

物联网架构与技术 *IOT-A-4-1*

第四章 物联网感知技术

北京交通大学计算机学院网络管理研究中心 刘峰
fliu@bjtu.edu.cn

2023年10月

主要内容

1、RFID技术

2、传感器技术

3、地理信息技术

4、移动智能技术

5、软件架构技术（1）

小结

1、RFID技术

(一) RFID应用价值及其应用现状

(二) RFID基本概念与发展历程

(三) 国内外RFID技术的标准现状

EPCglobal、日本UID、ISO/IEC 18000

(四) RFID中间件技术与应用

(五) RFID数据安全与隐私保护技术

(六) 基于EPC的RFID应用架构

(七) RFID技术挑战

(八) 软件系统架构基本知识一：视点、视图和视角

（一）RFID应用价值及其应用现状

（1）为什么用RFID？

Radio Frequency Identification(RFID)

射频识别，一种无线通信技术。

通过非接触自动识别技术使物体具有一个识别，广泛应用于采购与分配、商业贸易、生产制造、物流、防盗以及军事用途上，在IoT中占基础性地位。

RFID已经渗透到人们日常生活中



（2）RFID应用现状（技术特征）

- 随着RFID应用场合的不断扩大与延伸，以及软件技术的发展，RFID应用系统也越来越多样化，功能也越来越强大。通过软硬件的技术支持，RFID应用系统集成商可以根据用户的要求以及不同的应用场合，提出最适合的解决方案，从而合理地共享资源，协同合作，共同推动RFID产业的发展。
- 值得一提的是RFID中间件的发展，越来越引人注目。对于各RFID读写器生产厂家的产品，一般都彼此不兼容，各有各的一套技术规范，因此也限制了RFID的大规模应用。
- RFID中间件扮演RFID标签和应用程序之间的中介角色，可以独立于各厂家的RFID读写器，RFID中间件又称RFID管理软件，它可以使RFID项目的开发速度加快，系统投入使用的时间缩短。中间件可以消除不同来源RFID标签的差别，把它们的数据进行整合，对建立灵活的、配置可变的RFID系统十分有利。中间件也包括用于监视和维护RFID系统的工具。RFID中间件的另一个重要功能是及早过滤无效的RFID数据。正确使用中间件架构可以有效保护RFID网络的投资

