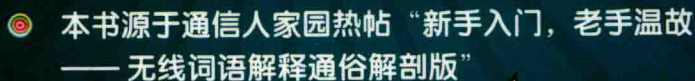


实

(第二版)



1,350,000

次

-



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

实战 无线通信应知应会

—— 新手入门，老手温故

(第二版)

王振世 ◎ 编著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

实战无线通信应知应会：新手入门，老手温故 / 王振世编著. -- 2版. -- 北京：人民邮电出版社，2017.9
ISBN 978-7-115-46735-5

I. ①实… II. ①王… III. ①无线电通信—基本知识
IV. ①TN92

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第196807号

内 容 提 要

本书是一本无线通信方面的专业通俗图书，运用大量生动形象的实例进行类比讲解，并穿插了许多活泼有趣的漫画，采用从无线通信基础理论到协议实现，再到实际应用的递进逻辑，把无线通信常用的专业名词术语串起来。名词术语之间相互独立又彼此联系，便于读者快速阅读，也便于分类查询。

本书是在通信人家园 (<http://bbs.c114.net>) 非常热门的技术帖“新手入门，老手温故——无线词语解释通俗解剖版”的基础上扩展而成。全书语言生动，图文并茂，可供无线通信初学者和自学者学习使用，也可供通信行业从业者阅读参考。

-
- ◆ 编 著 王振世
责任编辑 杨 凌
责任印制 彭志环
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本：787×1092 1/16
印张：24 2017 年 9 月第 2 版
字数：460 千字 2017 年 9 月北京第 1 次印刷
-

定价：88.00 元

读者服务热线：(010)81055488 印装质量热线：(010)81055316

反盗版热线：(010)81055315

自序

Foreword

物质世界很多事情都是相通的，至少有某些特质非常接近，有的是本质规律上相似，有的是功能作用上相仿，有的是先后顺序类似，有的是现象表现一样，还有的是逻辑关系雷同，这就提供了通过相似类比的方法学习新概念的可能性；物质世界的各种事情又有其独特性，总是有自己区别于其他事物的特质，这就使得用相似类比的方法描述新概念总会有一些欠缺。

虽然用数学的方法可以较为精确地定义很多无线通信的概念，但这种方法需要较深的理论功底，也需要较长时间的消理解。在工程实际中，很多无线通信的数学公式我们都忘记了，但如果理解其含义，并且可以熟练应用，忘记公式其实并不影响工作的开展。

很多通信行业管理者和通信工程师并不需要像做学问那样深入掌握无线通信的诸多概念，而只需要知道其简单原理和实际应用方法便可。那么有没有办法让大家绕过数学基础和通信理论的长时间学习，对无线通信常用概念做一些科普性的了解呢？

本书就尝试向这个方向努力，但无线通信概念科普性写作最大的困难就是任何类比概念都无法精确描述无线通信概念的全部含义，只能部分地接近概念的某些含义。

本书力图追求的风格是通俗、简单、实用，尽量避免做学问似的研究探讨，使读者轻松查阅、快速理解、随时应用。如果大家看了这本书能够说出“原来无线通信这么简单，我也能干”，那么我就心满意足了。

中国的无线通信技术发展很快，自 2013 年年底发放 LTE 牌照以来，LTE 的应用目前已经相当普及；现在业界各方又在紧锣密鼓地角逐 5G 的标准，希望在未来的标准格局中占有一席之地。新的制式出来，虽然很多无线通信的基础概念并没有变化，但是新的概念也不断涌现。本书力图把近年来新出现的 4G、5G 最热门的术语收录进来，进行必要的阐述。



首先把本书献给我的父母亲，他们在物质匮乏的环境中培养出来的勤劳智慧、艰苦创造的优秀品质给了我无穷的精神财富，使我拥有足够的信心和顽强的毅力面对工作和生活的一切挑战。

写书是一件过程相当痛苦的事情，尤其是在公司里有繁杂的工作要做，家里有孩子需要照顾的时候。没有网友的热情支持，没有通信人家园（<http://bbs.c114.net>）负责人的及时关注，没有本书编辑长期鼓励和精益求精的态度，我不可能完成这份需要毅力的工作，在此我对他们表示衷心的感谢。

