

# 电子收费系统 5.8GHz 射频接收天线研究

王玉国 徐轶群

(集美大学轮机工程学院 厦门, 361021)

**【摘要】** 随着社会经济和交通运输的发展，电子收费系统(ETC)已成为世界各国竞相研发的热点。本文首先对RFID进行了简单的介绍，然后对ETC系统进行研究，并设计了低成本的、实用的5.8GHz电子收费系统射频部分的电路原理模块和技术指标。还对圆极化微带天线阵进行了设计，用Ansoft公司的Ensembles.0仿真软件进行仿真和优化，在此基础上，研制出具有高增益、宽带的5.8GHz圆极化微带天线阵，并对其进行测量，测量结果显示天线的增益、轴比、辐射方向图、VSWR均高于系统指标。

**【关键词】** RFID；电子收费系统；微带天线

## 1 引言

射频识别技术(Radio Frequency Identification, RFID)是从20世纪90年代新兴起的一项自动识别技术。由于大规模集成电路技术的成熟，射频识别系统的体积大大缩小，因而逐步进入实用化的阶段。它利用射频方式进行非接触双向通信，以达到识别目的并交换数据。对于多目标识别和运动目标识别，主要的应用是高速公路自动收费，这就是本文着重研究的电子收费系统(Electronic Toll collection, ETC)。

在国外，RFID技术已广泛应用于工业自动化、商业自动化、交通运输控制管理等众多领域。如欧共体宣布1997年开始生产的新车型必须具有基于RFID技术的防盗系统，瑞士国家铁路局在瑞士的全部旅客列车上安装了RFID自动识别系统，调度员可以实时掌握火车运行情况，不仅利于管理，还大大减小了发生事故可能性。

## 2 ETC系统工作原理

ETC系统也叫电子远距离数据采集或车辆自动收费系统，是随着近年来高速公路的修建，收费站的剧增而出现的，是智能运输系统(Intelligent Transportation system, ITS)的一个重要组成部分，它能够缓解收费站的拥挤堵塞现象，提高行车能力和效率，迅速回笼资金，节约基建费用和管理费用，电子化收费可避免舞弊现象发生，并有利环保<sup>[3]</sup>。

图1是ETC系统的配置图。主要是由RSU、OBU和检测线圈等组成，为了对通过的车辆自动放行或拦截，在车道旁装有电动栏杆、红绿灯、报警器、摄像机、费额显示牌等，车道地面下安装检测线圈。这些设备向车道控制器传送车辆通过信息，接受它的指令控制。为了启动和中止ETC系统的读OBU，在车道下安装了2个检测线圈，线圈1安装在车道入口，线圈2安装在车道出口的电动栏杆旁，它们与车道控制器中的线圈检测器配合，感知车辆信息，线圈1启动路边单元OBU，线圈2用于终止系统读OBU，防止栏杆砸车。

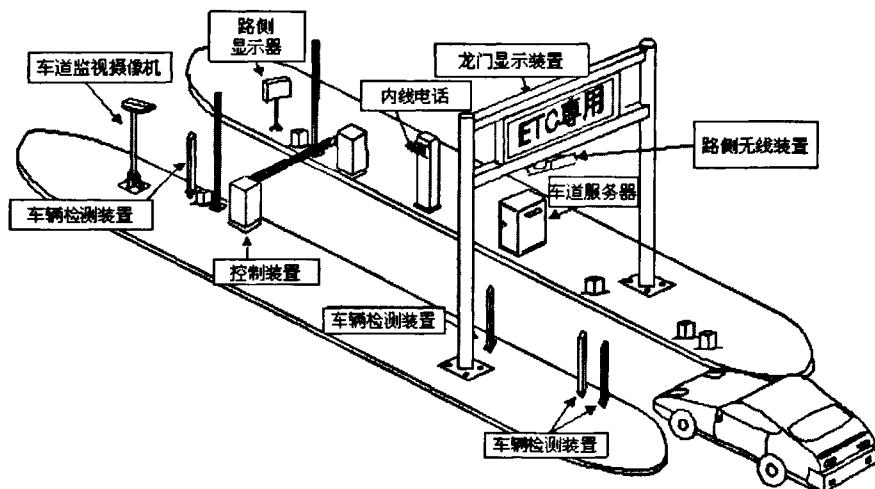


图1 ETC 系统配置图

当载有电子标签的车辆通过收费站时，检测线圈感应到车辆，路边单元发出询问信号，电子标签做出响应，也就是RSU读到OBU中的ID号和车牌号，再叠加上通过时间和车道号，存入RSU系统的内存，并通过数据传输单元和通信网络，将数据信息传到收费统计中心。车辆通过收费站，ETC系统读到OBU中的数据，已缴费的车辆被自动放行，无OBU或未缴费车辆将被拦截(栏杆放下，红灯亮，报警)。

