



## 二、无线射频识别技术

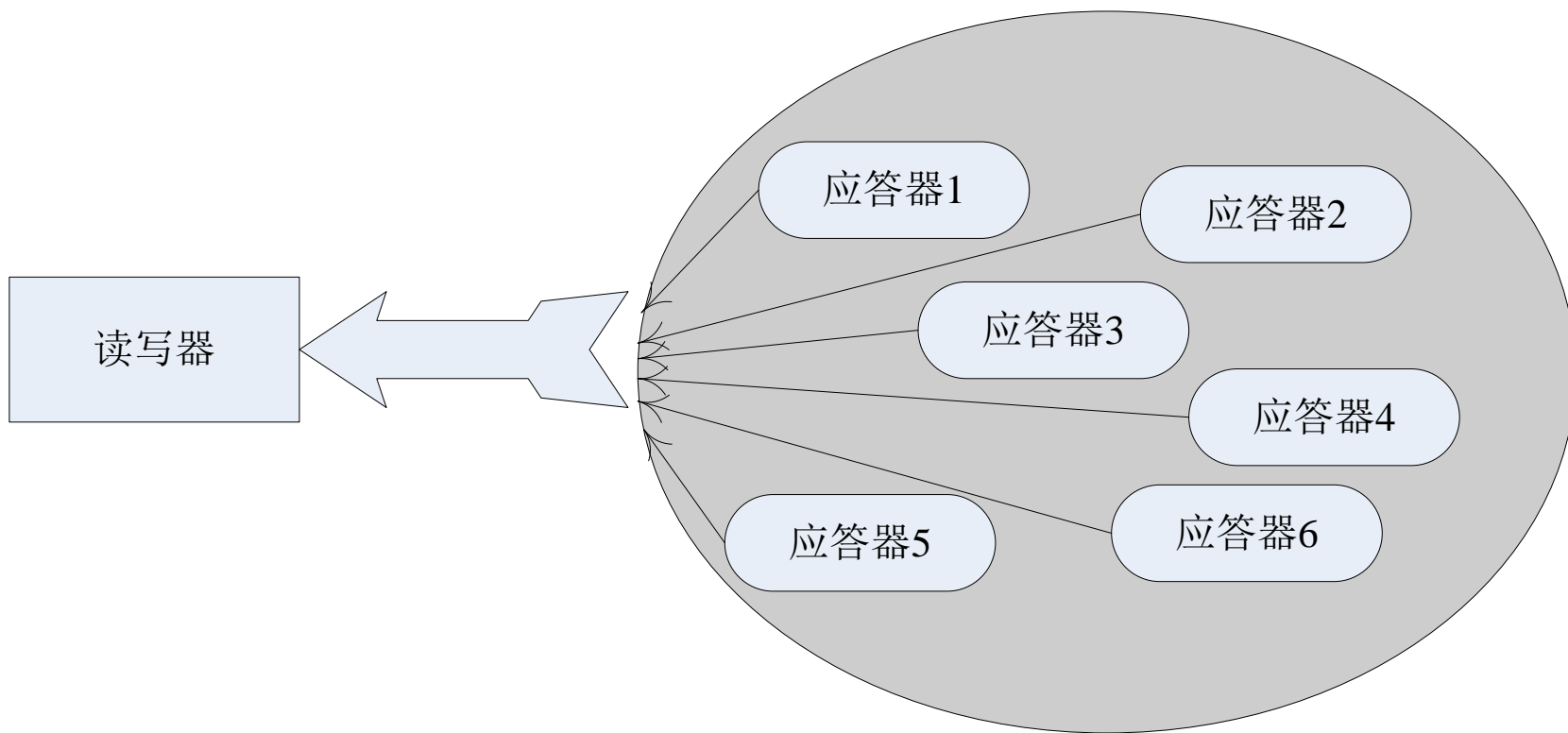
---

欧阳元新

2020年9月28日

[oyyx@buaa.edu.cn](mailto:oyyx@buaa.edu.cn)

# 多目标识别与系统防冲突





# 冲突？！

---

- 由于无法预知读写范围内的应答器的情况，因此从读写器到应答器的数据传输只能采用广播形式，即读写器发送的信号被所有应答器同时接收
- 此时，由于同一标准的应答器采用的频率是一样的，因此如果多个应答器同时发送数据必然会导致读写器读到的数据面目全非，这就是所谓的冲突



# 如何解决冲突

---

- 读写器→标签：类似于无线电广播，多个接收机（标签）同时接收同一个发射机（读写器）发出的信息
- 标签→读写器：称为多路存取，使得在读写器作用范围内多个标签的数据同时传送给读写器
- 可以借鉴无线电通信系统中多路存取的方法解决冲突问题



# 射频识别系统中 常用的多路存取方法

---

- 空分多路法（SDMA）
- 频分多路法（FDMA）
- 时分多路法（TDMA）

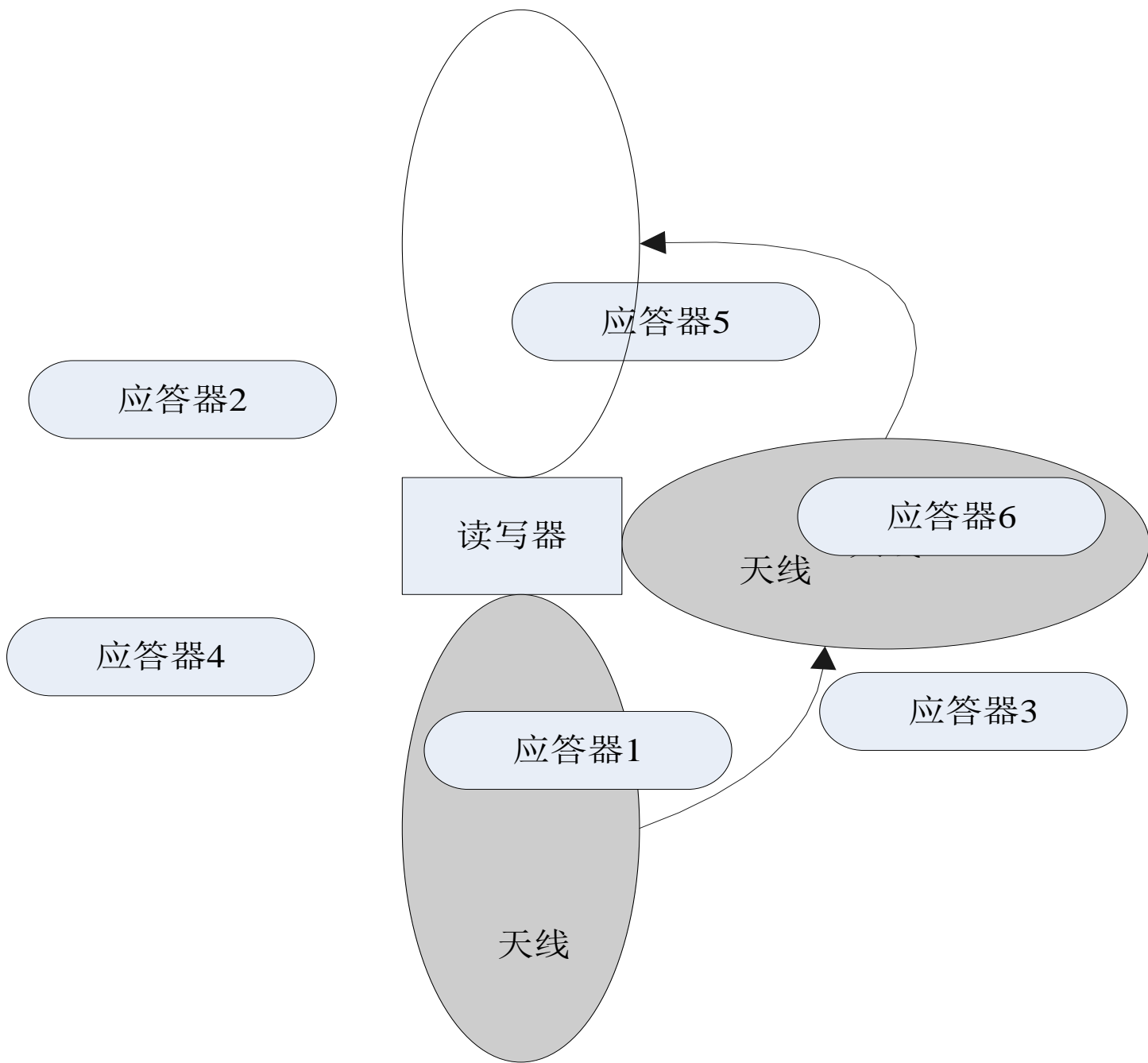


# 空分多路法（SDMA）

---

- 空分多路（**Space Division Multiple Access**）法可以理解为在分离的空间范围内重复使用确定的资源
- 应用到无线射频识别中，一般有两种方式：
  - 使用多个读写器，并将它们的天线安置在一个阵列中，当应答器进入不同的天线作用区内的时候，对应的读写器可以读取应答器中的数据

■ 控制天线依次对准每个应答器  
或者应答器逐次对准天线





# 空分多路法的缺点

---

- 复杂的天线系统
- 相当高的实施费用
- 一般应用于某些特殊应用场合





# 频分多路法

---

- 频分多路（**Frequency Division Multiple Access, FDMA**）法是把若干个使用不同载波频率的传输通路同时供通信用户（应答器）使用的方法
- 在射频识别的下行通路（从读写器到应答器）的频率固定的情况下，上行通路（从应答器到读写器）中，应答器可以采用各自独立的副载波频率（如在某个频率范围内）来进行数据传输



## 频分多路法的缺点

---

- 每个接收通路必须有自己单独的接收器，以接收不同频率的应答器信号
- 局限性大，读写器的成本很高



# 时分多路法

---

- 时分多路（Time Division Multiple Access, TDMA）法是把整个可供使用的通路容量按时间槽分配给多个用户（应答器）使用的方法，可以分为：
  - 标签控制法（随机的冲突分析）
  - 读写器控制法（减少冲突应答器集合）



# 标签控制法——随机的冲突分析

---

- 每个应答器随机选择一个时间槽
- 如果发生冲突，应答器就换成另外的时间槽
- 开关断开法：应答器成功完成数据交互后，通过读写器发出的命令进入“静止”状态，即不再发送自己的序列号和数据
- 非开关法



# 标签控制法——随机的冲突分析

---

- 成功识别所有应答器的概率由应答器数目和时间槽总数决定
  - 应答器数目：进行多次试探性读取并根据结果估计
  - 时间槽总数：根据估计结果进行调整
- 优点：可以在比较短的时间内识别出大部分的应答器
- 缺点：最后可能会产生一定的误差



# 读写器控制法

## ——减少冲突应答器集合

---

- 每次找到一个应答器，成功后就沉默
- 应答器依次产生响应
- 轮询法：所有的序列号被读写器依次询问，直至某个有相同序列号的应答器响应为止
- 二进制搜索法



## 二进制搜索法

---

- 读写器发出一个请求命令，以从一组应答器中选择其中之一
- 读写器通过合适的信号编码，确定发生冲突的准确比特位置，从而对应答器返回的数据做出进一步的判断，发出另外的请求命令，以最终确定读写器作用范围内的所有应答器



