

现代通信技术应用丛书

时分双工 CDMA

Shifen shuanggong CDMA yidong tongxin jishu

移动通信技术

王文博等 编著



北京邮电大学出版社
[Http://www.buptpress.com](http://www.buptpress.com)

时分双工 CDMA 移动通信技术

王文博 等编著

北京邮电大学出版社
· 北京 ·

内 容 提 要

本书介绍了时分双工(TDD)码分多址(CDMA)移动通信技术的基本概念、原理、特点和应用,阐述了TDD CDMA移动通信物理层的关键技术、TDD CDMA蜂窝移动通信系统的干扰分析和性能仿真、在非对称业务下的动态信道分配算法以及TDD CDMA技术在第三代移动通信IMT-2000系统中的应用等。

本书既可以作为大学本科高年级和研究生的参考教材,也可以作为研究开发及生产部门的通信科技工作者、通信运营部门的技术管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

时分双工 CDMA 移动通信技术/王文博等编著. —北京:北京邮电大学出版社,2001.3

ISBN 7-5635-0493-1

I. 时... II. 王... III. 码分多址—移动通信: 数字通信—通信技术 IV. TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 07367 号

书 名: 时分双工 CDMA 移动通信技术
作 者: 王文博 等编著
责任编辑: 孙伟玲
出版发行: 北京邮电大学出版社
网 址: www.buptpress.com
社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(100876)
电话传真: 010-62282185(发行部)/010-62283578(FAX)
E-mail: publish@bupt.edu.cn
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京忠信诚胶印厂印刷
开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16
印 张: 10
字 数: 242 千字
版 次: 2001 年 3 月第 1 版 2001 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 7-5635-0493-1/TN·224

定 价: 20.00 元

序 言

随着 21 世纪的到来,全球进入信息时代,信息的产生和传递非常迅速,已影响了社会的各个方面。经济增长、社会发展以及人们物质生活和精神生活水平的提高对通信提出了更新、更高的要求。

从第一代移动通信到第二代移动通信系统,蜂窝移动通信系统经过了从模拟到数字、纯话音到话音和低速数据的发展历程,其覆盖范围从某个城市、国家到全球的部分区域。但仅此已经远不能满足人们对通信业务日益增长的需求,因而从 20 世纪 90 年代初期就开始了第三代移动通信系统的研究,力图以更先进的技术,支持多种业务和全球的覆盖范围。

时分双工(TDD)的通信系统在无线接入系统 CT-2, CT-3 和 DECT 等中已得到广泛的应用。应用 TDD 技术可以有效地利用频带,便于传送不对称业务及终端小型化。在第三代移动通信系统的候选方案中,欧洲的 UTRA TDD 和我国提出的 TD-SCDMA 都应用了 TDD CDMA 技术。

本书是在对 CDMA 移动通信系统和 TDD CDMA 移动通信技术等科研项目的研究中所积累的资料基础上编写出来的,它反映了当前在此领域中最新的研究成果和我们所做的工作。

第 1 章介绍了 TDD CDMA 移动通信技术的基本概念、特点和应用。

第 2 章介绍了 TDD CDMA 移动通信系统中无线传输技术,包括功率控制、RAKE 接收、联合检测技术和智能天线技术等。

第 3 章介绍了 TDD CDMA 蜂窝移动通信系统的干扰分析和系统性能,包括对 TDD CDMA 蜂窝移动通信系统中存在的各种干扰的分析、性能的仿真和对系统容量的分析等。

第 4 章介绍了 TDD CDMA 蜂窝移动通信系统中动态信道分配,包括动态信道分配的目的、算法及性能等。

第 5 章介绍了 TDD CDMA 技术在第三代移动通信 IMT-2000 系统中的应用,包括对欧洲的 TD-CDMA 和我国提出的 TD-SCDMA 的介绍。

当前,无线移动通信技术领域集中了大量优秀的研究成果和工程技术研究人员,希望读者通过本书,能够了解第三代移动通信 IMT-2000 系统中的 TDD 模式 CDMA 的技术原理和一些性能。

本书主要内容由王文博编写,参加编写的还有常疆、缪庆育、曹卫锋和张金文等。在

我们对 TDD CDMA 技术的研究中, NOKIA 中国公司的张萍、袁晨、王大庆和李小强等人给予了大力支持, 在此表示感谢。另外在本书编写过程中得到了杨大成教授的支持和帮助, 在此一并表示感谢。

由于篇幅和作者水平的限制, 书中难免存在疏漏或错误之处, 希望读者指正。

作 者

2000 年 12 月

目 录

1 TDD CDMA 的原理

1.1	CDMA 技术的基本原理	1
1.1.1	CDMA 的基本概念	1
1.1.2	CDMA 的主要技术特点	3
1.2	TDD CDMA 简介	4
1.2.1	TDD CDMA 的基本概念	4
1.2.2	TDD CDMA 的特点	5
1.2.3	TDD CDMA 技术在移动通信中的应用	8
	参考文献	10

