Hello!

移动通信入门

◎周 悦 马 强 编著

中国工信出版集团

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

移动通信入门

周 悦 马 强 编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书重点介绍了移动通信系统的网络架构、主要网元和关键技术，并引入了5G的一些新知识、新技术，使读者对移动通信发展的最新趋势有更直接、更具体、更全面的认识。本书首先介绍移动通信的概念、特点、分类、工作方式、多址技术及组网技术，让读者对移动通信系统有基本的了解，然后对GSM、CDMA、LTE等移动通信系统进行了详细介绍，并对其性能进行了对比分析。

本书既可作为高职高专院校通信类专业的教材或教辅用书，也可作为制造商、运营商、设计院等从事移动通信网络研发、维护和设计人员的参考书，还可作为想了解移动通信的人们的科普读本。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

移动通信入门 / 周悦，马强编著. —北京：电子工业出版社，2019.7
ISBN 978-7-121-36581-2

Ⅰ. ①移… Ⅱ. ①周… ②马… Ⅲ. ①移动通信 Ⅳ. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第096781号

责任编辑：宋 梅　　文字编辑：满美希
印　　刷：三河市华成印务有限公司
装　　订：三河市华成印务有限公司
出版发行：电子工业出版社
　　北京市海淀区万寿路173信箱　邮编 100036
开　　本：787×980　1/16　印张：9.5　字数：219千字
版　　次：2019年7月第1版
印　　次：2019年7月第1次印刷
定　　价：39.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010)88254888，88258888。

质量投诉请发邮件至zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式：mariams@phei.com.cn。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

前　言

移动通信技术领域是当今世界上发展最快的领域之一，在过去的二十年中，通信技术得到了迅速发展，给社会经济和人们的生活方式带来了日新月异的变化。移动通信技术是通信专业的核心课程，如何让教材适应新技术的发展，是学校教育面临的一个难题。

南京嘉环科技有限公司是华为公司在国内重点培育的华为客户培训分部、华为授权培训合作伙伴（HALP）、华为教育合作伙伴（HAEP）。苏州工业园区服务外包职业学院与南京嘉环科技有限公司合作成立嘉环ICT学院，积极参与ICT专业的人才培养，提出教育服务整体解决方案。本书是苏州工业园区服务外包职业学院江苏省示范教材建设项目，编著者长期从事通信技术专业的教学工作，对高职高专院校学生有自己的教学方法和教学理念，旨在提供理论实践一体化、充分体现技能培养的校企合作规划教材。

本书的编写以移动通信的基础概念、通信系统的组成、系统原理以及通信的发展为主线，重点介绍了第四代移动通信系统，并引入了第五代移动通信系统的一些新知识、新技术，适应当前移动通信技术发展的新趋势，激发学生对学习的兴趣，这是本书的一个亮点。本书的教学内容设计做到了理论与技术应用对接，具有鲜明的专业教材特色。

全书共9章。

第1章主要介绍移动通信的定义、发展概况、分类、工作方式、多址技术、组网技术、信令及移动性管理。

第2章介绍移动通信的传输信道。

第3章介绍移动通信的调制技术。

第4章介绍移动通信的编码技术。

第5章介绍数字基带传输及扩频通信。

第6章介绍GSM——全球移动通信系统。

第7章介绍第三代移动通信系统。

第8章介绍第四代移动通信系统。

第9章介绍第五代移动通信系统。

本书作为苏州工业园区服务外包职业学院江苏省示范教材建设项目成果，由周悦、马强负责大纲的编写和撰稿工作。参加本书编写工作的还有朱麟、孙金霞、张鑫、汤静老师，在此表示感谢。

