

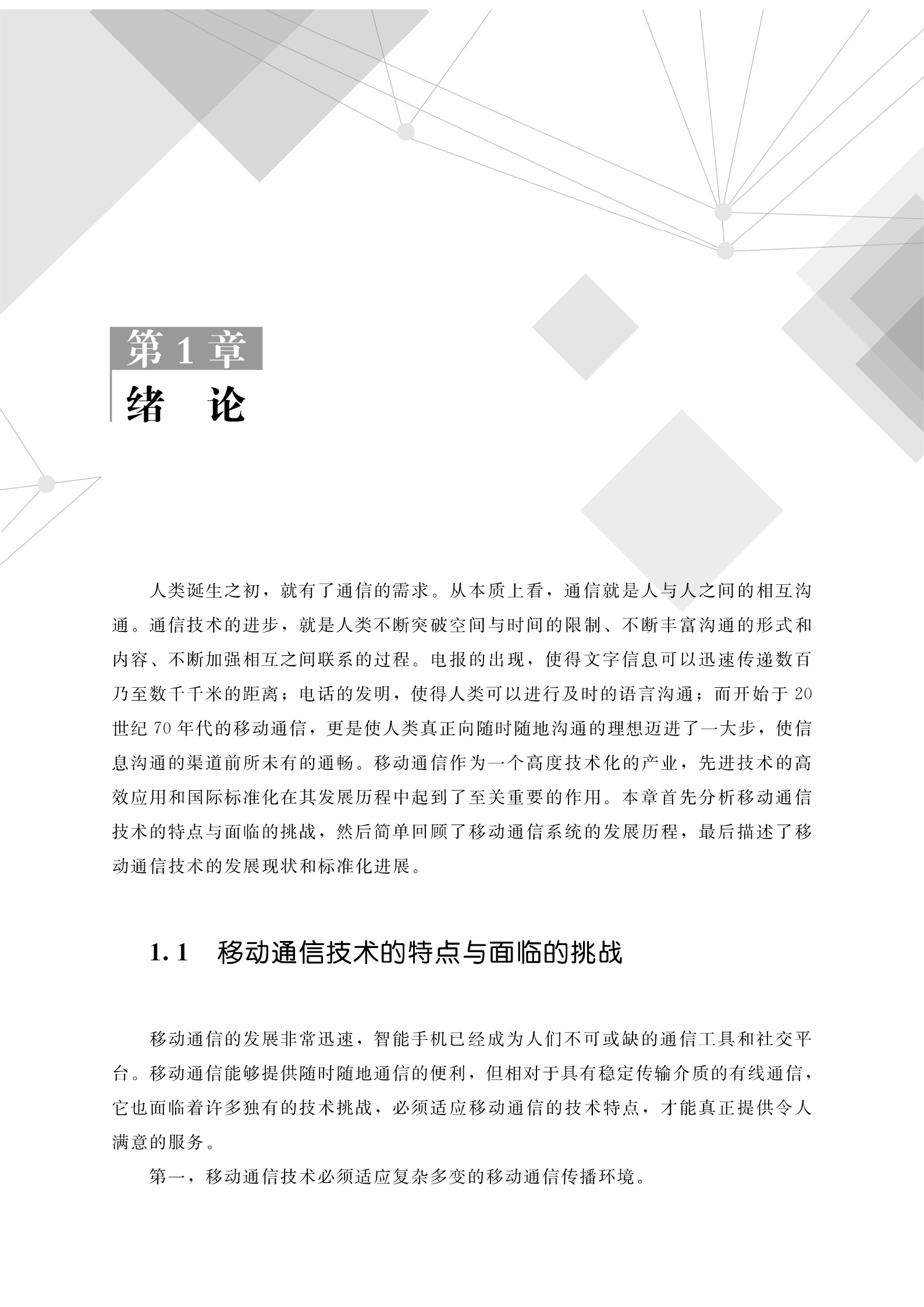
目 录

CONCENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 移动通信技术的特点与面临的挑战	1
1.2 移动通信发展历程	2
1.3 移动通信展望	11
1.4 移动通信标准化组织	13
第 2 章 信源编码与信道编码技术	17
2.1 信源编码技术	17
2.2 信道编码技术	35
2.3 网络编码	44
2.4 自适应编码调制	53
2.5 混合自动重传请求	55
第 3 章 调制技术	58
3.1 概述	58
3.2 最小移频键控	70
3.3 高斯最小移频键控	74
3.4 QPSK 调制	79
3.5 高阶调制	89
3.6 正交频分复用	93

