

无线网络规划与优化系列丛书

TD-SCDMA

无线网络

优化指南

■ 肖建华 梁立涛 王航 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

无 线 网 络 规 划 与 优 化 系 列 丛 书

TD-SCDMA 无线网络 优化指南

■ 肖建华 梁立涛 王航 编著

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

TD-SCDMA无线网络优化指南 / 肖建华, 梁立涛, 王航编著. -- 北京: 人民邮电出版社, 2010.5
(无线网络规划与优化系列丛书)
ISBN 978-7-115-22218-3

I. ①T… II. ①肖… ②梁… ③王… III. ①码分多址—移动通信—通信网—最佳化—指南 IV. ①TN929.533-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第007528号

内 容 提 要

本书从 TD-SCDMA 无线网络的基本原理出发, 着重讨论 TD 无线网络运营过程中的优化问题, 内容包括业务优化、参数优化、容量优化、HSDPA 优化、系统间优化、射频优化以及室内优化。本书将这些问题进行了细致和透彻的分析, 实用性和参考性极强。为相关技术维护人员在日常工作中提供了很有用的参考。

本书适合于通信运营商和网络服务公司负责 TD-SCDMA 无线网络优化与维护、TD 无线网络维护管理、工程安装及规划设计的相关技术人员阅读, 也可作为对相关维护技术人员的培训用书。

无线网络规划与优化系列丛书

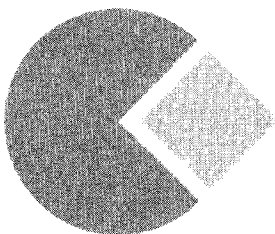
TD-SCDMA 无线网络优化指南

-
- ◆ 编 著 肖建华 梁立涛 王 航
责任编辑 王建军
执行编辑 赵 斌
 - ◆ 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>
三河市海波印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20.5 2010 年 5 月第 1 版
字数: 501 千字 2010 年 5 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-22218-3

定价: 56.00 元

读者服务热线: (010)67119329 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154



前 言

移动通信给我们的生活带来了前所未有的变化和影响,尤其随着第三代移动通信系统在我国提供商用服务以来更是如此。可以预见,3G 网络的服务范围、服务种类和速率将会进一步扩展,进一步深化移动通信在人们生活中的作用。随着我国 3G 牌照的发放,中国移动挑起了发展自主知识产权通信标准的大任,通过中国移动广大员工艰苦卓越的努力,TD-SCDMA 网络运营取得了长足的发展,用户数、语音业务量以及数据业务量均稳定增长。

本书作者团队来自于中国移动通信集团北京有限公司网络优化中心,有着长期从事第三代移动通信系统的规划、优化与研发等工作的经验。本书将致力于解决 TD-SCDMA 网络中的一些工程问题,着重讨论了 TD-SCDMA 无线网络覆盖优化、容量优化、业务优化、HSDPA 优化以及室内优化。

第 1 章介绍了 TD-SCDMA 系统的网络结构、网元功能、关键技术以及 TD-SCDMA 与 GSM 网络之间的区别。

第 2 章介绍了 TD-SCDMA 系统射频部分的优化,即覆盖优化。

第 3 章讨论了 TD-SCDMA 系统小区容量估算方法,包括单一业务的容量估算和多业务容量估算;分析了不同业务对整体容量的影响和提升系统容量的方法等。

第 4 章介绍了 TD-SCDMA 系统优化中涉及的主要无线参数:系统信息参数、物理层参数、小区重选参数、接入参数以及切换参数。

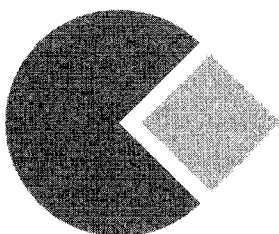
第 5 章介绍了 TD-SCDMA 系统业务优化,内容包括业务的接入性能、保持性能、接续性能以及吞吐率。

第 6 章分析了 TD-SCDMA 系统与其他移动通信系统的相关性,介绍了系统间互操作涉及的参数,着重探讨了空闲模式下和连接模式下怎样设置这些参数。

第 7 章介绍了 HSDPA 的主要技术特点,包括 HSDPA 关键功能、HSDPA 信道、物理层处理流程、HSDPA 配置参数、HSDPA 优化及 HSDPA 空分复用技术。

