

[TD-SCDMA 技术丛书]

TD-SCDMA的网络结构、物理层技术, TD-SCDMA演进

通信网络规划与设计的理论基础及流程

链路传播模型、链路预算、业务预测、业务模型

TD-SCDMA的无线网络、传输网络的规划与设计

TD-SCDMA的室内分布系统、天馈系统的规划与设计

电源与配套系统的规划与设计

TD-SCDMA与GSM的联合规划与设计

TD-SCDMA与WCDMA的联合组网

HSDPA、HSUPA的规划与组网策略

TD-SCDMA

通信网络规划与设计

张传福 彭 灿 李巧玲 石 晋 胡 敖 编著

TD-SCDMA 技术丛书

TD-SCDMA 通信网络规划与设计

张传福 彭 灿 李巧玲 石 晋 胡 敖 编著

人 民 邮 电 出 版 社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

TD-SCDMA通信网络规划与设计 / 张传福等编著. —北京:
人民邮电出版社, 2009. 2
(TD-SCDMA技术丛书)
ISBN 978-7-115-19204-2

I. T… II. 张… III. 码分多址—移动通信—通信网
IV. TN929. 533

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第178541号

内 容 提 要

TD-SCDMA 是由我国提出的具有自主知识产权的 3G 标准。TD-SCDMA 移动通信网络的规划与设计是建设高质量 TD-SCDMA 网络的关键。本书全面、系统地介绍了 TD-SCDMA 移动通信网络的规划与设计, 内容包括 TD-SCDMA 的网络结构、物理层技术、TD-SCDMA 演进、通信网络规划与设计理论基础及流程、网络规划与设计所必需的工具——链路传播模型、链路预算、业务预测、业务模型, 以及 TD-SCDMA 的无线网络、传输网络、室内分布系统、天馈系统和电源与配套系统的规划与设计。本书还介绍了 TD-SCDMA 与 GSM 的联合规划与设计、TD-SCDMA 与 WCDMA 联合组网以及 HSDPA、HSUPA 的规划与组网策略。

本书内容丰富, 结构清晰, 图文并茂, 适合于从事电信工作, 特别是从事通信网络规划与设计、通信网络维护、移动通信工作的工程技术人员、应用开发人员和管理人员阅读; 也可作为高等院校相关专业或从事相关课题研究的本科生、研究生的参考书。

TD-SCDMA 技术丛书

TD-SCDMA 通信网络规划与设计

-
- ◆ 编 著 张传福 彭 灿 李巧玲 石 晋 胡 敖
责任编辑 陈万寿
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 30.75
字数: 753 千字
印数: 1-3 500 册
- 2009 年 2 月第 1 版
2009 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-19204-2/TN

定价: 78.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

第三代移动通信系统具有提供更大的系统容量和更灵活的高速率、多速率数据传输的能力,除了语音和数据传输外,还能传送高达 2Mbit/s 的高质量的活动图像,真正实现“任何人,在任何地点,任何时间,与任何人”都能便利通信这个目标。

CDMA 通信系统使用扩频通信技术。扩频通信技术在军用通信中已有半个多世纪的历史,主要用于两个目的:对抗外来强干扰和保密。因此,CDMA 通信技术具有许多技术上的优点:抗多径衰减,具备软容量、软切换能力,其系统容量比 GSM 系统大,采用话音激活、分集接收和智能天线技术可以进一步提高系统容量。

由于 CDMA 通信技术有上述的技术优势,第三代移动通信系统主要采用宽带 CDMA 技术。现在第三代移动通信系统的无线传输技术主要有 3 种:欧洲和日本提出的 WCDMA,北美提出的基于 IS-95 CDMA 系统的 cdma2000,以及我国提出的具有自己知识产权的 TD-SCDMA。

移动通信是发展最快的产业之一,通信网络飞速发展的动力来源于市场的需求,而各通信网络运营商对通信网络的投资的目标是获得经济收益。优良的通信网络工程设计可以使运营商在相同的投资规模下获得最大的经济收益,这就凸显出通信网络工程设计的重要性,这也是通信网络工程设计的意义所在。

一个完整的通信网络的建设过程是规划、设计、施工、优化。这个过程的表现是由大到小、由粗到精、由概括到具体的设计调整过程,是一个设计、调整、再设计、再调整的循环过程。

随着我国移动通信事业的蓬勃发展,运营商越来越重视通信网络规划与设计工作。通信网络规划与设计的目标就是在满足业务需求的前提下,平衡网络覆盖、质量和成本之间的关系。通信网络规划与设计是通信工程建设和运行的重要环节,它包括无线网络、传输网络、核心网络以及电源配套的规划与设计。

通信网络规划与设计工作既需要理论知识又需要实际经验,它要求网络规划与设计工程师具有扎实的通信理论基础,熟悉各种制式的移动通信系统工作原理、技术体制、频谱规划、小区规划、通信协议、电波传播、电磁兼容理论和技术经济评价等知识,更需要有丰富的实际规划与设计经验。

TD-SCDMA 是由我国提出的具有自主知识产权的 3G 标准,是 3G 通信标准中三大主流标准之一。

TD-SCDMA 技术具有技术领先、频谱效率高、能实现全球漫游、适于网络规划和优化、适合各种对称和非对称业务、建网和终端的性价比高这 5 大突出优势。

TD-SCDMA 通信网络的规划与设计与其他技术体制的通信网络规划与设计既有相同之处,也有自己的独特之处。

本书对 TD-SCDMA 移动通信网络的规划与设计知识进行了全面、深入、细致的阐述。第 1 章对 TD-SCDMA 技术标准、特点、物理层、关键技术、网络结构、技术演进进行了简要的概述。第 2 章阐述了通信网络规划与设计的理论基础、概念、目的和任务、TD-SCDMA

