



RFID技术基础

香港物流及供应链管理应用技术研发中心
(LSCM)

陈国培
William Chan

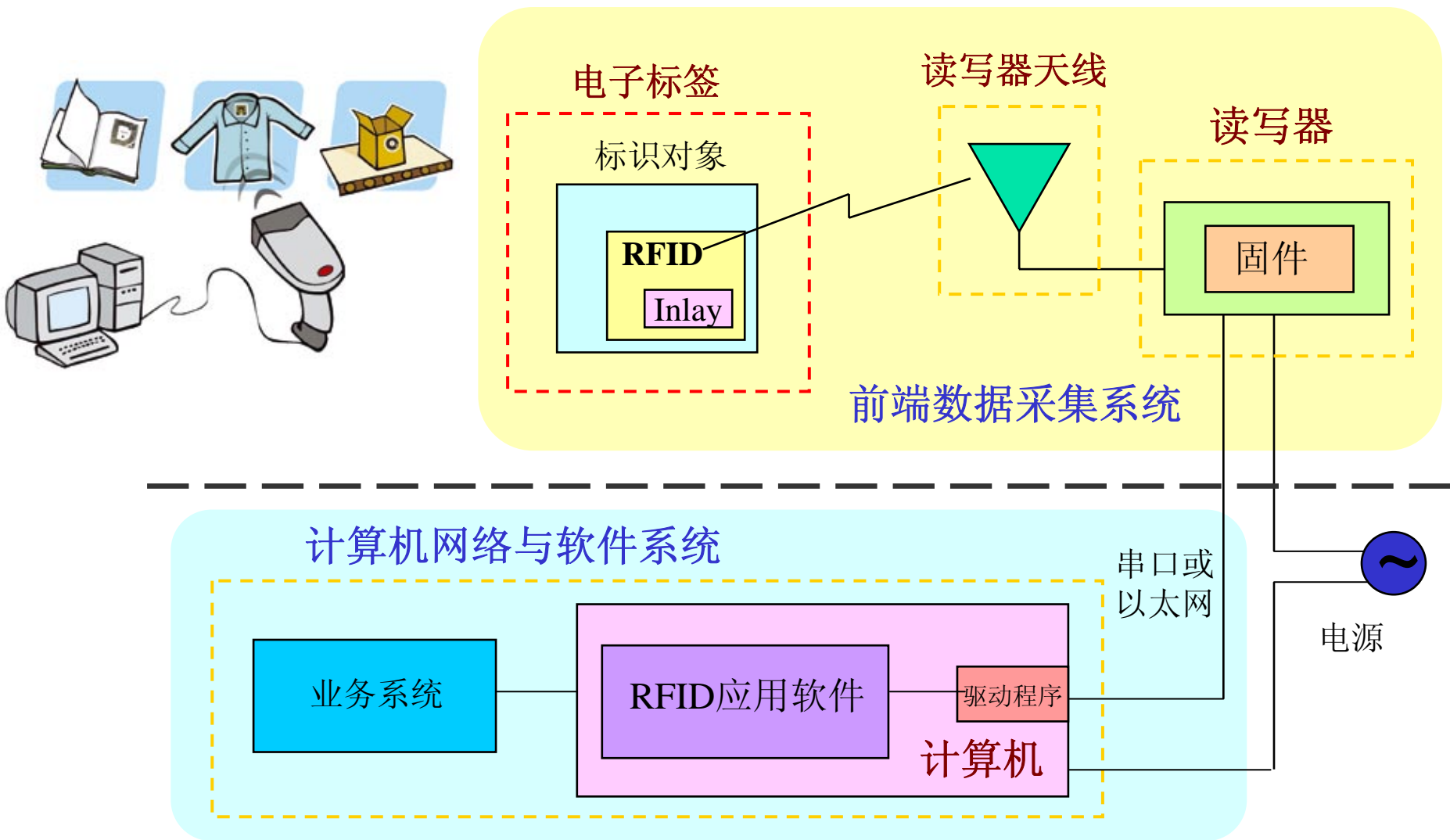
2007年7月



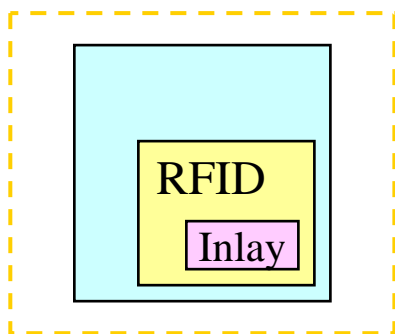
射频识别(RFID)系统

- 前端数据采集系统
 - 电子标签
 - 读写器与天线
- 计算机网络与软件系统
 - RFID边缘管理
 - RFID服务器
- 唯一标识体系与信息架构
 - 唯一标识体系
 - 报文消息结构

RFID系统构件

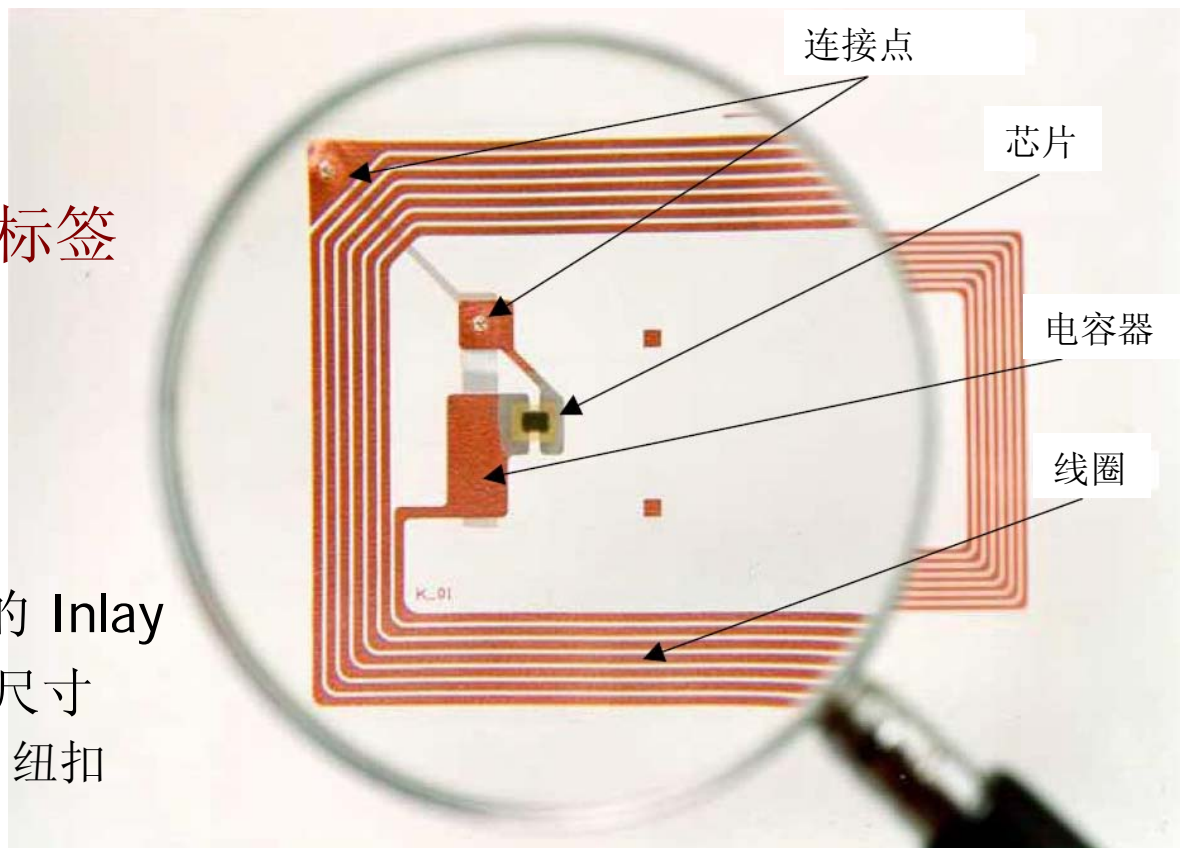


RFID系统构件—标签

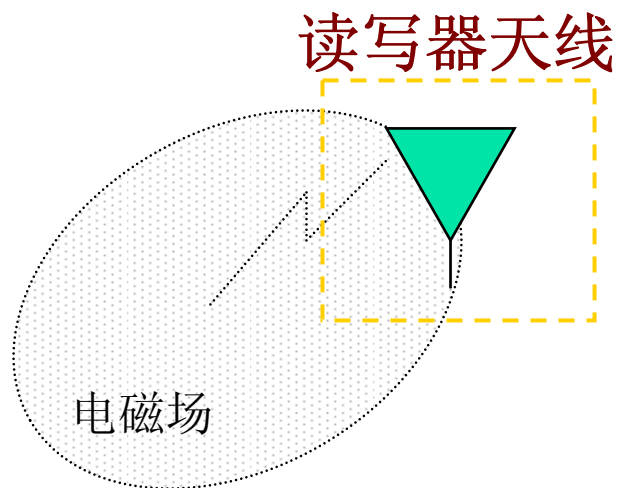


电子标签

- Inlay = 芯片+天线
- RFID = 加上保护层的 Inlay
- 有不同的形状和大小尺寸
 - IC卡、标签(贴纸)、纽扣
- 标签的能量
 - 无源标签：由阅读器的电磁场提供
 - 有源标签：自带电源



RFID系统构件—读写器天线



读写器天线

- 读写器通过天线发射载波信号
- 天线接收由电子标签回传的调制信号
- 电子标签必须在电场方向图范围内以进行数据传输
- 天线通过高频同轴电缆连接到读写器

阅读器天线

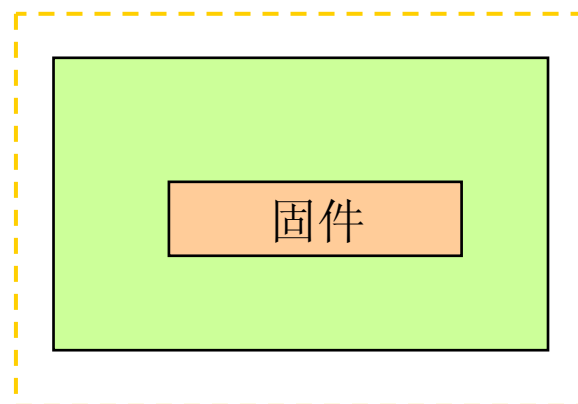


RFID系统构件—读写器

读写器

- 控制射频模块发射载波信号以提供能量启动电子标签
- 对发射信号进行调制将数据传送给标签
- 接收并解调来自标签的信号
- 对标识信息进行解码并将标识信息传输到主机处理
- 通信接口控制、输入输出检测与控制
- 产生、发送、接收射频信号
- 应用程序控制着读写器对指定标签进行通信

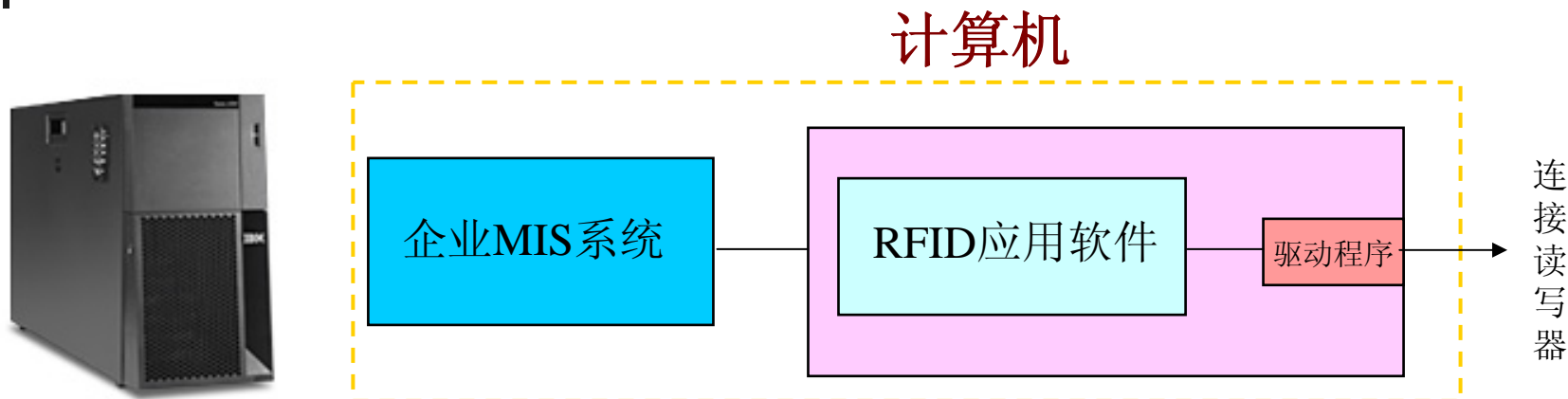
读写器



读写器与标签打印机



RFID系统构件—计算机



主机

- 微机、工作站、或移动终端运行RFID应用程序
- 对于大型读写器网络，可以由专用设备（如边缘服务器）来控制读写器，并进行初步数据筛选和处理
- 驱动程式通常由读写器制造商提供，并以程序库或类库的方式链接到应用程序



前端数据采集系统

- 电子标签
- 阅读器
- 阅读器天线
- 高频电缆
- 打印机(读写器数据写入装置)
- 其他输入输出装置
 - 传感器
 - 显示装置
 - 执行器



前端数据采集系统主要技术参数

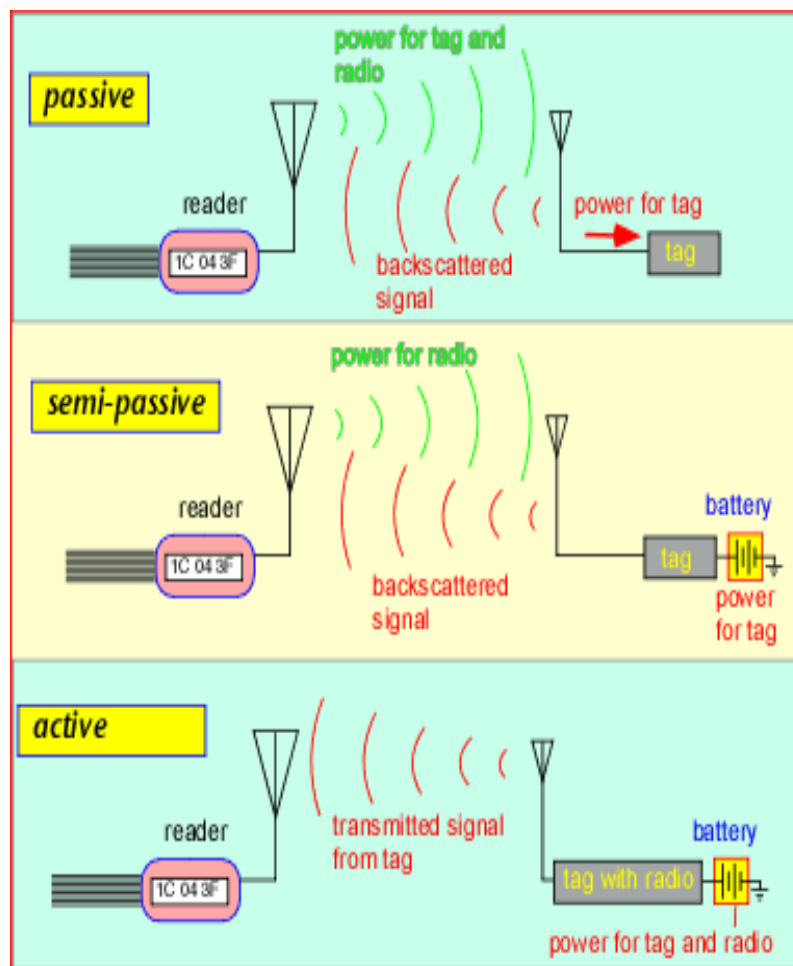
- 工作频率
- 阅读距离
- 数据速率
- 有源标签或无源标签
- 标签封装形式与尺寸
- 同时识别多个标签
- 标签周边是否有水或金属
- 存储容量
- 信息安全

