

YIDONG TONGXIN GUANJIAN JISHU YANJIU

移动通信 关键技术研究

王洪雁 裴炳南/著

 吉林大学出版社

移动通信

关键技术研究

王洪雁 裴炳南/著



吉林出版集团 吉林人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

移动通信关键技术研究/王洪雁,裴炳南著. —长春:吉林大学出版社,2017.5
ISBN 978-7-5677-8927-2

I. ①移… II. ①王… ②裴… III. ①移动通信—通信技术 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 110894 号

书 名 移动通信关键技术研究
YIDONG TONGXIN GUANJIAN JISHU YANJIU

作 者 王洪雁 裴炳南 著
策划编辑 孟亚黎
责任编辑 孟亚黎
责任校对 樊俊恒
装帧设计 马静静
出版发行 吉林大学出版社
社 址 长春市朝阳区明德路 501 号
邮政编码 130021
发行电话 0431—89580028/29/21
网 址 <http://www.jlup.com.cn>
电子邮箱 jlup@mail.jlu.edu.cn
印 刷 三河市天润建兴印务有限公司
开 本 787×1092 1/16
印 张 19.75
字 数 256 千字
版 次 2017 年 11 月 第 1 版
印 次 2017 年 11 月 第 1 次
书 号 ISBN 978-7-5677-8927-2
定 价 69.00 元

版权所有 翻印必究

前 言

移动通信网络在过去几十年中,取得了飞速的发展,从最初的模拟制式到数字制式,从 2G 的 GSM 网络到 3G 的 WCDMA、CD-MA2000、TD-SCDMA,再到现在的 4G LTE 网络,改变了人们的生活方式,并促进了社会进步。4G 网络的普及应用,进一步刺激了用户对移动数据的消费,同时也刺激了人们对未来数字化生活的渴望与追求。

有人说,4G 是移动通信的终极时代,不会再有新的移动通信系统出现,因为没有新的技术能够支撑新一代移动通信系统的产生。在现实生活中,人们却发现,越来越多的新业务、新应用场景对移动通信网络的能力提出了新的要求。随着消费电子类产品的技术突破,AR 和 VR、更高清的 4K/8K 屏显示、裸眼 3D 等都已真真切切地进入人们的生活,这些都对移动通信系统的速率和容量提出了更高的要求;同时,工业互联网和自动驾驶等也对通信的时延提出了更高的要求。

此外,随着人与人之间通信市场的饱和,移动通信产业开始把注意力转向如何为其他行业提供更加有效的通信工具和能力,开始构想“万物互联”的美好愿景。面向物与物的无线通信,与传统的人与人的通信方式有着较大的区别,在设备成本、体积、功耗、连接数量、覆盖能力上面,都提出了更高的要求,特别是面向远程医疗、工业控制和智能电网等应用,更是对传输的时延和可靠性提出了更苛刻的要求。4G 在全球范围内的大规模部署也给未来网络的发展带来了新的启示,业务需要尽可能地靠近用户、新业务的部署需要实现快速和低成本、针对不同应用场景的网络部署需要灵活和可配

等。所有这些,在已有的 4G 及其演进系统上都难以完全满足,新的需求呼唤和驱动着新一代移动通信系统的诞生。

5G 相对于 4G 既是演进的又是革命性的,它是 LTE 持续演进的结果,旨在满足人们对日益增长的信息需求的同时,不断提升通信网络能量效率,减少通信产业的能耗,以降低信息通信产业总体碳排放量。

全书共 8 章,主要内容包括:引言,信源编码与信道编码技术,调制解调技术,多址接入与抗衰落技术,第二代、第三代移动通信技术,第四代移动通信技术,第五代移动通信技术,新一代移动通信的关键技术。

由于时间仓促,作者水平有限,本书难免存在错误、疏漏之处,恳请广大读者批评指正,不吝赐教。

作 者
2017 年 3 月

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 移动通信的组成与特点	1
1.2 移动通信的工作方式	4
1.3 无线传输的实现方式	6
1.4 移动通信的频率分配	11
第 2 章 信源编码与信道编码技术	12
2.1 信源编码技术	12
2.2 信道编码技术	31
2.3 网络编码	41
第 3 章 调制解调技术	44
3.1 概述	44
3.2 最小移频键控	57
3.3 高斯最小移频键控	61
3.4 QPSK 调制	66
3.5 高阶调制	77
3.6 正交频分复用	82
3.7 网格编码调制	84
第 4 章 多址接入与抗衰落技术	90
4.1 多址接入技术	90