### 3 射频接收器天线设计

#### 3.1 ETC系统的射频模块原理设计

RSU微波模块部分原理框图如图2所示。由于考虑到窄带滤波器的可实现问题，因此RSU部分采用两级混频方式。当RSU向OBU发送信息时，数字基带信号调制在20MHz中频信号上与本振源信号混频发送给OBU。当RSU接收OBU的信息时，不带有数据信号的20MHz中频信号与本振源信号混频后发送给OBU，作为OBU的本振信号。在下行通信时，将编码后的数据对载波进行ASK调制，通过两次混频、滤波、级联放大后送至微带贴片发射天线阵。在上行通信时，RSU一直发射非调制的载波。而接收微带贴片天线阵接收到OBU调制过的BPSK反射信号，先通过低噪声放大器放大，放大后的信号和本振信号进行镜像抑制混频器混频，混频后的中频信号经过20MHz的滤波、中频放大后输出。

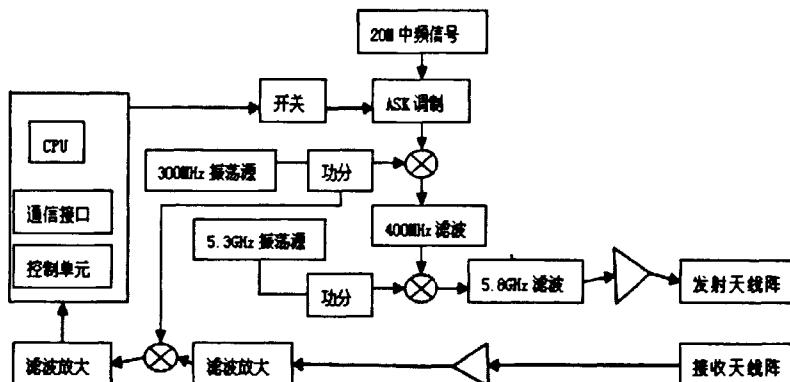


图2 RSU中的微波模块部分原理框图

### 3.2 5.8GHz微带天线的研究

微带天线的概念是由Deschamps在1953年提出的，微带天线的辐射原理如图3所示。图中，矩形微带辐射元与接地板的距离 $h \ll \lambda^{[1]}$ ，因此假定介质基片中的电场沿微带辐射元的宽边W和厚度h方向没有变化，而仅限于长度方向有变化，而辐射场可以认为基本上是由辐射元两开路边上的边缘场产生的，将边缘场分解为相对于介质基片的切向和法向分量。

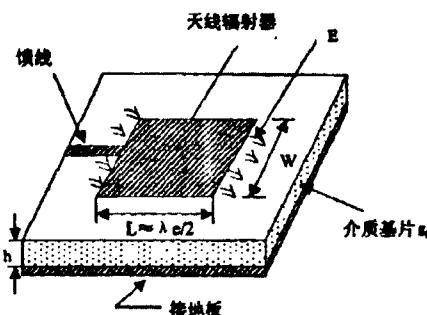


图3 矩形微带贴片天线

根据ETC系统性能的要求，我们对微带天线提出了表1所示的天线阵技术指标。

表1 天线阵要求的指标

中心频率	5.8GHz
带宽	$\geq 80\text{MHz}$ (5.76~5.84GHz)
增益	$\geq 15\text{dBi}$
阻波	$\geq 2$
极化	左旋圆极化
E、H面波瓣宽度	$\geq 17^\circ$

为了实现上述指标，拟设计 $4 \times 4$ 元左旋圆极化微带贴片天线阵。天线尺寸如下：

宽度： $W_1=15.1\text{mm}$ ,  $L_1=14.5\text{mm}$

馈线的宽度和长度： $W_2=1\text{mm}$ ,  $L_2=1\text{mm}$

根据初步参数用Ensemble8.0进行仿真而得到的仿真结果（没加入匹配短截线）。天线中心频率5.8GHz处的轴比在中心谐振频率约是12dB，不符合圆极化要求，故我们根据此结果对天线的尺寸进行修改和优化（见表2、图4）。

表2 天线的最后尺寸 (单位: mm)

h	W <sub>1</sub>	L <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	L <sub>2</sub>
1.57	15.17	14.35	0.9	1