前端数据采集系统主要参数

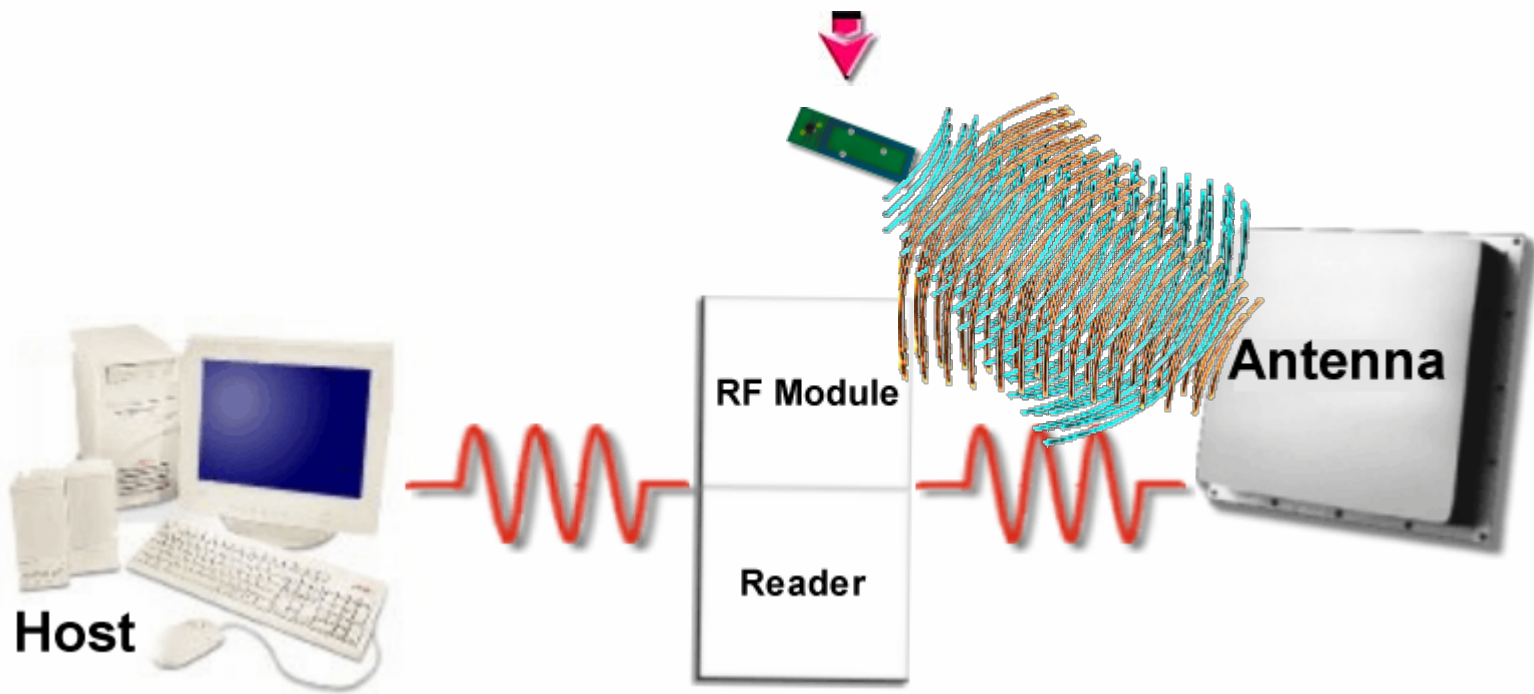
| 元素 | 细目 | 主要参数 |
|----------|------|---------------------------|
| 标签 | 操作方式 | 有源/无源、主动/被动、谁先讲 |
| | 物理特性 | 封装形式、尺寸、防护等级、是否可重用 |
| | 存储 | 容量、只读/一次可写/可读写、内存结构、可否锁定 |
| | 安全 | 防伪、防拆 |
| 读写器 | 基本参数 | 固定/移动、数据传输/网络连通、编程接口、配置管理 |
| | 天线 | 类型、数量、增益、辐射范围、极化性、驻波比 |
| 读写器与标签通信 | 射频参数 | 频率、带宽、功率、忙闲度、灵敏度、密集读写器环境 |
| | 数据存取 | 速率、距离、多标签防冲突、可靠性 |
| 应用场景 | 识读环境 | 识读方向、遮挡物、相对运动速度 |
| | 邻近物体 | 金属、石墨、水、液体、油类、纸张、塑料、木材等 |
| 信息安全 | | 相互认证、加密、存取权限、密码、数据毁灭 |
| 环境因素 | 物理 | 温度湿度、紫外线、冲击震动、粗暴处理、电池寿命 |
| | 化学 | 化学物质、污垢、泥土、灰尘、沉淀 |
| | 电磁兼容 | 电磁干扰、电磁辐射 |

有源与无源标签

- 无源标签需要读写器提供能源才能工作，传输距离只能达到10米左右。成本低，无需维护，适用于如零售等行业大量应用
- 半有源(也称半无源)标签具有电池，但只供芯片内部应用而不用于通信，通信距离与成本介乎有源与无源标签之间
- 有源标签自带能源，犹如一台小型通信器，传输距离可达数百米。但成本较高，电池寿命一般只有数年



无源RFID系统操作



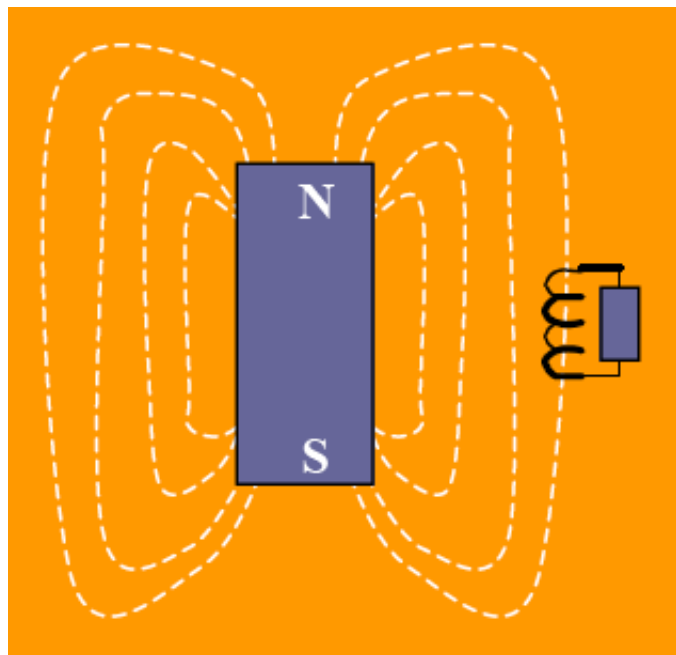


近场与远场通信

- 电子标签和读写器通过各自的天线建立无线电通信
- 空间信息传输通道的性能由天线周围的场区特性决定
- 射频信号加载到天线之后，在紧邻天线的空间中叫做近场区，它随着离开天线的距离增大而迅速减小
- 近场区以外就是远场区

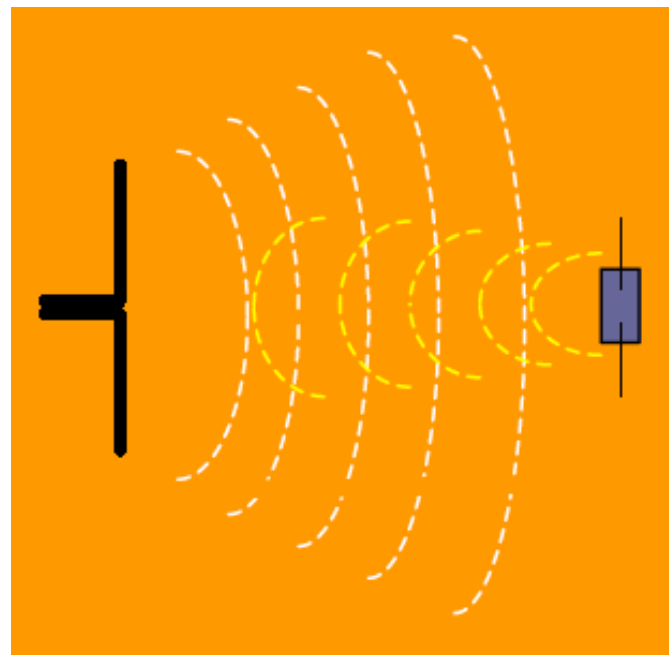
磁场(近场)与电场(远场)耦合

磁场 (H-field / 近场)
电感耦合



低频(LF)与高频(HF)

电场 (E-field / 远场)
反向散射耦合



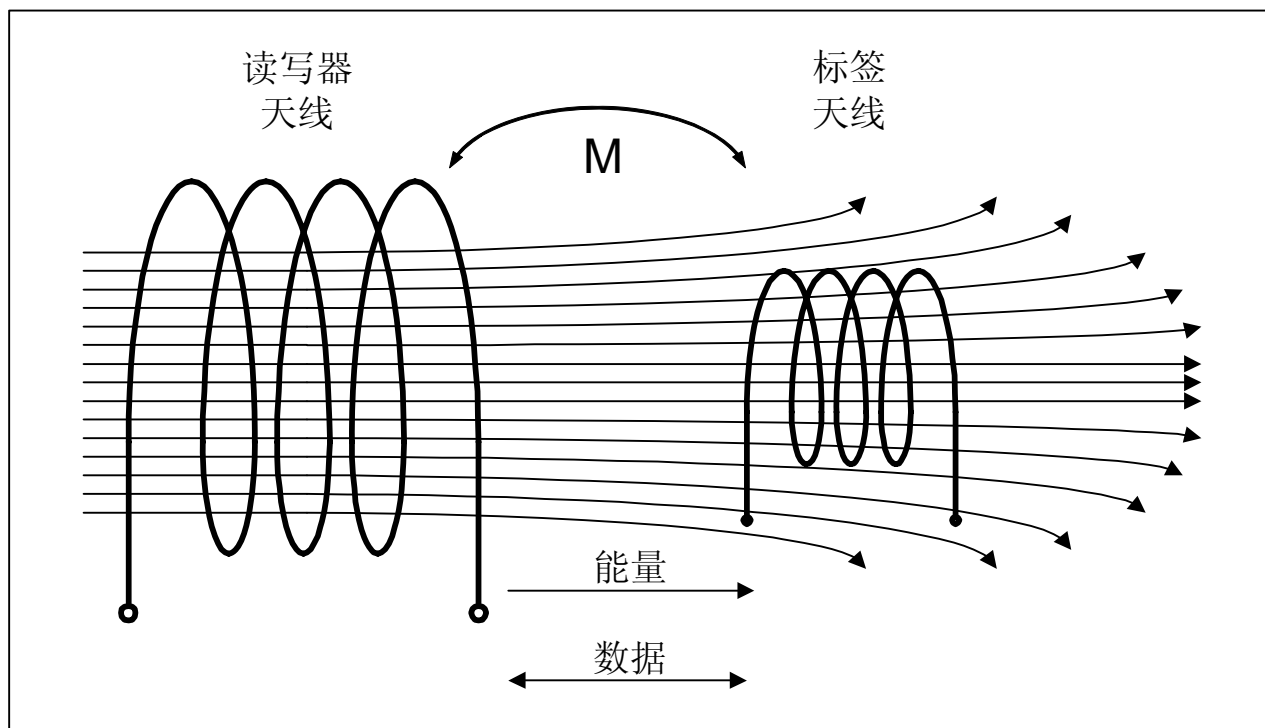
超高频(UHF)与微波



读写器与标签的近场通信

- 读写器与标签间的通信包括能量传输与数据传输
- 低频与高频的载波波长分别为
 - $3 \times 10^8 / 125 \times 10^3 = 2400\text{m}$ (以125kHz为例)
 - $3 \times 10^8 / 13.56 \times 10^6 \approx 22\text{m}$ (以13.56MHz为例)
- 由于天线间的距离远少于2400米(或22米), 读写器与标签的电磁场视为简单交变磁场
- 低频与高频系统的能量传输均为电感耦合方式
- 为了提供足够的耦合能量, 低频标签需要由数百匝幼线绕制的天线, 高频标签约需3~10匝
- 通信距离只能达到几十厘米到1米

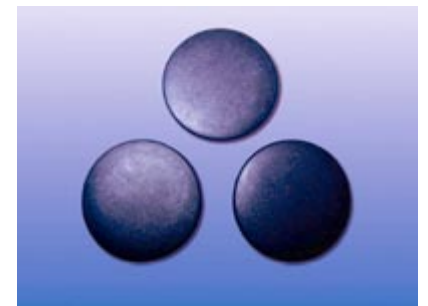
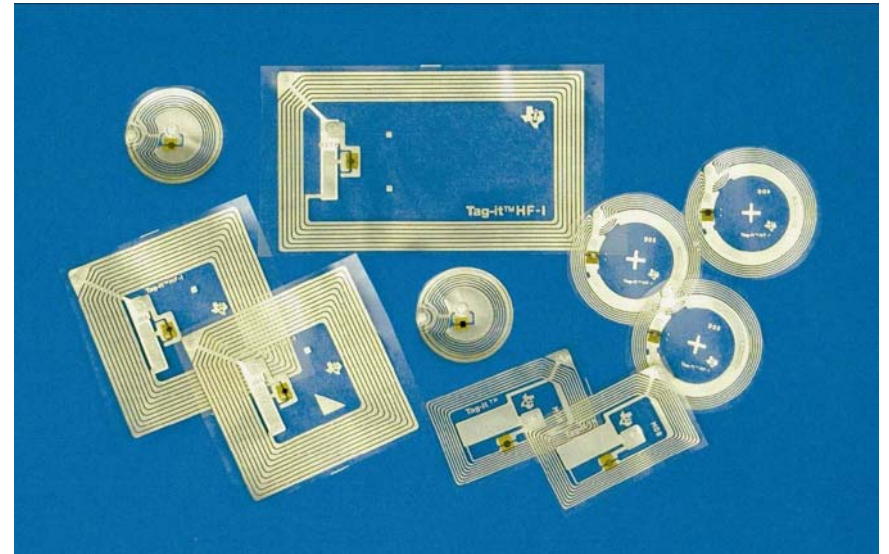
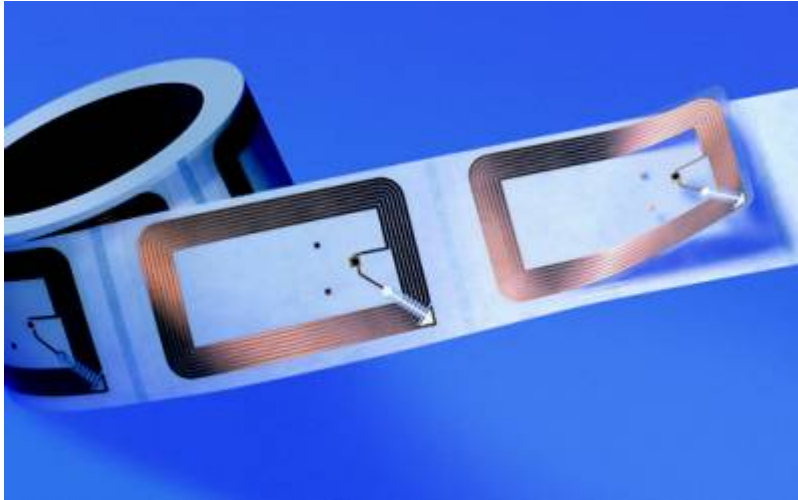
低频与高频标签的近场(磁场)耦合



