

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.12.016

## 基于改进型 RM 算法的弹上综合信息系统任务调度

胥辉旗, 王义冬, 陈望达

(海军航空工程学院科研部, 山东 烟台 264001)

**摘要:** 为提高导弹信息传输速度和处理综合信息的能力, 设计一种基于改进型 RM 算法的弹上综合信息系统任务调度系统。从周期性任务、非周期性任务和瞬时过载 3 个方面对传统 RM 调度算法进行了改进, 并利用测试验证系统进行了调度测试。测试结果表明: 改进后的 RM 算法可在一定程度上满足弹上综合信息系统调度需要。

**关键词:** 任务调度; RM 算法; 弹上综合信息系统

**中图分类号:** TJ765 **文献标志码:** A

## Task Scheduling for the Missile Integrated Information System Based on Improved RM Algorithm

Xu Huiqi, Wang Yidong, Chen Wangda

(Dept. of Scientific & Research, Naval Aeronautic & Astronautic University, Yantai 264001, China)

**Abstract:** In order to increase the missile's information transmission speed and deal with integrated information's ability, proposes a task scheduling system for the missile integrated information system based on improved RM algorithm. Improved the traditional RM scheduling algorithm from the periodic tasks, aperiodic tasks, and overload, and put up scheduling testing using example. Performance testing indicates, improved RM algorithm can meet the increasing scheduling needs of missile Integrated information system to some degree.

**Keywords:** task scheduling; RM algorithm; missile integrated information system

### 0 引言

随着导弹功能的增强和作战任务复杂程度的提高, 越来越多不同功能的任务子系统在导弹武器系统上得到应用, 对导弹信息的获取、交互、综合处理等提出了更高的要求。根据新一代导弹探测、对抗、作战一体化设计的思路, 要求导弹实现雷达、红外、数据链、GPS 等各种弹载传感器信号实现综合、处理、融合功能, 并结合感知的战场态势进行目标识别、对抗及突防决策等。大量中间信息的实时传输和综合处理对弹上信息传输和处理技术提出了更高的要求, 以高速总线和高性能弹载综合控制、作战等任务计算机为核心的弹上综合信息系统已成为新一代弹上信息传输、处理的发展趋势。而弹上综合信息系统的任务调度也成为影响其性能的关键环节<sup>[1-2]</sup>。因此, 笔者对弹上综合信息的系统任务调度进行研究。

### 1 弹上综合信息系统特点及调度策略

#### 1.1 弹上综合信息系统特点分析

如图 1, 基于弹上总线的综合信息系统由综合

控制计算机、作战任务计算机等构成信息综合处理平台, 通过弹上总线实现弹上各个任务设备的互联和数据高速交互。

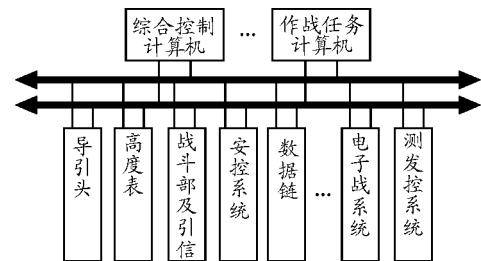


图 1 基于弹上总线的综合信息系统示意图

弹上综合信息系统处理任务和信息传输特点为:

1) 规律性。弹上综合信息系统处理任务和信息传输具有规律性, 随机任务和信号较少。导弹系统执行的功能比较单纯, 任务及信息的产生和处理是严格按照控制程序进行的。信号采样与控制是周期性的, 而且周期是固定的, 或是程控的; 离散的控制信息也有着严格的时序关系。

2) 不均匀性。弹上信息传输和处理在空间、时间上不均匀。从空间上讲, 导弹系统中的各任务设

收稿日期: 2011-08-09; 修回日期: 2011-08-23

基金项目: 国家高技术研究发展计划(“863”计划)(2010AA0918); 国防“十一五”预研项目(51307050302)

作者简介: 胥辉旗(1980—), 男, 湖南人, 博士研究生, 从事导弹攻防对抗与信息化研究。

备所处理的信息量差别很大, 传输负荷也不相同。从时间上讲, 导弹系统信息传输是一个有中心、传输负荷不均匀、有明显数据流方向性的网络。

3) 不规则性。导弹传输的信息既有小数据包的指令信息, 又有雷达数据、图像数据等大数据包的信息, 因此要求弹上信息传输系统对大小不同数据包同时具有较高的传输效率<sup>[3]</sup>。

总的来说, 弹上信息系统以规律性的周期任务和为主, 同时夹杂着遇到干扰时的对抗、接收到数据链传来任务的处理等随机的非周期的任务, 特别是导弹在复杂电磁环境下作战过程中面临干扰时, 大量针对性的干扰信号将对弹上综合信息系统极大的瞬时过载, 考验着系统的综合处理能力。

