

文章编号:1007-5321(2012)03-0079-04

## 电调天线设备扫描算法优化及实现

邓春健<sup>1</sup>, 周文辉<sup>1</sup>, 李文生<sup>1</sup>, 罗仁泽<sup>2</sup>

(1. 电子科技大学 中山学院, 广东 中山 528402; 2. 西南石油大学 电气信息学院, 成都 610500)

**摘要:** 对天线接口标准组织(AISG)协议下电调天线控制系统设备扫描算法的性质进行研究和定性,弥补了AISG协议的不足。通过对掩码位推进过程中天线设备数对扫描时间产生影响的分析,获得了算法优化方法,同时提出了基于B-1掩码推进的树形冲突分解算法。该算法根据AISG协议设备扫描算法的特点,合理编排掩码推进位数和推进步骤,平衡了扫描过程中产生的空闲周期数和冲突周期数这一对矛盾,使得在有效识别电调天线设备的同时获得较低的扫描时间开销。

**关键词:** 天线接口标准组织协议; 冲突分解; 扫描效率

中图分类号: TN91 文献标志码: A

### Optimization and Realization of Scanning Algorithm for RET Antenna Device

DENG Chun-jian<sup>1</sup>, ZHOU Wen-hui<sup>1</sup>, LI Wen-sheng<sup>1</sup>, LUO Ren-ze<sup>2</sup>

(1. Zhongshan Institute, University of Electronic Science and Technology of China, Guangdong Zhongshan 528402, China;  
2. Institute of Electrical and Information Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China)

**Abstract:** The nature of scanning algorithm for remote electrical tilting antenna control system based on antenna interface standard group (AISG) protocol is investigated and determined, it is made up for the inadequate AISG protocol. The algorithm is optimized when considering the influence in which the antenna device number is exerted on the scanning time during the process of increasing mask bits. Meanwhile, a tree collision splitting algorithm based on the B-1 mask-bit increasing is proposed. In accordance with the characteristics of the scanning algorithm for AISG protocol, this algorithm reasonably arranges the numbers and steps of increasing mask bits, and solves contradictions between idle cycle quantities and collision cycle quantities, so that the effective identification of antenna line devices is achieved, and the scanning time is reduced as well.

**Key words:** antenna interface standards group protocol; collision resolution; scanning efficiency

AISG协议是实现基站天线与基站系统互操作的标准协议。在AISG协议中,设备扫描识别是实现电调倾角天线控制系统(RCS, remote electrical tilt control system)和天线设备(ALD, antenna line device)通信的基础和关键。然而当前的协议版本都没

有提及设备扫描算法的性质,也没有提供指导算法设计的具体方法。针对AISG协议这一不足,对ALD扫描算法的性质和实现原理进行研究,形成了许多有益的结论,同时提出了基于B-1掩码推进的树形冲突分解算法,为指导算法优化设计提供参考,并能

收稿日期: 2011-06-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(61072073); 广东省自然科学基金项目(S2012010011124)

作者简介: 邓春健(1980—), 男, 副教授, 博士, E-mail: dcj5880870@126.com.

适用于 AISG 协议的不同版本。

## 1 ALD 扫描算法性质

RCS 实现对 ALD 控制的前提是 ALD 唯一标识码 (UID, unique ID) 被识别, RCS 是通过设备扫描命令帧来识别设备的。设备扫描命令包含匹配码和掩码两部分信息, 当接收到设备扫描命令后, ALD 先用掩码屏蔽设备的 UID, 然后再与匹配码相比较, 如果相等即符合匹配条件, ALD 对 RCS 做出应答。根据这一匹配规则, 当 RCS 发出设备扫描命令后, 网络中存在如下几种反馈状态: 如果有 1 个设备满足匹配条件, RCS 能正确接收回应, 则该设备被识别; 如果网络中没有符合匹配条件的 ALD, 则 RCS 不能接收到回应; 如果网络中存在多个满足匹配条件的 ALD, 将造成应答帧间的冲突干扰, RCS 识别设备失败。若以 RCS 发出扫描命令到获得 ALD 反馈状态的时间作为 1 个扫描周期, 则上述几种扫描周期分别叫做可读周期、冲突周期、空闲周期<sup>[2]</sup>。

