**码分多址（CDMA）方式的matlab仿真**

04216744强科

东南大学信息科学与工程学院7班

**摘 要：**通过学习协作通信与网络这门课，了解了协作通信的概念和系统结构。本文旨在了解多源协作通信中的码分多址（CDMA）方式，详细介绍了码分多址（CDMA）方式，认真分析了码分多址（CDMA）方式的工作原理。并且利用软件matlab对码分多址（CDMA）方式进行了仿真，由此分析码分多址（CDMA）方式的特点。对深入的了解码分多址（CDMA）方式起到了重要的帮助。

**关键词：**协作通信与网络；码分多址；matlab仿真

**Matlab simulation of CDMA**

04216744QiangKe

Class7，Southeast University School of Information Science and Engineering

**Abstract:** Through learning the course of collaborative communication and network, the concept and system structure of collaborative communication are understood. This paper aims to understand the code division multiple access (CDMA) mode in multi-source cooperative communication, introduces the code division multiple access (CDMA) mode in detail, and carefully analyses the working principle of the code division multiple access (CDMA) mode. The code division multiple access (CDMA) mode is simulated by MATLAB software, and the characteristics of code division multiple access (CDMA) mode are analyzed. It has played an important role in understanding the code division multiple access (CDMA) mode.

**Key words:** Collaborative Communication and Network; code division multiple access; matlab simulation.

**1引言**

码分多址(CDMA)方式是一种先进的有广阔发展前景的多址接入方式。目前已成为世界许多国家研究开发的热点。多址方式是许多用户（地址）共同使用同一媒体相互通信的一种方式。通常这些用户多位于不同的地方，并可能处于运动状态。例如多个卫星通信地球站使用同一卫星转发器相互通信或许多移动用户台（站）通过基站相互通信等均属于多址通信方式。由于使用共同的传输媒体，各用户间可能会产生相互干扰，称为多址干扰。为了消除或减少多址干扰，不同用户的信号必须具有某种特征，以便接收机能够将不同用户信号区分开。这一过程称作信号分割。主要的信号分割方式有频分方式、时分方式、码分方式以及相位分割方式和空间分割方式等。频分方式不同用户使用不同频带实

**作者简介：强科**，（1998-），男，东南大学信息科学与工程学院04216744，E-mail: [1215958812@qq.com](mailto:1215958812@qq.com)

现信号分割。时分方式不同用户使用不同时隙实现信号分割。码分方式所有用户使用同一频带在同一时间传送信号，其信号分割是利用不同用户信号（地址码）波形之间的正交性（或准正交性）来实现的。这种方式即称为码分多址方式（CDMA）。

# 2概述

## 2.1 扩频信号

码分多址系统采用扩频调制信号，其频带宽度比信息信号的频带宽度大得多（几十倍、几百倍甚至上千倍以上）。扩频信号的功率谱密度极低，具有很好的隐蔽性和很强的抗多种干扰的能力（例如抗瞄准式干扰、多径干扰等）。早在六十年代扩频技术就已应用于军事保密和抗干扰通信。

为了提高信息的传输速率C，可以从两种途径实现，既加大带宽W或提高信噪比S/N。换句话说，当信号的传输速率C一定时，信号带宽W和信噪比S/N是可以互换的，即增加信号带宽可以降低对信噪比的要求，当带宽增加到一定程度，允许信噪比进一步降低，有用信号功率接近噪声功率甚至淹没在噪声之下也是可能的。扩频相对于非扩频，是扩展了能量分布的频谱，其最大的好处在于降低了频谱中某个/某段频率被干扰的可能性。在大量同频、近频信号同时传输时，同频、近频信号会彼此干扰，频谱扩展后，同样的发射功率即同样的能量输出下，单位频段的能量分布大幅降低，这样也相当于背景噪声的下降，对提高信噪比具有积极的意义。

