

移动通信

理论与实践普及读本

中国铁通集团有限公司 编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

移动通信理论与实践普及读本

中国铁通集团有限公司 编



中国铁道出版社

2014·北京

内容简介

本书全面、系统地阐述了移动通信理论与实践的有关知识,主要包括基础知识、网络架构以及运营维护等内容;采用问答的形式,通俗易懂,图文并茂。

本书可作为移动通信技术人员的学习用书。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信理论与实践普及读本/中国铁通集团有限公司编. —北京:中国铁道出版社,2014.6

ISBN 978-7-113-18633-3

I. ①移… II. ①中… III. ①移动通信—普及读物
IV. ①TN929.5-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 108213 号

书 名:移动通信理论与实践普及读本

作 者:中国铁通集团有限公司

责任编辑:崔忠文 亢嘉豪 徐 清 李嘉懿

编辑部电话:(市)010-51873146

电子信箱:dianwu@vip.sina.com

封面设计:王镜夷

责任校对:龚长江

责任印制:陆 宁 高春晓

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

版 次:2014年6月第1版 2014年6月第1次印刷

开 本:880 mm×1 230 mm 1/32 印张:4.625 字数:130 千

书 号:ISBN 978-7-113-18633-3

定 价:12.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

《移动通信理论与实践普及读本》

编 委 会

编委会主任:赵吉斌

编委会副主任:林 源

编委会成员:熊建平 潘维越 佟日明 臧学运

朱国东 孙 锋 高 怡 李国光

周华春(北京交通大学)

编写组成员:魏 静 韩晓斌 孙 琳 冯 铭

冯 凌 姚冬萍(北京交通大学)

吴 昊(北京交通大学)

张令文(北京交通大学)

李绍斌(北京交通大学)

序 言

通信技术是当今生产力最为活跃的因素。回首以 GSM 和 TD-SCDMA 为代表的通信产业的昨天,面对以 TD-LTE 和 WLAN 为标志的今天,展望下一代通信技术发展的明天,业内的每次重大进步和深刻变革,都为行业发展注入了新的活力和动力,带来了新的机遇和挑战,推动着社会通信服务水平不断提高。

铁通公司经过十余年的发展和市场竞争的洗礼,广大干部员工练就了一身过硬本领,理论素养显著增强,技术水平明显提高,工作作风求真务实,但我们也清醒地认识到,目前公司员工队伍的整体素质与集团全业务经营的要求仍有差距。

为适应公司战略转型需要,深化与移动协同发展,在突出自有特色和自身优势的同时,补强无线专业知识,提高整体技术素质,为公司效益、特色、持续发展提供强有力人力资源保障,公司组织有关内部专家,并邀请了北京交通大学电子信息工程学院以及华为公司富有教学经验的教授和技术人员,共同编写了《移动通信理论与实践普及读本》,力求帮助大家全面了解移动通信的基础知识,系统学习主要移动通信系统的网络架构,熟练掌握网络运营和维护的基本流程。在此,我谨代表公司对编写组成员和各位专家付出的辛勤劳动表示衷心

的感谢！

我们靠拼搏和奉献成就了昨天，也必将用双手和智慧创造明天。我们相信，数万铁通人一定能够把握机遇、迎接挑战、顽强拼搏，锐意进取，无愧于历史的选择，不辜负时代的重托，充分发挥优势和特长，为中国移动全业务的运营和发展做出新的贡献。

中国铁通集团有限公司 董事长、党委书记

A handwritten signature in black ink, reading '赵国琦' (Zhao Guoqi), the Chairman and Party Secretary of China Iron Communication Group Co., Ltd.

二〇一四年四月二十九日

目 录

第一部分 基础知识篇	1
一、基本知识	1
1. 什么是通信? 什么是无线通信? 什么是移动通信?	1
2. 什么是电磁波? 电磁波有哪些参数?	1
3. 无线通信的频率资源为什么短缺?	2
4. 什么是模拟通信? 什么是数字通信?	3
5. 通信的有效性、可靠性、安全性是什么含义?	4
6. 为什么要构建蜂窝移动通信系统?	5
7. 移动通信系统的发展过程是怎样的?	6
8. 什么是通信的七分层结构?	9
9. 无线通信的收发信机由哪些模块组成?	10
10. 接收机的噪声是哪来的? 最小接收功率是指什么?	
接收信噪比是指什么?	10
二、基础技术	11
11. 无线通信电波传播的方式有哪些?	11
12. 什么是无线传输的路径损耗? 如何计算?	11
13. 什么是无线传输的大尺度衰落? 是由什么效应产生的?	12
14. 什么是无线传输的小尺度衰落? 是由什么效应产生的?	13
15. 什么是衰落余量? 通信概率是指什么?	14
16. 什么是平衰落? 什么是频率选择性衰落?	14
17. 什么是快衰落? 什么是慢衰落?	15
18. 为什么要采用调制解调? 有哪些常用的方法?	15
19. 如何在调制端考虑信号传输的带宽?	17

