

食品标签冲突检测的防碰撞控制

陈卫军, 黄永灿

(安阳师范学院 软件学院, 河南 安阳 455000)

**摘要:** 提出一种基于冲突检测的食品安全标签防碰撞控制方法. 对标签批量读取, 进行数据的层次化融合, 描述食品安全标签的冲突信号生成模型, 分析食品安全追踪标签冲突信号的超宽带特征, 实现对食品(食物)的种植、养殖、加工、包装、储藏、运输、销售、消费等活动的安全控制. 通过食品安全标签射频识别技术(RFID)进行冲突分流控制, 达到防碰撞控制的目的. 仿真实验表明: 文中方法可加快防碰撞的识别效率, 降低标签防碰撞的机率, 提高防碰撞检测工作效率.

**关键词:** 冲突检测; 防碰撞控制; 食品安全; 标签; 射频识别技术

**中图分类号:** TP 309.3      **文献标志码:** A

近年来, 随着信息技术的不断发展而出现的物联网技术, 使食品安全的网络信息追踪和识别技术得到广泛的应用. 在食品安全追踪过程中, 需要根据物资标签批量读取技术进行识别, 食品标签批次和计量具有复杂性和不规则性, 导致标签信息冲突碰撞, 需要进行防碰撞控制. 食品安全标签防碰撞控制算法在保证食品安全追踪应用过程中具有重要意义<sup>[1]</sup>. 传统方法中, 对食品安全追踪标签防碰撞控制方法采用码元帧格式扫频射频识别技术(RFID)达到冲突分流控制的目的, 在扩展损失呈突变衰减时, 碰撞控制容错效果不好. 许多学者对此进行了算法的改进设计<sup>[2-6]</sup>. 本文提出一种基于冲突检测的食品安全标签防碰撞控制方法, 达到防碰撞控制的目的.

1 防碰撞控制模型和冲突问题描述

1.1 食品安全标签防碰撞控制模型

建立食品安全标签防碰撞控制模型<sup>[7]</sup>. 食品安全标签控制的分组交换网络有许多组网方式. 其中, 最为典型的是 AD Hoc 组网. 考虑两种节点  $k$  获得未编码分组  $P$  的机会: 通过链路  $(k, i)$  将  $P$  传输到节点  $i$ , 假设食品安全追踪网络系统智能体为  $L_i\{i=1, 2, \dots, C_L\}$ , 网络建模为一个有向图  $G=\{V, E\}$ , 其中,  $V$  为节点集合,  $E$  为链路集合. 由此得到食品安全标签控制的节点传递模型, 如图 1 所示. 图 1(a)中: 节点  $k$  处的分组为  $P_2$ . 由于超短带格栅状网络路由编码同时涉及到前跳节点和后跳节点的有限功率控制, 导致食品安全追踪标签冲突. 文中采用射线模型进行邻居节点统计学模型构建, 分析食品安全追踪标签冲突信号的超宽带特征, 实现对食品(食物)的种植、养殖、加工、包装、储藏、运输、销售、消费等活动的安全控制.

生产、加工、销售以及运输整个流通环节的任意时间节点定义为

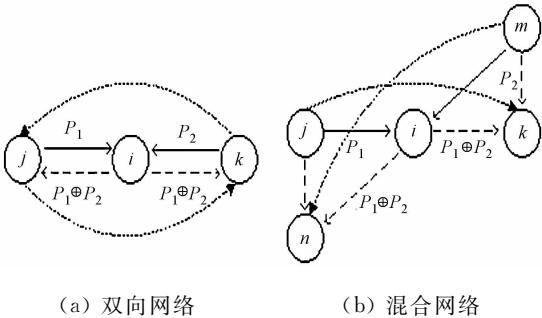


图 1 节点传递模型  
Fig. 1 Node transfer model

$$z_k^i = h_k^i(x_k, u_k) + v_k^i, \quad i = 1, 2, \dots, M. \tag{1}$$

式(1)中: $i$  为相应的物资标签传感器节点.