第 4 章 抗衰落技术	97
4.1 概述	97
4.2 分集技术	99
4.3 均衡技术	108
4.4 扩频通信	113
4.5 多天线技术	116
第 5 章 蜂窝组网技术	123
5.1 移动通信网的基本概念	123
5.2 频率复用和蜂窝小区	126
5.3 多址接入技术	129
5.4 移动通信系统网络结构	144
5.5 移动性管理	149
第 6 章 第二代、第三代移动通信技术	156
6.1 GSM 系统及关键技术研究	156
6.2 WCDMA 系统及关键技术研究	161
6.3 CDMA2000 系统及关键技术研究	165
6.4 TD-SCDMA 系统及关键技术研究	172
6.5 WiMAX 系统及关键技术研究	180
第 7 章 第四代移动通信技术	189
7.1 概述	189
7.2 LTE 系统	191
7.3 LET 中的关键技术	200
7.4 LTE-Advanced 系统	213
第 8 章 第五代移动通信技术	222
8.1 5G 性能需求与目标	222
8.2 5G 应用场景	224
8.3 5G 的整体网络架构	229
8.4 5G 关键技术	239
8.5 5G 网络规划	267
第 9 章 6G 展望	286
9.1 6G 研究背景	286

9.2	6G 的愿景	288
9.3	6G 的应用场景	290
9.4	6G 网络性能指标预测	292
9.5	6G 的潜在关键技术	293
9.6	6G 的标准化进展	303
参考文献		305



第 1 章

绪 论

人类诞生之初，就有了通信的需求。从本质上看，通信就是人与人之间的相互沟通。通信技术的进步，就是人类不断突破空间与时间的限制、不断丰富沟通的形式和内容、不断加强相互之间联系的过程。电报的出现，使得文字信息可以迅速传递数百乃至数千千米的距离；电话的发明，使得人类可以进行及时的语言沟通；而开始于 20 世纪 70 年代的移动通信，更是使人类真正向随时随地沟通的理想迈进了一大步，使信息沟通的渠道前所未有的通畅。移动通信作为一个高度技术化的产业，先进技术的高效应用和国际标准化在其发展历程中起到了至关重要的作用。本章首先分析移动通信技术的特点与面临的挑战，然后简单回顾了移动通信系统的发展历程，最后描述了移动通信技术的发展现状和标准化进展。

1.1 移动通信技术的特点与面临的挑战

移动通信的发展非常迅速，智能手机已经成为人们不可或缺的通信工具和社交平台。移动通信能够提供随时随地通信的便利，但相对于具有稳定传输介质的有线通信，它也面临着许多独有的技术挑战，必须适应移动通信的技术特点，才能真正提供令人满意的服务。

第一，移动通信技术必须适应复杂多变的移动通信传播环境。

由于通信的一方、双方或多方是移动的，使用无线电波作为媒介进行传输就成了唯一可行的方法。电磁波在通信的各方之间传输，遇到障碍物会产生反射、折射和衍射等现象，穿透墙壁、窗户等障碍物会使其强度削弱，降雨、汽车和人的走动也会导致传输条件的极大变化。在汽车、火车等高速移动的交通工具上的通信则使得这些变化更加迅速和剧烈。移动通信技术要在所有可能的环境中正常工作，就必须具有很强的适应性与稳健性。

第二，无线频谱资源是开放和共享的，干扰控制就成为移动通信系统设计的重中之重。

同一区域内所有的移动通信用户使用同一个媒介：相同或不同频率的电磁波。不同系统和用户间不可避免地会产生相互干扰。为了使通信顺畅地进行，就必须把干扰控制在一个可接受的范围内。如何给尽可能多的用户提供服务，同时使每个用户所遭受的干扰又不至于影响其通信质量，是移动通信系统设计的一个难题。

