# 移动通信技术简介

16214274 邓健 16214256 于跃 16214258 曹渝 16214268 陈铭津 16214279 杜盈仪

## 0 引言

移动通信(Mobile Communication)是移动体之间的通信，或移动体与固定体之间的通信。

移动通信的发展历史可以追溯到19世纪。1864年麦克斯从该理论上证明了电磁波的存在，1876年赫兹用实验证实了电磁波的存在，1896年马可尼在英国进行的14.4公里通讯试验成功，从此世界进入了无线电通信的新时代。现代意义上的移动通信开始于20世纪20年代初。而现代通信技术发展从上世纪20年代起到现在，大致经历了五个阶段。其中从上世纪60年代中期到70年代中期为第四阶段，这一阶段是移动通信的蓬勃发展期，1G也是始于这一时期。而如今，人们生活中普遍使用的是4G移动通信技术，对于移动通信的研究也已经到了5G，可见移动通信技术发展十分迅速。所以本文主要从4G和5G移动通信技术展开讨论。

## 1 移动通信的调制方式

4G移动通信系统目前已经大规模投入使用，4G通信技术已经相当成熟。所以，移动通信技术的调制方式，将以4G通信技术为例。

4G移动通信系统主要是以OFDM为核心技术。OFDM技术实际上是多载波调制的一种，其主要思想是：将信道分成若干正交子信道，将高速数据信号转换成并行的低速子数据流，调制在每个子信道上进行传输。正交信号可以通过在接收端采用相关技术来分开，这样可以减少子信道之间的相互干扰。每个子信道上的信号带宽小于信道的相关带宽，因此每个子信道可以看成平坦性衰落，从而可以消除符号间干扰。而且由于每个子信道的带宽仅仅是原信道带宽的一小部分，信道均衡变得相对容易。

OFDM技术的优点：

（1）频谱利用率高，频谱效率比串行系统高近一倍。OFDM信号的相邻子载波相互重叠，其频谱利用率可以接近奈奎斯特极限。

（2）抗衰落能力强。OFDM把用户信息通过多个子载波传输，这样在每个子载波上的信号时间就相应地比同速率的单载波系统上的信号时间长很多倍，从而使OFDM对脉冲噪声和信道快衰落的抵抗力更强。

（3）适合高速数据传输。OFDM自适应调制机制使不同的子载波可以按照信道情况和噪声背景的不同使用不同的调制方式。当信道条件好的时候，应采用效率高的调制方式；而当信道条件差的时候，则应采用抗干扰能力强的调制方式。再有，OFDM加载算法的采用，使得系统可以把更多的数据集中放在条件好的信道上以高速率进行传送。因此，OFDM技术非常适合高速数据传输。

（4）抗码间干扰（ISI）能力强。码间干扰是数字通信系统中除噪声干扰之外最主要的干扰，它与加性的噪声干扰不同，是一种乘性干扰。造成码间干扰的原因有很多，实际上，只要传输信道的频带是有限的，就会造成一定的码间干扰。OFDM由于采用了循环前缀，故对抗码间干扰的能力很强。

## 2 移动通信的传输速率

移动通信的传输速率分为上行速率和下行速率。上行速率是指移动终端给基站发送信息时的数据传输速率，比如手机、笔记本等无线终端给基站传输数据速率；下行速率是指基站向移动终端发送信息时的传输速率，比如手机或笔记本等无线终端从基站或者网络下载数据的速率。

4G网络的理论峰值速率可以达到上行速率为50Mbps，下行速率为100Mbps。4G通信包括TD-LTE和FDD-LTE两种制式。4G能够以100Mbps的速度下载，比目前的家用宽带ADSL（4兆）快20倍，并能够满足几乎所有用户对于无线服务的要求。此外，4G可以在DSL和有线电视调制解调器没有覆盖的地方部署，然后再扩展到整个地区。

5G通信技术在传输速率方面，典型用户数据速率提升10到100倍，上行理论峰值数据速率可达10Gbit/s，下行理论峰值数据速率可达20Gbit/s。5G网络延迟大大降低，端到端时延缩短5倍，最高不超过4ms，最低仅为1ms，远远低于4G网络的20ms。

然而需要指出的是以上速率是指理论最高速率，实际的速率将会略低于上述速率。

无线传输增加传输速率大体上有两种方法，其一是增加频谱利用率，其二是增加频谱带宽。按照预期，最终5G的传输速率将可实现1Gb/s，比4G快十倍以上，要如何实现？这其中的关键技术在于5G采用了毫米波。与5G通信相比，4G-LTE的频段最高频率约在2GHz左右，因而其可用频谱带宽只有100MHz；使用毫米波频段，频谱带宽则可翻10倍，传输速率也将更快。因此，5G将不仅仅意味着10秒传输一部1GB电影，其还将支撑例如云端游戏、虚拟现实等更多的应用。