20. 如何在解调端衡量信号的接收质量?	17
21. 高斯加性白噪声、平衰落和频率选择性信道对信号 传输误码率的影响有何差别?	18
22. 信源编码的作用是什么? 有哪些方式?	19
23. 信道编码的作用是什么? 有哪些方式?	19
24. 交织的作用是什么?	20
25. 分集的作用是什么? 有哪些分集方式?	20
26. 均衡的作用是什么?	22
27. 复用和多址有什么不同?	22
28. 什么是 FDM? 什么是 TDM? 什么是 CDM? 什么是 SDM?	22
29. 什么是 FDMA? 什么是 TDMA? 什么是 CDMA? 什么是 SDMA?	23
30. 双工方式是指什么? 什么是 FDD? 什么是 TDD?	24
31. 1G、2G、3G、4G 移动通信系统是以什么典型的 多址技术来区分的?	24
32. 为什么可以靠码来区分不同用户? CDMA 的工作原理是什么?	24
33. 什么是智能天线?	25
34. OFDM 的工作原理是什么? 什么是 OFDMA?	26
35. MIMO 的作用是什么?	27
36. 移动通信网中常会发生哪些干扰? 如何克服?	28
三、数字蜂窝移动通信系统	30
37. 我国 2G 移动通信系统采用了哪些标准? 相应采用的 技术有哪些?	30
38. 我国 3G 移动通信系统采用了哪些标准? 相应采用的 技术有哪些?	30
39. 我国 4G 移动通信系统采用了哪些标准? 相应采用的 技术有哪些?	32

第二部分 网络架构篇	34
一、GSM	34
(一)基础与原理	34
40. 第二代移动通信系统与第一代相比优势是什么?	34
41. GSM 系统的技术特点是什么?	35
42. 我国 GSM 网络的工作频段有哪些?	35
43. GSM 支持哪些业务功能?	36
44. GSM 网络架构是什么? 包括哪些主要接口?	40
45. 什么是 GPRS 和 EDGE? 与 GSM 相比较各有何特点?	41
46. GPRS 和 EDGE 的网络架构是什么?	42
(二)网络交换子系统(NSS)	43
47. 网络交换子系统(NSS)的结构和功能是什么?	43
48. 什么是移动交换中心(MSC)? 有何功能?	43
49. 什么是归属位置寄存器(HLR)? 有何功能?	45
50. 什么是位置访问寄存器(VLR)? 有何功能?	46
51. 什么是鉴权中心(AuC)? 有何功能?	47
52. 什么是设备识别寄存器(EIR)? 有何功能?	48
53. 什么是 GPRS 服务支持节点(SGSN)? 有何功能?	49
54. 什么是 GPRS 网关支持节点(GGSN)? 有何功能?	49
55. 网络交换子系统(NSS)内部接口有哪些? 接口协议是什么?	50
56. 什么是无线资源管理(RRM)?	51
57. 什么是移动性管理(MM)?	52
58. 什么是接续管理(CM)?	53
(三)基站子系统(BSS)	53
59. 基站子系统(BSS)的结构和功能是什么?	53
60. 什么是基站控制器(BSC)? 有何功能?	54
61. 什么是基站收发台(BTS)? 有何功能?	55