## 1.2 弹上综合信息系统任务调度策略分析

导弹整个工作过程是确定的, 从地面测试、发射直到命中目标各个过程导弹各任务设备工作状态是明确的, 因此, 弹上综合信息系统任务调度主要将在静态任务调度策略的基础上对算法加以改进, 使其更适用于导弹综合信息系统的任务分配调度。

单调速率算法(rate-monotonic, RM)是一种经典的静态调度算法, 最早由 Liu 和 Lyalnad 在 1973 年提出, 为抢占式周期性任务调度而设计。调度器总是选择优先级最高的任务运行, 如果当前有优先级较低的任务就抢占它, 将它挂起。针对导弹综合信息交互主要以周期短的指令信息为主, 周期短的任务优先级高于周期长的任务, 周期短的任务必须在周期长的任务之前完成等特点, 弹上综合信息系统在 RM 算法的基础上, 对于周期性任务、非周期性任务及瞬时过载分别进行研究, 加以改进。

## 2 周期性任务处理

### 2.1 周期性任务调度模型

在导弹综合信息系统中, 周期性的任务包括节点之间的位置、飞行姿态、速度和加速度、高度及精跟踪状态等交互数据信息的传输任务。导弹综合信息系统中一个任务  $T_i$ , 如果它的释放是周期性的, 比如每隔  $P_i$  秒释放一次, 那么把该任务称为周期性的,  $P_i$  称作任务  $T_i$  的周期。周期性的约束要求任务每个周期正好运行一次, 它并不要求任务精确地单独运行一个周期。在这里, 任务的周期也是它的时间限(deadline)。

在导弹综合信息系统中, 周期性任务调度模型

如下:

$$S_{Tp} = \{T_{P_1}, T_{P_2}, \dots, T_{P_n}\} \quad (1)$$

其中  $T_{P_i} (1 \leq i \leq n)$  可以用四元式表示:

$$T_{P_i} = \langle I_{P_i}, P_{P_i}, E_{P_i}, D_{P_i} \rangle \quad (2)$$

式中  $I_{P_i}$  第  $i$  个任务开始运行时间;  $P_{P_i}$  为任务的周期;  $E_{P_i}$  为任务的执行时间;  $D_{P_i}$  是绝对时间限。

其中, 任务的释放时间是指所有用来开始执行任务的数据都是可用的时间, 时间限是任务必须完成执行的时间。时间限可以是软的或者是硬的, 这依赖于对应任务的性质。任务的相对时间限是指绝对时间限减去释放时间, 即如果任务  $T_i$  有一个相对时间限  $d_i$  并且到时刻  $\tau$  释放, 到时刻  $\tau + d_i$ , 即绝对时间限( $D_i$ ), 它必须被执行完成。

### 2.2 周期性任务的处理

RM 算法主要解决各节点上的多任务调度。其基本思想是: 基于任务的周期设置它们的优先级, 优先级与周期反向相关(周期  $P$  越短, 任务的优先级越高), 再根据任务的优先级高低进行调度, 高优先级的任务可以抢占低优先级的任务。

导弹综合信息系统中, 周期性任务调度器的具体实现为: 当每一个最短周期开始时, 调度管理器检查当前是否有正在运行的应用任务, 如果有, 则打断该任务的运行, 并将其插入任务等待队列。然后查询配置文件得到就绪的应用任务之任务号, 将这些就绪的任务逐一插入任务等待队列, 任务插入任务等待队列时, 根据周期任务的周期  $P$ , 按照优先级从高到低排列。如果在任务等待队列中有任务的编号和将要插入的任务相同, 即该任务的上一次运行还没有完成, 因有任务的运行出现夭折。就绪任务全部插入任务等待队列后, 调度管理器从任务等待队列中取出排在队列头的任务, 调度其运行。当前运行任务完成一次运行后, 调度管理器继续从任务等待队列中取出优先级最高的任务运行, 直至任务等待队列为空。

## 3 非周期性任务处理

### 3.1 非周期任务模型

RM 算法适用于周期性任务集的调度, 但在导弹综合信息系统中, 周期任务和非周期任务同时存在。非周期性任务是不规则释放的, 常常是对系统中发生的某个事件的反应。在导弹综合信息系统中,