构建标签传感网络模型,采用四元组 $\{S_1, S_2, \dots, S_L\}$ . 通过中间件技术对标签批量读取数据层次化融合,食品标签批量读取和网络交互过程中,采用  $f_{\text{effecting}}(N_{\text{perception}}) = N_{\text{sensation}}$  描述从知觉层到感觉层的反馈、预测、指导等操作,网络系统节点分布模型为

$$C_m \frac{dv_{Th}}{dt} = -I_L - I_{Na} I_K - I_T - I_{syn} + I_{SM}, \tag{2}$$

$$\frac{dh_{Th}}{dt} = \frac{(h_{\infty}(v_{Th}) - h_{Th})}{\tau_h(v_{Th})}, \tag{3}$$

$$\frac{dw_{Th}}{dt} = \frac{(w_{\infty}(v_{Th}) - w_{Th})}{\tau_h(v_{Th})}. \tag{4}$$

在使用 RFID 的无线射频识别技术时,往往会采集到含有大量噪声的原始数据,导致标签碰撞. 因此,需要进行防碰撞控制,在信道环境恶劣(如大多普勒频移)时的时隙分配碰撞介质为

$$\hat{X}(k+1 | k) = f(\hat{X}(k | k)). \tag{5}$$

采用  $P$  为伪码序列,用于时隙同步; $I$  为标识符,用于区分、识别当前食品标签的类型的链路分离. 通过上述分析,得到了食品安全标签防碰撞控制模型,为进行防碰撞控制和冲突检测奠定了模型基础.

1.2 食品安全检测标签的冲突问题描述

在上述模型构建的基础上,对标签批量读取数据层次化融合,描述食品安全标签的冲突信号生成模型,并进行 RFID 冲突分流控制<sup>[8-13]</sup>. 假设食品安全检测系统内有  $m$  个待识别标签,系统使用  $L$  叉树,当搜索深度为 1 时,食品标签的识别概率为

$$P(1) = [1 - L^{-1}]^{m-1}. \tag{6}$$

采用超高频射频识别技术(UHF RFID),得到标签数据的搜索深度的均值为

$$E(k) = \sum_{k=0}^{\infty} [1 - P(1)]^k = \frac{1}{1 - [1 - P(1)]} = \frac{1}{P(1)} = \frac{1}{(1 - 1/L)^{m-1}}. \tag{7}$$

设计 RFID 射频中间件技术,提高对计量器具的食品标签批量读取能力,RFID 射频中间件分别包括:1) RFID 网络中间件;2) RFID 配置中间件;3) RFID 功能中间件. 由此构建食品安全标签的冲突信号模型,得到在约束范围 $(x, x(k))$ 内, $c_k$  以  $|m_k - l_k|$  为最大步长,在基点  $m_k$  的两侧随机取值, $i, j$  分别表示食品安全标签控制网络节点通信范围内的关联状态坐标向量,从而得到节点的密度为

$$D_{\text{mode}}(i) = \frac{N'_{\text{mode}}(i)}{N_{\text{mode}}}, \quad 1 \leq i \leq N_{\text{mode}}. \tag{8}$$

任意网络节点任务执行食品安全追踪标签冲突重整的有限监测向量空间  $\mathbf{GF}(q)$  上的约束范围为

$$SL_{i'} = \begin{cases} L_i, & i = 1, \\ i'_{\text{New}}, & \text{其他}. \end{cases} \tag{9}$$

式(9)中: $i'_{\text{New}} = (e_{i',1}, e_{i',2}, \dots, e_{i',D})$ ,其生成公式为

$$e_{i',k} = \begin{cases} x_k, & l_k \cdot U(1 - sR, 1 + sR) < x_k, \\ \bar{x}_k, & l_k \cdot U(1 - sR, 1 + sR) > \bar{x}_k, \\ l_k \cdot U(1 - sR, 1 + sR), & \text{其他}. \end{cases} \quad k = 1, 2, \dots, D, \tag{10}$$

式(10)中: $sR$  为局部搜索半径; $U(1 - sR, 1 + sR)$ 取  $(1 - sR, 1 + sR)$ 之间的随机数.

当多个食品标签同时存在于阅读器的可读范围内时,所有的电子标签都是工作在读写器的频段上. 因此,当读写器唤醒所有标签后,所有标签在同一时间向读写器申请传输数据,产生了数据碰撞,需要进行防碰撞控制<sup>[13-16]</sup>.

2 冲突检测算法的提出和防碰撞控制改进

2.1 标签冲突检测算法的提出

在食品安全跟踪过程中,各个标签在传输数据时互相干扰,导致标签 EPC 码的错误传输甚至丢失,

产生碰撞(Collision)问题. 文中采用 RFID 技术进行标签的冲突检测. RFID 技术最早新兴于国外, 各方面已经发展得较为成熟. 中国现已在零售业、金融业等行业中大规模地应用了 RFID 技术, 同时也涉及到校园、公共交通和地铁等日常生活范围<sup>[17-20]</sup>. RFID 系统包括标签阅读器和数据处理系统, 其组成原理如图 2 所示.