ALD 扫描算法的性质决定着算法设计的走向和实现方式。从 ALD 扫描过程来看, RCS 需要通过分解冲突在可读周期来识别设备, 因而 ALD 扫描算法属于防冲突算法。防冲突算法包括 ALOHA 算法、查询树搜索算法两类解决方案<sup>[2]</sup>。由于在接收到设备扫描命令后, AISG 协议规定的 ALD 应答时间远小于设备扫描命令帧传输的时间, 所以无论是何种 ALOHA 算法都不适用于 AISG 协议。ALD 扫描算法只能采用查询树搜索算法, 常见的有二叉树搜索 (BTS, binary tree search) 算法<sup>[3,4]</sup> 和四叉树搜索 (QTS, quaternary tree search) 算法等。由于设备扫描过程只能通过应答帧的正误来判别是否发生了冲突, 不能通过对应答帧的分析来自适应调整下一扫描帧, 所以基于自适应的查询树搜索算法不适合 AISG 协议。

## 2 ALD 扫描算法的优化与实现

快速而准确地识别 AISG 网络中所有的 ALD, 是检验设备扫描算法优劣的标准。提高设备扫描识别效率的手段并不多, 如何减少设备扫描时间, 优化算法的扫描效率是着重探讨的问题。

### 2.1 ALD 扫描算法优化方法

对 RCS 来说, 网络中 ALD 的 UID 分布是不确定的。假设 AISG 网络中有  $N$  个 ALD, 且 UID 都是随机分布的, ALD 将以随机的方式选择回应掩码每

次推进过程产生的匹配码。掩码每推进 1 次, 扫描深度增加 1。设在扫描深度  $i$  下可读周期数、空闲周期数、冲突周期数分别为  $R_i, I_i, C_i$ , 并设各扫描周期时间分别为  $\tau_R, \tau_I, \tau_C$ , 则总扫描时间  $T$  为

$$T = \tau_R \sum_{i=1}^{\infty} R_i + \tau_I \sum_{i=1}^{\infty} I_i + \tau_C \sum_{i=1}^{\infty} C_i \quad (1)$$

设  $P_R(k)$  为扫描深度为  $k$  时 ALD 的识别率,  $N_{k-1}$  为扫描深度为  $k-1$  时未识别的 ALD 个数, 则可读周期数为

$$R_k = N_{k-1} P_R(k) \quad (2)$$

当扫描深度为  $k$  时, 剩余未识别的 ALD 个数为

$$N_k = N_{k-1} - R_k = N_{k-1} - N_{k-1} P_R(k) \quad (3)$$

当  $k=1$  时, 式(3)中  $N_0=N$ 。由式(3)可知, 扫描深度为  $k$  时, 剩余未识别的 ALD 个数和网络中的设备数  $N_0$  间的关系为

$$N_k = N_0 \prod_{i=1}^k [1 - P_R(i)] \quad (4)$$

同理, 根据式(4)在任意扫描深度  $k$ , 被识别的 ALD 个数和网络中的设备数  $N_0$  间的关系为

$$R_k = N_0 \{ \prod_{i=1}^{k-1} [1 - P_R(i)] \} P_R(k) \quad (5)$$

设  $L_k$  为扫描深度为  $k$  时所有匹配码选项的个数。所有匹配码选项中, 将只有 1 个与匹配码选项相符的设备被识别, ALD 的识别率为

$$P_R(k) = \left(1 - \frac{1}{L_k}\right)^{N_k-1} \quad (6)$$

设  $P_I(k)$  为扫描深度为  $k$  时 ALD 的空闲周期率, 即该深度下空闲节点与匹配码选项的比率, 则空闲周期数为

$$I_k = L_k P_I(k) \quad (7)$$

如果其中的匹配码选项没有设备选择, 则该匹配码选项为空闲节点, 在扫描深度为  $k$  时的空闲周期率为

$$P_I(k) = \frac{1}{L_k} L_k \left(1 - \frac{1}{L_k}\right)^{N_k} \quad (8)$$

于是在扫描深度  $k$  下冲突周期数  $C_k$  可表示为

$$C_k = L_{k-1} - I_k - R_k = L_{k-1} - L_k P_I(k) - N_0 \{ \prod_{i=1}^{k-1} [1 - P_R(i)] \} P_R(k) \quad (9)$$

