

CDMA 系统的研究与 MATLAB 仿真

摘 要

CDMA(Code Division Multiple Access)是在扩频通信的基础上发展起来的。所谓扩频,是将原信号频谱扩展到宽带中进行传输的一种技术。它主要利用相互正交(或尽可能正交)的不同随机码区分用户,实现多用户同时使用同一频率接入系统和网络。经过几种网络的实现和发展,CDMA已经逐渐成熟起来。我国的CDMA发展十分迅速,网络构架已初具规模。预计在将来,CDMA将与GSM一样,在整个通信业起到举足轻重的作用。仿真是一个系统应用于实际生活前的模拟,能有效的发现问题、纠正问题,而MATLAB是最具影响力、最有活力的软件之一,在科学运算、自动控制、通信仿真等领域有着广泛地应用。本课题利用MATLAB对DS-CDMA系统进行仿真。

在研究DS-CDMA系统理论的基础上,利用SIMULINK对其进行仿真,根据系统功能和指标要求,对信道、扩频/解扩、QPSK(Quadrature Reference Phase Shift Keying,四相相移键控)调制/解调等模块进行了设计,并设置了相对应的参数,最后给出系统仿真的整个框图。

通过波形、频谱图、相位等结果,对系统进行了性能分析,并作了进一步改进与调试。仿真结果证明了整个设计系统的正确性。由频谱特性可以看出,信源信号的频谱被大大展宽,验证了扩频的实现;由误码率分析表明,系统对加性高斯噪声等具有一定的抗干扰能力等。可以看出,MATLAB在系统动态仿真中具有较大优越性和重要作用。

关键词: 直扩系统; CDMA; PN扩频; QPSK调制解调; simulink仿真

CDMA system research and simulation by MATLAB

Abstract

CDMA (Code Division Multiple Access) is a branch technology which based on the spectrum-spread of the digital communication. The spectrum spread is a kind of technology that expands the original signal frequency spectrum to a wide band in the transmission. It discriminates different users mainly by the different mutual orthogonal (or as far as possible orthogonal) random code. It can realize the communication which multi-users utilize the same frequency to connect to the system and the network. CDMA become more and more mature through the developments of several networks. The development of CDMA is very quick in China nowadays. The network configuration of CDMA is basically self-contained. CDMA will exert important functions in communication field as GSM in the future, but the amalgamation of CDMA and GSM is another direction. The simulation is the base of a system before it is used in the life, through which we can find the problems and correct them. Matlab is one of the most popular and vigorous software massively applied in science operation, automatic control, science cartography and correspondence simulation.

In my design, after studying the DS-CDMA system theory, take the Matlab to simulate it, mainly containing the PN code wide frequency design, the QPSK(Quadrature Reference Phase Shift Keying) modulation and demodulation

circuit design, the channel decline analysis and so on; finally contrast and analyze the results.

The simulation results indicate that the system design is right overall. From frequency spectrum picture, we can know that the source signal's frequency spectrum is greatly stretched; the error rate analysis indicated that the system has strong ability to resist the additive Gauss noise. MATLAB's correspondence dynamic simulation superiority can be seen in this simulation. We can predict the result quickly from the simulation.

Keywords: DS system; CDMA; PN spectrum-spread; QPSK modulation and demodulation; simulink simulation

目录

引言	1
第 1 章 绪论	2
1.1 课题的背景和研究意义.....	2
1.2 课题的发展概况及存在的问题.....	2
1.3 本文的主要研究内容.....	3
第 2 章 CDMA 系统理论	4
2.1 数字通信系统	4
2.2 扩频通信基础	5
2.3 CDMA 系统概述.....	6
2.4 IS-95CDMA	8
2.4.1 PN 码的生成	9
2.4.2 扩频与调制	10
2.4.3 信道	11
2.4.4 其他关键技术.....	11
第 3 章 DS-CDMA 系统的 MATLAB 仿真与调试	13
3.1 MATLAB 介绍.....	13
3.1.1 概述.....	13
3.1.2 SIMULINK.....	13

3.1.3 通信工具箱.....	13
3.2 通信仿真	14
3.3 DS-CDMA 系统各模块设计.....	14
3.3.1 信源.....	14
3.3.2 扩频.....	15
3.3.3 QPSK 调制	16
3.3.4 信道.....	16
3.3.4 误码计算.....	17
3.4 DS-CDMA 系统仿真框架.....	17
3.5 SIMULINK 仿真结果及分析.....	18
结论与展望	26
致谢	27
参考文献	28
附录 A CDMA 系统仿真图	29
附录 B 参考文献题录及摘要	30
附录 C 外文文献及译文.....	32

插图清单

图 2-1 数字通信系统模型.....	4
图 2-2 直扩 (DS) 系统结构图.....	5
图 2-3 CDMA 技术标准化发展阶段.....	7
图 2-4 下行链路业务信道的发送部分框图.....	9
图 2-5 下行链路业务信道的接收部分框图.....	9
图 2-6 PN 码生成器.....	9
图 2-7 m1 状态转换图.....	9
图 2-8 m2 状态转换图.....	10
图 2-9 IS-95 前向链路信道扩频与调制.....	10
图 2-10 IS-95 前向链路 QPSK 调制星座图及相位转移关系.....	11
图 3-1 通信系统仿真流程.....	14
图 3-2 二进制贝努利序列产生器.....	14
图 3-3 PN 序列产生器.....	15
图 3-4 I 路 PN 序列参数.....	15
图 3-5 Q 路 PN 序列参数.....	15
图 3-6 扩频模块.....	16
图 3-7 QPSK 基带调制模块.....	16
图 3-8 QPSK 基带调制模块参数设置.....	16
图 3-9 高斯白噪声信道模块图.....	17
图 3-10 误码率统计模块.....	17

