

TD-LTE智能天线小型化应用研究

傅海, 黄旭阳, 林栋

(中国移动通信集团福建有限公司厦门分公司, 厦门 361008)

摘 要 本文研究的小型化智能天线, 基于微带陶瓷智能天线设计思路, 通过引入多重微型结构, 明显提高了单阵元辐射效率, 从而使得在天线增益接近常规智能天线条件下, 天线整体体积缩小到常规智能天线的1/4左右。LTE试验网测试和应用研究表明, 目前该小型化智能天线各指标已达到或接近常规大天线水平, 已基本具备规模组网试商用能力, 在城区、密集城区及建站困难区域有着广阔而良好的应用前景。

关键词 TD-LTE; 智能天线; 双极化; 小型化; 微带天线; 规模组网

中图分类号 TN929.5 **文献标识码** A **文章编号** 1008-5599 (2012) 07-0037-04

1 引言

在TD-SCDMA及TD-LTE系统中, 智能天线是一项非常重要的关键技术, 智能天线性能与使用的天线阵元数、阵元间距及天线长度等指标密切相关。为保证赋形增益和覆盖效果, 早期TD宏站采用的智能天线皆是以8阵元单极化线阵的方式应用的。然而, 口径巨大的智能天线给工程建设、运营维护和优化带来了很大的挑战, 同时也使广大居民产生辐射大增的误解, 因此, 智能天线的小型化就成为了一个很重要的课题。

传统的智能天线小型化思路都是基于经典的半波振子设计思路, 采用缩小天线阵元间距、减少天线长度尺寸及采用双极化等方案进行设计。虽然双极化8通道智能天线较传统平板8通道智能天线在天线宽度方面有了很大的改进, 但是相对本文研究的基于微带陶瓷的双极化智能天线仍然偏大, 本文研究的微带双极化智能天线从根本上解决了智能天线体积大的问题, 对智能天线的

全球化应用有着广泛而深远的意义。

2 微带双极化智能天线

传统的微波高频段阵列天线均由单极化天线单元组成线性阵列, 存在着运行效率低、体积大、重量大和施工维护困难等缺点, 无法满足移动通信技术的发展对天线技术的要求。

本文研究的八通道高增益高隔离度微带双极化智能阵列天线在物理结构上主要由双极化天线单元、微带线、功分器、校准网络和天线罩等部分组成。该新型小型化智能天线的主要改进在于:

(1) 双极化微带陶瓷天线单元。在每个双极化天线单元中, 自上而下依次具有第一空气介质层、第一金属辐射片、第二空气介质层、接地金属片、第一介质基片、双极化微带激励线、第三空气介质层、金属反射底板, 第一介质基片的下端设有前端相互正交且不接触的双

收稿日期: 2012-06-05

极化微带激励线, 接地金属片的上端面开有两个相互正交且不接触的受激辐射微槽。

(2) 面状发射源。在微带双极化天线单元的形状设计上, 采用了面状发射源的设计方案, 使得辐射波束具有了更好的方向选择性。

(3) 微带馈电网络。在天线内部均采用微带走线, 节省了连接电缆的使用量, 一定程度上降低了成本。

总体上, 该智能天线将微带、微槽、多层理论结合为一体, 具有体积小、结构紧凑、质量轻的优点, 并且天线巧妙的多层结构决定其具有高的单元增益, 使其能量辐射性能好、辐射效率高和可靠性高。

3 小型化智能天线与常规大天线机械及电气性能对比分析

如表1所示, 本文研究的小型化智能天线长650mm, 宽330mm, 高55mm, 重6kg, 整体体积仅为常规大大天线的28%, 重量仅为常规大天线的55%。

从电气性能来看, 在垂直面半功率波束宽度方面, 小型化天线比常规大天线宽 3° ; 在多个阵列之间波束一致性方面, 小型化天线优于常规大天线; 在单元波束增益、广播波束增益、 0° 指向波束增益等方面, 常规大天线高1.5dB, 前后比常规大天线也略优于小型化天线。