第三，适合进行移动通信的频谱资源非常有限。

如果观察一下各国管制机构对无线电频谱的划分，就可以发现真正能够用于移动通信的频谱资源并不充裕。适合移动通信的频率主要分布在 6GHz 以下，且很大部分已分配给无线电导航、雷达、卫星、工业科学医疗和 GPS 等应用。更低的频率大多已经被更早出现的无线电技术（如广播、电视和对讲机等）占据。通信的频段越高，可用的带宽越大，能提供的通信速率就越高，但是传播损耗也会越大，不能覆盖很长的距离，甚至一堵墙就能把信号完全阻隔，导致建网成本就越高。因此，更高频率的频谱在蜂窝移动通信系统中的应用受到限制。

此外，移动通信还受到其他方面因素的限制，如需考虑对人体健康的影响，移动通信设备的发射功率必须保证不对人体健康产生危害。

综上所述，使用有限的频谱资源，为尽可能多的用户提供有吸引力的服务，是移动通信技术发展的核心目标。在多重限制条件下进行优化设计，则是移动通信必须面对的挑战。

1.2 移动通信发展历程

移动通信的发展是从无线电通信的发明开始的。1897 年，马可尼完成了一个固定

站与一艘拖船之间进行的无线通信试验，距离为 18 海里。这一试验证明了收发信机在移动和分离状态下通过无线信道进行移动通信是可行的，标志着移动通信的开始。

现代移动通信技术的发展始于 20 世纪 20 年代，大致可分为 6 个不同的阶段。

第一阶段是从 20 世纪 20 年代至 40 年代的早期发展阶段。在这期间，人们在短波几个频段上开发出了专用移动通信系统，其代表是美国底特律市警察使用的车载无线电系统。该系统工作频率为 2MHz。到 40 年代无线通信系统的频率提高到 30~40MHz。我们可以认为这个阶段是现代移动通信的起步阶段，特点是为专用系统开发，工作频率较低。

第二阶段从 20 世纪 40 年代中期至 60 年代初期，公用移动通信业务开始发展。1946 年根据美国联邦通信委员会（Federal Communications Commission, FCC）的计划，贝尔实验室在圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话网，称为“城市系统”。当时使用三个频道，间隔为 120kHz，通信方式为单工，随后，法国（1956 年）、英国（1959 年）等国相继研制了公用移动电话系统。这一阶段的特点是从专用移动网向公用移动网过渡，接续方式为人工接续，网络容量较小。

第二阶段从 20 世纪 60 年代中期至 70 年代中期。在此期间，美国推出了改进型移动电话系统，使用 150MHz 和 450MHz 频段。德国也推出了具有相同技术水平的 B 网。可以说，这一阶段是移动通信系统改进与完善的阶段，其特点是采用大区制、中小容量，实现了自动选频并能自动接续到公用电话网。

第四阶段从 20 世纪 70 年代中期到 80 年代中期。1978 年年底，美国贝尔实验室研制成功高级移动电话系统（Advanced Mobile Phone System, AMPS），建成了蜂窝状移动通信网，大大提高了系统容量。1983 年，首次在芝加哥投入商用。到 1985 年 3 月已扩展到 47 个地区，约 10 万移动用户。在此期间，由于蜂窝理论的应用，频率复用（Frequency Division Multiplexing, FDM）的概念得以实用化，大大提高了频谱效率。

第五阶段是从 20 世纪 80 年代中期至 21 世纪初，这个阶段数字移动通信系统得到了大规模的应用，其代表是欧洲的全球移动通信（Global System for Mobile communications, GSM）系统和美国的 CDMA 系统。数字蜂窝网络相对于模拟蜂窝网，其频谱利用率和系统容量得到了很大的提高。这个阶段的移动通信系统已经提供数据业务，业务类型大大丰富。