图 3-11 DS-CDMA 系统仿真框图	18
图 3-12 信源波形	18
图 3-13 信源频谱图	19
图 3-14 I 路 PN 序列	19
图 3-15 I 路扩频后信号	20
图 3-16 I 路扩频后信号频谱图	20
图 3-17 Q 路 PN 序列	21
图 3-18 Q 路扩频后信号	21
图 3-19 Q 路扩频后信号频谱图	22
图 3-20 QPSK 基带调制后信号幅度	22
图 3-21 QPSK 基带调制后信号相位	23
图 3-22 QPSK 基带调制后信号频谱	23
图 3-23 通过信道加噪后的信号频谱图	24
图 3-24 接收信号频谱图	24
图 3-25 误码率统计图	25

表格清单

表 3-1 二进制贝努利序列产生器参数设置.....	14
表 3-2 高斯白噪声信道模块参数设置.....	17
表 3-3 误码率统计的模块的参数设置.....	17

引言

随着社会、经济的发展,移动通信得到越来越广泛的应用,移动通信技术的发展日新月异。CDMA(Code Division Multiple Access)码分多址,作为一种抗干扰的通信手段,很早就在军事通信中得到应用。但将CDMA技术应用于民用的数字蜂窝移动通信系统,还是80年代末由美国Qualcomm公司实现的。码分多址以扩频为基础,传输信息的信号带宽远大于信息带宽。给每个用户分配一个唯一的扩频码,通过该扩频码的不同来识别用户。由于CDMA手机发射功率小,且采用先进的软切换技术,不会出现掉线现象。使用CDMA网络,运营商的投资相对减少,这就为CDMA手机资费的下调预留了空间。另外,容量比模拟技术高10倍,超过GSM网络约4倍。基于宽带技术的CDMA使得移动通信中视频应用成为可能。另外,所有的第三代移动通信系统都采用了CDMA技术,对CDMA的研究具有一定的价值。

随着社会节奏的加快,产品的更新速度也越来越快,引入仿真软件进行仿真已经是必不可少。仿真既可利用仿真软件,也可通过高级语言编程实现。利用软件包,建模十分方便,可大大节省编程时间,甚至可省去编程过程。其中,MATLAB是最具影响力、最有活力的软件之一,在科学运算、自动控制、通信仿真等领域有着广泛的应用。目前已有一些研究可以作为参考,但大多数都是针对系统中的某一模块进行仿真^[8]。

本文用MATLAB对DS-CDMA系统进行仿真^[6],建立了系统仿真模型,能够方便、形象的描绘DS-CDMA的工作原理和过程;通过结果分析了各个模块的特性,并指出仿真建模中要注意的问题。结果证明了通信理论和整个系统设计的正确性,对进一步研究相关理论有着积极的作用和意义,能够在模拟系统的过程中找出缺点和不足,并加以研究纠正,以便更好的应用到实际当中。

第 1 章 绪论

1.1 课题的背景和研究意义

目前，CDMA技术正逐渐向新一代的通信标准3G过渡，这是技术发展、用户需求、市场竞争等各方面因素造成的。对CDMA的研究具有一定的价值。

随着社会节奏的加快，产品的更新速度越来越快，而且实际的通信系统功能结构相当复杂，因此，在对原有的通信系统做出改进或建立一个新系统之前，通常需要对这个系统进行建模和仿真，通过仿真结果衡量方案的可行性，从中选择最合理的系统配置和参数设置，然后再应用于实际系统中。而MATLAB是最具影响力、最有活力的软件之一，在科学运算、自动控制、通信仿真等领域有广泛应用。利用MATLAB实现DS-CDMA系统的仿真，设计系统的主要模块和参数，是目前研究的热点之一，同时它也代表了以后CDMA设计的发展方向。本课题正是基于以上现状提出的。

1.2 课题的发展概况及存在的问题

CDMA(Code Division Multiple Access)是由Qualcomm, Inc. 公司开发的一种技术，直译为码分多址，是在扩频通信的基础上发展起来的。它利用相互正交(或者尽可能正交)的不同编码分配给不同用户调制信号，实现多用户同时使用同一频率接入系统和网络。它会将原信号频谱带宽扩展，即所谓的扩频(简单地说就是把频谱扩展)。CDMA通信系统采用的是直接序列扩频方式，用一个码序列(高速)去调制原始数据信息(低速)，调制后的信息就能以高速传输^[4]。

中国CDMA的发展并不迟，也有长期军用研究的技术积累。93年国家863计划已开展CDMA蜂窝技术研究。94年Qualcomm首先在天津建技术试验网。1998年具有14万容量的长城CDMA商用试验网在北京、广州、上海、西安建成，并开始小部分商用。同时联通也在广东、北京、天津、上海等地建CDMA商用试验网。经过几年的发展，各地的CDMA网已经初具规模，发展速度之快令世人瞩目。

