

一本技术原理查阅的工具书 一本行业培训的教科书

无线室内分布系统实战必读

◎ 吴为 编著



- ◎ 技术语言通俗化、数学公式简单化、工程实践案例化、方案应用场景化
- ◎ 简单、实用的工程技术入门书，您无需太多技术功底，便可渐入佳境
- ◎ 引领您走上掌握抽象技术原理的捷径
- ◎ 阅读本书，如同和作者讨论问题，而不会有在上课的感觉



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS

无线室内分布系统实战必读

吴为 编著



机械工业出版社

本书包含了无线室内分布（室分）项目全流程工作的关键点，便于读者从整体上把握室分项目，也便于在室分项目中承担不同分工的读者各取所需、查阅参考。本书中室分系统项目管理的内容、室分系统多系统设计的内容，以及面向未来的 LTE、三网融合的内容，都是同类书中所没有的。本书中列举了很多实际设计的案例，以及很多实际工程经验的总结，相信能够引起从业人员的共鸣。

本书面向一线市场人员、室分项目管理人员、规划设计人员、技术支持人员和工程施工人员，非常适合具备初步无线通信基础、有志于学习和实践室分系统工程项目的人员阅读。

图书在版编目（CIP）数据

无线室内分布系统实战必读/吴为编著. —北京：机械工业出版社，2011.9
ISBN 978-7-111-35791-9

I. ①无… II. ①吴… III. ①码分多址移动通信—通信系统
IV. ①TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 181951 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：郝建伟 吴超莉

责任印制：李 妍

北京富生印刷厂印刷

2012 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·16 印张·393 千字

0001—3500 册

标准书号：ISBN 978-7-111-35791-9

定价：39.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010)68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010)88379649

读者购书热线：(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

自序

室分系统是无线通信领域非常热门的方向，但相关的书籍并不多。在开始写上一本书之初，很多网友咨询室分工程方面的相关问题，我便有志于向这个方向努力。很多网友和出版社朋友希望我在无线通信知识通俗化写作的道路上走得更远，希望不要因为工作的繁忙而放弃自己技术写作的爱好。

虽然接触了很多室分系统的项目，但是由于事务繁忙、这本书的写作迟迟没有启动。一次，我的父亲知道了这件事情，正告我：“忙不是放弃写作的理由，挤时间做一些有意义、有价值的事情，充实自己的人生！”我知道父亲不喜欢听到不做事的理由，喜欢看到做事的实际行动，所以不再继续解释什么，开始行动是唯一的选择。

本书的写作力图采用通俗的写作手法。但开始写作后才发现，室分规划设计写作和无线通信大不一样。无线通信更注重无线原理的通俗化解释，便于进行类比；而室分系统的内容介绍的不是概念本身，而更多的是思路、方法和流程。也就是说，本书的内容更加具体，更加贴近工程实际。

本书仍然追求清晰、明确和通俗的写作方式，尽管类比的内容少了一些，但是增加了很多知识概括和经验总结的内容，使得本书的每个章节要点更加突出、思路更加清晰。

本书面向一线市场人员、室分项目管理人员、规划设计人员、技术支持人员和工程施工人员，所以内容上包含了无线室分项目全流程工作的关键点，便于读者从整体上把握室分项目，也便于在室分项目中承担不同分工的读者各取所需、查阅参考。本书中室分系统项目管理的内容、室分系统多系统设计的内容，以及面向未来的 LTE、三网融合的内容，都是同类书中所没有的。

本书中列举了很多实际设计的案例，以及很多实际工程经验的总结，相信能够引起从业人员的共鸣。

前 言

无线室分系统是无线通信领域的一个重要分支。之所以重要，是因为人们在室内进行无线通信的要求非常强烈，话务比重较高，室内无线通信是运营商在无线通信战场上的战略高地。

室内覆盖是移动通信覆盖的一部分，仍然遵循无线通信的普遍规律。一个信息要发射出去，仍然要经过信源编码、信道编码、调制等关键过程，然后从天线口发射出去；在接收端，天线收到的信号经过解调、信道解码、信源解码等过程，将原始信息恢复出来。