2 TDD CDMA 物理层关键技术

2.1	TDD CDMA 系统中的扩频调制技术	11
2.1.1	引言	11
2.1.2	TDD CDMA 系统中数据调制方式	12
2.1.3	TDD CDMA 系统中的扩频调制技术	12
2.2	TDD CDMA 系统中的信道估计技术	14
2.2.1	引言	14
2.2.2	TDD 中的信道估计方法	15
2.3	TDD CDMA 系统中的 RAKE 接收技术	18
2.3.1	RAKE 接收机的工作原理	18
2.3.2	TDD CDMA 中的 FIR-RAKE 分集接收合并技术	20
2.4	TDD CDMA 系统中的 Pre-RAKE 技术	24
2.4.1	引言	24
2.4.2	多径移动信道模型	24
2.4.3	应用 Pre-RAKE 技术的 TDD CDMA 系统	25
2.4.4	TDD CDMA 系统中 Pre-RAKE 技术的性能分析	26
2.4.5	RAKE 接收机性能分析	29
2.4.6	仿真结果及结论	31
2.5	TDD CDMA 系统中的功率控制技术	33
2.5.1	CDMA 系统中的功率控制	33
2.5.2	TDD CDMA 系统中的功率控制	36

2.6	TDD CDMA 系统中的联合检测技术	42
2.6.1	接收端信号的两种干扰	42
2.6.2	TDD 模式下的信号接收	42
2.6.3	信号联合检测的几种算法	43
2.6.4	联合检测的性能参数和计算复杂度	48
2.6.5	联合检测算法的误码率计算	50
2.6.6	联合检测的发展——结合空间分集的联合检测技术	50
2.6.7	联合检测的局限	52
2.7	TDD CDMA 智能天线技术	52
2.7.1	智能天线	52
2.7.2	智能天线的基本原理和模型	57
2.7.3	上行链路处理	59
2.7.4	下行链路处理	63
2.7.5	总结	64
	参考文献	65

3 TDD CDMA 系统的干扰分析和系统性能

3.1	TDD CDMA 系统的干扰分析	67
3.1.1	TDD 中的干扰	67
3.1.2	来自功率脉动的干扰	68
3.1.3	蜂窝内的干扰	68
3.1.4	蜂窝间的干扰	70
3.1.5	不同运营商间的干扰	71
3.1.6	TDD/FDD 间的干扰	72
3.1.7	结论	74
3.2	TDD CDMA 系统仿真	74
3.2.1	一般仿真方法	74
3.2.2	其他专用的仿真方法	80
3.2.3	仿真平台的描述	82
3.2.4	仿真流程	94
3.3	系统性能分析	97
3.3.1	掉线的分布	97
3.3.2	切换方法比较	98
3.3.3	容量与 ACIR 的关系 (Offset = 0.0)	98
3.3.4	容量与 ACIR 的关系 (Offset = 1.0)	99
3.3.5	容量和帧偏移	100
3.3.6	容量和距离	101
3.3.7	TDD 的容量以及 TDD 与 FDD 的容量比较	102
	参考文献	103

4 TDD CDMA 系统动态信道分配算法的研究

4.1 动态信道分配概述	104
4.1.1 信道分配概述	104
4.1.2 固定信道分配和动态信道分配	105
4.1.3 DCA 研究的现状	106
4.1.4 DCA 方案的性能评估	107
4.1.5 DCA 在 TDD CDMA 系统中的重要性	107
4.2 慢速 DCA	108
4.2.1 双小区时隙分配及上下行调节容量模型一	109
4.2.2 双小区时隙分配及上下行调节容量模型二	112
4.2.3 基于干扰的动态资源分配策略	117
4.2.4 多小区时隙分配时隙不对称因子模型	118
4.2.5 用 Markov 链解决上下行时隙分配问题	121
4.3 快速 DCA	126
参考文献	128

5 TDD CDMA 技术在 IMT-2000 系统中的应用

5.1 IMT-2000 TDD CDMA 空中接口概述	129
5.1.1 WCDMA	129
5.1.2 TD-SCDMA	130
5.1.3 UTRA TDD 和 TD-SCDMA 的比较	131
5.2 IMT-2000 无线接入网构成	132
5.3 UTRA TDD 在 IMT-2000 系统中的物理层规范	135
5.3.1 UTRA TDD——高码片速率部分	135
5.3.2 TD-SCDMA——低码片速率部分	140
5.4 UTRA TDD 在 IMT-2000 系统中的数据链路层规范	142
5.4.1 媒体接入控制层	142
5.4.2 无线链路控制层	143
5.4.3 包数据汇聚协议层	144
5.4.4 广播控制层	144
5.5 UTRA TDD 在 IMT-2000 系统中的无线资源控制层	144
5.6 TD-SCDMA 技术规范及特点	145
5.6.1 TD-SCDMA 技术规范概述	145
5.6.2 TD-SCDMA 技术规范的关键特性	147
5.6.3 TD-SCDMA 技术规范的关键技术	148
参考文献	152