同样设在扫描深度  $k$  下, 掩码的推进位数为  $b_k$  位, 则可以产生  $2^{b_k}$  个节点或匹配选项。由于每个冲突匹配码将产生  $2^{b_k}$  个匹配选项, 所以  $L_k$  可以表示为

$$L_k = 2^{b_k} C_{k-1} \quad (10)$$

由式(1)和式(9), 一次扫描过程总扫描时间为

$$T = \tau_c \sum_{i=1}^{\infty} [2^{bi} C_{i-1} - I_i - R_i] + \tau_R \sum_{i=1}^{\infty} R_i + \tau_I \sum_{i=1}^{\infty} I_i \quad (11)$$

一般可以认为每次扫描周期都大致相等, 则式(11)可以简化为

$$T = \tau_c \sum_{i=1}^{\infty} 2^{bi} C_{i-1} = \tau_c (\sum_{i=1}^{\infty} 2^{bi} C_i + 1) \quad (12)$$

根据式(2)、式(7)和式(9), 在扫描深度  $k$  下, 当设备数一定时, 随着匹配码选项个数  $L_k$  的增大, 设备识别个数和空闲周期数也随着增大, 由于分配到单个匹配码的设备变少, 所以冲突周期数也随之减少。在设备数较多时, 如果片面地减小掩码推进位数, 将会造成持续冲突, 设备识别缓慢; 而增大掩码推进位数, 根据式(10), 掩码推进位每增加 1 位, 匹配选项以 2 倍的数量递增, 反而会使得空闲周期数的增幅远大于冲突周期数的减少量。由于扫描开始时未识别的设备数较多, 而随着扫描的深入, 未识别设备数逐渐减少, 因此对算法优化提出如下措施: 在扫描开始采用较大的掩码推进位数, 而随着扫描深度的增加, 采用较小的掩码推进位数。

由于无法确定卷入引发冲突匹配码的具体设备数, 所以在扫描深度大于 1 时, 掩码以固定位数推进。由于掩码推进 1 位引起的空闲周期最少, 并且此时卷入冲突匹配码的设备数在逐渐减少, 所以在扫描深度大于 1 时掩码推进位固定采用 1 位。这样假定开始时掩码推进位采用  $b$  位, 则根据式(12)可得

$$T = \tau_c (1 + 2^b + 2 \sum_{i=2}^{\infty} C_i) \quad (13)$$

根据式(13)得到 ALD 数与总扫描周期数的增长关系图, 如图 1 所示, 随着 ALD 数  $N$  的增加, 可以在扫描开始时选择不同掩码推进位数来获得较低的总扫描周期数。较优掩码推进位数  $b$  的选择方法如下: 当  $N \in [1, 2]$  时,  $b$  选择 1 位较优; 当  $N \in [3, 4]$

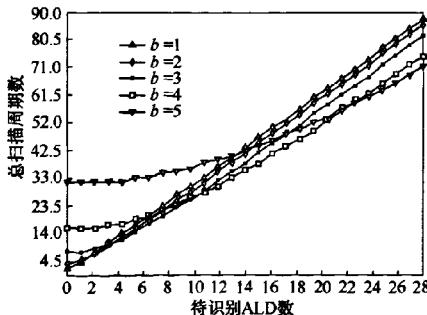


图 1 总扫描周期数对比

时,  $b$  选择 2 位较优; 当  $N \in [5, 11]$  时,  $b$  选择 3 位较优; 当  $N \in [12, 21]$  时,  $b$  选择 4 位较优; 当  $N \in [B_L, B_U]$  时,  $b$  选择  $B$  位较优。