4 小型化智能天线与常规大天线外场测试性能对比

为全面对比分析小型化智能天线与常规大天线的外场应用性能差异, 从单站覆盖能力及性能、室外宏站覆盖室内和规模组网网络质量等三个维度进行评估。

4.1 单站覆盖性能对比

选取城区环境, 在周围邻小区空扰场景下, 测试车

表1 小型化智能天线与常规大天线主要机械及电气性能对比

| | 参 数 | | 小型化天线 | 常规大天线 |
|------|---|---------------------------|----------------|------------------|
| | | | | |
| 机械参数 | 天线尺寸 (mm) | | 650 × 330 × 55 | 1366 × 310 × 100 |
| | 重量 (kg) | | 6 | 11 |
| 通用参数 | 工作频段 (MHz) | | 2500 ~ 2690 | 2500 ~ 2690 |
| | 预设电下倾角 ($^{\circ}$) | | 6 | 6 |
| | 电下倾角精度 ($^{\circ}$) | | +1 | ± 1 |
| 辐射参数 | 单元波束 | 水平面半功率波束宽度 ($^{\circ}$) | 75 ± 10 | 65 ± 15 |
| | | 单元波束增益 (dBi) | ≥ 14.5 | ≥ 16 |
| | | 前后比 (dB) | ≥ 23 | ≥ 23 |
| | 广播波束 | 水平面半功率波束宽度 ($^{\circ}$) | 65 ± 5 | 65 ± 5 |
| | | 广播波束增益 (dBi) | ≥ 14 | ≥ 15.5 |
| | | 垂直面半功率波束宽度 ($^{\circ}$) | ≥ 8 | ≥ 5 |
| | 交叉极化比 (轴向) (dB) | 交叉极化比 (轴向) (dB) | ≥ 24 | ≥ 20 |
| | | 前后比 (dB) | ≥ 28 | ≥ 30 |
| | | 上旁瓣抑制 (dB) | ≤ -16 | ≤ -16 |
| | | 下部第一零点填充 (dB) | ≥ -18 | ≥ -20 |
| 业务波束 | 0° 指向波束增益 (dBi) | | ≥ 20 | ≥ 21.5 |
| | 0° 指向波束水平面半功率波束宽度 ($^{\circ}$) | | ≤ 28 | ≤ 24 |
| | $\pm 60^{\circ}$ 指向波束增益 (dBi) | | ≥ 17 | ≥ 16 |
| | 0° 前后比 (dB) | | ≥ 30 | ≥ 33 |

从起点出发, 以中速匀速径向拉远至速率为0的点及断链点, 移动过程中记录实时RSRP (参考信号接收功率)、SINR (信干噪比)、和上传、下载吞吐量等。

从图1、2可见, 小型化天线与常规大天线覆盖能力相当, 上、下行吞吐量性能相当, 即两种天线的单站总体性能相当。

4.2 室外覆盖室内性能对比

选取密集城区单个基站的一个扇区作为主测小区, 周围邻小区空扰, 主测小区天线挂高22m, 方位角 300° , 下倾角 8° , 距直射楼宇约120m, 距绕射楼宇约180m。测试时, 分别选取直、绕射楼宇之低、中、高各一层的信号好、中、差各两个点, 进行定点CQT测试, 并记录实时RSRP、SINR和上传、下载吞吐量等。

测试数据表明: 在低层区域, 无论是直射还是绕射, 小型化天线的RSRP强度均强于常规大天线, 直射平均强4.5dBm, 绕射平均强3.2dBm, 上、下行吞吐量性

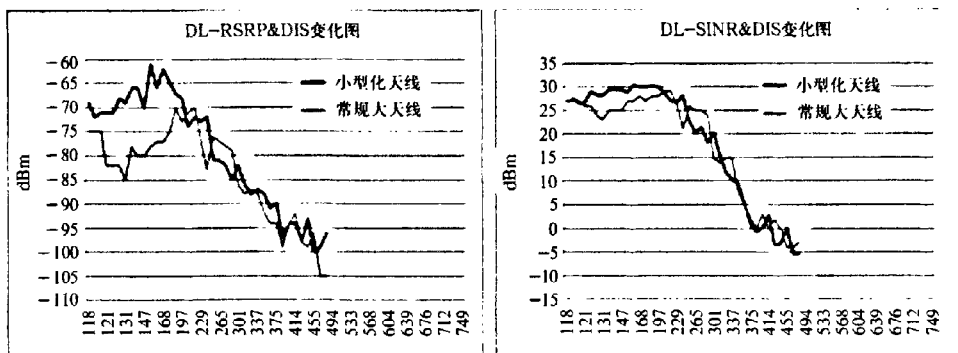


图1 小型化智能天线与常规大天线单站覆盖能力对比

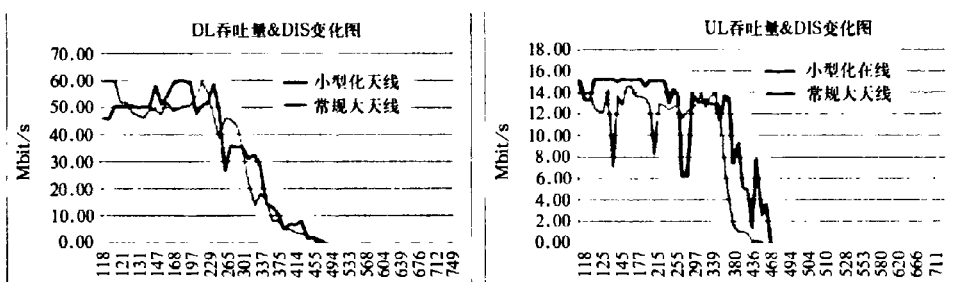


图2 小型化智能天线与常规大天线单站吞吐量性能对比

能也总体优于大天线；在中层区域，直射时常规大天线RSRP强度平均强4.5dBm，绕射时RSRP强度相当，直射时上下行吞吐量性能相当，绕射时常规天线性能略优于小型化天线。在高层区域，常规大天线RSRP强度略强于小型化天线，上、下行吞吐量性能常规大天线总体优于小型化天线。

