

一种基于 ISO 18000-6B 标准的 RFID 防碰撞算法

苏 健, 文光俊, 韩佳利

(电子科技大学通信与信息工程学院, 四川成都 611731)

摘 要: 在射频识别(RFID)系统中,防碰撞算法用来确保读写器工作范围内的所有标签被正确识别.本文在树形搜索算法的基础上,提出了一种有效的防碰撞算法来提高 RFID 系统的性能.该算法性能的提升依赖于读写器查询方式的建立和碰撞位数据的映射.在算法的设计中考虑了平均请求周期、传输数据的长度和能量效率等指标.仿真结果表明,该算法在时间复杂度、通信开销和能量效率这三个性能指标上有显著的提升.

关键词: 射频识别; 防碰撞; 映射数据; 能量效率

中图分类号: TP399 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2014)12-2515-05

电子学报 URL: <http://www.ejournal.org.cn> **DOI:** 10.3969/j.issn.0372-2112.2014.12.026

An Efficient RFID Anti-Collision Algorithm for ISO 18000-6B Protocol

SU Jian, WEN Guang-jun, HAN Jia-li

(School of Communications and Information Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu, Sichuan 611731, China)

Abstract: An anti-collision scheme for the radio-frequency identification system is used to guarantee that all the tags in the reader field are identified. This paper develops an efficient anti-collision algorithm based on the tree search algorithms to improve the performance of the RFID system. The improvement is achieved by means of the manner of the requests' building and the mapping of collision bits. Taking into account the average request cycle and the length of transmitted data, this scheme has been designed to complete identifying all tags. The simulation results demonstrate the effectiveness of the proposed scheme in terms of time complexity, communication overhead and energy efficiency.

Key words: radio frequency identification(RFID); anti-collision; mapped data; energy efficiency

1 引言

射频识别(RFID)技术作为物联网四大核心技术之一^[1],已广泛应用于仓库管理、供应链管理、航空行李处理、动物身份标识、门禁控制等领域.典型 RFID 系统由一个读写器和一些微小器件组成,其中读写器用来识别工作范围内的物件,那些微小器件又被称为标签,通常贴在物件上,便于对物件进行追踪和管理^[2].当多个标签同时响应读写器时,信号之间会相互干扰,读写器会检测到碰撞并无法正确识别标签.这种多标签碰撞问题会严重影响 RFID 系统识别效率.为了解决这一问题,研究者们提出了一系列基于防碰撞协议的解决方案.

标签防碰撞协议主要可以分为两类:随机性算法和确定性算法.随机性算法基于 ALOHA 协议^[3-5],主要用于 ISO 18000-6A、ISO 18000-6C 以及 ISO 14443-3 Type B 等国际标中,它的基本特征是读写器工作范围内的各

个标签从读写器规定的时隙数(也称为帧)中随机选择一个时隙来发送数据.由于这类算法的时隙是随机分配的,存在标签长时间内无法被正确识别的“Tag starvation(标签饥饿)”问题,所以被称作随机性算法.树形算法^[6-9]即确定性算法,此类算法可以预测标签识别过程.它的基本原理是利用标签的 ID 来建立树,然后通过遍历树中的每个节点来完成对标签的识别.

本文在二进制搜索算法的基础上,提出了一种基于连续碰撞位映射的多标签防碰撞算法(CCMA),该算法根据标签响应序列中最高碰撞位的连续性来确定新的查询前缀,且查询前缀随着碰撞发生的实际位置动态增长,在生成新的查询前缀的同时,将待识别标签分为若干个子集,消除了传统算法中出现的空闲时隙或空节点,有效减少了查询次数,提高了查询效率;同时标签在响应读写器时,只需要发送其 ID 与查询前缀相匹配后的剩余部分,减少了信息的传输量,降低了系统能耗.

2 树形算法

树形算法主要可以分为查询树(Query Tree, QT)算法^[6-8], 树分裂(Tree Splitting, TS)算法和二进制搜索算法(Binary Search Algorithm, BSA)^[9]. 在一个 RFID 系统中, 当读写器和多个标签进行数据通信时, 树形算法以树的形式来表示标签对读写器的响应^[5]. 因此, 在识别过程中, 每个标签都可以通过对树的搜索而被找到. 树中根节点到叶子节点的路径对应标签 ID 的每个比特, 且每个节点都有以下三种状态.

