

一种新型多标签估算方法

颜 元^{1,2}, 武岳山^{1,2}, 熊立志²

(1. 西北大学 信息科学与技术学院, 西安 710127; 2. 深圳市远望谷信息技术股份有限公司, 广东 深圳 518057)

摘 要: 结合动态帧时隙算法的理论分析与多标签估算的数学建模, 并在 EPC 协议的基础上对选择 Q 值估算方法和泊松估算方法进行仿真分析, 总结两种方法性能的优劣, 提出了一种新型多标签估算方法, 旨在解决剩余多标签估算准确性低的问题。仿真结果表明, 新型估算方法在估算标签数目上的性能更优, 减少了总时隙数目, 从而提高了系统的时隙利用率。

关键词: 射频识别; 动态帧时隙算法; 标签数目估计

中图分类号: TP301.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2012)03-0930-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.03.036

New method for number estimation of multi-tag

YAN Yuan^{1,2}, WU Yue-shan^{1,2}, XIONG Li-zhi²

(1. School of Information Science & Technology, Northwest University, Xi'an 710127, China; 2. Invengo Information Technology Co., Ltd, Shenzhen Guangdong 518057, China)

Abstract: This thesis combined with the the theoretical analysis of dynamic framed slotted algorithm and mathematical modeling of multi-tag estimation. It simulated and analyzed the property of the slot-count(Q) selection algorithm which was on the basis of the EPC protocol, and the poisson estimation methods. It proposed a new method of multi-tag number estimation to resolve the problem of low accuracy of multi-tag estimation. Simulation results show that the new method has a better performance on tags number estimation, reduces the total number of time slots, and improves the system utilization rate.

Key words: RFID; dynamic framed-slotted algorithm; number estimation of tags

射频识别(RFID)技术的工作方式是利用空间电磁波传输信号进行非接触式双向通信。通常的 RFID 系统由标签和读写器两部分组成。当有多个标签位于同一读写器的工作范围内时, 如果所有的标签同时回复信息, 那么将导致各个标签之间的传输信息相互干扰, 称为多标签的碰撞问题, 是影响 RFID 系统读取效率的核心问题。

解决多标签的碰撞问题, 主要取决于防碰撞算法的优劣。多标签防碰撞算法主要有可靠性和效率两项参考指标。而在整个防碰撞算法中, Q 值的确定是最关键的一环。 Q 值的确定关系着时隙数目的分配, 是考察算法指标的关键。目前的标签估计方法一般常采用动态帧时隙标签估计算法。

1 动态帧时隙多标签估计算法

在对动态帧时隙算法进行介绍之前, 先对动态帧时隙的算法流程做一个简单的说明。

a) 读写器通过发送一个 Query 命令开启一个清点周期, 可能有一个或多个标签参与这个清点周期, 其中每个标签在接收到命令后在 $(0, 2^Q - 1)$ (Q 为 Query 命令参数, 初始值为 4) 范围内产生一个随机数, 并把它放入计数器。

b) 选择随机数为 0 的标签立即回复信息(RN16, 即一个 16 位数), 不为 0 的标签转为仲裁状态, 等待 QueryRep 和 QueryAjust 指令。

c) 在一个时隙中, 如果只有一个标签回复, 则读写器识别该标签并发送 QueryRep 指令识别下一个标签; 如果多个标签或者没有标签回复, 读写器重新发送 QueryRep 指令指导标签行为。其中, QueryRep 指令促使标签计数器自减 1, 减为 0 则回复。

d) 在一帧结束后, 读写器对下一帧中的最佳帧长度进行估算, 然后发送 QueryAjust 指令(包含新 Q 值)告诉标签新的 Q 值。如此重复, 直至全部标签被识别。