室分信源以上的网络结构和室外网络并没有不同，工程参数、无线参数的配置原理和室外网络的差别不大；但由于在天线、馈线（天馈）部分采用了分布式结构，所以在工程参数规划设计的实战过程中，有其独特的地方。

不同制式射频侧的基本原理有所差别，采用的无线电波频率也不一样；在室分的天馈系统和室内的无线环境中传播，会有一些差别。但不同制式的室分规划设计和优化调整的原理和方法差别并不大，只是具体天线挂点、天线数目、走线路由等规划内容不太一样。

本书分三个大的篇章进行阐述。

第一篇介绍了室分系统的基础知识，包括室分系统的重要性、发展历程和趋势、市场格局和关键点等；室分系统的组成器件，如信源、射频器件和天线等；室分系统的项目管理要点。第一篇非常适合室分系统项目的管理人员，或者初步接触室分项目的人员阅读。

第二篇主要介绍了室分系统的规划设计和建设施工。规划设计的内容包括勘测设计、覆盖设计、容量设计、小区参数设计、切换设计和多系统共存设计等。室分系统设计的关键是天线数量、天线位置的设计，这也是室分系统在实际项目中比较难落地的原因。目前由于多家运营商拥有多个制式，在室分系统天馈系统设计的过程中，还需要注意多系统共存的要求，多系统共存的关键点是干扰抑制（隔离度）和功率匹配，也就是保证系统间互不干扰，并且满足各自系统的覆盖质量要求。室

内场景多种多样，每种场景虽然都遵循室分设计的共同原则，但都会有其独特的地方，结合室内覆盖的各种场景的特点进行规划设计非常重要。规划设计完成后，要进行室分系统的建设施工，建设施工要遵循规划设计的方案，同时做到美观、可靠。第二篇非常适合室分系统的规划设计单位和建设施工单位的读者阅读。

第三篇介绍了室分系统的收官流程：优化调整和项目验收。优化调整的思路和室外覆盖非常相似，在保证硬件系统没有问题、覆盖容量满足设计要求的前提下，解决室分系统中经常碰到的各种问题，如干扰控制的问题、切换失败的问题、业务质量低下的问题。在室分系统的验收环节，要明确运营商制定的室分系统验收标准，通过验收测试的结果和验收标准进行比对，得出验收通过与否的结论。第三篇非常适合室分项目优化人员和验收人员阅读。

本书重点介绍的是室分系统规划建设和优化调整的思路，有时会涉及具体无线制式的不同参数的取值，在选用的时候一定要注意其适用场景、具体特点，不要轻易照抄照搬。另外，本书选用了一些室分系统常用的公式，多是在理想条件下推出的，在一定的室内环境和一定无线制式下使用的时候，也需要结合具体情况。也就是说，本书不是手册类图书，而是思路方法类的图书；在实际应用的时候，思路和方法可以借鉴，但具体参数、具体公式的选用，还需具体问题具体分析。