# 读写器控制法

## ——减少冲突应答器集合

---

- 优点：在足够长的时间内总可以识别出所有的应答器
- 缺点：在某些情况下，可能在不匹配任何应答器的序列号上耽搁太长时间





# ISO14443与ISO15693

---

ISO14443: Proximity Coupling

ISO15693: Vicinity coupling



# 耦合类型

---

- 密耦合：0~1cm，30M以下频率，通常是插入读写器中或者放置到读写器天线的表面，适合安全性较高，作用距离无要求的应用系统，如电子门锁、饭卡。
- 遥耦合：1m，分为近耦合（典型作用距离15cm）和疏耦合（1m）
- 远距离系统：1~10m。



# ISO 14443与ISO15693

---

- ISO 14443和ISO 15693标准在1995年开始操作，单个系统于1999年进入市场，两项标准的完成则是在2000年之后
- 二者皆以13.56MHz交变信号为载波频率
  - ISO15693读写距离较远，当然这也与应用系统的天线形状和发射功率有关
  - ISO 14443 读写距离稍近，但应用较广泛，目前的第二代电子身份证采用的标准是ISO 14443 TYPE B协议



# ISO/IEC 14443

---

- 对近耦合卡（ **Proximity integrated circuit card** ）的物理特性、频谱功率、信号接口和通信协议等方面进行了详细的规定
- 对应的读写器为PCD（**Proximity Coupling Device**）
- 分为**TYPE A**和**TYPE B**两种类型

# 读写器（PCD）到应答器（PICC）的数据传输

PCD--->PICC	TYPE A	
调制	ASK 100%	(键控深度8%~12%)
位编码	改进的Miller编码	NRZ编码
	位级同步	每个字节有一个结束标志
		每个字节有一个结束标志
		每个字节有一个结束标志

“高”电平表示**1**  
“低”电平表示**0**

半个比特周期内的任意边沿表示**1**  
经过下一个比特周期不变的**1**电平表示**0**  
连续的**0**在比特周期开始的时产生跳变  
(每个边沿都用负脉冲代替)

# 应答器（PICC）到读写器（PCD）的数据传输

PICC--->PCD	TYPE A	TYPE B
调制	用振幅键控ASK调制847kHz的负载调制的负载波	用相位键控PSK调制847kHz的负载调制的负载波
位编码	Manchester编码	NRZ编码
波特率	106Kbps	106Kbps

半个比特周期时的负跳变表示**1**  
正跳变表示**0**

“帧同步”（帧开始和帧结束标记）



# 防冲突机制

---

- **TYPE A**的防冲突机制被称为“位冲突检测协议”或“二进制检索树算法”，应用的是减少冲突的应答器集合的思想
- **TYPE B**的防冲突机制又称为“**ALOHA**”法，应用的是随机的冲突分析思想



# TYPE A的相关命令

---

- **REQUEST (SNR)** —请求 (序列号)：此命令发送一序列号作为参数给应答器。应答器把自己的序列号与接收的序列号比较，如果是自己的序列号小于或等于接收的序列号，则此应答器回送序列号给读写器，由此来缩小应答器的冲突范围。
- **SELECT (SNR)** —选择 (序列号)：此命令将某个已经识别出来的序列号作为参数发送给应答器来选择该应答器。具有相同序列号的应答器将以此作为执行上层通信命令的切入开关，即没有相同序列号的应答器将对上层通信命令不予响应。具有不同序列号的应答器只对**REQUEST**命令应答。





# TYPE A的相关命令

---

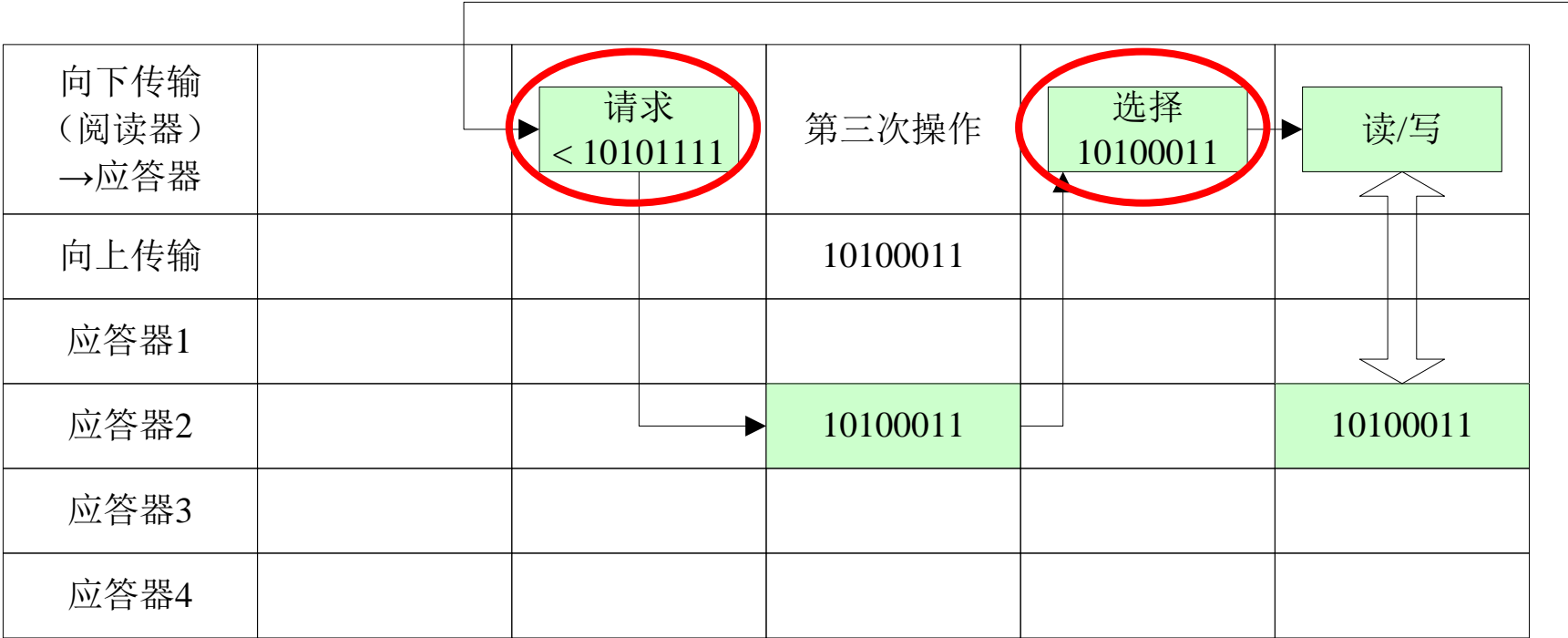
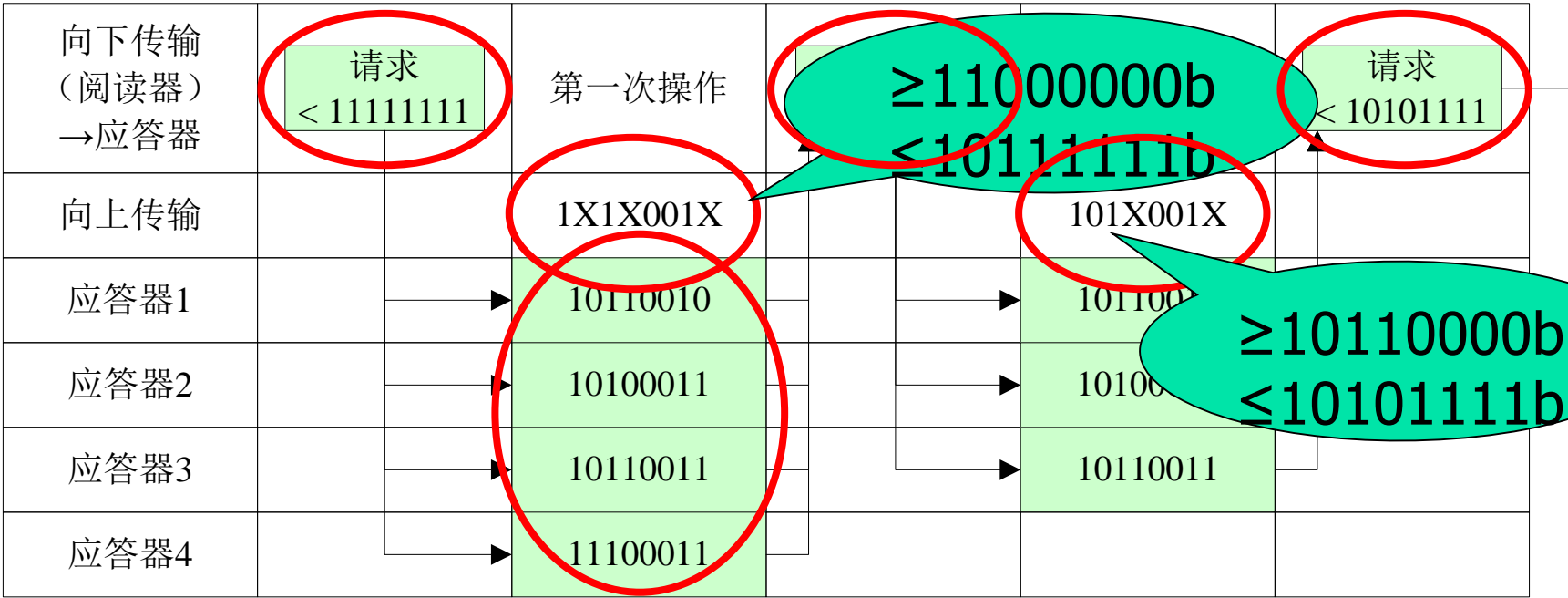
- **READ-DATA—读出数据：**选中的应答器将存储的数据发送给读写器，此命令属于上层通信命令。
- **UNSELECT—取消选择：**取消一个事先被选中的应答器，应答器进入“无声”状态，在这种状态中应答器是非激活的，对收到的**REQUEST**命令不予应答。为了激活应答器，必须暂时离开读写器的作用范围以进行复位。