低频标签



高频标签



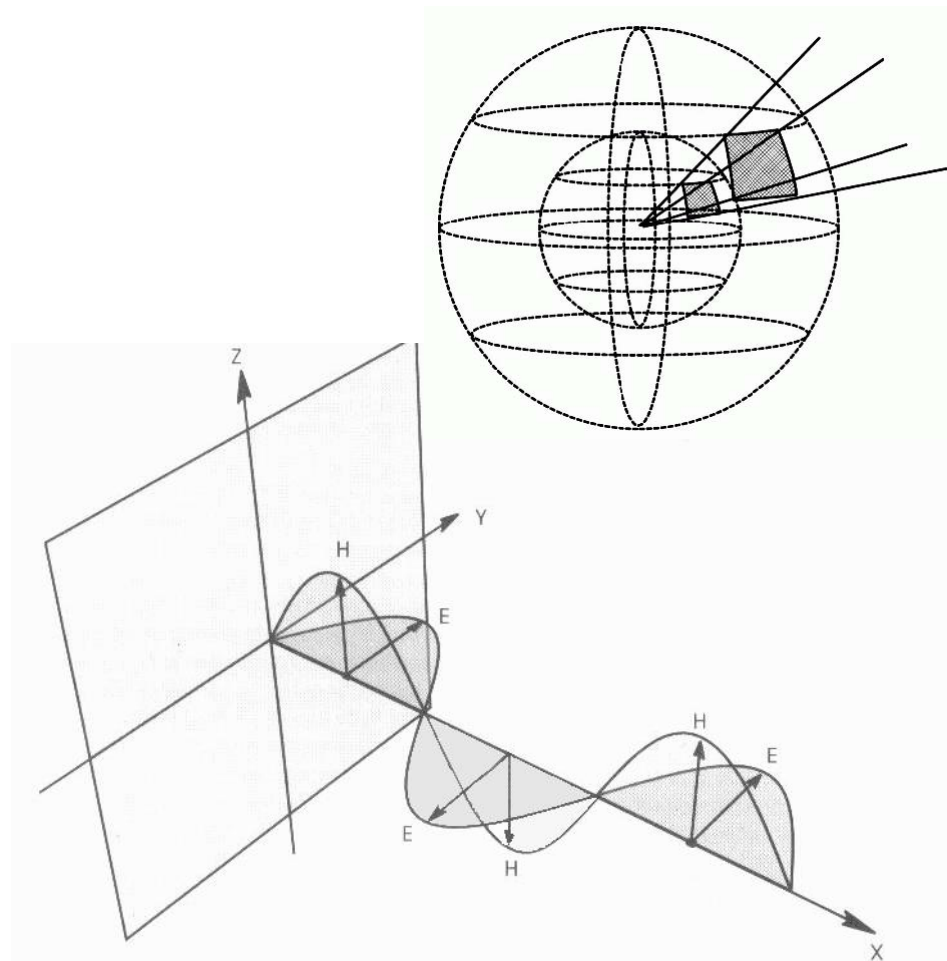


读写器与标签的远场通信

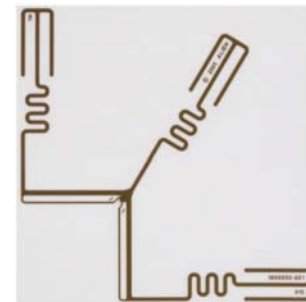
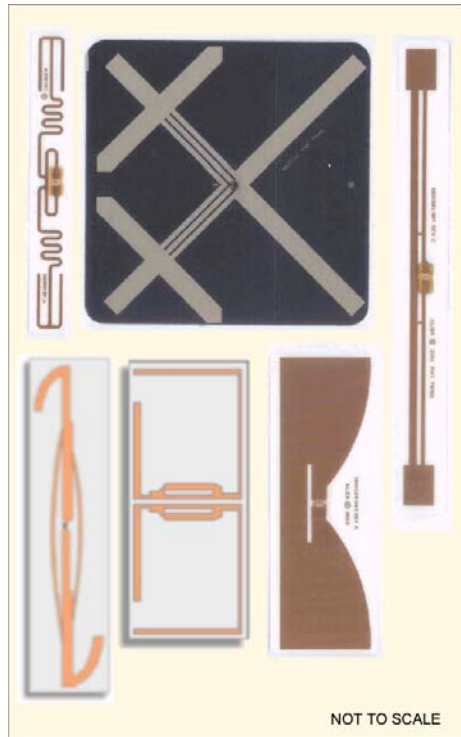
- 超高频与微波的载波波长分别为
 - $3 \times 10^8 / 900 \times 10^6 = 33\text{cm}$ (以900MHz为例)
 - $3 \times 10^8 / 2.45 \times 10^9 = 12\text{cm}$ (以2.45GHz为例)
- 天线可达到半波长，可以有效地辐射电波
- 超高频与微波系统的能量传输均为电场方式
- 通信距离可以达到10米
- 由于障碍物反射和邻近物体的干扰使传播环境变得复杂(信噪比降低)
- 标签只能通过改变天线阻抗将数据反向散射回读写器
- 标签传回信号的功率与读写器功率可以相差数千到数万倍，故此极易受到邻近读写器的干扰

远场通信特点

- 发射功率与距离的平方成反比
- 信号的极化，如果读写器天线与标签天线互成90度(如一个水平、一个垂直)，则无法通信
- 天线孔径是信源传输距离为半径的球面并与波长的平方成正比，频率越高，需要的功率越大
- 超高频(UHF)是以最低的功率获取最远距离的频率。使用2.45GHz以上微波频率的一般都是有源标签



各种类型超高频电子标签





电池辅助被动标签

- 电池辅助被动标签使用标签电源提供附加功能
 - 传感器
 - 增大通信距离
- 传感器可以由事件驱动(如超过某一临界值)
- 传感器接口标准 IEEE 1451
- 通信距离可以扩展至几十米
 - 但通信距离加大以后, 信噪比(SNR)也会相对降低



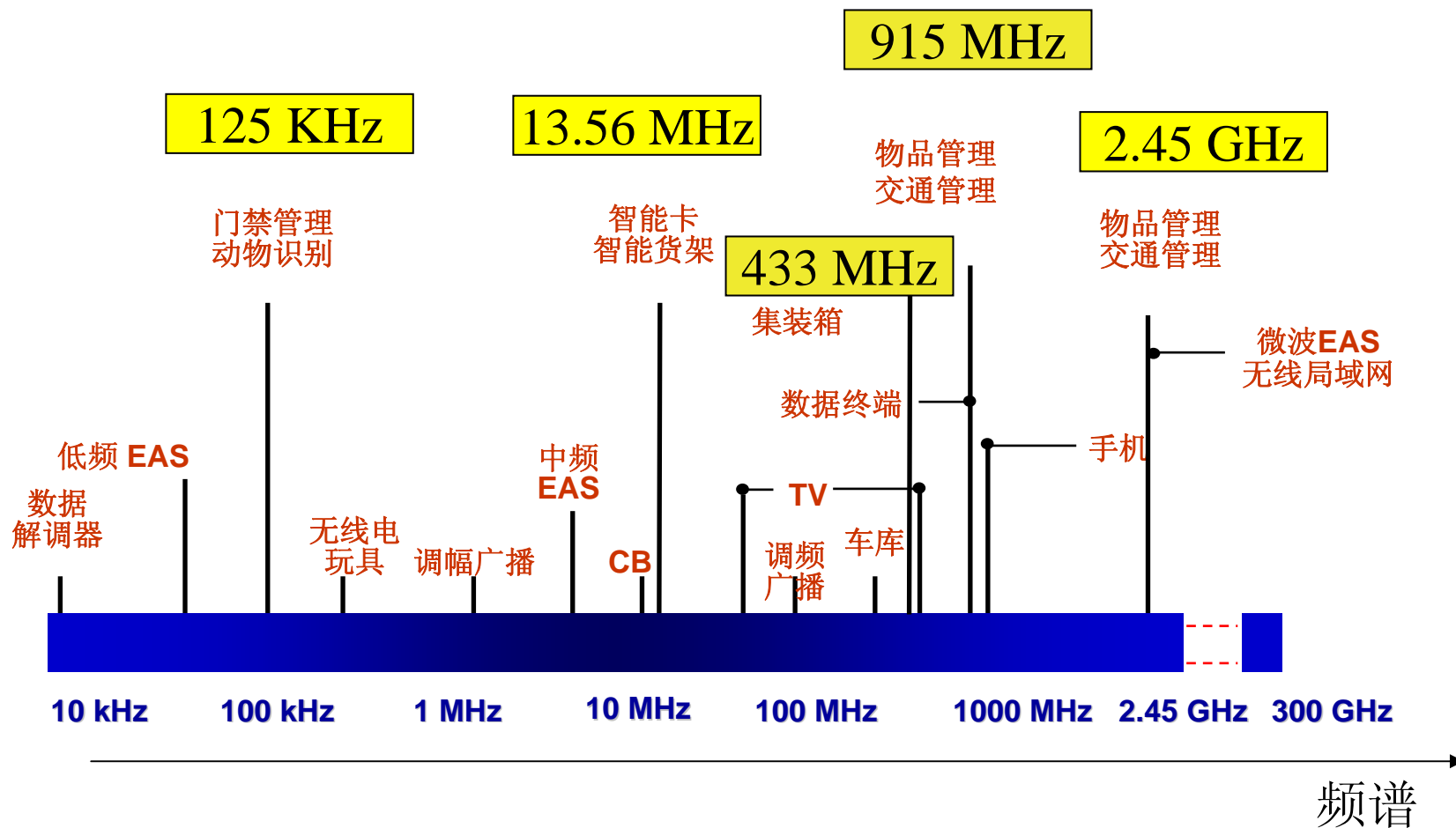
有源标签

- 有源(主动)标签发送射频信号而不是反射信号
- 有源标签的通信距离远大于无源标签而略大于电池辅助被动标签
- 虽然新技术可以在没有电池的情况下提供主动功能，大部分有源标签都有电池
- 典型应用是实时定位系统
- 有源标签一般都提供内存