## 3 移动通信的编码技术

4g通信技术的编码方式主要包括Turbo码和LDPC码。

#### 3.1 Turbo码

Turbo码是一种信道编码方案，在1993年召开的国际通信会议上,由C.Berrou,A.Glavieux, P.thitimajshima等人提出。turbo码很好地利用了shannon信道编码定理中的随机性编译码条件，从而获得了几乎接近shannon理论极限的译码性能。仿真结果表明，在采用长度为65536 的随机交织器并译码迭代18 次情况下，在信噪比Eb/N0≥0.7dB 并采用BPSK 调制时，码率为1/2 的Turbo 码在AWGN 信道下的误比特率≤e-5，达到了与Shannon 极限仅相差0.7dB 的优异性能（1/2 码率的Shannon 极限是0dB）。

编码过程如图：主要由分量编码器，交织器，穿刺矩阵和复接器等组成。分量码一般选择为递归系统卷积（RSC）码，当然也可以选择分组码、非递归卷积（NRC）码以及非系统卷积（NSC）码。通常两个分量码采用相同的生成矩阵（也可不同）。

译码：使用两个SISO译码器(MAP算法)。

缺点: Turbo 码有两个缺点：（1）较大的译码时延,这样对于实时业务或高速数据的传输就非常不利；（2）BER 在10-5 后会出现误码平台，这是由于Turbo 码的重量分布造成的。对于某些对BER 要求较高的应用就不适合， 当然通过交织器的设计能够提供码字的最小距离，从而降低误码平台。

#### 3.2 LDPC码

LDPC码是一种线性分组码，它于1962年由Gallager提出。

LDPC 码所面临的一个主要问题是其较高的编码复杂度和编码时延。对其采用普通的编码方法，LDPC 码具有二次方的编码复杂度，在码长较长时这是难以接受的，幸运的是校验矩阵稀疏性使得LDPC 码的编码成为可能。目前，好的编码方法一般有如下几种情况：１、T.J.Richardson 和R.L.Urbanke 给出了利用校验矩阵的稀疏性对校验矩阵进行一定的预处理后，再进行编码。２、设计LDPC 码时，同时考虑编码的有效性，使Ｈ矩阵具有半随机矩阵的格式。３、H 矩阵具有某种不变特性所采用的其他编码方法，例如基于删除译码算法提出的编码方案

LDPC 码有很多种译码方法，本质上大都是基于Tanner 图的消息迭代译码算法。根据消息迭代过程中传送消息的不同形式，可以将LDPC 的译码方法分为硬判决译码和软判决译码。如果在译码过程中传送的消息是比特值，称之为硬判决译码；如果在译码过程中传送的消息是与后验概率相关的消息，称之为软判决译码，有时也称为和积译码算法。硬判决译码计算比较简单，但性能稍差；软判决译码计算比较复杂，但性能较好。为了平衡性能和计算复杂度，可以将两者结合使用，称为混合译码算法。根据消息迭代过程中传送的消息是否进行了量化及量化所使用的比特数，我们可以将译码方法分为无量化译码和量化译码。。目前主要的硬判译码算法有一步大数逻辑译码算法（MLG），Gallager 提出的比特翻转算法(BF)，加权的大数逻辑译码算法（WMLG），加权的比特翻转算法（WBF）以及一些对以上几种算法作改进的算法如IWBF 等硬判译码算法；软译码算法主要有迭代结构的置信传播算法（BP）（有时也称之为和积算法（SPA）），以及基于标准BP 算法，对信息进行部分处理，降低译码复杂度的译码算法，如UMP BP-based 算法(min-sum 算法)，Ｎormlized BP-based 算法，还有基于最优化理论的译码算法如线性规化算法（LP）。

## 4 第五代移动通信系统

#### 4.1 5G 移动通信的应用场景

从20世纪80年代到现今信息社会，在这30多年中，人们亲身经历着移动通信发展的变迁，人类社会之间的相互连接也越来越依赖于移动通信，使其成为人类信息网络的基础。人类的日常生活方式被移动通信的发展深刻的改变着，而且移动通信对国民经济发展的推动和社会信息化水平的提升也起到了重要的促进作用。如今4G的商用已经规模化，全球研究人员将研发的焦点聚集在对第五代移动通信（5G）的研究上。《5G网络架构白皮书》中提出，2020年之后，移动通信将迈入5G时代，5G有望规模化商用。2013年初，面向5G研发的METIS“mobile and wireless communications enablers for the 2020 information society”项目启动了，开始进行5G的研发，项目研究组由爱立信等通信设备商和运营商、宝马集团以及部分欧洲学术机构共29个成员共同组成；我国863计划关于5G重大项目一期和二期研发课题也分别于2013年6月和2014年3月启动。为了满足人类信息社会发展的需求，第五代移动通信（5G）系统应运而生。随着人类信息社会的发展，人们对移动互联网、物联网业务的需求不断提高，这就形成了未来移动通信发展的主要驱动力量。为了做到真正意义上的“万物互联”，实现5G总体愿景，满足无论是工业、医疗还是交通等多样化业务的需求。5G需要深度融入到各行各业各领域中，以便为用户在任何密度超高的场景下提供极致的体验。由于5G的接入速率是其他几代移动通信所无法企及的，因此无论在任何场景下，都能为用户带来零时延的极致体验，使用户的接入能力提升至可以连接数以千亿的设备，使网络能效得到极大的提升，与此同时，极大的降低网络成本。