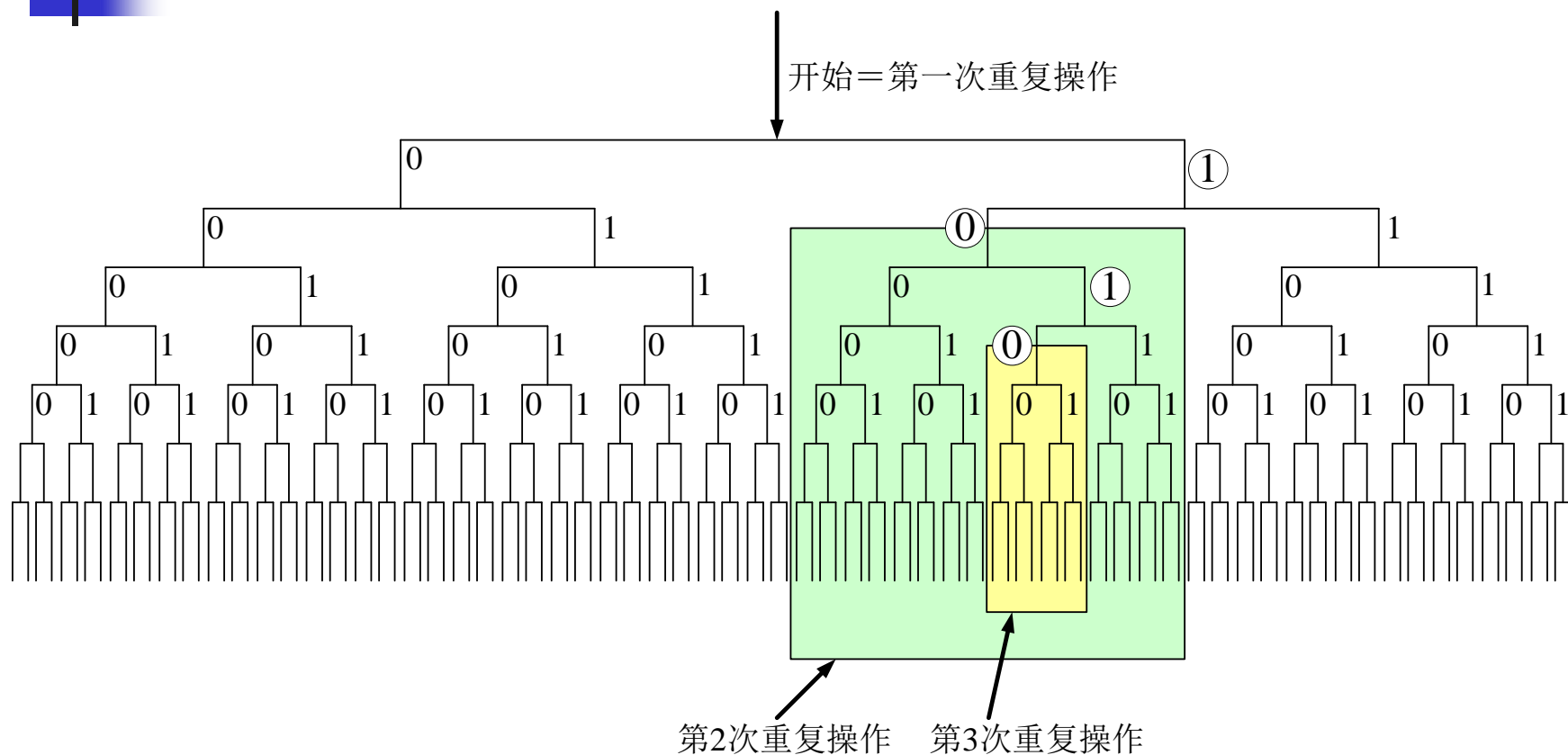
# TYPE A的防冲突机制

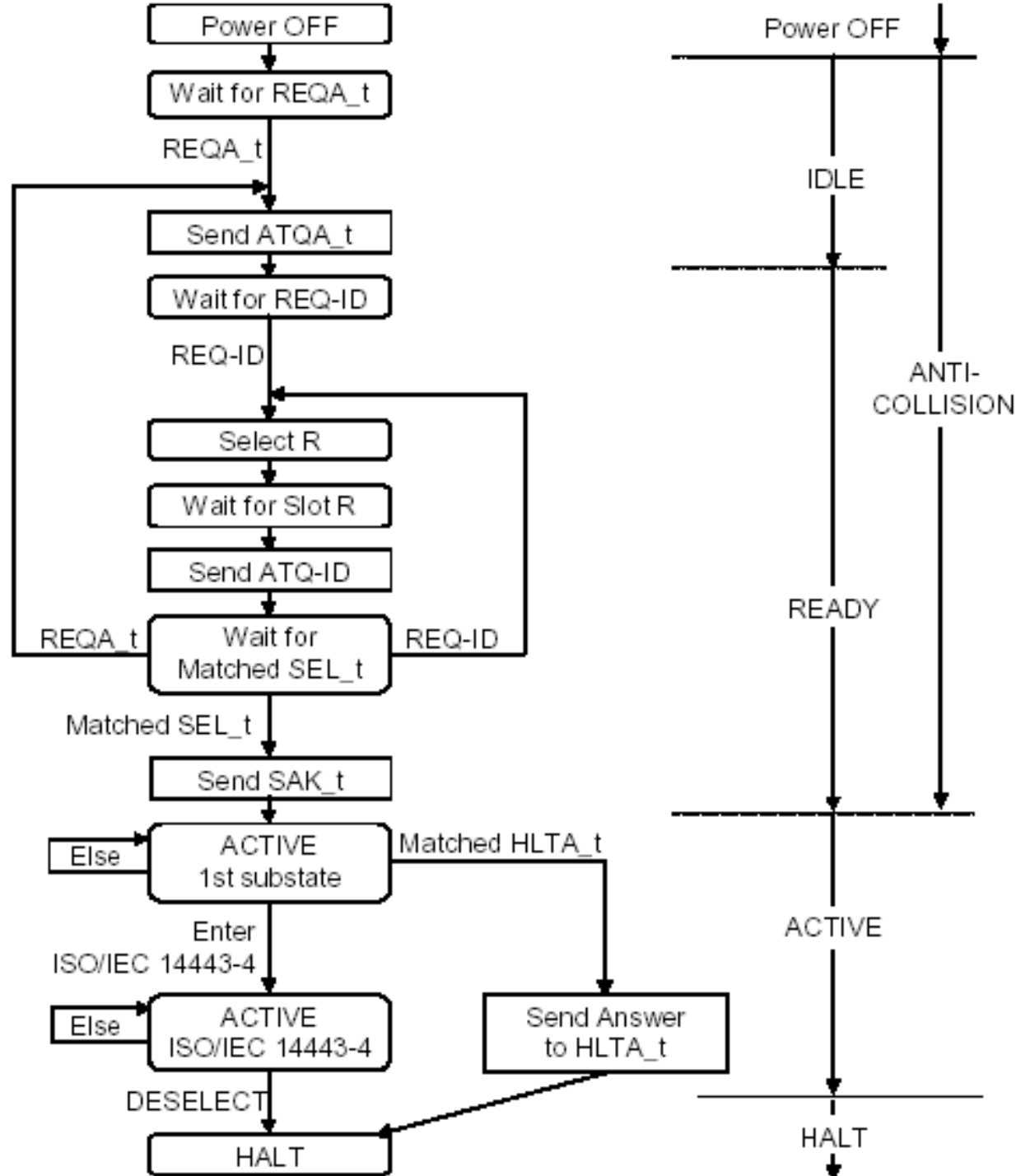
---

- Manchester编码分别采用上升沿和下降沿来表示‘0’和‘1’，而没有电平变化的间断是不允许的，因此，可以在保证不冲突位正确的前提下，准确判断出冲突位的位置
- 为了支持二进制检索树算法，要让所有的应答器可以准确的同步，只有所有的应答器在同一时刻开始传输自己的序列号并采用Manchester编码的同时，读写器才能按位判断出冲突的发生位



# TYPE A的防冲突机制





# 14443A 状态 转换图



# TYPE B的防冲突机制

---

- PCD是与一个或多个PICC通信时的主控方，它通过REQB（Request Command, Type B）命令来启动PICC的通信活动，以便提示PICC进行响应。
- 在防冲突序列期间，可能发生两个或两个以上的PICC同时响应。PCD通过重复给PICC发送命令来进行防冲突过程，直到最后将所有的PICC分离来通信。



# TYPE B的防冲突机制

- 防冲突方案以时间槽（**SLOT**）的定义为基础，要求**PICC**在时间槽内用最小表示数据进行应答，以便增加通信容量。
- 时间槽在**REQB**命令以及**WUPB**命令中被参数化，范围从**1**到某个整数。
- **PICC**在每个时间槽内的概率是可以控制的。从而，即便在**PCD**场中有多个**PICC**，在一个时间槽内只有一个**PICC**响应的情况也是可能的，此时**PCD**就可以得到这个**PICC**的识别信息。在这个识别的基础上，**PCD**可以建立与这个已识别**PICC**的通信通路。



# TYPE B的相关命令

- **REQB/WUPB命令**：由读写器（PCD）发送用来探测区域内的TYPE B型的PICC。WUPB命令还可以用来唤醒处于HALT状态的PICC。时间槽（SLOT）数N在这个命令中作为一个参数来优化防冲突机制。
- **Slot-MARKER命令**：在REQB/WUPB命令之后，PCD可以发送N-1个Slot-MARKER命令来定义每个时间槽的开始，因为REQB/WUPB命令一旦发送完，第一个时间槽就已经开始了。
- **ATQB响应**：PICC对REQB/WUPB命令和Slot-MARKER命令的响应。





## TYPE B的相关命令

---

- **ATTRIB命令：**ATTRIB命令由PCD发送，用来选择一个单独的PICC，一个PICC收到带有自己标识的ATTRIB命令后就成为被选中，并获得一个专用信道。被选中后，PICC只响应带有自身标识的ISO14443通信指令。
- **ATTRIB响应：**PICC应当响应每个有效的ATTRIB命令。

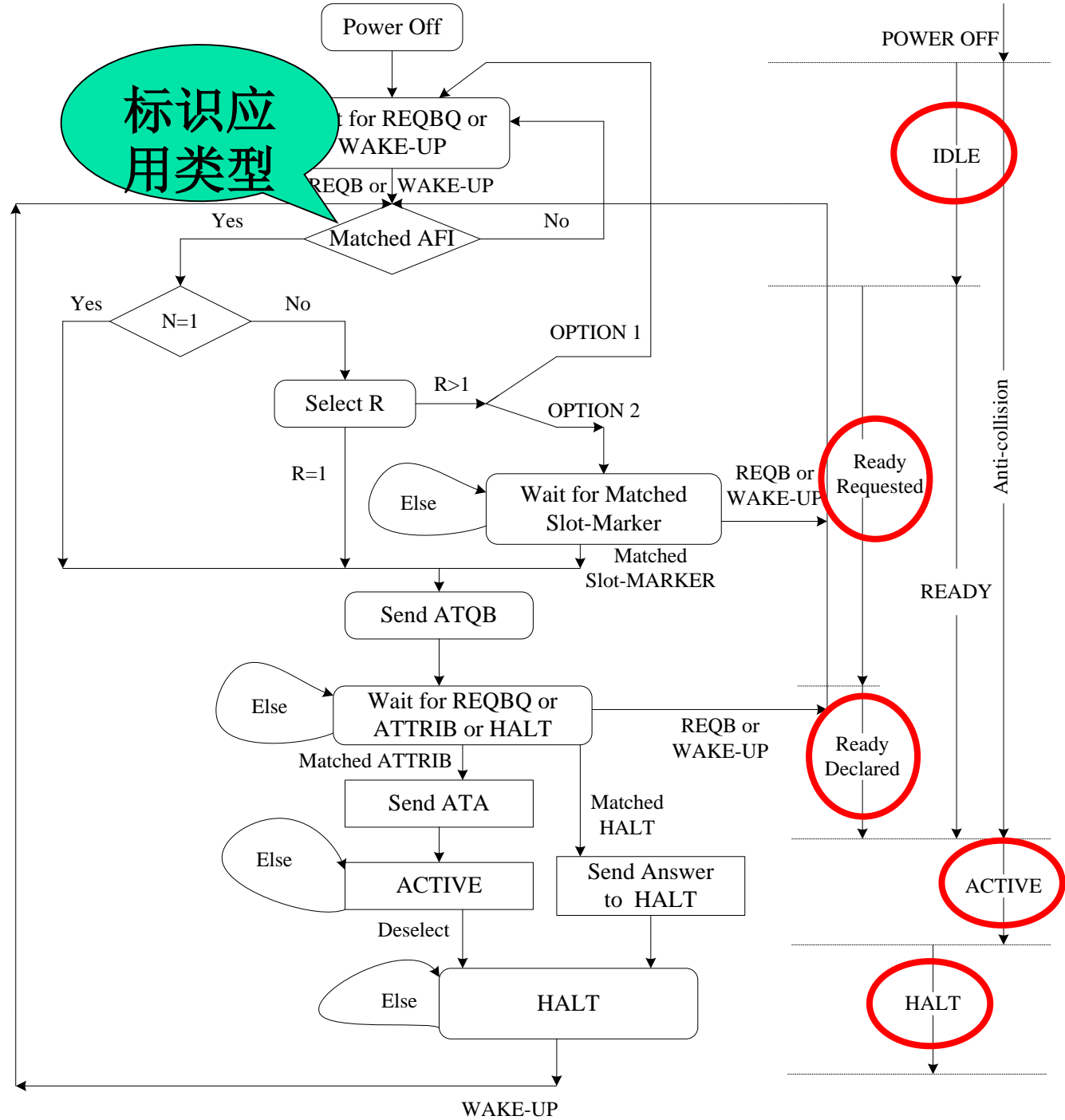


# TYPE B的相关命令

---

- **HLTB命令**：HLTB命令用来设置PICC到HALT状态并停止响应REQB命令。在响应这个命令以后，PICC将忽略除了WUPB命令以外的所有命令

# 14443B 状态 转换图





# TYPE B的防冲突规则

---

- 如果 $N=1$ ，则PICC将发出一个ATQB响应并且进入READY-DECLARED状态；
- 如果 $N>1$ 并且PICC不支持Slot-MARKER命令时，返回IDLE状态；
- 如果 $N>1$ 并且PICC支持SLOT-MARKER命令时，PICC将等待直到收到一个Slot-MARKER命令，这个Slot-MARKER的时间槽号R如果与自己的时间槽号相匹配，则发送ATQB响应并进入READY-DECLARED状态。