本书配有教学资源 PPT 课件，如有需要，请登录电子工业出版社华信教育资源网（www.hxedu.com.cn），注册后免费下载。

由于作者水平有限，书中难免存在错误和疏漏之处，敬请各位老师和同学指正，可发送邮件至 yew.zhou@ 163.com。

编著者

2019 年 7 月

目　录

第 1 章　概述 …… 1
1.1　移动通信的定义 …… 1
1.2　移动通信的发展概况 …… 1
1.3　移动通信的分类 …… 2
1.4　移动通信的工作方式 …… 4
1.5　移动通信的多址技术 …… 6
1.6　移动通信的组网技术 …… 9
1.6.1　区域覆盖 …… 9
1.6.2　小区形状 …… 10
1.6.3　区群的组成 …… 11
1.7　信令 …… 13
1.7.1　信令的类型 …… 13
1.7.2　七号信令 …… 13
1.8　移动性管理 …… 14
1.8.1　位置管理 …… 14
1.8.2　越区切换 …… 15
习题 …… 17
第 2 章　移动通信的传输信道 …… 19
2.1　移动通信的电波传播特性 …… 19
2.1.1　无线电波简介 …… 19
2.1.2　无线电波的波段划分 …… 19
2.1.3　无线电波的传播方式 …… 20
2.2　移动通信中的三种损耗 …… 21
2.2.1　路径损耗 …… 21
2.2.2　慢衰落与快衰落损耗 …… 22
2.3　移动通信中的四种效应 …… 22

2.4 信道内的噪声与干扰 …… 24
2.4.1 噪声 …… 24
2.4.2 干扰 …… 25
2.5 分集技术 …… 27
2.5.1 分集的分类 …… 27
2.5.2 分集合并技术 …… 29
2.5.3 Rake 接收机 …… 30
2.6 均衡技术 …… 31
习题 …… 32
第 3 章 移动通信的调制技术 …… 33
3.1 调制技术的概念 …… 33
3.2 调制技术的分类 …… 33
3.3 二进制数字调制技术 …… 34
3.3.1 二进制幅移键控（2ASK） …… 34
3.3.2 二进制频移键控（2FSK） …… 36
3.3.3 二进制相移键控（2PSK） …… 38
3.4 多进制数字调制 …… 42
3.4.1 正交相移键控（QPSK） …… 42
3.4.2 四进制差分相移键控（DQPSK） …… 44
习题 …… 45
第 4 章 移动通信的编码技术 …… 47
4.1 信源编码 …… 47
4.2 差错控制编码 …… 48
4.3 交织技术 …… 52
习题 …… 53
第 5 章 数字基带传输及扩频通信 …… 55
5.1 基带传输 …… 55
5.1.1 数字基带信号的常用码型 …… 55
5.1.2 数字基带系统的组成 …… 56
5.2 扩频通信技术 …… 58
5.2.1 扩频的概念和分类 …… 58
5.2.2 伪随机序列 …… 61

习题 …… 63
第 6 章 GSM——全球移动通信系统 …… 65
6.1 GSM 的发展历程 …… 65
6.2 GSM 的结构 …… 65
6.2.1 网络交换子系统（NSS） …… 66
6.2.2 基站子系统（BSS） …… 68
6.2.3 操作维护子中心（OMC） …… 69
6.2.4 移动台（MS） …… 69
6.3 GSM 网络接口 …… 69
6.3.1 GSM 网络接口介绍 …… 69
6.3.2 GSM 与其他公用电信网的接口 …… 71
6.4 信道类型及其组合 …… 72
6.4.1 信道类型 …… 72
6.4.2 信道组合 …… 73
6.5 GSM 网络的编号与业务 …… 73
6.6 GSM 系统的主要业务 …… 76
6.7 接续流程与管理 …… 78
6.7.1 位置更新流程 …… 78
6.7.2 移动用户至固定用户出局呼叫流程 …… 79
6.7.3 固定用户至移动用户入局呼叫流程 …… 80
6.7.4 切换流程 …… 81
6.7.5 鉴权与加密 …… 81
习题 …… 84
第 7 章 第三代移动通信系统 …… 85
7.1 第三代移动通信系统概述 …… 85
7.1.1 3G 技术的演进 …… 85
7.1.2 中国 3G 的发展概况 …… 86
7.1.3 第三代移动通信系统的关键技术 …… 86
7.2 WCDMA 标准 …… 88
7.2.1 UTRAN 体系结构 …… 88
7.2.2 WCDMA 关键技术 …… 90
7.3 cdma2000 标准 …… 91