其次，把这本书献给我的夫人和孩子，在整个写作过程中，我牺牲了很多本来属于他们的时间。没有太多的时间去分担家务，也没有太多的时间去分享孩子成长的快乐与烦恼。当我拖着疲惫的身体回到家里时，因急于查阅资料、整理思路，却无暇顾及他们的感受。

在本书最后完善的过程中，李玉琴女士和汤琳女士做了大量的校对工作；《大话无线通信》的作者丁奇给了我很多值得借鉴的建议；张浩先生为本书提供了部分插图的草稿；赵文超先生给本书配置了活泼幽默的漫画，使本书增色不少。在此向他们表示我最诚挚的谢意。

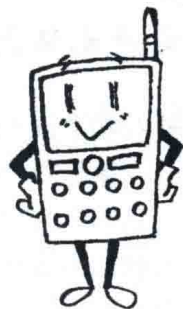
最后，感谢我的母校——天津大学，她在传播给我知识的同时，培养了我实事求是的人格品质；感谢我曾经供职过的公司，他们给了我很多的实战机会，使我在不断加深理论理解的同时，提升了自己的技术水平；感谢所有曾经给过我帮助和支持的人，他们的真诚善良使我对人生充满了热爱。

作 者

2017年6月于北京

前言

PREFACE



无线信息高速公路上跑的车不仅越来越快，而且样式不断翻新。这客观上迫使人们不断探讨提高这个高速公路承载能力的途径，有的人建议不断拓宽公路（带宽），有的人建议公路分层分流（多载波），还有的人建议提高汽车本身的机动性能（QoS）和可靠性（无差错传送），等等。

无线通信的发展史就是人们不断追求在有限的带宽上实现更高速率、更高质量、更丰富业务的过程。高速丰富的业务最终的物理承载必须是一定频段的无线电波。无线电波在空间和器件里的衰落和各种干扰噪声自然会影响业务的承载速率，我们引入了各种编码、调制、分集技术来克服这些无线电波传播过程中的不良影响。在本书的第一篇中，介绍了这些无线通信的基础知识，包括3章：第1章介绍了无线电波在空间的传播；第2章介绍了无线电波在射频器件里的传播；第3章介绍了信息从信源经无线环境到信宿传送的基本过程，这个过程不外乎围绕如何克服衰落、如何克服干扰、如何提高单位带宽的数据传送速率来组织的。

第二篇介绍了具体无线制式的实现、组网和资源调度方面的内容，也包括3章：第4章介绍了目前主要无线制式的技术特点，从中可以看到，承载速率不断提高，LTE 最初规划的最高空口速率是 100Mbit/s，而 5G 设计的空口速率已经达到 10Gbit/s，下载一部大型电影可能用不了 1 秒钟的时间。这些都得益于复用技术、编码技术、扩频技术、调制技术、多天线技术的成熟和普及，而支撑这些技术成熟和普及的最深层原因则是芯片计算能力的飞速提升。第5章开始着眼于网络整体，一个人水平再高，单枪匹马很难做成大事；一个网元设备性能再强，不参与组网也是毫无用处。《世界是平的》一书中提到，在经济全球化、全球一体化的情况下，人类社会也会越来越扁平化。网络架构的变迁伴随无线通信网络发展的始终，最终会向高效扁平化的网络结构演进。网络架构的扁平化必然对每个网元的功能、性能提出更高的要求。人类社会，各类资源如劳动力资源、矿产资源、石油天然气的高效利用在经济生活中有着举足轻重的作用，谁控制和支配了这些资源，谁就把握了社会经济的命脉。在网络中，也有各种各样的资源，这些资源的合理分配无疑是网络性能提升的关键所在。第6章介绍网络资源调度的方方面面，