通信网络规划与设计的特点、无线通信网络规划与设计的流程以及 TD-SCDMA 无线通信网络规划与设计流程。第 3 章描述了无线通信的环境和无线网络规划中需要使用的链路传播模型。第 4 章讨论了通信网络规划中不可或缺的部分——业务分析与预测、业务模型。第 5 章介绍了无线网络规划中一个关键部分——链路预算。第 6 章具体分析了 TD-SCDMA 网络规划中的覆盖、容量规划与设计, 频率、码资源、时隙及站址规划, TD-SCDMA 与 GSM 的联合规划、TD-SCDMA 与 WCDMA 的联合组网、网络规划中的干扰分析、HSDPA 和 HSUPA 的规划和组网策略、TD-SCDMA 的网络仿真、区域规划。第 7 章讨论了 TD-SCDMA 传输网络的规划与设计。第 8 章介绍了 TD-SCDMA 室内分布系统的规划与设计问题。第 9 章介绍了 TD-SCDMA 天馈系统的规划与设计、智能天线小型化以及天线美化。第 10 章介绍了 TD-SCDMA 网络的电源系统设计。第 11 章介绍了 TD-SCDMA 网络的配套系统设计。

本书的第 1~9 章由张传福博士、彭灿、胡敖编写, 第 10 章和第 11 章由李巧玲、石晋编写。由于作者水平有限, 时间仓促, 书中难免有疏漏甚至不当之处, 恳请读者批评和指正。读者可将宝贵意见和建议发至责任编辑电子邮箱 chenwanshou@ptpress.com.cn。

作 者
2008 年 12 月

目 录

第 1 章 TD-SCDMA 移动通信网络概述··· 1

1.1 TD-SCDMA 技术概述·····	1
1.1.1 TD-SCDMA 标准的形成·····	1
1.1.2 TD-SCDMA 技术的特点·····	4
1.2 TD-SCDMA 的物理层·····	6
1.2.1 概述·····	6
1.2.2 传输信道和物理信道·····	7
1.2.3 帧结构·····	9
1.3 TD-SCDMA 的关键技术·····	11
1.3.1 时分双工 (TDD)·····	11
1.3.2 同步技术·····	12
1.3.3 联合检测·····	13
1.3.4 功率控制技术·····	14
1.3.5 切换技术·····	14
1.3.6 智能天线技术·····	16
1.3.7 无线资源管理·····	18
1.4 TD-SCDMA 的体系结构·····	21
1.4.1 UTRAN 的基本结构·····	21
1.4.2 TD-SCDMA 核心网络结构·····	24
1.4.3 TD-SCDMA 的灵活组网方式·····	33
1.5 TD-SCDMA 的技术演进·····	35
1.5.1 TD-SCDMA HSDPA·····	36
1.5.2 TD-SCDMA HSUPA·····	38
1.5.3 TD-SCDMA HSPA+·····	39
1.5.4 TD-MBMS·····	41
1.5.5 TD-SCDMA LTE·····	43
1.5.6 TD-SCDMA 多频点技术·····	44
1.5.7 UpPCH Shifting 技术·····	45

第 2 章 无线通信网络规划与设计概述··· 46

2.1 通信网络规划与设计概述·····	46
2.1.1 通信网络规划与设计的理论 基础·····	46
2.1.2 通信网络规划简介·····	52

2.1.3 无线通信网络规划与设计·····	55
2.1.4 TD-SCDMA 网络规划与设计的 特点·····	58
2.1.5 TD-SCDMA 关键技术对网络规 划与设计的影响·····	62
2.1.6 TD-SCDMA 无线网络规划与设 计的原则和目标·····	66
2.2 无线通信网络规划与设计流程·····	67
2.2.1 移动通信网络的规划与设计 流程·····	67
2.2.2 无线通信网络的规划与建设 流程·····	67
2.2.3 无线网络的规划与设计流程·····	68
2.2.4 移动通信网络规划与设计阶段 分类·····	70
2.3 TD-SCDMA 无线通信网络规划 与设计·····	71
2.3.1 TD-SCDMA 无线通信网络规划 与设计流程·····	71
2.3.2 TD-SCDMA 无线网络预规划·····	73
2.3.3 TD-SCDMA 无线网络的详细 规划·····	83

第 3 章 无线通信环境及无线链路 传播模型····· 86

3.1 无线通信环境·····	86
3.1.1 移动无线通信环境的特点·····	86
3.1.2 移动通信基本传播机制·····	87
3.1.3 信号传播中的损耗和效应·····	89
3.2 模拟链路传播模型的方法·····	91
3.2.1 无线电波传播环境的研究方法·····	91
3.2.2 链路传播模型的分类·····	92
3.2.3 建立传播模型的技术·····	93
3.3 链路传播模型·····	94
3.3.1 简介·····	94

3.3.2 宏蜂窝（大区域）传播模型	97
3.3.3 微蜂窝传播模型	106
3.3.4 室内传播模型	110
3.4 传播模型的校正	113
3.4.1 概述	113
3.4.2 数据准备	114
3.4.3 数据处理	116
3.4.4 模型校正与误差分析	116

