

第二代路侧单元（RSU）技术特征分析

深圳市金溢科技有限公司 杨成

从国家标准颁布、实施到今天，中国ETC走过了5个年头，整个行业渐入佳境。5年来，ETC系统以及包括路侧单元（RSU）和车载单元（OBU）在内的关键设备均取得了明显的技术进步。以太阳能充电技术应用为标志的第二代OBU已全面普及，目前正在向更高集成度的第三代OBU迈进。由于RSU市场规模相对较小、复杂度高，产品技术发展相对迟缓，业内广泛应用的产品仍处在第一代水平。第二代路侧单元应该是什么样子，有哪些特征，发展的方向在哪里，是当下ETC行业发展中必须面对的问题。

现状与趋势

根据ITSC发布的权威数据，截至2012年底，全国有26个省市实施了ETC收费系统，开通ETC车道4579条，发展电子标签用户510万，行业年增速保持了50%以上的良好势头。现有的ETC系统在带给驾乘人员畅快通行感受的同时，也面临着一些服务质量问题。根据各地的统计数据，针对ETC系统的投诉主要集中在三个方面——跟车干扰；旁道干扰；车道设备（包括RSU）异常。

ETC车道平时处于无人值守状态，问题的出现极易造成收费口车辆拥堵，引发收费纠纷，影响了社会各界对ETC运营服务质量的评价。因此，高速公路业主、ETC系统集成商、设备商投入大量的研发力量，力图改进和解决，曾经提出过的改进方向包括：RSU通信区域、OBU一致性、多车道同步、多地感线圈、系统软件优化等等，这些举措取得了一定的成效。然而，随着OBU用户和供货厂商的增多，ETC车道规模扩大，ETC应用面临的问题日益复杂，由于基础架构的限制，基于第一代RSU的ETC系统改进遇到了技术瓶颈。在此背景下，第二代RSU呼之欲出。

以战斗机的划代标准为例，第五代战斗机的性能特点可以用4S来概括，即：“隐身、超音速巡航、超机动和短距起降”，这些特点不仅体现出技术上了台阶，更意味着代与代之间质的飞跃。同理，第二代RSU产品将是最新的技术发展成果与ETC用户需求结合的结果，其技术特征不仅要能解决问题，要在技术高度上实现质的突破，更要满足整个ETC行业未来大发展的需要。

技术特征及分析

根据市场需求，第二代RSU技术特征将包括OBU定位、软件无线电、光通信、并行处理、智能维护等方面。下面对上述技术特征进行分析。

一、OBU定位

OBU在哪里？是哪一个OBU？这是ETC车道系统最想知道的事情，也是解决旁道干扰、跟车干扰问题的基本前提。因此，OBU定位成为第二代RSU最重要的特征。

OBU定位，是指RSU识别OBU身份，进而精确测量OBU坐标（位置）的功能。OBU定位方案将涉及定位精度、定位功能适应性、定位功能实现方法等各个方面。

1、定位精度

一般而言，高速公路的ETC车道宽度（X）是3.3米，通信区长度（Y）是8米，根据方案的需要，通信区长度也可能加长到十多米甚至二十多米。为解决旁道干扰问题，对X方向上的定位精度提出了较高的要求， Δx 应当优于0.5m，鉴于车辆的长度通常都超过3m，为防止跟车干扰问题， Δy 应当优于3m。

2、定位功能适应性

当前的ETC车道环境复杂，车型种类、OBU厂商型号繁多、电磁环境恶劣。在以下各类条件下，OBU定位精度都应得到保证：在有效通信区内，任意点的精度满足误差范围要求；不受OBU厂商、型号、技术方案，以及发射功率、信道、调制系数等参数的影响；不受车道建筑、标牌，以及邻道、前后位置车辆的影响；不受气候条件影响，可实现长时间稳定运行。

3、实现办法

OBU定位功能，目前主要采用数字信号处理方案，RSU对接收到的OBU信号进行高速连续采样，通过复杂的数字化分析计算来得到OBU坐标。早期的雷达都是用机械旋转的方式调整波束方向来确定目标方向，采用机械辅助装置完成一次扫描需要较长时间，无法同时连续跟踪。现在先进的雷达采用的都是相控阵技

术, 第二代RSU同样基于相控阵雷达原理, 采用全电子化方式进行目标定位和目标跟踪, 扫描速度可达毫秒级, 可同时连续跟踪多个目标, 因而在系统反应速度、通车速度、交易效果上得到了全面和前所未有的提升。