# ISO/IEC 15693

---

- 对遥耦合卡（Vicinity integrated circuit card, VICC）的物理特性、频谱功率、信号接口和通信协议等方面进行了详细的规定
- 对应的读写器为VCD（Vicinity Coupling Device）
- 工作频率为13.56MHz

# ISO15693 数据传输参数

	VCD → VICC		VICC → VCD	
调制	10% ASK、100% ASK			
位编码	脉冲位置编码 (PPM) 1/4和1/256			
波特率	PPM 1/4	PPM 1/256		
	26,48 K Bits/s	1,65 KBits/s		
			bits/s	bits/s

每个数据比特的宽度是一致的  
脉冲出现在：  
第一个时间段表示**00**  
第二个时间段表示**01**  
第三个时间段表示**10**  
第四个时间段表示**11**



# ISO/IEC 15693协议分析

---

- ISO15693协议以 “VCD talks first”为原则，即除非VICC收到VCD发送的正确请求，否则VICC不进行数据传输。数据交换规则是：
  - VCD向VICC发送请求
  - VICC对VCD的请求做出响应



# ISO/IEC 15693协议分析

---

- 在字节顺序上，**ISO15693**协议在每个字节采用低位在前（**LSBit**）的顺序，在多个字节的域采用低字节在前（**LSByte**）的顺序。
- 每个**VICC**都可以通过一个全球唯一的**UID**来标识，这个标识在防冲突过程中起到了关键的作用。在存储组织结构上，每个**VICC**最多允许**256**个块；最大块的尺寸为**256bits**；最大的存储容量为**64Kbits**。





# VICC通信模式

- **地址模式：**当请求命令中的Address\_flag置为1的时候，命令中应当包括VICC的UID。每个VICC收到Address\_flag为1的请求后，应当比较请求中的UID与自己的UID。如果相等，则该VICC执行请求并产生响应；如果不相等，该VICC将不做任何处理，即保持沉默。
- **无地址模式：**当请求命令中的Address\_flag置为0的时候，命令中应当不包括UID。每个VICC收到Address\_flag为0的请求命令后，都将执行并产生响应。
- **选择模式：**当请求命令中的Select\_flag置为1的时候，命令中应当不包括VICC的UID。每个在SELECTED状态下的VICC在收到Select\_flag为1的请求命令后，将执行并产生响应。



# ISO15693命令及响应格式

SOF	Flags	Command Code	Parameters	Data	CRC	EOF
	1 Byte	1 Byte			2 Bytes	

**1个字节的Flags**用来通知  
**VICC**在产生响应时的动作  
以及命令中包含哪些项



# Flags1到4位的定义

Bit	Flag	State	Description
Bit 1	Sub-carrier_flag	0	VICC使用一个副载波（ASK）
		1	VICC使用两个副载波（FSK）
Bit 2	Data_rate_flag	0	低速
		1	高速
Bit 3	Inventory_flag	0	
		1	
Bit 4	Protocol Extension_flag	0	没有协议扩展
		1	协议格式被扩展（备用）

# Inventory flag没有设置时的 flags的5到8位

Bit	Flag	State	Description
Bit 5	Select_flag	0	VICC应当根据Address_flag的设置来执行请求
		1	只有处于SELECTED状态的VICC执行请求
Bit 6	Address_flag	0	VICC无地址模式执行
		1	请求中包括UID，VICC在地址模式下执行
Bit 7	Option_flag	0	
		1	
Bit 8	RFU	0	没有协议扩展

# Inventory flag设置时的 flags的5到8位

Bit	Flag	State	Description
Bit 5	AFI_flag	0	指令中没有AFI域
		1	指令中包含AFI域
Bit 6	Nb_slots_flag	0	16个时间槽
		1	1个时间槽
Bit 7	Option_flag	0	
		1	
Bit 8	RFU	0	没有协议扩展

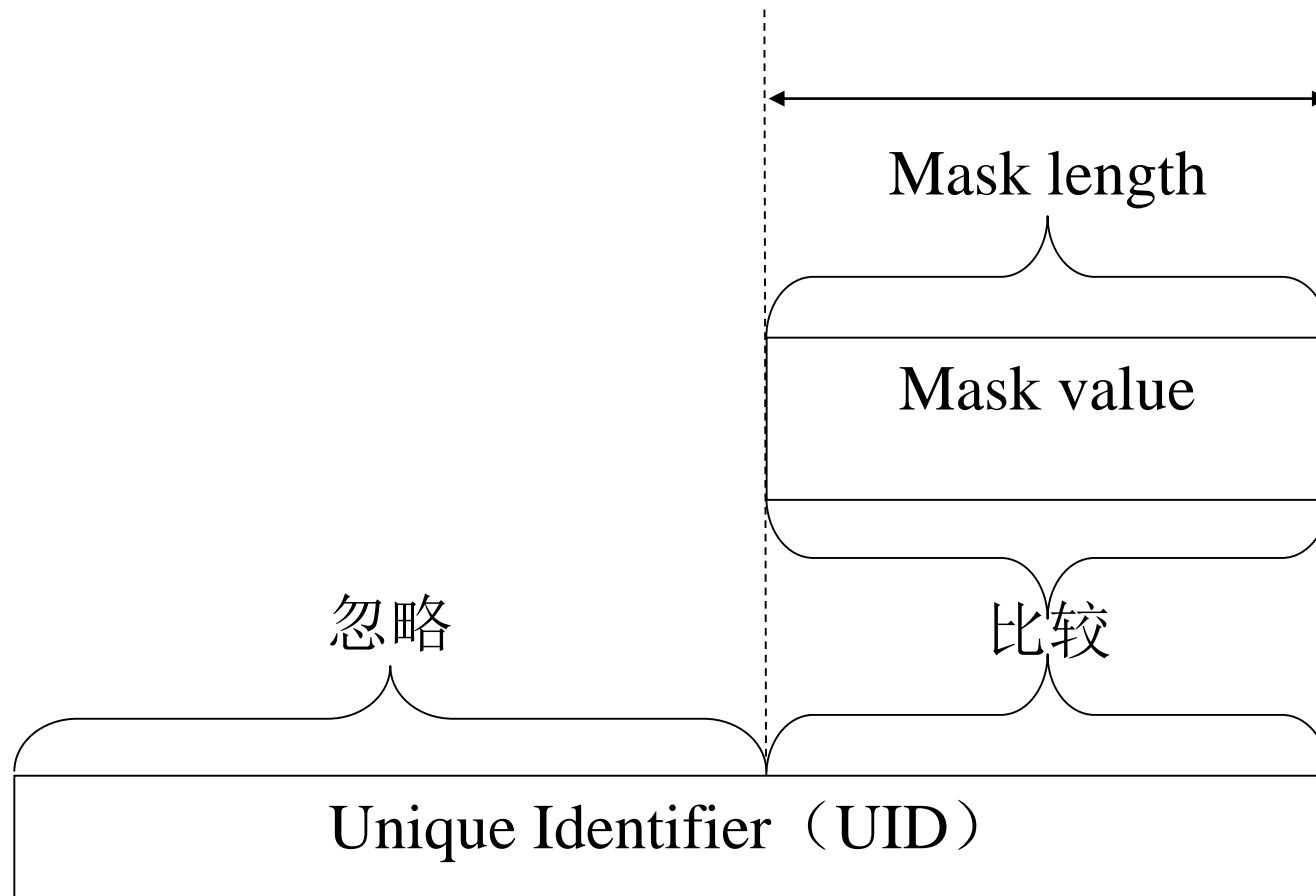


# ISO/IEC 15693防冲突机制及分析

- ISO/IEC 15693协议的防冲突机制又称为“地址匹配”法，在协议中有一个非常关键的指令，就是Inventory指令

SOF	Flags	Inventory	Option AFI	Mask length	Mask value	CRC16	EOF
	1byte	1byte	1byte	1byte	0 – 64 bytes	2 bytes	

# VICC对Inventory指令的响应原则





# VICC对Inventory指令的响应原则

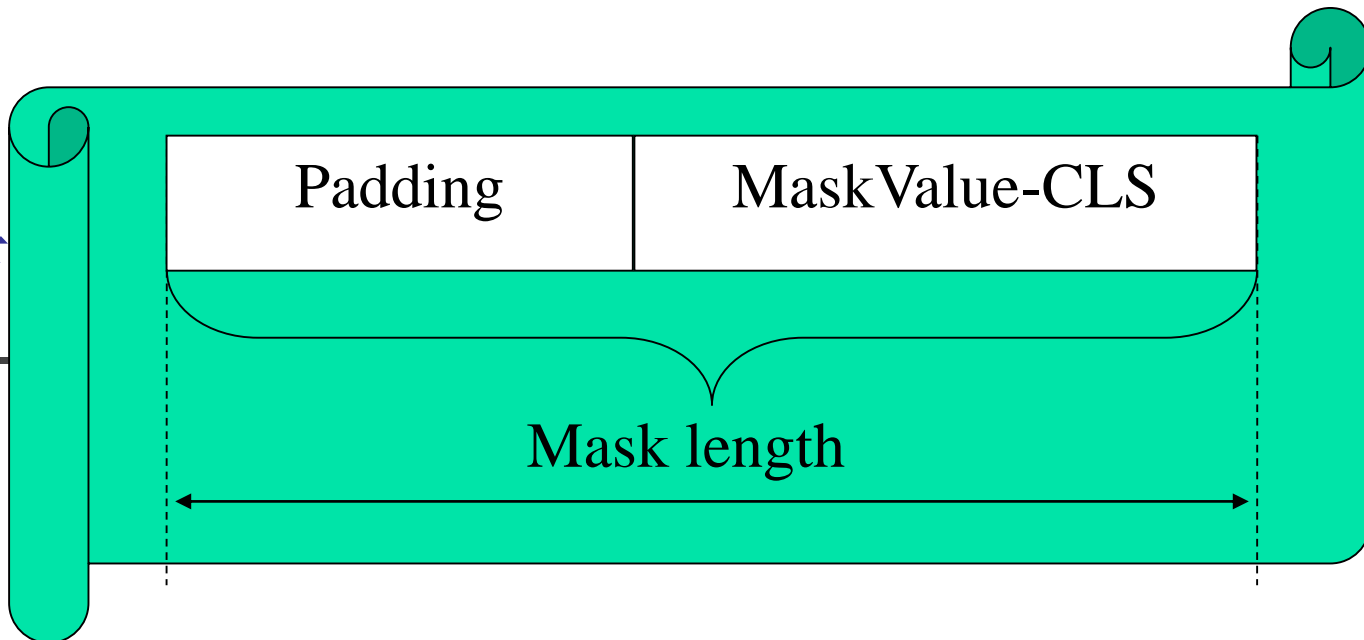
- 如果没有VICC能够匹配上Inventory请求中的参数，那么VCD将接收不到任何信息；
- 如果只有一个VICC匹配上，那么该VICC发出自己的应答信息，应答信息中包含自己的UID，因此，VCD就会成功识别这个VICC；
- 如果两个或两个以上的VICC同时匹配上，那么结果就是多个VICC同时响应，此时就会产生冲突。为了避免这种冲突，VCD就要调整Mask length以及Mask value并重新发送Inventory，直到只有一个应答器匹配上为止。