第4章 业务预测与业务模型 118

4.1 通信业务预测概述	118
4.1.1 通信业务预测的内容	118
4.1.2 通信业务预测的分类	118
4.1.3 通信业务预测的主要步骤	119
4.2 移动通信网业务预测	119
4.2.1 移动通信网业务预测简介	119
4.2.2 业务的分类	120
4.2.3 预测的依据及原则	122
4.2.4 业务预测中考虑的主要因素	123
4.3 移动通信业务预测方法	125
4.3.1 用户数预测方法	125
4.3.2 业务量预测方法	128
4.3.3 常用的流量预测方法	129
4.3.4 数据用户业务量的预测	131
4.3.5 增值业务量的预测	133
4.4 业务分布预测和业务密度图生成方法	135
4.4.1 地区分类法	135
4.4.2 线性预测法	136
4.4.3 线性校正法	136
4.4.4 瑞利分布综合预测法	136
4.4.5 市话密度类比法	137
4.4.6 综合计算法	137
4.5 业务模型	139
4.5.1 TD-SCDMA 业务类型和业务模型分析方法	140
4.5.2 话音业务模型	140
4.5.3 视频电话业务模型	141
4.5.4 分组数据业务模型	142

第5章 链路预算 146

5.1 链路预算概述	146
5.1.1 引言	146
5.1.2 链路预算模型	147
5.2 TD-SCDMA 链路预算	148
5.2.1 TD-SCDMA 链路预算的特点	148
5.2.2 链路预算模型	149
5.2.3 TD-SCDMA 链路预算参数	150
5.2.4 TD-SCDMA 上行链路预算	159
5.2.5 TD-SCDMA 下行链路预算	160
5.3 上下行链路的平衡	162
5.3.1 TD-SCDMA 业务覆盖	163
5.3.2 TD-SCDMA 上行链路与下行链路平衡	163
5.3.3 公共信道与业务信道	164

第6章 TD-SCDMA 无线网络的规划与设计 166

6.1 TD-SCDMA 无线网络规划与设计原则	166
6.2 TD-SCDMA 无线网络的覆盖规划与设计	167
6.2.1 TD-SCDMA 无线网络的覆盖规划与设计内容	167
6.2.2 TD-SCDMA 无线网络覆盖策略	171
6.2.3 无线覆盖新方式——拉远站（BBU+RRU）	173
6.2.4 直放站	183
6.2.5 特殊环境的覆盖方案	187
6.3 TD-SCDMA 的容量规划与设计	198
6.3.1 TD-SCDMA 的极限容量	198
6.3.2 TD-SCDMA 系统容量的特点	200
6.3.3 TD-SCDMA 混合业务量的计算	200
6.3.4 TD-SCDMA 的容量规划与设计	203
6.4 TD-SCDMA 的频率规划	208

6.4.1 TD-SCDMA 的频率配置	208	6.9.6 TD-SCDMA 与 CDMA 系统之间的 干扰分析	279
6.4.2 TD-SCDMA 的多载波技术	208	6.9.7 TD-SCDMA 与 PHS 系统之间的 干扰分析	281
6.4.3 TD-SCDMA 频率配置策略	211	6.10 TD-SCDMA 的演进网络	283
6.5 TD-SCDMA 的码规划	216	6.10.1 TD-SCDMA HSDPA 的 组网方式	283
6.5.1 TD-SCDMA 的码资源	216	6.10.2 TD-SCDMA HSUPA 的 组网方式	298
6.5.2 TD-SCDMA 的码资源规划	217	6.11 TD-SCDMA 系统的网络仿真	302
6.6 TD-SCDMA 的时隙规划	221	6.11.1 网络仿真概述	302
6.6.1 TD-SCDMA 中的时隙和 时隙规划	221	6.11.2 TD-SCDMA 网络仿真	305
6.6.2 TD-SCDMA 中的时隙配置 策略	223	6.12 区域划分	310
6.7 TD-SCDMA 与 GSM 联合 规划	225	6.12.1 RNC 区域规划	310
6.7.1 TD-SCDMA 与 GSM 联合规划 概述	225	6.12.2 寻呼区域规划	312
6.7.2 TD-SCDMA 与 GSM 联合规划的 内容	228	6.12.3 位置区域规划	313
6.7.3 TD-SCDMA 与 GSM 网络联合 规划流程	230	6.12.4 路由区域规划	315
6.7.4 TD-SCDMA/GSM 联合规划	231	6.12.5 服务区域规划	316
6.7.5 GSM/TD-SCDMA 共站址解决 方案	235	6.12.6 边界划分	316
6.7.6 GSM/TD-SCDMA 互操作	240	第 7 章 TD-SCDMA 传输网络的 规划与设计	317
6.7.7 TD-SCDMA 与 WCDMA 混合 组网	248	7.1 现代通信网络概述	317
6.8 TD-SCDMA 基站站址的选择	255	7.1.1 传送网与传输网	318
6.8.1 基站站址选择面临的困难	255	7.1.2 传输媒质	319
6.8.2 站址选择的原则	256	7.1.3 传输系统	321
6.8.3 站址对系统性能的影响	258	7.1.4 传输网络节点设备	322
6.8.4 基站站址的选择	260	7.2 传输技术	322
6.9 网络规划中干扰的考虑	263	7.2.1 SDH 技术	322
6.9.1 TD-SCDMA 系统的干扰分类	263	7.2.2 光纤通信技术	324
6.9.2 TD-SCDMA 系统内的干扰	263	7.2.3 ATM 通信技术	326
6.9.3 TD-SCDMA 与其他系统之间的 干扰分析	267	7.2.4 数字微波通信技术	329
6.9.4 TD-SCDMA 与 WCDMA 系统 之间的干扰分析	269	7.2.5 卫星通信技术	330
6.9.5 TD-SCDMA 与 GSM 系统之间的 干扰分析	276	7.2.6 其他相关的技术	331
		7.3 传输网络规划概述	332
		7.3.1 传输网络的结构	332
		7.3.2 传输网络规划原则	335
		7.3.3 长途传输网络规划	336
		7.3.4 本地传输网络规划	337

