

空管自动化系统冲突探测航迹队列更新方法

黄晓晓 张 喆 吴仁彪

(中国民航大学天津市智能信号与图像处理重点实验室 天津 300300)

摘要: 对于将监视信息处理与冲突探测分立为2个功能模块的空管自动化系统,系统航迹输出和冲突探测双方时序以及数据处理过程均相互独立。为了保证冲突探测模块能够及时响应监视信息处理模块输出的航迹信息,并且冲突计算不受航迹更新过程的影响,提出了一种新的冲突探测航迹队列更新方式。利用内存映射机制在通信进程与冲突探测进程间传输系统航迹,并根据冲突探测进程所处的运行状态决定航迹队列的更新方式。运行结果表明,所提的系统航迹队列更新方式实用有效,能够保证冲突探测使用的系统航迹保持最新的更新状态。

关键词: 航迹队列更新;空管自动化系统

中图分类号: TP3 V35 TN91 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8060

Updating method of system track queue in conflict detection of ATC system

Huang Xiaoxiao Zhang Zhe Wu Renbiao

(Tianjin Key Lab for Advanced Signal Processing, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

Abstract: For air traffic control automation system which conflict detection unit is separated from the surveillance data processing unit, the time sequence and data processing between conflict detection and system track output are independent. In order to ensure prompt response to track information which surveillance data processing unit outputted, and conflict calculating without affected by the updating process of track, this paper proposes a novel updating method of system track queue in conflict detection. This method takes advantage of mapping mechanism between communication process and conflict detection process to transmit systems track, and decides the way in which the track queue update according to the operating state of conflict detection process. Operation results indicate that the proposed method is practical and effective and has the intrinsic capability of keeping system track used for conflict detection the latest status.

Keywords: system track queue updating; traffic control automation system

1 引言

空管自动化系统在现代空中交通管理中有着广泛的应用。作为空中交通管制员进行空中交通管制的辅助性自动化系统,空管自动化系统提供包括多雷达航迹融合、飞行计划处理、冲突探测、综合信息显示等多项功能。

空管自动化系统中的冲突探测部分主要实现包括短期飞行冲突告警(STCA),最低安全高度告警(MSAW)和危险区侵入告警(DAIW)在内的冲突探测功能^[1-3]。

早期空管自动化系统中,冲突探测功能一般集成于雷达信息处理系统,作为其子模块之一。随着计算机处理能力的提升和网络技术的发展,冲突探测功能逐渐独立实

现,作为单体子系统出现。如EuroCAT欧洲猫系统中,将冲突探测模块独立为Safety Nets子系统^[4]。

2 冲突探测航迹更新需求

根据空管自动化系统对短期飞行冲突告警和最低安全高度告警的告警延迟时间要求^[5-7],冲突探测功能模块在进行系统航迹更新时需要满足以下条件:

1)当监视信息处理模块输出最新系统航迹时,冲突探测模块应接收最新的系统航迹,并尽快更新冲突探测所需的系统航迹队列;

2)当监视信息处理模块因故未在所需时刻输出系统航迹时,冲突探测模块应自行进行系统航迹外推,保证对

收稿日期:2015-01

已有系统航迹进行冲突探测；

3)当监视信息处理模块输出的系统航迹因传输延迟落后于当前系统时间时,冲突探测模块应具备判断系统航迹是否有效的功能,进而决定是否更新系统航迹队列。

在早期空管自动化系统的实现中,冲突探测功能模块往往作为监视信息处理模块中的一部分,因此上述条件3)一般不做重点考虑。然而,随着越来越多的空管自动化系统将冲突探测功能模块独立出来进行开发与维护,条件3)就凸显出其在系统航迹更新过程中的重要性。

提出并实现的冲突探测系统航迹队列更新方法正是面向监视信息处理模块与冲突探测模块为独立运行功能模块这一应用场景,并在实现中为保证尽量减少其他因素对冲突探测计算功能的影响,将接收系统航迹与冲突探测计算分立为2个独立进程,分别运行。