无线制式有很多，不同无线制式的室分系统会有一些特殊的考虑。本书介绍的是各种无线制式都适用的一般性思路和方法，如果具体到某一种无线制式的内容，会作出明确的表述。

本书可作为初步接触无线室分工程的人员的学习用书，也可作为室分项目的管理者掌握工作要点的资料，还可作为室分项目售前、售后技术支持人员的参考书。

欢迎各位读者对本书提出改进意见，在阅读本书过程中发现的任何问题可以反馈给 wuweishifen@163.com。

限于水平，加上时间仓促，错误和不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

吴为

目 录

自序 前言

第一篇 室分系统基础篇

第1章 不可见的室内照明——初识室分	2
1.1 NTT DoCoMo 的困惑——室分系统的重要性	4
1.2 两个基本点——室分系统的使命	5
1.3 前世今生——室分系统的发展历程	6
1.4 着眼未来——室分系统的发展趋势	9
1.5 战火纷飞——室分市场格局	10
1.6 纲举目张——室分关键点	12
第2章 信息的收集和发布——室分器件介绍	17
2.1 “源”来如此——有源器件与无源器件	18
2.2 大卡车、小货车、手推车——基站信源	19
2.2.1 信源输出功率与覆盖范围	21
2.2.2 信源载波数和支持的用户数	23
2.2.3 信源的配套特性	24
2.3 一个扩音器——直放站	25
2.3.1 直放站的本质	26
2.3.2 直放站的类型	27
2.3.3 射频直放站和光纤直放站	29
2.3.4 直放站和射频拉远单元 (RRU)	30
2.3.5 直放站的常用指标	32
2.3.6 直放站的使用要点	36
2.4 无辐之毂——无线接入点 (AP)	37

2.4.1 AP 的用途及种类	38
2.4.2 AP 的室分信源特性	40
2.5 因地制宜——信源的选择	41
2.6 派送过程——信号传送器件	42
2.6.1 合路器	43
2.6.2 功分器	45
2.6.3 耦合器	47
2.6.4 电桥	50
2.6.5 干放	53
2.6.6 衰减器	56
2.6.7 馈线	58
2.6.8 接头/转接头	60
2.7 信源的“触角”——室分天线	61
2.7.1 天线的基本原理	62
2.7.2 天线的指标和参数	64
2.7.3 室内天线的选型	68
第3章 重复施工为哪般——室分系统建设的项目管理	74
3.1 从戴明环说起——室分系统建设的关键流程	75
3.1.1 室分系统的规划设计阶段	77
3.1.2 室分系统的建设施工阶段	77
3.1.3 室分系统的测试评估阶段	79
3.1.4 室分系统的优化调整阶段	80
3.2 善始善终——室分项目的开始和结束	81
3.2.1 室分项目的启动	82
3.2.2 室分项目的收尾	84
3.3 铁三角、四要素——室分系统的项目管理模型	85
3.4 化繁为简——室分系统建设的工作分解	87
3.5 室分系统项目管理小结	89

第二篇 室分系统设计建设篇

第4章 摸摸底、省份心——室内覆盖勘测设计	92
4.1 凡事预则立——室内勘测准备工作	93
4.2 装在哪、怎么装——室内施工条件勘测	94

4.2.1	建筑物施工环境勘测	94
4.2.2	施工条件勘测	97
4.3	影响谁、谁影响——无线环境勘测	101
4.3.1	室外、室内两个维度	101
4.3.2	电磁勘测内容	103
4.4	效果如何——室内模拟测试	106
第5章	格局决定结局——室分系统规划设计	108
5.1	有的放矢——室分系统规划设计目标	109
5.1.1	覆盖水平要求	109
5.1.2	干扰控制要求	110
5.1.3	容量要求	111
5.1.4	业务质量要求	111
5.2	寻找规律——室内无线传播模型	112
5.2.1	自由空间传播模型	113
5.2.2	Keenan - Motley 室内传播模型	114
5.2.3	ITU - R P. 1238 模型	115
5.3	算算这本账——室内链路预算	116
5.3.1	最大允许路损和最小耦合损耗	119
5.3.2	天线口功率设计原则	121
5.3.3	室内天线数目	125
5.3.4	室内外泄露的控制	127
5.3.5	先平层、后主干	128
5.3.6	2G 和 3G 室分系统的覆盖区别	129
5.3.7	室内覆盖估算	131
5.4	餐厅座位装多少——室内容量设计	134
5.4.1	室内话务模型特点	136
5.4.2	室内容量估算	138
5.4.3	HSDPA 载波配置	140
5.4.4	小区合并和分裂	142
5.4.5	负荷分担及扩容	144
5.5	出门靠朋友——邻区、频率、扰码规划	146
5.5.1	邻区规划	147
5.5.2	频率规划	148