随着通信网络技术、微电子技术、计算机技术、人工智能技术迅速发展，新业务

不断出现，新型宽带无线通信标准和产业化都得到了飞速发展。2019 年，第五代（The Fifth-Generation, 5G）移动通信系统开始商用，我国成立了国家第六代（The Sixth-Generation, 6G）移动通信系统研发推进工作组和总体专家组，移动通信又进入了一个新的阶段（第六阶段）。

从第四阶段出现第一代移动通信系统开始，移动通信系统又可以进一步分为如下几个发展阶段（有的资料也把第四阶段到第六阶段合称为第四阶段）。

1.2.1 第一代移动通信系统

1986 年，第一代移动通信系统（The First-Generation, 1G）在美国芝加哥诞生，采用模拟信号传输，即将电磁波进行频率调制后，将语音信号转换到载波电磁波上，载有信息的电磁波发布到空间后，由接收设备接收，并从载波电磁波上还原语音信息，完成一次通话。1G 主要代表有：美国的先进的移动电话系统（AMPS）、英国的全球接入通信系统（TACS）和日本的电报电话系统（NMT）。由于各个国家的 1G 通信标准并不一致，使得第一代移动通信并不能“全球漫游”，这大大阻碍了 1G 的发展。同时，由于 1G 采用模拟信号传输，所以其容量非常有限，一般只能传输语音信号，且存在语音品质低、信号不稳定、涵盖范围不够全面，安全性差和易受干扰等问题。最能代表 1G 时代特征的，是美国摩托罗拉公司在 20 世纪 90 年代推出并风靡全球的大哥大，即移动手提式电话。大哥大的推出，依赖于第一代移动通信系统（1G）技术的成熟和应用。

说起第一代移动通信系统，就不能不提大名鼎鼎的贝尔实验室。1978 年年底，美国贝尔试验室研制成功了全球第一个移动蜂窝电话系统——先进移动电话系统（Advanced Mobile Phone System, AMPS）。5 年后，这套系统在芝加哥正式投入商用，并迅速在全美推广，获得了巨大成功。同一时期，欧洲各国也不甘示弱，纷纷建立起自己的第一代移动通信系统。瑞典等北欧 4 国在 1980 年研制成功了 NMT-450 移动通信网并投入使用；联邦德国在 1984 年完成了 C 网络（C-Netz）；英国则于 1985 年开发出频段在 900MHz 的全接入通信系统（Total Access Communications System, TACS）。

在 1G 系统中，美国 AMPS 制式的移动通信系统在全球的应用最为广泛，它曾经在超过 72 个国家和地区运营，直到 1997 年还在一些地方使用。同时，也有近 30 个国家和地区采用英国 TACS 制式的 1G 系统。这两个移动通信系统是世界最具影响力

的 1G 系统。

中国的第一代模拟移动通信系统于 1987 年 11 月 18 日在广东第六届全运会上开通并正式商用，采用的是英国 TACS 制式。从中国电信 1987 年 11 月开始运营模拟移动电话业务到 2001 年 12 月底中国移动关闭模拟移动通信网，1G 系统在中国的应用长达 14 年，用户数最高曾达到 660 万。如今，1G 时代像砖头一样的手持终端——大哥大，已经成为很多人的回忆。

第一代移动通信系统主要采用的是模拟技术和频分多址（FDMA）技术。由于受到传输带宽的限制，不能进行移动通信的长途漫游，只能是一种区域性的移动通信系统。第一代移动通信有多种制式，我国主要采用的是 TACS。第一代移动通信有很多不足之处，如容量有限、制式太多、互不兼容、保密性差、通话质量不高、不能提供数据业务和不能提供自动漫游等。第一代移动通信系统主要用于提供模拟语音业务。此外，安全性和干扰也存在较大的问题。1G 系统的先天不足，使得它无法真正大规模普及和应用，价格更是非常昂贵，成为当时的一种奢侈品和财富的象征。与此同时，不同国家的各自为政也使得 1G 的技术标准各不相同，即只有“国家标准”，没有“国际标准”，国际漫游成为一个突出的问题。

