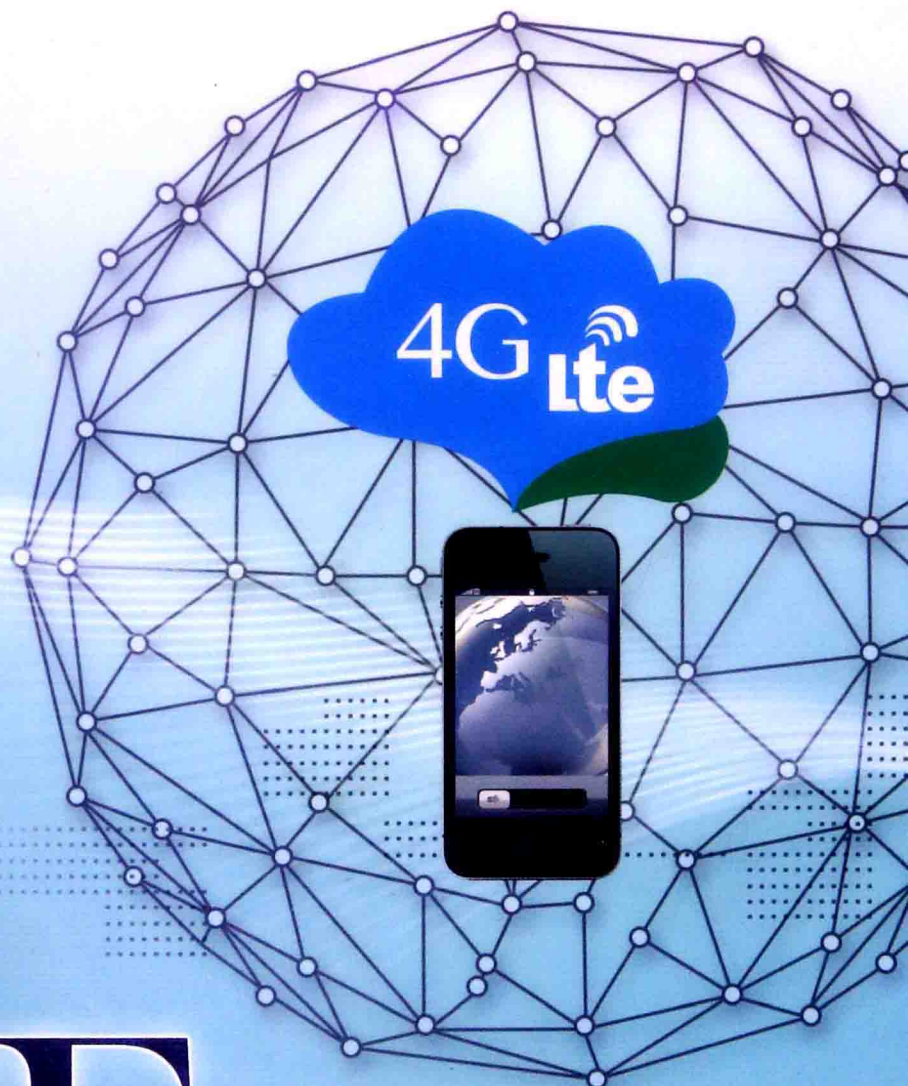




LTE教程： 结构与实施

—— 孙宇彤 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

LTE 丛书之学好 LTE 系列

LTE 教程：结构与实施

孙宇彤 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

“LTE 丛书之学好 LTE 系列”是专为 LTE 学习而打造的,内容脱胎于作者深受好评的 LTE 公开课程,并加以完善和增补,循序渐进,娓娓道来,非常适合 LTE 学习。

本书是“LTE 丛书之学好 LTE 系列”中的一册,全书分为结构篇和实施篇两部分,详细介绍了 LTE 物理层的基本结构以及具体的实施方法,可帮助读者快速了解和理解 LTE 的结构与实施。

本书适合 LTE 的实施人员,如 LTE 的网络规划设计人员和 LTE 的网络优化人员阅读,目标读者为运营商、设计院的工程技术人员,网优从业人员以及相关大专院校师生。

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。

图书在版编目(CIP)数据

LTE 教程:结构与实施 / 孙宇彤编著. —北京:电子工业出版社, 2014.10

(LTE 丛书之学好 LTE 系列)