第 8 章首先讨论覆盖室内的方式,然后着重讨论 TD-SCDMA 室内分布系统及设计,最后讨论室内 TD-SCDMA 优化方法。

作者希望本书能够给读者一些有益的帮助。由于作者能力有限,书中难免有疏漏甚至错误的地方,衷心希望读者能够予以指正。



目 录

第 1 章 TD-SCDMA 网络基础 1

1.1 TD-SCDMA 网络架构 1

1.1.1 GSM 网络架构 1

1.1.2 GSM 网络的主要网元 2

1.1.3 GSM 网元间的接口协议 2

1.1.4 TD-SCDMA 网络架构 3

1.2 TD-SCDMA 系统的关键技术 4

1.2.1 TDD 技术 4

1.2.2 智能天线 4

1.2.3 联合检测 9

1.2.4 动态信道分配 11

1.2.5 接力切换 15

1.3 TD-SCDMA 无线网络协议 19

1.3.1 TD-SCDMA 高层协议 模型 19

1.3.2 无线接口协议 19

1.3.3 物理信道、传输信道与 逻辑信道 21

1.3.4 扩频与调制 24

1.3.5 物理层过程 27

第 2 章 射频优化 30

2.1 引言 30

2.2 TD-SCDMA 无线组网方式 30

2.2.1 N 频点技术 30

2.2.2 N 频点组网 32

2.3 链路预算 34

2.3.1 传播模型的选择 34

2.3.2 上行链路预算 36

2.3.3 下行链路预算 48

2.4 射频优化 55

2.4.1 公用信道参数优化 56

2.4.2 PCCPCH 弱覆盖的 优化 56

2.4.3 导频污染的优化 58

2.4.4 越区覆盖的优化 60

2.4.5 孤岛效应的优化 60

2.5 干扰控制 61

2.5.1 原因分析 61

2.5.2 解决措施 61

2.5.3 干扰问题的排查方法 62

2.6 覆盖延伸技术 63

2.6.1 基带光纤拉远 63

2.6.2 直放站 67

第 3 章 容量优化 70

3.1 链路预算 70

3.1.1 TD 系统覆盖范围 70

3.1.2 语音业务的覆盖能力 70

3.1.3 数据业务的覆盖能力 76

3.1.4 呼吸效应对覆盖的 影响 76

3.2 容量估算 77

3.2.1	单一业务容量分析	77
3.2.2	混合业务容量估算方法	77
3.2.3	Equivalent Erlang 方法	77
3.2.4	post Erlang-B 方法	78
3.2.5	Campbell 方法	79
3.2.6	基于 BRU 需求量的混合 业务容量估算方法	80
3.2.7	Kaufman Roberts 算法	81

第4章 参数优化82

4.1	引言	82
4.2	系统信息	82
4.2.1	系统信息结构	83
4.2.2	系统信息块的分割和 级联	85
4.2.3	系统信息的更新	85
4.2.4	系统信息块的内容	86
4.3	物理层参数	91
4.3.1	频率优化	91
4.3.2	扰码优化	94
4.3.3	功率分配	98
4.4	系统内小区重选及其相关 参数	101
4.4.1	小区重选分类	101
4.4.2	小区重选过程概述	103
4.4.3	小区选择/重选参数 优化	106
4.5	小区接入及相关参数	110
4.5.1	随机接入过程	110
4.5.2	RRC 信令连接建立 过程	112
4.5.3	无线接入承载 RAB 建立 过程	114
4.5.4	小区接入参数优化	118
4.6	系统内切换及其相关参数	121
4.6.1	切换流程说明	122
4.6.2	硬切换	129
4.6.3	接力切换	134
4.6.4	各种类型业务切换所	

使用的切换信令 137

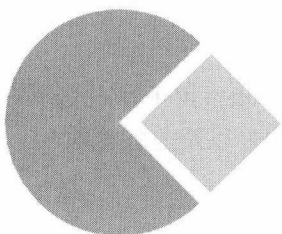
4.6.5 切换参数优化 137

第5章 业务优化 143

5.1	关键性能指标 (KPI) 与分阶段 优化方法	143
5.2	语音业务优化	145
5.2.1	自适应多速率编 解码器	145
5.2.2	AMR 业务	146
5.2.3	语音呼叫建立、事件和 信令	146
5.2.4	语音呼叫保持事件和 信令	159
5.2.5	无线链路性能指标	163
5.2.6	优化流程及案例	164
5.2.7	参数优化	184
5.2.8	呼叫质量指标	185
5.3	可视电话业务优化	186
5.3.1	可视电话信令流程	188
5.3.2	可视电话质量指标	197
5.3.3	VT 优化与 AMR 优化的 对比	199
5.4	PS 数据业务优化	199
5.4.1	PS 业务的 QOS 配置	200
5.4.2	信道转换及资源优化	201
5.4.3	质量指标及评估手段	206
5.4.4	PS 数据业务参数	206
第6章	系统间优化	210
6.1	概述	210
6.2	空闲模式下系统间互操作	211
6.2.1	TD 向 GSM 系统的重选 过程	211
6.2.2	GSM 向 TD 系统的重选 过程	212
6.2.3	系统间的小区重选 参数	214
6.3	连接模式下的系统间互操作	215