RFID 系统中的信息通信双方是读写器和标签. 在实际应用中, RFID 系统工作时, 一定会出现多个阅读器和标签共存的情况. 此时, RFID 系统的数据传输不可避免地出现信道或时序重叠, 容易造成传送的数据错误, 即发生了数据碰撞. 发生碰撞的射频识别系统中, 同时存在着两种不同的碰撞方式: 一种是一个标签同时收到了不同阅读器发出的指令, 称为阅读器碰撞; 另一种是一个阅读器同时收到了多个标签应答的数据, 称为多标签碰撞.

目前的防碰撞算法在解决碰撞问题时, 通常利用碰撞数据的首位或前几位的信息. 传统的食品安全追踪标签防碰撞控制方法采用码元帧格式扫描射频识别技术达到冲突分流控制的目的, 在扩展损失呈突变衰减时, 碰撞控制容错效果不好. 文中提出一种基于冲突检测的食品安全标签防碰撞控制方法. 用  $\mu$  定义碰撞比例, 假设标签码长度为  $n$ , 其中, 有  $n_c$  位产生碰撞. 此时, 碰撞因子可以表示为  $\mu = n_c/n$ . 如果在阅读识别范围内, 共有  $m$  个可以识别的标签, 那么其中任意一位免于碰撞的概率为  $0.5^{m-1}$ , 可得

$$\mu = 1 - 0.5^{m-1}. \tag{11}$$

标签识别系统有  $m$  个待识别标签, 系统使用  $L$  叉树, 当搜索深度为 1 时, 标签识别概率为  $P(1) = [1 - L^{-1}]^{m-1}$ ; 当搜索深度为  $k$  时, 识别概率为

$$P(k) = P(1) = [1 - p(1)]^{k-1}. \tag{12}$$

此时搜索深度的均值为

$$E(k) = \sum_{k=0}^{\infty} [1 - p(1)]^k = \frac{1}{1 - [1 - p(1)]} = \frac{1}{p(1)} = \frac{1}{(1 - 1/L)^{m-1}}. \tag{13}$$

通过设置时间窗口的大小检测数据是否冗余, 得到时频冲突检测平均时隙数为

$$T_{1-\text{ary}} = E(k)L = \frac{L}{(1 - 1/L)^{m-1}}. \tag{14}$$

由以上分析可知: 食品标签的数量与出现碰撞的概率成正比. 因此, 通过冲突检测可以实现对食品安全标签的防碰撞控制.

### 2.2 食品安全标签防碰撞控制算法实现

设计一种通过 Hashtable 保存不同键值数据的时间戳的方法, 可实现对食品安全标签的防碰撞控制. 具体有以下 5 个步骤.

**步骤 1** 将空的 Hashtable 食品数据送入 TABLE.

**步骤 2** 判断是否存在标签碰撞, 碰撞因子可以表示为  $\mu = n_c/n$ . 如果在阅读识别范围内, 共有  $m$  个可以计量汲取食品标签的批量识别标签, 将下一次食品数据阅读值送入 INCOMING.

**步骤 3** 所有的电子标签都是工作在读写器的频段上, 因此, 当读写器唤醒所有标签后, 如果 INCOMING 的时间戳大于最大窗口时间, 则输出 INCOMING, 同时结束一次阅读循环.

**步骤 4** 组件通过关键字 provides 和 uses 申明对接口使用的方式, 将食品标签的 [INCOMING, key] 升级为时间戳.

**步骤 5** 终止循环.

### 3 仿真实验与结果分析

为了测试文中算法在实现食品安全标签防碰撞控制和食品安全追踪中的性能, 进行仿真实验. 采用 Java 语言构建开发在开源的云计算平台框架下进行标签读取的 RFID 模型. 实验仿真环境为: Intel-