动态帧时隙算法只在一帧结束后对下一帧的长度进行调整, 即动态调整帧的尺寸。

2 标签估计算法数学模型

为了合理地设定帧长度, 在一轮清点周期结束后必须估算下一帧所需总时隙数目, 在这之前需要估计剩余标签的数目。

设初始帧长度为 L , 标签数为 n , 则选择同一时隙的标签数目随机量 T 为 n , 概率为 $p = 1/L$ 的二项分布, 即 $T \sim B(n, p)$, 不难得出

$$\text{成功时隙概率为 } P_{\text{succ}} = P(T=1) = np(1-p)^{n-1} \quad (1)$$

$$\text{空时隙概率为 } P_{\text{idle}} = P(T=0) = (1-p)^n \quad (2)$$

$$\text{碰撞时隙概率为 } P_{\text{coll}} = 1 - P_{\text{idle}} - P_{\text{succ}} \quad (3)$$

$$\text{时隙利用率为 } S = \frac{P_{\text{succ}}}{P_{\text{succ}} + P_{\text{coll}} + P_{\text{idle}}} = np(1-p)^{n-1} \quad (4)$$

收稿日期: 2011-07-12; 修回日期: 2011-09-02

作者简介: 颜元(1987-), 女, 陕西西安人, 硕士研究生, 主要研究方向为射频识别技术(yanyuanjiayou@163.com); 武岳山(1962-), 男, 陕西西安人, 副教授, 技术总监, 主要研究方向为射频识别技术、电子电路 EDA 技术等; 熊立志(1976-), 男, 湖北人, 博士, 经理, 主要研究方向为 UHF 频段 RFID 芯片设计技术。

对 S 关于 p 求导,可得当 $p=1/n$ 时,系统的时隙利用率最高,可达 0.367 9。也就是说当标签数目和时隙数值相等($n=L$)时,时隙值满足最佳帧长度。

当标签数量足够大时,即 n 很大而 $p=1/L=1/n$ 很小,此时二项分布近似为泊松分布,泊松分布参数为 $\lambda=n \times p=x \times \frac{1}{L}$ 。通过以上分析可知,当系统达到最大时隙利用率时, $p=1/n$,即 $n=L$,那么利用式(1)~(3)可以计算出最大时隙利用率下的时隙碰撞概率 C_{rate} 为

$$C_{rate} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{P_{coll}}{1 - P_{succ}} = 0.4180 \tag{5}$$

那么计算一个时隙中碰撞标签的个数 C_{tag} 为

$$C_{tag} = \frac{1}{C_{rate}} = 2.3922 \tag{6}$$

3 标签估计算法

3.1 选择 Q 值估算法

选择 Q 值标签估计算法来源于 EPC 协议,ISO/IEC18000-6C 附录 D 描述了选择 Q 值的算法,如图 1 所示。

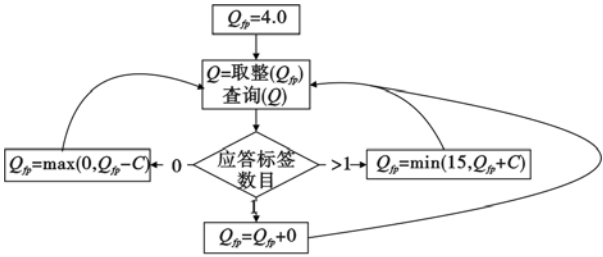


图1 时隙计数参数 Q 的选择示例

由图 1 可看出,读写器根据相应的标签数目(0、1 还是大于 1)去调整 Q 值,大于 1 为发生碰撞的情况。在碰撞的情况下,根据 $Q_{fp} = \min(15, Q_{fp} + C)$ 调整下一轮的 Q 值。 Q_{fp} 初始值为 4,调整参数 C 往往根据经验选择。