7.3.1 cdma2000 网络结构 …… 91
7.3.2 cdma2000 系统关键技术 …… 92
7.4 TD-SCDMA 标准 …… 92
7.4.1 TD-SCDMA 的发展历程 …… 93
7.4.2 TD-SCDMA 的关键技术 …… 93
7.4.3 TD-SCDMA 系统的主要问题 …… 94
7.5 三种 3G 主流标准的性能比较 …… 94
7.6 第三代移动通信系统提供的业务 …… 95
习题 …… 97
第 8 章 第四代移动通信系统 …… 99
8.1 LTE 概述 …… 99
8.2 LTE 总体架构 …… 99
8.2.1 系统结构 …… 99
8.2.2 无线协议结构 …… 102
8.3 LTE 关键技术 …… 105
8.3.1 正交频分复用（OFDM） …… 105
8.3.2 多输入多输出（MIMO） …… 105
8.3.3 高阶调制和自适应调制编码 …… 108
8.4 4G 通信系统 …… 109
8.4.1 4G 发展概况 …… 109
8.4.2 4G 的体系结构 …… 110
8.4.3 4G 的标准体系 …… 111
8.4.4 4G 的关键技术 …… 113
8.4.5 全 IP 网络 …… 116
习题 …… 117
第 9 章 第五代移动通信系统 …… 119
9.1 全球 5G 发展概况 …… 119
9.2 5G 标准化进展 …… 121
9.2.1 ITU-R …… 121
9.2.2 3GPP …… 121
9.2.3 IEEE …… 122
9.3 5G 架构 …… 122

9.3.1 NFV 和 SDN …… 122
9.3.2 5G 无线接入网络架构 …… 126
9.4 5G 关键技术 …… 127
9.5 5G 的特点 …… 130
习题 …… 133
习题答案 …… 135
参考文献 …… 141

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

第1章 概 述

1.1 移动通信的定义

20世纪70年代前期，随着固定电话的普及，不拘泥于电话线束缚的移动通信应运而生。

所谓移动通信，就是指进行信息传递和交换的一方或双方处于运动状态中的通信。这里的信息传递不仅指语音通话，也包括数据、图像、视频等多媒体业务。未来移动通信的发展目标是“5W”，即任何人（Whoever）无论在任何时候（Whenever）在任何地方（Wherever）都能够同任何人（Whoever）进行任何方式（Whatever）的交流。

相对于固定电话通信，移动通信技术有以下两个基本特点：

① 移动通信是无线的，其信道是广阔的自由空间，具有随机性和时变特性。

② 移动通信的用户至少有一方处于运动状态中，这就要求移动通信网络能够对用户实现动态寻址。

1.2 移动通信的发展概况

自20世纪80年代初，第一代蜂窝移动电话系统投入使用以来，移动通信系统经历了飞速发展，主要分为以下几个时期。

1. 第一代移动通信系统（the First Generation Communication System，1G）

第一代移动通信系统采用模拟蜂窝网络技术，基于频分多址和模拟调频技术。1976年，国际无线电大会批准了在800/900MHz频段对蜂窝电话的频率分配方案，使得蜂窝系统进入了商用阶段。1G代表性的商用系统有日本电话电报系统（NTT，1979）、北欧移动电话系统（NMT，1981）和北美高级移动电话服务系统（AMPS，1983）等。