ISBN 978-7-121-24455-1

I. ①L… II. ①孙… III. ①无线电通信—移动网—教材 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 228029 号

策划编辑:宋 梅

责任编辑:宋 梅

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×980 1/16 印张:17.75 字数:398 千字

版 次:2014 年 10 月第 1 版

印 次:2014 年 10 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:59.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

在世界杯足球赛的喧嚣声中，我为本书写下了最后一个句点。也许是巧合，但仔细想一下，发现这本书与足球还是有一些关系的。

这已经是我出版的第 11 本书了！12 年前，也是在世界杯之年，我出版了第一本书。当时绝不会想到，12 年后还会出版第 11 本书。

11，是一个球队登场的队员数。11 名队员与另外 11 名队员在绿茵场的竞争，带给球迷的是开心、是激动；而 11 本书，累积在一起，展示给读者的也许是我在移动通信技术领域不断前行的过程。

就像精彩的射门需要队员之间的精妙配合一样，这本书是“LTE 丛书之学好 LTE 系列”的第二本书，担负着承上启下的作用，与第一本书《LTE 教程：原理与实现》的内容环环相扣，都与 LTE 的学习密切相关。

在翻越 LTE 技术的天王山——OFDM 与多天线技术后，接下来大家就会与 LTE 物理层结构打交道了，而 LTE 物理层结构是 LTE 学习过程中要啃的又一块硬骨头。

OFDM 与多天线技术不同，LTE 物理层的结构由规范 TS36.211、212 和 213 定义，内容非常明确。这就给很多人在学习时带来一个错觉，以为通过仔细阅读 LTE 的技术规范，就可以学好 LTE 的物理层结构。

遗憾的是，LTE 的技术规范不是为学习准备的，看着规范，就很容易深陷泥沼，难以自拔。

当然，随着 LTE 技术炙手可热，国内也出版了大量的 LTE 参考书，这些参考书或多或少总会涉及 LTE 物理层及其结构。但是，这些参考书对 LTE 物理层的结构，讲得既不清楚，也不细致，比如：

- TA 与 GP 到底是什么关系？为什么有了 GP 还要用 TA？为什么用了 TA 还要有 GP？
- 小区参考信号是怎么产生的？又是怎么映射到时频资源上的？
- 用户参考信号是如何区分的？
- 各种控制信道如何产生？处理的方式有什么区别？

诸如此类的问题还能列举出很多。由于内容讲解不到位，因此读者看过参考书后还是一头雾水，继续在 LTE 物理层结构的这个泥沼中挣扎。

作为 LTE 学习大使，我深知学习 LTE 技术的过程并不轻松，我的使命就是让大家通过阅读“LTE 丛书之学好 LTE 系列”，更高效地学习 LTE，突破 LTE 技术的重重难点，理解和掌握 LTE 的技术精髓。

因此，《LTE 教程：结构与实现》的目标就是希望成为大家学习 LTE 物理层结构的指引，帮助大家顺利通过 LTE 物理层结构这个泥沼。

本书的内容分为两个篇章，一篇是结构篇，讲述 LTE 空中接口的物理层结构；另外一篇是实施篇，讲述 LTE 无线网络的规划设计，可以看成结构篇的实际应用。

结构篇的最大特点是条理清晰，将物理层的时频结构、各种参考信号以及控制信道、业务信道的结构和处理过程分门别类，学习起来有章可循。学习完结构篇后，读者肯定会对 LTE 物理层结构有更清晰的认识，不再迷茫。

至于 LTE 物理层结构涉及的各种关键环节，这本教程不遗余力，力求讲透，比如前面提到的那些问题，在教程中都会有详细的说明，给出明确的答案。

实施篇的内容则紧扣 LTE 无线网络的规划设计流程，不但详细介绍了链路预算的方法，而且还详细分析了 LTE 的峰值速率、边界速率、FDD 与 TDD 的差异、VoLTE 对无线网络的影响，最后还介绍了 LTE 无线网络的部署方案。

总体而言，实施篇的学习难度不大。实施篇中丰富的图表和数据，绝对可以满足 LTE 无线网络设计人员的需求，算是艰苦学习过程后的具体收获吧。

本书保留了前作教材、视频和网络三位一体的特点，相关的培训课程都已经发布到 51CTO 学院和传课网，学员可以配合本教程一起学习。为了方便大家学习，LTE 系列培训课程已经组织到 LTE 学习路线图中，网址是 <http://edu.51cto.com/roadmap/view/id-19.html>。