6.3.1 CS 业务 TD 向 GSM 切换原理	215	7.5.4 快速调度技术	239
6.3.2 PS 业务 TD 向 GSM 切换原理	219	7.6 HSDPA 组网	240
6.4 不同场景下测试结果研究 分析	220	7.6.1 HSDPA 独立载波组网	241
6.4.1 大区覆盖边缘场景	220	7.6.2 HSDPA 与 R4 混合载波 组网	241
6.4.2 室内覆盖情况测试 结果研究分析	222	7.6.3 3 种组网方式比较	242
6.4.3 室外有 3G, 而室内仅 有 2G 覆盖场景	222	7.6.4 同频与异频组网	242
6.5 系统间切换参数优化思路和 步骤	223	7.6.5 HSDPA 对网络规划的 影响	242
6.5.1 检查和添加 GSM 邻区	223	7.7 HSDPA 的码道配置	244
6.5.2 配置 GSM 邻区应注意的 问题	223	7.7.1 配置 2 个 HS-PDSCH 时隙	244
第 7 章 HSDPA 优化	224	7.7.2 配置 3 个 HS-PDSCH 时隙	245
7.1 引言	224	7.7.3 最高速率 HSDPA 码道 配置	246
7.2 HSDPA 协议栈结构	224	7.8 HSDPA 切换	247
7.3 HSDPA 信道结构	225	7.8.1 TD-SCDMA 系统内 切换	247
7.3.1 高速下行共享信道 (HS-DSCH)	225	7.8.2 HSDPA 到 2G 重选	250
7.3.2 高速物理下行共享信道 (HS-PDSCH)	226	7.8.3 2G 到 HSDPA 重选	250
7.3.3 高速下行共享控制信道 (HS-SCCH)	228	7.9 HSDPA 优化	252
7.3.4 高速上行共享信息信道 (HS-SICH)	229	7.9.1 参数优化	252
7.3.5 伴随 DPCH (ADPCH)	231	7.9.2 性能优化	254
7.4 HSDPA 工作流程	231	7.10 HSDPA 空分复用技术 (HSDPA MX) 简介	261
7.4.1 工作流程	231	第 8 章 室内优化	264
7.4.2 物理信道时序要求	232	8.1 引言	264
7.5 HSDPA 关键技术	233	8.2 室内覆盖设计	265
7.5.1 16QAM 调制	233	8.2.1 室内覆盖方式	265
7.5.2 自适应调制编码 (AMC)	234	8.2.2 室内分布系统	266
7.5.3 混合自动重传 (HARQ)	236	8.2.3 TD-SCDMA 室内覆盖的 特点	268
		8.2.4 室内分布系统中器件 介绍	270
		8.2.5 TD-SCDMA 室内分布 系统设计要求	273
		8.3 室内覆盖链路预算	276

8.3.1	含室内分布系统的链路 预算	277	8.4.2	室内系统参数设置与室 外系统参数设置的差异...	287
8.3.2	无线直放站施主天线和 隔离度	278	8.4.3	室内覆盖设计实例	288
8.3.3	TD-SCDMA 室内容量 增强技术	278	8.4.4	室内优化案例	300
8.4	室内优化及案例	283	8.4.5	多系统合路优化	304
8.4.1	室内系统的验收与 测试	287	附录	室内验收要求实例	307
			参考文献		314
			缩略语		317



第 1 章 TD-SCDMA 网络基础

1.1 TD-SCDMA 网络架构

1.1.1 GSM 网络架构

GSM 网络包括移动台、基站子系统、网络子系统和网络管理子系统 4 个部分，如图 1-1 所示。其中移动台（Mobile Station, MS）由 SIM 卡和移动设备（ME）组成，通过空中接口（Air 接口）与 BTS（Base Transceiver Station 基站收发信机）之间传送无线信号。基站子系统的主要功能是通过 A 接口将移动用户与网络交换子系统（NSS）相连，进行无线网的控制和管理，语音的编解码。基站子系统由 BSC（Base Station Controller）、BTS、TC（Transcoder）3 部分构成。网络子系统主要负责建立移动用户之间、移动用户与其他网络用户之间的连接，与基站子系统和其他网络如固定网、数据网等之间有信令连接，包括语音交换、呼叫控制、移动性管理、计费功能、安全性策略等。网络管理子系统通过 OMC（Operation and Maintenance Centre）来监控网络中各种网元及其功能，包括故障管理、配置管理、性能管理等多项功能。

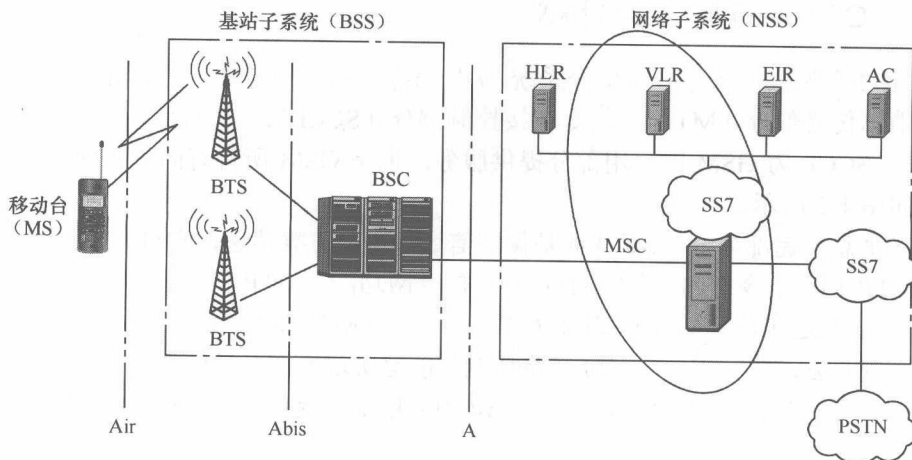


图 1-1 GSM 网络架构

1.1.2 GSM 网络的主要网元

GSM 网络的主要网元包括 MSC（移动交换中心）、VLR（访问位置寄存器）、HLR（归属位置寄存器）、AC（鉴权中心）、EIR（设备识别寄存器）。一般来说，AC、EIR 与 HLR 集成在一个设备中，通常称为 HLR；VLR 与 MSC 集成在一起，称为 MSC。各网元的主要功能如下。