TDD CDMA 的原理

1.1 CDMA 技术的基本原理

20 世纪 90 年代初期以来,随着通信技术和微电子技术的飞速发展,以数字蜂窝、无绳电话、寻呼、卫星通信为代表的第二代移动通信系统迅速发展,以其令人瞩目的优越性逐渐取代模拟系统,在世界范围内得到普及和应用,并已进入向第三代移动通信系统过渡的阶段。而 CDMA(码分多址)技术,则成为未来移动通信发展的主流技术。

1.1.1 CDMA 的基本概念

CDMA 技术是建立在正交编码、相关接收的理论基础上,运用扩频通信技术解决无线通信的选址问题的技术。扩频通信是指系统将所需传输的信号用一个带宽远大于信号带宽的高速伪随机编码信号去调制它,使原信息数据的带宽大大扩展,再经载波调制后发射出去;接收端经解调后,使用与发送端完全相同的伪随机码,与接收的宽带信号做相关处理,把宽带信号解扩为原始数据信息。CDMA 系统利用自相关性大而互相关性小的码序列作为地址码,在信道中许多用户的宽带信号相互叠加在一起同时进行宽带传输,同时还叠加有宽带、窄带干扰及噪声,系统利用本地产生的地址码对接收到的信号及噪声进行解调,凡是与本地产生的地址码完全相关的宽带信号可还原成窄带信号(相关解调),而其他与本地地址码不相关的宽带信号与宽带噪声仍保持带宽。解扩信号经窄带滤波后,信噪比得到极大提高,可将所需的信号分离出来。

一个 CDMA 系统的基本构成如图 1-1 所示。

在发射端各路用户数据流 $b_1(t), b_2(t), \dots, b_N(t)$ 与各自的伪随机码 $PN_1, PN_2, \dots, PN_N$ 相乘进行扩频。PN 码必须与 $b_i(t)$ 同步,然后把扩频后的各路基带信号相加,再去调制射频(RF)载波 $A\cos(\omega_c t + \varphi)$,变为宽带信号 $Z(t)$ 发送出去。

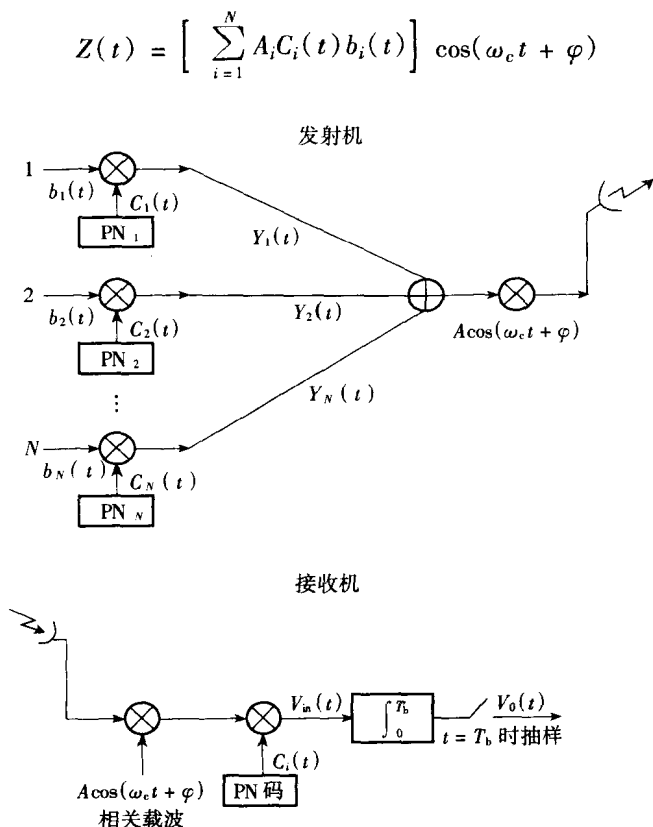


图 1-1 CDMA 通信系统原理

以第 1 路为例,在接收端,收到的信号中包括了本用户的有用信号 $b_1(t)$ 和表现为干扰的其他用户信号,用相干载波先对已调载波进行解调,获得如下信号:

$$A_1 b_1(t) C_1(t) + \sum_{j=2}^N A_j b_j(t) C_j(t) + \text{噪声}$$

此信号再与本地产生的 PN_1 码(与发送端的 PN_1 码完全相同)相乘进行解调,即解扩处理。设此 PN_1 码与发端 $C_1(t)$ 准确同步,则 $C_1(t) C_1(t) = 1$,故解扩后的信号 $V_{in}(t)$ 变为:

$$\begin{aligned} V_{in}(t) &= A_1 b_1(t) + \sum_{j=2}^N A_j b_j(t) C_j(t) C_1(t) + \text{噪声} \\ &= A_1 b_1(t) + \text{干扰} + \text{噪声} \end{aligned}$$