62. 什么是编码速率适配单元(TRAU)? 有何功能?	56
63. 什么是分组数据控制单元(PCU)? 有何功能?	56
64. 什么是弱场增强设备? 有何功能?	56
65. 基站子系统内部接口有哪些? 接口协议是什么?	58
66. GSM 无线接口协议是什么?	58
67. GSM 帧结构是如何构成的?	59
68. GSM 的物理信道与逻辑信道区别是什么?	60
69. GSM 逻辑信道分类有哪些?	61
(四)操作与维护子系统(OSS)	62
70. 操作与维护子系统(OSS)的结构和功能是什么?	62
71. 什么是 OMC-R? 有何功能?	63
72. 什么是 OMC-S? 有何功能?	63
(五)移动台	63
73. GSM 移动台的组成与功能是什么?	63
74. GSM 移动台的分类与区别是什么?	64
(六)GSM/GPRS/EDGE 主要通信过程实现	65
75. 位置更新过程是如何实现的?	65
76. 路由区更新过程是如何实现的?	67
77. MS 的主叫过程是如何实现的?	70
78. MS 的被叫过程是如何实现的?	71
79. GPRS 附着过程是如何实现的?	73
80. GPRS PDP 上下文激活过程时如何实现的?	74
二、TD-SCDMA	75
(一)基础与原理	75
81. 什么是 TD-SCDMA? 什么是 WCDMA? 什么是 CDMA2000?	
它们技术方面的异同点是什么?	75
82. TD-SCDMA 在我国可采用的频段有哪些?	76
83. TD-SCDMA 系统优势有哪些?	76

84. 什么是 CDMA 技术?	76
85. TD-SCDMA 中的 S 代表什么含义?	77
86. TD-SCDMA 系统为什么必须网络同步?	77
87. TD-SCDMA 终端是如何实现与系统的同步的?	78
88. TD-SCDMA 所采用的关键技术有哪些?	79
(二)网络架构	79
89. 什么叫 UMTS?	79
90. UMTS 组网结构及所包括的主要网元有哪些?	80
91. 什么叫 UTRAN?	80
92. UTRAN 所包括的主要网元及架构是什么?	81
93. 什么是 UE? 主要功能是什么?	81
94. 什么是 RNC? 主要功能是什么?	82
95. 什么是 Node B? 主要功能是什么?	82
96. UTRAN 包含的网元及协议、功能是什么?	82
97. 什么是物理信道、逻辑信道、传输信道? 它们之间的 映射关系如何?	83
98. 什么是 UTRAN 控制面协议和 UTRAN 用户面协议?	84
99. 什么是 Iu 接口? 主要实现哪些功能?	85
100. 什么是 Iub 接口? 主要实现哪些功能?	85
101. 什么是 Iur 接口? 主要实现哪些功能?	85
102. 什么是 Uu 接口? 主要实现哪些功能?	86
103. 在 TD-SCDMA 系统核心网中,电路交换和分组交换功能 实体有哪些?	86
104. HLR(本地位置寄存器)主要实现哪些功能?	87
105. VLR(访问位置寄存器)主要实现哪些功能?	87
106. AuC(鉴权中心)主要实现哪些功能?	88
107. EIR(设备识别寄存器)主要实现哪些功能?	88
(三)协议应用	88
108. TD-SCDMA 网络业务应用有哪些?	88

109. 电路和分组多媒体业务应用实例有哪些?	88
110. 3G 用户终端上网登录服务器平台如何实现?	89
三、TD-LTE	89
(一)基础与原理	89
111. 什么是 LTE? 什么是 IMT-A? 什么是 TD-LTE?	89
112. TD-LTE 在全球范围内使用哪些频段? 我国可采用的 频段有哪些?	90
113. TD-LTE 系统性能目标有哪些?	90
114. TD-LTE 与 LTE-FDD 主要区别是什么? 哪个更适合 移动互联网业务?	90
115. TD-LTE 所采用的关键技术有哪些?	91
116. TD-LTE 支持多少种带宽配置?	91
117. TD-LTE 时隙配比的作用是什么? 是否需要全网配置相同的时隙配比? TD-LTE 和 TD-SCDMA 时隙如何配比才能同存,规避干扰?	92
(二)网络架构	92
118. TD-LTE 网络结构及主要网元是什么?	92
119. 综合的 SAE-GW 功能有哪些?	93
120. TD-LTE 网络扁平化体现在哪里?	93
121. 什么叫做网络架构全 IP 化?	93
122. 什么是电路交换? 什么是分组交换?	93
123. 什么叫做空中接口?	94
124. 什么叫做空中接口协议栈?	94
125. 什么是空中接口控制平面? 控制平面协议栈包括什么? 对应的实体是什么?	94
126. 什么是空中接口用户面? 用户平面协议栈主要包括什么?	95
127. TD-LTE 引入哪些新的接口? 主要实现哪些功能?	95
128. 什么是 e-NodeB? 它有什么主要功能?	96
129. LTE 核心网结构是什么?	97