根据 EPC 协议给出的 Q 值选择示例,在每一轮清点周期后,计算本轮的时隙利用率 P_1 和空时隙率 P_0 ,与最大值 0.367 9 作比较,并以此为依据对 Q 值进行调整,调整后的 Q 值进入下一轮清点周期。同时,可以利用更新的 Q 值来估算剩余标签的数目:

$$x = 2^Q$$

3.2 泊松估算法

由式(6)可得出,当系统达到最大的时隙利用率时,一个发生碰撞的时隙中包含的标签平均数目为 2.392 2。那么在每一轮清点周期后,统计本轮中的碰撞时隙数目 N_c ,可以计算出剩余标签数目:

$$x = N_c \times 2.3922$$

之后,通过估计得到的剩余标签数目对 Q 值进行调整,调整方法为

$$Q = \text{round}(\log_2^+)$$

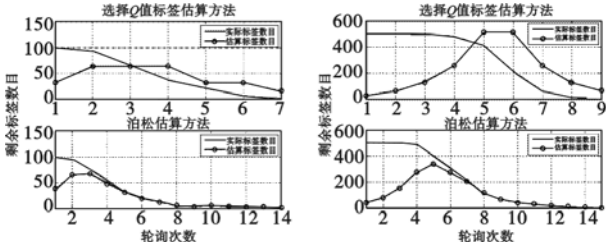
其中:round 意为四舍五入取整。如此得到新的 Q 值进入下一轮清点周期。

3.3 仿真分析

利用 MATLAB 软件对以上两节的标签估计算法进行分析。仿真条件为:测试标签总数分别为 100、500, Q 值的初始值为 4。评估内容为:查看每一轮清点周期后标签估计剩余数目与实际

标签剩余数目的对比,从而达到鉴定算法优劣的目的。

图 2 为算法性能测试。从图 2 中可以看到,虽然选择 Q 值估算方法的清点周期少于泊松估算方法,但泊松估算方法的跟踪剩余标签数量的性能明显优于选择 Q 值估算方法。泊松估算方法在经过前几轮清点周期(不超过总周期数的 1/3)后,剩余标签数目的估计接近实际剩余标签的数目,而这一点是选择 Q 值估算方法无法达到的。这样更新的 Q 值计算出的帧长将会达到最优,系统的时隙利用率将被提高,总时隙数目将会大量减少。



(a)标签总数为100的算法性能测试 (b)标签总数为500的算法性能测试

图2 算法性能测试

同时,还可发现泊松估算方法存在着不足之处。从图 2 能够看到,在前几轮的清点周期中,泊松估算方法对 Q 值的更新并不及时,尤其当标签数量越大时,从图 2(b)中标签数量为 500 的仿真结果可以看出,一直到第 6 轮清点周期开始, Q 值的更新才符合剩余标签数量的变化,这一点无疑将会在识别之初浪费更多的时隙,从而影响系统的识别效率。

4 一种新型标签估算方法

针对以上两种标签估计算法的仿真,可发现泊松估算方法优于选择 Q 值估算方法;同时,泊松估算方法也存在影响自身性能的缺陷,即初始标签数量越大,越会造成时隙的浪费和系统识别效率的降低。本文针对泊松估算方法的缺陷并结合选择 Q 值估算方法,提出了一种新的能够实时跟踪标签数量变化而更新 Q 值的标签估算方法。

4.1 新估算方法实现方案

a)在第一帧的第一时隙内,读写器发送指令 Query,其中包含 Q 值(Q 值的初始值为 4),等待标签回复,并统计碰撞时隙、成功时隙和空时隙数目。

b)统计清点周期次数,若清点周期次数小于 2,则判断成功时隙与空时隙数是否小于一个固定值(此处靠经验选取为 3)。若小于 3,说明此时时隙数目远小于标签数量,那么应该大幅度增加 Q 值;若大于 3,按照选择 Q 值估算方法估计标签数目,并对 Q 值进行更新。

c)若清点周期次数大于 2,则按照泊松估算方法对剩余标签数量进行估计,并更新 Q 值。

d)以此循环,直到所有的标签被正确识别。

4.2 仿真分析

利用 MATLAB 软件对新标签估算方法仿真,并与以上泊松估算方法进行对比分析。仿真条件为:测试标签总数分别为 100、500、1 000, Q 初始值为 4。评估内容为:查看每一轮清点周期后标签估计剩余数目与实际标签剩余数目的对比,从而达到鉴定算法优劣的目的。