7.3.5 传输网络业务预测	341	8.5.2 建设单独的 TD-SCDMA 室内 分布系统	394
7.4 TD-SCDMA 传输网络规划与 设计	342	8.5.3 光纤分布覆盖系统	396
7.4.1 TD-SCDMA 传输网络的特点	342	8.5.4 基于 BBU + RRU 的室内分布 系统	399
7.4.2 TD-SCDMA 传输网络规划与 设计	344	8.5.5 TD-SCDMA 与其他系统共享 室内分布系统	401
7.5 TD-SCDMA 传输网组网方案	352		
7.5.1 传输网络建设原则	352	第 9 章 TD-SCDMA 天馈系统设计	408
7.5.2 传输技术的选择	353	9.1 天线系统概述	408
7.5.3 TD-SCDMA 骨干传输网络 组网	354	9.1.1 天线概述	408
7.5.4 会聚、接入网传输方案	356	9.1.2 天线的主要参数	409
		9.1.3 天线的分类	414
第 8 章 TD-SCDMA 室内分布系统的 规划与设计	361	9.2 TD-SCDMA 中的智能天线	414
8.1 室内覆盖概述	361	9.2.1 智能天线给 TD-SCDMA 带来的好处	414
8.1.1 引言	361	9.2.2 智能天线的分类	416
8.1.2 室内覆盖的概念和重要性	361	9.2.3 TD-SCDMA 系统中智能天线 技术的实现	418
8.1.3 室内分布系统的应用环境	363	9.2.4 TD-SCDMA 系统中智能天 线的参数	420
8.2 室内分布系统	363	9.3 TD-SCDMA 天线系统的设计	421
8.2.1 室内分布系统的组成	363	9.3.1 天线的基本设计方法	421
8.2.2 实现室内覆盖的信号引入方法	365	9.3.2 不同场景下的参数选择	424
8.2.3 信号源的提取方式	367	9.4 馈线系统的设计	426
8.2.4 室内信号的分布方式	368	9.4.1 馈线的选择	427
8.2.5 室内覆盖新技术	371	9.4.2 塔放的选择	428
8.3 TD-SCDMA 室内分布系统的 规划与设计	373	9.4.3 TD-SCDMA 天馈系统的安装	428
8.3.1 TD-SCDMA 室内覆盖概述	373	9.5 智能天线的发展	432
8.3.2 TD-SCDMA 室内分布系统的 规划与设计	376	9.5.1 智能天线小型化	432
8.4 多系统合路室内分布系统	388	9.5.2 天线的美化	440
8.4.1 多系统合路室内分布系统的 概念和优势	388		
8.4.2 干扰分析	389	第 10 章 TD-SCDMA 移动通信电源 系统的设计	447
8.4.3 多系统合路的规划与设计	390	10.1 移动通信电源系统概述	447
8.5 TD-SCDMA 室内分布系统 建设方案	393	10.1.1 通信电源系统的基本要求	447
8.5.1 TD-SCDMA 室内分布系统的 组成	393	10.1.2 移动通信电源系统的组成	448
		10.2 电源系统设计	449
		10.2.1 电源系统设计规范	449

10.2.2 负荷统计	450	11.4 机房空气调节	471
10.2.3 电源系统设计方案	452	11.4.1 机房环境要求	471
10.2.4 配电设备配置及选择	454	11.4.2 空气调节方案及配置	471
10.2.5 线缆选择及敷设	458	11.5 外电引入	472
10.3 电源系统防雷接地	461	11.5.1 外电引入方式	472
10.3.1 通信电源系统防雷设计	461	11.5.2 市电引入方案及容量	473
10.3.2 接地系统设计	463	11.6 配套设施的防雷接地	473
第 11 章 TD-SCDMA 网络的配套		11.6.1 通信局(站)防雷接地原则	473
项目设计	467	11.6.2 通信建筑防雷接地措施	473
11.1 配套项目概述	467	11.6.3 通信系统防雷接地	474
11.1.1 配套项目内容	467	11.7 动力及环境监控系统	475
11.1.2 设计规范	467	11.7.1 监控系统设计原则	475
11.2 铁塔	467	11.7.2 动力及环境监控系统网络	
11.2.1 通信铁塔分类	467	结构	475
11.2.2 各类铁塔应用范围及要求	467	11.7.3 监控设备配置及技术要求	476
11.3 机房	469	参考文献	477

第1章 TD-SCDMA移动通信网络概述

1.1 TD-SCDMA 技术概述

1.1.1 TD-SCDMA 标准的形成

早在 1985 年,国际电信联盟 (ITU, International Telecommunication Union) 就提出了第三代移动通信的概念,同时建立了专门的组织机构 TG8/1 进行研究,当时将其称为未来陆地移动通信系统 (FPLMTS, Future Public Land Mobile Telecommunication System)。FPLMTS 的研究工作在 1996 年后取得了迅速的进展。首先,ITU 于 1996 年确定了正式名称:国际移动通信—2000 (IMT-2000)。IMT-2000 最关键的是无线传输技术 (RTT, Radio Transport Technology),无线传输技术主要包括多址技术、调制解调技术、信道编解码与交织、双工技术、信道结构和复用、帧结构、射频 (RF, Radio Frequency) 信道参数等。ITU 于 1997 年制订了 M.1225 建议,对 IMT-2000 无线传输技术提出了最低要求,并面向世界范围征求无线传输建议。

