

超高频RFID标准和测试技术演进*

李军 何婷婷 陈柯
深圳市检验检疫科学研究院
上海聚星仪器有限公司

摘要: EPC Gen2 V2标准于2013年正式发布,目前正值V2标准快速产品化和应用部署的阶段。V2标准完全是依据用户在实际应用中遇到的问题和新增的需求进行修订的,新标准在保证向下兼容的同时,强化了原有的功能,并带来了一系列的新特性,包括反仿冒、安全性、不可跟踪性、以及文件管理等。这些新特性也带来了测试测量的新需求,对于测试设备来说,是否具备良好的可扩展性则成为了最关键的因素。

物联网作为新一代信息技术的重要组成部分,囊括了射频识别技术、传感器技术、智能化网络、云计算等前沿技术,其中射频识别作为物联网感知层最重要的关键技术之一,其技术标准和产品应用一直以来都是物联网发展过程中获得广泛关注的领域。在射频识别技术体系下的若干频段和标准中,超高频EPC Gen2标准的产品应用无疑又是其中最具有代表性的案例。

EPCglobal是一个中立的、非赢利性标准化组织,主要职责是在全球范围内对各个行业建立和维护EPC网络,保证供应链各环节信息的自动、实时识别采用全球统一标准。通过发展和管理EPC网络标准来提高供应链上贸易单元信息的透明度与可视性,以此来提高全球供应链的运作效率。

EPC Gen2标准也正是遵循供应链的实际需求所制定的技术标准,在超高频RFID应用不断的演进过程中,标准本身也在不断的演进,例如强化单品级物品识别能力,增加对不同应用需求的适应能力,包括库存管理、商品电子防盗系统、资产管理、铁路运输、车辆识别、自动通行收费系统等。

自2004年第一版EPC Gen2标准诞生以来,到2014年已经走过了射频识别技术快速发展和融合的10年发展历程。最初的超高频RFID应用主要是针对于托盘级的物品标记和识别,一个典型的应用流程包括,选择标签群,盘存标签并获得物品编码,访问标签和进行读写操作,最终灭活标签完成整个应用。在随后的发展过程中,产品应用的领域越来越广泛,应用方案也越来越深入和细分,市场对

于射频识别产品也提出了更多更高的要求。作为技术对市场的适应,EPC Gen2 V2标准在2013年底应运而生,目前正值V2标准快速产品化和应用部署的阶段。

V2标准完全是依据用户在实际应用中遇到的问题和新增的需求进行修订的,新标准在保证向下兼容的同时,强化了原有的功能,并带来了一系列的新特性,包括反仿冒,安全性,不可跟踪性,以及文件管理等。这些新特性将使得新产品的功能更加强大,应用更加方便,同时也更加安全。

应用的安全性是V2标准着重解决的问题,根据实际的应用模式,通过在用户端和物品端分别增加安全机制进行保障。对于物品端来说,最关键的问题是如何保证一个物品真的是它所声称的那一个,即仿冒问题。在

*基金项目:深圳市基础研究计划资助项目(JCYJ20130401161330012)

原有标准中，对于物品的识别仅仅是依据标签中的EPC编码和TID编码，但这些编码都是静态的，理论上来说存在被仿冒的可能性，无法应用于对安全性要求较高的场景。在V2标准中，增加了阅读器对标签的安全鉴别机制，使用128位的密钥算法对标签进行认证，确保了标签的真实性和唯一性。对于用户端来说，最关键的问题是如何保证一个用户是有权限的，允许对标签进行访问，即授权问题。在原有标准中，对于用户的权限审核仅仅是依据标签中的访问口令，这是一种较弱的保护机制。在V2标准中，增加了标签对阅读器的安全鉴别机制，使用128位的密钥算法对阅读器进行认证，确保了阅读器的合法性访问。除了阅读器和标签之间的本地安全鉴别以外，应用系统还可以通过阅读器连接网络进行远程的安全鉴别。新型的支持安全机制的系统，将静态的基于编码明文的通信过程，升级为动态的基于密钥加密的通信过程，从根本上保障了超高频RFID应用的安全性。

V2标准的另一个关注点是，使标签能够更加方便的在供应链的各个环节之间流通。在典型的供应链上，同一个标签要经历若干个环节，但这些环节之间往往是独立部署的，其应用方式，数据结构等存在差异性，强制要求各个环节保持一致性是不现实的，因此如何保证标签内存中的多应用多数据同时并存，并独立工作是必须要解决的问题。在原有标准中，标

签内存的访问是通过物理地址进行的，其中保留区、编码区、标签信息区用于存储通信协议相关的基础数据，用户区用于存储应用数据。由于用户区未进行进一步的定义和规范，不同应用之间的数据无法实现共存，后一个环节很可能会破坏前一个环节的数据，在供应链的各个环节之间除了编码等基本信息之外，也很难进行其他数据的交互。V2标准在标签内存的

