

移动通信前沿技术丛书

第三代移动通信系统 无线增强技术

Advances in 3G Enhanced Technologies for Wireless Communication

Jiangzhou Wang 著
Tung-Sang Ng
闵范保 聂敏 朱畅华 译
裴昌幸 审校

533



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

移动通信前沿技术丛书

第三代移动通信系统无线增强技术

Advances in 3G Enhanced Technologies
for Wireless Communications

Jiangzhou Wang Tung-Sang Ng 著

闵范保 聂敏 朱畅华 译

裴昌幸 审校

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

随着 3GPP 和 3GPP2 的全球标准化技术日益成熟和进一步发展,3G 网络逐步在全球开始部署。本书对 3G 系统中所采用的无线增强技术进行了详细的论述和分析,内容包括:WCDMA 增强技术,CDMA 蜂窝系统下行链路性能的增强技术,GSM/EDGE 无线接入网,CDMA2000 高速率分组数据系统,CDMA 系统信号的峰值-均值比,移动 IP 以及软件无线电。

本书读者对象为通信领域工程技术人员,以及高等院校通信专业高年级本科生和研究生。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

Original edition Copyright © 2002 Artech House, Inc. ,

685 Canton Street, Norwood, MA 02062, U. S. A.

All rights reserved.

Authorized translation from English language edition published by Artech House, Inc.

本书中文版专有翻译出版权由美国 Artech House, Inc. 授予电子工业出版社。该专有出版权受法律保护。

版权贸易合同登记号 图字:01-2002-2750

图书在版编目(CIP)数据

第三代移动通信系统无线增强技术/王江舟等著;闵范保,聂敏,朱畅华译. —北京:电子工业出版社,2003.1
(移动通信前沿技术丛书)

书名原文:Advances in 3G enhanced technologies for wireless communications

ISBN 7-5053-8334-5

I. 第... II. ①王... ②闵... ③聂... ④朱... III. 码分多址—移动通信—通信技术 IV. TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 102404 号

责任编辑:张来盛 许 楷 钟 金

印 刷:北京李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1 092 1/16 印张:15.5 字数:396.8 千字

版 次:2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:28.00 元



凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010)68279077

出版说明

移动通信是当前发展最快、应用最广和最前沿的通信领域之一,有专家预测到 2003 年全球移动用户数将达到 10 亿。移动通信的最终目标是实现任何人可以在任何地点、任何时间与其他任何人进行任何方式的通信。移动通信技术现在已经发展到了以 WCDMA 为代表的第三代,而相互兼容各种移动通信技术的第四代标准目前已经悄然来临。为了促进和推动我国移动通信产业的发展,并不断满足社会各界和广大通信技术人员系统学习和掌握移动通信前沿技术的需求,电子工业出版社特约请国内从事移动通信科研、教学、工程、管理等工作并具有丰富的理论和实践经验的专家、教授亲自编著或翻译国外“金”典著作组成了这套《移动通信前沿技术丛书》,于新世纪之初相继地推出。

该丛书从我国移动通信技术应用现状与发展情况出发,以系统与技术为中心,全面系统地介绍了当今移动通信领域涉及的有关关键技术与热点技术,如软件无线电原理与应用、智能天线原理与应用、蓝牙技术、移动 IP、通用无线分组业务(GPRS)、移动通信网络规划与优化、移动数据通信以及典型的第三代移动通信系统等内容。其特点是力求内容的先进性、实用性和系统性;突出理论性与工程实践性紧密结合;内容组织循序渐进、深入浅出,理论叙述概念清晰、层次清楚,经典实例源于实践。丛书旨在引导读者将移动通信的原理、技术与应用有机结合。

这套丛书的主要读者对象是广大从事通信技术工作的工程技术人员,也适合高等院校通信、计算机等学科各专业在校师生和刚走上工作岗位的毕业生阅读参考。

在编辑出版这套丛书过程中,参与编著、翻译和审定的各位专家都付出了大量心血,对此,我们表示衷心感谢。欢迎广大读者对这套丛书提出宝贵意见和建议,或推荐其他好的选题(Email:david.zhu@phei.com.cn),以便我们今后为广大读者奉献更多、更好的优秀通信技术图书。

电子工业出版社

2001 年 1 月

译 者 序

随着 3GPP 和 3GPP2 的全球标准化技术日益成熟和进一步的发展, 3G 网络逐步在全球开始部署。与 N-CDMA 相比, 3G 系统采用了新的无线技术, 例如 Turbo 编码、发射分集、智能天线和软件无线电等, 大大提高了 3G 系统的无线性能, 使 3G 系统能够灵活地支持各种业务类型。因此 3G 系统的新技术受到了广泛关注。