►移动通信关键技术研究

4.2	分集技术	98
4.3	均衡技术	109
4.4	扩频通信	114
4.5	多天线技术	118
第5章	第二代、第三代移动通信技术	123
5.1	GSM 系统及关键技术研究	123
5.2	WCDMA 系统及关键技术研究	128
5.3	CDMA 2000 系统及关键技术研究	133
5.4	TD-SCDMA 系统及关键技术研究	139
5.5	WiMAX 系统及关键技术研究	149
第6章	第四代移动通信技术	160
6.1	概述	160
6.2	LTE 系统	162
6.3	LET 中的关键技术	177
6.4	LTE-Advanced 系统	193
第7章	第五代移动通信技术	207
7.1	5G 需求与愿景	207
7.2	5G 网络架构	210
7.3	5G 无线传输技术	220
第8章	新一代移动通信的关键技术	260
8.1	绿色通信技术	260
8.2	云计算技术	269
8.3	大数据技术	299
参考文献		306

第 1 章 引 言

移动通信是通过电磁波在自由空间传播以实现信息传输为目的的通信。移动通信的通信双方至少有一方以无线方式进行信息的交换和传输。移动通信可用来传输电报、电话、传真、图像数据和广播电视等通信业务。与有线通信相比,移动通信无须架设传输线路、不受通信距离限制、机动性能好、建立迅速。

移动通信技术已经成为当今社会不可缺少的信息交流技术手段,是当今发展最快的工程技术之一。

1.1 移动通信的组成与特点

1.1.1 移动通信的组成

不同的移动通信系统,虽然它们具体的设备组成和复杂度差异较大,但基本组成都是一样的,图 1-1 给出了移动通信系统的基本组成框图,它包括信源、发送设备、无线信道、噪声与干扰、接收设备、信宿这六大基本组成部分。

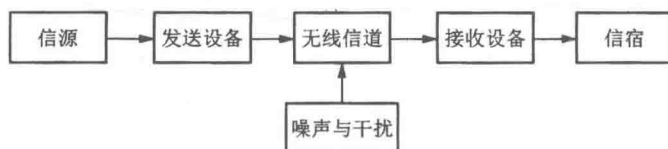


图 1-1 移动通信系统的基本组成

信源是发出信息的基本设备,它的主要作用是将待发送的原始信息变换为电信号,这种电信号也称为基带信号。例如,话筒将声音变为电信号,还有摄像机、电传机和计算机等设备都可以看作信源。

发送设备是将信源产生的电信号转换成适合在无线信道中传输的电磁波信号,并将此电磁波信号送入无线传播信道,从而将信源和无线信道匹配起来。发送设备一般包括两方面的功能,即调制和放大。放大包括电压放大和功率放大,放大的主要目的是提高发送信号的功率。在需要频谱搬移的场合,调制是最常见的变换方式。调制将低频信号加载到高频载波中,从而实现信号的远距离、多路、低损耗的快速传输。调制可以通过使高频载波信号随基带信号的变化而改变载波的幅度、频率或相位来实现。调制方式可分为模拟调制与数字调制两大类,第一代无线通信系统采用模拟调制,目前的无线通信系统都采用数字调制。常用的数字调制方式有 ASK、FSK、PSK、MSK、GMSK、QPSK、8PSK、16QAM、64QAM 等。对数字无线通信系统来说,发送设备还包括信源编码和信道编码。信源编码将来自信源的连续消息变换为数字信号,并对其进行适当的压缩处理以提高传输效率。信道编码使数字信号与无线传输信道相匹配,通过在被传输数据中引入冗余来避免数据在传输过程中出现误码,目的是提高传输的可靠性和有效性。用于检测错误的信道编码称为检错编码,既可检错又可纠错的信道编码称为纠错编码。常见的信道编码方式有分组码、卷积码、Turbo 码、循环码等。

无线信道是电磁波传输的通道,对于无线通信来说,无线信道主要是指自由空间,也包括水等。对于电磁波而言,它在发送端与接收端之间的无线信道中传输时,并没有一个有形的连接,其传播路径也往往不止一条,因此电磁波在传输过程中必然会受到多种干扰的影响而产生各种衰落,从而造成系统通信质量的下降。

噪声与干扰是无线通信系统中各种设备及信道中所固有的,

它不是人为加入的设备,并且是人们所不希望的。对于无线通信,信道中的噪声和干扰对信号传输的影响较大,是不可忽略的,为了分析方便,它被看成是各处噪声的集中表现而抽象加入到无线信道中的一部分。