如果干扰和噪声能够控制得足够低,则积分器输出的信号 V_0 为:

$$\begin{aligned} V_0(t) &= E_b, \text{如 } b_1(t) = \text{逻辑“1”} \\ V_0(t) &= -E_b, \text{如 } b_1(t) = \text{逻辑“0”} \end{aligned}$$

即 $V_0(t) = b_1(t)$,恢复了原来发送的信号。

由上可见,在接收过程中,系统内其他用户信号对有用信号而言都成为干扰,如控制得不好就会明显影响积分器的输出信号,而不能正常恢复原来发送的信号,这就是所谓的

CDMA 是一种干扰受限的通信系统。在 CDMA 系统中必须动态地严格控制移动台(MS)和基站(BS)的功率。一方面要把功率控制得尽量小,以容纳尽量多的用户;另一方面还要保持一定的水平,保证信道达到可以接收的性能要求。在 CDMA 系统中,任何消除干扰的方法都可提高 CDMA 系统的容量。

1.1.2 CDMA 的主要技术特点

1987 年模拟蜂窝系统开始面临容量限制,这种状况促进了数字蜂窝系统的发展,此蜂窝系统大大提高了系统容量。数字系统中有三种基本的多址方式:FDMA,TDMA 和 CDMA,其中 CDMA 系统所能提供的无线容量最大。

- CDMA 容量仅受干扰大小的限制,TDMA 和 FDMA 则主要受带宽限制,所以任何可以削弱干扰的因素都会直接或间接地转化为 CDMA 容量的提高。而话音激活和空间隔离都会大大地提高 CDMA 容量。

- 在陆地数字蜂窝通信系统上,CDMA 比 TDMA 和 FDMA 表现出更大的优势,因为典型的陆地 UHF 传播损耗随距离的四次方而增加,由此提供的小区之间的隔离度有利于 CDMA 系统。

多址方案是如何提供资源、建立呼叫的问题,通常有五种基本的多址方案:FDMA(不同频率)、TDMA(不同时间隙)、CDMA(不同码序列)、PDMA(不同极化方向)和 SDMA(现场定向天线)。在小区系统中采用前三种多址方案;模拟系统只能采用 FDMA,RF 接收的 C/I 与基带的 S/N 紧密相连,而基带 S/N 与话音质量有关;数字系统中,前三种方案都可以使用,RF 接收的 C/I 与基带的 E_b/I_0 紧密相连。

$$C/I = (E_b/I_0) \cdot (R_b/B_c)$$

式中, E_b 是每比特能量; I_0 是每赫兹干扰功率; B_c 是无线信道带宽; R_b 是数据比特率。在数字 FDMA 或 TDMA 中每一个呼叫被指定频道或时间隙,基带上的 E_b/I_0 通常大于 1,则 $C/I > 1$,即为正分贝值。在 CDMA 中每个编码序列共享一个无线信道,因此, $R_b \ll B_c$, B_c 常用扩频带宽(B_{ss})代替。在一个无线信道中,任何一个码序列至少被 $(N-1)$ 个其他码序列干扰,因此干扰能量通常大于信号能量, $C/I < 1$ 即为负分贝值。CDMA 这种多址方案具有以下许多利于蜂窝系统使用的特点:

- 话音激活: CDMA 的优点是适合人们谈话的特点。人们通话的话音激活约为 35%,剩余时间都是在听对方讲话。在 CDMA 中所有的用户共享一个无线信道,如果某一个用户停止讲话,信道上其他同时通话的用户会由于干扰减少而受益。话音激活是人们谈话特有的自然现象,但是与 FDMA 和 TDMA 相比,只有 CDMA 技术可以不需额外开销。

- 不需均衡器: 在 FDMA 和 TDMA 中,如果传码率远大于 10 kbps 时,则需要用均衡器来减少因时间延迟扩展而造成的码间干扰。在 CDMA 中,接收机用相关器解扩扩频信号,取代了均衡器。均衡器与相关器相比,相关器的结构较为简单。

- 一个小区可以只使用一套无线电设备,节约了设备空间,而且易于安装。

- 无保护时间: 在 TDMA 中各个时间隙之间需要保护时间,而使用保护时间会占用某些比特的时间周期。在 CDMA 中则不存在保护时间。

- 为容量提高而扇区化: 在 FDMA 和 TDMA 中, 小区实行扇区化主要是为了减少干扰, 但是同时带来的将是分割信道后中继效率的降低。在 CDMA 中, 由于扇区化, 干扰减少, 将达到提高容量的目的。