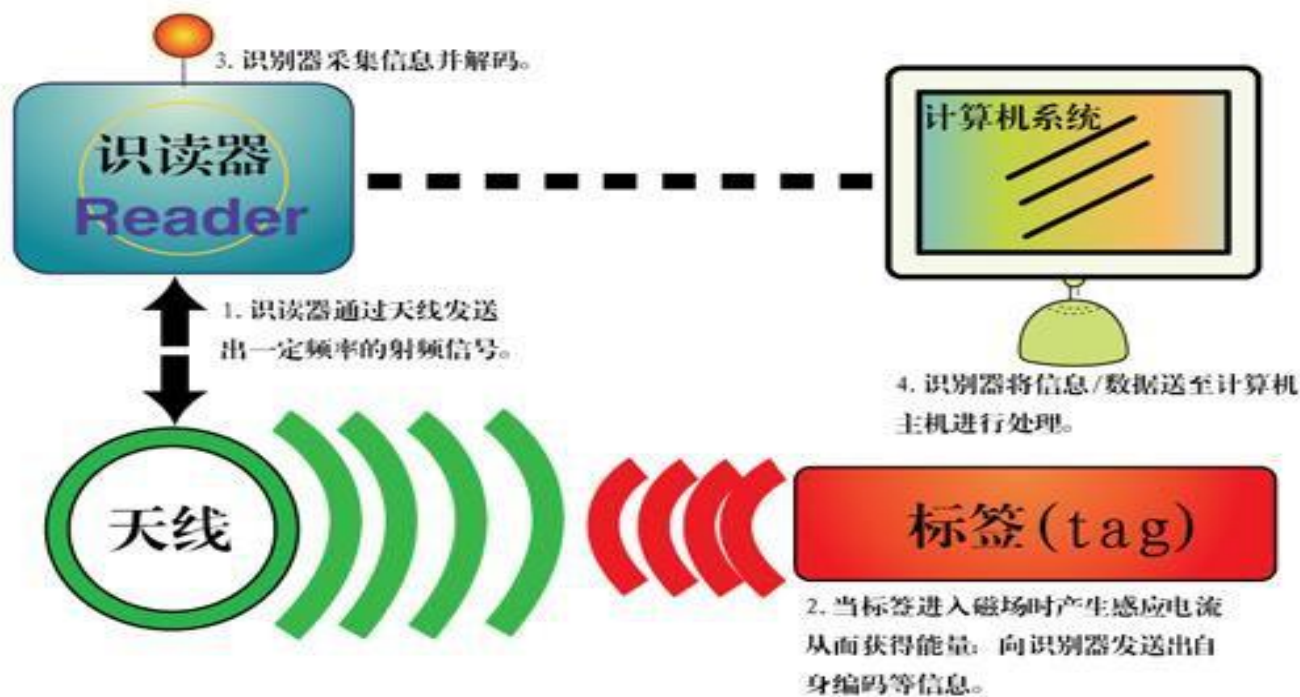
（二）RFID基本概念与发展历程

- 射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）技术是一种利用射频信号在空间耦合实现无接触的信息传输，并通过所传输的信息自动识别目标对象的技术。RFID系统如同物联网的触角，使得自动识别物联网中的每一个物体成为可能，是构建物联网的基础。

RFID=Reader+Antenna+Tag+Software

RFID由阅读器、天线、标签和应用软件组成。

RFID主要由3部分组成：标签、阅读器、天线（有时也包括中间件）。读卡器通过内置天线发送一定频率（包括低频、高频、超高频及微波，其中高频13.56MHz在生活中可能比较常见）的无线电信号，当射频标签（比如交通卡）进入读卡器的磁场感应范围后，读卡器就可以获取标签中的相关信息。



RFID工作原理图

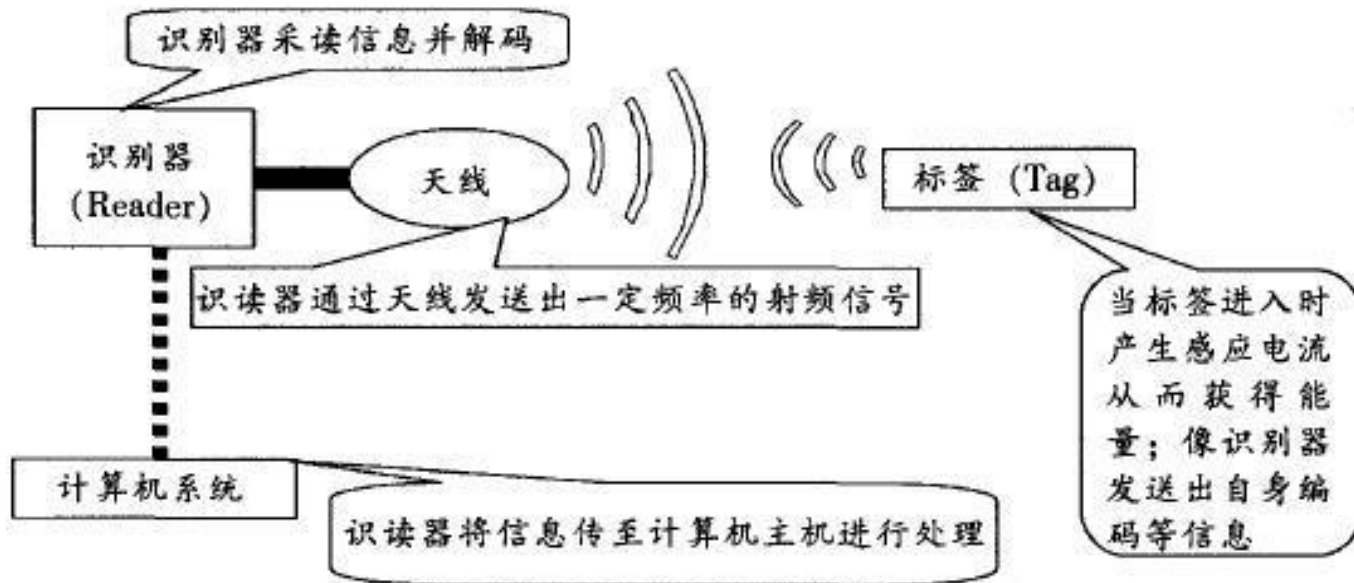


图 1 RFID 工作原理图

标签进入磁场后，接收解读器发出的射频信号，凭借感应电流所获得的能量发送出存储在芯片中的产品信息(Passive Tag，无源标签或被动标签)，或者主动发送某一频率的信号(Active Tag，有源标签或主动标签)；解读器读取信息并解码后，送至中央信息系统进行有关数据处理。