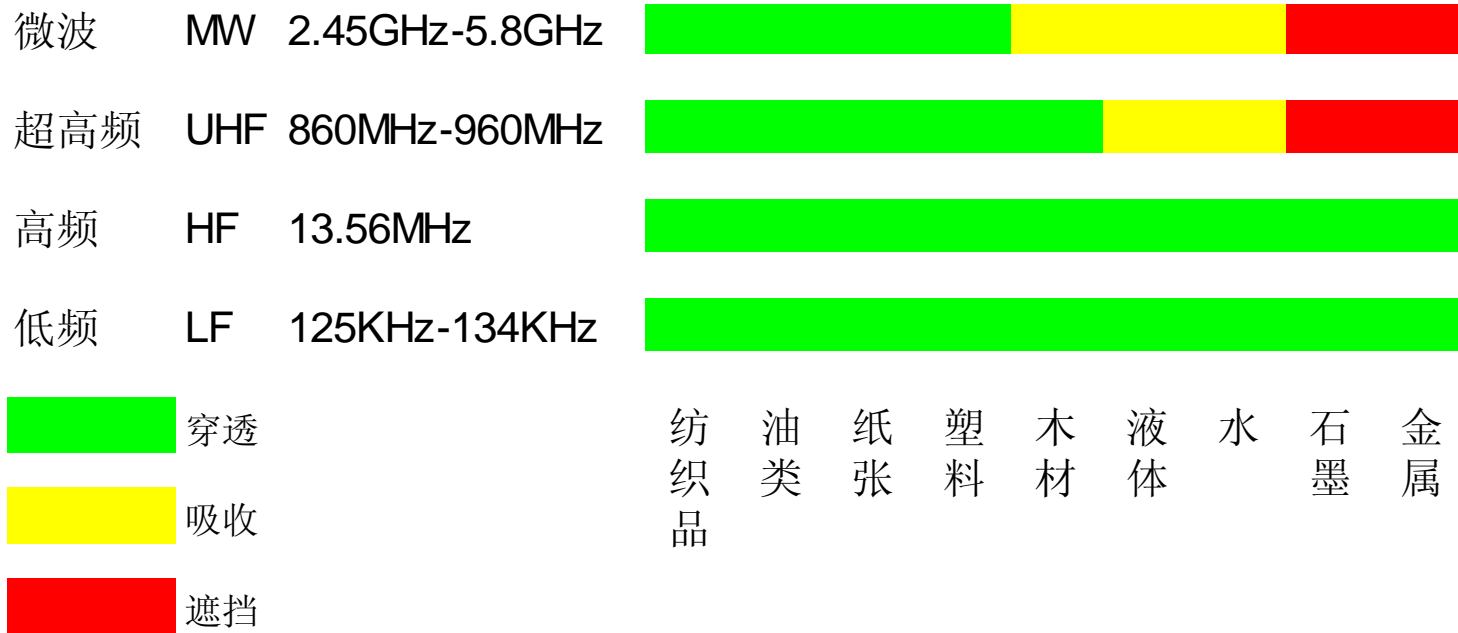
有源与半有源标签



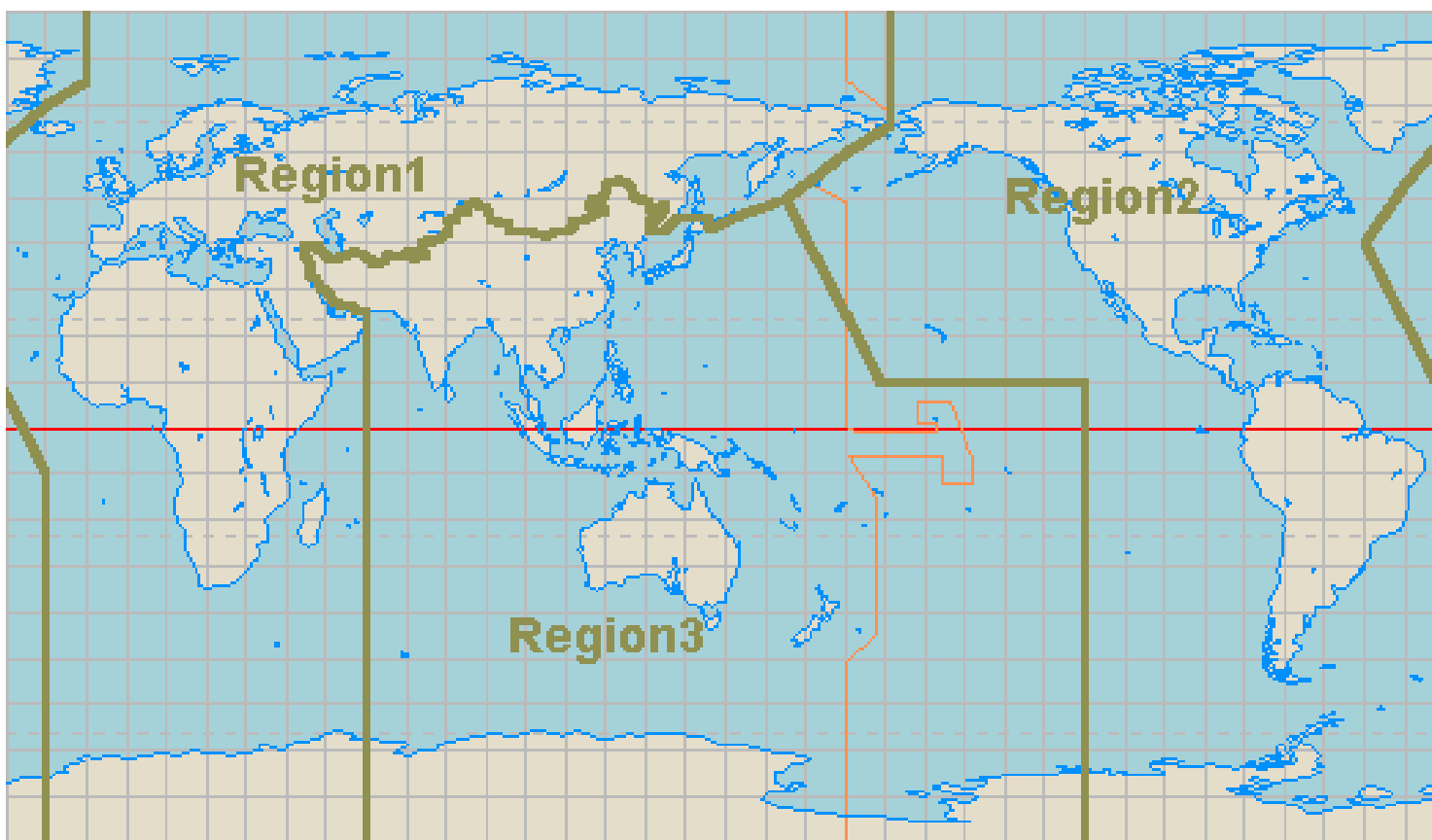
电子标签工作频率



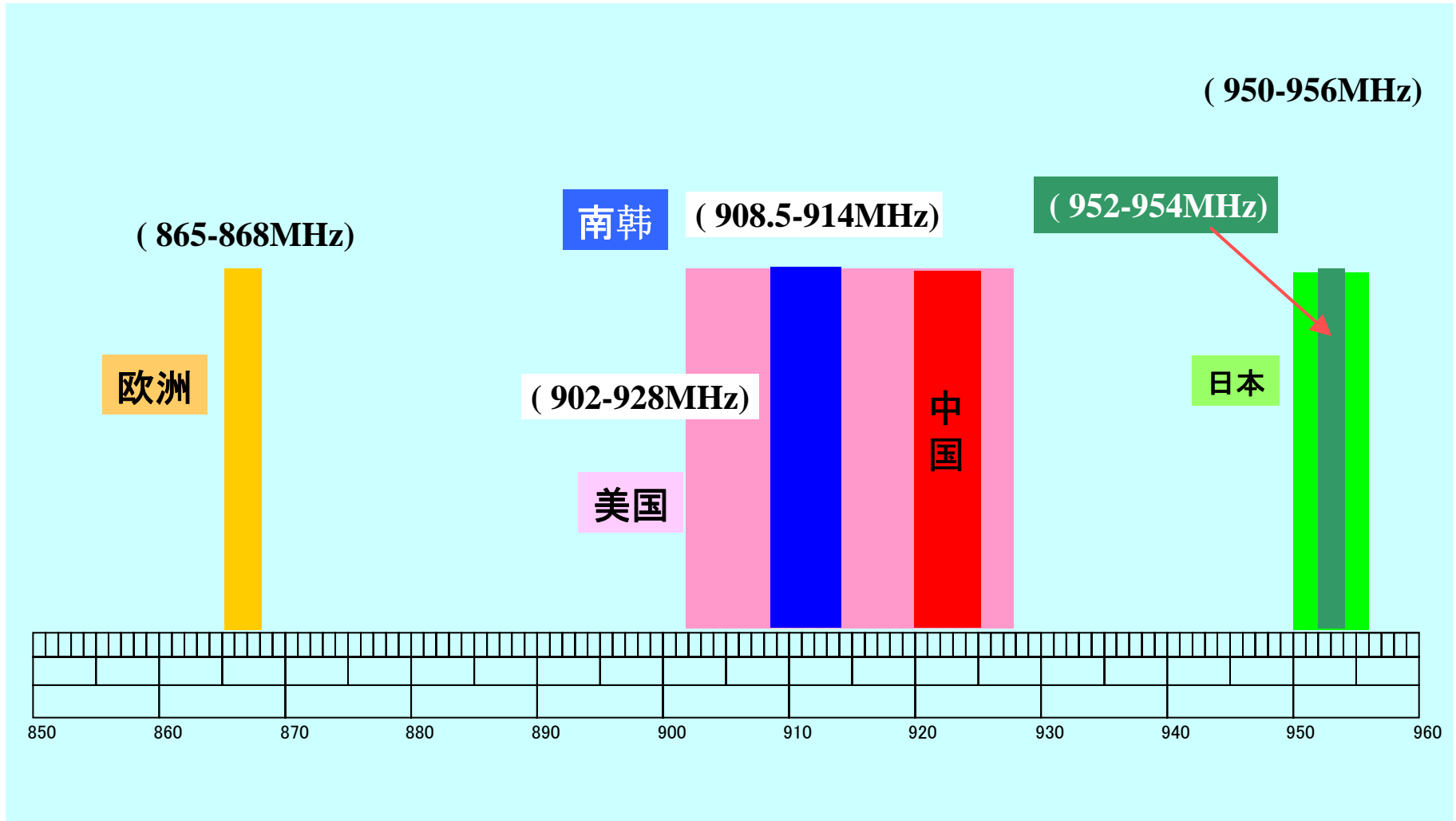
射频讯号对物料的穿透能力



无线电频率管制—ITU



UHF频段频率分配 (860MHz — 960 MHz)





800/900Mhz频段 射频识别(RFID)技术应用规定(试行)

- UHF频段具体使用频率为840-845MHz和920-925MHz
- RFID 技术无线电发射设备射频指标
 - 载波频率容限： 20×10^{-6}
 - 信道带宽及信道占用带宽：250 kHz
 - 信道中心频率：
 - $840.125 + N \times 0.25$ MHz (N为整数，取值为 0~19)
 - $920.125 + N \times 0.25$ MHz (N为整数，取值为 0~19)
 - 邻道功率泄漏比：40dB（第一邻道），60dB（第二邻道）
 - 发射功率
 - 840.5 – 844.5, 920.5 – 924.5：2W (ERP)
 - 840 – 845, 920 – 925：100mW (ERP)
 - 工作模式为跳频扩频(FHSS)，每跳频信道最大驻留时间为2秒
- 该频段的RFID技术无线电发射设备按微功率（短距离）无线电设备管理。设备投入使用前，须获得信息产业部核发的无线电发射设备型号核准证

详情请参考信息产业部有关文件：《信部无〔2007〕205 号》



电子标签工作频率和特性

| 频率 | 波长 | 耦合方式 | 距离 | 数据速率 | 典型应用 |
|-----------------|-------|------|---------|------|-----------------------|
| 125—150 KHz | 2400米 | 近场 | ~ 0.5米 | 低 | 动物识别、门禁、汽车止动装置、数据采集系统 |
| 13.56 MHz | 22米 | 近场 | ~ 1 米 | 低至中 | 公交收费、门禁、票证、资产管理 |
| 433.92 MHz (有源) | 69厘米 | 远场 | ~ 100 米 | 中 | 集装箱、物流托盆跟踪管理 |
| 860—960 MHz | 33厘米 | 远场 | 2 — 5 米 | 中至高 | 物流、轮胎 、行李 |
| 2450 MHz | 12厘米 | 远场 | 1 — 2 米 | 高 | 物品标识 |
| 2450 MHz (有源) | 12厘米 | 远场 | ~ 100 米 | 高 | 路桥自动收费、车辆管理、轮胎 |



ISO RFID空气接口协议国际标准

| 频率 | 无源 | 有源 |
|-------------|-------------------------|---------|
| 125kHz | 11784/5, 14223, 18000-2 | |
| 13.56 MHz | 14443, 15693, 18000-3 | |
| 433 MHz | | 18000-7 |
| 860-960 MHz | 18000-6 | |
| 2.45 GHz | 18000-4 | 18000-4 |

- 读写器与标签间的通信规则
- 主要内容包括
 - 信号编码与调制
 - 帧或包结构
 - 指令集和参数
 - 防冲突算法
- 防冲突算法是空气接口协议介质访问控制层的核心内容
 - 解决多个射频标签与一个读写器通信过程中产生的冲突
 - 协调这些标签之间的响应，以便读写器能正确地获取它们的识别信息，完成读写操作
 - 主要有二叉树算法和ALOHA算法

20x '0': spinup command + parameters EOF



RFID应用系统

- 简单RFID应用(闭环系统)
- 全球化供应链RFID应用
- 具有特殊需求的RFID应用
 - 高度信息安全
 - 标签周边有水或金属
 - 识读高速运动中的标签
 - 识读距离>五米
 - 大型物件的实时定位管理
 - 手机用作标签或读写器

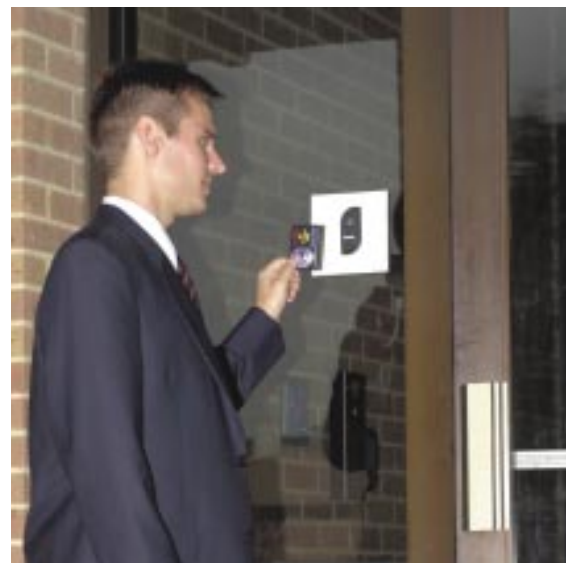


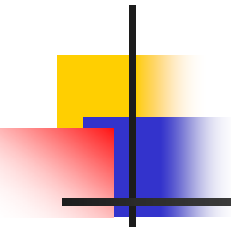
RFID系统特征

| 典型应用 | 前端数据采集系统 | 后台RFID软件系统 |
|------------|---------------------|-----------------------|
| 停车场管理、门禁系统 | 简单数据采集 | 简单或中度复杂 |
| 全球化供应链 | 复杂防冲突协议，密集读写器网络与环境 | 大型复杂RFID中间件及与企业应用系统整合 |
| 城市公交收费 | 简单数据采集，高度信息安全 | 信息安全要求较高，系统复杂性视乎规模而定 |
| 动物识别 | 简单数据采集，选用低频用以穿透肌肉组织 | 简单或中度复杂 |
| 高速公路自动收费 | 较远距离识别高速运动中的标签 | 信息安全要求较高，系统复杂性视乎规模而定 |
| 集装箱实时定位管理 | 低频激发和远距离数据传输实时定位系统 | 提供集装箱坐标，系统复杂性视乎规模而定 |
| 手机用作标签或读写器 | 具有读写器及标签功能的手机 | 通过营运商的网关激活相关服务 |

门禁系统

- 高频或低频标签
- 识读距离约0.5米
- 存储容量视乎需求而定
- 防冲突协议(上下班时间或突发事件人群撤离)
- 标签运动速度约每秒1米
- 读写器位置固定
- 数据经串口或以太网传送到计算机
- 读写器制造商提供的驱动程式或程式库类库链接到应用程序
- 后台软件应用系统视乎具体情况需要整合电锁、摄像头、报警设备等相关装置





RFID作为唯一标识的应用

- 资产跟踪管理
 - 仪器、设备、燃气瓶、车辆、船只、集装箱
- 图书和档案管理
- 废物管理
- 行李包裹
- 物流及供应链
- 制造业过程管理
- 位置与地点管理
- 票务管理
- 证照管理
 - 身份证、护照、其他证件、证书
- 人员管理
 - 婴儿、病人、囚犯、运动员



城市公共交通自动收费

- 预付款的小额有价交易
- 发卡量大
- 安全性要求高
- 全面提高城市公交系统的营运效率、改善服务质量
- 应用层次更高、综合效益更大需要一卡多用或一卡通（公共汽车、轨道交通、渡轮、出租车等等）
- 中央清算系统处理发卡、营运管理、业务清算、密钥管理



城市公共交通自动收费系统

- 庞大的社会公共支付系统
- 支付介质始终处于存在各种潜在攻击威胁的开放环境中
- 卡片和机具数量大、分布面广、业务涉及部门多、管理难度大
- 与持卡人利益紧密相关，一旦出现信息安全事故影响恶劣
- ISO/IEC 14443近耦合(约10cm)卡主导
- 高安全性非接触式CPU卡或逻辑加密卡
- RFID作为唯一标识及高安全度的存储

城市公共交通自动收费





全球化供应链管理系统

- 对贴上标签的产品，从产品组合至托盘出厂、仓库、批发商、配送中心、零售商、消费者、产品弃置，进行全程跟踪
- 革命性地提高从供应链到销售链整个产品生命周期内的物流系统效率
- 降低存货成本，提高企业综合竞争力
- 对处于供应链边缘的每个单一产品的瞬间变化，就市场环境做出迅速反应和决策
- 全面提高服务质量

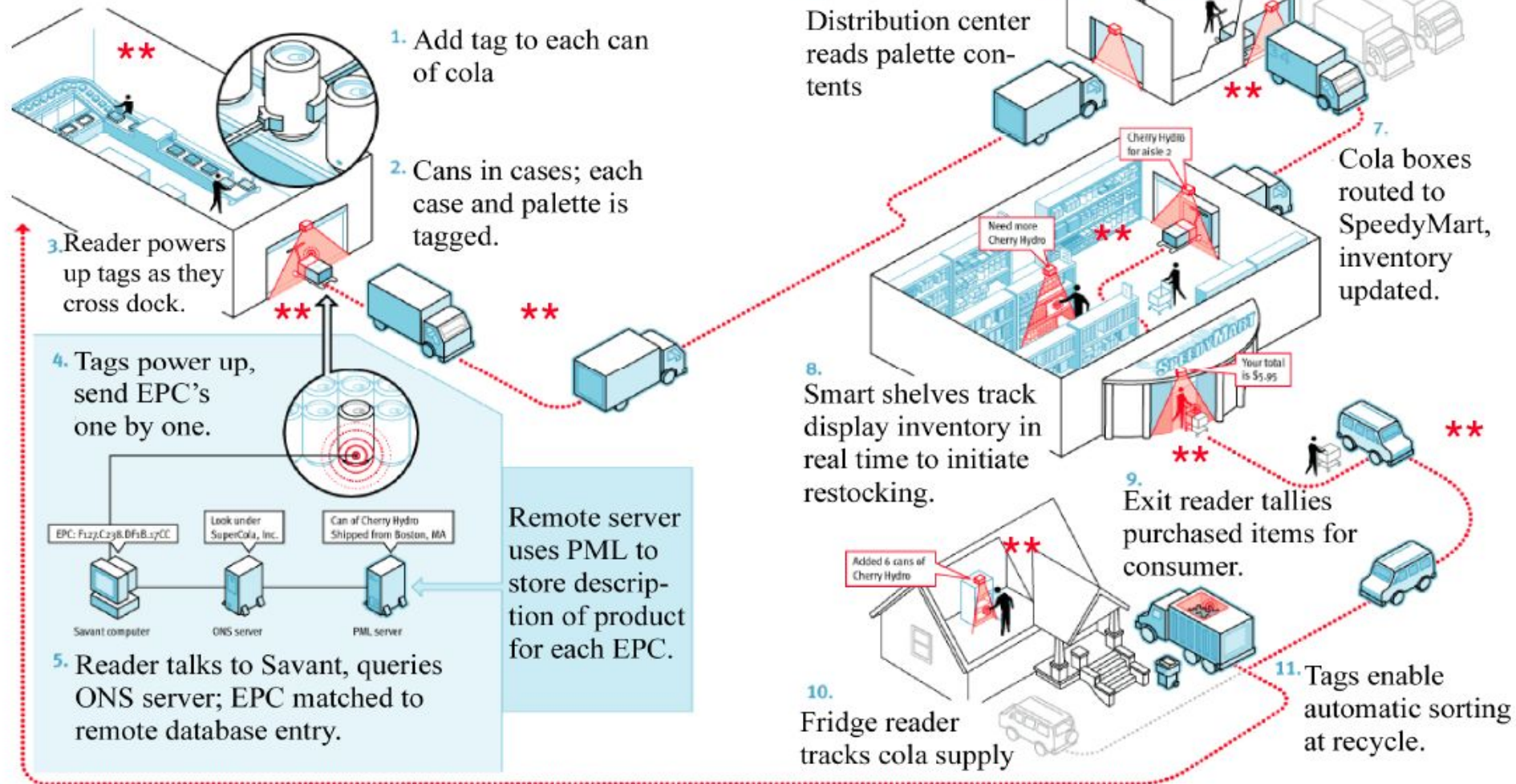


技术挑战

- 在约2米的距离内快速识读数百甚至上千个以每秒1~3米移动的货物
- 密集读写器环境，读写器间的射频干扰
- 供应链应用中涵盖各种各类形状大小不一的物品，其中可能包含水和金属
- 重复识读，以及将周边其他不该包含的游离标签也一并识读
- 读写器软件的配置、更新、和安全考虑
- 标签事件数据以千倍甚至万倍地增长
- 覆盖全球的产品数据查询