（1）MSC（Mobile Switching Center）：移动交换中心

MSC 中包括 VLR 的功能，它是 NSS（网络子系统）的核心，也是用于呼叫交换的处理中心。主要功能包括信令处理、呼叫控制、计费信息的收集、寻呼用户以及业务管理，与 BSS、PSTN 以及其他业务网有接口连接。

（2）VLR（Visitor Location Register）：访问位置寄存器

VLR 存储当前在该 MSC/VLR 下登记用户的临时性信息，如移动用户的识别号码（MSISDN, IMSI……）、移动用户登记的位置、移动用户具有的业务等；还进行移动性管理，包括位置更新、鉴权。VLR 通常与 MSC 集成在一起，为呼叫建立过程提供所需的用户信息、登记位置等。

（3）HLR（Home Location Register）：归属位置寄存器

通常 HLR 设备中包括 AC 和 EIR 功能，用于存储本网移动用户的数据信息。HLR 与 VLR 中都存有用户的信息，但 VLR 中的用户数据是临时的，而 HLR 中的用户数据是永久性的。HLR 中的用户数据包括移动用户的识别号码（MSISDN, IMSI……）、移动用户登记的 VLR 地址、移动用户具有的基本业务、补充业务、GPRS 数据等，并且参与呼叫建立、移动性管理等相关信令流程。

（4）AC（Authentication Center）：鉴权中心

AC 产生用于鉴权、语音加密的鉴权 3 要素（Ki、RAND、SRES）；存储用户的鉴权信息和鉴权算法的版本；通过 HLR 将鉴权数据传送给 MSC。

（5）EIR（Equipment Identity Register）：设备识别寄存器

EIR 负责存储在 GSM 网络中使用的移动设备识别号 IMEI（International Mobile Equipment Identity）。网络运营商可以将 IMEI 号分成 3 类，分别是白名单、灰名单、黑名单，对于不同名单中的 IMEI 号可以进行相应的操作，如允许正常通信、跟踪号码、拒绝接入网络，对于被盗或故障的移动设备可以进行监视跟踪。

1.1.3 GSM 网元间的接口协议

GSM 各主要网元间采用 7 号信令系统，7 号信令功能结构考虑了与 OSI 参考模型的一致性，包括消息传递部分（MTP）、信令连接控制部分（SCCP）、用户部分（UP）和应用部分（AP），其中 SCCP 为 GSM 的应用部分提供服务，也是 GSM 所特有的。各网元间的 7 号信令协议栈如图 1-2 所示。

MTP（消息传递部分）：主要任务是保证信令消息的可靠传送，它可分为 3 级：信令数据链路（MTP-1）、信令链路功能（MTP-2）、信令网功能（MTP-3）。

SCCP（信令连接控制部分）：基于 MTP 基础，为 MTP 提供附加功能，提供数据的无连接和面向连接业务，具有增强的寻址选路功能，能够实现不同 7 号信令网之间的信令传输。

TCAP（事务应用部分）：为 MAP、INAP 的应用部分提供接口和服务，实现操作和对话的控制。

MAP（移动应用部分）：是 GSM 网所特有的一个重要功能，提供 NSS 单元之间的与呼

叫无关的 GSM 特有协议，如位置更新、切换、HLRENQ 等。

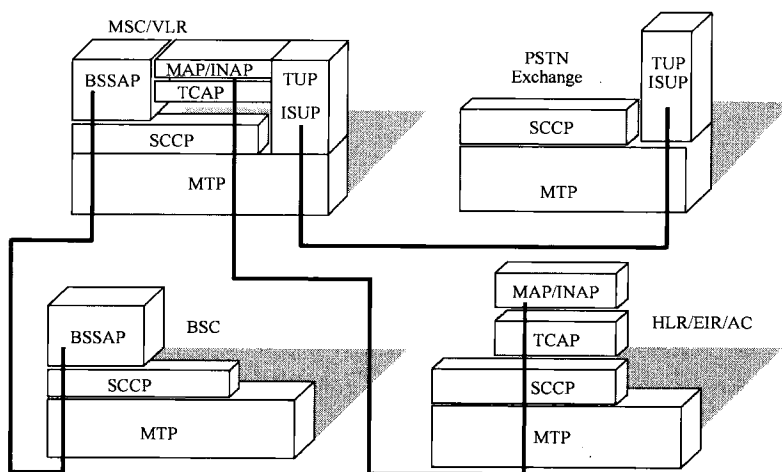


图 1-2 各网元间的 7 号信令协议栈

INAP（智能网应用部分）：提供与智能网有关的信令功能，如 SSP 与 SCP 之间的信令协议。

TUP（电话用户部分）：处理与电话呼叫有关的信令。

ISUP（ISDN 用户部分）：在 ISDN 环境中提供语音和非话业务所需的功能，具有 TUP 的所有功能，所以可以代替 TUP。

BSSAP（基站子系统应用部分）：负责 BSS 部分的信令功能，提供 NSS 与 BSS 间的接口协议。

1.1.4 TD-SCDMA 网络架构

TD-SCDMA 系统由核心网（CN）、无线接入网（UTRAN）和手机终端（UE）3 部分组成，如图 1-3 所示。UTRAN 由基站控制器（RNC）和基站 Node B 组成。CN 通过 Iu 接口与 UTRAN 的 RNC 相连。其中 Iu 接口又被分为连接到电路交换域的 Iu-CS、分组交换域的 Iu-PS、广播控制域的 Iu-BC。Node B 与 RNC 之间的接口叫做 Iub 接口。在 UTRAN 内部，RNC 通过 Iur 接口进行信息交互，Iur 接口可以是 RNC 之间物理上的直接连接，也可以通过任何适合网络传输的虚拟连接来实现。Node B 与 UE 之间的接口叫做 Uu 接口。