工作频率

- 不同频段的**RFID**产品会有不同的特性，定义**RFID**产品的工作频率有低频、高频和超高频的频率范围内的符合不同标准的不同的产品，而且不同频段的**RFID**产品会有不同的特性，其中感应器有无源和有源两种方式。
- 工作频率的选取直接影响到芯片、天线、工作模式、作用距离、读写器安装等。

不同频率工作特点

- 低频（125-134.2kHz）：无源标签，读写距离小于1米,门禁、考勤、电子计费，动物标识等。造价低，穿透性好。
- 中高频：典型频率13.56MHz，无源标签，读写距离小于1米，卡式结构，身份正等。
- 超高频：800-928MHz,视距距离，无源4-7米，有源大于百米。无遮挡。
- 微波：2.45-5.8GHz,远距离快速识别移动物体，工业控制、铁路运输、高速公路ETC；

RFID发展历程

在20世纪中，无线电技术的理论与应用研究是科学技术发展最重要的成就之一。

1941～1950年。雷达改进应用催生RFID技术，1948年奠定理论基础

1951—1960年 探索阶段，主要处于实验室实验研究

1961—1970年 理论得到发展，开始应用尝试

1971—1980年 技术产品大发展，出现最早应用

1981～1990年 商业应用阶段，各种规模应用开始出现

1991～2000年 技术标准得到重视，产品渗透人们日常生活

2001—今 标准化问题更加重视，产品种类更加丰富。

有源电子标签、无源电子标签及半无源电子标签均得到发展，电子标签成本不断降低，规模应用行业扩大。

（三）国内外RFID技术的标准现状

EPCglobal 产品电子编码，美国MIT开发，存储于RFID中的产品唯一电子标识符。2003年推广。96位,UHF频段。供应链流通领域。

UID（Ubiquitous IDentification） 全球可用物品标识体系,强调通信网中的实时获取。日本，128位。2.45GHz/13.56MHz。产品追溯与移动救援。

ISO/IEC 18000 空中接口通信协议，通信参数、通信协议与适应范围。

技术标准

- 早在二十世纪九十年代，ISO/IEC已经开始制定集装箱标准ISO 10374标准，后来又制定集装箱电子官方标准ISO 18185，动物管理标准ISO 11784/5、ISO 14223等。随着RFID技术的应用越来越广泛，ISO/IEC认识到需要针对不同应用领域中所涉及的共同要求和属性制定通用技术标准，而不是每一个应用技术标准完全独立制定，即通用技术标准。
- 在制定物流与供应链ISO 17363～17367系列标准时，直接引用ISO/IEC 18000系列标准。通用技术标准提供的是一个基本框架，而应用标准是对它的补充和具体规定，这样既保证不同应用领域RFID技术具有互联互通与互操作性，又兼顾应用领域的特点，能够很好地满足应用领域的具体要求。
- 应用技术标准与用户应用系统的区别，应用技术标准针对一大类应用系统的共同属性，而用户应用系统针对具体的一个应用。如果用面向对象分析思想来比喻的话，把通用技术标准看成是一个基础类，则应用技术标准就是一个派生类。

RFID标准（中国）

- 2006年，《中国RFID技术政策白皮书》
- 2009年，《中国RFID技术发展与应用报告》

欧盟委员会发布提醒消费者RFID技术标准使用的标准

- 欧洲委员会（EC）发布一项新的技术标准，旨在帮助规范那些采用[RFID](#)功能的智能芯片和系统的企业符合欧盟数据保护规则，其也是欧盟数据保护指令和EC2009 中RFID的一部分。
- 欧盟的RFID标志将适用于那些应用RFID标签的电子旅行证和单品级零售业，通过欧洲这个共同的RFID标识或标志，提醒消费者产品中存在智能芯片。

欧盟RFID标准目的

- 目的：新的标准定义作为欧洲共同认证的标牌系统，将规范欧盟成员国中部署RFID应用系统的运营商行为。

新的技术标准，旨在让企业或公共机构利用智能芯片收集的数据，及使用消费者个人信息资料所要符合规则，让消费者明白，他们哪些资料将被使用，（如当他们注册旅行认购证时，他们的姓名、地址或出生日期），以及出于什么目的；还提供明确的标志来标识存储在智能芯片中的信息，以及让公民得到更多的信息接触点的装置。在企业 and 机构使用智能芯片之前，必须由国家数据保护主管部门进行隐私和数据保护影响审查评估。