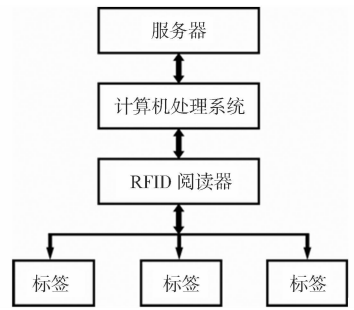


图 2 RFID 系统组成原理  
Fig. 2 RFID system composition principle

Core3-530 1 G 内存;Windows 7 操作系统. 冲突信号存储了 100 TB 的内容,每个内容块的大小为 1 MB,统计表记录了在当前时间周期 $[t_0, t_0 + C]$ 内边界路由器 R2 转发给其他 AS 的所有 interest 食品安全追踪报文的统计信息, $C$  为周期长度. 仿真实验实验参数为:食品安全追踪数量为  $10^{16}$ ;节点数目为 100 个;RFID 频段为 13. 56 MHz;标签分布特征为双随机过程. 在上述仿真实验环境设计的基础上,进行食品安全标签防碰撞控制实验,生成的冲突信号模型,如图 3 所示. 对冲突信号模型进行时频特征分析,提取能量密度特征,结果如图 4 所示. 图 3,4 中: $t$  为采样时间; $t'$  为时延.

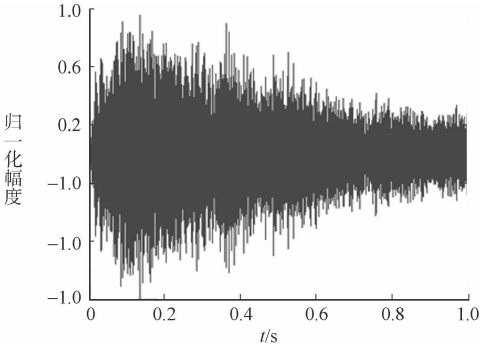


图 3 食品安全追踪标签冲突信号模型  
Fig. 3 Food safety tracing label conflict signal model

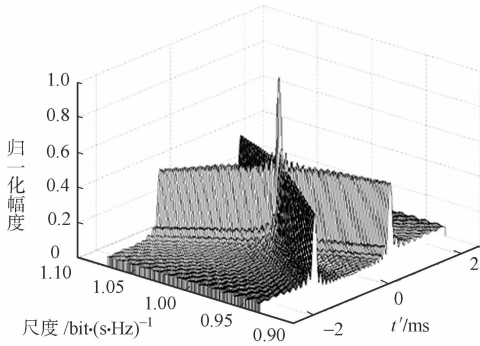


图 4 冲突信号时频能量密度特征  
Fig. 4 Time-frequency energy density characteristics of conflict signals

根据上述特征提取结果,对标签批量读取,进行数据的层次化融合,描述食品安全标签的冲突信号生成模型,并进行食品安全标签射频识别技术冲突分流控制,以食品安全检测的识别吞吐率为测试指标,采用传统方法与新方法识别速度的比较结果,如图 5 所示. 图 5 中: $\eta$  为吞吐率; $n$  为待识别标签数.

由图 5 可知:新提出的标签识别比传统的识别速度更快更有效率,加快了防碰撞的识别效率,减低了标签防碰撞的机率,提高了防碰撞检测工作效率,避免了资源的浪费,提高了食品安全追踪的效率和准确性.

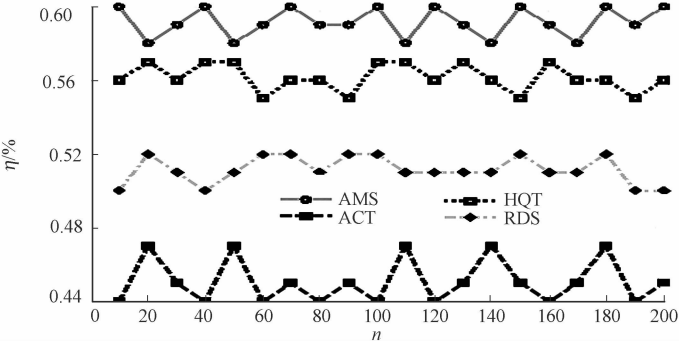


图 5 传统方法与新方法食品标签识别吞吐率的比较  
Fig. 5 Comparison between traditional methods and new methods for the recognition of food labels

## 4 结论

食品的安全追踪贯穿于食品种植、养殖、加工、包装、储藏、运输、销售、消费等活动中. 在食品安全追踪过程中,需要根据标签物资标签批量读取技术进行识别,食品标签批次和计量具有复杂性和不规则性,导致标签信息冲突碰撞,需要进行防碰撞控制. 研究食品安全标签防碰撞控制算法在保证食品安全追踪应用过程中具有重要意义.