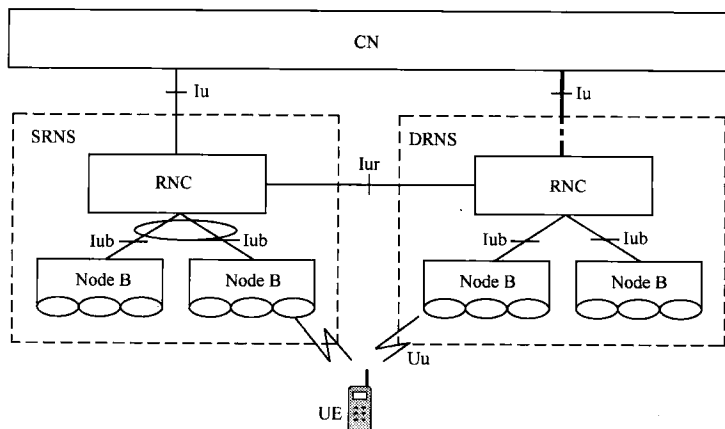


图 1-3 TD-SCDMA 网络结构

1.2 TD-SCDMA 系统的关键技术

1.2.1 TDD 技术

对于数字移动通信而言,双向通信可以以频率或时间分开,前者称为 FDD (频分双工),后者称为 TDD (时分双工)。对于 FDD,上下行用不同的频带,一般上行和下行的带宽是一致的;对于 TDD,上行和下行用相同的频带,在一个频带内上下行占用的时间可根据需要进行调节,并且一般将上下行占用的时间按固定的间隔分为若干个时间段,称之为时隙。TD-SCDMA 系统采用的双工方式是 TDD。TDD 技术相对于 FDD 方式来说,有如下优点。

(1) 易于使用非对称频段,无需具有特定双工间隔的成对频段。

TDD 技术不需要成对的频谱,可以利用 FDD 无法利用的不对称频谱,结合 TD-SCDMA 低码片速率的特点,在频谱利用上可以做到“见缝插针”。只要有一个载波的频段就可以使用,从而能够灵活地利用现有的频率资源。目前移动通信系统面临的一个重大问题就是频谱资源的极度紧张,在这种条件下,要找到符合要求的对称频段非常困难,因此 TDD 模式在频率资源紧张的今天受到特别的重视。

(2) 适应用户业务需求,灵活配置时隙,优化频谱效率。

TDD 技术通过调整上下行切换点来自适应调整系统资源从而增加系统下行容量,使系统更适于开展不对称业务。

(3) 上行和下行使用同一个载频,故无线传播是对称的,有利于智能天线技术的实现。

时分双工(TDD)技术是指上下行在相同的频带内传输,也就是说具有上下行信道的互易性,即上下行信道的传播特性一致。因此可以利用上行信道估计的信道参数,使智能天线技术、联合检测技术更容易实现;通过上行信道估计参数用于下行波束赋形,有利于智能天线技术的实现;通过信道估计得出系统矩阵 A_n ,用于联合检测区分不同用户的干扰。

(4) 无需笨重的射频双工器,小巧的基站,降低了成本。

TDD 技术上下行的频带相同,无需进行收发隔离,可以使用单片 IC 实现收发信机,从而降低系统成本。

1.2.2 智能天线

1.2.2.1 智能天线的作用

智能天线的基本思想是:天线以多个高增益窄波束动态地跟踪多个期望用户,在接收模式下,来自窄波束之外的信号被抑制,在发射模式下,能使期望用户接收的信号功率最大,同时使窄波束照射范围以外的非期望用户受到的干扰最小。

智能天线技术的核心是自适应天线波束赋形技术。自适应天线波束赋形技术在 20 世纪 60 年代开始发展,其研究对象是雷达天线阵,目的是提高雷达的性能和电子对抗的能力。90 年代中期,各国开始考虑将智能天线技术应用于无线通信系统,美国 Arraycom 公司在时分多址的 PHS 系统中实现了智能天线;1997 年,由我国电信科学技术研究院控股的北京信威

通信技术公司开发成功了使用智能天线技术的 SCDMA 无线用户环路系统。同时,国内外也开始有众多大学和研究机构广泛地开展对智能天线的波束赋形算法和实现方案的研究。1998 年我国向国际电联提交的 TD-SCDMA RTT 建议就是第一次提出以智能天线为核心技术的 CDMA 通信系统。

在移动通信发展的早期,运营商为节约投资,总是希望用尽可能少的基站覆盖尽可能大的区域。这就意味着用户的信号在到达基站收发信设备前可能经历了较长的传播路径,有较大的路径损耗,为使接收到的有用信号不至于低于门限值,可能增加移动台的发射功率,或者增加基站天线的接收增益。移动台的发射功率通常是有限的,真正可行的是增加天线增益,相对而言用智能天线实现较大增益比用单天线容易。