（四）RFID中间件技术与应用

- 为解决分布异构问题，人们提出了中间件(middleware)的概念。中间件是位于平台（硬件和操作系统）和应用之间的通用服务，这些服务具有标准的[程序接口](#)和协议。针对不同的操作系统和硬件平台，它们可以有符合接口和协议规范的多种实现。

中间件特点:

- 满足大量应用的需要
- 运行于多种硬件和OS平台
- 支持分布计算，提供跨网络、硬件和OS平台的透明性的应用或服务的交互
- 支持标准的协议
- 支持标准的接口
- 由于标准接口对于可移植性和标准协议对于互操作性的重要性，中间件已成为许多标准化工作的主要部分。对于应用软件开发，中间件远比操作系统和网络服务更为重要，中间件提供的程序接口定义了一个相对稳定高层应用环境，不管底层的计算机硬件和系统软件怎样更新换代，只要将中间件升级更新，并保持中间件对外的接口定义不变，应用软件几乎不需任何修改，从而保护了企业在应用软件开发和维护中的重大投资。

中间件的架构设计解决方案便成为RFID应用的一项极为重要的核心技术

-
- RFID中间件扮演RFID标签和应用程序之间的中介角色，从应用程序端使用中间件所提供一组通用的应用程序接口（API），即能连到RFID读写器，读取RFID标签数据。这样一来，即使存储RFID标签情报的数据库软件或后端应用程序增加或改由其他软件取代，或者读写RFID读写器种类增加等情况发生时，应用端不需修改也能处理，省去多对多连接的维护复杂性问题。

RFID中间件可以从架构上分为两种：

- 以应用程序为中心（Application Centric）的设计概念是通过RFID Reader厂商提供的API，以Hot Code方式直接编写特定Reader读取数据的Adapter，并传送至后端系统的应用程序或数据库，从而达成与后端系统或服务串接的目的。
- 以架构为中心（Infrastructure Centric）随着企业应用系统的复杂度增高，企业无法负荷以Hot Code方式为每个应用程序编写Adapter，同时面对对象标准化等问题，企业可以考虑采用厂商所提供标准规格的RFID中间件。这样一来，即使存储RFID标签情报的数据库软件改由其他软件代替，或读写RFID标签的RFID Reader种类增加等情况发生时，应用端不做修改也能应付。

RFID中间件具有下列的特色：

- 独立于架构（Insulation Infrastructure）RFID中间件独立并介于RFID读写器与后端应用程序之间，并且能够与多个RFID读写器以及多个后端应用程序连接，以减轻架构与维护的复杂性。
- 数据流（Data Flow）RFID的主要目的在于将实体对象转换为信息环境下的虚拟对象，因此数据处理是RFID最重要的功能。RFID中间件具有数据的搜集、过滤、整合与传递等特性，以便将正确的对象信息传到企业后端的应用系统。
- 处理流（Process Flow）RFID中间件采用程序逻辑及存储再转送（Store-and-Forward）的功能来提供顺序的消息流，具有数据流设计与管理的能力。
- 标准（Standard）RFID为自动数据采样技术与辨识实体对象的应用。EPCglobal目前正在研究为各种产品的全球唯一识别号码提出通用标准，即EPC（产品电子编码）。EPC是在供应链系统中，以一串数字来识别一项特定的商品，通过无线射频辨识标签由RFID读写器读入后，传送到计算机或是应用系统中的过程称为对象命名服务（Object Name Service）。对象命名服务系统会锁定计算机网络中的固定点抓取有关商品的消息。EPC存放在RFID标签中，被RFID读写器读出后，即可提供追踪EPC所代表的物品名称及相关信息，并立即识别及分享供应链中的物品数据，有效率地提供信息透明度。

案例

- RFID实时中间件

（五）RFID数据安全与隐私保护技术

- 问题的提出：

RFID作为无线应用领域的热点，正被广泛用于采购与分配、商业贸易、生产制造、物流、防盗以及军事用途上，然而就在它“春风得意”时，与之相关的安全隐患也随之产生。越来越多的商家和用户担心RFID系统的安全和隐私保护问题，即在使用RFID系统过程中如何确保其安全性和隐私性，不至于导致个人信息、业务信息和财产等丢失或被他人盗用。