非周期性的任务包括导弹射前设备自检、数据装订, 发射、爆炸等。

非周期性任务集可表示为:

$$S_{T_a} = \{T_{a_1}, T_{a_2}, \dots, T_{a_n}\} \quad (3)$$

其中  $T_{a_i} (1 \leq i \leq n)$  可以用三元式表示:

$$T_{a_i} = \langle I_{a_i}, E_{a_i}, D_{a_i} \rangle \quad (4)$$

式中:  $I_{a_i}$  第  $i$  个任务开始运行时间;  $E_{a_i}$  为任务的执行时间;  $D_{a_i}$  是绝对时间限。

### 3.2 非周期性任务的处理

任务调度器要随时检测触发非周期任务运行的外部事件, 并需要得到最快的响应。在导弹综合信息系统中, 规定非周期任务的优先级高于周期任务, 当调度管理器检测到触发非周期任务的外部事件产生时, 调度器打断当前运行的周期任务, 将其插入任务等待队列, 并通过查配置文件获得该外部事件所对应的非周期任务, 立即启动其运行, 在非周期任务运行完成后, 调度器再从任务等待队列中取出优先级最高的任务继续运行。

### 4 瞬时过载的处理

RM 算法的一个缺点是: 任务的优先级是按照其周期定义的。这时候就有可能不能确保所有的关键性任务都能被完成; 同时, 一些非周期性任务也有可能就会导致系统过载, 如果处理不好, 将对导弹作战任务的完成造成难以预料的严重后果。因此必须对 RM 算法进行改进, 确保系统的实时性。

对于系统中的周期性任务, 特别是一些非关键性任务, 如果按 RM 算法进行调度, 由于其执行周期短于某些关键性要求高的任务, 优先级会高于关键性任务, 这样就不能保证所有任务的顺利进行。

假设任务集中有  $T_1, T_2, T_3, T_4$  4 项任务。其中  $T_1, T_2, T_4$  是关键性任务, 而  $T_3$  是非关键性的, 并且  $T_3$  的优先级高于  $T_4$ , 低于  $T_1, T_2$ , 由于  $T_3$  的存在, 将不能使全部 4 个任务都能顺利进行。

为了使全部的关键性任务都能满足时间限的要求, 可以改变  $T_4$  的周期, 使得  $T_4$  的优先级高于  $T_3$ 。

这里将用改进后的任务  $T'_4$  来代替  $T_4$ ,

$$P'_4 = \frac{P_4}{k}; \quad (5)$$

$$E'_4 = \frac{E_4}{k}; \quad (6)$$

其中:  $P_4$  表示任务  $T_4$  的周期;  $P'_4$  表示任务  $T'_4$  的周期;  $E_4$  表示任务  $T_4$  的执行时间;  $E'_4$  表示任务  $T'_4$  的执行时间。

通过整数  $k$  来提高  $T_4$  的优先级, 在缩短周期的同时减少周期任务的执行时间, 使得  $T_1, T_2, T_4$  都是 RM 可调度的。无论何时安排执行  $T'_4$ , 都能够运行  $T_4$  的代码。根据  $E'_4$  的取得方式可知, 如果  $\{T_1, T_2, T'_4\}$  是一个 RM 可调度的集合, 就会有足够的时间完成  $T_4$  的运行<sup>[4-5]</sup>。

### 5 弹上综合信息系统任务调度性能测试

为了测试、验证基于弹上总线综合信息系统的任务调度性能, 采用嵌入式计算机和弹上总线接口适配器搭建了 3 节点弹上综合信息测试验证系统, 并对改进后的 RM 调度算法进行了测试验证<sup>[6-8]</sup>, 如图 2。测试中模拟了一系列周期性任务、非周期性任务和瞬时过载, 测试结果显示, 对于常规的周期性、非周期性任务及 <5 000 次/s 的非周期任务造成瞬时过载, 系统能较好地完成调度, 任务调度延时平稳维持在 0.10~0.13 ms。在非常规条件下突发的非周期任务 >5 000 次/s 的瞬时过载下, 系统调度的延时快速增加, 出现拥塞。

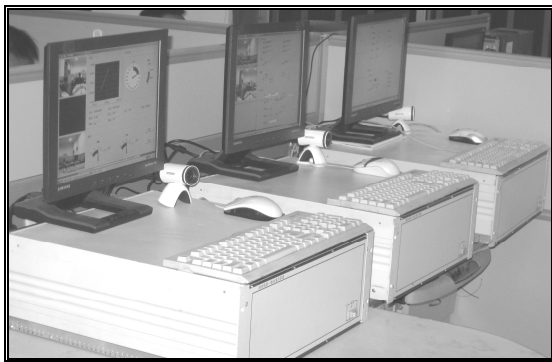


图 2 弹上综合信息试验验证系统实物图

### 6 结束语

笔者针对弹上综合信息系统的任务处理和信息传输特点, 在 RM 调度算法的基础上, 对弹上综合信息系统的周期性任务处理、非周期性任务处理及瞬时过载处理进行了一系列改进。搭建了试验验证系统, 对改进后的 RM 调度算法进行了验证。试验结果显示: 该系统能较好地满足弹上综合信息系统各种任务调度需要。