综上所述, 本文算法在扫描深度为 1 时, 较优掩码推进位数  $B$  将根据以上设备数落人的区间来选择; 在扫描深度大于 1 时, 选择固定的掩码推进位数 1。为描述方便, 简称该算法为 B-1 算法。

## 2.2 优化算法的具体实现

2.1 节中的结论为 ALD 扫描算法的优化提供了依据, 然而在实际应用中仍需要针对具体应用对掩码推进路径作出适当的编排, 这样算法才能达到最佳扫描效率。考虑到卷入同一冲突匹配码节点的设备至少是 2 个, 其冲突分解时间决定于使这 2 个设备卷入相同冲突匹配码的最长匹配码长, 设为  $l$ , 若掩码每次推进位数为  $b$  位, 则设备识别总扫描周期数为

$$T' = 2^b \left( \frac{l+1}{b} \right) \quad (14)$$

式(14)说明,  $b$  越小, 总扫描周期数越小; 而且  $l$  越大, 总扫描周期会越大。由于区分或识别 ALD 是通过 UID 的差异实现的, 所以为使算法更有利于设备的识别, 掩码的推进方向建议优先选择 UID 差异较大的位进行, 以减小  $l$  的值。掩码推进形式可以适当做出调整, 如根据实际情况按先从 UID 低字节的低位开始逐步向高位推进, 然后再从高字节的低位向高位推进; 或者先从 UID 低字节的低位开始向高字节的低位方向推进, 然后再从 UID 低字节的高位开始向高字节的高位方向推进。

设  $F_n$  表示由二进制数值构成的集合,  $n$  表示其中元素的二进制位数。记原始匹配码集合:  $F_1 = \{0, 1\}$ ,  $F_2 = \{0, 1, 2, 3\}, \dots, F_B = \{0, 1, 2, 3, \dots, 2^B - 1\}$ , 并记原始掩码集合:  $M_1 = \{1\}, M_2 = \{3\}, \dots, M_B = \{2^B - 1\}$ 。

设  $S_1, S_2$  为二进制数构成的搜索堆栈, 分别用来存储匹配码和掩码。算法实现步骤如下。

- 1) 根据设备 UID 特点确定合适的掩码推进路径; 根据 ALD 数量确定  $b$  值的最优值  $B$ ; 初始化搜索栈  $S_1, S_2$ 。将匹配码集合  $F_B$  中的所有元素进入匹配码栈  $S_1 = \langle q_{2^B}, \dots, q_2, q_1 \rangle, q_i \in F_B, q_1$  为  $S_1$  栈顶元素; 将掩码集合  $M_B$  中的元素进入掩码栈  $S_2 = \langle m_{2^B}, \dots, m_2, m_1 \rangle, m_i \in M_B, m_1$  为  $S_2$  栈顶元素。掩码栈长度与匹配码栈一致。
- 2) 此时匹配码栈为  $S_1 = \langle q_n, \dots, q_2, q_1 \rangle$ , 掩码

栈为  $S_2 = \langle m_n, \dots, m_2, m_1 \rangle$ .

3) 从栈  $S_1$  中取出第 1 个元素  $q_1$ ,  $S_2$  中取出第 1 个元素  $m_1$ , 按照掩码推进路径将  $q_1/m_1$  转换为  $q_1/m'_1$ , 然后发出扫描命令.

4) 当扫描命令发出后, RCS 根据反馈周期的不同, ALD 做如下相应处理.

① 可读周期. 网络中仅有 1 个 ALD 符合, 则将该设备的 UID 存储, 同时将  $q_1/m_1$  从栈  $S_1/S_2$  中删除(出栈), 原栈元素个数减 1.

② 冲突周期. 需要对该冲突进行分解, 将  $q_1$  替换成  $q_1 \otimes F_1$  (“ $\otimes$ ”为位扩展积, 定义附后). 此时搜索栈更新为  $S_1 = \langle q_n, \dots, q_2, F_1 \otimes q_1 \rangle$ ,  $S_2 = \langle m_n, \dots, m_2, M_1 \otimes m_1, M_1 \otimes m_1 \rangle$ . 原栈元素个数增加 1.