防

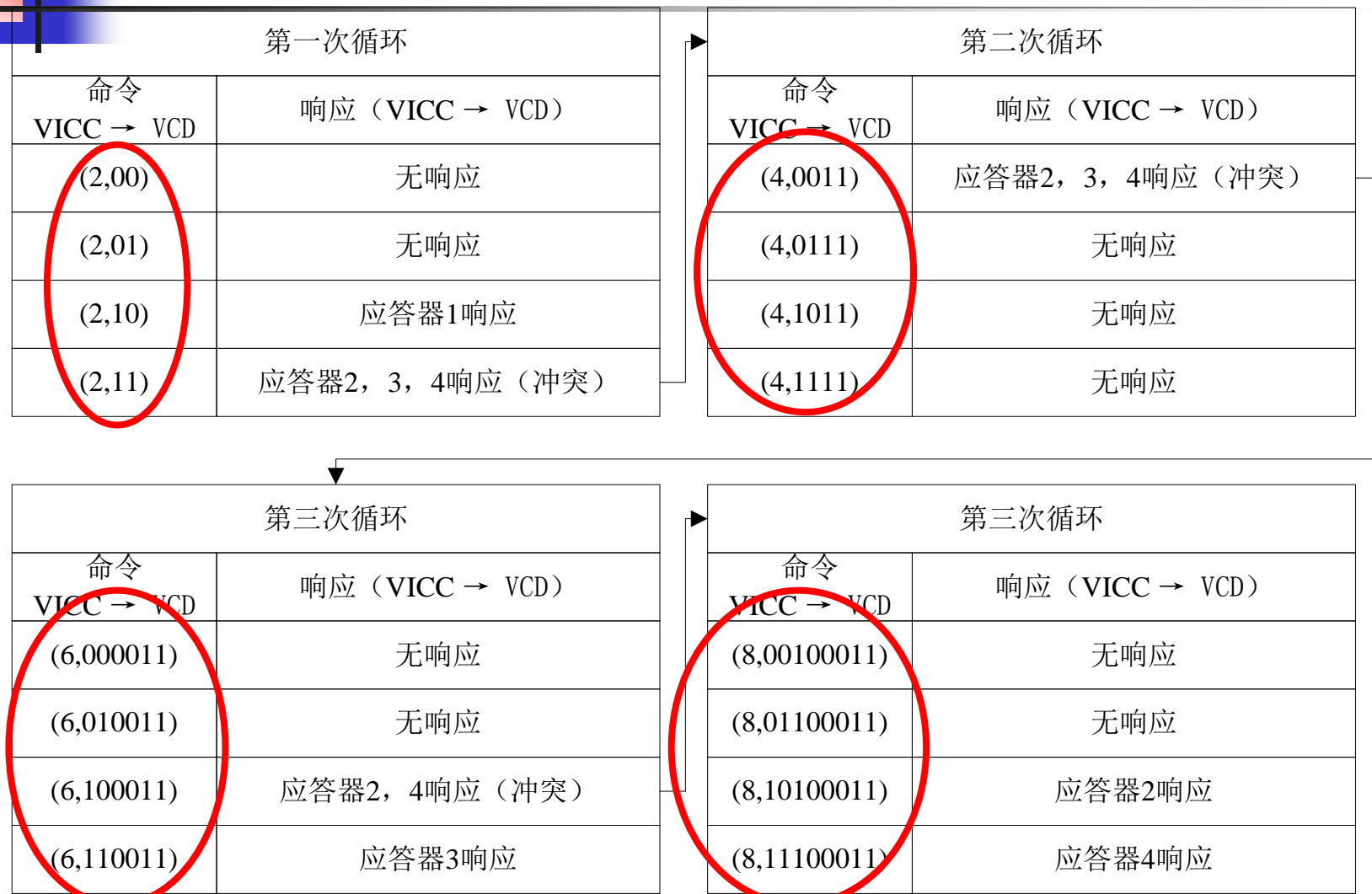
规则

中取



- 若在VCD的读写范围内存在多个VICC的话会产生冲突，即会有多个VICC同时匹配上拥有Mask length长度的Mask Value，此时将发生冲突的Mask value记录为MaskValue-CLS，调整Mask length为8调整后的Mask value可以覆盖MaskValue-CLS的地址区域，即又可以覆盖整个UID地址范围
- 这样一直匹配下去，总可以将发生冲突的VICC隔离成一个一个的VICC，同时也不会遗漏某个VICC

# ISO/IEC 15693地址匹配实例





# RFID标准与技术规范

---

标准化是指对产品、过程或服务现实和潜在的问题做出规定，提供可共同遵守的工作语言，以利于技术合作和防止贸易壁垒。



# 标准：在混乱中建立秩序

---

- 增加客户对新技术的信心
- 促进全球**RFID**的接受程度和技术进步
- 为制造商增加市场容量，鼓励全球竞争，减少终端用户的成本
- 通过鼓励互操作性，减少专用性，促进应用的开发
- 为辅助产品提供开发平台（软件、译码转发器、硬件辅助产品）