2. 第二代移动通信系统（the Second Generation Communication System，2G）

第二代移动通信系统在20世纪90年代初期进入商用阶段，主要采用时分多址和码分多

址两种多址方式。2G 代表性的商用系统包括欧洲的 GSM、北美的 IS—95、日本的 PDC 等。

3. 第三代移动通信系统（the Third Generation Communication System，3G）

第三代移动通信系统（IMT—2000）是国际电信联盟（ITU）制定的通信系统，意即该系统工作在 2000MHz 频段，最高业务速率可达 2000kbps，预期在 2000 年左右进入商用阶段。3G 主要技术有多用户检测、智能天线和 Turbo 编码等，主要商用系统有欧洲和日本的 WCDMA、北美的 cdma2000 和中国的 TD-SCDMA 等。

4. 第四代移动通信系统（the Fourth Generation Communication System，4G）

目前主要的 4G 标准有 3GPP 的 LTE-Advanced 和 IEEE 提出的移动 WiMAX（IEEE 802.16m）。商用 4G 包括 TD-LTE 和 FDD-LTE 两种制式。严格意义上来讲，LTE 只是 3.9G，尽管被宣传为 4G 无线标准，但它其实并未被 3GPP 认可为 ITU 所描述的下一代无线通信标准 IMT-Advanced。因此，在严格意义上其还未达到 4G 的标准，只有升级版的 LTE-Advanced 才满足国际电信联盟对 4G 的要求。IMT-Advanced 是基于 IMT 演进的系统，提供了比 IMT—2000 更高的速率，其速率在高移动应用中达到 100Mbps，在低移动或固定应用中达到 1Gbps。4G 采用的主要技术有 OFDM（正交频分复用）、MIMO（多输入多输出）、AMC（自适应调制编码）和 HARQ（混合自动重传）。

5. 第五代移动通信系统（the Fifth Generation Communication System，5G）

5G 极限移动宽带（xMBB）服务满足人们面向 2020 年，对极高数据速率的持续渴望。对视频业务的广泛需求和对诸如虚拟现实、高清视频的兴趣推动了高达若干 Gbps 的速率要求。5G 技术使无线网络获得当前只能由光纤接入实现的速率和服务。感知互联网进一步增加了对低时延的诉求。当低时延和高峰值速率需要同时满足时，就对网络能力提出了更高的要求。与以前的蜂窝系统相比，机器类和人机无线通信在众多经济领域的应用不断增多，对无线网络提出了大量而广泛的需求，具体表现在成本、复杂性、功耗、传输速率、移动性、时延和可靠性等方面。例如，感知互联网要求无线时延降低到 1ms。

1.3 移动通信的分类

移动通信的种类繁多，常见的分类方法如下。

① 按使用环境可分为陆地移动通信、海上移动通信和空中移动通信。

② 按使用对象可分为民用移动通信和军用移动通信。

③ 按多址方式可分为频分多址、时分多址和码分多址等。

④ 按接入方式可分为频分双工和时分双工。
⑤ 按覆盖范围可分为宽域网和局域网。
⑥ 按业务类型可分为电话、数据和综合业务。
⑦ 按工作方式可分为单工、双工和半双工。
⑧ 按服务范围可分为专用移动通信和公用移动通信。
⑨ 按信号形式可分为模拟移动通信和数字移动通信。

常用的移动通信系统有蜂窝移动通信系统、无线寻呼系统、无绳电话系统、集群移动通信系统和卫星移动通信系统等。

1. 蜂窝移动通信系统

蜂窝移动通信，也称小区制移动通信。它的特点是把整个大范围的服务区划分成许多小区，每个小区设置一个基站，负责本小区内各个移动台的联络与控制，各个基站通过移动交换中心相互联系，并与市话局连接。利用超短波电波传播距离有限的特点，相距一定距离的小区可以重复使用频率资源，使频率资源得以充分利用。每个小区的用户数量在 1000 个以上，全部覆盖区最终的容量可达 100 万个用户。