## 2.2 CDMA优点

1．由于采用了扩频信号，系统具有很强的抗多种干扰的能力，特别是具有抗多径干扰的能力。

2．扩频信号的功率谱密度很低，即在单位带宽中的功率很小，对于一般非扩频通信系统几乎不构成干扰，因此可以与其共用同一频段，从而提高频带利用率。

3．由于所有用户使用同一载波频率，不存在交调干扰，可充分地利用频率资源。

4. 可以采用分离多径技术，提高抗多径干扰的能力。

5. 利用现代计算机与数字电路技术可以较容易地实现多种地址码的产生、变换等，并容易与计算机联接实现控制与变换。

**3 码分多址（CDMA）系统**

**3.1 原理**

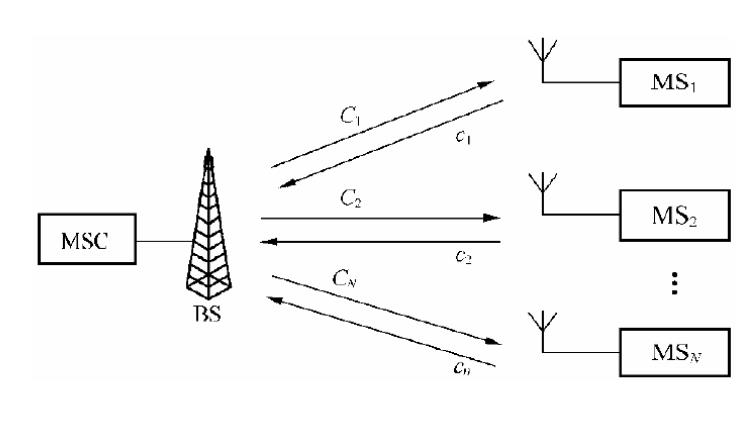


图1 CDMA工作示意图

其工作原理可用以下最简单的二元信息码分多 址系统加以说明：

设Di为第i个用户的二进制信息码元，取值+1或-1，表示为Di（+1，-1）。码元宽为Ti；Ci（t）为第i个用户的地址码，持续期为T。用地址码 Ci（t）乘信息码元Di，得到第i个用户信号（只研究一个码元期间）；用户总数为L，即i=1,2,3……所有L个用户经过共同的传输煤质到达接收机，则接收机的输入信号为

(t) (1)

采用相关接收方法.图 2为第 k个用户的相关接收机框图。图中积分器的输出为

(2)

在同步码分多址系统中选择不同用户的地址码相互正交,即

(3)

并且保持所有的用户地址码在接收点同步。

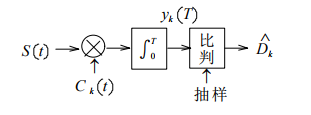


图2 第 k 个用户接收机框图

将式(3)代入式(2)得

由此有(k)=D(k) (4)

由式(4)可见，由于地址码的正交性(3), 用户接收机的输出只反映自己的信息码Dk ,与其它用户的信息码元无关，也就是说不存在多址干扰。这就是同步码分多址原理。同步码分多址系统最主要的特点就是各用户的地址码相互正交并且保持同步 关系，在此条件下，不存在多址干扰。

实际码分系统采用载波调制。即用户信号为

i=1,2,

令,则不难证明：

若时，（通常此条件均成立）有:

(5)

实际上：

dt

因为当T时，的低频分量基本为 0 ,故其积分0到T为0。

综上所述，当 T，由Ci(t)和Cj(t)的正交性(3)可得到Bi(t)和Bj(t)的正交性(5)。

**3.2 二相相移键控同步码分系统**

令为为第 i 个用户的第 n 个信息码元，取值-1或1，即为双极性二进制码元，码元持续时间为T。

为第i个用户的地址码，码长为T,即

用户总数为L，即, 且不同用户的地址码相互正交,即

(6)

用Ci(t-nT)乘din得到扩频加址信号:

显然，, 也是双极性二进制信号。

用 对载波进行2相相移键控,得到:

(7)

多用户合成信号(L个用户)

用户收到 S(t)从中解出自己的信号码元。

图 3 示出第k个用户的接收机框图。

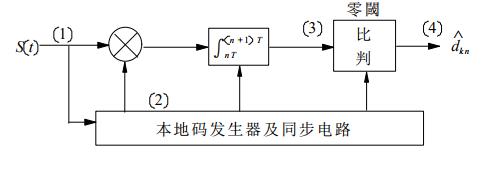


图3 第 k 个用户接收机框图

为简单又不失一般性，我们只研究一个信息码元期间，即n=0

(8)