③ 空闲周期. 记  $q_1/m_1$  为  $q'_1/m'_1$ , RCS 将  $q_1/m_1$  从栈  $S_1/S_2$  中删除, 原栈元素个数减 1. 如果当前掩码  $m_1$  与被删除掩码  $m'_1$  相等, 则可断定该扫描命令将会引发冲突周期, 因而直接进入冲突周期处理, 忽略第 4) 个步骤.

5) 重复步骤 2) ~ 4) 直至  $S_1/S_2$  为空.

上述算法只对当前卷入冲突的元素入栈、分解, 能有效减少数据存储容量. 另外在空闲周期处理上, 考虑到 1 个冲突匹配码产生 2 个匹配选项, 如果第 1 个匹配节点是空闲周期, 则可确定第 2 个匹配节点必是冲突匹配码, 因而忽略本次扫描以减少扫描周期数, 在此, 节点掩码直接推进 1 位, 实现时用当前掩码  $m_1$  和被删除掩码  $m'_1$  是否相等来判断.

#### 定义 1 位扩展积

设有  $x$  为  $m$  位,  $y$  为  $n$  位的二进制数, 将  $x$  和  $y$  进行位扩展积运算后, 获得二进制数  $z$  的高  $n$  位值为  $y$ , 低  $m$  位值为  $x$ , 记为  $z = y \otimes x$ . 位扩展积还可以推广到元素与集合间的运算中.

### 3 算法仿真分析

下面通过计算机模拟生成不同数量且分布均匀的设备 UID, 来考察 B-1、BTS、QTS 这 3 种算法的识别效率. 仿真环境为 Visual C++ 6.0, UID 字节长度固定为 19 位, ALD 数量在 1 ~ 29 变化, 1 000 次仿

真取均值. 仿真结果如图 2 所示. 由图可见, 3 种算法中 B-1 算法的设备扫描周期数最少, 随着 ALD 数量增加, 优势较为明显.

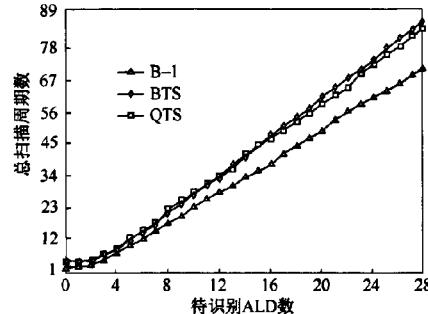


图 2 3 种算法总扫描周期数的比较

### 4 结束语

系统地研究了电调天线设备扫描算法及算法优化方法, 并根据 ALD 扫描算法的特点提出基于 B-1 掩码推进的树形冲突分解算法. 该算法合理编排掩码推进位数和推进步骤, 使得在有效识别 ALD 的同时获得较低的时间开销.

#### 参考文献:

- [1] The Antenna Interface Standards Group. AISG v2.0—2006, Control interface for antenna line devices [S]. Ely, United Kingdom: AISG Ltd, 2006: 4-41.
- [2] 王晓华, 周晓光, 孙百生, 等. 射频识别系统中的防碰撞算法设计[J]. 北京邮电大学学报, 2007, 2(30): 59-71.  
Wang Xiaohua, Zhou Xiaoguang, Sun Baisheng, et al. The design of anti-collision algorithm in RFID system [J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2007, 2(30): 59-71.
- [3] 崔文会. 电调天线系统及电调天线扫描方法: 中国, CN 101674591 [P]. 2010-03-17. <http://ip.com/patapp/CN101674591>.
- [4] 李俊儒. 扫描电调天线的方法及装置、基站及通信系统: 中国, CN 101772042 A [P]. 2010-07-07. <http://ip.com/patapp/CN101772042>.

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…

---



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

---

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>

---



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com))，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>