5.5.3 扰码规划	151
5.6 瞅准了您再跳——切换设计	151
5.6.1 大楼出入口的切换设计	152
5.6.2 窗边的切换设计	153
5.6.3 电梯的切换设计	153
第6章 和谐共处——多系统共存设计	156
6.1 多人演说的困惑——多系统干扰原理	157
6.1.1 干扰的种类	157
6.1.2 干扰的规避措施	160
6.2 豪猪的故事——系统间隔离度计算	162
6.2.1 灵敏度恶化	162
6.2.2 异系统隔离度	163
6.2.3 异系统天线距离	166
6.3 隔离有度、前后有别——多系统合路方式	167
6.4 面向未来——室分系统的演进	170
6.4.1 LTE 室分系统	171
6.4.2 三网融合	173
第7章 入乡随俗——多场景室分设计	175
7.1 兵家必争——商务写字楼、高级酒店	175
7.1.1 不同功能区的覆盖方案	176
7.1.2 原有室分系统的改造和合路	177
7.2 和谐与美化——别墅小区、高尚社区	178
7.3 高处不胜寒——高层住宅、居民小区	179
7.3.1 高层覆盖问题	179
7.3.2 室外宏站的配合	181
7.3.3 高层住宅覆盖的思路	181
7.4 人多势众——大型场馆	183
7.4.1 天线选型及天线挂点	183
7.4.2 动态容量配置	185
7.4.3 切换设计	187
7.5 白天不忙、晚上忙——校园	188
7.5.1 点面结合室内外连续覆盖	189
7.5.2 资源共享容量动态配置	191

7.5.3 校园 WLAN 的布置	192
7.6 节假日效应——机场、车站	193
7.7 祸在口处——商场、超市和购物中心	194
7.8 一条线、几个点——地铁	195
7.8.1 站台和隧道的覆盖、容量设计	195
7.8.2 地铁的统一 POI 系统	198
7.8.3 地铁的切换设计	198
第 8 章 装修那点事——室分系统的建设施工	200
8.1 改良思维——室分系统改造	201
8.1.1 信源、合路器的增加	202
8.1.2 射频器件的更换	203
8.1.3 更换天线、增加天线数目	204
8.2 美观与可靠——室分系统安装	204
8.2.1 信源的安装	205
8.2.2 天线及射频器件的安装	206
8.2.3 GPS 天线的安装	207
8.2.4 线缆布放	208
8.2.5 室分系统器件的标识	209

第三篇 室分项目优化验收篇

第 9 章 对症下药——室内覆盖优化	212
9.1 体检——室内覆盖测试	213
9.2 诊断——室分问题分析定位	220
9.2.1 从症状到根因	220
9.2.2 两个基本方法	221
9.3 治疗方案——室分问题优化调整	223
9.3.1 硬件问题	223
9.3.2 覆盖问题	223
9.3.3 容量问题	224
9.3.4 干扰问题	225
9.3.5 切换问题	226
第 10 章 毕业与面试——室分项目验收	229
10.1 细化标准——室分项目性能指标	229

10.2	先过自己这一关——验收流程	231
10.3	基础素质达标——工程验收	232
10.4	专业技能过硬——业务性能验收	236
10.4.1	室内 CS 业务性能验收	236
10.4.2	室内数据业务性能验收	238
后记		240
参考文献		242

第一篇

室分系统基础篇

第1章 不可见的室内照明——

初识室分

第2章 信息的收集和发布——

室分器件介绍

第3章 重复施工为哪般——室

分系统建设的项目管理

第1章

不可见的室内照明——初识室分

夏日的中午，骄阳似火，分外刺眼；作为一个白领的你，快速走进公司的写字楼，光线适中，稍感舒适；走进大厅深处，突然照明系统故障，所有的会议室和封闭办公室都暗了下去，只靠室外的阳光无法满足室内办公环境的照明需求。这说明在结构复杂、面积较大、存在很多封闭空间的写字楼里，必须有自己单独的室内照明系统，否则写字楼里就会存在很多阳光照射不到的地方，进而影响办公效率。

可见光是一种频率很高的电磁波，室内照明系统是把可见光均匀地照射在复杂楼宇各处的系统，也是一定意义上的室分系统，只不过它“分布”的不是用于无线电波收发的天线，而是发射可见光的电灯。