3 冲突探测航迹队列更新方法

根据上述冲突探测系统航迹更新功能的需求,提出的冲突探测模块系统航迹队列更新方法流程如图1所示。

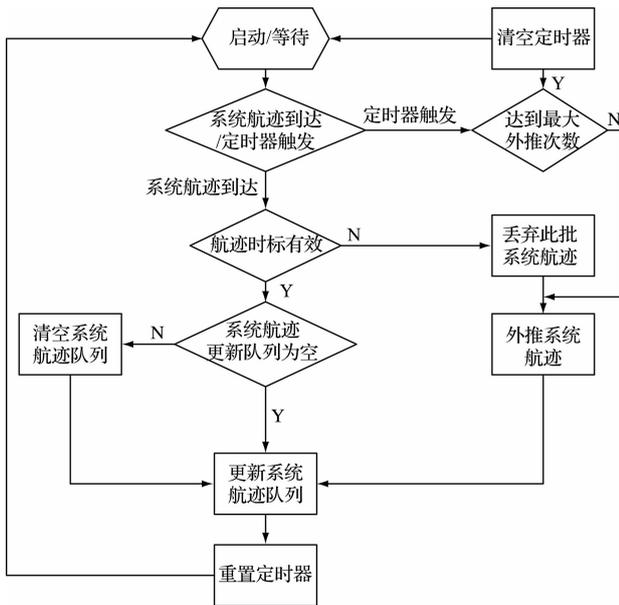


图1 系统航迹更新流程

由图1可知,本冲突探测航迹队列更新方法中,有2个条件可以触发系统航迹队列更新过程:1)监视信息处理模块输出的系统航迹到达冲突探测模块;2)内部系统航迹更新定时器触发。

实时响应监视信息处理模块输出的系统航迹到达消息,可以保证正常情况下使用最新更新的系统航迹作为冲突探测模块进行冲突探测与告警计算的依据^[8]。

由于监视信息处理模块与冲突探测模块为2个独立运行的程序,双方时序与数据处理过程相互独立。因此冲突探测模块中系统航迹更新功能被设计为与冲突探测计算功能相互独立工作的2个进程。这样既能够保证系统

航迹更新实时响应监视信息处理输出的系统航迹,而不受冲突探测计算功能当时所处计算状态及系统资源的限制,也能够消除系统航迹更新过程中对冲突探测计算的影响。

收到系统航迹到达消息后,首先需要接收到的系统航迹时标进行判断。如果系统航迹时标有效,即未超过所规定的系统航迹寿命,则进行对冲突探测模块内部系统航迹队列的更新。否则将认为当前接收的系统航迹已经过期,冲突探测模块不会使用已经过期的系统航迹作为冲突探测计算的依据。取而代之的是使用由上一处理周期中的系统航迹外推后的航迹,作为本处理周期的系统航迹,进行冲突探测。图2所示为接收航迹时标超过航迹寿命,航迹过期时,冲突探测模块输出界面显示内容。

```
Wait Time = 2200 ms
Signaled
04:17:24 -> Track Pack Len = 104 bytes
Curr = 04:17:24
Pack = 03:17:24
3600
Track Life Time Limit = 3 s
Tracks are too old
Track Data Revoc by TrackUpd
Cleared Shared Memory
```

图2 冲突探测模块输出显示

从上图可以看出,接收到航迹时间为04:17:24,而航迹时间标为03:17:24,二者相差1h,超过了系统所设置的航迹有效时间(3s),因此输出“Tracks are too old”。冲突探测模块将丢弃该航迹,不更新航迹队列。相应的信息将记录在冲突探测模块的运行日志中,如图3所示。

```
< CDA Comm #TrackRev >: Got Mutex
< CDA Comm #TrackRev >: Release Mutex
< CDA Comm #TrackRev >: Surv Tracks are Too Old, Dropped
< CDA Main #TrackUpd >: Track Pack Arrived.
< CDA Main #TrackUpd >: Got Mutex
< CDA Main #TrackUpd >: No Surv Track Incoming in this TrackPack.
< CDA Main #TrackUpd >: Track Cnt of Curr Upd Loop = 0
< CDA Main #TrackUpd >: Tracks with Valid Height = 0
< CDA Main #TrackUpd >: No Track Incoming, Wait for Next Track Pack.
```

图3 冲突探测模块日志记录

第2种触发机制为通过内部系统航迹更新定时器触发^[9]。这种触发机制的设立是考虑到由于一般监视信息处理模块与冲突探测模块分处于2个独立服务器中,2个模块之间通过网络进行通信。该通信过程有可能会受到其他因素的影响,而导致监视信息处理模块发出的系统航迹在到达冲突探测模块时产生了较大延时。