RFID攻击模拟效果

- **1、卡数据嗅探**

-

- 多数人身上一般都会携带有各类射频卡，里面可能一些个人信息，或者门禁监控系统的验证信息。一些攻击者可能通过一些设备，去读取受害者身上的射频卡信息（能否读取成功就取决于射频卡的通讯距离了），然后通过将这些数据写入空白卡或者其它方式进行重放攻击，就可以获取他人的身份验证或者其它敏感信息。

黑客利用RFID技术破解各种消费卡、充值卡，然后盗刷恶意充值消费卡



RFID安全问题的特殊性

- 由于集成的RFID系统实际上是一个计算机网络应用系统，因此安全问题类似于计算机和网络的安全问题，但它仍然有两个特殊的特点：**首先，RFID标签和后端系统之间的通信是非接触和无线的，使它们很易受到窃听；其次，标签本身的计算能力和可编程性，直接受到成本要求的限制。**

RFID的安全威胁

- **一、标签中数据的安全威胁**

由于标签本身的成本所限，标签本身很难具备能够足以保证安全的能力。这样，就面临了很大的问题。非法用户可以利用合法的阅读器或者自构一个阅读器，直接与标签进行通信。这样，就可以很容易地获取标签内所存数据。而对于读写式标签，还面临数据被篡改的风险。

- **二、通信链路上的安全威胁**

当标签传输数据给阅读器，或者阅读器质询标签的时候，其数据通信链路是无线通信链路，无线信号本身是开放的。这就给非法用户的侦听带来了方便。

- **三、阅读器协议的安全威胁**

标签中数据安全、各组件通信链上数据安全、保护阅读器中数据安全

通信链路非法用户的侦听的常用方法包括：

- - 1、黑客非法截取通信数据。通过非授权的阅读器截取数据或根据RFID前后向信道的不对称性远距离窃听标签信息等。
 - 2、业务拒绝式攻击，即非法用户通过发射干扰信号来堵塞通信链路，使得阅读器过载，无法接收正常的标签数据。
 - 3、利用冒名顶替标签来向阅读器发送数据，使得阅读器处理的都是虚假的数据，而真实的数据则被隐藏。
 - 4、通过发射特定电磁波破坏标签等。

对策

方法众多，如：

1. 芯片卡采用更强加密算法的芯片卡；
 2. 涉及金额等敏感数据应进行加密处理，禁止明文存储；
 3. 读卡器与后端主机数据库实行线上作业，采用即时连线的方式进行系统核查；
 4. 结合uid进行加密，并设置uid白名单，提高攻击者破解成本，但可能被特殊卡绕过；
- 等等。

（六）基于EPC的RFID应用架构

- EPCglobal提出了Auto-ID系统的五大技术组成，分别是EPC（电子产品码）标签、RFID标签阅读器、ALE中间件实现信息的过滤和采集、EPCIS信息服务系统，以及信息发现服务（包括ONS和PML）。由于从一开始就让世界各大洲的从业人员充分参与，EPCGlobal标准（架构图如下）得到了较广泛认同，这里不再对其标准体系架构赘述。

EPC编码 - 基本概念

- 什么是EPC

EPC（Electronic Product Code）即[电子产品编码](#)，是一种编码系统。它建立在EAN.UCC（即全球统一标识系统）条型编码的基础之上，并对该条形编码系统做了一些扩充，用以实现对单品进行标志。

- EPC编码体系

EPC编码的一个重要特点是：该编码是针对单品的。它的基础是EAN.UCC，并在EAN.UCC基础上进行扩充。根据EAN.UCC体系，EPC编码体系也分为5种：

- （1）[SGTIN](#)：Serialized Global Trade Identification Number
- （2）SGLN：Serialized Global Location Number
- （3）SSCC：Serial Shipping Container Code
- （4）GRA：Global [returnable](#) Asset Identifier
- （5）GIAI：Global Individual Asset Identifier