在网络建设的同时，我国在CDMA标准制定和实施方面也有了很大的发展。在1999年4月成立了中国无线通信标准研究组CWTS，其主要目的是加强我国的标准制订工作。我国目前采用的CDMA标准主要是向美国标准靠拢，同时结合我国的实际情况。如空中接口在美国的标准中注重CDMA与AMPS双模兼容，而在我国则没有这种需求，因此其频率、基本频道的设置及IMSI等方面都需要进行修改；在A接口上，美国的标准兼容了多种制式，而在我国只需要其中的CDMA一种；同样网络接口IS-41系列标准也需要进行必要的修改。在吸收和引进国外各项标准的同时，我国也正在积极开发满足我国电信网络的CDMA标准，并且已经向国际电信联盟递交了第三代移动通信技术规范TD-CDMA标准，该标准在1999年11月结束的有关世界第三代移动通信标准制订会上被最终确定为第三代移动通信技术规范的系列标准之一。这是中国提出的电信技术标准第一次被国际电信联盟所采用，同时也证明了我国的通信技术水平已逐渐与世界同步，我们的民族产业也日益引起世界的瞩目。

随着通信系统的复杂性不断增加，传统的设计方法已经不能适应发展的需要，因而要通过仿真，来降低系统失败的可能性，优化系统的整体性能，因此仿真是通信技术研究不可缺少的方法。而通信系统仿真是一个螺旋式上升的过程，在这个过程中可能需要对原来的仿真模型进行若干次的修改，才能实现最初的设计目标。

目前，已有一些研究成果可以借鉴，比如，张广森等^[5]

利用MATLAB数据流仿真模式实现了对CDMA系统的模拟，给出了系统各点的波形情况，并对结果进行了简单的分析。许丽艳^[9]对CDMA通信系统多址干扰的仿真结果证明，多址干扰是CDMA系统本身存在的自我干扰，它限制了CDMA蜂窝移动系统的容量，对系统容量起主要制约作用。席在芳等人^[3]利用SIMULINK对现代通信系统DPCM和PCM仿真分析后提出了存在的问题及改进方案：1) 差错不可控，没有检错和纠错编码，可靠性不好。对于该问题，可以在发送部分加入信道编码；2) 由于是数字通信系统，所以频带利用率不高。克服数字通信不足的办法：降低每路信号的频带宽度，也就是压缩编码率，用更少的码位数来表示信号，比较可行的系统就是ADPCM(Adaptive DPCM)系统。另外采用复用技术，在有限的频带内，利用各个信号所占的频率不同来传输。

综上所述，大多数仿真都是针对系统中的某一模块，或者是对系统的某个性能指标进行分析，没有反映整个系统的运行过程。

1.3 本文的主要研究内容

本课题主要是对DS-CDMA系统理论的研究和基于MATLAB的仿真设计，包括：

- 1、首先对CDMA系统原理进行了研究，了解了系统的工作过程，为系统的设计奠定基础；
- 2、对CDMA的关键技术及性能特点进行详细的分析和讨论；
- 3、在上述研究工作的基础上，提出DS-CDMA的总体设计方案，包括从信源到信宿的各模块设计，并详细地分析了整个系统的工作原理。
- 4、运用MATLAB动态SIMULINK模块进行仿真设计，通过仿真结果来验证和分析DS-CDMA系统中各模块的性能。

第 2 章 CDMA 系统理论

2.1 数字通信系统

通信的目的是传递消息中的信息。例如，符号、文字、语音、数据、图象等都是消息 (message)。人们接收消息，关心的是消息中包含的有效内容，即信息 (information)。消息必须转换为电信号 (常简化为信号 signal) 才能在通信系统中传输——消息被载荷在电信号的某一参量上。所以，信号是传输消息的手段，是载体。

各种不同的消息可以分成两类：离散消息和连续消息。代表消息的电信号，按其代表消息的参量的取值方式不同，可以分为模拟信号 (如语音信号) 和数字信号 (如代表文字的编码、计算机数据信号等)。代表数字信号一个取值的波形称为一个码元。和上述信号的分类相对应，通信系统分成模拟通信系统和数字通信系统。

数字通信系统有多种，例如数字电话系统、高速计算机并行数据处理传输系统等。点对点的数字通信系统模型，一般可用图 2-1 所示，当然实际的数字通信系统并非一定要包括所有的环节。图中同步环节没有出示，因它的位置往往是不固定的。

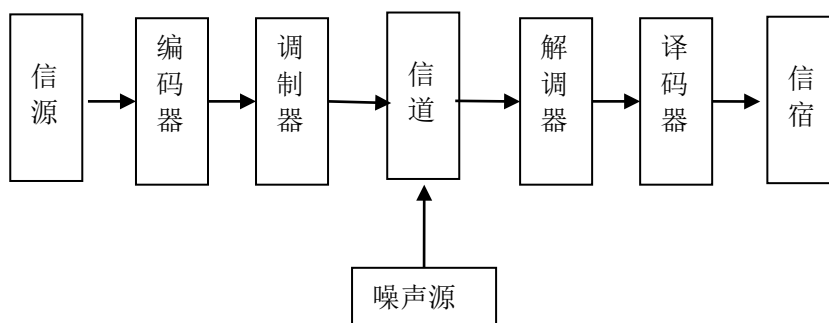


图2-1 数字通信系统模型

信源将消息转换为原始电信号(基带信号)。典型例子有话筒(语音到音频电信号)、摄像机(图像到视频电信号)、电传机(字符到数字信号)等。

编码器包括信源编码和信道编码。信源编码实现两个功能：1、除去信源中的多余信息(数据压缩)，提高传输效率；2、当信源发出的是模拟信号时，将其转换成数字信号，以实现模拟信号的数字化传输。信道编码是在信号中按一定规则加入一些保护成分(监督元)，译码器从解码过程中发现或纠正错误，提高传输的可靠性。