为了便于大家的学习，本书还做了一些改进：在每章的开头都会用问题勾勒出本章内容的轮廓。这样读者在学习前可以先测试一下自己的水平，并且大体了解全章的主要内容，有的放矢；学习后还可以对比前后的回答，从而记录自己的学习轨迹。

本书还准备了一些思考题，帮助大家扩展思维，达到举一反三的效果。教程中的思考题供学有余力的读者使用，读者可以把思考题答案以及 LTE 学习中遇到的疑难问题，发布在【空中接口学园】论坛上：<http://www.pch.com.cn/bbs>，我将及时点评与回复。

读者在学习过程有任何问题，想要与我联系的话，可以关注我的微博和微信，都是“读懂通信”。读者也可以访问【读懂通信】网站：<http://www.readhere.cn/bs>，深入阅读相关的技术文章。

本书由孙宇彤编著，汪洲参与了本书的编写工作，孙沛然、杨慧瑞、汪中位、张秋娥、秦松协助了本书的编写工作，这里一并表示感谢。

如果大家还想深入学习 LTE，可以继续关注“LTE 丛书之学好 LTE 系列”的后续内容，包括 EPC 以及 LTE 机制与流程。

最后，预祝各位读者都能从此学好 LTE。

LTE 学习大使
孙宇彤
2014 年盛夏

代序：LTE 自学指南 2015 版

【前言】

本指南是《LTE 的学习指南》升级版，由 LTE 学习大使发布。

作者允许在注明来源后转载全文，作者保留对本文的修订权限，转载内容不得删减。

【为什么要学习 LTE】

LTE 是未来 5 年通信技术的主流，从全球范围看，是继 GSM、WCDMA 后的又一统治性的移动通信技术。

目前国内 TD-LTE 的牌照已经颁发，TD-LTE 网络部署已经全面展开；FDD LTE 试商用也已经获准，FDD LTE 网络的部署正在起步。

三大移动运营商普遍采用了 LTE 技术，因此，学好 LTE，对现在以及未来的通信行业技术人员来说，具有很强的现实意义。

【为什么要自学 LTE】

既然 LTE 技术是移动通信技术的主流，从现在起，学习 LTE 就是必然的了。

学习 LTE 有很多方式，参加培训、与同事交流以及自学。很显然，LTE 目前还是非常新的技术，大家周围能找到的专家比较少，与同事交流的机会并不多，而参加培训的可能性也不大，在这种情况下，自学 LTE 就成为一个比较可行的学习方式。

【如何高效地自学 LTE】

如果没有合适学习方法，自学 LTE 其实是一个很艰难的过程。LTE 的技术机制与很多人熟悉的 GSM 大相径庭，如果贸然转向 LTE，收获的未必是成果。

因此，高效地自学 LTE 第一步，就是认真地阅读本自学指南，然后按照自学指南介绍的学习路径和学习方法，逐步深入地学习。

【学 LTE 还是学 LTE-A】

这是 LTE 自学遇到的第一个问题：该学 LTE 还是学 LTE-A 呢？

大家知道 LTE 的技术一直在发展，从 R8、R9 的 LTE 一直发展到 R10、R11、R12 的 LTE-A，而且还在发展。

如果作为实施人员，我的建议是学习 LTE 就足够了，LTE-A 都是些锦上添花的东西，都是建立在 LTE 基础上的，目前商用的可能性不大，没有必要花时间琢磨 LTE-A。

作为实现人员，开发产品的功能会涉及 LTE-A。我的看法是 LTE 是 LTE-A 的技术基础，不了解和掌握 LTE，很难做好 LTE-A，因此 LTE 是必备的。而 LTE-A 涉及的方向很多，届时可能只需要关注其中的一个方向，比如 CA、Relay 或者 CoMP。

【LTE 的学习内容】

LTE 的学习内容包含哪些方面呢？

LTE 的学习应该以 eNB 为中心，分为以下 4 大部分。

A. 空中接口的物理层：包括 OFDM、SC-FDMA、MIMO、HARQ、调度、帧结构、参考信号、PDCCH、PUCCH。

B. 空中接口的链路层及网络层：包括 RRC、PDCP、RLC、MAC。

C. S1 和 X2 接口：包括 S1、X2、SCTP。

D. SAE：包括 GTP、QoS。

相对而言，A 是学习的难点，A 和 B 是学习的重点。其中，搞终端的学 A+B 就可以了，搞网络的需要 A+B+C。D 部分供有余力的人扩展思路。

熟悉 WCDMA 以及 HSPA+ 的人，学习 A 的效率可以提升 30%；熟悉 WiMAX 的人，学习 A 的效率可以提升 20%。熟悉 WCDMA 的人，学习 B 和 C 的效率可以提升 50%。