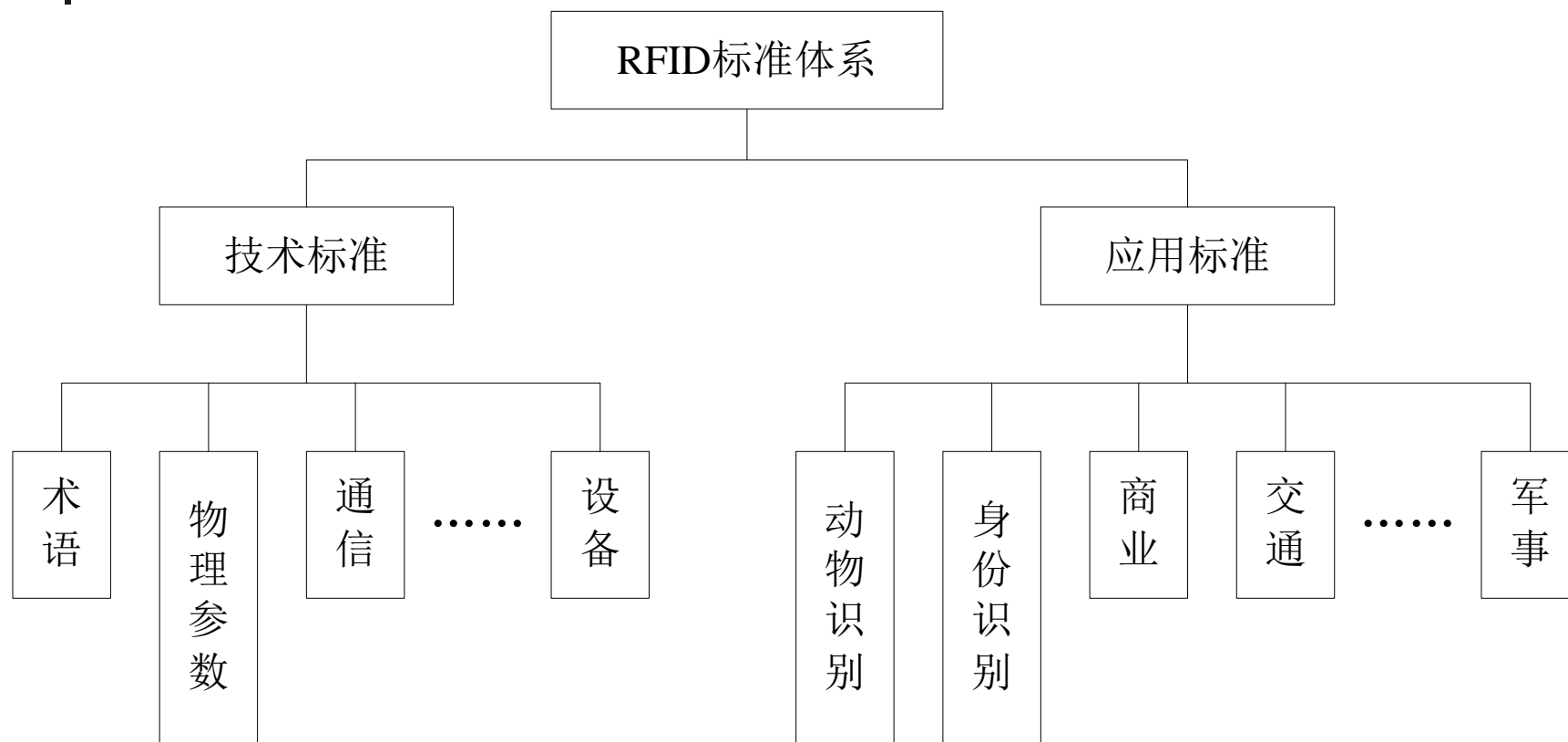


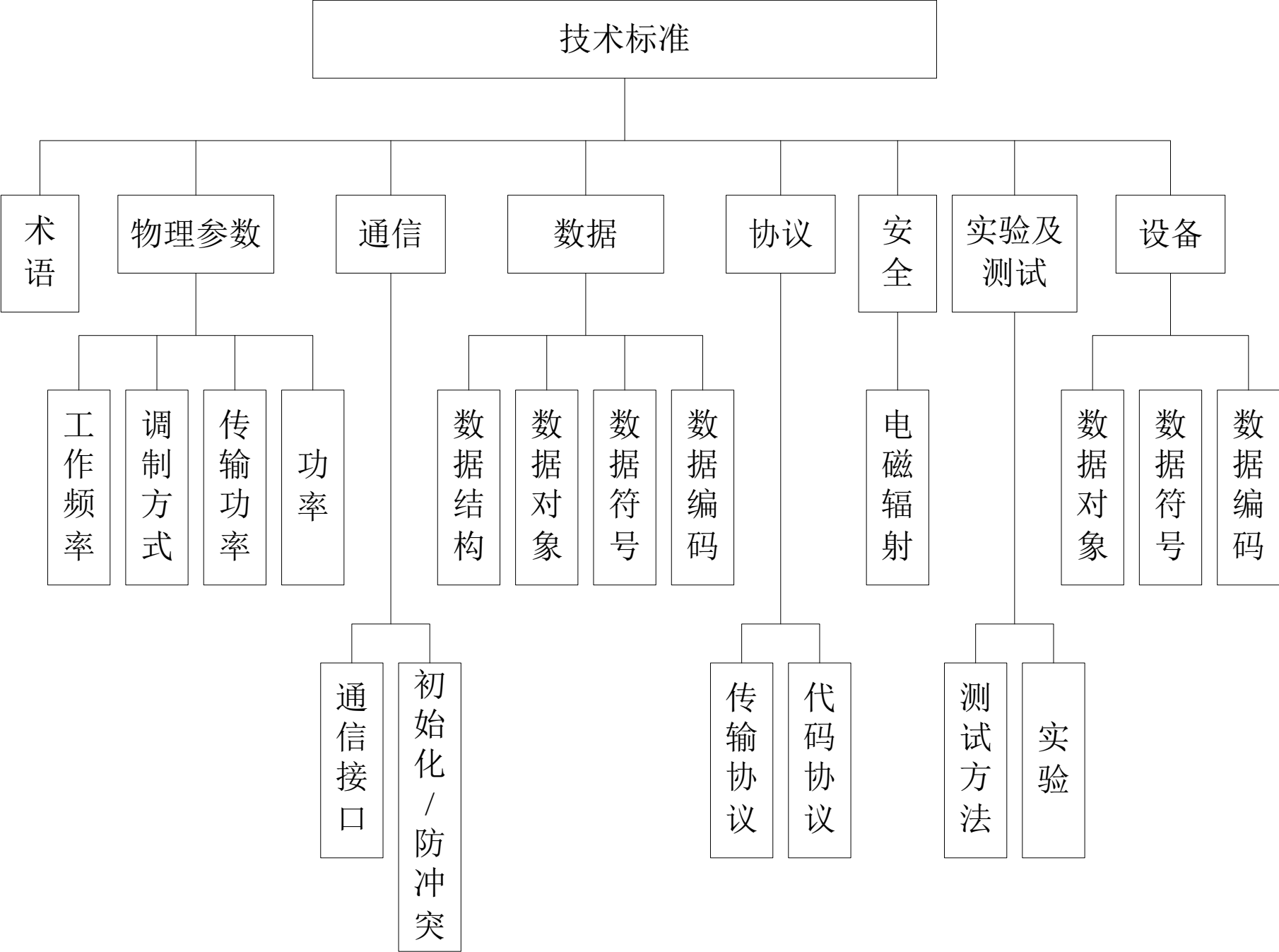
# 系统工作频率与应用范围

---

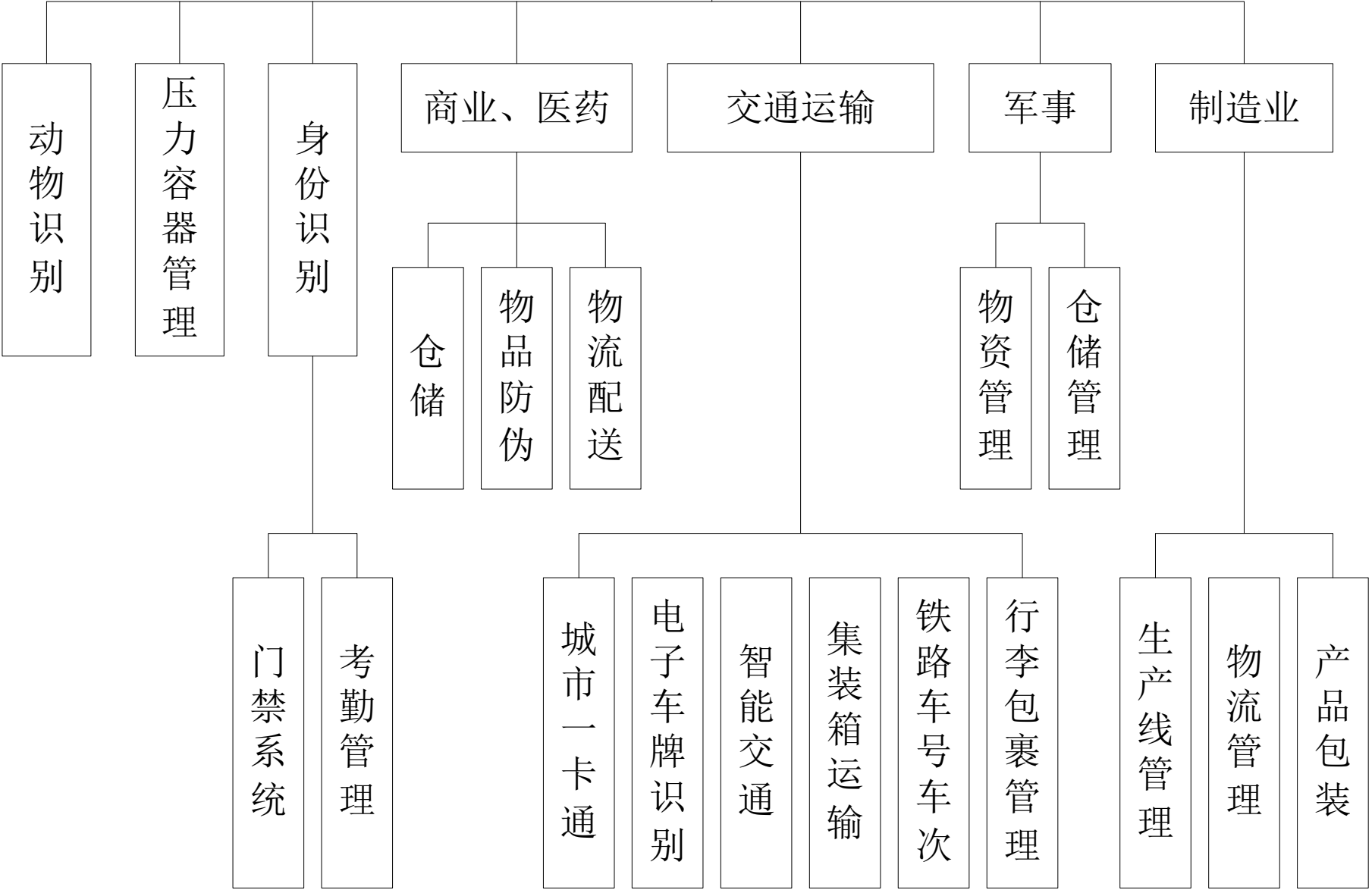
- 射频识别系统属于无线电的应用范畴，因此其使用不能干扰到其他系统的正常工作
- 无线电产品的生产和使用都必须符合国家许可，我国由国家无线电管理委员会进行管理
- 通常情况下，无线射频使用的频段是工业、科学和医疗使用的频率范围（**ISM**），属于局部的无线电通信频段
- 对于**135kHz**以下的低频频段可以自由使用射频识别系统

# 无线射频识别标准体系基本结构





应用标准







# RFID国际标准

---

- 工作频率
- 标签序列号（ID号）
  - 数据格式不同，且互不兼容
- 两个技术标准阵营
  - 日本的Ubiquitous ID Center（UID）
    - UCode、日系厂商支持
  - 美国MIT的Auto-ID Center
    - EPC（电子产品代码）



# 泛在网络技术和泛在识别中心

---

- 日本在电子标签方面的发展，始于**80**年代中期的嵌入系统**TRON**
- **TRON**是一个实时操作系统内核，每年全球生产的**80**亿个计算机芯片中，大部分都支持**TRON**
- 泛在识别中心于**2003**年**3**月成立
- 建立、推广、和普及自动识别物件的核心技术，并为建立泛在网络环境的最终目标而努力

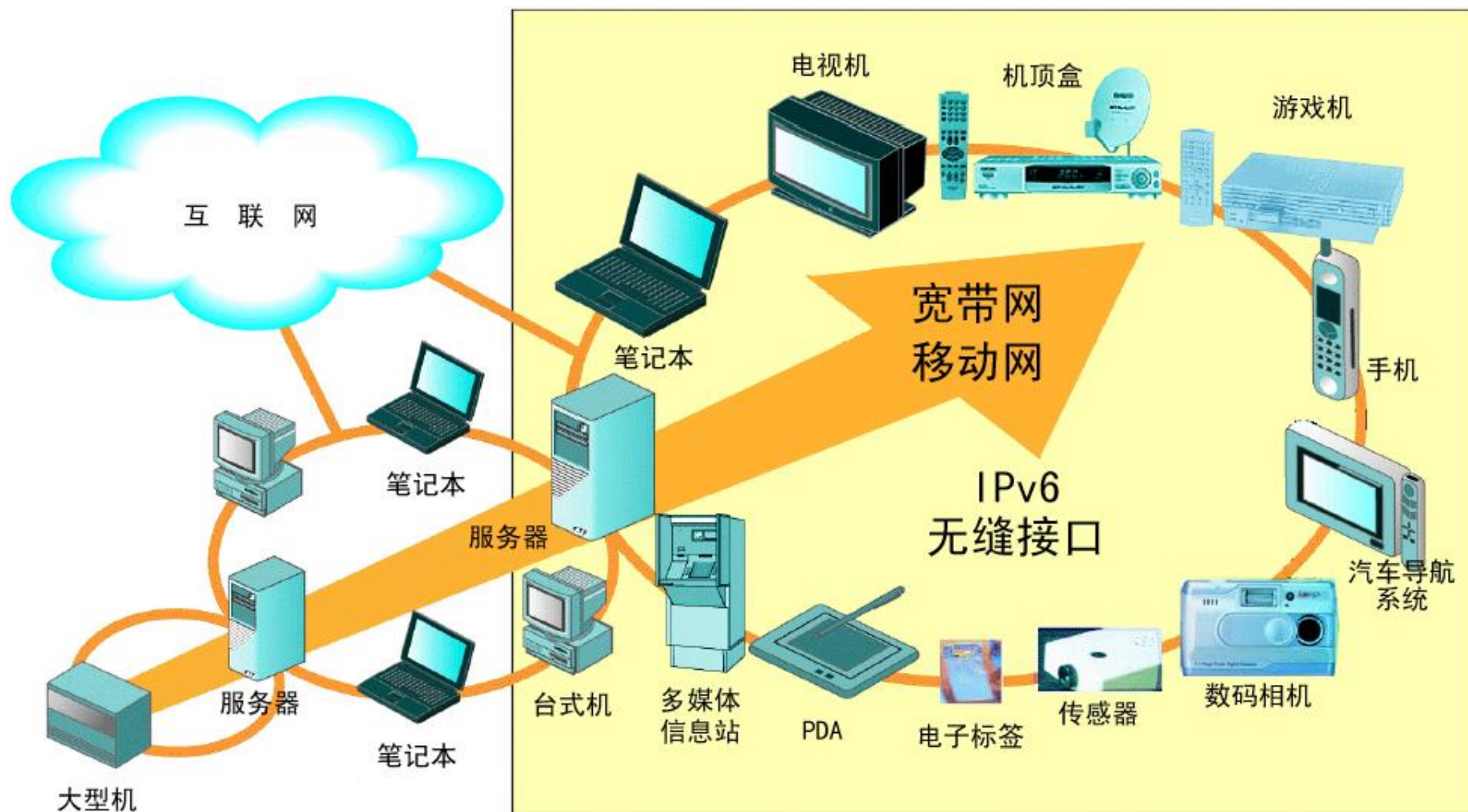


# 泛在网络

---

- 充分利用日本**IT**技术优势的宽带**IT**环境
  - 近**100%**家庭拥有电视机、七千万手机用户、三十万个家庭拥有光纤、一千万汽车导航系统
- 泛在网络涵盖了
  - 有线网络、无线网络、移动系统