涉及功率控制、信道资源分配、切换控制、分组调度、准入控制等知识。

第三篇介绍了整网性能相关的知识，包括网络规划、网络优化和性能评估。事前的规划和事后的优化是很多事情操作成功的必要工作。高性能的无线网络必然要求可实施的规划方案和精耕细作的优化工作。第7章、第8章将分别介绍无线网络规划和优化方面的内容。一个较为成熟的网络，它的性能如何？我们要做出评估，以便指导网络运维和业务开展工作。第9章介绍了无线网络评估的相关概念。为了衡量无线网络健康与否，人们根据数据来源的不同、分析维度的不同、字段和算法的不同，设计了众多的指标；而且对网络健康度的评测也从传统的听诊器时代过渡到了核磁共振时代。

本书采用从基础理论到协议实现，再到实际应用的递进逻辑来把无线通信常用的术语串起来，术语之间既相互独立又彼此联系，便于快速阅读，也便于分类查询。本书主要以 WCDMA 和 LTE 制式中常见的术语为例进行介绍，如果说到其他制式，会特别指出。

无论是无线制式标准的制定，还是组网性能的提高，抗干扰、抗衰落是永恒的主题。全书采用从局部到整体、从本质到表象的结构逐步展开介绍，主要脉络就是各种无线制式如何克服无线电波的衰落和干扰，以提高频谱利用效率；如何组网，以提高网络整体性能。

本书对每组术语的重要程度、难易程度进行了评级。如果是 5 颗实星“★★★★★”，表示程度级别最高；1 颗实星“★”代表 1 级，表示程度级别最低。我请了 5 位一线工程师对每组术语进行打分，综合得出了最后的评级，可供读者在学习和查阅的过程中参考。

任何事情都是“仁者见仁、智者见智”，欢迎广大读者对本书提出改进意见，在阅读本书的过程中如果发现任何问题都可以反馈给我们。作者邮箱：cougarwang@eyou.com。本书编辑邮箱：yangling@ptpress.com.cn。

术语索引

Index term

16QAM 124
1dB 压缩点 47
1G 149
3GPP 164
5G 187
64QAM 124
8PSK 124
Abis 接口 208
AMC 177
AMPS 150
AMR 102
AuC 207
A 接口 208
BBU 201
Beam Steering 289
BER 133
BHCA 273
BHSA 273
BLER 153
BLER 偏高率 357
BPSK 124
BSC 203
BSS 197
BTS 201
Campbell Theory 276
cdma2000 168
CE 268
CN 197
CQI 176
CQT 332
CSFB 184
CS 掉话率 345
CS 域话务模型 273
CW 测试 30
D2D 188
dB 20
dBc 22
dBd 21
dBi 21
dBm 19
DCA 227
DCCC 226
DRX 159
DT 31
DTX 158
 E_b/N_o 143
 E_b/N_t 143
EBB 289
 E_c/I_o 143
 E_c/N_o 143
 E_c/N_t 143

EDGE 161
EIRP 260
eNode B 200
EPC 199
Equivalent Erlang 276
eRAN 200
Erlang 270
Erlang-B 表 272
e-UTRAN 200
Gb 接口 208
GGSN 206
GMSC 206
GMSK 123
GoB 289
GoS 271
GPRS 160
GSM 152
HARQ 177
HLR 207
HSDPA 174
HS-DPCCH 174
HS-DSCH 174
HS-SCCH 174
HS-SICH 174
IMT-2000 165
IRS 298
IS-95 CDMA 162
ISCP 144
Iub 接口 209
Iur 接口 209
Iu 接口 209
KPI 329
LAC 规划 295
LTE 181
MAI 120
MaxC/I 242
MCL 299
MIMO 183
Monte Carlo 仿真 285
MOS 358
MS 197
MSC 205
NB-IoT 190
Network Slicing 189
nLOS 9
Node B 201
NSS 196
OFDM 182
Okumura 模型 27
OVSF 117
PDP 激活时延 353