图 3 为算法性能测试。从图 3 中可以看到,新型标签估算方法的清点周期小于等于泊松估算方法,并且 Q 值的更新更加及时。从图 3(a)中可以看到,新型估算方法在第 4 轮清点周期就能够比较准确地估算剩余标签的数量,而泊松估算方法

需要等到第 6 轮才能够达到,这显然节省了识别标签的时间和所需总的时隙数目;从图 3(b)中可以看到,标签总数越大,新型估算方法的优越性越明显。

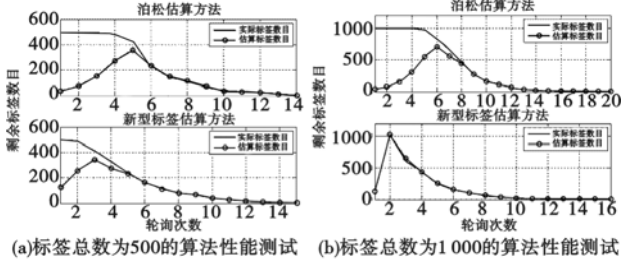


图3 算法性能测试

那么当标签数量较少时,新型估算方法能否也达到一个比较优越的水平呢?本文对总数为 100 的标签进行了估算仿真,如图 4 所示。可以明显地看到在标签总数为 100 时,新型标签估算方法的性能优于泊松估算方法。首先新型估算方法的轮询次数小于泊松估算方法;其次,新型估算方法在第 2 轮清点周期中就能够准确估计剩余标签数目,而泊松估算方法则要进行到第 4 轮清点周期才能达到。由此说明,新型多标签估算方法的性能确实优于选择 Q 值估算方法和泊松估算方法。

为了进一步验证新型多标签估算方法的性能优越性,本文考察这三种算法对不同数量标签所需的总时隙数将会怎样变化。

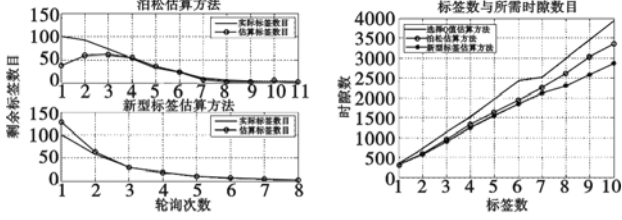


图4 标签总数为100的算法性能测试

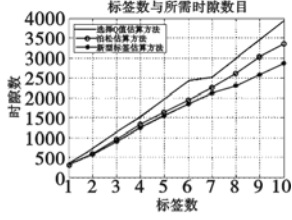


图5 不同估算方法耗费的总时隙数

(上接第 901 页)由于一些因素,获得足够的威胁评估训练样本存在一些困难,而且威胁评估要考虑的因素有很多,本文只考虑了部分因素,简化了威胁评估模型。但是这种方法可以应用到很多领域,如股票价格预测、图像分割、目标识别等。今后的工作重点将放在威胁评估样本的采集和在考虑更多的威胁因素情况下的威胁程度评估。

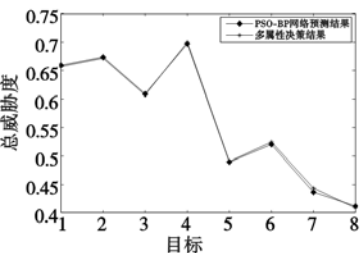


图1 PSO-BP网络预测结果和多属性决策结果

表3 预测结果 P_{out} 和多属性决策法威胁度结果 D_{out}

目标	P_{out}	D_{out}
1	0.659 6	0.657 0
2	0.673 3	0.672 0
3	0.609 0	0.607 0
4	0.697 2	0.700 0
5	0.489 1	0.491 0
6	0.520 3	0.524 0
7	0.436 1	0.443 0
8	0.411 6	0.409 0

参考文献:

[1] 岳绍华,李松,刘进忙.基于专家系统的目标威胁判断模型[J].计算机工程与应用,2003,39(11):71-72,79.
[2] 魏强,周德云.基于专家系统的无人战斗机智能决策系统[J].火力与指挥控制,2007,32(2):5-8.
[3] 赵威,周德云.专家系统在空战多目标攻击排序中的应用[J].电光与控制,2008,15(2):23-26.
[4] 左军毅,张怡哲,王正平.依赖模板匹配纠错的混合跟踪算法[J].计算机应用研究,2010,27(11):4366-4368.
[5] 欧爱辉,朱自谦.基于多属性决策和态势估计结果的空战威胁评

估方法[J].火控雷达技术,2006,35(2):64-67.