总体来看，小型化天线在主覆盖方向即直射低层楼宇RSRP更强，绕射楼宇低层RSRP也更强，常规大天线在中、高层RSRP略强，整体性能基本相当。

4.3 规模组网网络质量性能对比

选取城区环境11个基站，33个小区作为两种天线规模组网网络质量对比测试区域，测试路线全程约17km。路测时，测试

路线遍历测试区域内的主干道、次主干道、支路等道路，并遍历测试区域内所有小区，并且测试车以中等速度匀速行驶。对接入成功率、掉线率和上下行吞吐量等指标进行评估，各测试项目在同一测试区域内同一测试路线上实施。

表2 两种天线规模组网网络质量性能对比

| | 常规大天线 (空扰) | 小型化天线 (空扰) | 常规大天线(下行50%加扰) | 小型化天线(下行50%加扰) |
|-------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| 接入成功率 | 98% | 99% | 98% | 98% |
| 掉线率 | 9% | 7% | 10% | 9% |
| 切换成功率 | 99% | 98% | 100% | 100% |
| 下行吞吐量 (Mbit/s) | 21.52 | 19.00 | 17.11 | 16.27 |
| 上行吞吐量 (Mbit/s) | 5.09 | 4.53 | 5.58 | 4.24 |

测试数据表明：在空扰条件下，小型化天线 RSRP 均值高于常规大天线 1dB，但小型化天线 SINR 均值低于常规大天线 1dB。在下行 50% 加扰条件下，小型化天线 RSRP 均值高于常规大天线 1dB，但小型化天线 SINR 均值低于常规大天线 2dB。

从表 2 可见，规模组网条件下，在接入成功率、掉线率、切换成功率等指标方面，无论是空扰还是下行 50% 加扰，小型化天线和常规大天线性能相当。但在上行吞吐量方面小型化天线略有损失。

总体来看，小型化天线和常规大天线的规模组网性能相当，由于小型化天线在垂直波束方向图上比常规大天线宽 3° ，在工程参数不变条件下，必然导致替换前后覆盖重叠区域的增加，从而降低了其 SINR 整体水平，进而影响了上、下行吞吐量性能，因此，采用小型化天线规模组网时，其吞吐量等关键性能指标仍有一定的提升空间。

5 结论

本文研究的小型化智能天线通过采用新型多重微型

(MultiMicro) 结构结合双极化设计思路，突破了传统的半波振子天线设计思路，成功实现了天线体积的显著缩小。LTE 试验网应用研究表明，该天线各指标已达到或接近常规大天线水平，已基本具备规模组网商用能力，在城区、密集城区及建站困难区域有着广阔而良好的应用前景。此外，该小型化天线还具有隐蔽性好、建设成本低及利于后期维护等优点，将极大促进 TD-LTE 网络的快速部署，也使智能天线走向国门、走向世界成为现实。

参考文献

- [1] 沈嘉, 索士强, 全海洋, 赵训威, 胡海静, 姜怡华等. 3GPP 长期演进 (LTE) 技术原理与系统设计[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.
- [2] 董鑫, 邓也, 潘浩, 戴明艳, 贾涛. 世博特殊场景下小型化智能天线的应用[J]. 电信工程技术与标准化, 2010.
- [3] 刘佳佳, 袁超伟, 程铁铮, 王文成. 智能天线小型化研究[J]. 电信技术, 2008.
- [4] 刘龙山. 智能天线小型化的发展[J]. 电信科学, 2008.
- [5] 伍裕江. 关于智能天线小型化的探讨[J]. 移动通信, 2008.
- [6] 姚美菱, 李明. 智能天线发展方向浅析[J]. 移动通信, 2012.

Application research of miniature smart antennas in TD-LTE

FU Hai, HUANG Xu-yang, LIN Dong

(China Mobile Group Fujian Co., Ltd. Xiamen Branch, Xiamen 361008, China)

Abstract

In this paper, the miniature smart antennas, which based on micro-strip ceramic and multiple micro-structure, significantly improved single-element radiation efficiency, making the antenna gain is close to the conditions of the conventional smart antenna, and the antenna overall volume is reduced to about quarter of the conventional smart antenna. LTE trial network testing and application studies have shown that the performance of the miniature smart antenna has reached the level close to the conventional antenna and has basically met the requirements of commercial trial network. In urban areas, dense urban areas and the establishment of the station difficult areas, the miniature smart antennas have a broad application prospects.

Keywords

TD-LTE; smart antennas; dual-polarized; miniature; micro-strip antenna; scale networking

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果,又能免除您舟车劳顿的辛苦,学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>