全球化供应链管理系统

Supply Chain Automation with RFID



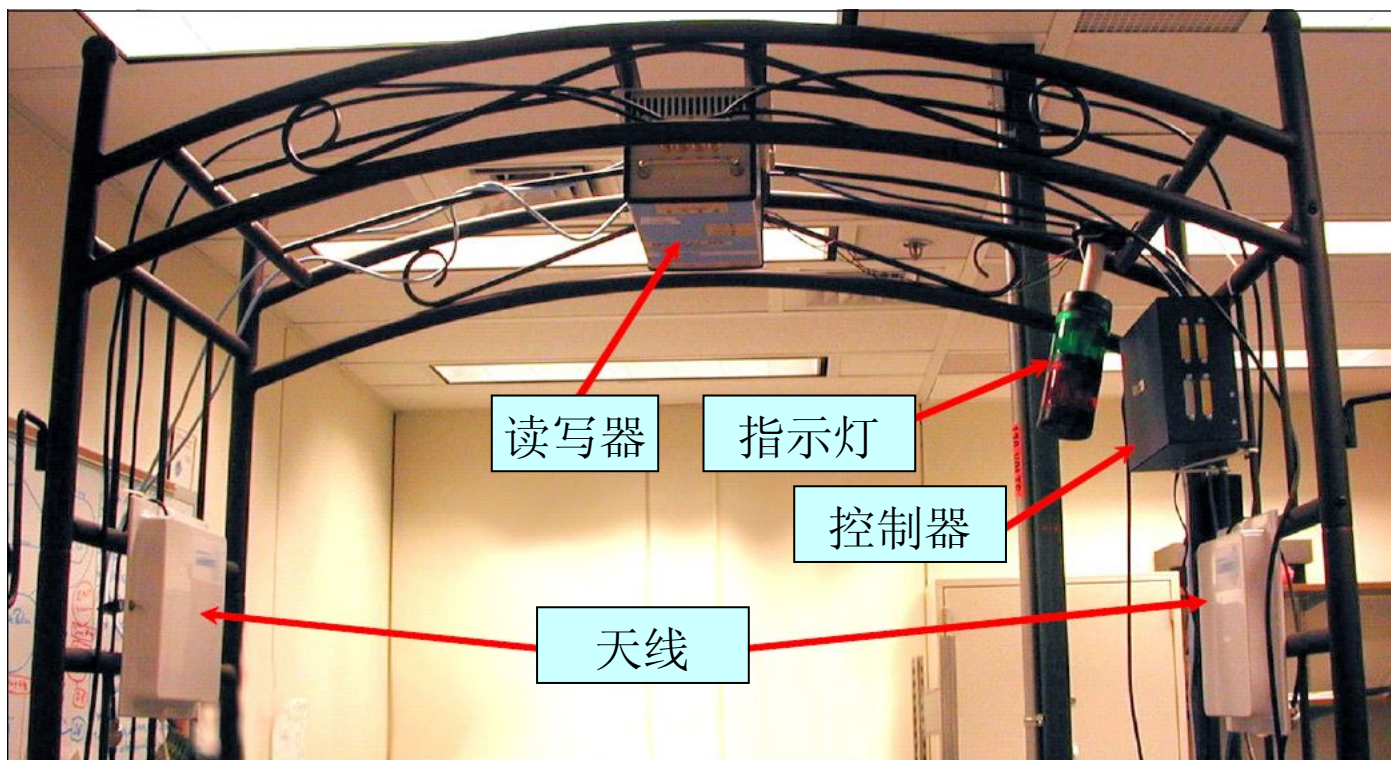
**

Standard sensor interfaces

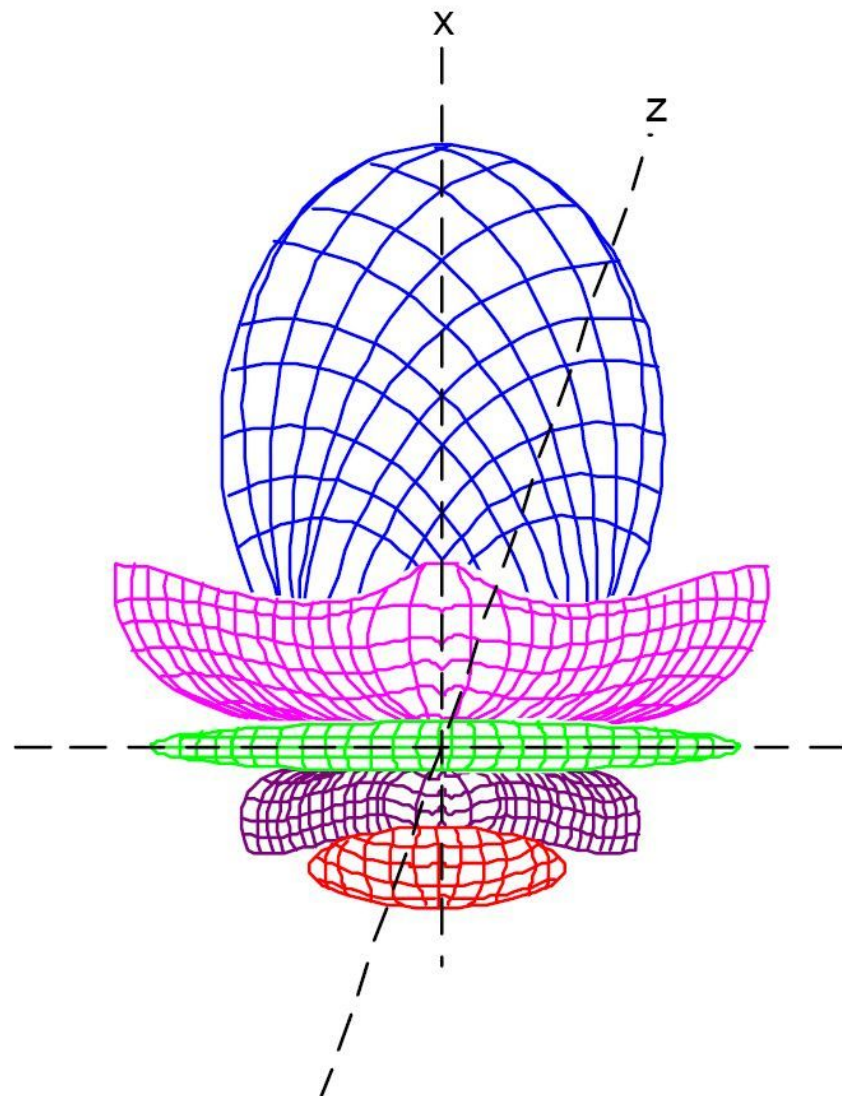
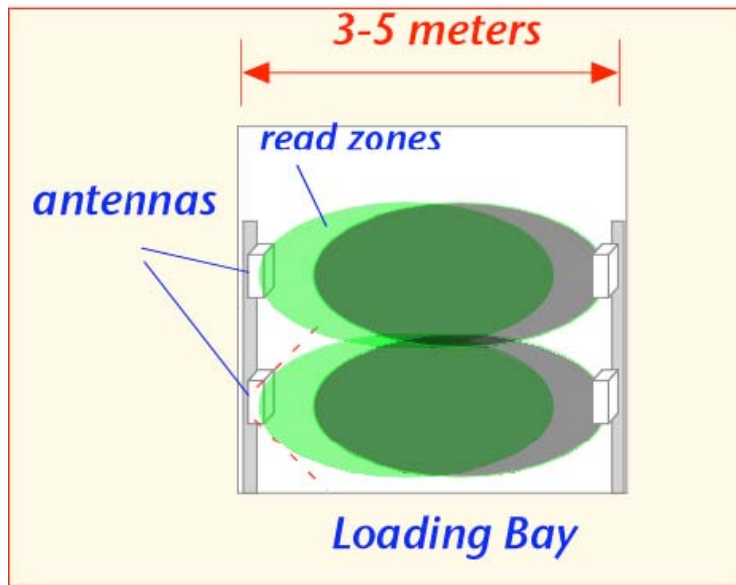
Courtesy of eSmart Source, Inc—www.esmartsource.com