为了能够在未来的全球化标准的竞赛中取得领先地位,各个地区、国家、公司及标准化组织纷纷提出了自己的技术标准,截至 1998 年 6 月 30 日,ITU 共收到 16 项建议,针对地面移动通信的就有 10 项之多,其中 FDD 双工方式 8 个, TDD 双工方式 5 个。

1998 年,电信科学技术研究院 (大唐电信集团) 代表我国向 ITU 提出了第三代移动通信时分双工同步码分多址 (TD-SCDMA, Time Division Duplex-Synchronous Code Division Multiplex Access) 标准建议。

TD-SCDMA 标准的技术基础起始于 20 世纪 90 年代中期大唐集团下属的“北京信威通信技术有限公司”研制开发的一套无线本地环路 (WLL, Wireless Local Loop) (国家“九五”重点攻关计划的一部分)。这一技术称为 SCDMA,其核心是一套 TDD 方式工作的、基于智能天线的同步 CDMA 系统,并用软件无线电技术来实现。由于智能天线 (Smart Antenna)、同步 CDMA (Synchronous CDMA) 和软件无线电 (Software Radio) 等技术英文的第一个字母均是“S”,故取名为 SCDMA。该系统于 1997 年底开发成功,智能天线和同步 CDMA 技术均获得专利,为设计 TD-SCDMA RTT 打下了技术基础。1998 年电信科学技术研究院按照 ITU-R M.1225 建议的一系列程序和规范,起草 TD-SCDMA 标准,同时得到中国移动、中国电信、中国联通等公司的大力支持和帮助,该标准文件在我国无线通信标准组 (CWTS, China Wireless Telecommunication Standard) 最终修改完成后,经原邮电部批准,代表我国于 1998 年 6 月提交 ITU 和相关国际标准组织。

在制订 TD-SCDMA 标准时的指导思想如下。

(1) 服从 ITU 对 IMT-2000 陆地移动通信 RTT 的基本要求

① 支持业务的能力：在室内、手持设备和高速移动的 3 种环境下，所能传输的业务数据速率：室内 2Mbit/s，手持设备 384kbit/s，高速移动 FDD 方式 64/144kbit/s，移动速度达到 500km/h，TDD 方式 64/144kbit/s，移动速度达到 120km/h。

② 传输质量：对于语音和视频图像业务的误码率应不超过 10^{-3} ；对于数据业务应不超过 10^{-6} （根据具体业务要求而定）。

③ 全球无缝覆盖。

④ 具有较高的频谱利用率，即在有限频谱资源条件下尽可能为更多的用户服务。

⑤ 具有较好的经济性能：技术（设备）的复杂性，将直接影响到设备的制造成本和系统的经济性能及可靠性。所以制订第三代移动通信标准和进行系统总体设计时，在保证通信质量性能的前提下，尽可能地简化设备，降低成本，提高系统的性能/价格比。

(2) 根据目前对市场的预测，IMT-2000 在投入运行后不久，数据业务将会超过语音业务，而移动数据业务的最主要部分将是不对称的 IP 业务。TD-SCDMA 系统的主要业务应该以不对称的数据业务为主，同时兼顾语音、多媒体等对称业务。

(3) 拥有我国自主知识产权，占领移动通信高科技的制高点。在 TD-SCDMA 系统中采用了国际上广泛关注的新技术，如智能天线、多用户检测、接力切换、同步 CDMA 和低码片速率等，并拥有大量的专利权，使其关键技术掌握在自己手里。

(4) 全面解决 ITM-2000 RTT 与 3G IP 核心网连接的问题，构成全 IP 的第三代移动通信系统。同时，针对我国和世界上许多国家当前第二代移动通信的实际情况，提出了从 GSM 到 TD-SCDMA 系统平滑演进的技术方案。这样既充分利用了当前庞大的 GSM 网络资源，又保护了运营商和广大用户的利益，具有较好的性能价格比。

1999 年 11 月 5 日，ITU-R TG8/1 第 18 次会议在芬兰首都赫尔辛基举行，会议通过了“第三代移动通信系统 (IMT-2000) 无线接口技术规范”建议 IMT.RSPC (IMT-2000 Radio Interface Specification)，TD-SCDMA 标准提案被写入第三代移动通信无线接口技术规范的建议中。为今后全球第三代移动通信产业的发展指明了方向。这次会议标志着第三代移动通信系统的开发和应用将进入实质阶段。

TD-SCDMA 技术标准的发展历程如下：

① 1996 年，大唐集团完成 TD-SCDMA 的关键核心技术的创新过程；

② 1998 年 6 月，大唐集团代表中国向 ITU 提交了 TD-SCDMA 技术提案；

③ 2000 年 5 月，TD-SCDMA 被国际电联批准为第三代移动通信国际标准，这是百年来中国电信发展史上的重大突破；

④ 2001 年 3 月 16 日，TD-SCDMA 标准被第三代移动通信伙伴项目 (3GPP, 3rd Generation Partner Project) 正式接纳；

⑤ 2002 年 2 月至 2003 年 8 月，国家组织完成 TD-SCDMA 的 MNET 实验，验证了 TD-SCDMA 技术的可行性；

⑥ 2002 年 10 月，国家颁布了中国 3G 频谱规划，为 TD-SCDMA 分配了共计 155MHz 频率资源；

⑦ 2002 年，TD-SCDMA 产业联盟成立，大大推动了 TD-SCDMA 的产业化进程；

⑧ 2005 年 1 月至 2005 年 6 月，国家组织进行了 TD-SCDMA 产业专项测试，验证了

TD-SCDMA 技术和系统具备可商用水平；

⑨ 2005 年 11 月至 2006 年 6 月，国家组织了 3 个城市规模网络技术应用实验，进一步验证了 TD-SCDMA 技术和系统具有大规模独立组网能力；