调制器是将基带信号变换成适合具体信道传输的信号。

信道：传送物理信号的设施。如明线、双绞线、同轴电缆、光纤、无线电波等。

噪声源：是整个系统受噪声干扰的集中反映。

信宿：将恢复的信号转换为原始消息。耳机、扬声器、显像管等。

解调和译码分别与编码和调制对应，实现反变换。

在实际系统中，可能涉及更多的设备，如加密器、滤波器、放大器等。另外，数字通信还有同步问题。

相对而言，数字通信具有抗干扰能力强、保密性好、灵活性高、便于集成和微型化等优点，但都以占据更多系统带宽为代价，并且对同步要求高，系统设备比较复杂。通信方式从模拟向数字通信发展是通信技术发展的总趋势。

如果将基带信号直接在信道中传输，易受高频电磁波干扰，而且整个信道只传输一种信号，信道利用率低。为了充分利用信道，将多路信号组合成群信号，在一条信道上同时传输——信道复用。根据合并与区分各信号的方法不同，主要有三种复用方式，即频分复用(FDM)、时分复用(TDM)和码分复用(CDM)。码分复用是用一组包含互相正交的码字的码组携带多路信号，即 CDM。

考虑如何解决众多用户高效共享给定频谱资源的问题时就涉及到多址方式，常规的有频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)等。

CDMA是以扩频通信为基础的。

2.2 扩频通信基础

扩频是用来传输信息的信号带宽远远大于信息本身带宽的一种传输方式，频带的扩展由独立于信息的扩频码(一般是伪随机码Pseudo Noise, PN码)实现，与所传数据无关，在接收端用同步接收实现解扩和数据恢复。扩频通信的理论基础为香农定理

$$C = B \cdot \log_2(1 + S/N)$$

(2-1)

式中，C为信道容量，单位为bps，表示通信信道所允许的极限传输速率，也表示了所希望得到的性能；B为信道带宽(也被称为系统带宽)，表示要付出的代价；S/N为信噪比，单位dB，表示周围的环境或物理特性。由式(2-1)可得出重要结论：对于给定的信息传输速率，可以用不同的带宽和信噪比的组合来传输。扩频通信系统正是利用这一理论，将信道带宽扩展许多倍以换取信噪比上的好处，增强了系统的抗干扰能力。

扩频通信的重要参数扩频增益，反映了由频谱扩展对抗干扰性的强弱。定义为：

$$G = \frac{S_o / N_o}{S_i / N_i} = \frac{B_w}{R_b} \quad (2-2)$$

式中， S_i 和 S_o 分别为输入、输出信号功率； N_i 和 N_o 分别为输入、输出干扰功率； B_w 为随机码的信息速率， R_b 为基带信号的信息速率。

常用的扩频方式有跳频(Frequency Hopping, FH)、直接序列扩频(Direct Sequence

Spread Spectrum, DS) 以及复合式扩频等。

直接序列扩频 (DS)，是直接利用具有高码率的扩频码序列在发送端扩展信号的频谱^[14]，而在接收端，用相同的扩频码序列进行解扩，把展宽的扩频信号还原成原始的信息，是一种数字调制方法。直扩系统的原理框图如图 2-2 所示。

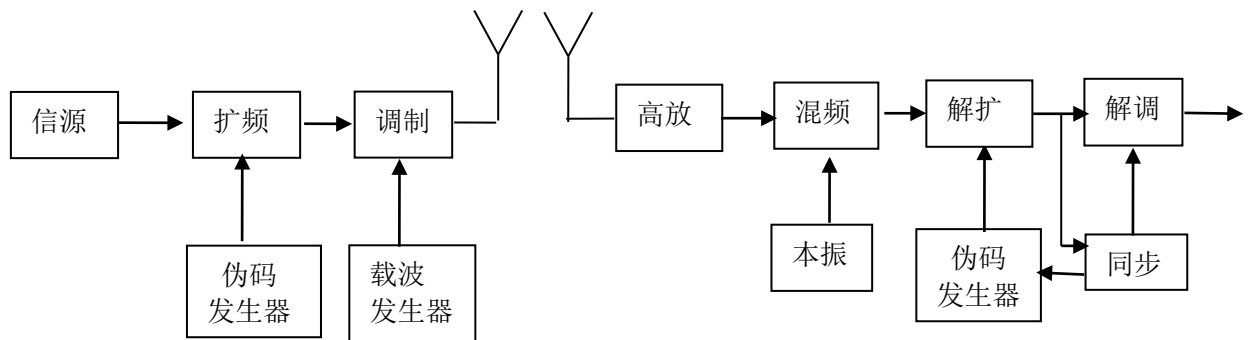


图2-2 直扩(DS)系统结构图

具体说，就是将信源与一定的 PN 码进行模二加。例如，在发送端将 1 用 1100010011 代替，而将 0 用 0011001011 代替，这个过程就实现了扩频。而在接收端只要把收到的序列 11000100110 恢复成 1，0011001011 恢复成 0，这就是解扩。这样信源速率就被提高了 10 倍，同时也使处理增益达到 10db 以上，从而有效地提高了整机信噪比。