# 泛在网络



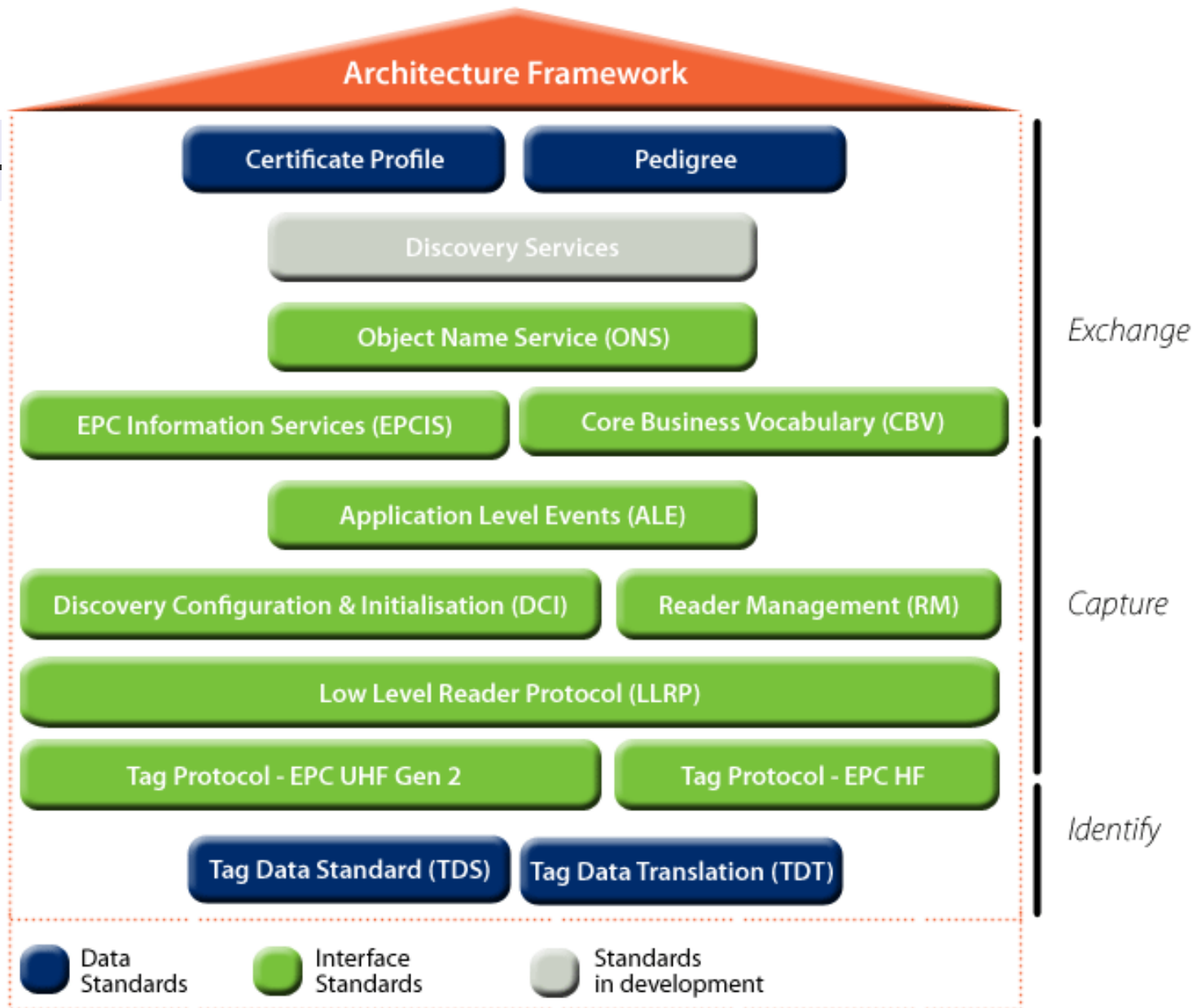


# 泛在识别号（Ucode）

---

- 用以识别现实世界中任何物理对象
- 编码长度**128位（128 bits）**
- 可以**128位**为单元进一步扩展至**256、384或512位**
- 采用元编码设计以兼容现有编码体系  
如**EAN、JAN、ISBN、IPv6地址、电话号等**

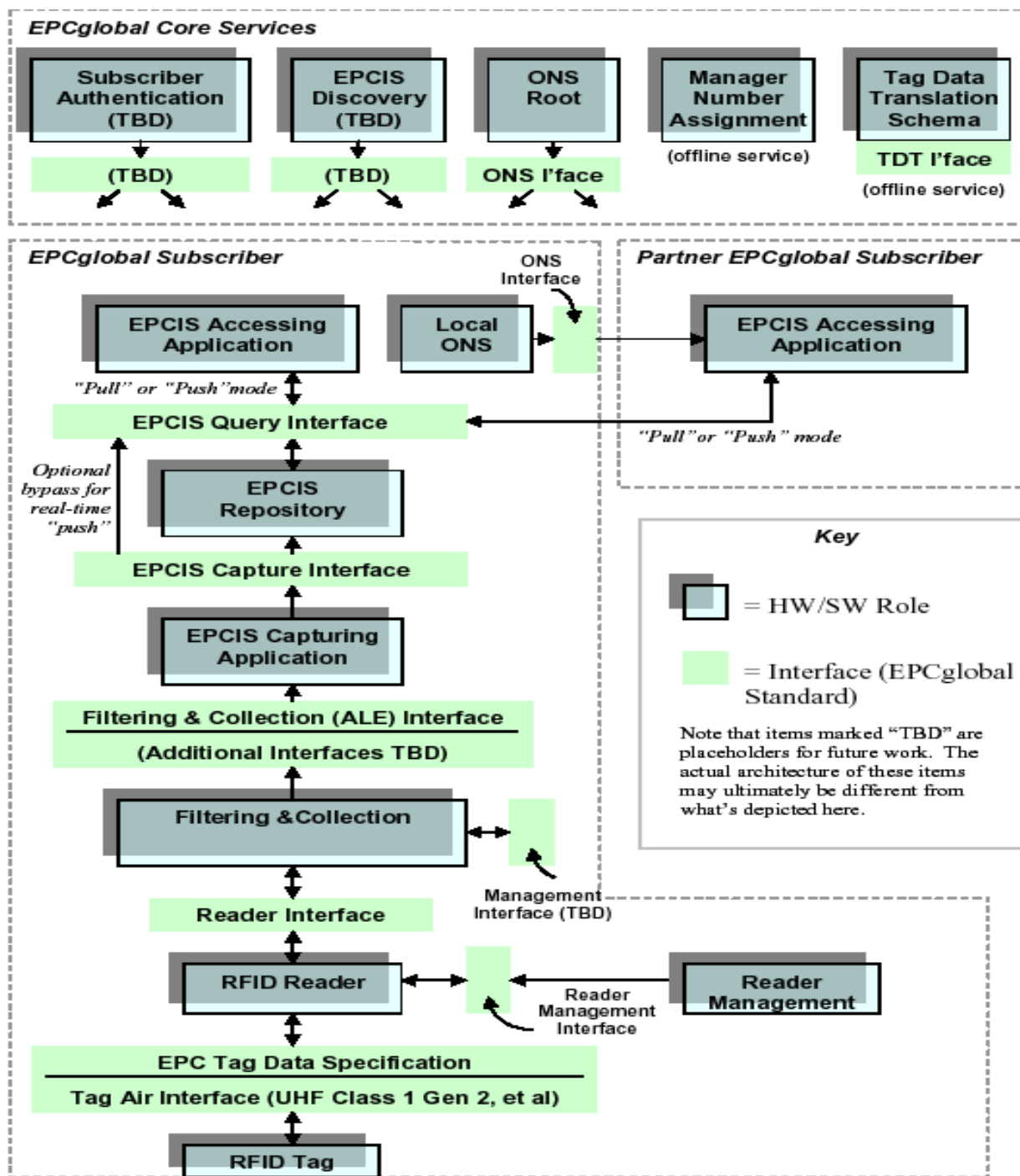
# EPCglobal标准体系



# EPC结构框架

## EPCglobal Architecture Framework

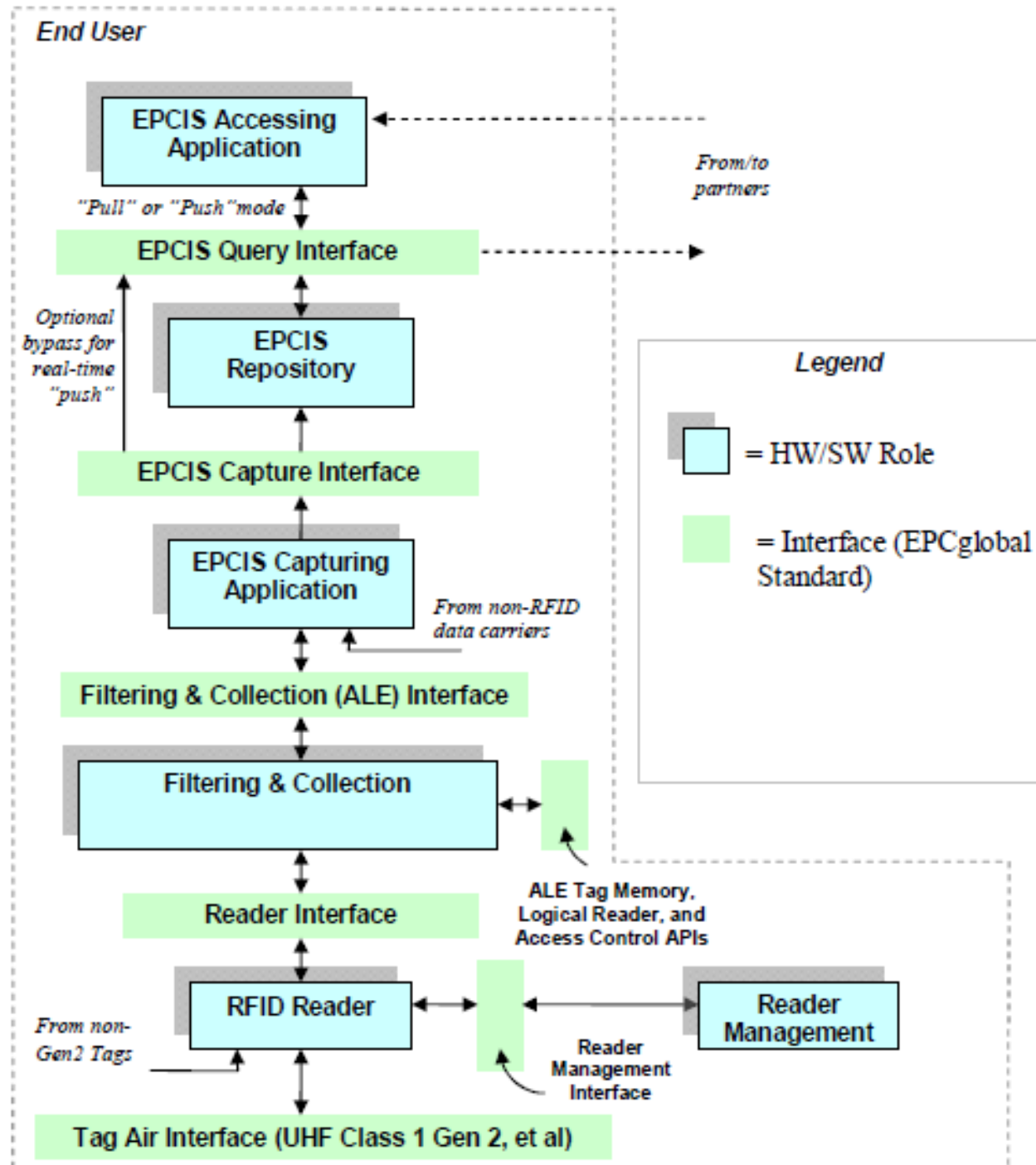
- 目的：制定相关标准；在贸易伙伴之间促进数据和实物的交换；鼓励改革
- Global Standards
- Open System
- Platform Independence
- Scalability & Extensibility
- Security
- Privacy
- Industry Architectures & Standards
- Open, Community Process