5G在为用户带来极致体验的同时，需要解决挑战也有很多。众所周知，在不同应用场景下，移动通信的性能指标是不同的。因此，这就导致了5G面临的挑战的差异性。用户的体验速率、流量密度、时延、能效和连接数等均可以作为指标。从不同的角度出发，归纳出的5G技术场景也是有差异的。考虑到应用移动互、物联网的主要场景，面对移动网络的业务需求及挑战。从这个角度出发，归纳出四个主要场景，分别是连续广域覆盖、热点高容量、低功耗大连接和低时延高可靠。

连续广域覆盖和热点高容量场景是传统的4G主要技术场景，这个场景的提出主要是为了满足2020年及其以后移动互联网业务需求。

（1）连续广域覆盖场景

彻底完善了山区等边缘区域的覆盖，这种覆盖方式在移动通信中是最基本的。为了保证用户的移动性，满足互联网业务的连续性，使得移动通信高速业务得以在用户中间展开。该场景的主要挑战是无论什么时候、什么区域范围内，都能使用户体验到100Mbps速率。

（2）热点高容量场景

为局部热点区域中用户提供极高的数据传输速率，以满足移动网络对流量密度极高的需求。在这个场景中，所面临的主要挑战是使用户体验速率达到1Gbps、峰值速率达到数10Gbps和流量密度需求达到数10Tbps/km2。

5G新拓展的场景——低功耗大连接和低时延高可靠场景主要面向物联网业务，重点解决物联网及垂直行业应用，这两方面是传统移动通信无法很好支持地。

（1） 低功耗大连接场景

主要面向的应用场景是以传感和数据采集为目标的。这些场景具有一些特点，包括数据包小、功耗低、连接海量等。数量众多的移动终端分布范围广，这就不仅要求网络具备支持数千亿连接的能力，而且同时还要降低移动终端的功耗和成本。

（2） 低时延高可靠场景

主要面向垂直行业内的特殊应用需求，这些行业包括车联网、工业控制等。这类应用对通信的时延和可靠性都具有极其严格的指标要求，需要为用户提供零时延超极致体验，并且

保证通信业务的可靠性接近于1。

#### 4.2 5G 移动通信若干关键技术分析

（1）大规模天线阵列

为了满足5G多用户系统对容量和速率的需求，不得不提到具有支撑作用的大规模天线阵列。大规模天线阵列通过天线数目的增加，使得支持的独立空间数据流数量达到数十个之多，使系统的频谱效率得到极大的提升。但是，其在5G中的应用需要解决的关键问题有很多，包括大规模天线信道的测量与建模、码本、天线阵列的设计与校准、导频信号设计等问题。

（2）超密集组网

超密集组网能够改善网络覆盖，使得通信系统容量得到大幅度提升。并且，可以实现对业务的分流，使网络部署更加灵活、频率复用更加高效。超密集组网的密集网络部署使得网络拓扑更加复杂，小区间干扰成为抑制系统容量增长的主要因素，使得网络的能效极大降低，因此抑制干扰对这一技术非常重要。因此，干扰消除、密集小区间协作等都是超密集组网的研究热点。

（3）新型多址技术

目前提出的主要技术方案有四个，即“基于多维调制和稀疏码扩频的稀疏码分多址技术”、“基于复数多元码及增强叠加编码的多用户共享接入技术”、“基于非正交特征图样的图样分割多址技术”以及“基于功率叠加的非正交多址技术”。通过将发送信号维划分为不同的信道分配给用户——利用空间分割信道的是空分复用，按信号存在的时间不同划分信道的是时分复用，按传输信号的载波频率来划分是频分复用，按传输信号码型的不同来划分的是码分复用，将这样划分的信号叠加起来传输。实现了系统频谱效率的提升，减少了信令的开销。

（4）全频谱接入

通过有效利用频谱资源，达到系统传输速率和容量提升的目的。在全频谱接入上，高频段的信道建模与测量、高低频协同等都是其所需要研究的技术问题。

## 5 总结

随着智能手机性能提升及移动互联网发展，越来越多网民开始使用手机等移动设备接入互联网，移动设备应用逐渐从碎片化的阅读、通讯等相对简单的应用向粘度较大、时长较长的视频、商务类应用发展，称为网民购物、社交、娱乐、媒体的综合性平台，呈现出较大的经济效益。这些改变都得益于移动通信技术的迅猛发展。

移动通信的出现使人们可以在移动中进行信息的获取和交互，它的发展与普及改变了社会，也改变了人类的生活方式，让人们领悟到时代高速信息化的气息。每一代的移动通信技术的更新，都给人类更快更可靠的通讯。而对于即将降临的5G，它通过全新技术，融入了不同的频谱类型和频段，我们相信它不单单能让移动设备的通信速度更快，它的颠覆将要比过去任何一代的移动通信技术都要大得多。