(1) 成功节点: 当前节点(时隙)内只有一个标签响应读写器查询命令, 此时读写器可以成功将标签识别.

(2) 空闲节点: 当前节点内无标签响应. 空闲节点会导致不必要的查询并增加系统时延.

(3) 碰撞节点: 当前节点内有多个标签同时响应. 此时, 读写器应该采用相应的防碰撞算法来识别标签.

假设 RFID 系统内存在 4 个标签, 其 ID 分别为(0100 0110), (1011 0101), (1001 1101)和(1110 0001). 图 1 所示为读写器采用树形算法识别 4 个标签的识别过程.

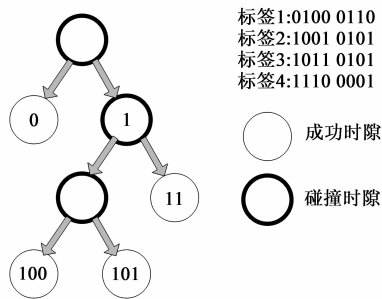


图1 树形算法识别流程

在本文的算法设计中, 我们用动态二进制搜索算法(Dynamic BSA)和改进型防碰撞算法(Improved Anti-Collision Algorithm, IACA)^[9]同我们提出的 CCMA 算法进行对比.

2.1 DBSA 算法

假设读写器工作范围内有 5 个待识别标签, 其 ID 分别是(1010 0111), (1010 1110), (1011 0100), (1011 1101)和(1001 1111). 读写器采用 DBSA 算法识别这 5 个标签的示例如图 2 所示.

具体识别流程如下:

(1) 读写器向其工作域内的标签发送一个初始化查询命令(1111 1111), 此时所有标签均响应读写器查询命令并发送各自的 ID. 根据曼彻斯特编码, 读写器接收到数据“10xx x1xx”并检测出 D_5, D_4, D_3, D_1 和 D_0 位均为碰撞位. 根据 DBSA 算法的准则, 最高碰撞位 D_5 位设为 0, D_5 位之前的数据保持不变, 下一个查询命令为

100.

(2) 读写器发送查询命令(100), 只有当标签的 ID 与查询命令匹配时才会响应, 并向读写器发送其 ID 与查询命令匹配后的剩余部分. 时隙 2 内只有标签 5 响应, 因此读写器可以将其成功识别, 并让其处于静默状态即不再响应后面的查询命令.

(3) 读写器重复上述 2 个步骤, 直到所有的标签都被成功识别.

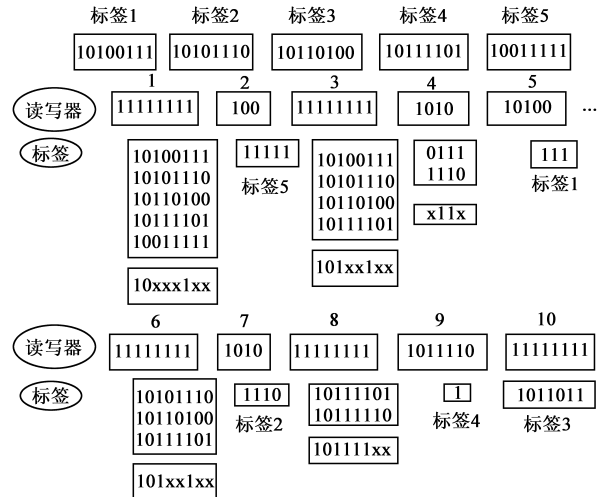


图2 DBSA算法识别示例

2.2 IACA 算法

文献[9]提出了一种基于二进制搜索算法的 IACA 算法, 其基本思想是: 当碰撞发生时, 读写器根据曼彻斯特编码特性来辨别具体碰撞位置, 将最高碰撞位和次高碰撞位的数据(考虑连续碰撞位存在的情况下)分别设为(00), (01), (10), (11), 且将次高碰撞位后的比特设为 1, 其他比特保持不变, 然后将其作为下一次的查询命令. 如果标签 ID 小于等于查询命令, 就会响应并向读写器发送自身的 ID. 如果检测到最高碰撞位和次高碰撞位非连续时, 那么读写器将会采用 BSA 算法来识别标签. 读写器采用 IACA 算法识别图 2 中 5 个标签的识别示例如图 3 所示.