【学习 LTE 应该具备哪些数学知识】

数学是理解和掌握 LTE 技术的工具。学习 LTE 技术至少应该对以下数学知识比较了解。

① 三角函数：主要是正弦和余弦函数的积化和差以及和差化积、倍角公式。

② 积分：主要是正弦和余弦函数的积分。

③ 复数乘法：知道两个复数乘积的表达式。

④ 矩阵：知道什么是矩阵，知道矩阵可以分解，知道矩阵的秩。

【如何学习 LTE 的物理层】

物理层是 LTE 的学习难点，如何学习 LTE 的物理层呢？

对于偏重于网络部署的实战人员，一定要搞清楚 OFDM，这是第一位的，牵涉对后续内容时频结构的理解，应该说 OFDM 的内容有一定难度，包含 OFDM 的原理与实现两个方面。

接下来需要掌握多天线技术，这也是 LTE 学习的又一大难点。学习多天线要以 TM 为中心，围绕 TM 来学习。

之后需要了解 LTE 物理层的结构，这一块内容相当多，学习时一定要有条理。

首先是学习时频结构，这时需要把 FDD 和 TDD 一并掌握。

之后就是我的特色建议了：以小区参考信号为中心，从发射小区参考信号和接收小区参考信号两个角度，把小区参考信号弄清楚，比如 Gold 码如何产生，在时频结构中的位置，小区参考信号的功率是多大等，最后掌握 RSRP、RSRQ 和 SINR 这三个 KPI。掌握小区参考信号后，学习物理层的目标可以说达成一半了。

接下来可以学习控制信道的编码过程、在时频结构的位置，最后能形成一张时频结构中各种控制信道的分布，就算大功告成了。

下行学完，上行也就不难了。

【LTE 有哪些参考书】

LTE 的学习离不开参考书，前面说的 4 大部分内容都有相关的参考书，比如：

A 部分的参考书可以说是百花齐放，种类很多，例如，《LTE-UMTS 长期演进理论与

实践》、《3G 演进》、《LTE 权威指南》、《LTE 技术原理与系统设计》、《TD-LTE 技术原理与系统设计》、《LTE 教程：原理与实现》。

B 和 C 部分的主要参考书有《LTE-UMTS 长期演进理论与实践》和《UMTS 中的 LTE》。

D 部分的主要参考书有《3GPP 系统架构演进 (SAE) 原理与设计》。

【初学 LTE 该从什么书看起】

对于初学者来说，一本好的教材胜过很多本参考书，这里向大家郑重推荐“学好 LTE 丛书之 LTE 系列”丛书。之所以推荐本套丛书作为教材，是因为本套丛书采用了三位一体的模式，有配套视频课程和相关网站，学习起来效果会更好。

第一本：《LTE 教程：原理与实现》。

这本书是专为 LTE 学习而打造的，内容脱胎于作者深受好评的 LTE 公开课程，并加以完善和增补，循序渐进，娓娓道来，非常适合初学者学习。

这本书浓墨重彩地介绍了 LTE 的两大关键技术：OFDM 和多天线。在 OFDM 原理部分揭开了 OFDM 技术不为人知的许多内情，作者提出的能量正交概念也会让读者耳目一新。在 OFDM 实现部分，还会有很多颠覆性的内容，比如，IFFT 算法不是生成 OFDM 的唯一算法，让初学者为之一振。在多天线部分，作者分门别类，介绍了三大多天线的形态，定量分析了各种 TM 发射模式的差异，并指出 MIMO 其实只是 DEMO，强调了可用度非常重要的观点。

总之，这本书会帮助读者深刻理解 OFDM 和多天线技术，即使已经学习过 LTE 技术的人，推荐也应该看一遍。

第二本：《LTE 教程：结构与实施》。

这本书继承了前作的特点，依然是专为 LTE 学习而打造的，内容同样脱胎于作者深受好评的 LTE 公开课程，并加以完善和增补，非常适合初学者学习。

这本书透彻地讲述了 LTE 的物理层结构，并且详细介绍了 LTE 无线网络的规划设计方法。

在 LTE 物理层结构部分梳理了物理层的时间结构、频率结构、参考信号、控制信道和业务信道，分门别类，学习起来有章可循。结构部分还剖析了关键的处理流程与机制，使得读者不但知其然，还能知其所以然。在无线网络的实施部分，不但详细介绍了链路预算的方法，而且还详细分析了 LTE 的峰值速率、边界速率、FDD 与 TDD 的差异、VoLTE 对无线网络的影响，最后还介绍了 LTE 无线网络的部署方案，配套的图表非常丰富，实战效果更好。