2. 无线寻呼系统

这是一种没有语音的单向广播式无线选呼系统，它将自动电话交换网送来的被寻呼用户的号码和主叫用户的消息，变换成一定码型和格式的数字信号，经数据电路传送到各基站，并由基站寻呼发射机发送给被叫寻呼机。其接收端是多个可以由用户携带的高灵敏度接收机。

3. 无绳电话系统

无绳电话系统是用无线信道代替普通电话机的绳线，从而能在限定的业务区内自由移动的电话系统。它接入市话网，采用微蜂窝或微微蜂窝无线传输技术。

4. 集群移动通信系统

集群移动通信，也称大区制移动通信。它的特点是只有一个基站，天线高度为几十米至百余米，覆盖半径为 30km，发射机功率高达 200W。用户数约为几十至几百，终端设备可以是车载台，也可是以手持台。它们可以与基站通信，也可以通过基站与其他移动台及市话用户通信，基站与市话网通过有线网连接。

5. 卫星移动通信系统

卫星移动通信系统利用卫星通信的多址传输方式，为全球用户提供大跨度、大范围、远

距离的漫游和机动、灵活的移动通信服务，是陆地蜂窝移动通信系统的扩展和延伸，其在偏远地区、山区、海岛、灾区、远洋船只及远航飞机等通信方面更具独特的优越性。

1.4　移动通信的工作方式

移动通信的工作方式分为单工通信、半双工通信和双工通信三种方式。

1. 单工通信

单工通信是一种通信双方只能轮流进行收信和发信的按键通信方式，即采用“按-讲”(Push To Talk，PTT) 方式。

根据收发频率是否相同，单工通信分为同频单工通信和异频单工通信两种。同频单工通信指通信的双方使用相同的工作频率 (f_1)。异频单工通信指通信的双方使用两个不同的工作频率 (f_1和f_2)，而操作仍采用“按-讲”方式。同频单工通信如图 1-1 所示，异频单工通信如图 1-2 所示。