解扩过程中主要处理的就是同步问题。同步系统的作用就是要实现本地产生的 PN 码与接收到的信号中的 PN 码同步，即频率上相同、相位上一致。同步过程一般说来包含两个阶段：

(1) 接收机在一开始并不知道对方是否发送了信号，因此需要有一个搜捕过程，即在一定的频率和时间范围内搜索和捕获有用信号。这一阶段也称为起始同步或粗同步，也就是要把对方发来的信号与本地信号在相位之差纳入同步保持范围内，即在 PN 码一个时片内。

(2) 一旦完成这一阶段后，则进入跟踪过程，即继续保持同步，不因外界影响而失去同步。也就是说，无论由于何种因素两端的频率和相位发生偏移，同步系统能加以调整，使收发信号仍然保持同步。

接收到的信号经宽带滤波器后，在乘法器中与本地PN码进行相关运算。此时搜捕器件，调整压控钟源，调整PN码发生器产生的本地脉序列伪重复频率和相位，以搜捕有用信号。一旦捕获到有用信号后，则起动跟踪器件，由其调整压控钟源，使本地PN码发生器与外来信号保持同步。如果由于采种原因引起失步，则重新开始新一轮搜捕和跟踪过程。

2.3 CDMA 系统概述

扩频通信系统中采用伪随机序列扩频，在实际的通信系统中可以利用不同的伪随机序列作为不同用户的地址码，从而实现码分多址通信。常用的PN序列有m序列、Walsh序列及GOLD序列。

码分多址系统利用码序列正交性和准正交性来区分不同用户，在同频、同时的条件下，各个接收机根据不同信号码型之间的差异分离出需要的信号。由于用地址码区分用户，用户的信号对频率、时间和空间没有限制，在这些方面它们可以重叠。系统的接收端必须有完全一致的本地地址码，用来对接收的信号进行相关检测。其他使用不同码型的信号因为和接收机本地产生的码型不同而不能被解调。它们的存在类似于在信道中引入了噪声或干扰，通常称之为多址干扰。

CDMA技术的标准化经历了如下几个阶段(如图2-3所示)：IS-95是CDMA One系列标准中最先发布的标准，真正在全球得到广泛应用的第一个CDMA标准是IS-95A，这一标准支持8K编码话音服务。其后又分别出版了13K话音编码器的TSB74标准，支持1.9GH的CDMA PCS系统的STD-008标准。随着移动通信对数据业务需求的增长，1998年，IS-95B标准应用于CDMA基础平台。IS-95B可提高CDMA系统性能，并增加用户移动通信设备的数据流量，提供64Kb/s数据业务的支持。其后，CDMA2000成为窄带CDMA系统向第三代系统过度的标准。CDMA2000在标准研究的前期，提出了1X和3X的发展策略，但随后的研究表明，1X和3X增强型技术代表了未来发展方向。

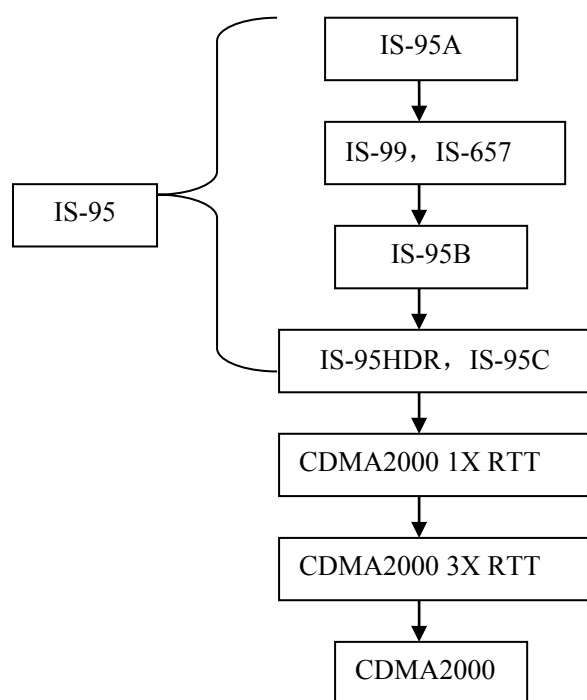


图2-3 CDMA技术标准化发展阶段

CDMA (码分多址) 蜂窝系统与 FDMA (频分多址) 和 TDMA (时分多址)

系统相比，CDMA 系统具有以下突出优点：

1. 抗干扰性能好。由于 CDMA 经过扩频处理，故抗干扰性能好，可和同频带的窄带共存，而不影响其正常工作。

2. 抗多径衰落能力强。多径衰落是影响移动通信质量的一个突出问题，通常必须采取空间分集、自适应均衡等技术加以克服，还有较大衰落余量。CDMA 系统可以利用多径信号提供路径分集，这样不但缓和瑞利衰落，而且还缓和了因物理遮挡所造成的慢衰落，从而大大提高通信质量。

3. 系统容量增大。对于 FDMA 与 TDMA，若小区的频点或时隙一分配完，则小区就不能接收新的呼叫，容量有硬性限制。而 CDMA 是干扰受限系统，在指定的干扰电平下，即使用户数已达到限定数目时，也还允许增加个别用户，其缺点是造成话音质量下降。业务提供者可在容量与话音质量之间进行平衡。CDMA 精确的功率控制和软切换技术大大降低了干扰信号的强度和所需的信噪比要求，而且有效地采用诸如话音激活或可变速率话音编码、分集接收、功率控制。据介绍，CDMA 信噪比是 DAMPS、TDMA 的 3.7 倍，是 TACS 的 11.2 倍，是 AMPS 的 13.6 倍，是 FM/FDMA 方式的 20 倍。