实战无线通信应知应会——新手入门，老手温故（第二版）

PF	242	vRU	269
Ping 时延	353	WCDMA	167
PoI	298	X2 接口	211
Post Erlang-B	276	白噪声	38
PRACH 开环功控	219	保持性	343
PS 掉话率	346	被叫接通率	342
PS 域话务模型	274	比特	126
QoE	331	比特率	127
QoS	271	闭环功率控制	220
QPSK	124	边缘覆盖概率	261
RAB 建立成功率	340	编码效率	106
Rake 接收机	163	编码增益	112
RAN	198	变频器	73
RF 参数	287	波瓣宽度	87
RF 优化	306	波束下倾	90
RNC	203	波特率	127
RNC 规划	294	波形编码	101
RNO	303	参数编码	101
RNP	249	插损	77
RNS	198	超忙小区比例	356
RR	242	超密集网络	189
RRC 建立成功率	339	超闲小区比例	356
RRM	213	乘性噪声	42
RRU	201	迟滞	232
RSCP	144	传播常数	64
RSRP	144	传播模型	23
RSRQ	144	传播损耗	22
RSSI	144	传输线	58
S1 接口	211	传输信道	130
S1-MME 接口	211	簇优化	305
S1-U 接口	211	单站验证	304
SGSN	205	导频污染	317
SGs 接口	211	导频污染比例	336
SPM	28	等增益合并	140
SVLTE	185	低噪放	72
Sv 接口	211	底噪	53
TACS	150	电磁波	3
TB	130	电平	71
TB Size	130	调制	121
TBS	130	调制指数	122
TBS Size	130	掉话	324
TD-SCDMA	168	动态仿真	284
TF	131	端到端接通率	342
TFC	131	多径效应	10
TFCI	131	多普勒效应	13
TFCS	131	多用户检测	172
TFI	131	多天线传输	189
TFS	131	多址方式	96
TTI	131	发射互调干扰	67
Turbo 编码	110	发信机	70
UE	199	反射波	8
UHF	7	反射系数	60
UMTS	164	方向图	86
Um 接口	208	仿真	282
UTRAN	198	放大器功率回退	48
Uu 接口	209	非线性失真	46
vDT	31	菲涅尔区	15
VAD	157	分集合并技术	139
VLR	207	分集技术	136
VoLTE	185	分组调度	241



峰均比 35
 峰值因子 35
 符号 126
 符号速率 127
 负荷因子 263
 负荷 82
 负荷控制 243
 负荷平衡 245
 覆盖 335
 覆盖估算 253
 覆盖空洞 316
 覆盖速率 336
 覆盖问题 314
 覆盖相关参数 308
 干扰 301
 干扰 64
 干扰抵消 173
 干扰问题 318
 干扰余量 263
 高频段传输 188
 高斯白噪声 38
 隔离度 67
 更软切换 234
 工程参数 287
 功放 71
 功放增益 72
 功分器 79
 功率 71
 功率单位 19
 功率控制 216
 功率控制参数 309
 孤岛效应 322
 拐角效应 323
 观察集 237
 合路器 78
 赫兹 7
 呼叫建立时延 352
 呼吸效应 252
 呼吸抑制 68
 互调抑制 332
 话统指标 270
 话务模型 62
 回波损耗 101
 混合编码 73
 混频器 237
 活动集 271
 激活因子 86
 极化方向 138
 极化分集 114
 加扰 42
 加性噪声 76
 鉴相器 113
 交织 138
 角度分集 239
 接力切换 67
 接收互调干扰 70
 接收机 54
 接收灵敏度 141
 解调门限 284
 静态仿真 107
 卷积编码 218