3GPP 和 3GPP2 主要是分别对 WCDMA 和 CDMA2000 进行标准化工作。3GPP 标准化的 WCDMA NGN 网络结构, 能够使 GSM 进行平滑的过渡, 并使 HSDPA 能够提供 8~10Mbps 的下行高速无线数据等一些新的网络和无线技术。同时, CDMA2000 系统提出了在原 1.25MHz 的带宽上支持 2.4Mbps 的高速数据。总之, 为了提高数据速率和频谱效率, 在这两个标准中都使用了类似的新技术。

本书主要对 3G 系统中所采用的增强系统性能的技术进行了详细的论述和分析。根据日本东京地区的 WCDMA 网络的现场测试结果, 给出了 WCDMA 系统的系统性能分析, 并详细讨论了 WCDMA 下行链路的容量增强技术, 讨论了 GSM 系统向 WCDMA 系统的过渡问题; 对于 CDMA2000, 则深入讨论了支持高速数据的 IS-856 协议的性能。另外, 本书还深入讨论了 3G 系统共有的调制方式性能、软件无线电和无线 IP 等。书中作者基于大量的现场试验结果、仿真结果和曲线进行阐述, 使读者能够深入地理解 3G 技术, 这些结果和曲线可为工程技术人员直接采用, 作为评价 3G 系统性能的指南。本书几乎包含了 3G 系统中所涉及到的主要关键技术, 对于相关研究人员及高校师生, 不失为一本难得的有价值的参考书。

需要说明的是, 由于书中一些新的专业词汇, 国内尚无统一标准译法, 只好按尽可能实际含义较准确地译出, 并将原书的索引作为附录 C, 供读者参考和指正。

本书主要由闵范保博士、聂敏博士和朱畅华博士翻译, 裴昌幸教授对全书进行了审校, 为本书翻译作出贡献的还有: 陈南、易运晖、彭爱华、王磊、尹莹、田慧等。由于译者水平有限, 加之时间仓促, 错误和不妥之处在所难免, 敬请读者批评指正。

裴昌幸

2002 年 9 月于西安电子科技大学

前 言

IEEE工作组关于电路与系统中的新技术——第三代(3G)移动通信技术及其应用的第四届会议,于2000年11月29日到12月1日在香港召开,会议非常成功,有100多位代表参加,而且大多来自工业界。此次会议邀请了一些工业界正在从事3G产品开发的专业人士作报告,他们的发言内容十分广泛,覆盖了这一重要新兴技术的各个方面,如WCDMA、EDGE、CDMA2000、无线Internet和软件无线电等。为了使更多的人从中获益,我们说服了一些作报告的专家请他们从繁忙的日程中抽出一些时间重新详细撰写了讲稿。他们的努力使我们能够编辑出这本信息学方面的专著,本书适用于研发工程师和研究生。

本书共7章。在第1章中,NTT DoCoMo的Mamoru Sawahashi博士全面地讲述了WCDMA空中接口的特征和与WCDMA性能有关的基本技术。具体内容包括:物理信道和扩频码分配,传输信道复用技术(包括速率匹配),同步技术(集中在无线接口的同步技术),基于SIR测量的快速发射功率控制和前向链路的分集技术(包括瑞克时间分集、小区间分集和发射分集)。此外,还讨论了自适应天线阵列处理技术,它可用来进一步提高系统容量。

在第2章中,NEC公司Hiroshi Furukawa博士详细讨论了下行链路功率控制和增强下行链路性能的技术。他提出了两种增强下行链路性能的建议:下行链路正交码的最佳分配和位置选择分集发射功率控制。

在第3章,诺基亚的Benoist Sébire, Janne Parantainen和Guillaume Sébire对GERAN进行了总览,重点放在第5版(Release 5)以及与UTRAN的融合上。本章覆盖了GERAN的各个方面,包括3G服务、GERAN参考结构和协议结构,重点放在无线协议上,它构成从GSM/EDGE到支持Iu接口的GERAN的主要转变。

在第4章,高通公司的Qiang Wu博士和Eduardo Esteves博士讲述了CDMA2000高速率分组数据系统的技术细节,包括混合ARQ、Turbo编码、调度、自适应调制和性能仿真。

在第5章,朗讯科技公司的Vincent Lau博士分析了CDMA信号的峰平比,峰平比决定功率放大器的退避因子,适当设置可减少对输入信号的限幅和频谱再生。

在第6章,北电网络公司的Haseeb Akhtar, Emad Abdel-Lateef Qaddoura博士、Abdel-Ghani Daraiseh博士和Russ Coffin讨论了无线互联网。本章给出了IP移动性的框架,使得用户在自由漫游时能接入万维网。该框架扩展了移动性管理(采用统一的目录管理)、端到端安全、与设备无关性和与应用无关性等内容,使得用户能利用任何设备和任何网络享受互联网应用。

最后,在第7章,香港大学的Yik-Chung Wu、Tung-Sang Ng教授和Kun-Wah Yip博士讨论了软件无线电,这是实现有多个标准同时存在的3G和未来移动系统很有前途的技术。本章覆盖了软件无线电的基本内容,如带通型采样、抽取滤波和分维采样率变换。