图 3 显示了 IACA 算法的具体识别过程, 首先读写器发送初始化查询命令(1111 1111), 所有标签均回复自身的 ID, 读写器接收到数据“10xx x1xx”. 根据 IACA 算法的基本思想, 读写器会将 D_5D_4 位分别处理为(00), (01), (10)和(11), 并将 D_4 位后面的比特设为 1, 其余比特保持不变. 因此, 下一个查询命令为(1010 0111). 同 DBSA 算法相比, IACA 算法可以用更少的时隙来识别标签. 然而, 根据读写器工作域内标签 ID 分布的不同, IACA 算法的性能会存在差异, 特别是当连续碰撞位是由较少的标签产生时, IACA 算法会产生过多的空闲时隙

(在本例中,时隙 2 为空闲时隙),从而导致整个识别效率降低.同时,在 IACA 算法中,标签每次响应读写器查询命令时都会回复完整的 ID,这样增加了传输数据量和能量消耗.

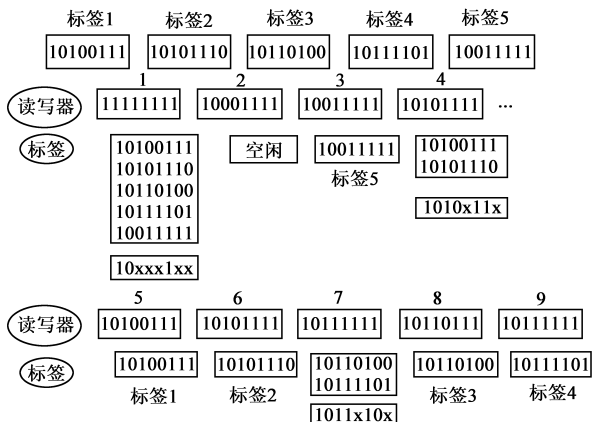


图3 IACA算法识别示例

3 基于连续碰撞位映射的防碰撞算法

为了避免标签识别过程中所产生的空闲时隙或空查询,我们在算法的设计中增加了自定义查询命令和碰撞数据映射,碰撞数据映射关系如表 1 所示.具体的算法设计步骤如下:

(1)假设标签的 ID 长度为 n 比特,读写器发送一个空的查询序列或者一个 n 位的全 1 的查询序列(11...11)作为初始化查询命令.此时读写器工作域内的所有标签将会响应.

(2)当多个标签同时响应时,读写器将会检测到碰撞发生.如果第一和第二位碰撞位为连续碰撞位,那么读写器在下一个时隙会发送一个自定义查询命令 QueryP 让碰撞的标签返回一个 4 比特映射数据,这个映射数据准确的反应了标签的碰撞信息.读写器接收到标签返回的映射数据后会对标签的前面两位碰撞信息准确识别,然后确定下一步查询命令.在本算法中,标签会将自身的 ID 与查询命令进行匹配,然后回复匹配后的剩余部分.如果不存在连续碰撞位,那么读写器将会采用 0/1 分离算法来识别标签,即将最高碰撞位分别设为 0/1,最高碰撞位之前的比特保持不变.

(3)重复上述步骤,直到所有标签被成功识别.

表 1 中的 2 bits 表示的是连续碰撞位的具体信息,2 是表示连续碰撞位的长度,映射的原则是将 k -bits(这里 $k=2$)数据转换成十进制数 m ,然后产生一个 2^m 位的数据,其中 D_m 位为 1,其余均为 0.例如,读写器工作域内存在 2 个标签, ID 分别为(1001)和(0100).读写器发送(1111)查询命令,2 个标签均响应,读写器接收到的数据为“xx0x”,并检测到连续碰撞位 D_3 和 D_2 ,因此读

写器在下一个时隙发送自定义命令 QueryP 让标签返回 D_3D_2 的映射数据.根据映射关系表,标签返回(0100)和(0010),此时读写器接收到的数据为“0xx0”,读写器可以解码出系统中只存在 10 和 01 前缀,在后续的查询中,只需要依次发送 01 和 11 即可.这样就避免了 IACA 算法中当检测到连续碰撞位“ $D_cD_{c-1} = xx$ ”时,分别将 D_cD_{c-1} 设为(00),(01),(10)和(11)所引起的空查询或空闲时隙.值得注意的是,表 1 给出的是当连续碰撞位为 2 时所对应的映射数据,本论文所提出的方法并不受限于 2 比特映射,当连续碰撞位大于 2 时也可以根据映射原则构建相应的映射关系表. CCMA 算法的流程如图 4 所示.对图 2、图 3 中的 5 个标签采用 CCMA 算法的识别示例如图 5、图 6 所示.