EPCglobal

结构框架





EPCglobal

结构框架



## 两个技术标准阵营对比

	UCode	EPC
基本概念	利用日本信息技术优势的宽带网络环境，建立人与人、人与物、物与物的连接，提供泛个人、商业公共和行政服务	提高产品从供应链到销售链整个生命周期的效率
实施途径	建立泛在网络，并对有形和无形的产品与服务进行惟一标识	对单一产品进行标识，最终取代条码
编码类型	泛在标识号（UCode）	电子产品编码（EPC）
编码长度	128位	96位（标准）

	UCode	EPC
工作频率	2.45G、13.56M	860M~930M 13.56M
数据传输网络	互联网、移动网络、无线网络和所有其他网络	互联网
设计应用范围	库存管理、信息发送/接收、产品和零部件的跟踪管理	物流管理、库存管理
优势	<ul style="list-style-type: none"> <li>■充分利用日本IT技术优势</li> <li>■涉及移动网络、消费电子产品、汽车工业</li> <li>■嵌入式操作系统TRON成熟并占用60%市场</li> <li>■网络和应用安全体系较完整</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■集中力量提高供应链效率</li> <li>■全球业内包括制造、物流、零售等的支持者较多</li> </ul>

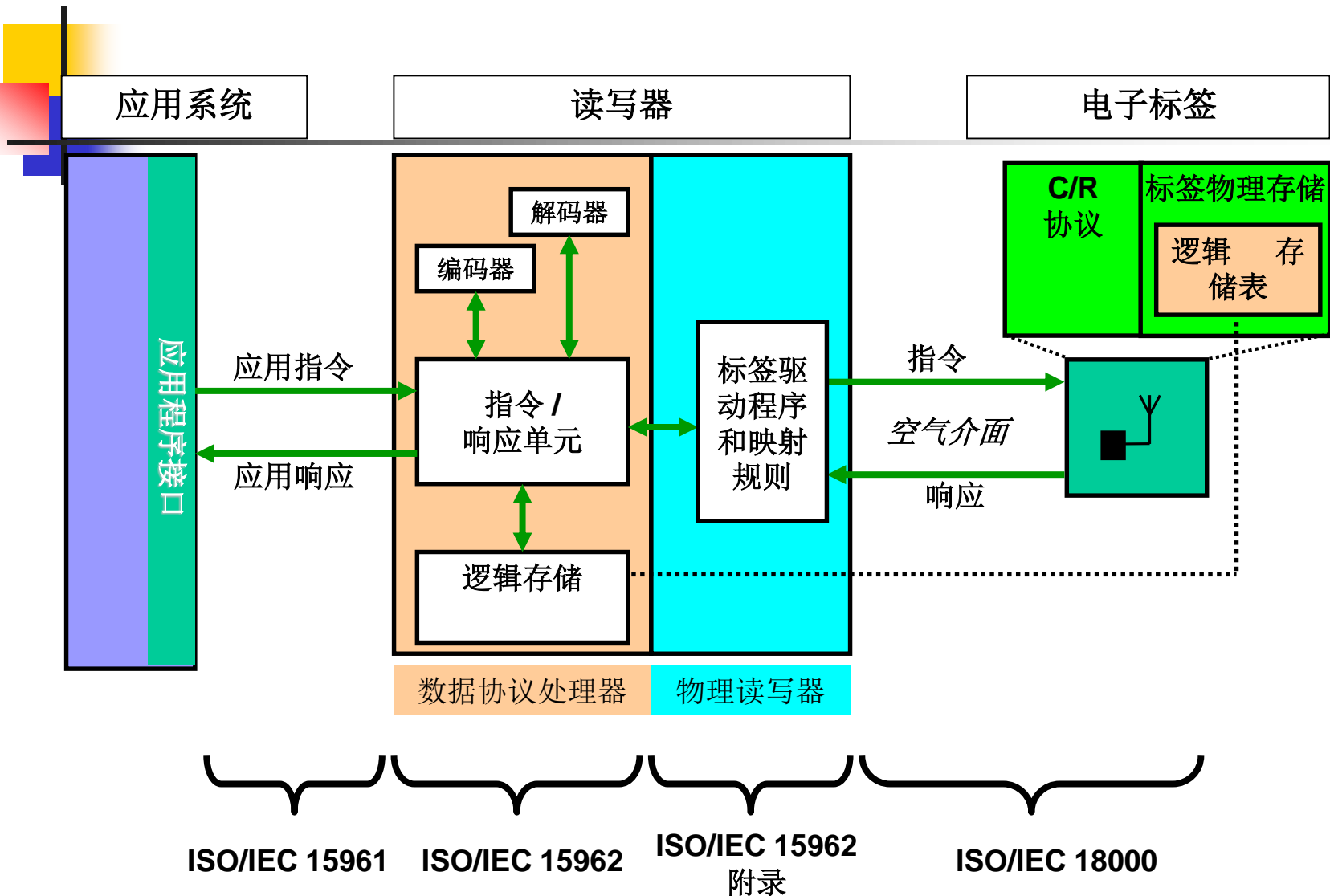


# RFID标准

---

- EPC标准：采用的860~930MHz的频段
- UID标准：采用的2.45GHz和13.56MHz频段
- ISO标准：ISO18000、ISO15693、ISO14443

# 无线射频识别系统架构





# ISO/IEC 18000

---

- Part1: 全球通用频率非接触接口通信一般参数
- Part2: 135kHz以下的非接触接口通信参数
- Part3: 13.56MHz非接触接口通信参数
- Part4: 2.45GHz非接触接口通信参数
- Part5: 5.8GHz非接触接口通信参数
- Part6: 860~930MHz非接触接口通信参数
- Part7: 433MHz主动RFID非接触接口通信参数

# RFID技术的国际标准化

## ISO/IEC JTC1/SC17 卡和身份识别分委会

### 非接触式集成电路卡标准

- 紧耦合卡： ISO/IEC 10536-1~3
- 接近式耦合卡： ISO/IEC 14443-1~4
- 临近式耦合卡： ISO/IEC 15693-1~3
- 测试标准： ISO/IEC 10373-5,6,7

## ISO/IEC JTC1/SC31 自动识别和数据采集分委会

- 术语： ISO/IEC 19762-3
- 空中接口： ISO/IEC 18000-1~7
- 一致性测试： ISO/IEC 18047-2~7
- 性能测试： ISO/IEC 18046-1~3
- 数据协议： ISO/IEC 15961, 15962
- 标签唯一标识： ISO/IEC 15963
- 物品唯一标识： ISO/IEC 15459-1~6
- 实施指南： ISO/IEC 24729-1~3
- 软件系统： ISO/IEC 24791-1~6



# 我国的RFID标准进程

---

- 2004年2月成立电子标签国家标准工作组
- 2006年6月，国家十五部委联合发布的《中国射频识别(RFID)技术政策白皮书》
- 2007年4月20日，信息产业部《关于发布800/900MHz频段射频识别(RFID)技术应用试行规定的通知》出台
- 到2010年底为止，开展研究和制定的标准项目共41项，涵盖了RFID技术术语、协议、设备、测试、安全、网络和应用等领域

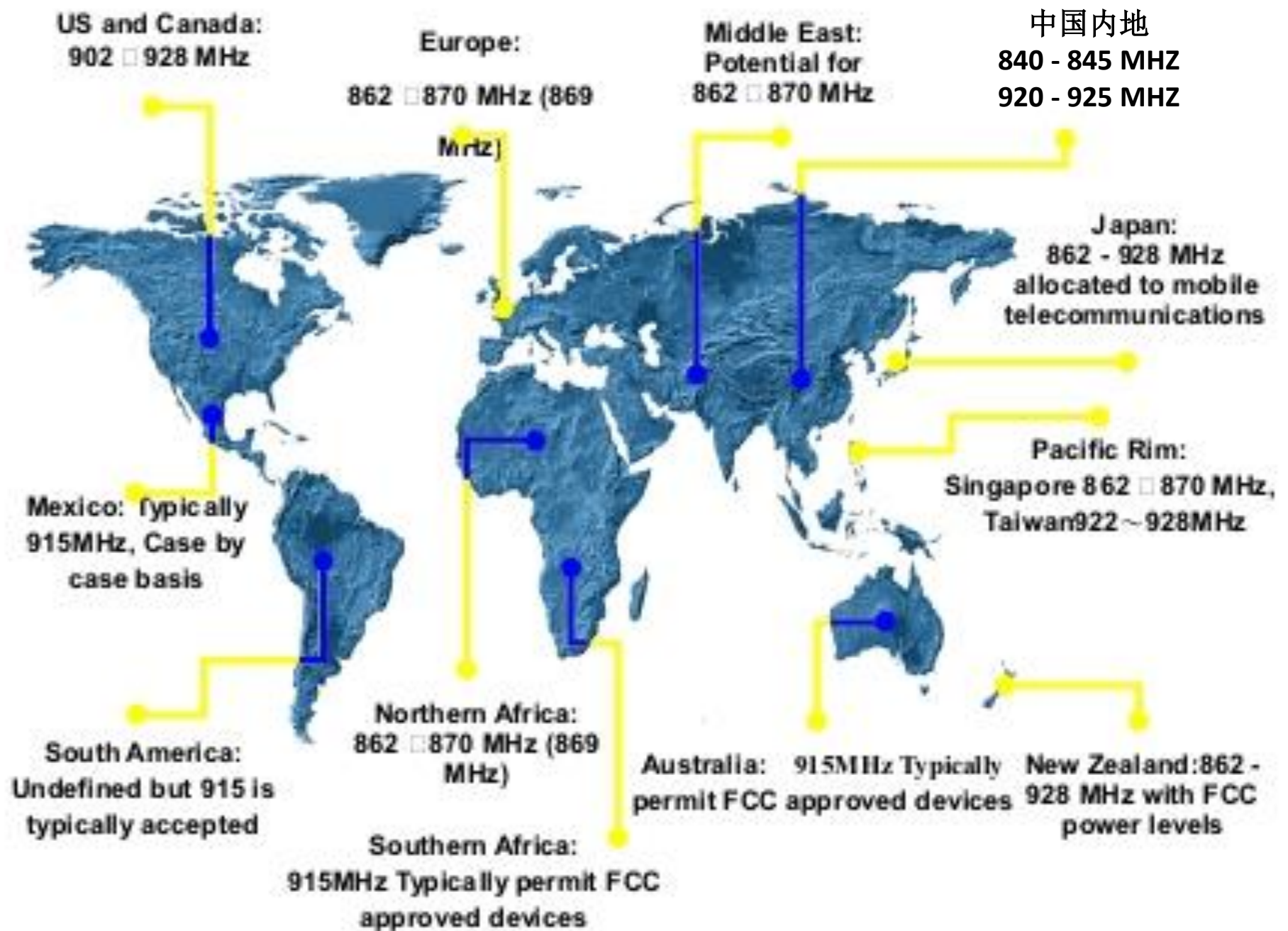




# 我国的RFID标准-2013年11月

---

- 信息技术射频识别800/900MHz空中接口协议
- 工作频率：840-845，920-925 MHz
- 该频段目前国际上已公开的核心专利超过600个，而其他所有频段的专利一般只有十几个，最多不超过50个；国家标准中体现了30项基于自主创新的专利





谢谢！

---