对于冲突探测模块而言,及时的系统航迹更新是保证冲突探测正确性与准确性的重要因素。因此,冲突探测模块不能仅当接收到系统航迹更新消息时才进行冲突探测。当系统航迹更新发生延迟时,需要有内部机制保证对现有的系统航迹仍进行不断外推,最大程度上保持对系统航迹进行冲突探测预测。

由于在内部定时器触发条件下,冲突探测模块并未接收到该处理周期所应收到的更新系统航迹,因此在该周期中,冲突探测模块使用基于上一周期中的系统航迹信息的外推航迹作为本周期进行冲突探测预测计

算的依据。图4中所示为冲突探测模块正常运行过程中,某一周期未接收到监视信息处理模块发送的航迹数据时冲突探测模块输出显示界面,图5为对应日志中记录的内容。

```

Signaled
05:38:22 -> Track Pack Len = 176 bytes
Curr = 05:38:22
Pack = 05:38:22
0
Track Life Time Limit = 3 s
Time Stamp Valid
2 Tracks Rcvd
N.Trk Write Succeed
Track Write Succeed
Track Data Rcvd by TrackUpd
Cleared Shared Memory

Alert Msg Len = 65 bytes.
Wait Time = 2200 ms
#5 Alert: STCA -> Trk#1 with Trk#2

Track Data Rcvd by TrackUpd
Cleared Shared Memory
05:38:25 -> Wait Time Out #1
Alert Msg Len = 65 bytes.
#6 Alert: STCA -> Trk#1 with Trk#2
    
```

图4 冲突探测模块输出显示

图4中,前5个周期航迹正常更新,冲突探测模块利用更新的航迹进行探测冲突,界面显示“#5 Alert:STCA->Trk #1 with Trk #2”,表示航迹号为1和航迹号为2的两架飞机将产生短期冲突告警。第6周期,监视信息处理模块没有发送航迹数据,则航迹更新定时器触发,界面显示“Wait Time Out #1”,对上一周期接收到的航迹进行外推,作为本周期的航迹数据进行冲突探测。

无论以上2种触发机制中的哪种条件满足时,都会进行系统航迹更新过程。

在系统航迹更新过程中,由于设计中采用了系统航迹队列更新部分与冲突探测计算部分分离的模式,系统航迹队列更新处理与冲突探测计算分属于2个独立异步运行的进程。

```

< CDA Comm #TrackRcv >: Wait Surv Track Timed Out #1
< CDA Comm #TrackRcv >: Got Mutex
< CDA Comm #TrackRcv >: Release Mutex
< CDA Main #TrackUpd >: Track Pack Arrived.
< CDA Main #TrackUpd >: Got Mutex
< CDA Main #TrackUpd >: No Surv Track Incoming in this TrackPack.
< CDA Main #TrackUpd >: Track Cnt of Curr Upd Loop = 0
< CDA Main #TrackUpd >: Tracks with Valid Height = 0
< CDA Main #STCA >: Wait -> Work
    
```

图5 冲突探测模块日志记录

当冲突探测计算未完成当前处理周期的计算处理,而在此期间系统航迹更新却收到2批最新的系统航迹更新时,会导致系统航迹队列中存在1批尚未处理的系统航迹,而最新的系统航迹有等待更新的情况发生。

此时,为保证冲突探测计算中使用的是表征最新监视信息的系统航迹,在系统航迹队列更新之前,需对现有系统航迹队列的状态进行判断。

若系统航迹队列为空,即在上一周期更新的系统航迹已被冲突探测计算进程所使用,则可以直接使用当前接收

到的系统航迹更新系统航迹队列。

若系统航迹队列非空,表明上一周期更新的系统航迹尚未被冲突探测计算进程使用,而冲突探测计算进程当前仍在处理上一周期之前的系统航迹数据。此时,系统航迹更新进程会首先清除当前系统航迹队列中已有的系统航迹数据,然后将最新的系统航迹数据更新至系统航迹队列中,并通知冲突探测计算进程系统航迹队列更新完毕。

在冲突探测功能模块中由于采用了系统航迹更新功能与冲突探测计算功能独立运行的设计,两功能分别映射到两个进程中运行。具体功能实现时可以使用“信号量+互斥锁+内存映射”(Signal + Mutex + Memory Mapping)的机制实现进程间的通信功能^[10]。在系统航迹队列更新时,凡牵涉到对系统航迹队列读取、写入、清除操作时,都需要通过互斥锁机制保证数据的完好性与唯一性^[11-12]。