4. 通信质量好。CDMA 系统采用直接序列扩频技术，综合应用时间分集、频率分集、空间分集、路径分集等多种分集技术克服多径效应，可以获得很强的抗干扰能力，加上它在越区切换时采用先建立后中断的软切换技术，保证了 CDMA 的通信质量，特别在越区切换时无乒乓效应。本系统属宽带低噪比，波形允许采用高冗余度纠错编码和高效数字调制技术来确保高质量话音和数据传输。

5. 频率利用率高。CDMA 系统的同一频率，可以在所有小区内重复使用，其频率复用率为 $2/3$ (FDMA 和 TDMA 的频率复用率为 $1/7$)，不需要 FDMA 和 TDMA 那样进行频率配置，大大简化了小区分裂和微蜂窝引入。

6. 多址能力强。CDMA 系统多址能力决定扩频编码间的多址干扰大小，它与使用的扩频编码方案有关，与同时发送信号的用户间的多址干扰（即扩频编码的相关特性）有关，与允许的接收质量有关（输出信噪比），因此同时工作用户间的多址干扰越低，能允许的接收质量越低，CDMA 技术的多址能力就越强。

7. 高度可靠的保密安全性。CDMA 移动通信系统是一个保密通信系统，若再加一定的加密算法技术，能大大提高通信保密性能，这是 FDMA、TDMA 系统所无法比拟的。分析其采用的扩频系统，要想截获别人的通信内容几乎是不可能的，如只要机内锂电池不放完电，它以 512KHz 的时钟频率加以改变其序列的即时状态，即使是连续工作，它的扩频地址序列周期也长达 7 年。它还可以方便地在 CDMA 系统设置和改变主密钥、副密钥、扩频码表、标准加密算法等，使通信的保密性更为可靠。

8. 手机功耗小。CDMA 采用功率控制后，仅在衰落期间调高发射功率电平，从而使平均发射功率减小，FDMA 的最小功率为 5mW、平均发射功率为 794mW、峰值功率为 3W，而 CDMA 的最小功率为 2.3mW、平均发射功率为 5mW、峰值功率为 100mW。由此可见 CDMA 的平均发射功率和最大发射功率比 FDMA 低，从而使系统容量增加，减少了小区数和降低设备成本。

2.4 IS-95CDMA

IS-95标准的全称是“双模宽带扩频蜂窝系统的移动台-基站兼容标准”，是1992年由美国高通公司提出的。IS-95CDMA(码分多址)蜂窝系统工作频带为：上行(移动台发，基站收)870~894MHz；下行(基站发，移动台收)825~849MHz；双工间隔为45MHz。应用蜂窝结构的IS-95系统采用CDMA的接入技术，载频间隔为1.25MHz，每个小区可采用相同的载波频率。为了与第三代5MHz带宽的CDMA系统区分，一般将IS-95CDMA系统又称为N-CDMA(窄带码分多址)移动通信系统。

对于在实际生活中应用的CDMA系统，是一个相当复杂的系统，但就发送方和接收方来对CDMA进行划分，它至少含有上行和下行的链路。其中由移动台发向基站的无线线路，称为上行链路；由基站发向移动台的无线线路，称为下行链路(前向链路)。

IS-95系统下行链路最多可以有64个同时传输信道，它们是在PN序列上再采用正交的Walsh码进行区分信道，采用同一个射频载波发射。移动台对来自不同基站的前向链路信号则是通过PN短码的不同偏置来区分。

物理信道采用的正交码为64阶的Walsh函数^[13]，即生成的Walsh序列长度为64个码片。正交信号有64个Walsh码型，因而，可提供的码分物理信道共64个。

在CDMA蜂窝系统中，除去要传输业务信息外，还必须传输各种必需的控制信道。为此，CDMA蜂窝系统在基站到移动台的传输方向上，设置了导频信道、同步信道、寻呼信道和前向业务信道。

1. 导频信道

传输由基站连续发送的导频信号。导频信号是一种无调制的直接序列扩频信号，令移动台可迅速而精确地捕获信道的定时信息，并提取相干载波进行信号的解调。移动台通过对周围不同基站的导频信号进行检测和比较，可以决定什么时候需要进行过境切换。