致 谢

在此感谢所有作出重要贡献的作者，他们在百忙中抽出大量时间准备各章的内容。编者也要向香港大学的 Yik-Chung Wu 帮助定稿表示深深的感谢。

Jiangzhou Wang and Tung-Sang Ng

2002年2月，香港

目 录

第 1 章 WCDMA 增强技术	(1)
1.1 物理信道和扩频码分配	(1)
1.1.1 物理信道	(1)
1.1.2 扩频码分配	(2)
1.2 传输信道复用	(5)
1.2.1 层 1 数据格式说明	(5)
1.2.2 传输信道	(6)
1.2.3 复用和速率匹配	(7)
1.3 异步小区和同步	(9)
1.3.1 UTRAN 中的同步	(9)
1.3.2 小区搜索	(10)
1.3.3 随机接入	(15)
1.4 基于 SIR 测量的快速 TPC	(16)
1.5 分集	(18)
1.5.1 相关 RAKE 合并 (RAKE 时间分集)	(18)
1.5.2 站点分集 (软/更软切换)	(21)
1.5.3 发射分集	(25)
1.6 WCDMA 容量增强技术	(29)
1.6.1 相关自适应天线阵列分集接收机/自适应天线阵列发射分集	(29)
1.6.2 试验	(31)
参考文献	(35)
第 2 章 CDMA 蜂窝系统下行链路性能的增强技术	(39)
2.1 WCDMA 下行链路估算	(39)
2.1.1 系统估算假设	(39)
2.1.2 WCDMA 下行链路的容量	(43)
2.1.3 软切换窗口阈值对下行链路容量的影响	(44)
2.2 CDMA 下行链路的最佳正交码分配	(45)
2.3 站点选择分集 TPC	(48)
2.3.1 概述	(49)
2.3.2 详细操作	(50)
2.3.3 性能估算的仿真条件	(52)
2.3.4 码字集	(54)
2.3.5 性能	(55)
2.3.6 与发射分集相结合的性能	(58)
2.4 总结和有待研究的问题	(59)

参考文献	(59)
第3章 GSM/EDGE 无线接入网: GSM/EDGE 向 3G 移动业务演进	(61)
3.1 引言	(61)
3.2 3G 移动业务	(61)
3.3 网络结构	(62)
3.3.1 简介	(62)
3.3.2 BSS 外部接口	(63)
3.3.3 运行模式	(63)
3.3.4 协议结构	(63)
3.4 无线接口协议	(67)
3.4.1 概述	(67)
3.4.2 RRC 协议	(69)
3.4.3 PDCP	(73)
3.4.4 RLC	(74)
3.4.5 MAC	(75)
3.5 GERAN 物理层	(77)
3.5.1 业务	(77)
3.5.2 GSM/EDGE 向 GERAN 过渡	(77)
3.5.3 物理资源	(77)
3.5.4 逻辑信道	(80)
3.5.5 逻辑信道到基本物理信道映射	(82)
3.5.6 信道编码	(82)
3.5.7 GERAN 快速功率控制	(86)
3.6 GERAN 安全	(86)
3.6.1 加密	(86)
3.6.2 数据完整性保护	(87)
3.7 无线载波的实现	(87)
3.7.1 会话型	(88)
3.7.2 数据流型	(88)
3.7.3 交互和背景型	(89)
3.8 总结	(89)
参考文献	(89)
第4章 CDMA2000 高速率分组数据系统	(91)
4.1 简介	(91)
4.2 IS-856 基本概念	(93)
4.3 IS-2000 和 IS-856 系统的重叠	(97)
4.4 IS-856 物理层描述	(98)
4.4.1 前向链路	(98)
4.4.2 反向链路	(108)
4.5 IS-856 MAC 层描述	(115)

4.5.1	前向业务信道 MAC	(115)
4.5.2	反向业务信道 MAC	(129)
4.6	链路预算	(132)
4.6.1	链路预算分析	(132)
4.6.2	IS-856 链路预算假设	(132)
4.6.3	链路预算计算	(136)
	参考文献	(139)
第 5 章	CDMA 系统信号的峰值-均值比	(141)
5.1	PAR 的背景介绍	(141)
5.2	CDMA 信号的 PAR 分析	(145)
5.2.1	单载波 DS-CDMA 系统的 PAR	(145)
5.2.2	多载波 CDMA 系统的 PAR	(150)
5.3	对 CDMA 信号的 PAR 控制	(159)
5.3.1	单载波 DS-CDMA 系统的 PAR 控制	(159)
5.3.2	多载波 CDMA 系统的 PAR 降低技术	(163)
5.4	结论	(163)
	参考文献	(164)
第 6 章	支持无线移动因特网的 IP 移动性框架	(167)
6.1	引言	(167)
6.2	IP 移动性的挑战	(168)
6.2.1	用户识别	(168)
6.2.2	地址管理	(169)
6.2.3	动态主机配置协议和域名服务器接口	(170)
6.2.4	与移动相关的信息	(170)
6.2.5	安全	(171)
6.2.6	用户的保密性	(172)
6.2.7	动态属性发布	(172)
6.2.8	基于移动性的 AAA 协议	(172)
6.2.9	切换	(173)
6.2.10	代理服务	(173)
6.2.11	B2B 服务协议	(173)
6.3	IP 移动性结构框架	(174)
6.3.1	IP 移动性结构	(174)
6.4	IPv6 对 IP 移动性的挑战	(176)
6.4.1	资源管理层	(177)
6.4.2	路由层	(177)
6.5	结论	(178)
	参考文献	(178)
第 7 章	软件无线电——未来的宽带通信系统技术	(180)
7.1	引言	(180)