4 结 论

冲突探测功能是现代空管自动化系统实现中的主要功能,也是重点功能之一。现代空管自动化系统由于计算机硬件技术与网络技术的发展,大多采用网络化、并行体系架构。本冲突探测模块系统航迹队列更新方法正是针对空管自动化系统中系统航迹输出与冲突探测计算异步处理的特点,充分考虑冲突探测计算的实时性与准确性的要求,对冲突探测与告警功能模块中系统航迹队列更新功能实现的一次成功探索。

实际运行结果表明,本系统航迹队列更新算法在更新的实时性与有效性上能够满足中等规模空管自动化系统的应用需求。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国民用航空行业标准 MH/T4029.1-2010:民用航空空中交通管制自动化系统,第一部分:配置[S].
- [2] 中华人民共和国民用航空行业标准 MH/T4029.2-2012:民用航空空中交通管制自动化系统,第二部分:技术要求[S].
- [3] 中华人民共和国民用航空行业标准 MH/T4022-2006:空中交通管制自动化系统最低安全高度告警及短期飞行冲突告警功能[S].
- [4] 张璠.空管自动化欧洲猫系统 STCA 告警详述[J].科技信息,2011(6):221.
- [5] 刘昕.基于计算几何方法的飞行冲突检测[J].电子测量技术,2007,30(4):87-99.
- [6] PAIELLI R A, ERZBERGER H, CHIU D, et al. Tactical conflict alerting aid for air traffic controllers [J]. Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 2009, 32(1):184-193.
- [7] 邱爽,刘丹.民航空管系统冲突告警的实时性改进[J].

计算机安全,2008,12(6):72-74.

- [8] LIU W Y, HWANG I. Probabilistic trajectory prediction and conflict detection for air traffic control[J]. AIAA Journal of Guidance, Control, and Dynamics. 2011, 34(6):1779-1789.
- [9] 刑传玺,朴胜春,刘振江. 一种新型低频声矢量场采集系统的设计与实现[J]. 仪器仪表学报,2013, 34(12):2800-2805.
- [10] 周勇,李晓波,秦国领. 靶场某测量设备数据采集单元可靠性设计[J]. 国外电子测量技术,2014,33(10): 33-37.
- [11] 李彦,李镡. 基于嵌入式 Linux 系统的双网卡大数据

传输[J]. 电子测量与仪器学报,2014,28(9): 1027-1032.

- [12] 胡安国,陈万培,乔科. 一种新的多中继协作网络的分集复用折中[J]. 国外电子测量技术,2013,32(11): 34-37.

作者简介

黄晓晓,1989 年出生,硕士研究生,主要研究方向空管自动化系统冲突探测与告警技术。

E-mail:cauc_2012@163.com

(上接第 26 页)

- [5] 张天平,唐福俊,田华兵,等. 国外电推进系统空心阴极技术[J]. 上海航天,2008(1):39-46.
- [6] 胡梅,胡列峰,明德祥,等. 模拟电路统一软故障诊断的研究[J]. 电子测量与仪器学报,2013,27(11): 1060-1066.
- [7] 左潇,陈龙威,魏钰,等. 用于大面积薄膜沉积的线形等离子体源研究进展[J]. 应用物理,2012(2): 109-115.
- [8] 邹彬,韩敬,丁可,等. 空心阴极放电的粒子模拟研究[J]. 江西科学,2008,26(2):208-211.
- [9] 马岚,王厚军. 基于输出电压和电源电流协同分析的故障诊断方法[J]. 仪器仪表学报,2013,34(8): 1872-1878.
- [10] 李军建. 真空镀膜技术[M]. 成都:电子科技大学出版社,2005:63-67.

- [11] 张宝全,柳飞云,张军,等. 变电设备电气控制系统故障模拟装置[J]. 电子测量技术,2014,37(12): 1-4.

- [12] 邱清泉,励庆孚,苏静静,等. 平面直流磁控溅射放电等离子体模拟研究进展[J]. 真空科学与技术学报,2007,27(6):493-499.

作者简介

弥谦,1963 年出生,硕士研究生,教授,主要研究方向为薄膜技术、等离子体技术、先进光学制造技术、光电仪器等。

李鲜娟,1987 年出生,在读硕士研究生,主要研究方向为等离子体技术。

E-mail:aiflyaf@yeah.net