开环功率控制 337
 可接入性 99
 空分多址 137
 空间分集 128
 空中接口 17
 快衰落 241
 快速调度 58
 馈线 264
 馈线损耗 114
 扩频 117
 扩频码 117
 扩频因子 29
 李氏准则 345
 里程掉话比 173
 联合检测 283
 链路级仿真 266
 链路平衡 257
 链路预算 52
 邻道泄漏比 286
 邻区干扰因子 291
 邻区规划 320
 邻区漏配 89
 零点填充 74
 滤波器 313
 滤波系数 31
 路测 231
 路由区更新 129
 逻辑信道 96
 码分多址 126
 码片 127
 码片速率 4
 码片速率 17
 麦克斯韦方程组 232
 慢衰落 222
 门限 79
 内环功率控制 89
 耦合器 97
 旁瓣抑制 95
 频分多址 138
 频分双工 154
 频率分集 292
 频率复用系数 167
 频率规划 321
 频谱利用率 88
 乒乓效应 234
 前后比 319
 切换 261
 切换失败 305
 区域覆盖概率 34
 区域优化 119
 趋肤效应 293
 扰码 8
 扰码规划 267
 绕射波 172
 容量估算 234
 软件无线电 347
 软切换 348
 软切换比例 262
 软切换成功率 49
 软切换增益 218
 三阶交调 337



三阶截止点	50	信道	127
散射波	8	信道编码	104
扇区	253	信道类型	265
下行不平衡	318	信道配置	224
上行干扰小区比例	337	信道映射	134
射频	34	信号	126
射频器件	31	信号盲区	316
射频系统	68	信令监测	333
射线跟踪模型	26	信源编码	100
失真	44	信噪比	39
时分多址	97	行波	57
时分双工	94	行波系数	60
时分集	138	行驻波	57
时分色散	11	虚拟路测	31
时序调整	160	选择性合并	140
时延	232	压缩模式	238
室内分布系统	296	移动性	346
收发射频指标	51	移动性管理	228
衰减器	81	已检测集	237
衰减系数	63	阴影效应	16
双工技术	94	硬切换	234
锁相环	76	硬切换成功率	349
塔放	83	拥塞控制	245
特性阻抗	58	远近效应	217
天线	81	越区覆盖	317
调制	121	杂散辐射	53
调制指数	122	杂散干扰	66
跳频	155	杂散响应	56
同步	170	杂散抑制	67
吞吐量	359	载波	253
外环功率控制	223	载波配置	178
网络切片	189	载干比	142
网元	200	载噪比	142
位置区更新	231	噪声	37
无线参数优化	307	噪声谱密度	38
无线传播建模	22	噪声系数	41
无线接口	208	增益	85
无线通信基本模型	92	站址勘测	279
无线通信网结构	194	针尖效应	322
无线网络规划	248	振荡器	75
无线网络评估体系	326	正交因子	286
无线网络优化	302	直放站	300
无线资源管理	213	直射波	8
无主导小区	316	指标	327
物理信道	134	智能天线	91
系统级仿真	283	主叫接通率	342
系统可用性	353	驻波	57
现代无线制式	148	驻波比	60
线性失真	44	准入控制	244
相干带宽	136	自干扰系统	252
相干时间	135	自由空间传播模型	24
相位噪声	39	阻抗匹配	59
香农定理	105	阻塞干扰	66
小区	253	阻塞抑制	68
小区参数规划	290	组网结构	195
小区独立偏置	313	最大比合并	140
小区利用率	354	最大允许路损	256
小区拥塞率	355	最小接收电平	261
小区重选	233		
泄漏电缆	90		

目录

Contents

第一篇 无线基础篇

第 1 章 ■ 无线电波传播	2
1.1 电磁波——麻雀减少之谜	3
电磁波: Electromagnetic Wave	3
麦克斯韦方程组——传大的理论、孤独的灵魂	4
赫兹——戴维也是这么想的	6
UHF——和军事上的长波不一样	7
1.2 电磁波的传播——你打过台球吗	8
直射波、反射波、绕射波、散射波——台球运动	8
nLOS——工科大学读书的时候	9
多径效应——水的流向	10
时间色散——究竟是什么	11
多普勒效应——警车的警报声由远而近	13
菲涅尔区——人眼的有效视力范围	15
阴影效应——地物的影子	16
慢衰落、快衰落——熊市股票价格的下降	17
1.3 功率单位——财富按指数方式增加	19
dBm——如果定义 1 元钱是 0dBm	19
dB——每天给我提供一个涨停的股票	20
dBi、dBd——参考基准不同	21
dBc——量衣服时, 喜欢用“尺”作单位	22
1.4 无线传播建模——成本利润模型	22
传播损耗——做蔬菜生意的难处	22
传播模型——不问过程, 但要结果	23
自由空间传播模型——我能感觉到无线信号的大小	24
射线跟踪模型——北京到上海的乘客总数	26
Okumura 模型——受教育的程度和工作后年收入的关系	27
SPM——考虑多种影响, 权重不同	28
李氏准则——警察抓小偷	29
CW 测试——没有调查, 就没有发言权	30
路测、虚拟路测——实测不实、虚拟不虚	31
第 2 章 ■ 射频器件	33
2.1 射频——空中遨游	34
射频: Radio Frequency, RF	34
趋肤效应——农村的土路中间积满了水	34
峰均比、峰值因子——贫富差距有多大	35
2.2 噪声——声声入耳	37
噪声: Noise	37
白噪声、高斯白噪声、噪声谱密度——有温度的用电设备就有噪声	38