总之，这本书会帮助读者清晰掌握 LTE 物理层的结构，即使已经学习过 LTE 技术的人，推荐也应该看一遍。

【学 LTE 该看什么参考书】

目前 LTE 的参考书越来越多，但是并不是所有的参考书都适合初学者，对于初学者来说，精选一些参考书对提高学习效率非常重要，另外这些书又该重点看哪些部分呢？

第一本：《LTE-UMTS 长期演进理论与实践》，这一本书需要精读，也就是要读懂。这本书的优点就不赘述了，其中最好的部分是第 3、4 章，可能需要多读几遍。

第二本：《3G 演进：HSPA 与 LTE》，这一本书也需要精读，但是建议在看完第一本书后精读。这本书最好的部分是第 2 部分，可能需要多读几遍。

第三本：《TD-LTE 技术原理与系统设计》，这本书专讲中国目前最热门的 TD-LTE。

【学 LTE 该买什么版本的参考书】

这个问题主要来源于早前面推荐的参考书，不少都出了第二版，于是就产生了这样的问题，该买什么版本的书籍呢？这个问题要逐个看。

第一本，《LTE-UMTS 长期演进理论与实践》：这一本的第二版增加了 LTE-A 的内容，简化了第一版中 LTE-A 的内容。我的建议是，没有买第一版的，买第二版；买过第一版的，找本第二版的英文版做补充。

第二本，《3G 演进：HSPA 与 LTE》：如果是联通的读者，不建议买新版；如果是移动和电信的读者，买新版更有用一些。

第三本，《TD-LTE 技术原理与系统设计》：如果已经买了第一版，建议不用再买第二版了。

【如何高效学习 LTE】

LTE 的内容很多，学习难度也不小，如何高效学习 LTE 呢？就像“天下武功，唯快不破”一样，高效学习最讲究一个“精”字，高效学习 LTE 也是如此。

LTE 的技术特点是大而全，希望一网打尽，所以有时候我也替搞实现的人担忧，要面临的选项太多了，比如，频点带宽就有 1.4 MHz、3 MHz、5 MHz、10 MHz、15 MHz 和 20 MHz 6 种，不但给学习带来很大压力，也给实现带来很大的负担。

实施的人就没有必要向实现的人看齐，我们学习的 LTE 就需要精炼、精炼再精炼，这样才能从众多的技术细节中抓住要害，不至于花了很多时间，还是一头雾水，WCDMA 就是一个现成的例子。

哪些是我们应该把握的重点，哪些又是我们可以暂时忽略的呢？

① 10 MHz 和 20 MHz 是重点，1.4 MHz、3 MHz、5 MHz 和 15 MHz 可以放一边。其中 10 MHz 的 FDD 和 20 MHz 的 TDD 是重点中的重点，因为这是国内目前用得着的。

② 普通 CP 是重点，扩展 CP 可以放一边。如果告诉你 TD-LTE 网络的站间距为 500 m，你认为扩展 CP 还有必要采用吗？

③ TM2、TM3 是重点，最多加上 TM7、TM8，什么 TM4、TM5、TM6 都可以放一边。

④ OFDM 原理是重点，MIMO 原理次之。

⑤ 2、8 天线是重点，4 天线可以放一边。

⑥ 单层、两层是重点，三层、四层放一边。

⑦ 小区参考信号是重点，参考信号相关的 KPI 是重点中的重点。

【LTE 在线培训资源】

- ① 一站式 LTE 学习平台: <http://www.readhere.com.cn/lte>。
- ② LTE 系列培训课程: <http://edu.51cto.com/roadmap/view/id-19.html>。
- ③ 传课网【LTE 学园】: <http://www.chuanke.com/s1302728.html>。

【学习 LTE 的参考网站】

(1) 中文

- ① 读懂通信: <http://www.readhere.cn/bs>。
- ② 空中接口学园: <http://www.pch.com.cn/bbs>。
- ③ GPRS 家园: <http://www.gprshome.com/>。
- ④ lte2010 的博客: <http://blog.sina.com.cn/lte2010>。