接收设备的功能与发送设备的功能相反,主要是接收自由空间中传输过来的电磁波,从带有干扰的接收信号中正确还原出相应的原始基带信号。接收设备具体包括解调、译码、解码等功能。此外,在发送设备和接收设备中需要安装天线来完成电磁波的发送和接收。

信宿是信息传输的归宿点,其作用是将还原的原始基带信号转换成相应的原始信息。

1.1.2 移动通信的特点

1. 移动性导致网络管理复杂

移动通信最异于固定通信之处在于用户的移动性,由于用户的移动,网络需要随时知道用户当前位置,以完成呼叫接续等功能,用户的移动性导致网络管理复杂、移动通信位置登记、漫游等管理问题。在蜂窝网中,用户在通话时的移动性,还涉及跨越小区时信道的切换等问题。

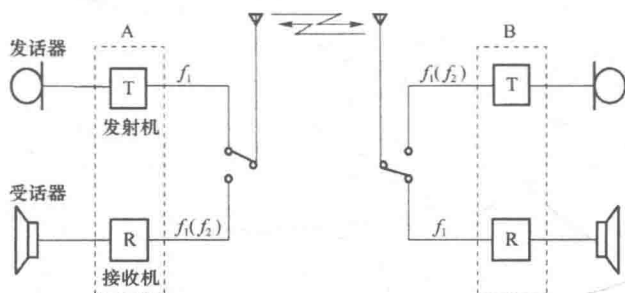
2. 无线通信环境相对于有线的通信线路而言比较恶劣

由于用户的移动,用户必须用无线方式接入网络,而无线通信环境相对于有线的通信线路而言比较恶劣,存在阴影效应、多径效应、远近效应、多普勒效应,还存在各种噪声和干扰的影响,而且可供使用的无线频谱资源有限,固定通信几乎可以铺设无限多的线路,而移动通信中适用于某种通信方式的频谱肯定是有限的,但是移动通信业务量却在迅速增长,因此,如何有效利用有限的无线频谱资源,一直是移动通信中研究的重点。

1.2 移动通信的工作方式

1. 单工通信

图 1-2 所示的就是单工通信系统,通信只有从发射器到接收器一个方向,即消息只能单方向传输。传统的广播电视系统与寻呼系统就是典型的单工通信系统,只不过它们的每个发射器可对应多个接收器。



同频单工: 收发均采用 f_1 。

双频单工: 收发分别采用 f_1 和 f_2 。

图 1-2 同频(双频)单工方式

2. 全双工通信

通常所说的通信系统多数是双向通信,即消息可以在两个方向上进行传输,称双工通信。双工通信又可分为全双工通信与半双工通信。其中,全双工通信,是指在通信的任意时刻,线路上存在双向的信号传输,即通信的双方可以同时发送和接收数据。

普通的电话就是全双工通信的例子,当两个人通话时,他们可以同时说话和聆听对方说话。图 1-3 所示的是全双工通信系统,在全双工方式下,通信系统的每一端都设置了发送器和接收器,共需要两个发射器、两个接收器以及通常情况下的两个信道。

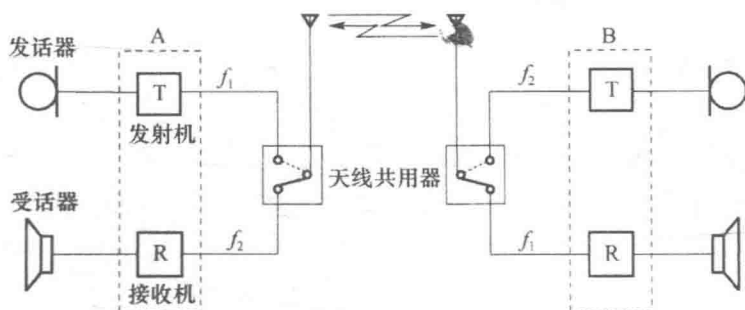


图 1-3 全双工通信系统

3. 半双工通信

半双工通信介于单工通信与全双工通信之间，信息可以进行两个方向上的传输，但同一时刻只允许一个方向上的信息传输，因此可以看作是一种可切换方向的单工通信。典型的半双工通信的例子就是通常所用的无线对讲机，对讲机不能同时发射与接收，平时处于接收状态，说话时需要操作员按下按钮，此时电台能发射但不能同时接收，因此说和听无法同时进行。半双工系统由于使用同一信道进行双向通信，因此节省了带宽。半双工系统中一些电路既用于接收也用于发射，因此可以节省设备费用。不过，它牺牲了全双工通信所体现出的一些自然性。图 1-4 所示的就是半双工通信系统。