⑩ 2006 年 1 月 20 日，TD-SCDMA (V1) 行业标准率先完成并颁布；

⑪ 2007 年 1 月，国家组织 10 个城市大规模网络技术应用实验，建成的网络为奥运城市提供了丰富的 3G 业务服务；

⑫ 2007 年 11 月，在 WRC-07 世界无线电大会上，通过中国政府的大力推动，2 300~2 400MHz 成为全球统一划分的 IMT 频段，为 TD-SCDMA 赢得有利的发展空间。

从 TD-SCDMA 发展历程可以看出，TD-SCDMA 用了较短的时间，完成了从标准创新到技术验证再到大规模网络技术应用实验的过程。中国巨大的移动通信市场及快速发展也为 TD-SCDMA 提供了广阔的发展空间，TD-SCDMA 技术及应用正稳步走向商用化的美好前景。

TD-SCDMA 标准化过程如图 1-1 所示。

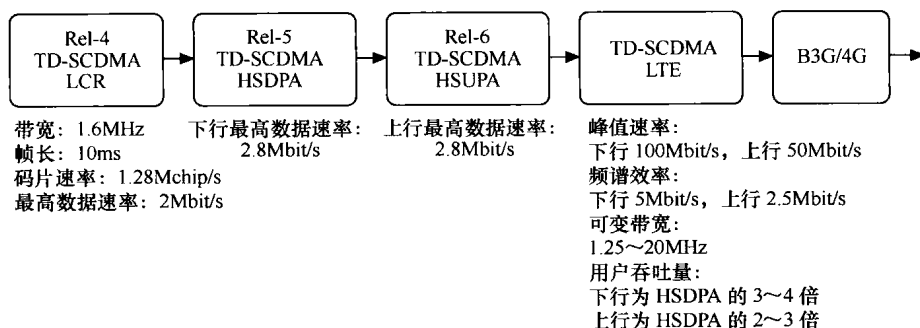


图 1-1 TD-SCDMA 标准发展的历程

TD-SCDMA 是第一个采用 TDD 和智能天线技术的公众陆地移动通信系统，也是唯一采用同步 CDMA (SCDMA) 技术和低码片速率 (LCR，相对于 3.84Mchip/s 的 UTRA TDD 而言) 的 3G 系统。它是 FDMA、TDMA、CDMA 和 SDMA 多种接入机制的结合体，同时还采用了联合检测、软件无线电、接力切换等其他关键技术，具有频谱灵活性、理论最高频谱利用率、不需要成对频带、系统设备成本低、系统功能和软件升级容易等明显优点。

到 2020 年前，TD-SCDMA 技术与标准的发展和未来演进可以大致分为 3 个阶段和 2 大类别技术。3 个阶段分别是：TD-SCDMA 及 TD-SCDMA 增强型技术标准阶段，TD-SCDMA 长期演进 (TD-LTE) 技术阶段，4G (IMT-Advanced) 技术阶段。两大类别技术分别是：第 1 阶段 TD-SCDMA 及 TD-SCDMA 增强型技术基于的 CDMA 技术，第 2 阶段的 LTE 和第 3 阶段 4G 基于的 OFDM 技术。

TD-SCDMA 技术与标准的第 1 阶段又可以分为 TD-SCDMA 基本版本阶段及 TD-SCDMA 增强型版本阶段。TD-SCDMA 基本版本即 3GPP R4 版本，主要是实现话音和中低速数据业务。TD-SCDMA 增强型版本是指 TD-SCDMA 的 3GPP R5/R6/R7 版本。TD-SCDMA 增强技术是在 TD-SCDMA 现有技术的基础上，通过引入局部的先进技术，如 HARQ、AMC、高阶调制、快速调度机制、MIMO 等，取得明显的性能提升，来满足 TD-SCDMA 现有网络的快速升级和部署。采用的基本技术以 CDMA 为基础，没有技术体制上的更新换代，TD-SCDMA 增强技术以 HSDPA、HSUPA、MBMS (包括优化的 MBMS)、HSPA+ 为代表。

TD-SCDMA 标准第 2 阶段可以称为 TD-LTE 长期演进阶段。TD-LTE 在基本多址接入技术上引入 OFDM 替代 CDMA, 在智能天线基础上进一步引入 MIMO 技术, 形成 SA+MIMO 的先进多天线技术, 同时保持了特殊时隙和同步以及联合检测等原有技术优势和技术特点, 在性能上获得巨大提升 (5~6 倍于 3GPP R6 版本) 的同时, 还尽量保证 TD-SCDMA 及 TD-SCDMA 增强网络向 TD-LTE 网络的平滑演进。目前, TD-LTE 在 3GPP 的标准化工作和 FDD LTE 的标准化工作同步进行, 2008 年年中完成 LTE V1 版本标准化。在 TD-LTE 标准化过程中, 以大唐为主的我国企业、科研院所、高校等单位继续主导着标准及技术。

TD-SCDMA 标准第 3 阶段称为 4G 或 ITM-Advanced 阶段。ITM-Advanced 是 ITU 为满足未来 10~15 年全球移动通信需求而启动的。根据 ITU 当前规划, 2008 年 2 月完成 4G 技术方案征集通函的制订, 2008 年中开始 4G 候选方案的征集工作, 2009 年中结束候选方案的征集, 2010 年中完成候选方案的技术评估和融合, 2012 年左右发布 4G 技术标准方案。在技术上, ITM-Advanced 将基于 OFDM, 在 LTE (或相当) 技术基础上进行进一步增强。目前在国家有关主管部门的统一领导和组织下, TD-SCDMA 4G 标准研究也在有条不紊地进行中, 在 4G 研究方面, 大唐也取得了一系列研究成果, 并完成了大唐 4G 白皮书。