1.2.2 第二代移动通信系统

第二代（The Second-Generation, 2G）移动通信系统是无线数字系统，具有比第一代模拟系统更高的频谱效率和更强的鲁棒性。主要的 2G 技术包括全球移动通信系统（Global System for Mobile communications, GSM）、CDMAOne、时分多址接入系统和个人数字蜂窝网（Personal Digital Cellular, PDC）。CDMAOne 也称 IS-95，主要用于亚太地区，北美和拉丁美洲。GSM 在欧洲和全球范围的其他多数国家开发和使使用。TDMA 系统采用 IS136 北美标准，中于 TDMA 是 1G 标准 AMPS 的演进，因此该系统也称为数字高级移动电话系统（Digital Advanced Mobile Phone System, D-AMPS）。PDC 是日本专用的 2G 标准。

表 1-1 描述了上述 4 种主流 2G 系统间的区别，给出了各自的无线基本参数（例如调制方式、载波频率间隔和主要接入方式等）以及服务级别参数（例如初始数据速率和话音编码算法等）。

表 1-1 主要 2G 系统参数对照表

参数	系统名称			
	GSM	CDMAOne	TDMA	PDC
工作频段/MHz	900	800	800	900
调制方式	GMSK	QPSK/BPSK	QPSK	QPSK
载波频率间隔/kHz	200	1250	30	5
载波调制速率	270kb/s	48.6kb/s	1.2288Mchip/s	42kb/s
每载波业务信道	8	61	3	3
主要接入方式	TDMA	CDMA	TDMA	TDMA
初始数据速率/(kb/s)	9.6	14.4	28.8	4.8
话音编码算法	RPE-LTP	CELP	VSELP	VSELP
话音速率/(kb/s)	13	13.3	7.95	6.7

2G 系统向第三代 (The Third-Generation, 3G) 移动通信系统演进的中间版本称为 2.5G, 即在语音基础上又引入了分组交换业务。GSM 对应 2.5G 是通用分组无线业务 (General Packet Radio Service, GPRS) 系统。CDMAOne 可以进一步分为 IS95A 和 IS95B, IS-95A 是 2G 标准, 而 IS-95B 是 IS-95A 的 2.5G 演进标准。

GSM 增强型数据传输技术 (Enhanced Data Rate for GSM Evolution, EDGE) 也是一种从 GSM 向 3G 演进的过渡技术。EDGE 主要是在 GSM 系统中采用了多时隙操作和 8PSK 调制技术, 使每个符号所包含的信总是原来的 3 倍, 其性能优于 GPRS 技术。

1.2.3 第三代移动通信系统

随着 2G 技术的不断发展, 用户迫切地需要全球统一的无线技术。制定 3G 移动通信系统标准的根本目的就是为无线用户提供一种简单的全球移动解决方案, 避免多种通信方式带来的严重的无线资源和能量浪费, 从更广泛的业务层面改善用户终端体验。3G 移动通信系统期望的吞吐量为: 在乡村室外无线环境 144kb/s, 在城市或郊区室外无线环境 384kb/s, 在室内或室外热点环境 2048kb/s, 主要的 3G 标准包括宽带码分多址移动通信系统 (Wideband Code Division Multiple Access, WCDMA)、CDMA2000 和时分同步码分多址 (Time Division-Synchronous (Code Division Multiple Access, TD-SCDMA))。

WCDMA 是第 3 代伙伴计划 (3rd Generation Partnership Project, 3GPP) 提出的

3G 系统标准，也称通用移动通信系统（Universal Mobile Telecommunications System，UMTS）。

WCDMA 使用高速编码的直接扩频序列实现 CDMA。每个用户在单信道的速率可达 384kb/s，在专用信道上的理论最大比特速率为 2Mb/s，同时支持基于分组交换（Packet Switch，PS）和电路交换（Circuit Switch，CS）的应用，并山改进了漫游能力。WCDMA 于 2001 年在日本开始商用，其名称为自由移动多媒体接入（Freedom of Mobile Multimedia Access，FOMA），并于 2003 年在其他国家商用。WCDMA 的无线接口与 GSM/EDGE 完全不同，但是其结构和处理过程是从 GSM 继承而来，与 GSM 后向兼容，终端能够在 GSM 和 WCDMA 网络间无缝切换。