(2) 英文

- ① www.3gpp.org: 下载协议和规范。
- ② www.lteuniversity.com/: 全面的 LTE 学习网站。
- ③ <http://www.sharetechnote.com/>: 与读懂通信类似的学习网站。
- ④ www.scottbaxter.com/: 可以下载 LTE 的培训教材。
- ⑤ http://www.pewscorner.host-ed.me/LTE/lte_resource_grid.html: 查看 LTE 时频结构。

目 录

结 构 篇

导言	2
第 1 章 时频结构	3
本章导读	4
1.1 概述	4
1.1.1 什么是时频结构	4
1.1.2 如何理解时频结构	5
1.1.3 双工方式	6
1.2 FDD 的时间结构	8
1.2.1 FDD 的时间结构: 无线帧	8
1.2.2 FDD 的时间结构: 子帧	8
1.2.3 FDD 的时间结构: 时隙	9
1.2.4 更小的时间结构	10
1.2.5 上、下行子帧对齐	11
1.3 TDD 的时间结构	14
1.3.1 TDD 的时间结构	14
1.3.2 TDD 的时间结构: 特殊子帧	16
1.3.3 TDD 的特殊子帧: GP	18
1.3.4 TD-LTE 与 TD-SCDMA 共存	22
1.4 频率结构	24
1.4.1 频率结构: 子载波	24
1.4.2 频率结构: 资源块 (RB)	27
1.4.3 频率结构: 频点	28
1.5 时频分布	30
1.5.1 各种下行信号与信道的时间分布	30
1.5.2 各种下行信号与信道的频率分布	33
1.5.3 各种上行信号与信道的时频分布	33
1.6 总结	35

第 2 章 参考信号	37
本章导读	38
2.1 概述	38
2.1.1 什么是参考信号	38
2.1.2 小区参考信号的发展史	39
2.1.3 小区参考信号的设计	41
2.1.4 小区参考信号的分布	42
2.2 小区参考信号的生成	44
2.2.1 小区参考信号的生成过程	44
2.2.2 扰码的生成方式	45
2.2.3 Gold 码的初始值	46
2.2.4 扰码的输出方式	48
2.2.5 扰码的输出过程	48
2.2.6 扰码的时频映射	50
2.3 小区参考信号的 KPI	51
2.3.1 参考信号强度: RSRP	51
2.3.2 参考信号质量: RSRQ	53
2.3.3 参考信号信噪比: RS-SINR	54
2.4 终端专用参考信号	56
2.4.1 什么是终端专用参考信号	56
2.4.2 R8 的终端专用参考信号	56
2.4.3 R9 的终端专用参考信号	59
2.5 上行参考信号	60
2.5.1 上行参考信号的生成过程	61
2.5.2 上行参考信号的资源映射 (业务信道)	61
2.6 总结	63
第 3 章 控制信道	65
本章导读	66
3.1 概述	66
3.1.1 控制信息	66
3.1.2 LTE 系统的控制信道	70
3.2 LTE 系统的下行物理控制信道	71
3.2.1 物理信道类型 (用于控制)	71

3.2.2	PBCH 信道	71
3.2.3	PCFICH 信道	74
3.2.4	PHICH 信道	77
3.2.5	PDCCH 信道	80
3.2.6	下行控制信道小结	86
3.3	LTE 系统的上行物理控制信道	87
3.3.1	物理信道类型（用于控制）	87
3.3.2	PRACH 信道	87
3.3.3	PUCCH 信道	90
3.4	总结	95
第 4 章 业务信道		97
本章导读		98
4.1	概述	98
4.1.1	业务信息	98
4.1.2	业务信道	99
4.1.3	移动通信系统中的业务信道	101
4.1.4	LTE 系统中的信道	105
4.2	LTE 下行共享物理信道	106
4.2.1	处理流程概述	106
4.2.2	资源映射	108
4.2.3	寻呼信道 PCH	109
4.3	LTE 上行共享物理信道	109
4.3.1	处理流程概述	109
4.3.2	资源映射	111
4.3.3	复用控制信息	112
4.4	总结	113
4.4.1	LTE 系统抛弃了 CDMA 技术吗	113
实 施 篇		
导言		116
第 5 章 覆盖设计		119
本章导读		120