相位噪声——航班无法正常起飞	39
信噪比——性价比高才是真的好	39
噪声系数——性价比降低了	41
加性噪声——涓涓细流汇聚成河	42
乘性噪声——吵架这点事儿	42
2.3 失真——你家的苹果很好看	44
失真：Distortion	44
线性失真——又给我打折了	44
非线性失真——小学生补数学	46
1dB 压缩点——学习进步速度怎么变慢了	47
放大器功率回退——水不能倒得这么满	48
三阶交调——惊慌的小鸟	49
三阶截止点——还让不让人睡了	50
2.4 收发射频指标——说是一回事，听是另一回事	51
邻道泄漏比——小学生上课	52
杂散辐射——工地的探照灯	53
底噪——用电设备的噪声	53
接收灵敏度——如何让高小姐高兴	54
杂散响应——道德法庭的审判	56
2.5 传输线相关——后勤线上的困惑	57
行波、驻波、行驻波——部队前行	57
传输线、馈线——后勤补给线	58
特性阻抗——运输线的糟糕路况	58
阻抗匹配——拳击手的沙袋	59
反射系数——高小姐返生活费	60
驻波比、行波系数——高速公路上的车速比	60
回波损耗——八戒炒股	62
衰减系数——新疆的坎儿井	63
传播常数——睡眠质量越来越差	64
2.6 干扰——我上网聊会儿天再说	64
干扰：Interference	64
杂散干扰——孟子迁离墓地	66
阻塞干扰——小猫躲了起来	66
接收互调干扰——小明上了地理课	66
发射互调干扰——小明的朋友上了地理课	67
隔离度——孟母三迁的目的	67
杂散抑制——伟人在大街上读书	67
阻塞抑制——集中注意力	68
互调抑制——不要想入非非	68
2.7 射频系统——人类交谈的过程	68
射频系统：Radio Frequency System, RF system	68
发信机——人类的发声系统	70
接收机——人类的听觉系统	70
功率、电平——成龙和陈港生	71
功放——鼓风机送风大小的调节	71
功放增益——参加英语培训班一个月	72
低噪放——得到的信息尽量真实	72
混频器、变频器——追赶呼啸而过的火车	73