无线室分系统也可以看成是一种室内“照明”系统，只不过它“照明”的效果不像灯光一样可见，或者说是一种不可见的室内“照明”系统。

室内分布系统（indoor Distributed Antenna System, iDAS），从字面上看，有3层含义：“室内”（indoor）、“分布”（Distributed Antenna）、“系统”（System）。

首先，“室内”区别于“室外”，室内分布系统（简称室分系统）和室外分布系统的最大区别在于使用场景的不同。于是有室内外天线的选型不同，天线的增益不同，天线的覆盖范围大小也不同，进而所需天线的布点多少也不相同。

室内场景一般是指酒店、写字楼、购物场所、大型场馆、车站、机场、地下停车场等有无无线覆盖需求的场所，一般选用体积较小、增益较低的吸顶天线或板状天线；室外分布系统的使用场景一般是生活小区、城中村、别墅区、校园等场所，选用天线的增益较大，单天线覆盖范围也比室内的大，因而需要的



天线数量比相同面积的室内环境要少。

“分布”是相对于“集中”来说的。白天太阳升起，一个强度很大的“光源”照亮大地，可称为“集中”；傍晚群星璀璨，可以看做无数强度不大的“光源”照亮夜空，可称为“分布”。

在无线通信系统中，室外宏站一个扇区的天线以较大的功率发射无线电波，可以覆盖数千平方米的区域；而在室内，由于楼层和隔墙的阻挡，室外宏站的信号无法深入室内，无法保质保量地覆盖室内空间，而需要“小功率天线多点覆盖”。也就是说，需要把小功率天线分布在室内多处，从而使无线信号均匀地覆盖到室内各处。无线通信系统的集中覆盖与分布覆盖示例如图 1-1 所示。

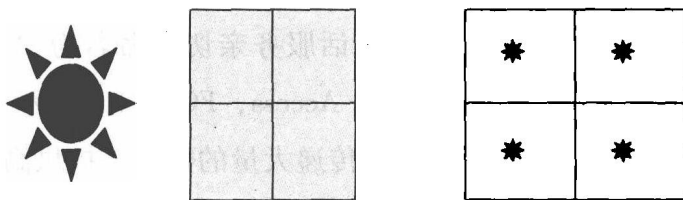


图 1-1 集中覆盖与分布覆盖示例

“系统”是相对于“个体”来说的。哲学上说，两者是辩证统一的，有三层含义：“系统”由多个“个体”组成；“系统”协调“个体”之间的关系，完成特定的功能；“个体”的作用通过“系统”发挥出来。

组成室分系统的“个体”是完成各种功能的射频器件，包括 3 种类型：无线信号发生器件、无线信号传送器件、无线信号发射器件。也就是说，室分系统由信号源、传输器件、天线 3 大部分组成，如图 1-2 所示。信号源负责产生无线信号，传输器件负责把无线信号传送到天线，而天线则负责把无线信号发射出去。

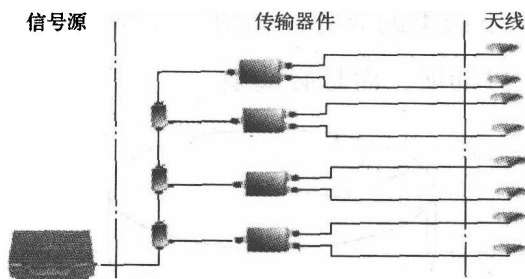
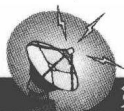


图 1-2 室分系统的组成



1.1 NTT DoCoMo 的困惑——室分系统的重要性

世界上第一个第三代移动通信网络，是由日本最大的移动运营商 NTT DoCoMo 于 2001 年开始商用的。NTT DoCoMo 不仅是日本移动运营商的老大，而且是世界 3G 业务运营的前辈。作为前辈，它是 3G 业务的航标，处于 3G 竞争的风口浪尖。作为日本运营商的老大，它也有困惑，它体会不到不断进步的快感，而只能感觉到随时可能被赶超的压力。

