号带更大的频带上进行传输，当基站接收到该信号时，再利用特定信号从接收信号中恢复出

原始信号。与使用 TDMA 技术的 GSM 技术不同, CDMA 并不是给每个用户分配一个确定的频率, 而是用不同的扩频码来区分不同的用户, 扩频后的信号占据所能提供的全部频谱。这种技术具有高效的频率利用率、更大的通信容量、更好的语音质量, 简化了网络规划, 增强了保密性, 提高了覆盖性能, 减小了电磁辐射, 从而降低投资和运行成本。

#### (4) 3G——WCDMA、cdma2000 和 TD-SCDMA

3G (The 3rd Generation) 是指第三代移动通信技术, 相对于第一代模拟移动通信和第二代 GSM 技术, 第三代移动通信技术是指将无线通信与互联网等多媒体通信结合的新一代移动通信技术。它能提供语音、视频、数据等多媒体信息形式和支持网页浏览、电话会议、电子商务等多种信息服务, 并能在室内、室外和行车等不同环境下提供至少 2Mbit/s、384kbit/s 以及 144kbit/s 的传输速率。目前 3G 标准有 WCDMA、cdma2000 和 TD-SCDMA。

WCDMA (Wideband CDMA) 能够为用户提供 2Mbit/s 的数据速率, 足以满足现有计算机网络应用中任何形式的媒体传输要求。WCDMA 技术有效地利用频率选择性分集以及空间的发射和接收分集技术, 以解决多径传输所产生的衰落问题; 采用 Turbo 信道编码, 以提供更高的数据传输速率; 采用 FDD 制式, 以提高广域的全覆盖能力; 采用连续导频技术, 以支持高速终端的移动性, 可以应用于高达 500km/h 的移动应用环境下。

cdma2000 系统是由美国高通公司提出的, 可以在原有 CDMA 系统的基础上直接升级到 3G, 建设成本非常低, 可提供最高 2Mbit/s 的数据速率。与 WCDMA 一样, 可支持移动多媒体业务。

TD-SCDMA (时分同步码分多址) 是我国具有自主知识产权的一个通信标准, 采用了智能天线、联合检测、接力切换、同步 CDMA、软件无线电、自适应功率调整等技术, 使系统的通信容量更大, 频谱利用率更高, 抗干扰能力更强, 对业务的支持更灵活, 应用成本更低。

与第二代移动通信系统相比, 第三代移动通信系统具有更大的系统通信容量, 更优的通话质量, 更高的频谱效率, 更快的数据速率, 更强的抗干扰能力, 更好的抗多径衰落的能力, 并且能在第二代移动通信系统的基础上实现平滑升级, 这样可以最大限度地减少运营商的投资成本。

#### (5) HSDPA/HSUPA

HSDPA (高速下行链路分组接入) 是 3GPP R5 版本的重要特性, 它是 WCDMA 下行高速数据解决方案, 其主要特点是: 采用 2ms 的短帧; 在物理层采用 HARQ (混合自动重传请求) 和 AMC (自适应调制编码) 等链路自适应技术; 采用多进制调制技术, 以提供系统的下行数据传输容量, 同时改善业务延时特性; 利用码分和时分实现各用户终端之间的灵活调度, 以满足不同用户业务的 QoS 要求。

考虑到上行链路自身的特点, 例如上行软切换和功率控制等, 在 HSUPA (高速上行链路分组接入) 中, 主要采用物理层快速调度等技术, 从而使上行链路的数据传输效率以及小区覆盖容量得以进一步提高。HSUPA 后向兼容 R99/R4/R5 版本, 并且 HSUPA 可以不依赖 HSDPA, 即没有升级到 HSDPA 的网络仍然可以直接引入 HSUPA 技术。可见随着 HSDPA 技术的商用化, 大部分的高速 PS 业务将承载于 HSDPA 上。相信随着技术的发展和协议版本的升级, 未来 PS 域上也将能够承载实时语音业务。

#### (6) LTE

3GPP 长期演进 (LTE) 是一项由 3GPP 最新启动的新技术研发项目。该技术以 OFDM/OFDMA 技术为核心技术, 通过研发一系列新技术, 使 3GPP LTE 具有以下主要性