3GPP 还接纳了我国的 TD-SCDMA 技术，有的文献也将其称为 TDD 模式的 UMTS 标准。

北美 CDMA2000 是由 IS-95 发展而来。CDMA2000 的一个主要分支称为演进数据和话音（Evolution Data and Voice，1xEV-DV），迄今为止没有大规模商用。另外一个分支是演进数据优化（Evolution Data Optimized，1xEV-DO），支持高速分组数据业务传送，在 CDMA2000 的发展中占据重要的地位。

高速分组接入（High Speed Packet Access，HSPA）是对 UMTS 进一步的增强，包括高速下行链路分组接入（High Speed Downlink Packet Access，HSDPA）和高速上行链路分组接入（High Speed Uplink Packet Access，HSUPA），HSDPA 于 2005 年年底开始商用化。

HSDPA 中引入了新的调制方式——正交幅度调制（Quadrature Amplitude Modulation，QAM），理论上支持 14.4Mb/s 的峰值速率（使用最低信道保护算法）。用户实际体验到的数据速率可以达到 1.8Mb/s 甚至 3.6Mb/s。

主要 3G 系统的参数对照如表 1-2 所示。

表 1-2 主要 3G 系统参数对照表

参数	3G 系统		
	WCDMA 或 HSPA	CDMA2000	TD-SCDMA
多址方式	FDMA+CDMA	FTMA+CDMA	FDMA-TDMA/CDMA
双工方式	FDD	FDD	TDD
工作频段/MHz	上行：1920~1980	上行：1920~1980	上行：1880~1920
	下行：2110~2170	下行：2110~2170	下行：2010~2025
载波带宽/MHz	5	1.25	1.6

续表

参数	3G 系统		
	WCDMA 或 HSPA	CDMA2000	TD-SCDMA
码片速率/ (Mchip/s)	3.84	1.2288	1.28
峰值速率/ (Mb/s)	下行: 14.1	下行: 3.1	下行: 2.8
	上行: 5.76	上行: 1.8	上行: 0.384
接收检测	相干检测	相干检测	联合检测
越区切换	软、硬切换	软、硬切换	接力切换

HSDPA 采用共享无线方案和实时（每 2ms）信道估计技术来分配无线资源，能够实现对用户的数据突发进行快速反应。此外，HSDPA 实现了混合自动重传（Hybrid Automatic Repeat Request, HARQ），这是一种在靠近无线接口的基站处实现的快速重传方案，能够快速适应无线传输信道特征的变化。HUSPA 是一种与 HSDPA 相对应的上行链路（从终端到网络）分组发送方案。HSUPA 不是基于完全共享信道的发送方案，每一个 HSUPA 信道实际上是具有自己专有物理资源的专用信道。HSUPA 的共享资源由基站来分配，主要是根据终端的资源请求来分配上行 HSPA 的发送功率。HSUPA 理论上可以提供高达 5.7M/s 的速率，当移动用户进行高优先级业务传输时，还可以使用比通常情况下分配给单个终端更多的资源。

HSPA+也称 HSPA 演进，是 HSDPA 和 HSUPA 技术的增强，目标是在 LTE 成熟之前，提供一种 3G 后向兼容演进技术。由于采用了大量新技术，例如，多输入多输出（Multiple Input Multiple Output, MIMO）技术和高阶调制（例如下行采用 64QAM，上行采用 16QAM），HSPA+有望在 WCDMA 系统的 5MHz 带宽上达到与演进 CMTS 相同的频谱效率。同时，HSPA+结构上也做了改进，降低了数据发送时延。

同时，CDMA2000 也在不断发展，出现了 1xEV-DO 和 1xEV-DV 两个 3G 版本的标准，而 1xEV-DO 逐步发展到 Revision C。北美 CDMA 技术不是本书研究的重点，这里不再赘述。