用户区建立了文件系统，并配套了基于文件的访问命令集，不同的应用都可以建立独立的应用文件，对自有的数据进行存储和访问，不同应用之间，也可以通过访问同一个文件来实现对数据的共享。文件系统的建立，也进一步的对安全性的改进提供了支持，使得基于文件的访问权限得以实现，即使是授权用户，也只能访问其被授权的那些文件，而不是标签的整个内存区。

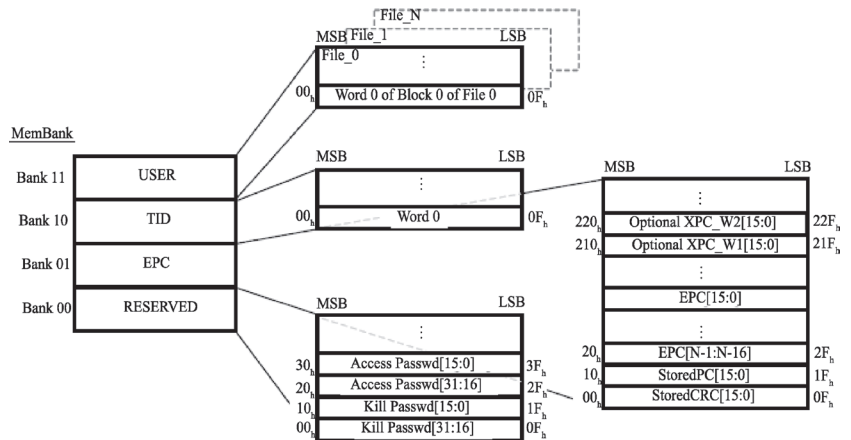


图1 标签内存和文件系统

除了传统的供应链领域以外，V2标准更多的面向了扩展的应用领域，能够更好的提供从供应链，零售商到消费者的不同应用需求的全面支持。供应链能够在实现基本的托盘级物品识别的基础上，完成拣货和打包验证、反仿冒、反窜货等功能，零售商能够进行单品级物品识别，以及商品防盗，库存管理等。对于消费者，则能够在获得更好的购物体验的同时，获得正品保障和商品溯源。对于物品

识别以外的非传统应用，V2标准也能够进行支持，例如面向于消费品，尤其是消费电子的嵌入式标签。通过在消费品中植入不可拆卸的嵌入式标签，可以实现对消费电子产品的配置，例如开启或关闭某项功能。

随着应用需求的升级，标签的功能在变得越来越复杂，内存容量也在变得越来越大，受限于现有的材料和制造工艺，无源标签所能实现的数据处理性能是有限的，这和原有标准

中所要求的通信时序之间的矛盾也逐渐显露出来。在原有标准中,定义了立即回复和延迟回复两种时序机制,其中立即回复适用于选择、盘存和读取等耗时较短的操作,标签在接收到阅读器命令后,立即执行相应的操作并在规定的时间内返回响应。延迟回复适用于写入等需要更改标签内存数据,耗时较长的操作,标签在接收到阅读器命令后,立即开始执行相应的操作,直到操作完成后,再返回响应,在此期间阅读器持续发送载波并等待标签响应,但最长不得超过

20 ms。V2标准新增了一种进行中回复的时序机制,适用于耗时更长的复杂操作,例如安全鉴别和文件访问等。标签在接收到阅读器命令后,立即开始执行相应的操作,在规定的时间内先返回响应,表明标签正在执行相关操作,直到操作完成后,标签再返回第二条响应,表明操作的执行结果。新的时序机制解决了标签数据处理时间过长,造成阅读器进行无效等待,或者发生通信中断等问题,从应用层面上来看能够有效的提高系统的吞吐量和可靠性。

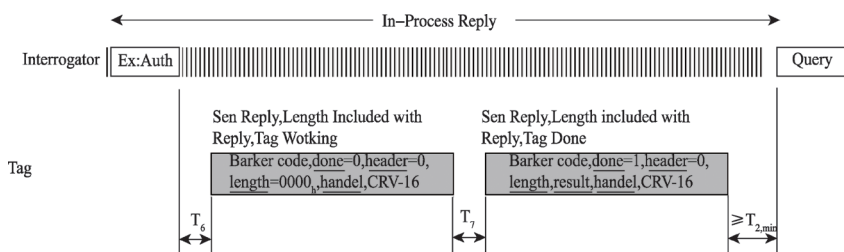


图2 进行中回复时序机制

对于用户来说,射频识别所能带来的价值无疑是值得肯定的,但在大多数应用中,同时还需要考虑另一个问题,那就是对于用户隐私的保护,“不可跟踪性”作为一个显著的新特性,也被引入了V2标准中。原有标准中定义的标签,也可以称之为“可跟踪”标签,其典型的特点是,对于内存的可见属性,以及工作距离都没有控制能力。对用户隐私保护要求较高的应用,往往都是近距离应用,并不要求过远的工作距离,在这种情况下,一个性能较好的超高频RFID标签,并不会导致更好的应用效果,反