Source: EPCglobal

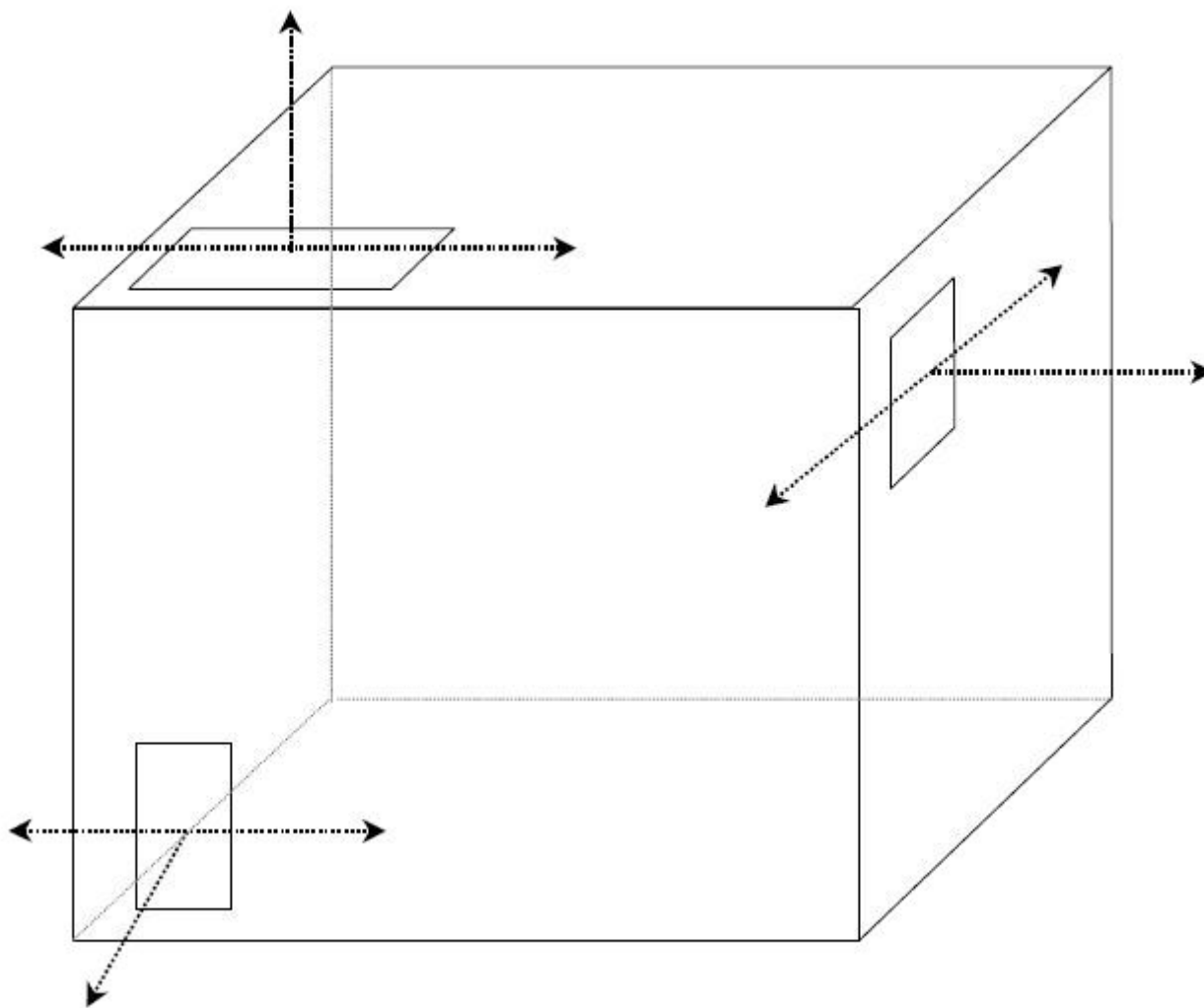
读写器与天线



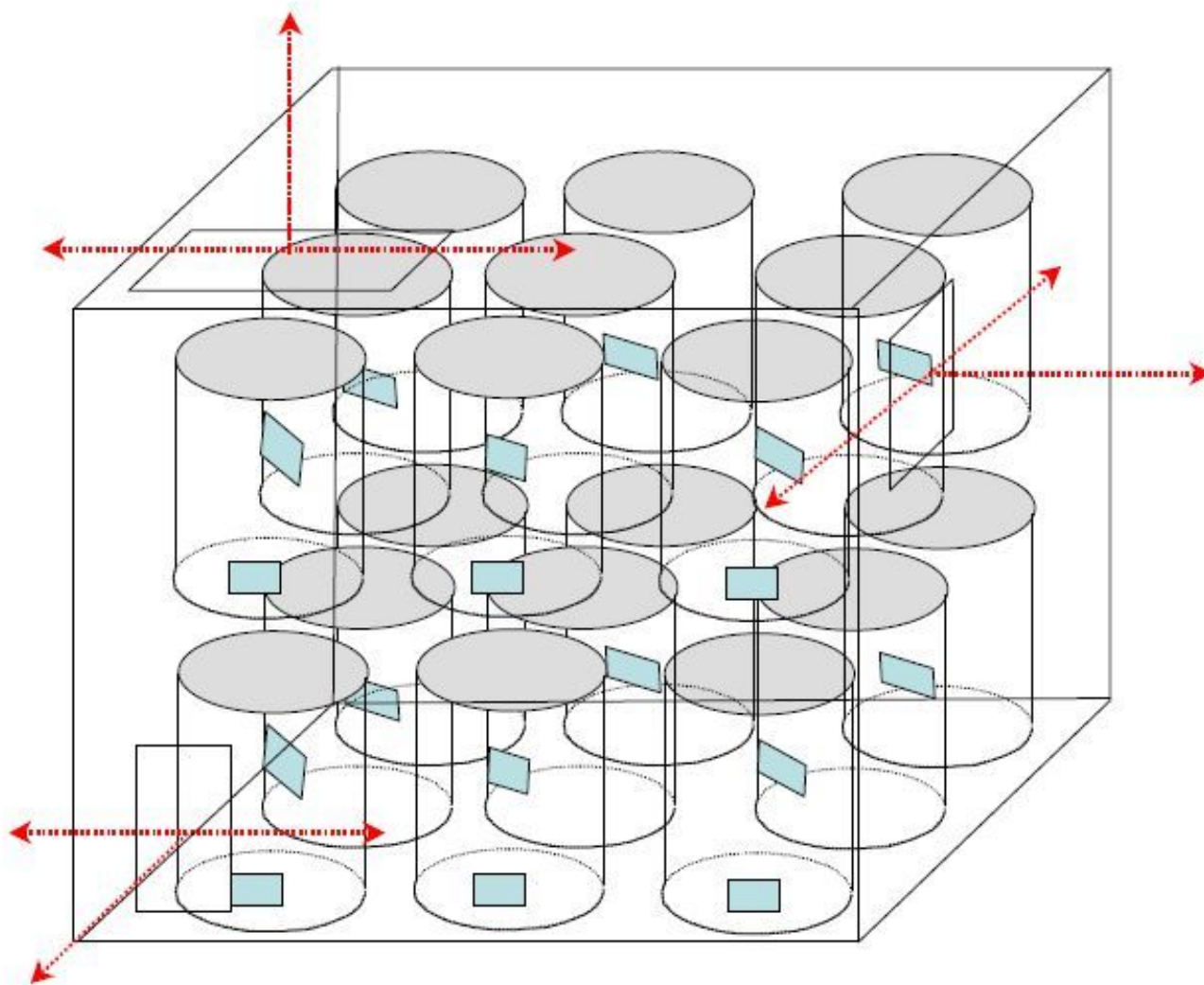
典型射频广播模式



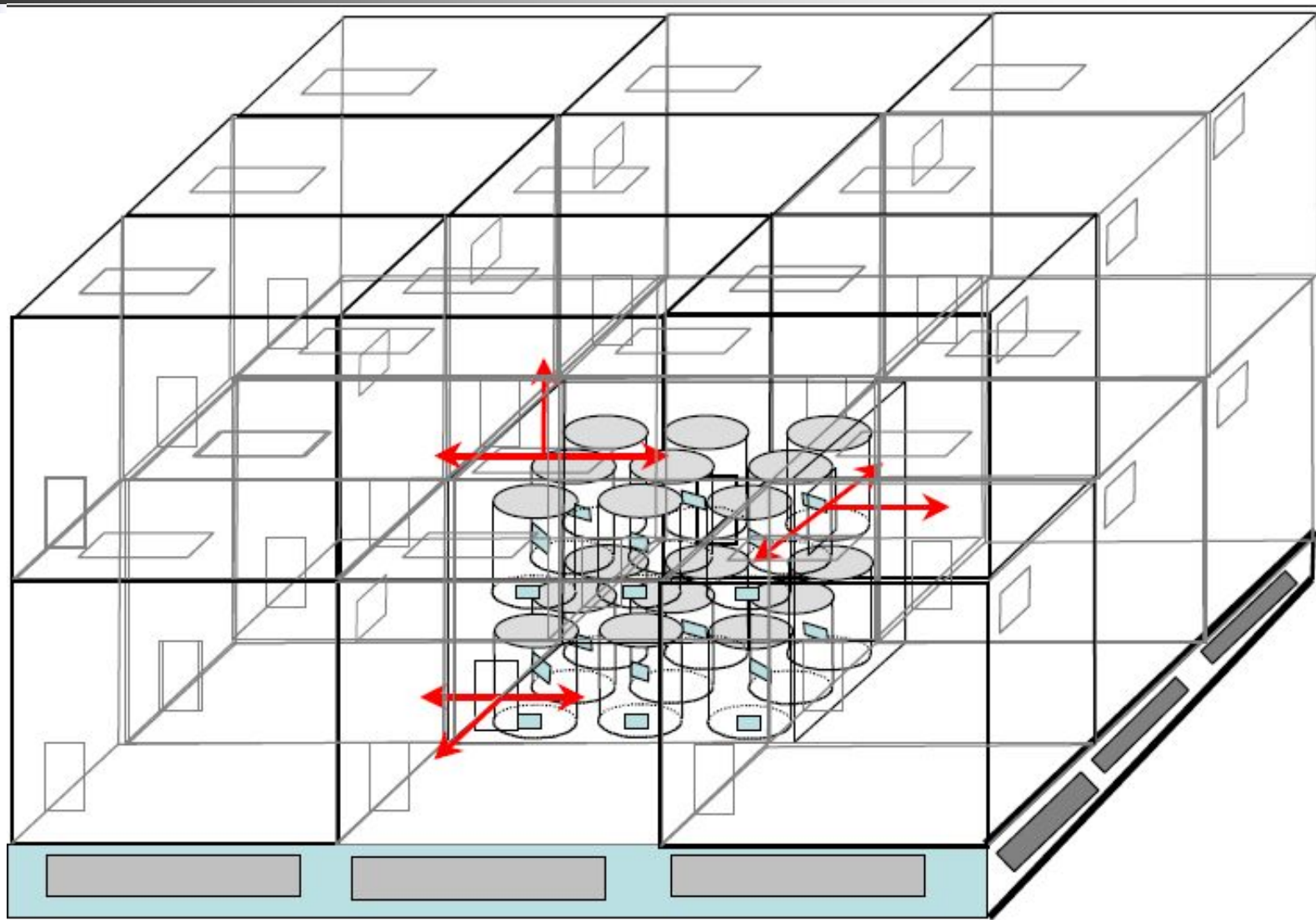
单一包装箱标签位置



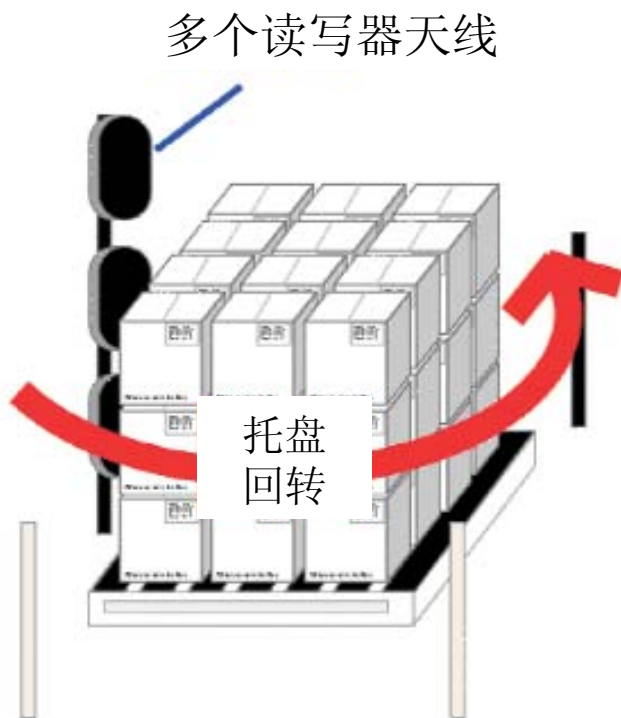
大包装箱内产品的标签位置



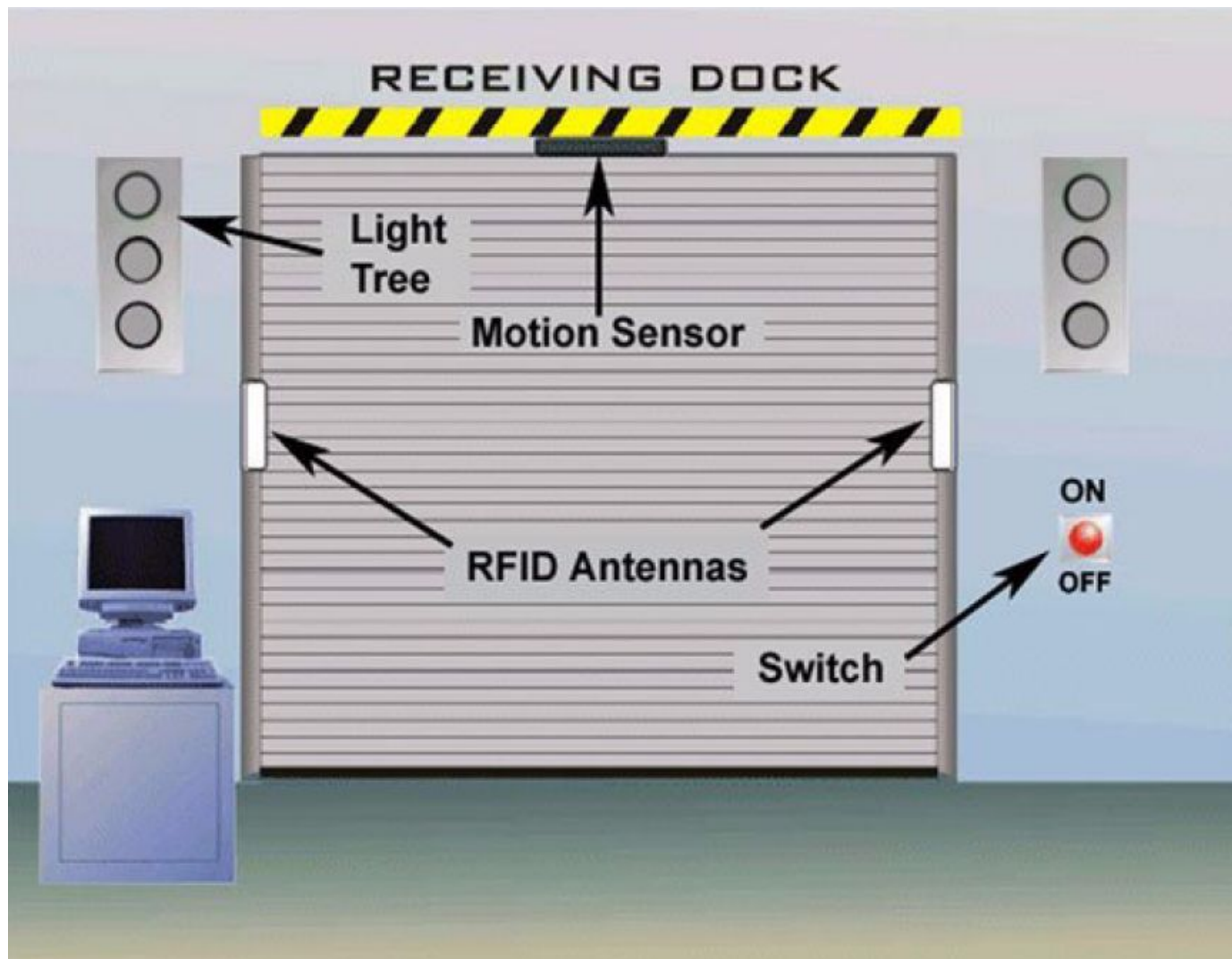
托盘、包装箱、产品标签的复杂性



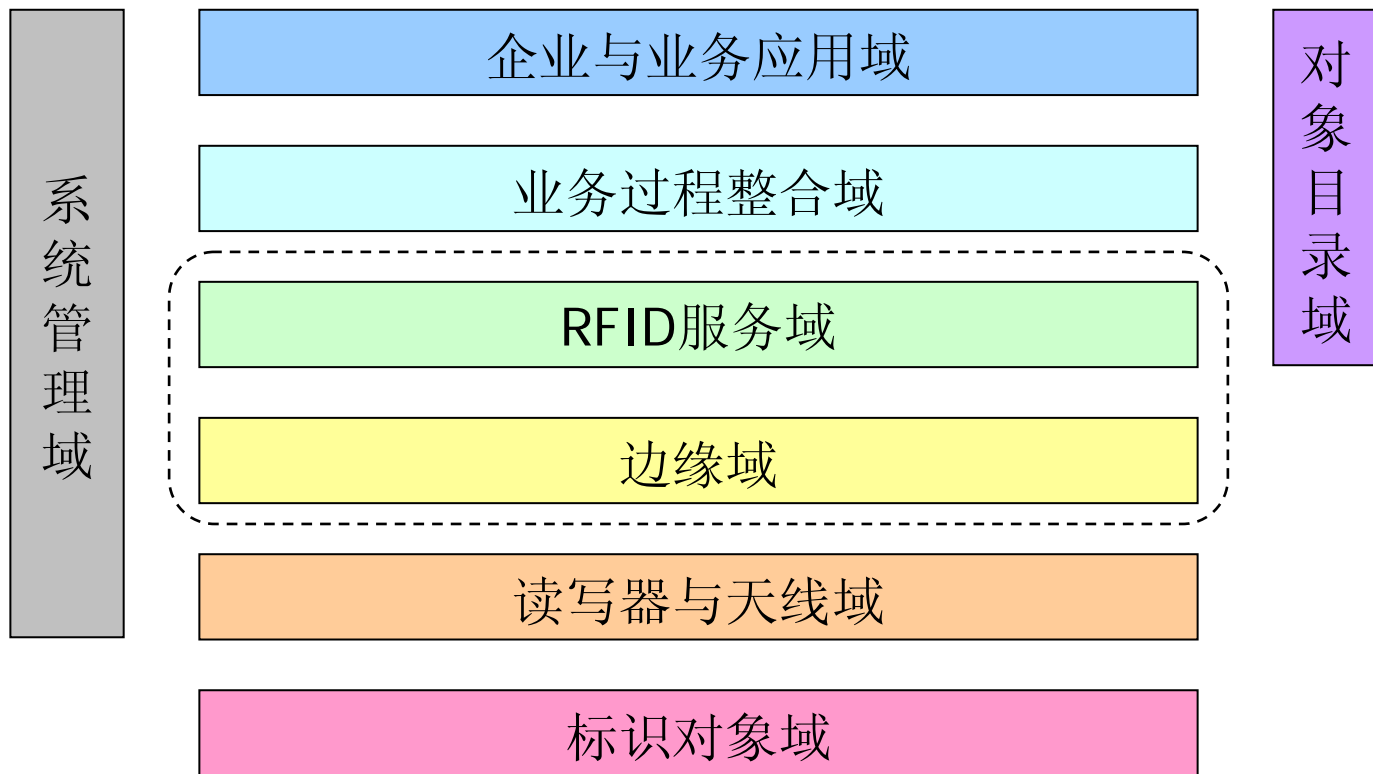
由包装箱组成托盘



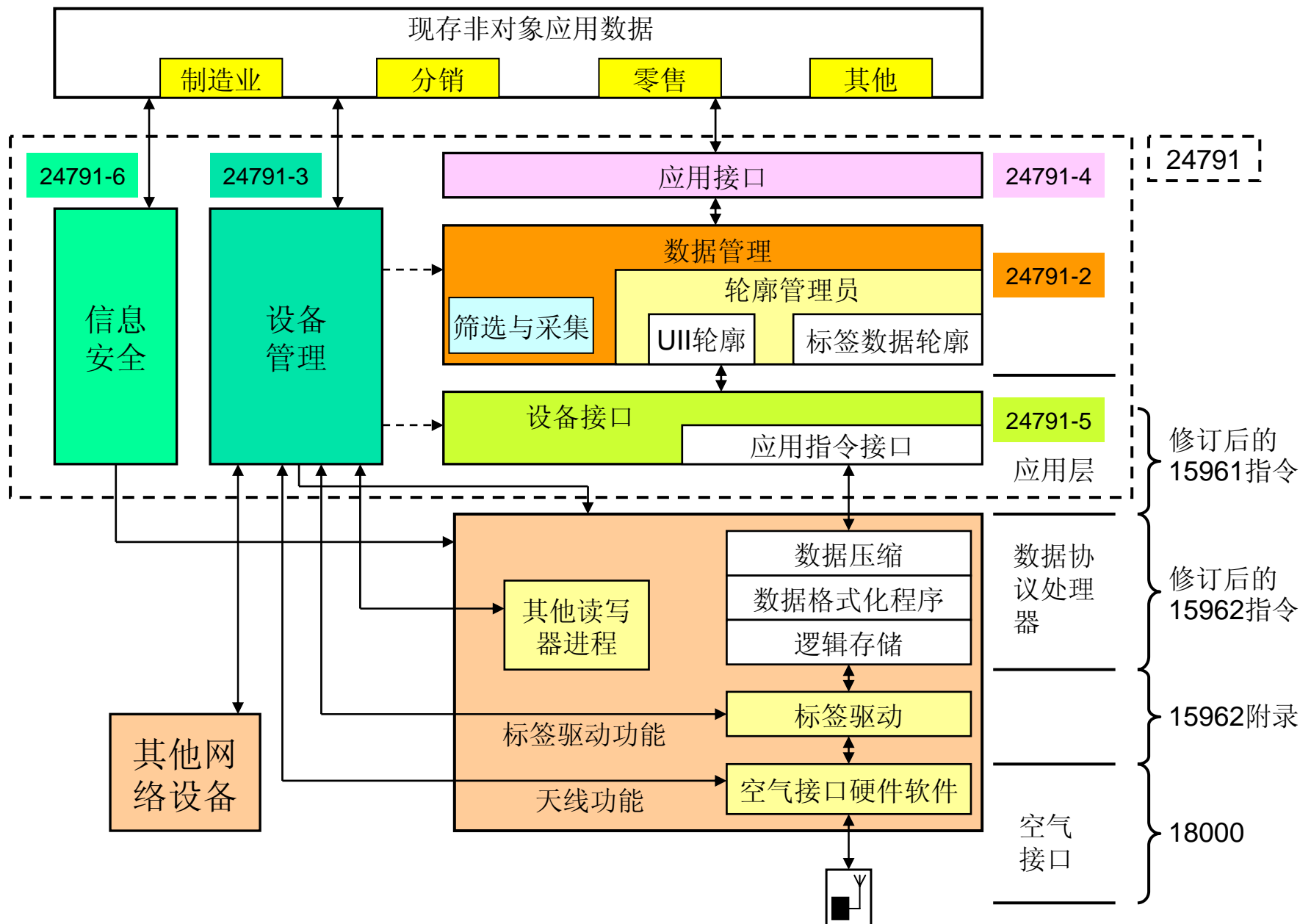
收货闸门场景



RFID系统架构



ISO/IEC电子标签相关标准



RFID 系统

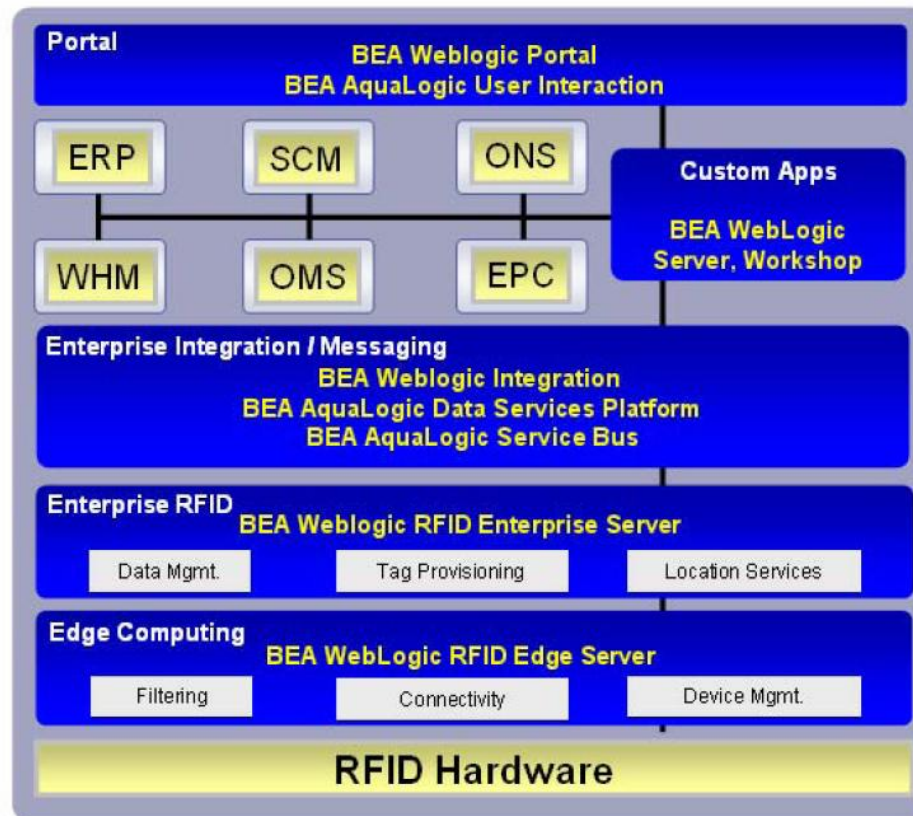


BEA RFID系统架构

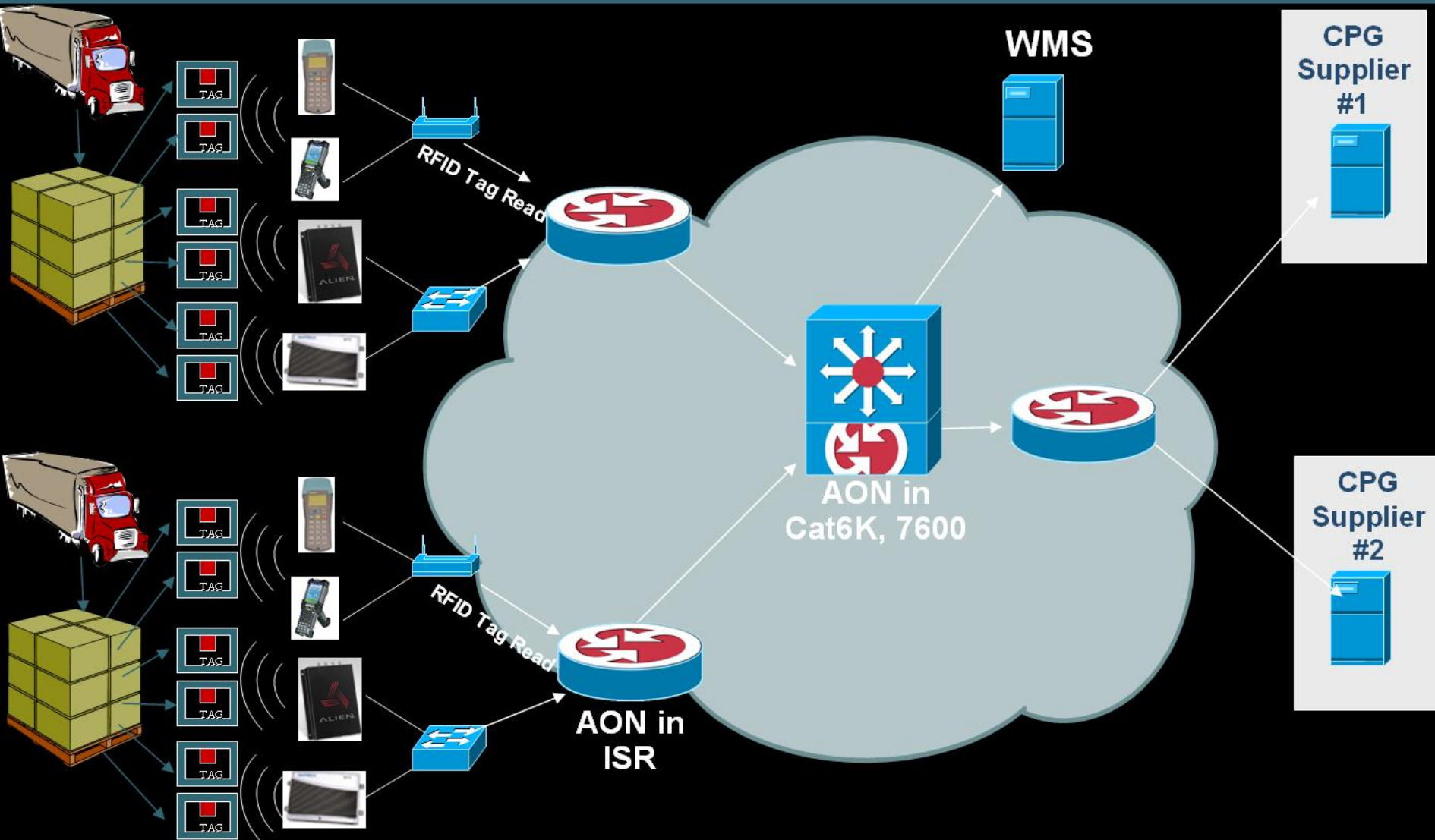


RFID at Enterprise

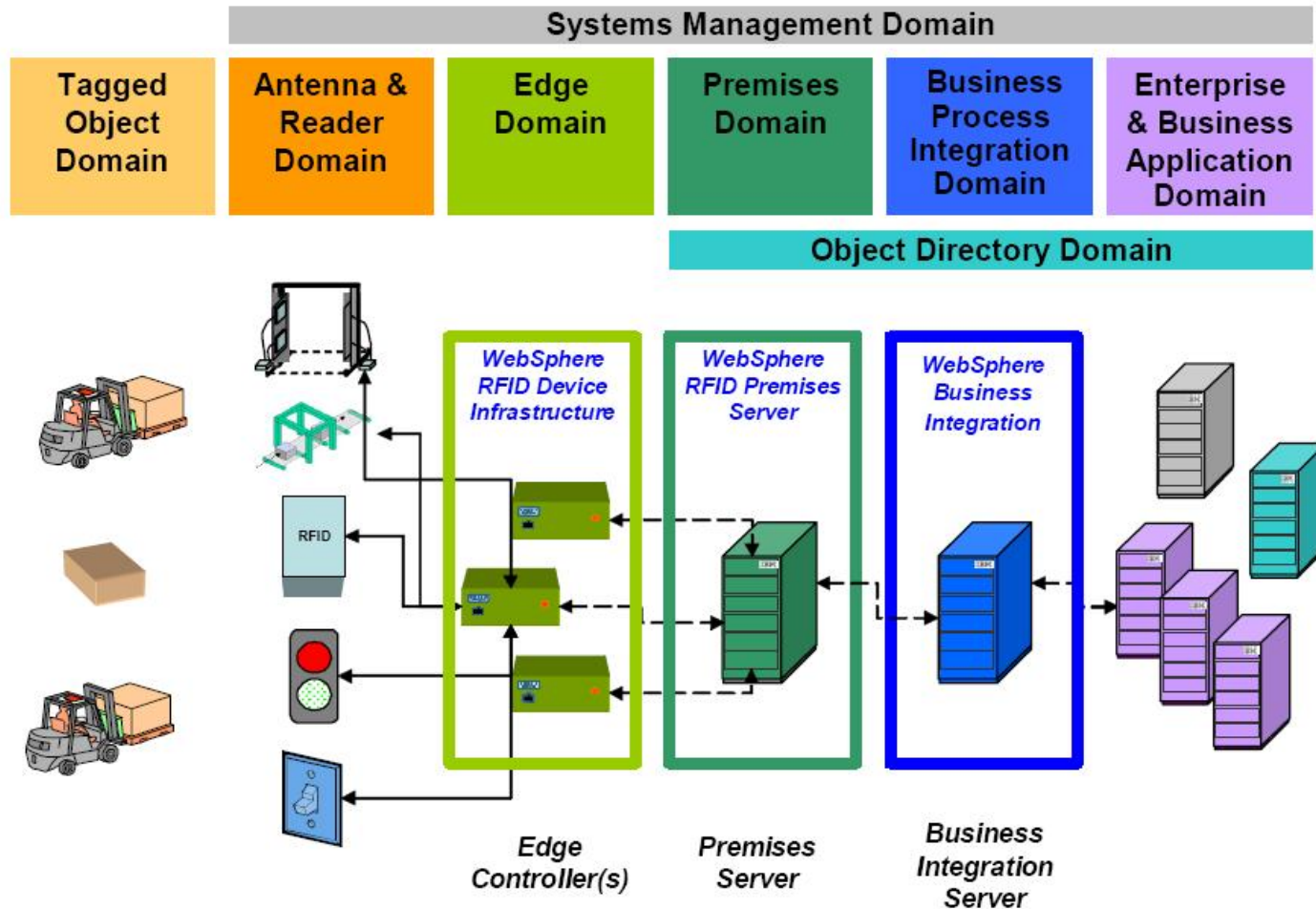
.....
RFID at Edge



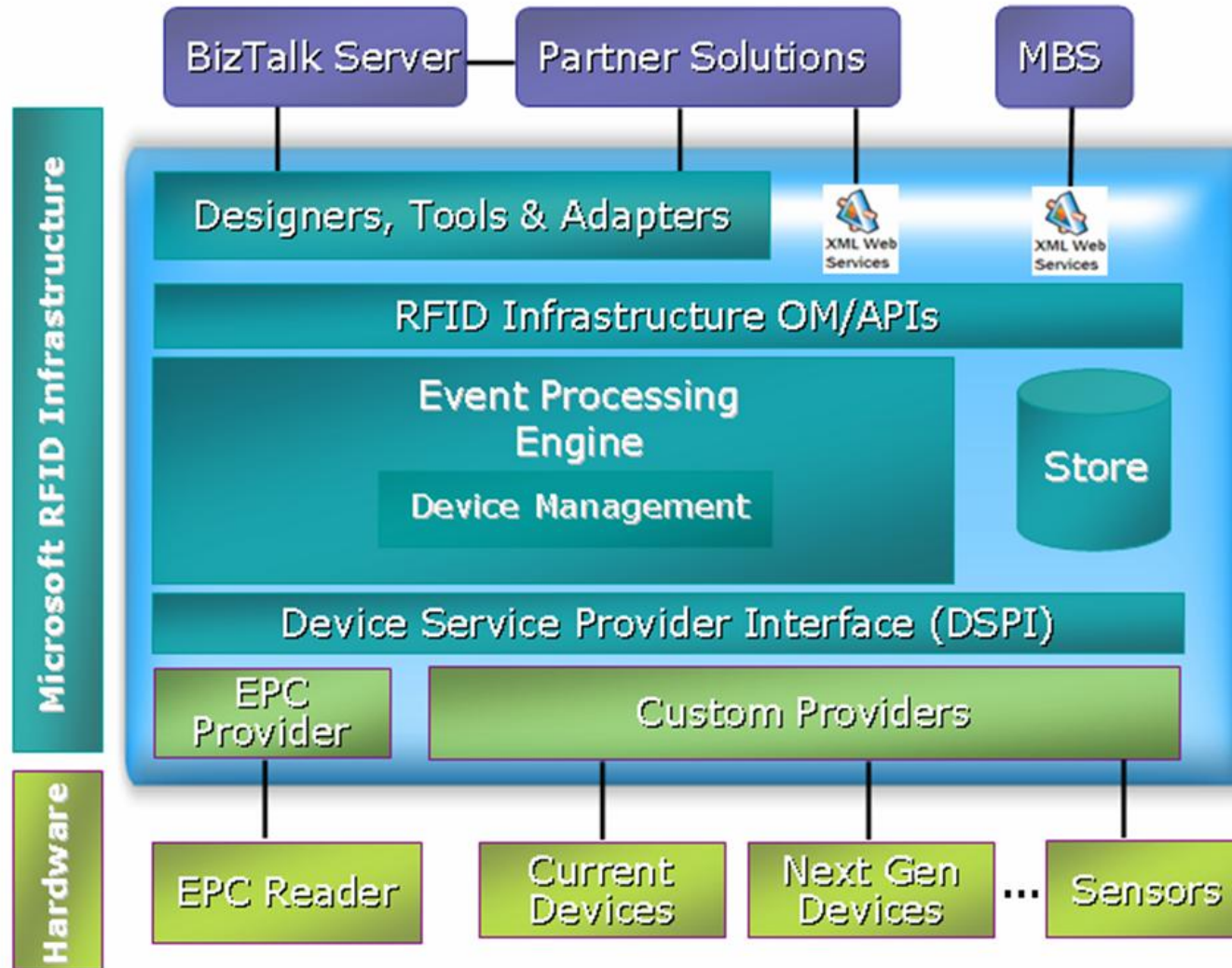
思科面向应用网络(AON)的RFID应用



IBM RFID解决方案

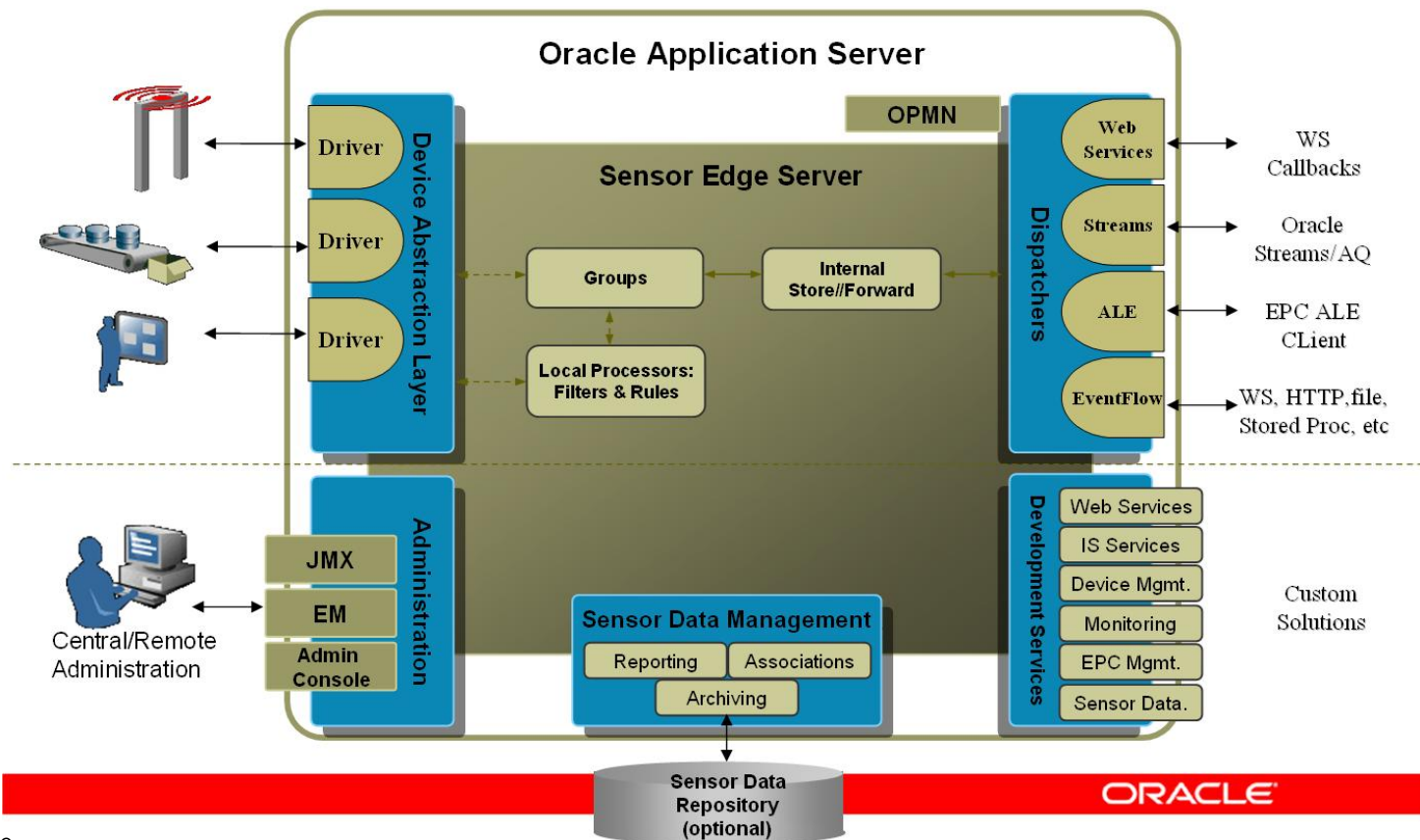


微软RFID解决方案架构



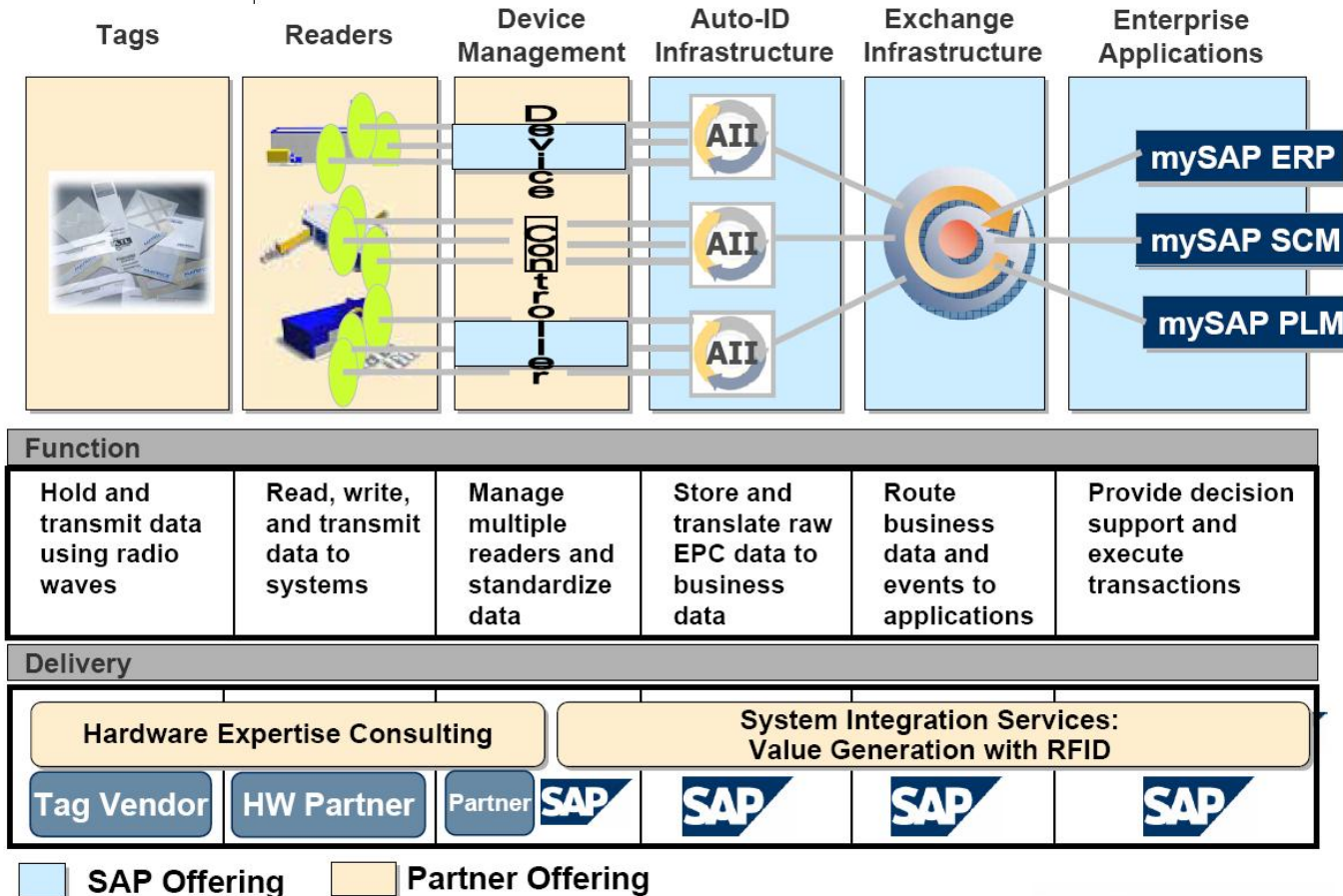
Oracle RFID解决方案架构

Architecture Overview



SAP RFID解决方案架构

The Radio Frequency Identification (RFID) Solution Landscape





唯一标识号

| 缩略语 | 全称 | 说明 |
|-----|---------------------------|--|
| UID | Unique ID 唯一标识号 | 对Chip ID (CID), Tag ID (TID), Item ID (IID), Object ID (OID)等的通称 |
| CID | Chip ID 芯片标识号 | 在电子标签芯片里的永久不便的唯一标识号 |
| TID | Tag ID 标签标识号 | 电子标签的永久不便的唯一标识号。它可以是芯片里的CID，但也可能不是，尤其是当标签里有数个芯片时。TID可以用于识别该电子标签的生产或封装厂家，从而构成标签的一部分 |
| OID | Object ID 对象标识号 | 用以识别一个信息对象（如产品、机构、人、标准、文件等）的明确的唯一标识号 |
| UII | Unique Item ID 唯一项目标识号 | 用以识别一个实体的唯一标识号 |



ISO/IEC 标准的电子标签唯一标识号

| ISO/IEC 标准号 | 类型/模式 | 唯一标识号 | 长度/位 (bits) |
|----------------------|--------|---------------|------------------------|
| 14443 (13.56MHz) | Type A | UID | 32, 56, 80 |
| | Type B | PUPID | 32 |
| 15693 (13.56MHz) | — | UID | 64 |
| 18000-2 (<135KHz) | Type A | UID, SUID | 64, 48 |
| | Type B | UID, SUID | 64, 48 |
| 18000-3 (13.56MHz) | Mode 1 | UID | 64 |
| | Mode 2 | UID | 64 |
| 18000-4 (2.45GHz) | Mode 1 | UID | 64 |
| | Mode 2 | UID | 32 |
| 18000-6 (860-960MHz) | Type A | UID, SUID | 64, 40 |
| | Type B | UID | 64 |