表 1 映射关系表(2-4 映射)

碰撞信息(2 bits)	映射数据(4 bits)
00	0001
01	0010
10	0100
11	1000

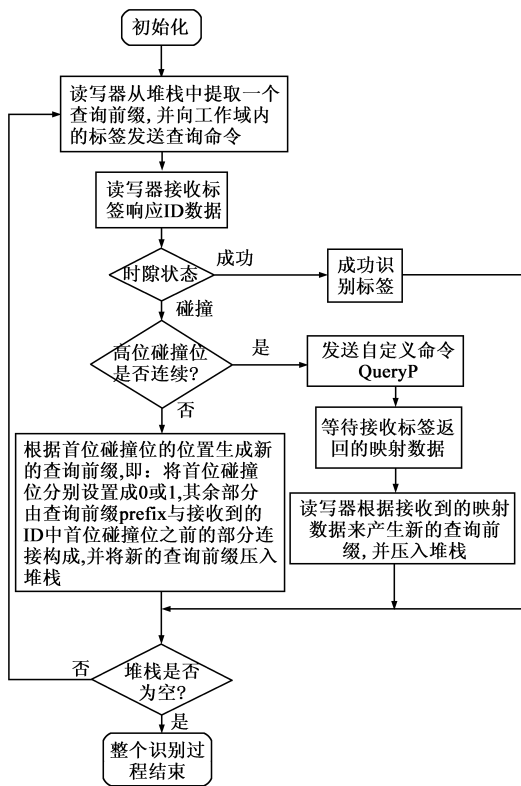


图4 CCMA算法流程图

对比图 3、图 4 和图 5 可以看出,CCMA 算法极大地减少了读写器的查询次数和总的传输数据量.与 CCMA 算法相比,IACA 算法容易受到标签 ID 分布的影响,而

CCMA 算法通过自定义命令和映射数据可以完全避免空闲时隙,从而提高系统的识别效率.

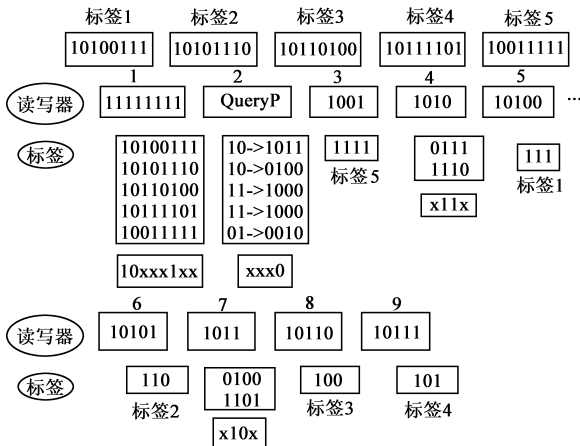


图5 CCMA算法的识别过程(k=2)

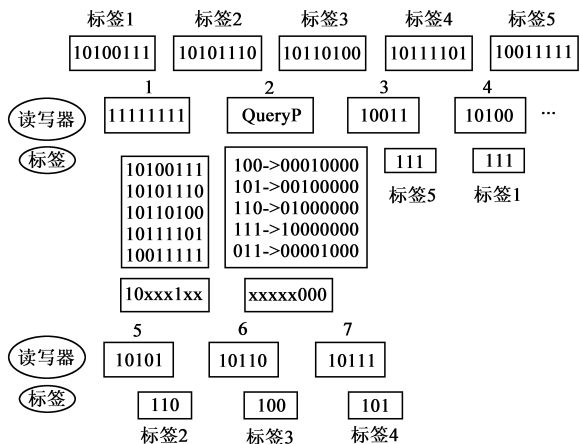


图6 CCMA算法的识别过程(k=3)