HSPA 的引入，使得移动网络由话音业务占统治地位的网络转换为数据业务占统治地位的网络。数据使用主要是由占用大量带宽的便携式应用推动的，这些应用包括互联网和内联网的接入，文件共享、用于分发视频内容的流媒体业务、移动电视以及交互式游戏。此外，视频、数据和话音业务的集成正在进入移动市场。

HSPA 被认为是当前 HSPA 和 UMTS 长期演进（Long Term Evolution, LTE）

间的过渡技术，与 3G 网络后向兼容，便于运营商平滑升级网络，在 LTE 网络进入实际商用前提高网络性能。随着家庭和办公室的移动业务逐步取代传统的时定网络话音和宽带数据业务，这对网络数据的容量和效率提出了更高的要求。因此，3GPP 提出了比 HSPA 具有更高性能的 LTE 以及其高级标准 LTE-A（LTE-Advanced），以改善用户的性能。

1.2.4 第四代移动通信系统

LTE 是 UMTS 无线接入技术标准的演进，在 3GPP 中称为演进的通用陆地无线接入网（Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network，EUTRAN）。在无线接入技术不断演进的同时，3GPP 还开展了系统架构演进（System Architecture Evolution，SAE）的研究。LTE 的分组核心网称为 EPC（Evolved Packet Core），采用全 IP 结构，旨在帮助运营商通过采用无线接入技术来提供先进的移动宽带服务。EPC 和 EUTRAN 合称演进分组系统（Evolved Packet System，EPS）是业界公认的第四代（The Fourth-Generation 4G）移动通信系统，但在实际应用中，人们更习惯用 LTE+（LTE 和 LTE-A）来指代 4G 移动通信网络。此外，CDMA2000 也有对应的 4G 标准超移动宽带（Ultra Mobile Broadband，UMB），但是 UMB 没有在全球范围内广泛应用。

1.2.5 第五代移动通信系统

随着物联网、车联网的兴起，移动通信技术又将成为万物互联的基础，由此带来爆炸性的数据流量增长、海量的设备连接以及不断涌现的各类新业务和应用场景。移动通信领域正在迎接新一轮的变革，从而诞生了 5G 移动通信系统。

5G 系统正逐步渗透到社会的各个领域，以用户为中心构建全方位的信息生态系统。5G 系统使信息突破时空限制，拉近万物的距离，通过无缝融合的方式，便捷地实现人与万物的智能互联。5G 系统将为用户提供光纤般的接入速率，“零”时延的使用体验，千亿设备的连接能力，超高流量密度、超高连接数密度和超高移动性等多场景的一致服务、业务及用户感知的智能优化，同时将为网络带来超百倍的能效提升和超百倍的比特成本降低，最终实现“信息随心至，万物触手及”的总体愿景。

5G 无线通信支持新的业务和应用场景，给人们的生活带来了很大的变化。5G 系统主要业务包括移动互联网及物联网业务。移动互联网业务可分为流类和会话类。由于超高清、3D 和沉浸式体验应用场景的出现，用户体验速率对无线技术形成新的挑战，例如，8 K（3D）的无压缩视频传输速率可达 100Gb/s，经过百倍压缩后，也需要 1Gb/s。物联网采集类业务以海量连接数量的激增对无线技术形成挑战，而控制类业务中，如车联网、自动控制等时延敏感业务要求时延低至毫秒量级，且需要保证高可靠性。

根据上述业务的分析，ITU 从增强型移动宽带（Enhanced Mobile Broad Band, eMBB）、大规模机器类通信（Massive Machine Type Communications, mMTC）、超可靠、低时延通信（Ultra Reliable Low Latency Communication, uRLLC）的三大应用场景上对 5G 技术规范做出了规划。eMBB 对应的是三维（3D）/超高清视频等大流量移动宽带业务，mMTC 对应的是大规模物联网业务，而 uRLLC 对应的是如无人驾驶、工业自动化等需要低时延高可靠连接的业务。