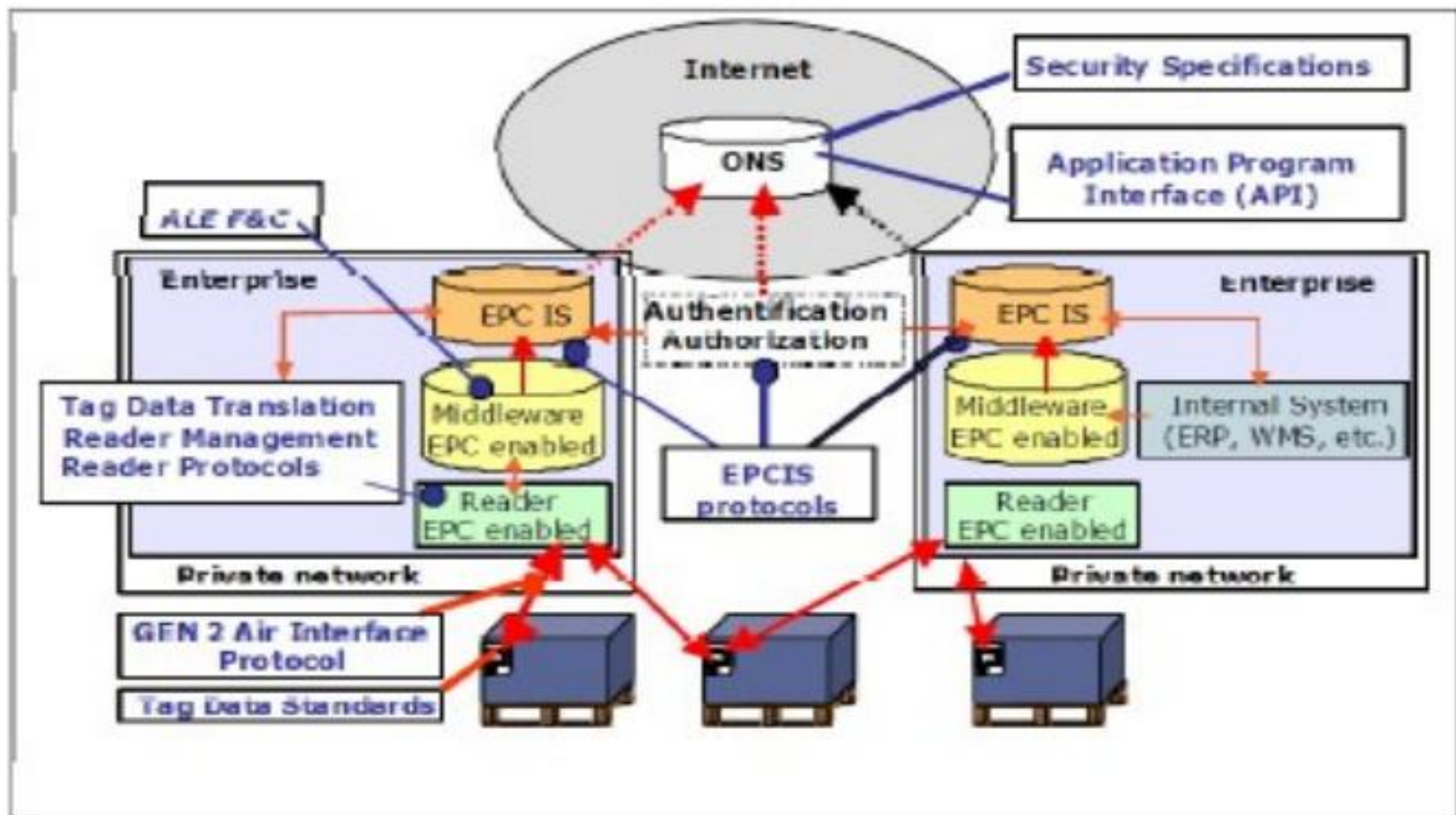
EPC编码举例

- EPC编码长度（在标准1.1版本中）分为64bits，96bits2种类型。64bits的编码码头为2bits，而96bits的编码的码头为8bits。并且如果以后需要使用码头大于8bits的编码，可以进行[扩充](#)。每种长度的编码又根据码头的值，可以有络干种不同的编码方式。以64bits的SGTIN举例如下：
-
- 当前，出于成本等因素的考虑，参与EPC测试所使用的编码标准采用的是64位[数据结构](#)，未来将采用96位的编码结构。

EPC结构框架

- 该框架基于RFID技术、Internet技术以及EPC体系，包括各种硬件和服务性软件系统
- 目标
 - (1) 制定相关标准，目标是：在贸易伙伴之间促进数据和实物的交换；鼓励改革。
 - (2) 全球化的标准：使得该框架可以适用在任何地方。
 - (3) 开放的系统：所有的接口均按开放的标准来实现。
 - (4) 平台独立性：该框架可以在不同软、硬件平台上实现。
 - (5) 可测量性和可延伸性：可以对用户的需求进行相应的配制；支持整个供应链；提供了一个数据类型和操作的核心，同时也提供了为了某种目的而扩展核心的方法；标准是可以扩展的。
 - (6) 安全性：该框架被设计为可以全方位地提升企业的操作安全性。
 - (7) 私密性：该框架被设计为可以为个人和企业提供数据的保密性。
 - (8) 工业结构和标准：该框架被设计为符合工业结构和标准并对其进行补充。