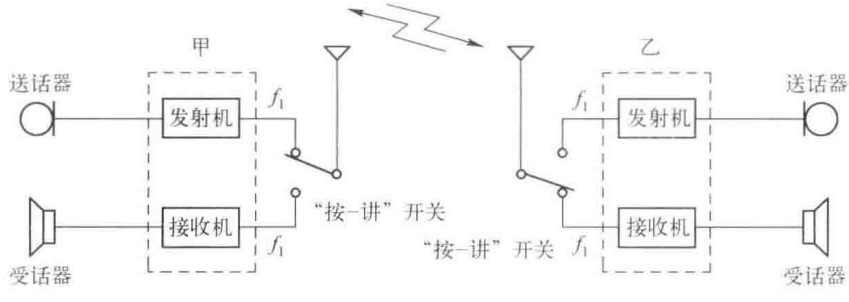

图 1-1　同频单工通信

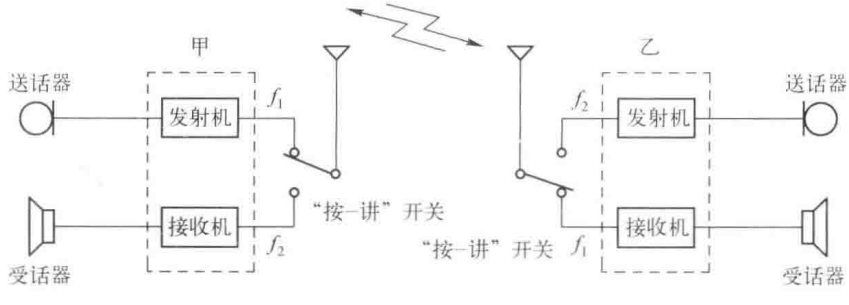

图 1-2　异频单工通信

常用的对讲机就是采用单工通信方式。

2. 半双工通信

采用半双工通信方式时，一方使用双工通信方式，而另一方则使用单工通信方式，在发信时要按下“按-讲”开关。半双工通信如图 1-3 所示。

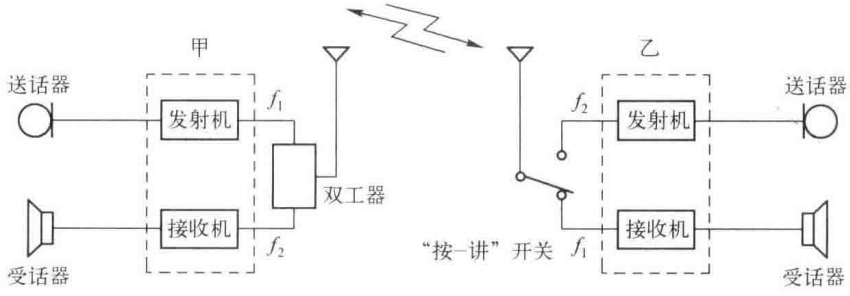

图 1-3　半双工通信

半双工通信的优点：设备简单、省电、成本低、维护方便，而且受邻近移动台干扰少；利于频率协调和配置；利于移动台紧急呼叫。

半双工通信的缺点：使用不方便，有丢失信息的可能。

半双工通信主要用于无线调度系统。

3. 双工通信

双工通信有时也称全双工通信，是指通信的双方在通话时接收机和发射机同时工作，即任意一方在讲话的同时，也能收听到对方的信息。双工制又可分为频分双工（FDD）和时分双工（TDD）两种方式。

双工通信如图 1-4 所示。

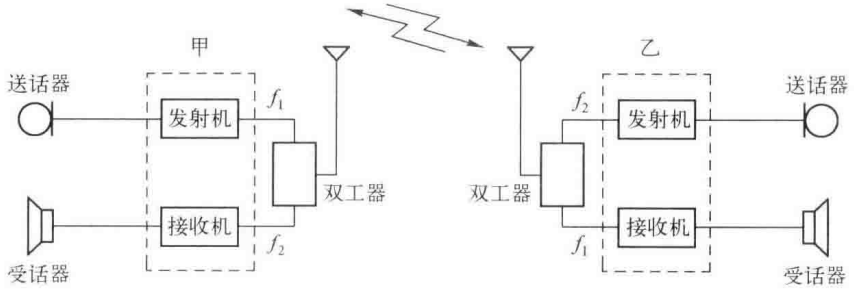

图 1-4　双工通信

1.5 移动通信的多址技术

多址传输是指在一个信息传输网中不同地址的各用户之间通过一个共用的信道所进行的传输，其理论基础仍然是信号分割理论。因此，多址传输方式也分为频分多址（FDMA）、时分多址（TDMA）和码分多址（CDMA）等几种。多址传输又称多址连接或多址通信，目前在移动通信和卫星通信中得到了广泛应用。

多址的原理是利用信号参量的正交性来区分无线电信号的地址。依据频率参量的正交性来区分无线电信号地址的叫频分多址；依据时间参量的正交性来区分无线电信号地址的叫时分多址；依据码型函数的正交性来区分无线电信号地址的叫码分多址。图 1-5 中分别给出了这三种多址方式示意图。