接收机的本地码发生器及同步电路产生本地的相干同步信号

接收机积分器输出

(9)

不难证明:若Ci(t),Cj(t)的带宽（通常均满足此条件），则式(9)中的后一项积分近似为 0。

又由于Ci(t)和Cj(t)的正交性，可得：

(10)

即第 K 个用户接收机的输出只与本身信码有关，而与其它用户信号无关.即无多址干扰。

图3所示的接收机为相关接收机。用户接收机需要有本地同步地址码和相干载波。所谓相干载波即与接收信号的载波同频同相的载波。获取同步地址码称作地址码同步；获取相干载波称作载波同步。

# 4 码分多址（CDMA）matlab仿真流程

根据以上所述码分多址（CDMA）方式的工作方式以及基本原理。现将matlab仿真的流程框图表示如下：

生成用户序列

直接序列扩频

BPSK调制

加入高斯噪声

BPSK解调

解扩

计算误码率

图4 matab仿真流程图

**4.1 两个用户序列的生成**

随机取len长度的随机信号

输出=round(rand(1,len))

两个用户m序列寄存器初值分别为[0 1 0 1]和[1 0 1 0]。

然后通过一个M序列产生器（可快速产生任意长度m序列），其中保证所求m序列的长度等于m序列的周期。若要求m序列长度刚好不等于m序列周期，则补充生成剩余m序列。

变为双极性码以方便运算：输出m=2\*输出m-1；

**4.2** **直接序列扩频**

扩频增益为8。

将输入信号将输入信号每位扩展8位。

然后仍然将信号变为双极性码方便运算。

最后在matlab中将扩展之后的输入信号点乘之前产生的用户序列即得到信号的扩频。

**4.3 BPSK调制**

设定载波频率、采样点与采样频率。

载波频率=1000；

采样点=10；

采样频率=载波频率\*采样点。

然后生成载波。

然后输出BPSK调制之后的信号。

去N=80000，进行N点fft，绘出理想的BPSK信号的频谱分析图。

**4.4 AWGN信道（高斯白噪声）**

信道的噪声谱密度和信道中的噪声功率。

实际序列=用户序列+噪声。

**4.5 BPSK解调**

设定载波频率、采样点与采样频率

载波频率=1000；

采样点=10；

采样频率=载波频率\*采样点。

然后生成载波。

进行相干解调。

直接序列扩频解调。

**4.6 误码率**

计算用户信号误码，由输出矩阵绘制误码率图像。

# 5 仿真结果及分析

使用软件：

MATLAB R2012a

简介：MATLAB 的名称源自Matrix Laboratory,它是一种科学计算软件，专门以矩阵的形式处理数据。MATLAB将高性能的数值计算和可视化集成在一起，并提供了大量的内置函数，从而被广泛地应用于科学计算、控制系统、信息处理 等领域的分析、仿真和设计工作。



图5 matlab图标

按照4 码分多址（CDMA）matlab仿真流程的步骤在matlab进行仿真。

**5.1 仿真结果**

仿真结果如下：



图6 BPSK信号频谱图



图7 误码率与信噪比

**5.2 分析**

由仿真图像可知，实现了CDMA的基本要求。

由图6可知，BPSK信号在低频和高频时有较高的幅值。

由图7可知，信噪比增大时，误码率减小。在信噪比为6.5dB之前，理论值的误码率大于实际值。在6.5dB之后，理论值的误码率小于实际值。

由此可知，可以调控发射功率来使两用户通信之间的误码率获得在一个允许的低范围内。

如果不采用功率控制，多有用户就会以相同的功率发射信号，这样离基站较近的移动台就会对较远的移动台造成相当大的干扰，这种现象被称为远近效应。因此设计一种良好的功率控制方案对于CDMA系统的正常运行时非常重要的。除此之外，尽可能利用最小的发射功率获得所需的传输质量，以延长用户终端中电池的寿命。另外，为了使基站发射的功率在到达每个用户终端时有个合理的值，也有必要优化基站的发射功率，换言之，基站也要加入到功率控制的框架中来。