2. 同步信道

主要传输同步信息。在同步期间，移动台利用此同步信息进行同步调整。一旦同步完成，它通常不再使用同步信道，但当设备关机后重新开机时，还需要重新进行同步。

3. 寻呼信道

在呼叫连续阶段传输寻呼移动台的信息。移动台通常在建立同步后，接着就选择一个寻呼信道来监听系统发出的寻呼信息和其它指令。

4. 前向业务信道

前向业务信道用于发送用户业务数据，同时也发送信令信息，共有四种传输速率(9600、4800、2400、1200b/s)。

图 2-5 和 2-6 分别为下行链路业务信道发送部分和接收部分的基本框图^[12]。本文将主要研究扩频和调制模块。

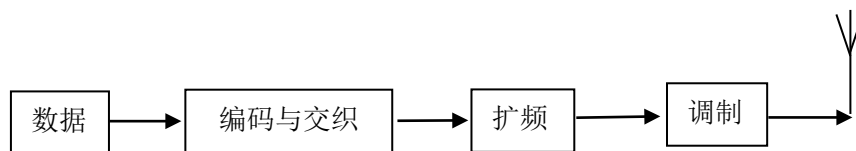


图2-4 下行链路业务信道的发送部分框图

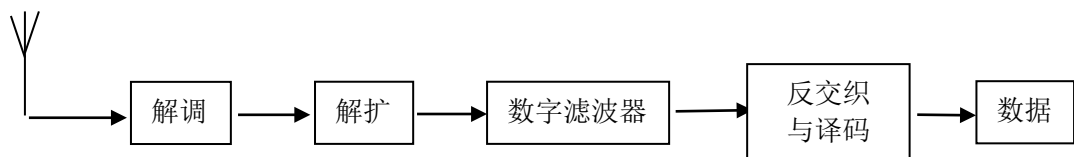


图2-5 下行链路业务信道的接收部分框图

2.4.1 PN 码的生成

在所有的 PN 序列中, m 序列是最重要、最基本的一种伪随机序列。二进制的 m 序列, 即最长线性移位寄存器序列, 有优良的自相关特性。“伪”的意思是说这种码是周期性的序列。最为简单的一种 m 序列产生原理图如图 2-5 所示。

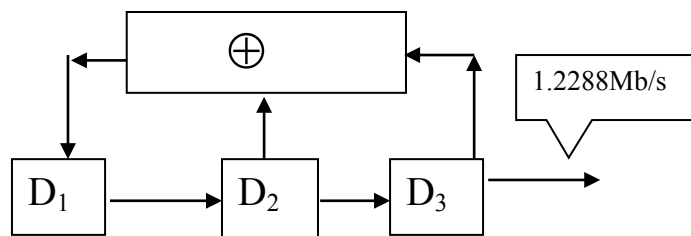


图2-6 PN码生成器

图中 D1、D2、D3 为其延迟寄存器, 其中 D2、D3 参与了电路的反馈。在实际中, 寄存器还会增多, 反馈的参与量也会不断的增多, 整个 PN 序列的状态数也就不断地增多。由 m 序列的自相关性可得 PN 码有 $2^3-1=7$ 种, 其中两种 $m_1=1001011$, $m_2=0101110$ 的状态图如图 2-7、2-8 所示, 其它五种略。

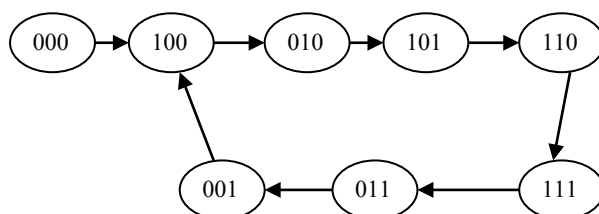


图2-7 m1状态转换图

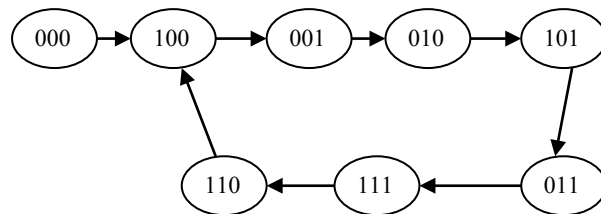


图2-8 m2状态转换图

实际情况是没有如此简单的 m 序列的。m 序列中缓冲器的个数往往几十甚至上百。这样生成 r 位的 m 序列，其状态是 $2^r - 1$ 种，将是相当复杂的状态系统（有专门的表格可以进行查验）。

IS-95 系统中，调制器在同相支路 (I) 以及支路 (Q) 引入了两个互为准正交的 PN 短码序列^[15]，其码速率固定为 1.2288Mcps。其生成多项式分别为

I 支路：

$$P_I(x) = x^{15} + x^{13} + x^9 + x^8 + x^7 + x^5 + 1$$

Q 支路：

$$P_Q(x) = x^{15} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^6 + x^5 + x^4 + x^3 + 1$$

按照上式产生的 m 序列周期长度为 $2^{15} - 1$ ，其码的平衡性较好。

不同的基站使用相同的 PN 序列，但采用不同的偏置来识别。

由于本论文只对业务信道进行研究，不涉及到信道的区分，也就不涉及正交码的生成。

2.4.2 扩频与调制

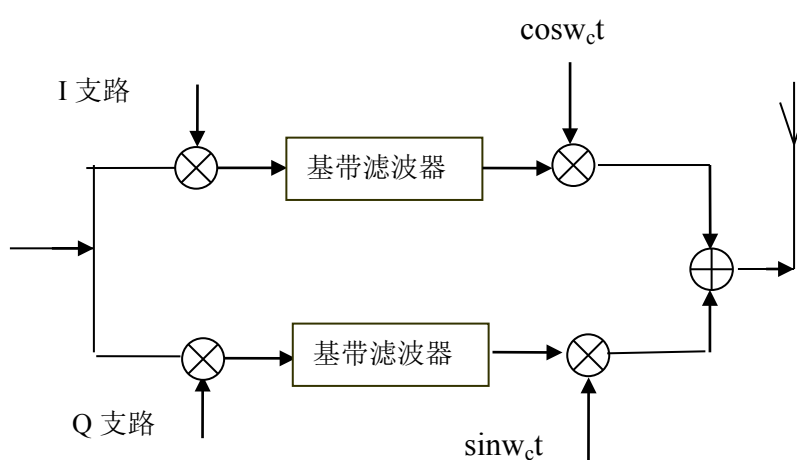


图 2-9 IS-95前向链路信道扩频与调制

由图 2-9 可以看出，一个信道的数据分别与两个不同的 PN 短码进行模 2 相加，然后进行基带滤波，成型后的 I 路和 Q 路信号使用同相载波进行调制，相加之后发送出去^[10]。如果将 (0, 1) 映射至 (+1, -1)，则调制过程中的星座图及相位转换关系如图 2-10 所示。