7.2	21 世纪初的移动通信	(181)
7.3	软件无线电纵览	(181)
7.3.1	研究软件无线电的动机及其优势	(181)
7.3.2	历史背景	(182)
7.3.3	实际的软件无线电结构	(182)
7.3.4	接收机信号处理的频域演示	(183)
7.4	带通型采样	(184)
7.4.1	基本原理和实现	(184)
7.4.2	带通型采样的扩展	(185)
7.5	抽取滤波	(186)
7.5.1	单级抽取器	(187)
7.5.2	多级抽取器	(188)
7.5.3	基于多级技术的低复杂度实现	(189)
7.5.4	依靠半波滤波器的低复杂度实现	(190)
7.5.5	使用多个带阻滤波器的滤波器实现	(190)
7.5.6	级联的积分-梳状滤波器	(191)
7.5.7	滤波方法的选择	(192)
7.6	滤波器组信道选择器	(193)
7.7	分维采样率变换	(196)
7.8	结束语	(198)
	参考文献	(198)
附录 A	缩略语	(201)
附录 B	作者简介	(206)
附录 C	索引	(209)

第 1 章 WCDMA 增强技术

随着第三代伙伴项目 (3GPP) 的全球标准化和宽带码分多址 (WCDMA)^[1,2] 的快速发展, 其商业服务已于 2001 年 10 月在日本开始运作。IMT-2000 商业服务的开始, 意味着真正的无线互联网时代的到来。基于直接序列码分多址的 WCDMA, 其无线接入比时分多址 (TDMA)、频分多址 (FDMA) 有许多优越之处, 包括单频再用 (DS-CDMA)、软切换 (或站点分集)、通过 RAKE 合并的增强型无线传输以及利用扇区天线增加系统容量等。

WCDMA 物理层的一系列重要特征如下:

- 小区间异步工作和三步快速小区搜索;
- 通过与信道编码有关的速率适配, 灵活地实现传输信道不同等级的服务质量 (QoS);
- 基于信号与干扰功率比 (SIR) 的快速发射功率控制 (TPC) 来满足具有最小发射功率的物理信道所需的质量等级;
- 通过运用多种分集技术, 例如, 运用导频辅助信道估计的相关 RAKE 时间分集、空间分集、小区 (扇区) 分集和发射分集 (仅在前向链路), 显著提高了链路容量和覆盖范围;
- 通过正交可变长扩频码多路复用和正交码发送, 提供更灵活的多速率业务 (高达 2Mbps);
- 容量增强技术, 如干扰抵消技术和自适应天线阵列分集技术。

本章综述了 WCDMA 空中接口的特点以及与 WCDMA 的性能有关的基本技术。其内容如下: 1.1 节介绍了物理信道和扩频码分配; 1.2 节描述了传输信道复用, 包括速率匹配; 1.3 节是针对无线接口的同步技术; 1.4 节是基于 SIR 测量的快速发射功率控制 (TPC); 在 1.5 节讨论了不同的分集技术, 包括 RAKE 时间分集、小区 (扇区) 分集、前向链路的发射分集; 最后介绍了进一步提高系统容量的自适应天线阵列处理技术。

1.1 物理信道和扩频码分配

1.1.1 物理信道

WCDMA 有三层信道结构: 物理信道^[3,4]、传输信道和逻辑信道。物理信道给媒质接入控制层 (MAC) 提供不同的传输信道, MAC 层是数据链路层 (层 2) 的子层。MAC 层向更上一层——无线链路控制层 (RLC) 提供不同的逻辑信道。物理信道按照扩频码、载波频率、同相 (I) /正交 (Q) 相位的分配进行分类。物理信道的一个无线帧长为 10ms, 分为 15 个时隙。因此, 时隙的长度等于自适应快速 TPC 和相干 RAKE 合并信道估算的基本更新单元。权衡帧效率、快速 TPC 的跟踪能力以及针对快衰落变化的信道估计, 优化的时隙长度为 0.667ms。物理信道传送的信道编码信息比特数目随物理信道类型和扩展因子而不同。主要的物理信道特征如下。