- 移动通信无线传播环境下宽带信号的衰落较小, 并且在市区使用宽带信号的优势大于在郊区中使用。

- 不需频率管理和分配: 在 FDMA 和 TDMA 中, 频率管理通常是一个艰巨重大的任务; 在 CDMA 中, 因为所有用户共享一个共用的无线频段而不需频率管理。同时在 FDMA 和 TDMA 中为减少实时干扰, 需要采用动态频率调整, 而所需的线性宽带功率放大器难于实现; CDMA 不需动态频率分配。

- 软容量: 如前所述, 在 FDMA 和 TDMA 中容量由带宽限制, 资源的多寡决定容量的大小, 在资源给定的系统中容量是确定的, 多余的用户将被系统拒绝接入。在 CDMA 中容量仅受干扰的限制。用户数越多, 用户间干扰越大, 当载干比不足于提供所要求的服务质量时, 系统才考虑拒绝用户。因此任何可以削弱干扰的因素都会直接或线性地转化为容量的提高。有两个因素会大大提高 CDMA 容量, 它们是话音激活和空间隔离技术。

- CDMA 波形的特点决定了它不易受噪声和干扰的影响, 故适合于在微小区和建筑物内的系统采用。

1.2 TDD CDMA 简介

1.2.1 TDD CDMA 的基本概念

一般信息的交流是双向的, 对于移动通信也不例外, 双向通信是必须的。对于数字移动通信而言, 双向通信可以频率或时间分开, 前者称为频分双工(FDD), 后者称为时分双工(TDD), 如图 1-2 所示。对于 FDD, 两个方向用不同的频带, 一般两方向的带宽是一致的; 而对于 TDD, 两个方向用一个频带, 在一个频带内两个方向占用的时间可根据需要进行调节, 并且一般将两个方向占用的时间按固定的间隔分为若干个时间段, 称之为时隙。在 FDD CDMA 中, 上行或下行的用户用相同的频段、不同的码字来区分用户。TDD CDMA 中为了能时分双工, 同时引入了 TDMA 的性质, 把一个时间段分为几个时隙, 每个时隙可以给不同的用户, 可以用作上行或下行, 每个时隙中的用户用不同的码来区分。

对于 CDMA 系统的 FDD 和 TDD 两种接入方式, 有可能用于不同的情况。TDD 的主要优点是能够处理不对称的数据业务以及它的上下行信道的相关性等。但由于同步实现的困难以及相关的干扰问题, 使其成为 TDD CDMA 使用的主要问题^[1]。

为了更加清晰地阐明 FDD 和 TDD 的原理和通信的特点, 可用图 1-2 表示。

TDD 的帧结构是 TDD 物理层中的一个十分重要的内容, 时隙数目的选择是很重要的。一方面, 时隙太少, 每个时隙所负载的冗余或者无用的信息将大大增加, 不利于上下行时间的动态分配; 另一方面, 时隙太多, 每个时隙所负载的控制信息的比例也相应的大

大增加。所以 TDD 的时隙数目的选择是在这一对矛盾中折中的。每帧被分割成了若干个时隙后,每个时隙则可以十分灵活的分配给上行和下行业务。由于 TDD 帧结构的时隙分配的灵活性,TDD 可以很好的适用于上下行不对称的多媒体通信的环境。