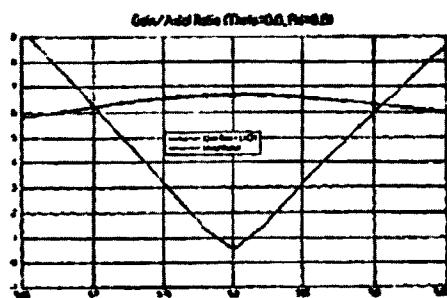


图4 优化调试后天线的增益和轴比

### 3.3 左旋圆极化天线阵的仿真和优化结果

面天线的馈电方式主要分为三大类：并联、串联、和交叉馈电<sup>[2]</sup>。在本系统中采用的是谐振式交叉式馈电，这种馈电的优点是 结构紧凑，实现方便，但是频带较窄，实践下来发现可以满足系统指标要求。天线的仿真和优化后的俯视图和结果如图5~图8所示。

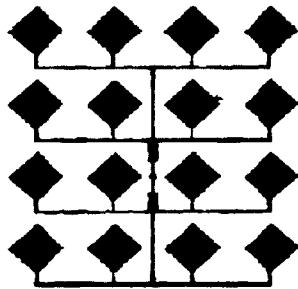


图5 4×4天线仿真俯视图

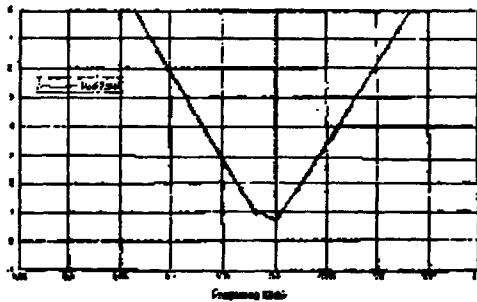


图6 4×4天线阵轴比

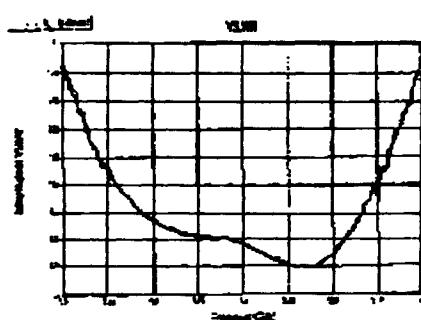


图7 4×4天线阵驻波比

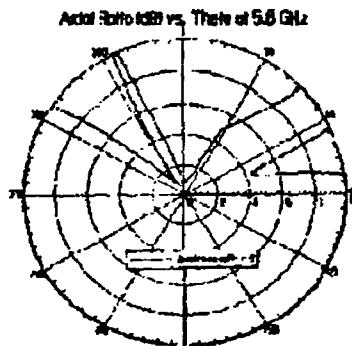


图7 5.8GHz辐射方向是上的轴比

## 4 结论

作为智能交通ITS系统主要组成部分的电子收费ETC系统，由于其独特的优点，已成为ITS系统中最先投入研究的一部分。本文根据目前国际上ETC 技术的发展和我国实际情况，主要对ETC技术中的路边单元的天线进行了研究。由于篇幅限制，本文的研究工作还不完善，今后可着重从以下方面做进一步的工作：

将微带天线阵、LNA、两个锁相振荡源、混频器以及华虹微电子设计有限公司设计的基带电路模块等作为一整体系统进行实验，虽然射频部分可以实现20MHz中频信号上变频和下变频，但是在把RSU和OBU拉开10m的情况下进行通信，为什么会出现信号解调误码率高的问题，当然这与系统的各部分都有关系，有待进一步深入的研究和改进，以验证本文设计的射频模块方案的正确性。

#### 参 考 文 献

- [1] J鲍尔. 微带天线. 梁联焯等译. 北京:电子工业出版社, 1985
- [2] 羽石曹, 吉田信一郎. 利用一点馈点的圆极化矩形微带天线的设计方法(译文). 电讯技术参考资料—微带天线(专题译文集). 3.198
- [3] 高速公路不停车收费系统, [www.whht.com.cn/whht/wlfw/right4\\_5.htm](http://www.whht.com.cn/whht/wlfw/right4_5.htm)

## Research of 5.8GHz Micro Strip Array Used in ETC

Wang Yuguo Xu Yiqun

(Marine Engineering Institute, JIMEI University, Xiamen, Fujian, 361021)

**Abstract** Along with the development of the social economy and the transportation, the electronics charge system has became the focus that the international community develops competitively. Firstly, the Paper describes the outline of RFID; Then, a low-cost RF module used in 5.8GHz ETC feasible scheme according to ETC criterion is given. A circle-Polarized micro strip array is designed in this thesis. Furthermore, in Ansoft EnsembleV8.0, design environment, a high-gain, wideband, 5.8GHz micro strip array is proposed to radiate circularly polarized wave is investigated and made. The array's gain, axial ratio, radiation patterns and VSWR are measured and exceed the system requirements.

**Key Words** RFID; ETC; Circle-polarized micro strip array

## 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](http://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](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、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](http://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>