不管怎样，NTT DoCoMo 勇敢地揭开了高速移动通信时代的序幕，把自己提供的基于 WCDMA 的第三代移动通信电话服务亲切地命名为“自由移动的多媒体接入”（Freedom Of Mobile multimedia Access, FOMA），表示 FOMA 可使用户在任何时间、任何地点与任何人连接，传递大量的数据，提供高质量的业务。

NTT DoCoMo 在业务创新、技术创新的道路上不遗余力、艰苦跋涉，可是用户数量增长还是十分缓慢。回头看一下第二名离自己还有多远吧！眼前的景象让这位日本的老大不敢相信，揉一下朦胧的双眼，它清晰地看到竞争对手在用户增长速度上超过了自己。

市场也太不公平了！经过全面地研究、认真地反省，NTT DoCoMo 终于发现了一个最简单的道理：覆盖，尤其是室内覆盖才是用户发展的关键。正如老百姓只有吃饱饭社会才会安定一样，终端只有接收到无线信号才能安心地使用无线业务。

室内覆盖的重要性在 3G 发展初期并不是不言而喻的，而是痛定思痛后的彻悟。NTT DoCoMo 提供的大量数据表明，3G 用户使用的业务发生在室内的概率高达 70%，尤其是高速下载类的业务，如图 1-3 所示。因此，要想快速发展 3G 用户，室内覆盖不再是可选项，而是必选项。

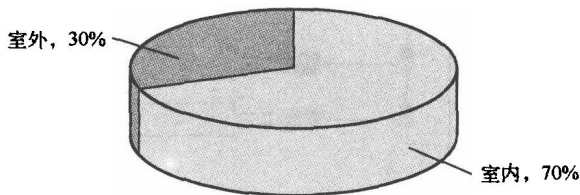


图 1-3 室内外业务所占比例



在什么地方实现室内覆盖呢？再简单的结论，日本人也喜欢用数据说话。在发生话务的各种室内场景中，写字楼等办公场所的话务占30%，住宅、酒店等住宿场所占25%，车站、机场等流动人员密集的场所占26%，如图1-4所示。这3大类室内话务发生的重要场景，将是室分系统建设的重点。

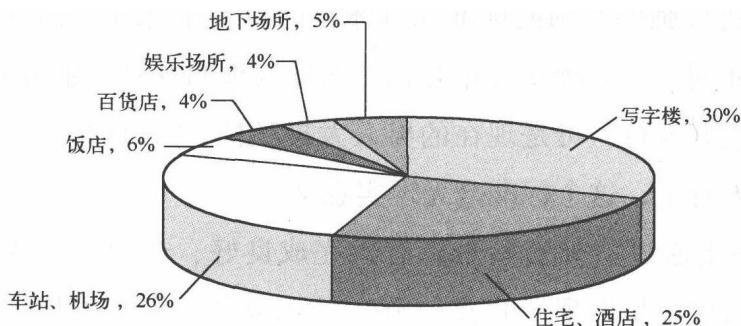


图1-4 室内不同场景所占业务量的比重

光说不练假把式，NTT DoCoMo 知行合一、说到做到。从2003年开始后的两年内，在日本的话务量密集的室内场景，包括城市中心和商业区的写字楼、宾馆，人口集中的住宅小区、校园，地铁等，NTT DoCoMo 完成了3000多个站点的室内覆盖建设，达到了2G网络的室内覆盖站点数量。FOMA用户数量在这期间也快速增长，最终重夺日本用户数第一的霸主宝座。

NTT DoCoMo 的经验非常符合广大室分厂家的市场利益，各厂家纷纷摩拳擦掌，想把这个蛋糕做大，同时尽可能多地分食这块蛋糕。在多家运营商的持续关注和室分厂家的有力推动下，NTT DoCoMo 的经验在全球迅速达成共识，主要有以下两点：

- 1) 高价值客户主要在室内，3G室内覆盖非常重要。
- 2) 室内覆盖的完善等同于用户数量的增长，是吸引新客户、留住老客户的关键。

1.2 两个基本点——室分系统的使命

室内覆盖既然这么重要，是不是任何室内空间都需要建设室分系统呢？回