1.1.2 TD-SCDMA 技术的特点

在第三代移动通信标准制定过程中, 国际上对 TDD 双工方式第一次给予了高度重视, 在 CDMA 和 TDMA 系统中都制定了 TDD 的标准。很多国家的运营商都表示了首先选用 TDD 系统的愿望, 其主要原因如下。

根据目前对市场的预测, IMT-2000 在投入运行后不久, 数据业务将会超过话音业务。而数据业务的最主要部分将是不对称的 IP 型的业务。

在同样满足 IMT-2000 要求的前提下, TDD 系统有如下特点:

- (1) TDD 能使用各种频率资源, 不需要成对的频率;
- (2) 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;
- (3) 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;

- (4) TDD 系统设备成本较低, 将可能比 FDD 系统低 20%~50%。

和 FDD 系统比较, 采用 TDD 的双工方式的主要缺点是:

- (1) 高的峰值/平均发射功率电平, 随时隙增多而增加;
- (2) 在 CDMA TDD 模式中, 峰值/平均发射功率水平高于 10dB;
- (3) CDMA 要求高线性工作, 高峰值电平将会限制终端的发射功率, 从而限制了 Node B 与终端之间的距离;
- (4) Node B 与终端之间的距离将会受到传输时延的限制, 通常小于 10km;
- (5) 不连续发射, 抗快速衰落和多普勒效应的能力低于 FDD, 因此, 在 IMT-2000 中支持的终端最快速度为 120km/h, 而 FDD 为 500km/h。

TDD 系统的主要问题是在终端的移动速度和覆盖距离等方面。影响小区最大半径的因素有以下几个。

- (1) TDD 使用相同频率而用时间来划分上下行时隙。由于电波传播需要时间, 在上下行

时隙之间必须留下保护时隙。小区半径越大,此保护时隙就越长,系统开销就越大,系统效率将降低。

(2) CDMA TDD 系统要求比较大的峰值/平均功率比(超过 10dB)。由于 CDMA 系统必须工作在线性状态,故要求放大器有较大的线性输出能力,这就限制了手持设备的通信距离(成本及电池容量)。

以上情况说明,移动通信一定是以 FDD 为主流的传统论点已受到挑战,TDD 系统在第三代移动通信中的位置已不可动摇。第三代移动通信网络既可以是一个混合的网络:卫星移动通信系统用来完成全球无缝覆盖,FDD 系统用来建设全国和国际移动通信网,而 TDD 系统用来在城市人口集中地区提供高密度和高容量的话音、数据及多媒体业务,用双模甚至多模用户终端来实现全球漫游;也可以单独建设 TD-SCDMA 网络来实现全国和国际移动通信网络。

TD-SCDMA 系统采用了集 FDMA、TDMA 和 CDMA 为一体的技术,1.6MHz 的载波带宽提供高达 2Mbit/s 的数据速率。TD-SCDMA RTT 的主要参数如下。

- (1) 双工方式: TDD。
- (2) 载波带宽: 1.6MHz。
- (3) 码片速率: 1.28Mchip/s (为 WCDMA 的 1/3)。
- (4) 帧结构: 多时隙 TDMA+DS-SS-CDMA。
- (5) 时隙个数: 7/14。
- (6) 扩频因子: 1/2/4/8/16。
- (7) 调制方式: QPSK。
- (8) 工作带宽: 5MHz。
- (9) 数据速率: 144kbit/s、384kbit/s、2Mbit/s。

由于 TD-SCDMA 也采用 TDD 方式,因此它和 3GPP UTRA TDD 有相同之处:

- (1) 使用 TDD 双工方式;
- (2) 同时使用 FDMA/TDMA/CDMA;
- (3) 使用相同的 QPSK 射频调制解调技术;
- (4) 使用相同的正交可变扩频系数的扩频调制方法;
- (5) 使用相同的超帧和无线帧长度;
- (6) 使用相同的数据复接和分接方法;
- (7) 在信道编码和交织方面,使用和 3GPP 完全相同的技术;
- (8) CDMA TDD 将使用完全相同的第二、第三层信令。

但是 TD-SCDMA 也使用了特殊技术和设计:

- (1) 它是一个同步 CDMA 的系统,用软件和帧结构设计来实现严格的上行同步;
- (2) 是一个基于智能天线的系统,充分发挥了智能天线的优势,并在未来可能使用 SDMA;
- (3) 基于软件无线电技术,所有基带数字信号处理均用软件实现,而不依赖 ASIC;
- (4) 在基带数字信号处理上,联合使用了智能天线和联合检测技术,达到比 UTRA TDD 高一倍的频谱利用率;

(5) 基于智能天线,使用接力切换技术,和 CDMA 的软切换相比,简化了用户终端的设计,克服了软切换要长期大量占用网络资源和基站下行容量资源的缺点。

TD-SCDMA 技术所提供的高性能主要表现在高的频谱利用率方面。此外, TD-SCDMA 还是一种低成本的系统。达到高性能和低成本的主要原因是 TD-SCDMA 使用了如下技术。