在移动通信发展的中期,为了增加容量进而支持更多用户,需要收缩小区范围、降低频率复用系数来提高频率利用率,通常采用的是小区分裂和扇区化,随之而来的是干扰增加,而利用智能天线可在很大程度上抑制 CCI 和 MAI 干扰。

1.2.2.2 智能天线的原理

智能天线技术的原理是使一组天线和对应的收发信机按照一定的方式排列和激励,利用波的干涉原理可以产生强方向性的辐射方向图。如果采用数字信号处理方法在基带进行处理,使得辐射方向图的主瓣自适应地指向用户来波方向,就能达到提高信号的载干比,降低发射功率,提高系统覆盖范围的目的,如图 1-4 所示。

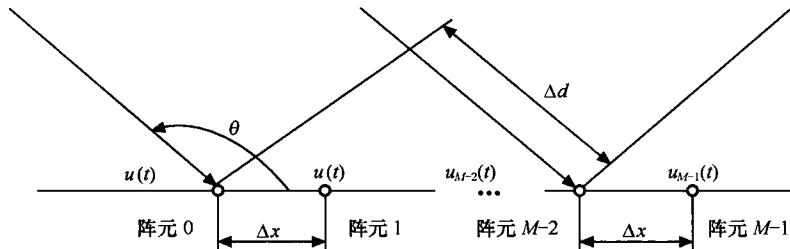


图 1-4 智能天线阵元波束接收

设以 M 元直线等距天线阵列为例:(第 m 个阵元),则空域上入射波距离相差为 $\Delta d = m \cdot \Delta x \cdot \cos \theta$, 时域上入射波相位相差为: $(2\pi/\lambda) \cdot \Delta d$ 。可见,空间距离的差别导致了各个阵元上接收信号相位的不同。经过加权后阵列输出端的信号为:

$$z(t) = \sum_{m=0}^{M-1} w_m u_m(t) = A \cdot s(t) \cdot \sum_{m=0}^{M-1} w_m e^{-j \frac{2\pi}{\lambda} m \Delta x \cos \theta}$$

式中, A 为增益常数, $s(t)$ 是复包络信号, w_m 是阵列的权因子。

根据正弦波的叠加效果,假设第 m 个阵元的加权因子:

$$w_m = e^{j \frac{2\pi}{\lambda} m \Delta x \cos \varphi_0}$$

则

$$z(t) = A \cdot s(t) \cdot \sum_{m=0}^{M-1} e^{-j \frac{2\pi}{\lambda} m \Delta x (\cos \theta - \cos \varphi_0)}$$

选择不同的 ϕ_0 ，将改变波束所对的角度，所以可以通过改变权值来选择合适的方向。针对不同的阵元赋予不同权值，最后将所有阵元的信号进行同向合并，达到使天线辐射方向图的主瓣自适应地指向用户来波方向的目的。

这里涉及上行波束赋形（接收）和下行波束赋形（发射）两个概念。所谓上行波束赋形，是借助有用信号和干扰信号在入射角度上的差异（DOA 估计），选择恰当的合并权值（赋形权值计算），形成正确的天线接收模式，即将主瓣对准有用信号，低增益旁瓣对准干扰信号。而下行波束赋形，即在 TDD 方式共用的系统中，由于其上下行电波传播条件相同，则可以直接将此上行波束赋形用于下行波束赋形，形成正确的天线发射模式，即将主瓣对准有用信号，低增益旁瓣对准干扰信号。

1.2.2.3 智能天线的分类

智能天线的天线阵是一列取向相同、同极化、低增益的天线，天线阵按照一定的方式排列和激励，利用波的干涉原理产生强方向性的方向图。天线阵的排列方式包括等距直线排列、等距圆周排列、等距平面排列。智能天线的分类有线阵、圆阵；全向阵、定向阵。

1.2.2.4 天馈系统实物图

线阵（如图 1-5 所示）。

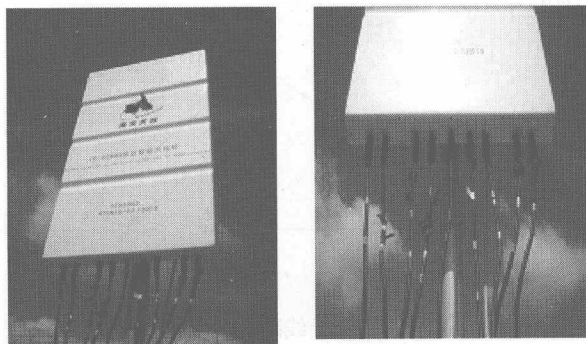


图 1-5 线阵

圆阵（如图 1-6 所示）。

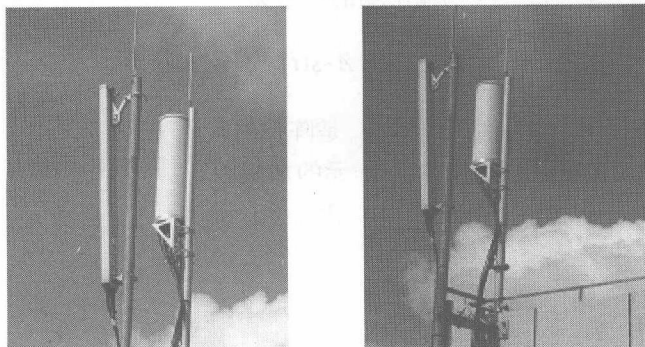


图 1-6 圆阵

1.2.2.5 智能天线实现示意

智能天线系统主要包含：智能天线阵列（圆阵、线阵）、多 RF 通道收发信机系统（每根天线对应一个 RF 通道）、基带智能天线算法（基带实现，各用户单独赋形）。智能天线实现示意图如图 1-7 所示。对于采用智能天线的 TD-SCDMA 系统，NodeB 端的处理分为上行链路和下行链路处理。