1. 基本公共控制物理信道 (P-CCPCH): 前向链路每个扇区定义一个 P-CCPCH。固定扩展因子为 256 (15 kbps), 携带广播传输信道。在最初的 256 码片持续期内, P-CCPCH 不发送,

在这个时间内发送 P-SCH 和 S-SCH。

2. 辅助公共控制物理信道 (S-CCPCH): 每个小区 (扇区) 定义多个 S-CCPCH, 是前向链路的公共信道, 传送寻呼信息和高层的低速数据信息。

3. 物理随机接入信道 (PRACH): 定义了多个 PRACH, 属于反向链路的公共信道, 用于传送来自更高层的低速信息数据的 RACH 传输信道。

4. 专用物理信道 (DPCH): 在前向和反向链路中, 每个移动台分配一个 DPCH。它由一个专用物理控制信道 (DPCCH) 和一个专用物理数据信道 (DPDCH) 组成。DPDCH 由信道编码的数据序列组成, 并且多个 DPDCH 可以分配给一个 DPCH。DPCCH 用于 DPCH 第一层的控制, 并且一个 DPCH 只能定义一个 DPCCH。DPCCH 包含相关信道估算的导频比特、TPC 比特、传输格式组合指示 (TFCI) 比特和反馈信息比特 (FBI)。FBI 标明了前向链路发射分集的控制信息 (因此, FBI 比特只定义在反向链路中)。

5. 公共导频信道 (CPICH): CPICH 是公共导频信道, 用于信道估计、RAKE 合并 (功率延迟图样生成) 的路径搜索以及第三步 (也就是在三步小区搜索法中扰码标识)。定义了两种 CPICH: 基本 CPICH 和辅助 CPICH。基本 CPICH 有与两个天线相关的二值符号数据序列。当没有发射分集时, CPICH 在天线 1 上发送全为 1 的符号序列; 当有发射分集时, 除了在天线 1 上发送第一基本 CPICH, 还在天线 2 上发送与第一基本 CPICH 不同的第二基本符号序列。将来智能天线用于点波束发射时, 将定义辅助 CPICH, 由基本扰码或辅助扰码进行扩展。

6. 同步信道 (SCH): 同步信道是前向链路的公共信道, 用于小区搜索。基本和辅助 SCH 用于三步小区搜索方法的第一步和第二步。它们仅在每个时隙开始的 256 码片期间发送。

7. 捕获指示信道 (AICH): AICH 是前向链路的公共信道, 用于随机接入控制。它是由 PRACH 和 PCPCH 组成的一对信道。

8. 寻呼指示信道 (PICH): PICH 是与 S-CCPCH 有关的前向链路公共信道, PCH 传输信道映射在 S-CCPCH 上。

9. 物理下行链路共享信道 (PDSCH): PDSCH 是前向链路的公共信道, 它携带 DSCH 传输信道, 用于高速分组数据传送。

10. 物理公共分组信道 (PCPCH): PCPCH 是反向链路的公共信道, 携带 CPCH 传输信道, 用于高速分组数据传送。

反向链路和前向链路的 DPCH 帧结构分别如图 1.1 (a) 和图 1.1 (b) 所示。DPDCH 和 DPCCH 在反向链路上分别码分复用到 I 和 Q 信道。由于有固定速率的 (如扩展因子等) DPCCH 和有可变速率传输的 DPDCH 通过正交相位相互分离, 变速传输时可以减小振幅波动。同时, 在前向链路的一个时隙内, DPCCH 和 DPDCH 是交替时分复用的。

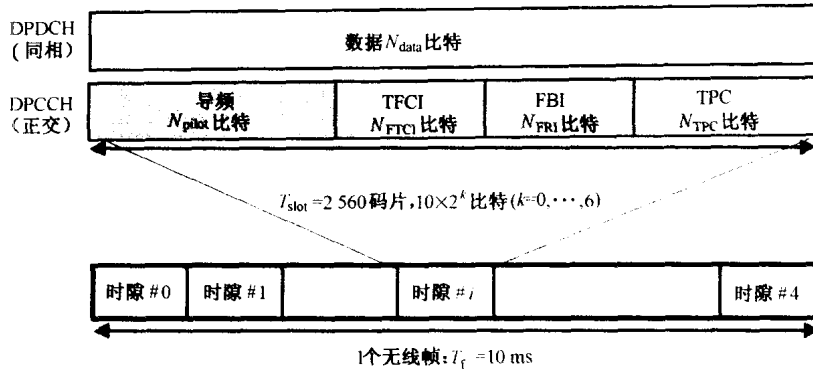
1.1.2 扩频码分配

WCDMA 采用两层扩频码分配^[5], 包括符号速率对应重复周期的信道化码和帧间隔重复的扰码。正交可变速长扩频码^[5,6]用做信道化编码。表 1.1 给出了每个物理信道的扩频码分配。从 4 到 256 的扩频因子 (SF) 用于 S-CCPCH 和 DPCH。