| | Type C | UID, TID | 16-496, TID基于ISO 15963 |
| 18000-7 (433MHz) | — | MfrID + TagID | 48 (16+32) |

ISO/IEC 唯一标识号(UID)结构

| Allocation Class 分配类 (AC) | UID issuer Registration Number UID发行者注册号 | Serial number 序列号 |
|------------------------------|---|----------------------|
| 8 bits | 由AC的值决定 | 由AC和UID发行者的值决定 |

| AC值 | 分类 | UID发行者 标识号大小 | 序列号大小 | UID发行者注册号”的注册机构 |
|-----------------------------------|------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| 11100000_2 $E0_{16}$ | 7816-6 | 8 bits | 48 bits | APACS (ISO/IEC 7816-6 注册机构) |
| 11100001_2 $E1_{16}$ | 14816 | 由NEN指定 | 由NEN指定 | NEN (ISO 14816 注册机构) |
| 11100010_2 $E2_{16}$ | EAN.UCC | 由EAN.UCC 指定 | 由EAN.UCC 指定 | EAN.UCC |
| 000xxxxx | INCITS 256 | 由ANS INCITS 256指定 | 由ANS INCITS 256指定 | ANSI ASC INCITS T6 |
| 11100011_2 — 11101111_2 | RFU | 不适用 | 不适用 | 由ISO保留作日后用途 |



ISO/IEC 15459 唯一标识号

- 用于物流与供应链领域的物品标识
- 共有6个部分
 - 15459-1运输单元
 - 15459-2注册程序
 - 15459-3唯一标识号公共规则
 - 15459-4唯一标识号用于供应链管理
 - 15459-5可回收运输项目的唯一标识
 - 15459-6产品组合的唯一标识号在物料生命周期管理
- 三种类型的唯一标识号
 - GS1(EAN/UCC)应用标识符(AI)
 - ASC MH10数据标识符(DI)
 - ISO/IEC 9834-1对象标识符(OID)

读写器协议指令XML Schema

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
- <xsd:schema targetNamespace="urn:epcglobal:rp:xsd:1" xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  xmlns:epcglobal="urn:epcglobal:xsd:1" xmlns:rp="urn:epcglobal:rp:xsd:1" elementFormDefault="unqualified"
  attributeFormDefault="unqualified" version="1.0">
+ <xsd:annotation>
  <xsd:include schemaLocation="RpCommon.xsd" />
  <xsd:import namespace="urn:epcglobal:xsd:1" schemaLocation="./EpcGlobal.xsd" />
  <!-- Reader Protocol Command -->
- <xsd:element name="command">
+ <xsd:annotation>
- <xsd:complexType>
  - <xsd:sequence>
    + <xsd:element name="id" type="xsd:string">
    + <xsd:element name="targetName" type="xsd:string" minOccurs="0">
    - <xsd:choice>
      + <xsd:element name="readerDevice" type="rp:ReaderDeviceCommand">