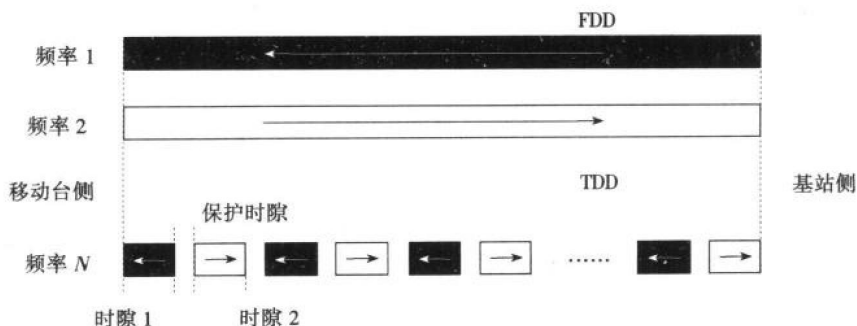


图 1-2 FDD 和 TDD

图 1-3 是时隙分配的几种方式,为了操作的统一和简单性,可以将其作为 TDD 时隙分配的标准。

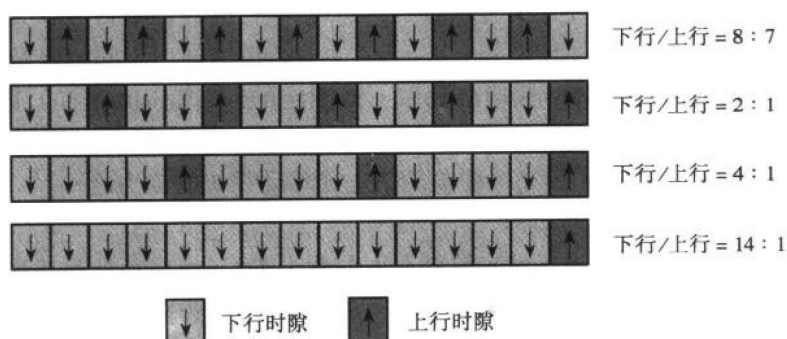


图 1-3 TDD 时隙分配的标准

1.2.2 TDD CDMA 的特点

1. TDD CDMA 的优点

(1) 有利于频谱有效利用

TDD 能使用各种频率资源,不需要成对的频率。这样可以充分利用那些不成对的频段,分配频段也比较简单。在图 1-4 中可以看到: 1 920 ~ 1 980 MHz 分配给 FDD 的上行; 2 110 ~ 2 170 MHz 分配给 FDD 的下行。不对称的频段 1 900 ~ 1 920 MHz 和 2 010 ~ 2 025 MHz 分配给 TDD 使用。

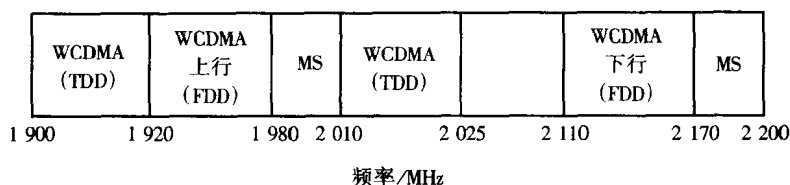


图 1-4 频谱分配图

(2) 更适用于不对称业务

随着多媒体技术与互联网的迅猛发展,人们对目前的无线通信系统提出了更高的要求,而一个重要的趋势就是在 CDMA 系统中采用 TDD 的复用。

在常规的采用 FDD 的 DS-CDMA 系统中,前向业务信道与反向业务信道占用的是不同的频率段,在前向信道与反向信道之间有一段保护频带用以消除同频干扰。所谓在 DS-CDMA 系统中采用 TDD,是指前向和反向信道在同一段频率间隔中,前向与反向信道的信息通过时分复用的方式来传送。

TDD 适用于不对称的上下行数据传输速率,特别适用于 IP 型的数据业务。IP 型的业务往往上下行不对称,FDD 对此只能是浪费一个频段;TDD 可以动态地改变上下行的时隙数,充分利用频率资源。在图 1-3 中可以看到,TDD 上下行的时隙数目可以灵活的改变。

Internet、多媒体应用和文件传输等业务,会对上下行链路提出不同的容量要求。由于在上行链路和下行链路之间 TDD 频段的利用不是固定的(不像 FDD 那样),因此,如果空中接口的设计具有足够的灵活性,这种资源分配的灵活性就能得到运用。这是考虑将 TDD 扩展用于基于 FDD CDMA 的完全覆盖的第三代移动系统的动力之一。

(3) 上下行链路中的对应信道^[1]

一般在无线通信系统中,将基站到移动台方向称为下行;将移动台到基站方向称为上行。TDD 上下行工作于同一频率,对称的电波传播特性使之便于使用诸如智能天线等新技术,达到提高性能、降低成本的目的;在上行的功率控制中也可以充分利用上下行间信道的对称电波传播特性。

在 FDD 工作模式中,上行链路和下行链路的传输是通过双工方式来分离的。由于多径传播而引起的快衰落取决于频率,所以上行链路和下行链路之间的频率是不相关的。由于 FDD 发射机不能预测接收信号,所以将影响其传输中对快衰落的抵抗。

在 TDD 工作模式中,上行链路和下行链路使用相同的频率。TDD 发射机根据接收到的信号就能够知道多径信道的快衰落。这里假设 TDD 帧长比信道相干的时间短(如果 TDD 移动台是慢速移动的终端就能保证该假设成立),这样对应的信道就能用于:

- 开环功率控制;
- 时间空间发射分集(自适应天线,Pre-RAKE 技术)。

与闭环功率控制相比,开环功率控制降低了对功率控制信令的要求。闭环功率控制信令还会引入一些延时并受差错率的支配,而开环功率控制就不会这样。要使开环功率控制足够快,TDD 帧就应足够短。根据文献[2],如果上行链路部分的 TDD 的帧长是

1.5 ms,则可以支持高至 80 Hz 的多普勒频移(在 2 GHz 的载波上速度为 43 km/h 时),并只有非常小的性能下降。如果 TDD 系统只用于慢速移动的终端,那么也能用较长的 TDD 帧。