# 6 码分多址（CDMA）技术应用

八十年代以来，随着集成电路和计算机技术的迅速发展，码分多址扩频技术越来越多地被用于民用通信系统。其中有代表性的就是九十年代由美国Qualcomm公司研制的IS-95码分多址数字移动通 信系统。早期的移动通信系统是信息模拟调频频分多址方式（FM-FDMA），这种系统沿用至今。九十年代初由欧洲开发研制的数字调制时分多址 （GMSK-TDMA）移动通信系统GSM被看作是新一代移动通信的代表。而Qualcomm公司的CDMA数字移动通信系统被认为是第三代移动通信的代表。目前CDMA技术除已应用于移动通信外，在数据传输、卫星通信以及遥控遥测、空间通信等许多领域也得到越来越广泛的应用。

**6.1 CDMA技术在卫星通信系统多址方式中的应用**

卫星移动通信的多址技术有频分、时分、码分等几种形式。使用FDMA技术，由于卫星转发器的非线性而形成的交调干扰，就要避开一部分频带不用，还要用卫星功率进行“补偿”以进一步降低交调干扰，这样就浪费了卫星功率和频带等宝贵资源；TDMA可以克服交调现象，但又面临着同步问题，由于卫星地面通信站安装在运动物体上，运动物体迅速移动，要实现移动地面站往卫星同步地发射信号显然很困难；CDMA使用不同扩频序列，相互间影响较小，频带重复利用率高。

与传统的点对点定向传输的卫星通信不一样，卫星移动通信是一点对多点的全向性传输，必须采用扩频技术提高抗多径干扰能力。在CDMA中还可采用诸如话音激活、频率复用、扇区划分等来增强系统容量，而在FDMA和TDMA中扩容技术实现起来难度较大。在全球卫星移动通信系统中，若采用CDMA技术，则具有组网简单、灵活、抗干扰能力强，系统容量潜力大，成本低等一系列优点。所以，在卫星移动通信系统中采用CDMA技术是适宜的。

**6.2 CDMA技术在军事上的应用**

应急机动作战中，部队行动突然、作战空间广阔、参战力量多元、信息对抗激烈、电磁环境复杂，对指挥通信特别是“动中通、应急通、抗中通、协同通”提出新要求。军用CDMA移动通信系统具有建立迅速、组网灵活、业务多样、功能齐全、抗毁抗扰、安全保密等特点，是应急机动作战指挥通信的一种重要补充手段。

在近年的北斗系统中，将北斗/CDMA组合导航定位系统应用于军事物流领域，实现军事物流可视化，使后勤指挥机关实时掌握后勤保障分队的相关信息，及时下达指挥调度命令，可以极大地提高军队后勤保障效能。在依托北斗/CDMA组合导航定位技术组成的军事物流监控调度系统中，在后勤物资保障车辆上安装车载北斗/CDMA终端，它负责对自身进行定位和与监控指挥中心通信，由于采用了北斗/CDMA组合导航数据融合算法，定位精度与单一北斗或CDMA定位相比大幅提高，车载终端之间也可以进行点到点的通信。

# 参考文献：

1. A.J.维特比. CDMA扩频通信原理. 李世鹤 鲍刚 彭容译. 人民邮电出版社, 1997.
2. 胡健栋 郑朝晖 龙必起 李兴明. 码分多址与个人通信. 人民邮电出版社, 1996.
3. N 阿罕麦德 K.R.罗. 数字信号处理中的正交变换. 胡正名 陆传赉译. 人民邮电出版社, 1979.

科技报告

学位论文

1. G.Proakis. Digital Communications. McGraw-Hill, New York, 1983
2. 陈晓 陈杨 蒋宇.北斗/CDMA组合导航数据融合及其在军事物流中的应用研究,2008
3. 樊昌信 詹道庸 徐炳祥 吴成柯. 通信原理(第4版). 国防工业出版社,1996