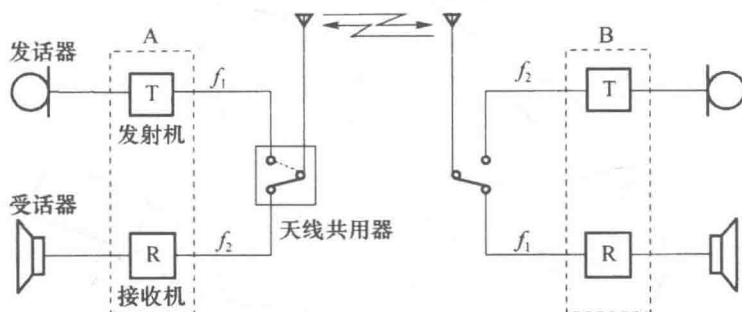


图 1-4 半双工通信系统

4. 中继方式

为了增加通信距离，可加设中继站。两个移动台之间直接通

信距离只有几千米,经中继站转接后通信距离可加大到几十千米。一般采用一次中继转接,若多次中继转接将使信噪比下降。中继通道又分单工中继和双工中继两种基本方式。单工方式的中继站只需一套收发信机,采用全向天线。双工方式的中继站需两套收发信机,并往往采用两副定向天线,对准中继方向。若有一端是移动台,则用一副定向天线和一副全向天线,如图 1-5 所示。

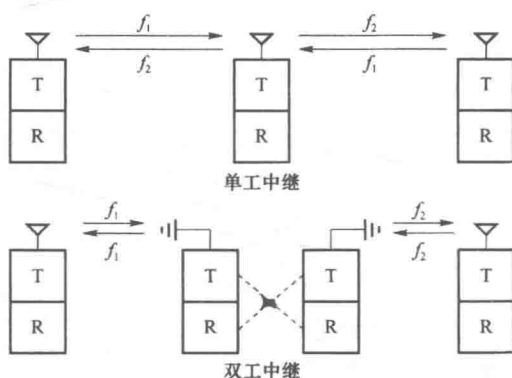


图 1-5 同频(双频)单工方式

1.3 无线传输的实现方式

1.3.1 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 1-6 所示。可见无线通信网分为核心网和接入网两部分。

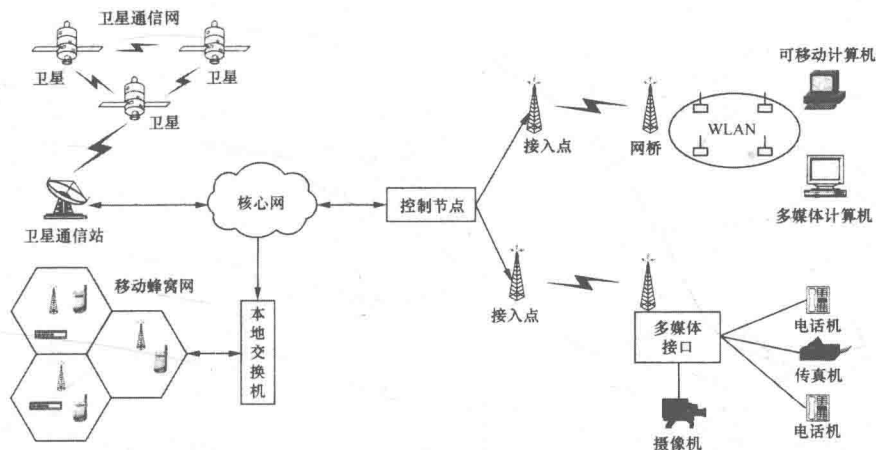


图 1-6 现代无线通信网的组织结构

1.3.2 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。
- ②通信容量大,适于多业务传输,且通信线路稳定可靠。
- ③覆盖面积大,可实现多址通信。

④可进行自发自收监测。

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。

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。

③存在星蚀和日凌中断现象。

④有较大的信号传输时延和回波干扰。

1.3.3 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。

②工作频带宽，可提供宽带接入。

③频谱利用率高，通信容量大。

④MAC层提供调度机制。

⑤具有安全性保障措施。

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网宽带接入、局域网宽带无线接入、城域网宽带无线接入和广域网宽带无线接入技术。

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(WLAN)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

移动宽带无线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。

(2) 固定宽带无线接入技术

固定宽带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。