EPC架构



RFID案例一：物流管理——美国海军应用RFID进行反向物流试验

- 反向物流是许多大型机构头疼的事情，连美国海军也不例外。每年，美国海军资产管控处(ATAC)跟踪的破损零件达500000万件，价值250亿美元，它们被从美国本土以外运往弗吉尼亚州纽佛克市和加州的圣地亚哥，然后运往国防物流机构(DLA)³/₄-营的仓库或者海军的100家合同修理商中的任何一家中进行维修。最近，海军执行了一项大型的RFID实地试验，在ATAC和DLA工厂之间跟踪零件，希望减少ATAC和DLA双方的工作负荷，并提高物资数据的精确性和一致性。

工程启动： 标签实验

- 这项工程于2008年1月开始，美国海军聘请了SAIC公司，一个位于圣地亚哥的员工持股调查和工程公司来部署这项工程。SAIC公司首先进行了现场调查，研究工厂的环境是否适合此次试验。于2008年3月开始为零件贴标签，一直持续到9月末。零件的运输过程如下：从伊À-克阿尔阿萨德到ATAC在维吉利亚纽佛克的工厂，部分零件在运送到国防部纽佛克军械库（一个DLA工厂），其他的送到维修商那里。

物流平台数据基础：EPC代码采集

- 在伊À-克阿尔阿萨德的ATAC工作人员采用[Zebra](#)的R110XiRFID[标签打印机](#)/编码器来打印符合国防部标准的标签，包括一个[条码](#)。[Zebra](#)打印机将EPC代码写入标签中。标签基于EPC Class1标准，总共有764个零件和18个箱子被贴上标签，大多数零件来自飞机，包括陀螺仪，发射器和航空控制系统组件。
- 工作人员再用Symbol的MC9060手持RFID阅读器采集零件上的EPC代码。Savi的SmartChain Site Manager 5.5软件将收集好的RFID数据传输到Retrograde Packaging Management Program (RPM) 程序中，海军用这个程序来捕获货物[条码](#)信息。然后RFID数据被传输到ATAC的Retrograde Management System (RMS) 系统（一个基于网页的物流平台软件）中。
- 用RPM系统处理EPC数据，如果在远程点没有局域网，工作人员可以打印和制作标签，如果可以联网，它们可以把数据上载到WEB服务器进行共享。

识别应用效果

- 试验的一个目的是看RFID能否帮助确认ATAC和DLA之间相互收到的货物。除了读取运往伊À-克的货物和集装箱上的标签，ATAC纽佛克的工厂采用Zebra打印机为11140件物品和620个集装箱贴标签，并用Alien公司的阅读器来组建RFID闸门，用Savi的中间件传送RFID数据给ATAC的RMS软件。
- 初次试验中贴标签的零件的总价值超过2亿美元。采用RFID后，11904件运往DLA工厂的物品中有99.6%被确认接收。此外，RFID系统比现有条码系统多识别超过350种物品，条码系统只能识别所有需要运输的物品的97.1%。

RFID案例二： EPC标签帮助COVAP追踪火腿生产全程（西班牙）

- 1 应用效果：这个项目提高了产品可追踪性，节省了产品的[搜索时间](#)，减少了浪费。此外，公司还消除了一些手工扫描流程，节省了时间和[金钱](#)。
- 2 方案：COVAP 采用自主软件集成 RFID 数据。剑桥分散式信息和自动实验室引导 COVAP 项目，帮助管理项目，开发商业案例和关键性能指标。大学采用特殊的模拟软件分析新流程，并将它与条形码系统相对比。

项目启动动因

有多个原因促使合作社希望扩展其 RFID 应用，参与 [BRIDGE 项目](#)：

- 1、减少产品处理时间，逐类控制产品，追踪每条火腿的生产是否符合食品安全规则。
- 2、COVAP 看到 RFID 可以帮助公司改进加工流程（每年约处理 300,000 条火腿），及大量的生产变量。通过获得各个生产阶段的单品级可视性和处理三年的生产数据，COVAP 可以提高流程效率，更好地了解生产条件的轻微改变如何影响火腿的味道和质量。