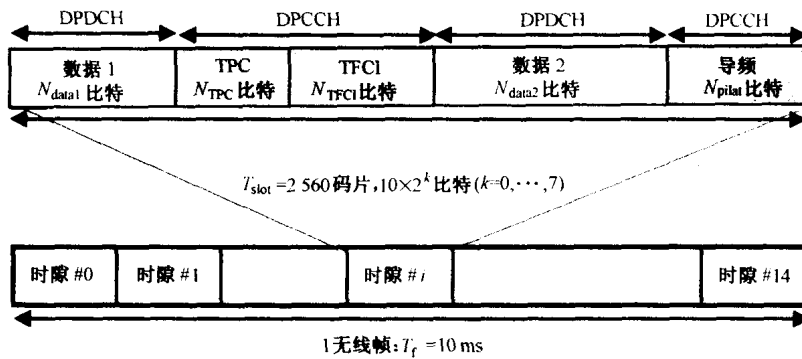
1.1.2.1 信道化码

从 $C_{\text{ch},0}$ (1) (SF=1) 开始, 第 k 层长度为 2^{k-1} 个码片的正交可变速长扩频码是在下面的公式基础上递归生成的, 结果在如图 1.2^[6]所示的树型码生成方法中给出。

$$\begin{bmatrix} C_{ch,2^{(k+1)},0} \\ C_{ch,2^{(k+1)},1} \\ C_{ch,2^{(k+1)},2} \\ C_{ch,2^{(k+1)},3} \\ \vdots \\ C_{ch,2^{(k+1)},2^{(k+1)}-2} \\ C_{ch,2^{(k+1)},2^{(k+1)}-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{ch,2^k,0} & C_{ch,2^k,0} \\ C_{ch,2^k,0} & -C_{ch,2^k,0} \\ C_{ch,2^k,1} & C_{ch,2^k,1} \\ C_{ch,2^k,1} & -C_{ch,2^k,1} \\ \vdots & \vdots \\ C_{ch,2^k,2^k-1} & C_{ch,2^k,2^k-1} \\ C_{ch,2^k,2^k-1} & -C_{ch,2^k,2^k-1} \end{bmatrix} \quad (1.1)$$



(a) 反向链路



(b) 前向链路

图 1.1 DPCH 的帧结构

表 1.1 扩频码分配

	信道化码重复周期=数据符号期	扰码重复周期=10ms 帧
前向链路	用户标识 (4~512 码片)	小区标识 (38 400 码片)
CPICH	#0 SF=256	基本
P-CCPCH	#1 SF=256	基本
S-CCPCH	任意 SF=4~256	基本 (辅助)
DPCH	任意 SF=4~256	基本 (辅助)
AICH	任意 SF=256	基本 (辅助)
PICH	任意 SF=256	基本 (辅助)

续表

	信道化码重复周期=数据符号期	扰码重复周期=10ms 帧
反向链路	多码传输的信道标识 (4~256 码片)	用户标识 (38 400 码片)
DPCH	任意 SF=4-256	基本 (辅助)

第 k 层的 k 个正交可变长扩展码彼此正交。更进一步来说,除非一个码不是其他码的母码,否则任何两个属于不同层的码是正交的。例如, $C_{ch,2,0}$ 和 $C_{ch,4,2}$ 相互正交。当 $C_{ch,2,0}$ 已被分配,码树上该码之下的任何码都不能用。这就是码分配的限制。码 $C_{ch,256,0}$ 和 $C_{ch,256,1}$ 常分别用于所有小区前向链路的基本 CPICH 和 P-CCPCH。其他物理信道的信道化码由高层分配。

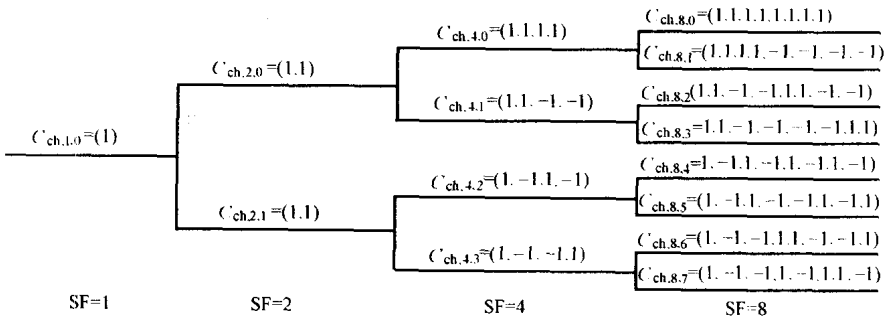


图 1.2 正交可变扩展因子 (SF) 码的通用方法

1.1.2.2 扰码

小区 (扇区) 专用扰码和用户专用扰码分别用于前向和反向链路上。在反向链路上,扰码的循环周期是 10 ms,具有 256 个码片的重复周期的扰码是作为选项来定义的,用于将来的多用户检测。长扰码是从具有 2^{24} 码片循环周期的 Gold 序列的开始被截短的 38 400 个码片产生的。