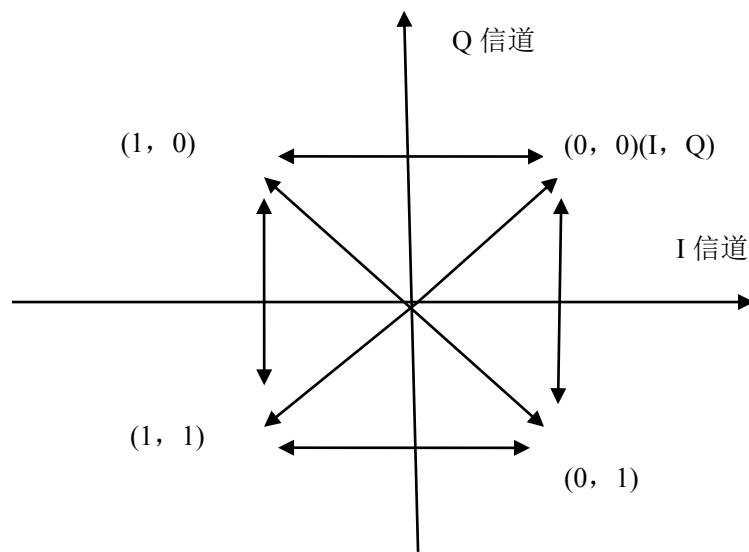


图2-10 IS-95前向链路QPSK调制星座图及相位转移关系

2.4.3 信道

信道是通信系统的基本环节之一。信道时变是指信道参数随时间变化，它对信号传输的影响是使输入信号的频率弥散。若输入信号是单频信号，经过时变信道后的输出不再是单频信号，而是一个窄带的信号，带宽大小视时变因素的快慢而定。信道时变造成接收信号的强度随时间变化的现象，称为衰落。根据信道中占据主导地位的噪声的特点，信道可以分成加性高斯白噪声信道、二进制对称信道、多径瑞利衰落信道和伦琴衰落信道等。

2.4.4 其他关键技术

1. 功率控制

功率控制技术是 CDMA 系统的核心技术。CDMA 系统是一个自扰系统，所有移动用户都占用相同带宽和频率，“远近效应”问题特别突出。CDMA 功率控制的目的是克服“远近效应”，使系统既能维护高质量通信，又不对其他用户产生干扰。功率控制分为前向功率控制和反向功率控制，反向功率控制又可分为仅由移动台参与的开环功率控制和移动台、基站同时参与的闭环功率控制。

(1) 反向开环功率控制。它是移动台根据在小区中接受功率的变化，调节移动台发射功率以达到所有移动台发出的信号在基站时都有相同的功率。它主要是为了补偿阴影、拐弯等效应，所以它有一个很大的动态范围，根据 IS-95 标准，它至少应该达到正负 32dB 的动态范围。

(2) 反向闭环功率控制。闭环功率控制的设计目标是使基站对移动台的开环功率估计迅速做出纠正，以使移动台保持最理想的发射功率。

(3) 前向功率控制。在前向功率控制中，基站根据测量结果调整每个移动台的发射功率，其目的是对路径衰落小的移动台分派较小的前向链路功率，而对那些远离基站的和误码率高的移动台分派较大的前向链路功率。

2. RAKE 接收技术

移动通信信道是一种多径衰落信道，RAKE 接收技术就是分别接收每一路的信号进行解调，然后叠加输出达到增强接收效果的目的，这里多径信号不仅不是一个不利因素，而且在 CDMA 系统变成一个可供利用的有利因素。

3. 软切换技术

移动台如果与两个基站同时连接时进行的切换称为软切换。在 CDMA 系统中软切换可以减少对于其它小区的干扰，并通过宏分集还可以改善性能。更软切换则指的是一个小区内不同扇区间的软切换。软切换的原理如下：移动台在上行链路中发射的信号被两个基站所接收，经解调后转发到基站控制器 (BSC)，下行链路的信号也同时经过两个基站再传送到移动台。移动台可以将收到的两路信号合并，起到宏分集的作用。因为处理过程是先通后断，故称为软切换，而一般的硬切换则是先断后通。CDMA 系统工作在相同的频率和带宽上，因而软切换技术实现起来比 TDMA 系统要方便容易得多。

4. 编码技术

目前 CDMA 系统的话音编码主要有两种，即码激励线性预测编码 (CELP) 8kbit/s 和 13bit/s。8kbit/s 的话音编码达到 GSM 系统的 13bit/s 的话音水平甚至更好。13bit/s 的话音编码已达到有线长途话音水平。CELP 采用与脉冲激励线性预测编码相同的原理，只是将脉冲位置和幅度用一个矢量码表代替。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/917111020045006101>