5 结束语

本文在分析动态帧时隙算法的基础上,建立了多标签估计算法数学模型,并结合 EPC 协议中的 Q 值选择示例,对选择 Q 值估算方法和泊松估算方法进行理论论述和仿真分析,总结了两种算法的优劣。针对两种方法的长处与不足提出了一种新型的多标签估算方法,旨在提高剩余标签数量估计的准确性,从而达到提高系统识别效率的目的。仿真结果表明,新型多标签估算方法的性能满足本文的设计理念,且优于其他两种估算方法。

参考文献:

[1] CHA J R, KIM J H. Novel anti-collision method for tag identification in a RFID system[C]//Proc of the 11th International Conference on Parallel and Distributed Systems, 2005:63-67.
[2] SCHOUTE F C. Dynamic frame length ALOHA [J]. IEEE Trans on Communications, 1983, 31(4):565-568.
[3] ISO/IEC 18000-6C:2004-FDAM 1[S]. 2006.
[4] 武岳山.无源 RFID 系统中多标签识别的基本原理[J].中国自动识别技术,2008(4):48-52.
[5] 江建.RFID 中多标签防碰撞技术的研究[D].成都:电子科技大学,2009.
[6] 皮扬,刘长江.动态分配时隙 ALOHA 的抗碰撞算法[J].计算机工程,2009,35(7):270-272.
[7] 刘佳,张有光.基于时隙的 RFID 防碰撞算法分析[J].电子技术应用,2007,33(5):94-96,100.
[8] 程良伦,林伟勇.一种稳定高效的动态帧时隙 ALOHA 算法[J].计算机应用研究,2009,26(1):85-87.
[6] 曲长文,何友,马强.应用多属性决策的威胁评估方法[J].系统工程与电子技术,2000,22(5):26-29.
[7] 曲长文,何友.基于对策论的威胁评估模型[J].火力与指挥控制,1999,24(2):27-30.
[8] 李鸿,吴嗣亮,杨春山.对策论在雷达反干扰作战中的作用[J].现代雷达,2008,30(2):10-12.
[9] 雷英杰,王宝树,王毅.基于直接模糊推理的威胁评估方法[J].电子与信息学报,2007,29(9):2077-2081.
[10] LI Deng-feng. Multiattribute decision making models and methods using intuitionistic fuzzy sets [J]. Journal of Computer and System Sciences, 2005, 70(1):73-85.
[11] LOONEY C G, LIANG L R. Cognitive situation and threat assessments of ground battlespaces [J]. Information Fusion, 2003, 4(4):297-308.
[12] CASTRO J R, CASTILLO O, MELIN P, et al. Intelligent control using an interval type-2 fuzzy neural network with a hybrid learning algorithm[C]//Proc of IEEE International Conference on Fuzzy Systems. [S. l.]:IEEE, 2008:893-900.
[13] CLERC M, KENEDY J. The particle swarm: explosion, stability, and convergence in a multidimensional complex space [J]. IEEE Trans on Evolutionary Computation, 2002, 6(1):58-73.
[14] NEWAGY F A, FAHMY Y A, EL-SOUDANI M M S, et al. Designing near Shannon limit LDPC codes using particle swarm [C]//Proc of International Conference on Telecommunications & MICC. 2007:119-123.
[15] 董彦非,郭基联,张恒喜.多机空战目标威胁评估算法[J].火力与指挥控制,2002,27(1):73-76.