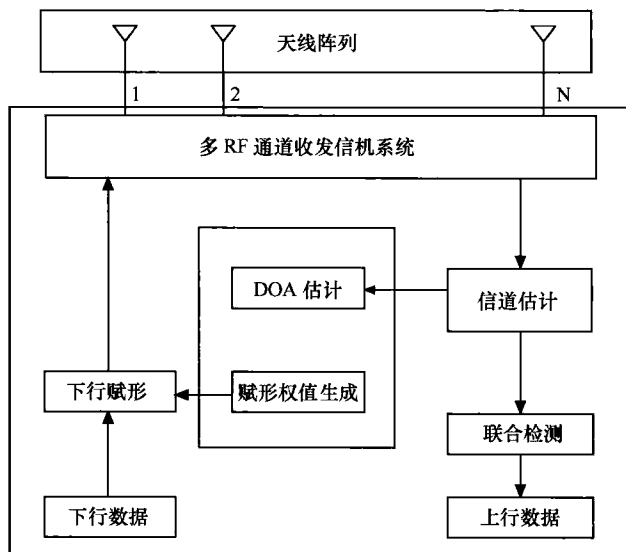


图 1-7 智能天线实现示意

上行链路处理主要包括如下部分：

（1）各个天线的射频（RF）单元对接收的信号进行下变频以及 A/D 转换，形成接收到的天线阵列基带信号。

（2）根据用户训练序列的循环偏移的形成特性，采用算法对各个天线上接收到的训练序列进行快速信道估计，得到各个用户的信道冲激响应。

（3）对于信道估计的结果，一方面用于形成联合检测的系统矩阵；另一方面用于用户的 DOA 估计，为下行链路的波束赋形选择方向。

（4）根据用户到各天线的信道冲激响应以及用户分配的码信息形成的系统矩阵进行联合检测，同时获取多用户的解扰和解扩以及解调后的比特信息，然后经过译码，就可以得到用户的发送数据。

下行链路处理主要包括如下部分：

（1）首先对用户的下行链路的发送数据进行编码调制，然后根据用户分配的码信息和小区信息进行扩频加扰，形成用户的发送码片信息。

（2）然后根据上行链路中确定的用户 DOA，选择下行波束赋形的权值，对用户进行下行波束赋形，以便形成用户的发射波束，达到空分的目的，并最终生成用户待发送的各个天线上的基带信号。

（3）对基带信号进行 D/A 转换和上变频操作，最终由天线单元发送出去。

1.2.2.6 智能天线自适应算法原理

自适应算法是智能天线研究的核心，一般分为非盲算法和盲算法两类。

(1) 非盲算法：是指需要借助参考信号（导频序列或导频信道）的算法，此时收端知道发送的是什么，按一定准则确定或逐渐调整权值，使智能天线输出与已知输入最大相关。常用的相关准则有 MMSE（最小均方误差）、LMS（最小均方）和 LS（最小二乘）等。

(2) 盲算法：无需发端传送已知的导频信号，它一般利用调制信号本身固有的、与具体承载的信息比特无关的一些特征，如恒模、子空间、有限符号集、循环平稳等，并调整权值以使输出满足这种特性，常见的是各种基于梯度的使用不同约束量的算法。

非盲算法相对盲算法而言，通常误差较小，收敛速度也较快，但会浪费一定的系统资源。将两者结合产生一种半盲算法，即先用非盲算法确定初始权值，再用盲算法进行跟踪和调整，这样做可综合两者的优点，同时也与实际的通信系统相一致，因为通常导频符不会时时发送而是与对应的业务信道时分复用的。

图 1-8 是智能天线的原理图，所有用户信号进行的过程是一样的。在上行方向，目的是将 8 路信号变成一路信号，一个用户从 8 根天线所接收到的信号相位是不同的，即具有不同的相位角，将接收到的信号正弦波相位依次前移，通过提供自适应权值进行同向合并。数字信号处理器用于信道估计，给自适应算法提供依据。对于下行来说，根据上行的信道估计参数，将基带发射信号变换成 8 路信号并送到 8 个阵元上，完成波束定向赋形过程。