4 算法仿真分析

本节通过仿真的方式对 CCMA 算法与动态帧时隙 ALOHA(DFSA)算法、DBSA 算法以及 IACA 算法进行了性能比较.我们采用平均查询周期,总的传输数据量和能量效率这三个指标来衡量算法的性能.平均查询周期是指识别一个标签所需要的平均查询周期.

$$N_{average} = \frac{N_{total}}{n} \quad (1)$$

其中, N_{total} 表示识别 n 个标签总共所需的查询周期(也称为时隙).为了简单直观的描述标签与读写器通信中的能量消耗问题,定义 E_{tr} 为标签接收查询时的能量消耗, E_{tt} 为标签响应读写器时所产生的能量消耗.因此,能量效率可以表示为:

$$\eta = \frac{nE_{tt}}{QE_{tr} + RE_{tt}} \quad (2)$$

其中, Q 为总的查询周期数包括自定义命令 QueryP 所

占用的时隙数, R 为总的标签响应次数, E_{tt} 为能量单位.

图 7 对 CCMA 算法、DFSA 算法、DBSA 以及 IACA 算法的平均查询周期进行了比较,可以看出,CCMA 算法要明显优于其他算法,CCMA 算法识别一个标签平均需要 2.25 个查询周期,而 DBSA 算法和 IACA 算法分别需要 4.9 和 2.98 个查询周期.

图 8 给出了不同算法所需要的总的传输数据量,CCMA 算法的传输数据量要明显小于 DBSA 和 IACA 算法下的传输数据量.随着系统内待识别标签数的增加,CCMA 算法的性能优势会变得更加明显,例如,当标签数为 405 时,DBSA 和 IACA 算法分别需要 253756 字节和 77650 字节的传输数据量,而 CCMA 算法仅需要 19732 字节.同时,我们可以发现 DFSA 算法在传输数据量上比树形算法更具优势,那是因为随机性算法和确定性算法的仲裁方式不同,随机性算法采用伪随机数 RN16 进行仲裁,确定性算法则使用标签 ID 进行仲裁.通常情况下确定性算法中的碰撞时隙所包含的标签数要多于随机性算法中碰撞时隙所包含的标签数.

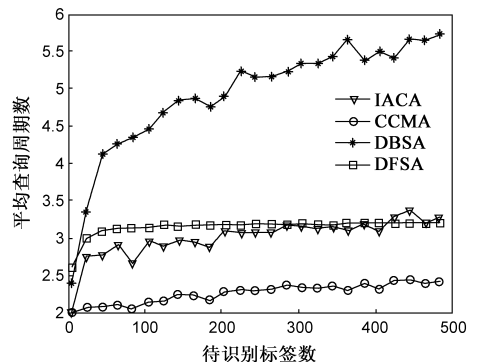


图7 不同算法下的平均查询周期数

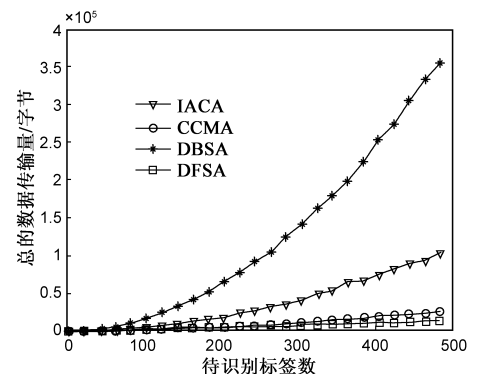


图8 不同算法下的传输数据量

图 9 通过 IACA 对比 DBSA,CCMA 对比 DBSA,以及 CCMA 对比 IACA 之间的信道节省更直观地反应了不同算法下传输数据量的差异(计算公式参见文献[9]).可以看出,CCMA 算法比 IACA 算法要节省 70% 左右的信

道容量.

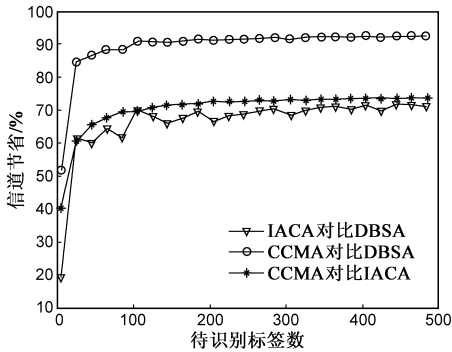


图9 不同算法的信道节省

图 10 对 CCMA 算法, DBSA 算法, DFSA 算法和 IACA 算法的能量效率进行了对比,可以看出 CCMA 算法的能量效率维持在 0.3 左右,而 IACA 算法的能量效率仅保持在 0.25 附近.