      + <xsd:element name="source" type="rp:SourceCommand">
      + <xsd:element name="ReadPoint" type="rp:ReadPointCommand">
      + <xsd:element name="trigger" type="rp:TriggerCommand">
      + <xsd:element name="tagSelector" type="rp:TagSelectorCommand">
      + <xsd:element name="notificationChannel" type="rp:NotificationChannelCommand">
      + <xsd:element name="dataSelector" type="rp:DataSelectorCommand">
      + <xsd:element name="eventType" type="rp:EventTypeCommand">
      + <xsd:element name="triggerType" type="rp:TriggerTypeCommand">
      + <xsd:element name="fieldName" type="rp:FieldNameCommand">
      + <xsd:element name="tagField" type="rp:TagFieldCommand">
      + <xsd:any namespace="##any" processContents="lax">
        <!-- Reader Protocol (Target) Object Types -->
        <!-- elements inside are ordered in alphabetical order -->
      </xsd:choice>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>
```

主机发送指令到读写器例子

The command

NotificationChannel.setAddress(addr: address): void

invoked as

channel1.setAddress("http://myhost.com:8080/EPCApp")

SHALL be formatted as

Object
Type
Name

Command

Parameters

```
<command>
  <id>1234</id>
  <targetName>channel1</targetName>
  <notificationChannel>
    <setAddress>
      <addr>http://myhost.com:8080/EPCApp</addr>
    </setAddress>
  </notificationChannel>
</command>
```



主机发送指令到读写器例子(厂家扩展)

The vendor extension command

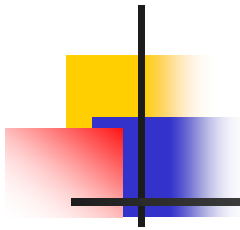
Acme:String.Concatenate(Left:string, Right:string): string

invoked as

Acme:myString.Concatenate("abc", "xyz")

SHALL be formatted as

```
<command>
  <id>1234</id>
  <targetName>myString</targetName>
  <acme string xmlns:acme="http://www.acme.com/rp/extension">
    <acme:concatenate>
      <acme:left>abc</acme:left>
      <acme:right>xyz</acme:right>
    </acme:concatenate>
  </acme:string>
</command>
```



谢谢！

2007年7月