而更可能成为非法用户的跟踪对象。另一方面,由于射频识别是基于空中传播的无线电信号进行通信的,不可避免的存在信号泄露的可能性,无法从技术上完全杜绝信号被跟踪的可能性,而标签上是否存在隐私数据,则会成为被跟踪的首要目标。与之相对的,新型的“不可跟踪”标签能够通过授权的阅读器来设定其内存显示和隐藏属性,以及设定其工作距离,使得标签信号更不容易被非法用户发现,即使被发现后,也无法确定标签上是否存在隐私数据,从而无法进行针对性的跟踪。V2标准对用户隐私的

保护能力的强化,能够有效地提升用户应用射频识别技术的信心,并推动超高频RFID应用的部署。

在超高频RFID的应用中,除了考虑对各种功能进行强化和升级以外,系统的整体性能也受到越来越多的关注。为了保证超高频RFID系统的整体性能,必须运用完善的测试来保证系统中的每一部分的性能。超高频RFID的测试方法分为3个层次,最核心的层次是一致性测试,保证产品符合协议规定的物理层和协议层的要求;在此基础上是性能测试,保证产品性能在不同的应用环境中都能够正常使用;最后还需要进行互操作性测试,保证不同厂家之间的产品能互相兼容。

和其他射频传输技术(如Zigbee, WIFI等)不同的是,超高频RFID标准采用的是无源标签,即标签本身没有电源,需要通过读写器发射的射频信号来提供能量,于是超高频RFID的测试方法就有其独特性,例如读写器的灵敏度测试。当测试读写器灵敏度时,需要测试设备作为标签模拟器,模拟无源标签的工作原理,解调解码读写器发出的命令,并返回正确的响应,从而与读写器进行通信。与此同时,测试设备必须具备可调节响应幅度的能力,通过不断减小响应幅度,直至一个临界功率,低于该值阅读器无法与测试系统正常通信,这个阈值就是阅读器的灵敏度。

根据无源标签的工作原理,标签

是通过切换天线阻抗来改变对读写器信号的反射强度，从而产生ASK和PSK结合的调制信号来传递标签响应的。对于超高频RFID测试设备，需要

先产生数字响应信号，调制信号的实现通过一个反射器来配合，利用数字信号切换反射器上的两种阻抗，完成对无源标签的模拟。

度，直至读写器和测试系统通信成功的临界点，再通过计算公式，即可计算出读写器的灵敏度。同时，连接于其中的射频电缆的衰减也需要进行校准补偿。

V2标准所带来的新特性，也带来了测试测量的新需求，对于测试设备来说，是否具备良好的可扩展性则成为了最关键的因素。以基于模块化仪器的软件无线电平台为例，数字基带信号的处理和协议栈的仿真都在FPGA上实时完成，结合紧凑的高性能硬件以及灵活的开发软件，通过选择合适的硬件模块并在标准的软件环境中定制测试程序，即可满足不断演进的测试要求。

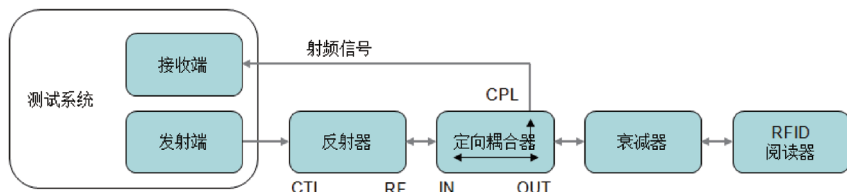


图3 读写器灵敏度测试

如图3所示，被测读写器发送射频信号，通过衰减器后将信号传给耦合器直通端，耦合器直通端与反射器射频端（RF）相连，超高频RFID测试系统控制反射器控制端（CTL），完成模拟超高频RFID标签的工作，响应信号在返回给读写器的同时，也

通过耦合器耦合端传给测试系统，以对响应信号进行监测。当监测到的响应信号幅度为 $Prx(dB)$ 时，设衰减器衰减值为 $ATT(dB)$ ，耦合器耦合度为 $CPL(dB)$ ，则读写器端接收到的响应信号幅度为： $Prx(dB)+CPL(dB)-ATT(dB)$ 。反射器可以调节响应幅

作者简介

李军，1975年出生，男，四川雅安人，高级工程师。主要研究方向为物联网技术与应用。

E-mail: 54678872@qq.com