可以利用分集天线(空间域分集)或前置 RAKE(时域分集)来实现发射分集。在选择分集合成时,接收机测量来自分集天线的接收信号,并选择最佳的天线用于接收。在基站处可以很容易地运用天线分集接收技术,但对于小型的手持终端,这些接收技术并不适用。要下行链路中实现天线分集,就要在基站处采用发射分集;并根据上行链路的接收情况来选择最佳的天线,用于 TDD 的下行链路传输。

可以方便地使用智能天线技术。在 TDD 模式下,上行链路和下行链路使用的是同一频带,基站端的发射机可以根据在上行链路上得到的接收信号来了解下行链路的多径信道的特性,这样基站的收发信机就可以使用在上行链路上得到的信道估计信息来实现下行的波束形成。

在 TDD CDMA 中,采用一个 RAKE 接收机来收集多径分量,从而获得多径分集。最佳的 RAKE 接收机是对多径信道的一个匹配滤波器。如果发射机了解多径信道,它就能将 RAKE 运用在发射机中(前置 RAKE)。这时候多径信道对于发射信号来说相当于一个匹配滤波器,这样在接收机中就不需要 RAKE 了(即用一个分支的接收机就能获得多径分集)。但需要指出的是,在室内传播环境中,只能提供很少的多径分集。而室内和微小区环境是最可能采用 TDD 通信的应用区域,因此,对于 TDD 工作来说,天线分集技术是更具有吸引力的分集技术。

(4) 设备成本

TDD 系统设备成本较低,将可能比 FDD 系统低 20% ~ 50%。

由于信道是对应的,所以就可能简化接收机,同时依然保持有效的抗衰落分集技术。在 TDD CDMA 中,上下行链路都可以采用前置 RAKE 技术。如果在上行链路中采用了前置 RAKE 技术,那么就可以使用简单的 TDD 基站。如果所有终端都支持 FDD 和 TDD 工作,那么它们就仅有一个 RAKE 接收机用于 FDD 工作,这时上述选项就很有吸引力。这种情况下,TDD 基站不需要 RAKE 接收机,就可以变得很简单。而且,如果对于每个用户只需跟踪一个多径分量,基站的多用户检测算法就变得更简单。如果使用单 TDD 的终端,那么就在基站中采用前置 RAKE 技术来降低 TDD 终端的复杂性。前置 RAKE 技术不能同时用于两个发射方向。

在基站中采用发射天线分集能够改善下行链路的性能。下行链路的发射天线是根据上行链路的接收来确定的。而且,在 TDD 中使用自适应天线进行下行链路波束成形比在 FDD 中容易,但在一般的 TDD 环境中(如室内),很难根据到达方向来分离用户。

FDD/TDD 双模终端与单 FDD 终端相比,额外的复杂性集中在 RF 滤波器中。与 RF 部分的改动相比,基带部分的改动很小。

(5) 作为 FDD 的扩展^[3]

在 HCS(分层蜂窝结构)的应用中,FDD 将应用于大的蜂窝中,主要解决覆盖的问题,应用于对称的话音业务和运动速度高的用户;TDD 将应用于小的蜂窝中,主要解决容量的问题,应用于不对称的数据业务和运动速度低的或室内的用户。

2. TDD CDMA 的缺陷

(1) 移动速度与覆盖

TDD 系统的主要问题是终端的移动速度和覆盖距离等方面。目前 ITU-R 要求 TDD 系统达到 120 km/h;而 FDD 系统则要求达到 500 km/h。FDD 系统的小区半径可能达到数十千米;而 TDD 系统只有几千米。

(2) 基站的同步

为了减少基站间的干扰,基站间要同步。如果基站不同步,在 TDD CDMA 系统中就会出现小区间和运营者间的干扰问题。因此对于 TDD CDMA 系统来说,基站间同步是必要的。同步精度应在符号级而不是码片级。这可以用基站处的 GPS 接收机或通过用额外的电缆分布公共时钟来实现。这些方法会增加基础设施的费用。

(3) TDD 中的干扰^[4~6]

CDMA 系统是一个干扰受限系统,且在不同步的情况下,TDD 系统中的干扰不同于 FDD 的干扰。由于同步的困难以及相关的干扰问题成为 TDD CDMA 使用的主要问题,在 TDD 系统设计和运营时必须使用一些方法来避免或减小这些干扰。

对于蜂窝间的干扰,在大蜂窝时尤为突出。TDD 本身的一些特性也使它主要适用于微蜂窝或室内蜂窝,在这些情况下,只要有足够的保护时隙就可以消除或减小这些干扰。对于一些较大的蜂窝,大的无线来回时延及时间超前的值不能适应时隙间保护时隙。在这种情况下,必须采用专门方法和相互协调的资源分配方法:

- 所有在同一 TDD 蜂窝内的移动台必须同步;
- 使用同一频率的所有蜂窝需要严格的网同步;
- 使用相邻频段的运营者之间必须协调网络规划;
- 相邻蜂窝间必须有相同的时隙不对称类型;
- 安排好邻近于 FDD 上行波段的 TDD 的系统来减小 TDD/FDD 系统间的干扰。