130. 什么是 MME? 其主要功能是什么?	97
131. 什么是 S-GW? 其主要功能是什么?	98
132. 什么是 P-GW? 其主要功能是什么?	98
133. 什么是 HLR? 其主要功能是什么?	98
134. 什么是 PCRF? 其主要功能是什么?	98
135. EPC 与外部数据网互联方式都有什么?	98
(三) 协议应用	98
136. 为什么要进行小区重选?	98
137. 什么叫做小区切换? 它是如何分类的?	99
138. 切换过程中涉及到的信令以及切换流程是怎么样的?	99
139. TD-LTE 终端的开机搜索过程是怎么样的?	100
140. TD-LTE 的小区搜索过程是怎么样的?	101
四、WLAN	101
(一) 基础与原理	101
141. 无线宽带接入技术标准主要有哪些?	101
142. 什么是 WLAN?	102
143. WLAN 与传统有线宽带网络相比较有哪些优点?	102
144. Wi-Fi 是什么? WLAN 与 Wi-Fi 的区别是什么?	104
145. Wi-Fi 联盟是什么?	104
146. WLAN 的主要特点是什么?	105
147. 固定、移动、便携、游牧几种接入方式的差别是什么?	105
148. WLAN 与 GPRS/EDGE 有何异同?	106
149. WLAN 与 3G 上网卡上网的区别是什么?	107
150. 中国移动 WLAN 网络定位是什么?	108
151. WLAN 能在高速移动状态中使用吗?	108
152. 家用 WLAN 和运营商部署的 WLAN 有何区别?	108
153. 什么是中国移动 Wi-Fi?	109
154. WLAN 演进的特点是什么?	110

155. WLAN 的无线接入过程是什么?	110
(二)技术	111
156. WLAN 采用了哪些核心技术?	111
157. WLAN 网络结构是什么?	112
158. WLAN 拓扑结构是什么?	113
159. WLAN 组网方式有哪些?	114
(三)设备与系统	115
160. WLAN 系统由什么组成?	115
161. AP 的功能有哪些?	116
162. 如何利用 AP 实现组网?	116
(四)网络安全	117
163. WAPI 是什么? 其优势有哪些?	117
164. 如何保证网络安全?	118
165. 网络安全标准有哪些?	118
(五)规划与设计	119
166. 2.4 GHz 与 5 GHz 频段 WLAN 网络的通信距离有什么差别?	119
167. WLAN 无线覆盖信号强度要求有哪些?	119
168. WLAN 无线覆盖信号信噪比要求有哪些?	119
169. WLAN 工作的频段、频点及传输带宽是什么?	119
170. 如何规划 WLAN 的覆盖?	120
171. WLAN 网络共有几种常用的覆盖方式?	
分别适用于哪些场景?	120
172. WLAN 覆盖范围与传输速率有什么关系?	121
173. IEEE 802.11 各标准的最大吞吐量是多少?	122
174. WLAN 室外覆盖原则有哪些?	122
175. 什么是室外型 AP+定向天线覆盖方式?	122
176. 什么是 Mesh 型网络覆盖方式?	123
177. 影响 WLAN 覆盖范围的因素有哪些?	124
178. 各种类型 AP 的发射功率为多大?	124

第三部分 运营维护篇	126
179. 中国移动蜂窝网演进路线是什么?	126
180. 中国移动 GSM、TD-SCDMA、WLAN 和 LTE 网络发展	
总体定位是什么?	126
181. 基于 WLAN 技术承载铁通固定宽带业务的应用场景和	
业务特征是什么?	127
182. 基于 WLAN 技术承载铁通固定宽带业务有哪几种组网方式?	127
183. 铁通自建 AP、共享 AC 的适用场景和业务方案是什么?	127
184. 铁通共享 AP 和 AC 的适用场景和业务方案是什么?	128
185. 铁通独立建设 AP 和 AC 的适用场景和业务方案是什么?	128
186. 移动通信基站的主要类型和应用场合有哪些?	128
187. 中国移动 GSM 主要基站设备厂家有哪些?	128
188. 中国移动 TD-SCDMA 主要基站设备厂家有哪些?	129
189. 无线网络优化的目的和主要内容是什么?	129
190. 基站例行维护项目有哪些?	129
191. 基站主设备例行维护项目有哪些?	129
192. 基站机房环境及配套设备例行维护项目有哪些?	129
193. 基站天馈系统例行维护项目有哪些?	130
194. 直放站例行维护工作内容有哪些?	130