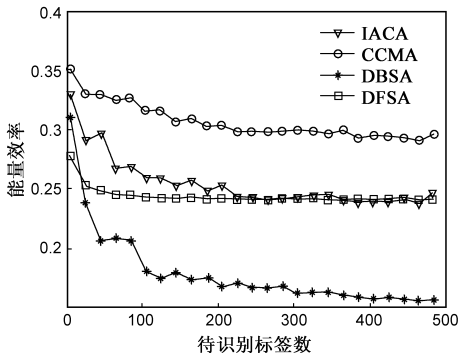


图10 不同算法下的能量效率

5 结论

本文提出了一种适用于 ISO 18000-6B 协议的防碰撞算法,新算法利用曼彻斯特编码来准确识别碰撞位的特性,通过增加自定义命令 QueryP 和碰撞信息映射将待识别标签分为若干个子集,有效消除了传统树形算法中出现的空时隙或空节点,提高了系统的识别效率,同时标签在响应读写器查询命令时,只需要发送其 ID 与查询前缀匹配后的剩余部分,从而大大减少了信息的传输量,降低了系统能耗.

参考文献

- [1] 宁焕生,徐群玉.全球物联网发展及中国物联网建设若干思考[J].电子学报,2010,38(11):2590-2599.
Ning Huan-sheng, Xu Qun-yu. Research on global internet of things development and its construction in China[J]. Acta Electronica Sinica, 2010, 38(11): 2590-2599. (in Chinese)

- [2] Law C, Lee K, Siu K Y. Efficient memoryless protocol for tag identification[A]. Proceedings of the 4th International Workshop on Discrete Algorithms and Methods for Mobile Computing and Communications [C]. New York, USA: ACM Press, 2000. 75-84.
- [3] La Porta T F, Maselli G, Petrioli C. Anticollision protocols for single-reader RFID systems: Temporal analysis and optimization [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2011, 10(2): 267-279.
- [4] Vogt H. Efficient object identification with passive RFID tags [A]. International Conference on Pervasive Computing [C]. Zurich, Switzerland: Springer-Verlag, 2002. 98-113.
- [5] Su J, Wen G J. A capture-aware anti-collision algorithm for ISO 18000-6C RFID protocol[A]. International Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing (ICWAMTIP)[C]. Chengdu, China, 2012. 291-294.
- [6] Kim Y, Kim S, Lee S, et al. Improved 4-ary query tree algorithm for anti-collision in RFID system[A]. International Conference on Advanced Information Networking and Applications [C]. Bradford: IEEE Computer Society, 2009. 699-704.
- [7] Jia X, Feng Q, Ma C. An efficient anti-collision protocol for RFID tag identification [J]. IEEE Communications Letters, 2010, 14(11): 1014-1016.
- [8] 张学军,蔡文琦,王锁萍.改进型自适应多叉树防碰撞算法研究[J].电子学报,2012,40(1):193-198.
Zhang Xue-Jun, Cai Wen-qi, Wang Suo-ping. One anti-collision algorithm based on improved adaptive multi-tree search[J]. Acta Electronica Sinica, 2012, 40(1): 193-198. (in Chinese)
- [9] Djedou M, Khelladi R, Benssalah M. Improved RFID anti-collision algorithm [J]. AEU-International Journal of Electronics and Communications, 2013, 67(3): 256-262.

作者简介



苏 健 男,1986年3月出生于湖北荆州.电子科技大学通信与信息工程学院博士研究生.研究方向为物联网技术、无线射频识别技术、认知无线网络.

E-mail: xiaoyanzi850603@163.com

文光俊 男,1964年8月出生.电子科技大学通信与信息工程学院博士生导师,主要研究方向为射频/微波/毫米波集成电路与系统、通信网络与宽带通信、新型电磁材料、无线传感网络等技术领域.

韩佳利 女,硕士研究生,研究方向为无线传感网络和 RFID 防碰撞算法.