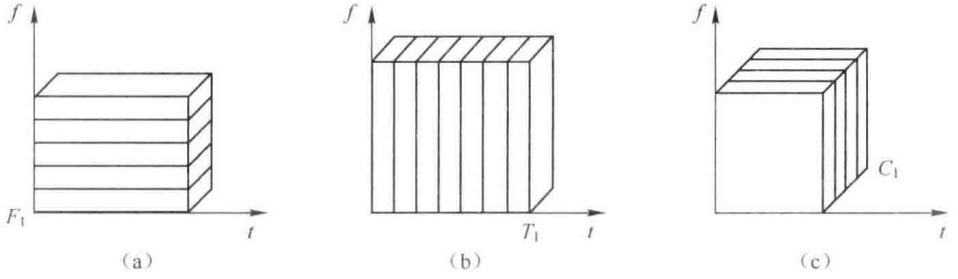

图 1-5 三种多址方式示意图

1. 频分多址（FDMA）

频分多址将给定的频谱资源划分为若干个等间隔的频道（又称信道），供不同用户使用。在频分多址系统中，每一个移动用户分配一个地址，即在一个射频频带内，每个移动用户分配一个频道，且这些频道在频域上互不重叠。利用频道和移动用户的一一对应关系，只要知道用户地址（频道号）即可实现选址通信。在蜂窝移动通信系统中，由于频道资源有限，不可能每个用户独占一个固定的频道。因此，多采用多频道共用的方式，即由基站通过信令信道给移动用户临时指配通信频道。

为了便于移动用户实现多信道公用（即动态分配信道），提高信道利用率，在蜂窝移动通信系统中，其信道的频率分划与频道构成采用一个频道只传送一路语音信号的方式，即频分多址中的单路单载波工作方式。

频分多址是应用最早的一种多址技术，AMPS、NAMPS、TACS 等第一代移动通信系统所采用的多址技术就是频分多址。以 TACS 为例，系统占用的频段为上行频段 890～915MHz，下行频段 935～960MHz。收发频段间隔为 45MHz，可防止发送的强信号对接收的

弱信号的影响。每个语音信道占用25kHz频带。TACS系统可支持的信道数约为1000个。

频分多址具有如下特点：

- 每个信道只传送1路信号。只要给移动台分配了信道，移动台与基站之间会连续不断地收发信号。
- 由于发射机与接收机同时工作，为了进行收发隔离，必须采用双工器。
- 频分多址采用单载波（信道）单路方式，若1个基站有30个信道，则每个基站需要30套收发信机设备，基站间设备不能公用，公用设备成本高。
- 与时分多址相比，其连续传输开销小、传输效率高，无须复杂组帧与同步，无须信道均衡。

2. 时分多址（TDMA）

时分多址把时间分割成周期性的帧，每一帧再分割成若干时隙（无论是帧还是时隙都是互不重叠的），然后根据一定的分配原则，使各个移动台在每帧内只能在指定的时隙向基站发送信号。在满足定时和同步的条件下，基站可分别在各时隙中接收各移动台的信号而互不混扰。同时，基站发向多个移动台的信号都按顺序安排在预定的时隙中传输，各移动台只要在指定的时隙内接收，就能在合路的信号中将发给它的信号区分出来。

时分多址在第二代移动通信系统中得到了广泛应用，如GSM、NADC和PACS等。以GSM系统为例，在GSM系统中，总共可提供124个频点，而每个频点提供8个时隙，即最多可以8个用户共享1个载波，不同用户之间采用不同时隙来传送自己的信号。因此，GSM总共可提供的信道数为124×8=992。

时分多址的特点如下。

- 每个载波可分为多个时隙信道，每个信道可供1个用户使用，因此每个载波可供多个用户使用，大大提高了频道的利用率。
- 每个移动台发射信号是不连续的，只有在规定的时隙内才能发送信号。
- 传输开销大。
- 同一载波上的用户由于时分特性可以公用一套收发设备，与FDMA相比，成本更低。
- 时分多址系统必须有精确的定时和同步功能，保证各移动台发送的信号不会在基站重叠或混淆，并且能准确地在指定的时隙中接收基站发出的信号。

3. 码分多址（CDMA）

码分多址是以扩频信号为基础的一种技术，其利用不同波形或码型的副载波作为分址信号，以便在同一通信网络中，使多个台站同时进行信息传输。常用的扩频信号有两类：跳频信号与直接序列扩频信号（简称直扩信号）。每个移动用户分配一个地址码，而这些地址码

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com