必须研究一些干扰消除的技术来提高 CDMA 和 TDD 技术中的干扰。慢速 DCA 和高速 DCA 可以结合使用来减小干扰;在电子工艺上来增加邻近信道保护;联合检测技术可大大减小干扰。

TDD 的干扰分析,详见 3.1 节中的 TDD CDMA 系统干扰分析。

(4) 发射功率

TDD 有着 TDMA 的元素,导致脉冲功率干扰,需要大的瞬时发射功率。FDD 的情况下,功率是在所有的时隙下发射的,而 TDD 是把功率集中到其中的一个时隙中发射的。

(5) 容量等各方面不如 FDD^[7]

除了限制最大容许的移动速率外,系统级的仿真表明,TDD 的容量在没有智能天线的情况下略小于 FDD 系统的容量。

1.2.3 TDD CDMA 技术在移动通信中的应用

目前,在第三代移动通信系统 IMT-2000 的标准中,UMTS 提出了 UTRA TDD 空中接口标准,中国也提出了自己的 TD-SCDMA 标准,这两个标准都是基于 TDD CDMA 技术的。

在 FDD 中,利用不同的频段频率 1 和频率 2 来区分上下行,这样上下行间就没有干扰。在 UTRA 中 1 920 ~ 1 980 MHz 分配给 FDD 的上行,2 110 ~ 2 170 MHz 分配给 FDD 的下行,它们之间相差 190 MHz。在 TDD 中,使用同一个频率,上下行用不同的时隙来区分(如图 1-2 所示),在不同的时隙间有个保护时隙以防止两时隙间的干扰。对于不对称业务,如计算机下载、VOD(视频点播),下行需要很大的容量,FDD 就有一个频段不能充分利用;而 TDD 可以灵活地改变上下行,大大提高容量。

第三代移动通信系统将提供从低到高的各种数据业务,最高将支持 2 Mbps 的数据业务。在第三代的数字蜂窝移动通信系统中将可能存在多种特性不同的多媒体业务,例如语音、视频/音频服务、图像、文本等等,这些业务都应该被很好的支持。对于多媒体业务来说,大部分都是下行要求的容量显著地大于上行要求的容量。

1998 年 1 月,欧洲关于第三代移动通信的标准组织——ETSI SMG 就无线接入方面的主题已经达成了共识,这就是 UMTS。UMTS 的 UTRA 包括两种模式,一种是频分双工(FDD),一种是时分双工(TDD)。在 FDD 中,上行和下行用不同的载频传输;在 TDD 中,上行和下行是共享同一频段进行通信,TDD 是在时间上再进行复用。UTRA 推荐在 UTRA 频分双工(UTRA FDD)下使用 WCDMA,在 UTRA 时分双工(UTRA TDD)下使用 TD-CDMA。如图 1-5 所示。TD-CDMA 是基于 TDMA 和 CDMA 相结合的基础上的,它既有 TDMA 的特点又具备 CDMA 的特点;而 WCDMA 则是一个单一的 CDMA 系统。

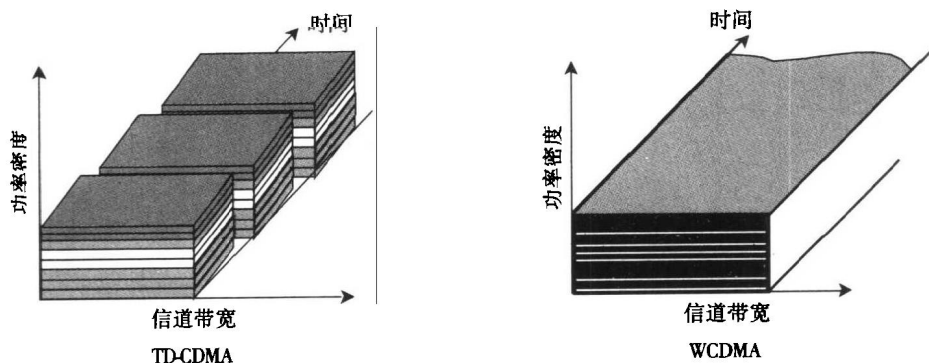


图 1-5 TD-CDMA 和 WCDMA

在 UTRA 中,不同业务请求应该由 FDD 和 TDD 共同支持,以提高频带利用率。FDD 用来在宏小区和微小区环境中支持最高速率为 384 kbps 移动性很强的应用业务,而 TDD 用来在微小区和微微小区环境中支持最高速率达到 2 Mbps 移动性不强的应用业务。TDD 十分适应业务密度很高的环境,例如城市中心、商业区、机场、购物市场或者交易市场以及室内环境。在这些环境中,业务的两个显著特性就是高速率和明显的上下行不对称性。