滤波器——身高大于 180cm 的学生去打篮球·····	74
振荡器——舞动的节奏·····	75
鉴相器——舞蹈教练·····	76
锁相环——保证车行驶在正道上·····	76
插损——旅游使小明记忆的单词损失一半·····	77
合路器——泾渭分明·····	78
功分器——一分为二浇水法·····	79
耦合器——从主干水道上获得一小部分水流·····	79
衰减器——用来减速的沙子路·····	81
负荷——防震减速的泡沫板·····	82
塔放——哨塔上的卫兵·····	83
2.8 天线——蝙蝠的超声波发送和接收·····	83
天线: Antenna·····	83
增益——水为什么流得急、射得远·····	85
极化方向——跳绳的游戏·····	86
方向图——向日葵的向日特性·····	86
波瓣宽度——使劲捏软管出口会怎么样·····	87
前后比——水枪后部漏水了·····	88
旁瓣抑制——水管侧漏问题·····	89
零点填充——塔下黑问题的解决·····	89
波束下倾——站在墙上用软水管浇花·····	90
泄漏电缆——筒子楼喝水问题·····	90
智能天线——传音入密的神功·····	91
第 3 章 ■ 无线通信基本模型·····	92
3.1 双工技术——上传下达的途径·····	94
双工技术: Duplex Technology·····	94
时分双工——过独木桥问题·····	94
频分双工——青蛙和翠鸟同时对唱·····	95
3.2 多址方式——无论你走到哪里,我都要找到你·····	96
多址方式: Multiple Access Method·····	96
时分多址——不同时间安排不同的班·····	97
频分多址——男女声二重唱·····	97
码分多址——用不同语言交谈·····	98
空分多址——不同的班级去不同的教室·····	99
3.3 信源编码——暗号联络·····	100
信源编码: Source Coding·····	100
波形编码、参数编码、混合编码——公安部门确认嫌疑人的面貌特征·····	101
AMR——家长如何介绍自己的孩子·····	102
3.4 信道编码——如何押送生辰纲·····	104
信道编码: Channel Coding·····	104
香农定理——影响车速的因素·····	105
编码效率——人员要适当冗余·····	106
卷积编码——九宫格填数游戏·····	107
Turbo 编码——涡轮增压发动机·····	110
编码增益——降低呼唤服务员的声音·····	112
交织——用针扎了很多小眼的布·····	113



3.5 扩频和加扰——把珍珠洒在沙子里	114
扩频：Spreading；加扰：Scrambling	114
扩频码——每盘菜的厨师编号	116
OVSF、扩频因子——英语和汉语	117
扰码——这个厨师是哪个酒店的	119
MAI——假冒产品影响市场	120
小结：扩频码和扰码	120
3.6 调制——粮仓老鼠还是厕所老鼠	121
调制：Modulation	121
调制指数——身体语言的信息量	122
GMSK——机器人的行走动作	123
BPSK、QPSK、8PSK、16QAM、64QAM——八八六十四卦	124
3.7 比特、符号、码片、信号——麦穗的加工	126
比特：Bit；符号：Symbol；码片：Chip；信号：Signal	126
比特率、符号速率、码片速率、波特率	127
3.8 信道——货物传送的通道	127
信道：Channel	127
空中接口——如何向灾区捐赠	128
逻辑信道——选什么样的快递公司	129
传输信道——用什么打包	130
TB、TBS、TB Size、TBS Size——邮局里的包装箱	130
TTI——邮局交运货物的周期	131
TF、TFS、TFC、TFCS、TFI、TFCI——邮局面对的是很多不同的用户	131
BLER——包裹损坏的比率	133
BER——包裹里的物品损坏的概率	133
物理信道——用什么运输方式	134
信道映射——肾开窍于耳	134
相干时间——相片重影	135
相干带宽——繁忙交通干线突然变窄	136
3.9 分集技术——偏听则暗、兼听则明	136
分集技术：Diversity Technology	136
空间分集：Space Diversity	137
频率分集：Frequency Diversity	138
角度分集：Angle Diversity	138
时间分集：Time Diversity	138
极化分集：Polarization Diversity	138
小结：分集方式的比较	139
3.10 分集合并技术——真实情况到底是什么	139
最大比合并——区别对待	140
等增益合并——一视同仁	140
选择性合并——择优录取	140
3.11 解调门限——没听清	141
解调门限：Demodulation Threshold	141
载噪比、载干比、信噪比的比较	142
E_c/I_0 、 E_c/N_f 、 E_c/N_0 、 E_b/N_f 、 E_b/N_0	143
RSCP、ISCP、RSRP、RSSI、RSRQ	144
小结：各种信噪比	145