5.1	概述	120
5.2	设计条件	121
5.2.1	移动信道模型	121
5.2.2	传播模型	122
5.2.3	区域类型	125
5.2.4	业务要求	125
5.3	覆盖设计的指标	126
5.3.1	参考信号强度 RSRP	126
5.3.2	参考信号质量 RS-SINR	129
5.3.3	下行控制信号的 SINR	130
5.3.4	下行业务信号的 SINR	131
5.3.5	上行业务信号的 SINR	132
5.4	链路预算	132
5.4.1	上行链路预算	133
5.4.2	上行链路预算的参数	134
5.4.3	上行链路预算的案例	136
5.4.4	下行链路预算	138
5.4.5	下行链路预算的参数	139
5.4.6	下行链路预算的案例	140
5.5	评估基站的覆盖范围	141
5.5.1	上行覆盖范围的计算	141
5.5.2	覆盖设计校验	143
5.6	小结	146
第 6 章	容量分析与评估	147
	本章导读	148
6.1	概述	148
6.2	下行峰值速率	148
6.2.1	下行峰值速率的 RE 算法	149
6.2.2	下行峰值速率的精确值	152
6.3	上行峰值速率	153
6.3.1	上行峰值速率的 RE 算法	153
6.3.2	上行峰值速率的精确值	155

6.4	最大用户数量	156
6.4.1	用户分类	156
6.4.2	PHICH 支持的调度用户数	157
6.4.3	PDCCH 支持的调度用户数	157
6.4.4	最大调度用户数	160
6.4.5	最大排队用户数	160
6.5	边界容量与覆盖的评估	161
6.5.1	小区的最大吞吐率	162
6.5.2	孤立小区的边界吞吐率	162
6.5.3	孤立小区的边界速率	167
6.5.4	网络小区的边界吞吐率	168
6.5.5	网络小区的边界速率	173
6.5.6	小区边界在哪里	175
6.5.7	边界吞吐率的修正	178
6.5.8	FDD LTE 对称吗	179
6.6	小结	180
第 7 章 TDD 与 VoLTE		181
本章导读		182
7.1	TDD 的速率与吞吐率	182
7.1.1	TDD 速率的换算	182
7.1.2	精确的 TDD 峰值速率	184
7.1.3	TDD 边界吞吐率	184
7.2	TDD 的链路预算	187
7.2.1	上行链路预算	187
7.2.2	TDD 上行覆盖	189
7.2.3	TDD 下行链路预算	190
7.2.4	TDD 下行覆盖	193
7.3	TD-LTE 与 FDD LTE 的覆盖对比	193
7.3.1	对比分析条件	194
7.3.2	FDD LTE 与 TD-LTE 主要参数的关系	194
7.3.3	覆盖对比的评估方法	196
7.3.4	FDD LTE 与 TD-LTE 的覆盖对比	197

7.3.5	综合指标对比	198
7.3.6	性能对比	202
7.4	VoLTE	204
7.4.1	LTE 系统的语音解决方案	204
7.4.2	VoLTE 方案的特点	206
7.4.3	VoLTE 的语音处理	207
7.4.4	VoLTE 的网络规划	209
7.4.5	VoLTE 的切换	212
7.4.6	VoLTE 引发的问题	213
7.5	小结	214
第 8 章	无线网络的部署方案	215
	本章导读	216
8.1	概述	216
8.1.1	无线网络的部署	216
8.1.2	部署方案的提供者	217
8.1.3	部署原则：多快好省	218
8.1.4	部署方案的关键因素	220
8.1.5	分步实施	221
8.2	双工方式	223
8.2.1	双工方式的差异	223
8.2.2	中国的双工方式	224
8.2.3	FDD 与 TDD 的协同	226
8.3	工作频段	229
8.3.1	LTE 工作频段的差异	229
8.3.2	中国的 TD-LTE 工作频段	230
8.3.3	中国的 FDD LTE 工作频段	231
8.3.4	TD-LTE 频段的部署方案	235
8.4	天线类型	238
8.5	总结	239
附录 A	资源分配类型	241
A.1	分配类型 0	241
A.2	分配类型 1	242

附录 B 干扰分析 247

 B.1 覆盖模型以及蜂窝模型 247

 B.2 小区参考信号上的干扰 248

 B.3 下行控制信号上的干扰 253

 B.4 下行业务信号上的干扰 254

 B.5 上行信号上的干扰 256

缩略语 261

参考文献 266