第一部分 基础知识篇

一、基本知识

1. 什么是通信？什么是无线通信？什么是移动通信？

通信(Communication)是指信息在空间上的传输与交换。在各种各样的通信方式中,利用“电”来传递消息的通信方法称为电信(Telecommunication)。

无线通信(Wireless Communication)是利用电磁波信号可以在自由空间中传播的特性进行信息交换的一种通信方式。

移动通信(Mobile Communication)是移动体之间的通信,或移动体与固定体之间的通信,是无线通信的一种。

2. 什么是电磁波？电磁波有哪些参数？

电磁波是在空间传播的周期性变化的电磁场。在传播过程中,电场和磁场相互转换,其振动的方向相互垂直,且都垂直于两波传播的方向。如图 1-1 所示。

一般用频率(波长)、幅度和相位来描述电磁波。速度/频率称为波长。

电磁波的频率单位是赫兹(Hz),1 Hz 表示 1 s 周期性变一次。常用频率单位还包括 kHz、MHz、GHz,其换算关系为 $1\ 000\ \text{Hz}=1\ \text{kHz}$, $1\ 000\ \text{kHz}=1\ \text{MHz}$, $1\ 000\ \text{MHz}=1\ \text{GHz}$ 。频率的倒数为周期 T 。电磁波在自由空间传播的速度是光速 $c=3\times 10^8\ \text{m/s}$,其波长 $\lambda=c\cdot T$ 。如 GSM 采用的 900 MHz 频段,其波长就是 0.333 m,而 1.8 GHz 的就是 $0.33/2=0.167\ \text{m}$ 。

一般用电场强度表示电磁波的强度,即场强(E),其单位为 V/m。

另一个表示信号大小的量是信号功率,单位为瓦(W)、毫瓦(mW),且 $1\ \text{W}=1\ 000\ \text{mW}$ 。

在工程上常用 dBm 表示功率的绝对值, 计算方法是: $10\lg(P/1\text{ mW})$ 。例如: 发射功率 2 W, 用 dBm 表示就是 $10\lg(2\text{ W}/1\text{ mW})=33\text{ dBm}$ 。

功率的相对比值则用 dB 表示。例如: 计算甲功率比乙功率大多少倍时, $10\lg(\text{甲功率 } W/\text{乙功率 } W)=10\lg(\text{甲功率 } W/1\text{ mW})-10\lg(\text{乙功率 } W/1\text{ mW})$ 。如无线信号进电梯前是 -68 dBm , 进电梯后变为 -93 dBm , 电梯的穿透损耗是 25 dB 。需要特别强调的是, 这两个 dBm 的差值是 dB。

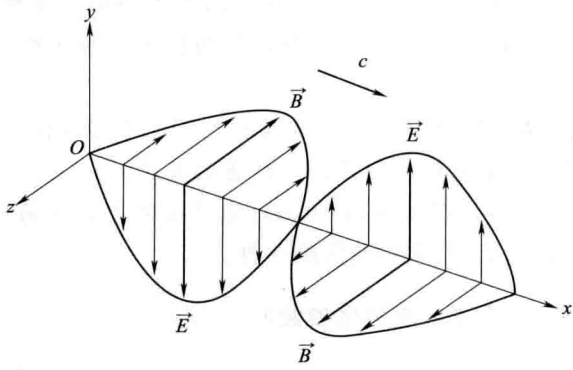


图 1-1 电磁波

3. 无线通信的频率资源为什么短缺?

无线通信是利用电磁波传输的, 可利用的频率范围为 $3\text{ kHz}\sim 300\text{ GHz}$, 对应波长范围 $10^5\text{ m}\sim 1\text{ mm}$ 。不同频率的电磁波传播特性不同, 适用的无线通信环境也不同。具体而言, 特别低的频段适合水中传输, 如军事通信中的声呐使用 $10\sim 30\text{ kHz}$ 的电磁波; $30\text{ MHz}\sim 3\text{ GHz}$ 的电磁波则适合空中传输; 而更高的频率适合深空探测。这些有限资源会按其特性指派给不同领域使用, 如我国 AM 调幅广播用 $550\text{ kHz}\sim 1\,605\text{ kHz}$, FM 调频广播用 $88\sim 108\text{ MHz}$, GSM 用 900 MHz 和 1.8 GHz 附近, 3G 用 2.3 GHz 附近, 卫星通信则在 $1\sim 40\text{ GHz}$, 如图 1-2 所示。我们常说发放牌照, 就是指政府给运营商指定频率资源, 可以有规模地开展业务了。