在前向链路上,扰码是从具有 2^{18} 重复周期的 Gold 序列和其移位 131 072 个码片序列的开始被截短的 38 400 个码片产生的。8 192 个扰码被分配给 512 个扰码组,每个扰码组包括一个基本扰码和 15 个对应的辅助扰码。先用基本扰码,然后再用辅助扰码,来弥补与基本扰码相关的信道化码设置的不足,接着把 512 个基本扰码分成 64 个基本扰码组 (后面仅用组来标示),每组包括 8 个基本扰码。这种优化的基本扰码分组结构用于三步小区搜索算法。这一点 1.3 节将详细介绍。

1.1.2.3 同步码

同步码用于扩频 SCH,由基本同步码 (PSC) 和辅助同步码 (SSC) 组成,PSC 和 SSC 的长度均为 256 个码片,分别用于基本 SCH (P-SCH) 和辅助 SCH (S-SCH)。把 PSC 表示成 C_{PSC} , C_{PSC} 是一个实部和虚部序列相同的复数码序列。即:

$$C_{PSC} = (1 + j) \times \{a, a, a, -a, -a, a, -a, -a, a, a, a, -a, a, -a, a, a\} \quad (1.2)$$

式中,

$$\begin{aligned} \mathbf{a} &= \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_{16}\} \\ &= \{1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, 1\} \end{aligned}$$

将 16 位 SSC 表示成 $C_{SSC,k}$ ($k=1,2,\dots,16$)。 $C_{SSC,k}$ 是由具有 256 个码片长的公共序列的向量 \mathbf{Z} 的第 j 个分量 ($1 \leq j \leq 256$) 和哈达玛矩阵 \mathbf{H}_8 第 n 列的第 j 个分量相乘生成的, 这里 $n=16 \times (k-1)$ 。用 $b_n(j)$ 和 $z(j)$ 分别表示哈达玛矩阵第 n 列的第 j 个元素和公共序列的第 j 个元素。从 256 列中每 16 列选出 1 列, 共选出 16 列, 则 $16 C_{SSC,k}$ 可由下式生成:

$$C_{SSC,k} = (1+j) \times [b_n(0) \times z(0), b_n(1) \times z(1), b_n(2) \times z(2), \dots, b_n(255) \times z(255)] \quad (1.3)$$

式中, $\mathbf{Z} = \{-\mathbf{b}, \mathbf{b}, \mathbf{b}, -\mathbf{b}, \mathbf{b}, \mathbf{b}, -\mathbf{b}, -\mathbf{b}, \mathbf{b}, -\mathbf{b}, \mathbf{b}, -\mathbf{b}, -\mathbf{b}, -\mathbf{b}, -\mathbf{b}, -\mathbf{b}\}$

$$\mathbf{b} = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, -x_9, -x_{10}, -x_{11}, -x_{12}, -x_{13}, -x_{14}, -x_{15}, -x_{16}\}$$

1.1.2.4 扩频

在反向链路上, 信道化码用不同的正交可变扩频因子码独立地扩频到 I/Q 信道, 且被加权因子 G 加权, G 表示 DPDCH 和 DPCCH 的发射幅度 (功率) 比。复扩频用于物理信道, 一个是将循环周期为 2^{24} 的 Gold 序列从其开始截短 38400 个码片生成的, 另一个是由 Gold 序列移位 16777233 个码片的序列截短 38400 个码片生成的。这样, 使用信道化编码和扰码的扩频可表示如下:

$$\begin{aligned} S_I &= D_I C_I - D_Q C_Q \\ S_Q &= D_I C_Q + D_Q C_I \end{aligned} \quad (1.4)$$

这里, $D_{I/Q}$ 表示通过信道化码扩频的码片数据序列的 I/Q 分量, $C_{I/Q}$ 表示长扰码的 I/Q 分量。在正交移相键控 (QPSK) 扩频中, 载波相位在过零点处出现 π 的突变, 这样会导致功率放大器非线性失真的增加。因此, 在 3GPP 标准中, 采用混合移相键控 (HPSK) 方案, 降低了相位传输过零点的概率^[5,7]。用于扩频的长扰码序列产生于基于下面方程的两个初始扰码。

$$C_{long,n}(i) = c_{long,1,n}(i)(1+j(-1)^i c_{long,2,n}(2[i/2])) \quad (1.5)$$

在前向链路, P-SCH 和 S-SCH 仅分别由 PSC 和 SSC 扩频, 通常用于 I/Q 信道。其他物理信道, 除了 SCH, 首先使用 $SF=m$ 的相同信道化码扩频, 然后由两个扰码序列复扰码。