第二篇 无线实现篇

第4章 ■ 现代无线制式	148
4.1 模拟无线时代——人工挑货	149
模拟蜂窝移动通信、1G——大哥大	149
AMPS、TACS	150
4.2 数字无线时代——马车拉货	151
GSM——简单+勤奋的工作方式	152
频率复用系数——加盟项目连锁性和排他性	154
跳频——更换膏药的名称	155
VAD——谁说话给谁话筒	157
DTX——球不在跟前的时候，先歇会	158
DRX——守门员休息策略	159
时序调整——萨尔浒战役的时序问题	160
GPRS——包裹邮寄的思路	160
EDGE——马车队的运货能力	161
IS-95 CDMA——人海之中，找到了你	162
Rake 接收机——收集并分析信息的情报机构	163
4.3 宽带无线时代——机车送货	164
3GPP、UMTS——拓宽马路的组织	164
IMT-2000——目标有哪些	165
频谱利用率——投资收益比	167
WCDMA——路再宽一些	167
cdma2000——多层高架	168
TD-SCDMA——面子、瘤子、辫子问题	168
同步——破敌人骑兵的方法	170
软件无线电——硬件可以拷贝就好了	172
多用户检测——360度考核	172
干扰抵消——法官判案	173
联合检测——相声大赛的评委	173
HSDPA——火车的运输能力	174
HS-DSCH、HS-SSCH、HS-SICH（或 HS-DPCCH）——下级的汇报和上级的指示	174
CQI——质量指标	176
AMC——能者多劳	177
HARQ——假币要没收、残币要拼接	177
载波配置——独占与共享	178
小结：TD-SCDMA 和 WCDMA 中 HSDPA 的比较	179
4.4 LTE——动车高铁时代	180
LTE——扁平化的努力	181
OFDM——从弓到弩	182
MIMO——银行的存贷款业务	183
CSFB——回到绿皮火车上	184
SVLTE——动车组和绿皮车并行	185
VoLTE——所有人都要高铁出行	185
LTE 承载话音业务几种方式的总结	186
4.5 5G——承接移动网，增强互联网，并使能物联网	187



网络切片——按需配送货物	189
NB-IoT——不用高射炮打蚊子	190
4.6 无线通信制式发展的总结	191
各种制式的单载波峰值速率比较	192
数据业务频谱利用率比较	192
话音业务频谱利用率比较	193
第5章 ■ 无线通信网结构	194
5.1 组网结构——郡县制的中央集权	195
组网结构：Networking Structure	195
NSS——GSM 网络的中央机构	196
BSS——GSM 网络的基层组织机构	197
MS——GSM 网络服务和管理的子民	197
CN——UMTS 的中央机构	197
UTRAN、RAN、RNS——UMTS 网络的基层机构	198
UE——UMTS 网络要服务和管理的子民	199
EPC——简单化的中央机构	199
e-UTRAN、eRAN、eNode B——扁平化超强功能的地方政府	200
5.2 网元——各司其责	200
网元：Network Element，NE	200
BTS、Node B、BBU、RRU——他大舅、他二舅都是他舅	201
BSC、RNC——省长和巡抚都是要职	203
MSC、SGSN——中央的商务部	205
GMSC、GGSN——中央的外交部	206
HLR、VLR、AuC——公安部的职责	207
5.3 无线接口——铁路快运公司	208
Um 接口、Abis 接口、A 接口、Gb 接口	208
Uu 接口、Iub 接口、Iu 接口、Iur 接口	209
X2 接口、S1 接口、S1-MME 接口、S1-U 接口、SGs 接口、Sv 接口	211
第6章 ■ 无线资源管理	213
6.1 RRM——资源分配三步走	213
RRM——Radio Resource Management，无线资源管理	213
6.2 功率控制——你小声点，别把人吓着	216
功率控制：Power Control，PC	216
远近效应——远交近攻策略	217
开环功率控制——如何首先发话	218
PRACH 开环功控——“嗨……嗨……你欠我的钱还没还呢”	219
闭环功率控制——声音大点，我没有听清	220
内环功率控制——销售部门的管理	222
外环功率控制——上级市场战略部门的管理	223
小结：功率控制	224
6.3 信道配置——座位如何安排	224
信道配置：Channel Configuration	224
DCCC——按照客户的需求分配	226
DCA——良禽择木而栖	227