项目来源： 欧盟（2008-2009）

- 这个应用是欧盟赞助 BRIDGE 研究项目的组成部分，BRIDGE 项目的宗旨是促进 RFID 和 EPCglobal 技术在全球的应用。COVAP 试点项目，BRIDGE Work Package 8（RFID 在制造流程的应用）的一部分，于 2008 年 11 月启动，09 年 7 月结束。
- Alexandra Brintrup 是 BRIDGE 项目合作机构 - 剑桥大学信息和自动实验室的领军人物。她称，COVAP 之所以被选择成为 BRIDGE 项目之一是考虑到其之前采用 RFID 在追踪保存期较长牛奶的积极经验。

应用场景

- [COVAP](#)，西班牙南部 Andalusia 地区一家农业合作社，现采用无源超高频（UHF）RFID 标签追踪优质火腿 - 伊比利亚火腿。

COVAP 是 Andalusia 地区最大的工农业合作社，08 年的销售额达 4.44 亿[美元](#)，COVAP 最早在其奶制造部门采用 RFID 技术。试点项目结束后，合作社安装了 RFID 系统，每天控制 1,300 个货盘的移动。合作社现在追踪火腿从屠杀厂到多个准备和食物加工流程。COVAP 计划这个应用至少得运行三年 - 火腿的生产和整个内部生产流程整套数据收集所需的时间。

生产过程描述

- 火腿生产过程如下，COVAP 先要屠宰生猪，将猪切成四块；接着烘干和处理猪腿；猪腿根据重量和其它因素进行处理、浸盐和分类。火腿生产管理者根据多个因素判断每批火腿的确切生产流程，包括猪的种类和猪肉的 PH 值。火腿接着放在温度可控制地窖里老化，地窖重制火腿手工制造的原始条件。即使温度的轻微变化也会影响到肉的味道，火腿管理员必须确保每批火腿的质量。

技术方案选择

- 1、试点项目期间，COVAP 和其技术方案合作商 AT4 Wireless 在选择 RFID 嵌体 和设计一个可承受肉加工理流程的标签之前，开展了大量的测试，包括烧焦火腿表面以控制真菌增长。测试在 AT4 Wireless 实验室和 COVAP 场地开展，候选 标签 在多个加工流程进行测试。Germark 最终获得该项目，目前现在 开发标签 的升级版。
- 2、推广使用面：COVAP 已在约 5500 只火腿上粘贴了初级版的 RFID 标签。一旦升级版标签完成开发，合作社计划在所有的火腿上采用标签。
- 3、改进：最初，标签的前后两面都有特殊保护材料。然而，COVAP 和 Germark 认为新标签将只需在贴肉一侧采用这种材料，这样可以减秒标签费用。

RFID标签技术挑战-复杂环境

- 猪被切块和清洗后，COVAP 将 RFID 标签系在每个火脚脚踝上，并贴上过去追踪系统采用的同类条形标签。COVAP 将继续采用条形码作为后备系统。Tirado 称：“两套系统相互兼容，条形码不会产生任何额外费用，我们没有理由消除它”。

标签里存储一个唯一的 ID 码。火腿的详细信息，包括原始猪的[医疗信息](#)，被保存在一个数据库里，与 ID 码相对应。合作社在生产过程 5 个不同点采用 Intermec 阅读器读取标签。最早的标签读取发生在屠宰场，标签贴标直接被读取。读取信息用于库存管理，及启动追踪流程。产品接着随着一条传送带经过一个成形通道，挤出血液。在火腿进入通道之前，RFID 阅读器读取标签。接下来，火腿进行浸盐处理，同样，浸盐前标签再次被读取。

- 难点：每一个读取点需要不同的天线类型和[阅读器配置](#)，不是一个即插即用的应用，而是作了大量的测试来选择和设计阅读器，最终决定采用[近场](#)和[远场天线](#)的结合。

（七）RFID技术挑战

（1）应用领域面临的技术挑战（国际应用情况，美国）

手机支付、物流管理、物品管理、自动化管理、安全防盗几个领域；

[RFID技术挑战.docx](#)

（2）技术挑战

隐私与安全、系统融合、复杂环境下适应技术（天线、可靠性等）

本章思考题

- 1、简述RFID应用价值及其应用现状
- 2、列举国内外RFID技术相关标准组织。
- 3、简述RFID中间件技术、数据安全与隐私保护技术。