1.2 传输信道复用

1.2.1 层 1 数据格式说明

本节先简要说明 MAC 层和层 1^[8]之间数据传输所用的术语。传输块对应于 RLC-PDU (协议数据单元), 是 MAC 层和层 1 之间数据传输的基本单元。每个传输块添加了用于层 1 的误码检测的循环冗余计算结果。一系列传输块在相同传输信道里同时在 MAC 层和层 1 间传输, 称为一个传输块集。传输块的大小是以比特定义传输块长度。在一个传输块集中, 每个块的大小是统一的, 并且是固定值。一个传输块集的比特数称为传输块集的大小。

传输块集在 MAC 层和第一层的到达时间间隔称为传输时间间隔 (TTI), 它等于信道交织长度。TTI 是无线帧长 (10ms) 的整数倍, 在 3GPP 标准中定义为 10, 20, 40 或 80ms。传输格式是一个传输块集每 TTI 内在 MAC 层和层 1 之间的传输格式。传输格式有两个属性: 动态

部分和半静态部分。动态部分的属性有传输块大小、传输块集大小、TTI；半静态部分属性是误码纠错（信道编码）方案，例如纠错类型、编码率、循环冗余校验长度。

传输格式集（TFS）是一系列用于传输信道的传输格式。在一个 TFS 内，所有传输信道的半静态部分是相同的。但是，为了实现可变速率传输，每个 TTI 动态部分可以变化。传输信道同时复用到层 1 作为码组合传输信道。码组合传输信道中的每个传输信道有一个可用的 TFS，但每个 TTI 中只能用一种传输格式。于是，每个 TTI 中被传送到相同层 1 的所有传输信道的可能传输格式的组合被定义为传输格式组合（TFC）。另外，一系列用于码组合传输信道的 TFC 被称为传输格式组合集（TFCS）。TFC 的指示符称为传输格式组合指示（TFCI）。TFCI 比特复用到每个 DPCH 的 DPCCH。在接收端，TFCI 比特用于层 1 数据序列解码，解复用一个物理信道上的传输块。

除了明确的 TFCI 检测法，3GPP 标准也规定了隐式传输格式检测法，该法用循环冗余校验追踪可能的传输格式中零态时存在的 trellis（trellis 是 Turbo 编码的尾码）路径（注意盲检只用于前向链路）^[9]。

1.2.2 传输信道

传输信道^[3,8]定义为将各种数据传输给 MAC 层的信道。下面列出了主要的传输信道。图 1.3 给出了主要的物理信道和传输信道的映射关系。

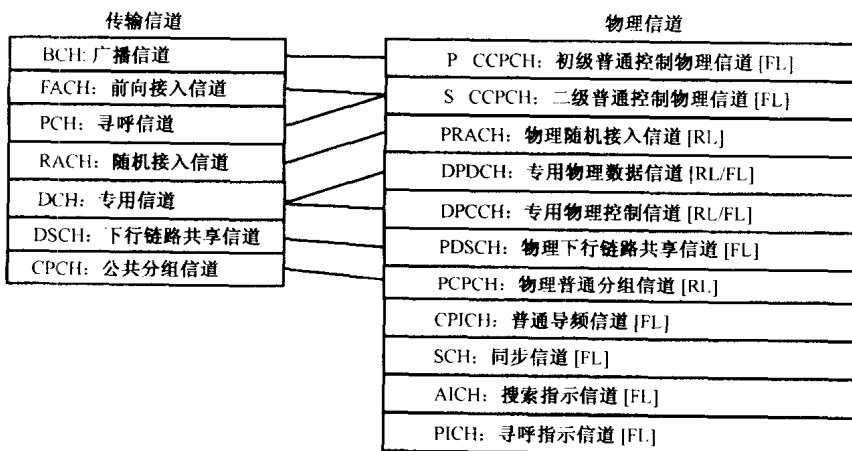


图 1.3 物理信道和传输信道的映射关系

1. 广播信道（BCH）：BCH 是下行传输信道，用于广播系统和小区特定信息。BCH 总是用唯一的传输格式在整个小区中发送。

2. 前向接入信道（FACH）：FACH 是下行传输信道，多个移动台共用，传输高层的低速率用户信息。

3. 寻呼信道（PCH）：PCH 是下行传输信道，覆盖整个小区，用于传输寻呼信息。

4. 随机接入信道（RACH）：RACH 是上行传输信道，其特征是具有发生碰撞的可能和采用开环 TPC 发射。

5. 专用信道（DCH）：DCH 包括上行和下行传输信道，DCH 指配给每个 MS，主要用来传送网络和特定用户之间的数据和控制信息。DCH 可以在整个小区中进行传送，也可以由自适应天线波束在小区的一部分内传送。使用可变速率发送和快速 TPC。