OBU定位功能的提出, 使相控阵雷达技术在RSU上的应用成为当下ETC领域的热点。第二代RSU的技术平台具备强大的实时解算能力, 在满足高定位精度的同时, 还能实现对OBU每一帧信号的跟踪, 进而追踪OBU的运动轨迹, 未来OBU普及之后, 利用定位功能可以实现道路断面车速精确测量和交通流量调查, 从而在智能交通拓展应用领域具备了良好的发展潜力。

相控阵雷达定位技术非常适用于RSU对OBU的定位, 因此, 具备OBU定位功能的RSU基本上都采用了相控阵技术, 反之, 没有OBU定位功能, 无论采用什么辅助装置进行波束调整, 这样的RSU将很难称得上是“相控阵天线”。

二、软件无线电

软件无线电技术首先被应用在军事领域, 主要解决海陆空三军多种通信制式、多频段的共存、互通、兼容问题。从架构上看, 软件无线电由天线、模拟射频前端、宽带A/D-D/A转换器、数字信号处理器以及各种软件算法组成。其显著特点就是数字化处理(A/D和D/A变换)单元靠近模拟射频前端, 设计架构与第一代纯模拟的技术方案有根本性的差异。

在ETC国标颁布以后, RSU与OBU的通信标准得到统一。从发展历程来看, 国标OBU的技术发展经历了一系列的进化过程, 从全分立器件搭建电路, 逐步过渡到了半集成化到全集成方案。由于国标参数定义有一定的范围, 例如: 发射功率 $\leq +10\text{dBm}$, 调制系数0.5 ~ 0.9, 加上厂商众多, OBU发射功率、调制系数等参数差异本身就比较大, 虽然新一代的OBU采用了集成芯片技术, 但OBU自身的差异仍客观存在。ETC车道流量日益加大, 电磁环境复杂, 使得到达RSU的OBU信号会出现畸变、抖动、混叠等情况, 综合上述原因, 导致采用传统过零判决方式无法保证正确接收, 因此, 作为通信技术的发展方向, 通信效果更好的软件无线电技术方案将成为一个必然的选择。

软件无线电依托FPGA、高速并行计算、数字信号处理等新

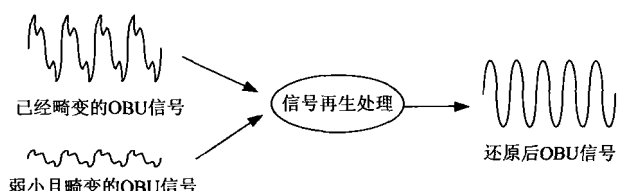


图1 采用软件无线电技术进行信号再生处理示意图

技术手段, 以数字化方式处理上下行数据, 调制解调、编解码功能通过软件实现, 信噪比高, 可达到抗干扰能力好, 整机性能好, 可扩展性强, 灵活易用的效果。不仅如此, 架构上还具备硬件电路简洁、模拟元件数量少、调试方便等特点, 其整体达到的性能指标相对上一代产品而言是颠覆性的。

如图1所示, 软件无线电技术主要优势在于增强了抗干扰能力和信号接收解码能力, 可以较好地还原低质量弱信号, 相当于提升了接收灵敏度, 减少了RSU与OBU间的通信重发次数, 大幅提高了交易成功率。相比一代产品的纯模拟电路而言, 简洁的电路架构还提高了系统工作稳定性, 减少故障率, 且更容易调试、维护。

三、光通信

ETC车道环境下存在电磁干扰、雷击等情况, 第一代RSU普遍采用16芯铜线电缆来连接挂在龙门架上的天线单元和放在收费亭内的控制器单元。铜质电缆比较重, 易受到电磁干扰或雷电冲击, 影响设备可靠性。另外, 电缆数据传输的速率不高, 影响了整体通信效率。

欧洲、日本等国家和地区的RSU早已普遍采用光通信方案。光通信具有速度快、容量大、衰减小、抗电磁干扰能力强等特点, 在高速公路行业的基础通信领域已经得到广泛应用。采用光通信会给ETC车道系统带来革命性的变化, 技术优势体现在以下方面:

1、无人值守、远距离监控

光通信距离比较远, 往往可达几千米, 车道布设更加灵活:

- 1)、天线单元与控制器单元之间的通信不受距离限制;
- 2)、控制器布设简便灵活, PSAM卡是运营商特别关注和保护的安全模块, 采用光通信后, 可以把控制器(含PSAM卡)放在收费站监控中心, 而不必放在车道。

2、提高天线单元的可靠性

天线单元挂在龙门架上, 维修不便, 因此, 提高可靠性将显著降低维护成本。

- 1)、减少电磁干扰和雷击破坏, 提升设备的可用性;
- 2)、接口简单, 通过一根光纤即可同时传输交易信息和设备信息, 并支持天线阵列的级联工作, 实现对天线单元的实时监控;

3)、通过光纤把部分流程运算交由控制器完成, 可以降低天线单元的处理能力要求, 减轻工作负荷;

3、提高交易速度

控制器的CPU通常比天线单元强大得多, 通过高速的光纤通信, 将天线单元需要的复杂计算交由控制器进行, 通过整体的架构优化可以得到更优的实时处理效果, 有效提高交易速度。



综上所述，第二代RSU采用光通信将成为未来趋势。

四、高速并行处理

中国ETC车道现阶段以有栏杆的为主，正在向自由流方向发展。在多车道自由流条件下，RSU需要同时对多个OBU进行交易处理，这需要强有力的并行处理。提升并行处理能力涉及以下几个方面：

- 1、强大的CPU：采用ARM Cortex-A8或以上配置，支持整数与浮点计算，状态机执行能力强；
- 2、FPGA加速：提供多通道MAC层的OBU信号的硬件编解码与定位解算；
- 3、实时嵌入式操作系统：支持多任务多线程，可同时处理多个OBU的交易；
- 4、多PSAM卡的并行处理：提供多个并行的PSAM计算通道，支持同时与多个OBU安全认证处理；
- 5、高速光纤通信，可并发处理MAC层和应用层处理流程。

五、智能维护

未来的ETC应用更普及、环境更复杂，维护功能要求更高。第一代RSU产品虽然具备网络接口，但设备内部并没有相关配套的检测功能，无法获取设备的故障状态。为提高系统可用性和设备可管理性，第二代RSU产品需要考虑到各种故障检测功能，如发射功率、温度、工作信道、接收灵敏度、调制系数、硬件版本号、PSAM卡状态、协处理器状态、光通信状态等等，并提供远程监控通道，为在监控中心集成设备管理功能，全面了解整个路网RSU工作状态，进行设备升级、参数配置等相关操作打下基础。

具体而言，设备应具备下列维护功能：

1、自动校准：要保证OBU定位精度的长期稳定性，自动校准功能将大大降低维护工作量；

2、自我诊断：须具备功放模块、接收模块、PSAM模块等部件的自检功能，集成多参数综合检测，故障快速定位及告警等功能，实时反映设备状态；

3、远程监控：通过网络把状态信息上传，同时接收监控中心的维护管理指令。

通过智能维护功能，监控中心可以实时监控RSU，实现有效预防、及时维护，提高ETC系统的稳定性和可用性。

结语

OBU定位、软件无线电、光通信、高速并行处理、智能维护等技术共同构成了第二代RSU的主要特征。具备这些技术特征的RSU新产品上市，将再一次推动ETC应用的升级换代，大幅提高ETC车道通车速度和交易成功率，使ETC成为优质服务的代名词。

ETC行业的长期健康发展，需要配套的关键设备不断进步。站在更高的起点，利用最新的技术成果，引领和促进全行业的升级进步是ETC行业尤其是龙头企业一贯的理念和使命。本文提出第二代RSU的技术特征和要求，希望能为ETC领域的“中国创造”增砖添瓦。

参考文献

- [1] GB/T 20851，交通运输部，2007-12；
- [2] 《2012-2020年 中国智能交通发展战略》，交通运输部，2012-06；
- [3] 《ETC专刊》，国家智能交通系统工程技术研究中心，ETC工作组，2013年第一期；
- [4] 《软件无线电原理与应用》，杨小牛等著，电子工业出版社，2001。



知网查重限时 **7折** 最高可优惠 **120元**

本科定稿，硕博定稿，查重结果与学校一致

立即检测

免费论文查重: <http://www.paperyy.com>

3亿免费文献下载: <http://www.ixueshu.com>

超值论文自动降重: http://www.paperyy.com/reduce_repetition

PPT免费模版下载: <http://ppt.ixueshu.com>