为了支持 5G 新型的业务和应用场景，5G 与 4G 相比较，需满足以下关键技术指标。

（1）传输速率提高 10~100 倍，支持 0.1~1Gb/s 的用户体验速率，用户峰值速率可达 10Gb/s。

（2）时延降低为原来的 1/10~1/5，达到毫秒量级。

（3）连接设备密度提升 10~100 倍，达到每平方千米数百万个。

（4）流量密度 100~1000 倍提升，达到每平方千米每秒数十太比特。

（5）移动性达到 500km/h 以上，实现高铁环境下的良好用户体验。

此外，能耗效率、频谱效率及峰值速率等指标也是重要的 5G 技术指标，需要在 5G 系统设计时综合考虑。

5G 网络可进一步分为独立组网（Standalone, SA）和非独立组网（Non-Standalone, NSA）两种类型，其中 5G NSA 组网是一种过渡方案，主要以提升热点区域带宽为目标，没有独立信令面，依托 4G 基站和核心网工作。SA 版本采用 5G 新型核心网络架构，具有完整的用户和控制平面功能。由于 SA 组网建设成本高，NSA 和 SA 会在一段时间内处于共存的状态，但 SA 是 5G 的发展方向 and 最终形态。

综上所述，目前已经商用的各代移动通信的发展历程如图 1-1 所示。

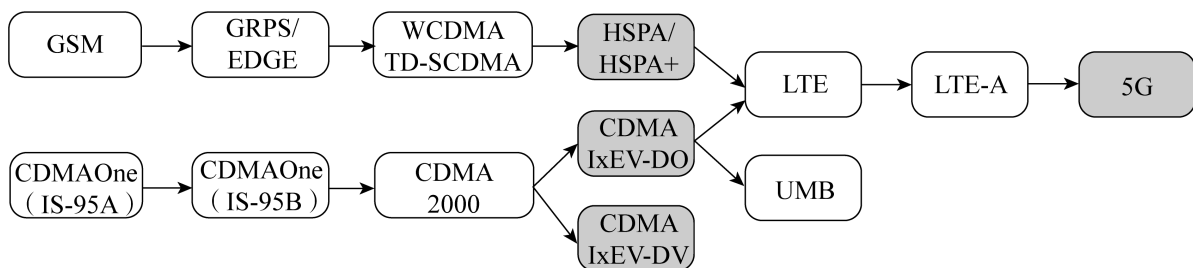


图 1-1 移动通信发展历程

1.3 移动通信展望

5G 商用网络将在业务与网络技术方面不断发展，并最终向 6G 网络演进。6G 网络是指 2030 年将要商用的移动通信网络。随着 5G 网络成功规模商用，全球产学研已在 2019 年正式启动 6G 潜在服务需求、网络架构与潜在使能技术的研究工作。

1.3.1 国内外现状

欧盟企业技术平台 NetWorld2020 在 2018 年 9 月发布了《下一代因特网中的智能网络》白皮书，在 2020 年制定了 6G 战略研究与创新议程与战略开发技术，并在 2021 年第一季度暨世界移动通信大会上正式成立欧盟 6G 伙伴合作项目。芬兰在 2018 年 5 月成立了 6G 旗舰项目。计划在 2018—2026 年投入 2.5 亿欧元用于 6G 研发，组织了 6G 无线峰会，并起草 12 个技术专题的 6G 技术白皮书。

美国联邦通信委员会（Federal Communication Commission, FCC）在 2018 年启动了 95GHz~3THz 频率范围的太赫兹频谱新服务研究工作；美国电信行业解决方案联盟（Alliance for Telecommunications Industry Solutions, ATIS）在 2020 年 5 月 19 日发布了 6G 行动倡议书。

日本政府在 2020 年夏季发布 6G 无线通信网络研究战略。韩国政府电子与电信研究所在 2019 年 6 月与芬兰奥鲁大学签订了 6G 网络合作研究协议；三星公司自 2019 年开始重点研究 6G、人工智能与机器人技术；LG 公司在 2019 年 1 月与韩国科学技术研究所合作建立了 6G 研究中心；SKT 公司与厂家联合研究 6G 关键性能指标与商务需求。

在我国，中国工业和信息化部已将原有的 IMT-2020 推进组扩展到 IMT-2030 推进