文中提出一种基于冲突检测的食品安全标签防碰撞控制方法. 构建食品安全标签检测模型,采用中间件技术,对标签批量读取,进行数据的层次化融合,描述食品安全标签的冲突信号生成模型,并进行食品安全标签射频识别技术(RFID)冲突分流控制,达到防碰撞控制的目的. 仿真实验表明:改进的 RFID 标签防碰撞算法可以改善原有的食品标签 RFID 识别系统,加快防碰撞的识别效率,降低标签防碰撞的

机率,提高防碰撞检测工作效率,避免资源的浪费,提高食品安全追踪的效率和准确性,在食品安全监测等领域具有较好的应用价值.

参考文献:

[1] 何艳. 物联网农产品智能销售系统[J]. 黑龙江科学, 2012, 3(1): 57-59.

[2] 陈园,熊捷. 食品安全呼唤物联网技术的运用和普及[J]. 广东化工, 2012, 39(1): 166-167.

[3] 陈泰伟,项颖,吴黎明,等. 一种基于图论的 RFID 防冲突建模与优化方法[J]. 微电子学与计算机, 2012, 29(1): 155-158.

[4] 李梦寻,刘宏志. 基于物联网的食品安全监理模型研究[J]. 北京工商大学学报:自然科学版, 2011, 29(2): 54-57.

[5] 周应恒,耿献辉. 信息可追踪系统在食品质量安全保障中的应用[J]. 农业现代化研究, 2002, 23(6): 451-454.

[6] 邓海生,李军. RFID 数据流过滤算法研究[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(6): 26-29.

[7] 禄琳,刘凤山. 基于物联网的农产品供应链管理研究[J]. 现代化农业, 2012, 7(57): 57-60.

[8] 卢印举,苏玉,单国全. 基于 RFID 技术的跟踪与追溯系统研究[J]. 煤炭技术, 2012, 31(6): 163-164.

[9] 潘伟杰,李少波,许吉斌. 自适应时间阈值的 RFID 数据清洗算法[J]. 制造业自动化, 2012, 34(7): 24-27.

[10] 张明哲,张强,袁巍,等. 嵌入式 RFID 中间件数据过滤模型研究[J]. 计算机工程与设计, 2010, 31(17): 3743-3746.

[11] 陈金花,刘国辉,吴军,等. 数据过滤在 RFID 系统中的应用[J]. 光通信研究, 2009(4): 41-43.

[12] 邓海生,李军. RFID 数据流过滤算法研究[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(6): 26-29, 34.

[13] 张勇,梁宝全,侯玉文,等. 采用 RFID 技术和 U 盘存储的抄表器设计[J]. 华侨大学学报:自然科学版, 2010, 31(5): 507-510.

[14] 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.

[15] 陈毅红,冯全源. 物联网中标签持续到达的 RFID 防碰撞算法[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(9): 2076-20810

[16] 宋建华,郭亚军,韩兰胜,等. 自调整混合树 RFID 多标签防碰撞算法[J]. 电子学报, 2014, 42(4): 685-689.

[17] 曾炼成,沈岳,彭佳红. 基于 UHF RFID 标签的农产品可追溯系统研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(26): 14734-14735, 14740.

[18] 曹洁,窦聪. 一种改进的混合查询树防碰撞算法[J]. 小型微型计算机系统, 2015, 36(2): 322-326.

[19] 江雨,马满福. 物联网中 RFID 位匹配防碰撞算法[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(1): 88-91.

[20] 杨晓娇,闫斌,谢光斌. 一种改进的二进制防碰撞算法[J]. 计算机应用与软件, 2013, 30(10): 312-316.

Collision Avoidance Control Based on Food Label Conflict Detection

CHEN Wei-jun, HUANG Yong-can

(School of Software Engineering, Anyang Normal University, Anyang 455000, China)

**Abstract:** The paper puts forward a kind of food safety label conflict detection based anti-collision control method. It may read labels bulkily, proceed with level data fusion. By describing the conflict signal generation model of food safety labels and analysis the ultra wide band characteristics of food safety traceability label conflict signal, to realize the food safety control of planting, breeding, processing, packaging, storage, transportation, sale and consumption activities. Based on the technology of radio frequency identification (RFID) of the food safety label and the conflict shunt control to achieve the purpose of anti-collision control. Simulation results show that the method may speed up the anti-collision recognition efficiency, reduce the probability of the label anti-collision and improve the anti-collision detection efficiency.

**Keywords:** conflict detection; collision avoidance control; food safety; tag; radio frequency identification technology

(责任编辑: 钱筠      英文审校: 吴逢铁)