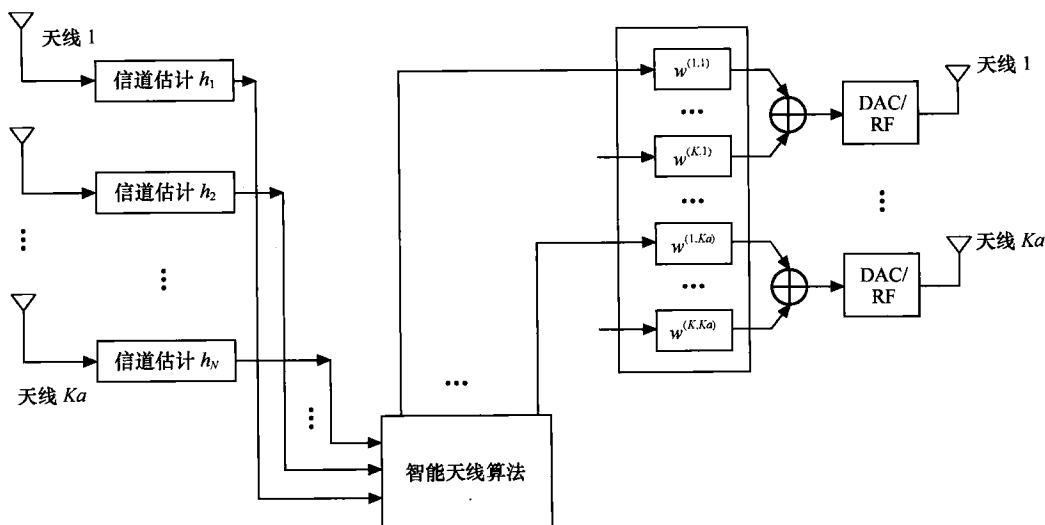


图 1-8 智能天线算法

1.2.2.7 智能天线的优势

(1) 提高基站接收机的灵敏度

基站所接收到的信号为来自各天线单元和收信机所接收到的信号之和。如采用最大功率合成算法，在不计多径传播条件下，则总的接收信号将增加 $10\lg N(\text{dB})$ ，其中， N 为天线单元的数量。存在多径时，此接收灵敏度的改善将随多径传播条件及上行波束赋形算法而变，其

结果也在 $10\lg N(\text{dB})$ 上下。

(2) 提高基站发射机的等效发射功率

同样, 发射天线阵在进行波束赋形后, 该用户终端所接收到的等效发射功率可能增加 $20\lg N(\text{dB})$ 。其中, $10\lg N(\text{dB})$ 是 N 个发射机的效果, 而与波束赋形算法无关。另外, 部分功能和接收灵敏度的改善类似, 随传播条件和下行波束赋形算法而变。

(3) 降低系统的干扰

基站的接收方向图形是有方向性的, 在接收方向以外的干扰有较强的抑制。如果采用最大功率合成算法, 则可能将干扰降低 $10\lg N(\text{dB})$ 。

(4) 增加 CDMA 系统的容量

CDMA 系统是一个自干扰系统, 其容量的限制主要来自本系统的干扰。降低干扰对 CDMA 系统极为重要, 它可大大增加系统的容量。在 CDMA 系统中使用智能天线后, 提供了将所有扩频码所提供的资源全部利用的可能性。

(5) 改进小区的覆盖

对于使用普通天线的无线基站, 其小区的覆盖完全由天线的辐射方向图形确定。当然, 天线的辐射方向图形是可以根据需要而设计的, 但在现场安装后除非更换天线, 其辐射方向图形是不可能改变的。而智能天线的辐射图形则完全可以用软件控制, 在网络覆盖需要调整或由于新的建筑物等原因使原覆盖改变等情况下, 均可能非常简单地通过软件来优化。

(6) 降低无线基站的成本

在所有无线基站设备的成本中, 最昂贵的部分是高功率放大器 (HPA), 特别是 CDMA 系统, 要求使用高线性的 HPA, 更是其主要部分的成本。智能天线使等效发射功率增加, 在同等覆盖要求下, 每只功率放大器的输出可以降低 $20\lg N(\text{dB})$ 。这样, 在智能天线系统中, 使用 N 支低功率的放大器来代替单支高功率 HPA, 可大大降低成本。此外, 还带来降低对电源的要求和增加可靠性等好处。

1.2.3 联合检测

1.2.3.1 联合检测技术简介

联合检测技术是多用户检测 (Multi-User Detection) 技术的一种。CDMA 系统中多个用户的信号在时域和频域上是混叠的, 接收时需要在数字域上用一定的信号分离方法把各个用户的信号分离开来。信号分离的方法大致可以分为单用户检测和多用户检测技术两种。

CDMA 系统中的主要干扰是同频干扰, 它可以分为两部分, 一部分是小区内部干扰 (Intracell Interference), 指的是同小区内部其他用户信号造成的干扰, 又称多址干扰 (MAI, Multiple Access Interference); 另一部分是小区间干扰 (Inter-cell Interference), 指的是由其他同频小区信号造成的干扰, 这部分干扰可以通过合理的小区配置来减小其影响。

传统的 CDMA 系统信号的分离方法是把多址干扰 (MAI) 看作热噪声一样的干扰, 当用户数量上升时, 其他用户的干扰也会随着加重, 导致检测到的信号刚刚大于 MAI, 使信噪比恶化, 系统容量也随之下降。这种将单个用户的信号分离看作是各自独立的分离技术称为单用户检测 (Single-User Detection)。为了进一步提高 CDMA 系统容量, 人们探索将其他用户的信息联合加以利用, 也就是多个用户同时检测的技术, 即多用户检测。多用户检测是利