(1) 功率调整及功率控制: 功率调整步长为 $1\sim 3\text{dB}$, 同步精度为 $1/8$ 码片宽度, 而且功率控制采用开环+闭环的同步方式。

(2) 上行链路同步 (Uplink Synchronization): 上行链路采用正交码扩频, 网络控制移动台动态发往基站的发射时间, 使上行信号到达基站时保持同步, 保证上行信道信号不相关, 降低了码间干扰, 提高了系统容量, 降低了基站接收机的复杂度。它可以简化基站硬件, 降低无线基站成本。

(3) 智能天线: 采用类似于相控阵的波束成形技术, 基站天线的方向图随移动台的移动而动态跟踪。由于波束很窄, 因此不仅对相关的移动台增益高, 而且对其他用户的干扰也很小, 可以取得移动台的位置信息, 降低了多径和多址干扰, 提高了系统容量, 提高了接收灵敏度、降低了发射功率和无线基站成本。

(4) 联合检测 (Joint Detection): 将同一时隙中的多个用户的信号以及多径信号一起处理, 精确地解调出各个用户的信号。联合检测能够有效地解决码间干扰和多用户干扰问题。

(5) 接力切换 (Baton Handover): 利用移动台的位置信息, 准确地将移动台切换到新小区, 避免了频繁的切换, 大大提高了系统容量。

(6) 软件无线电 (Software Radio): 用软件来实现部分需硬件实现的功能, 而使得设计、测试变得灵活方便, 可以提高不同系统间的兼容性, 也可以降低产品开发周期和成本。

(7) 低速率模式 (Low Chiprate): 采用 1.28Mchip/s , 为 UTRA TDD 码片速率的 $1/3$, 这有利于与 UTRA TDD 系统的兼容。码片速率低, 在硬件上容易实现并且成本很低。对于 1.28Mchip/s 的码片速率, 单个载频占用 1.6MHz 的带宽。由于占用频带窄, 所以能够很灵活地安排频谱。利用将要空置出的第二代频谱开展第三代业务, 可有效地使用珍贵的频谱资源。GSM 的频点为 200kHz 间隔, 8 个连续的 GSM 频点可安排一个 1.6MHz TD-SCDMA 的载波。

(8) 基站地址可以重复利用: 根据平滑过渡的原则, GSM 基站和 TD-SCDMA Node B 可以配置在同一基站地址。

造成两种 TDD RTT 性能差别的主要原因是基本设计思想的差别: UTRA TDD 是为 WCDMA FDD 模式的补充, 主要应用于室内 (办公室、机场、车站、商场等) 环境; TD-SCDMA 是作为一个完整的移动通信系统来设计的, 要求在各种环境 (移动、手持机和室内) 下工作, 并达到最高的频谱利用率。

1.2 TD-SCDMA 的物理层

1.2.1 概述

移动通信系统的空中接口就是移动终端和接入网之间的接口, 它主要由物理层 (L1)、数据链路层 (L2) 和网络层 (L3) 组成。第三代移动通信系统空中接口协议结构如图 1-2 所示。第三代移动通信技术标准的主要区别体现在空中接口的无线传输技术上, 尤其是在物理层方面。由于设计高层时尽量考虑不同标准的兼容, 相互之间的区别并不十分明显, 只是在

描述物理信道相关消息和信息元素方面有所区别。

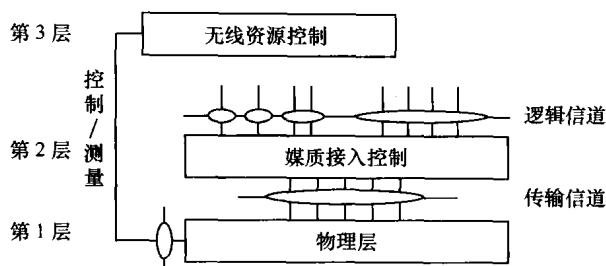


图 1-2 第三代移动通信系统无线接口协议结构

TD-SCDMA 的无线接口协议体系结构也如图 1-2 所示，物理层连接 L2 的媒体接入控制（MAC，Media Access Control）子层和 L3 的无线资源控制（RRC，Radio Resource Control）子层。图中不同层/子层之间的圈表示服务接入点（SAP，Service Access Point）。物理层向 MAC 层提供不同的传输信道，信息在无线接口上的传输形式决定了传输信道的特性。MAC 层向 L2 的无线链路控制（RLC，Radio Link Control）子层提供不同的逻辑信道，传输信息的类型决定了逻辑信道的特性。物理信道在物理层定义，一个物理信道由码字、频率和时隙共同决定。物理层由 RRC 控制。

物理层向高层提供数据传输服务，这些服务的接入是通过使用 MAC 子层使用的传输信道来实现的。为了提供数据传输服务，物理层需要完成以下功能：

- （1）传输信道错误检测和控制；
- （2）传输信道的 FEC 编译码；
- （3）宏分集的分裂/合并和切换；
- （4）传输信道和编码组合传输信道的复用/解复用；
- （5）编码组合传输信道到物理信道的映射；
- （6）物理信道的调制/扩频和解调/解扩；
- （7）频率和时钟（码片、比特、时隙和子帧）同步；
- （8）功率控制；
- （9）物理信道的功率加权和合并；
- （10）RF 处理；
- （11）速率匹配；
- （12）无线参数测量，包括 FER、SIR、干扰功率等；
- （13）上行同步控制。
- （14）上行和下行波束成形；
- （15）UE 定位。

1.2.2 传输信道和物理信道

传输信道作为物理层向高层提供的服务，它描述的是信息如何在空中接口上传输。而逻辑信道则是 MAC 层向上层（RLC）提供的服务，它描述的是传送什么类型的信息。传输信道通常分为 2 类。