分布式实时系统任务调度算法的设计和实现

余科军[1]，蒋 毅[2]
(1.四川教育学院信息技术学院，四川 成都 610041；2.四川理工学院计算机科学系，四川 自贡 643000)

摘 要：针对分布式实时任务中容易引起的任务分配不合理及系统负载不平衡的情况，根据分布式实时任务多机执行的特点及分布式实时系统在同一结点上有多任务执行，提出了两级分布式系统结构下实时任务的调度策略：任务分配和任务调度。实验表明，在任务分配阶段提出的算法可以更合理地平衡任务，在任务调度阶段采用的调度算法能够更好地完成任务的执行。

关键词：分布式实时系统；任务分配；任务调度；加权轮转调度算法；速率单调调度算法
中图分类号：TP273；TP311.52 文献标识码：A 文章编号：1672-4984(2008)06-0069-04

Design and realization of task scheduling algorithm in distributed real-time systems

YU Ke-jun[1]，JIANG Yi[2]
(1.College of Information and Technology，Sichuan College of Education，Chengdu 610041，China；
2.Dept. of Computer and Science，Sichuan University of Science and Engineering，Zigong 643000，China)

Abstract: According to the unreasonableness in task allocation and load unbalancing in real time tasks distribution system，we presented the scheduling strategy that included two hierarchies: task allocation and task scheduling which was based on the characteristics of distributed real-time tasks and the character that lots of tasks are executed at the same node. The experiment showed that the algorithm that was presented at the stage of the task allocation could balance the tasks reasonably and the scheduling algorithm that was presented at the stage of the task scheduling could accomplish the tasks.

Key words: Distributed real-time systems；Task allocation；Task scheduling；Weighted round-robin (WRR) algorithm；Rate monotonic scheduling (RMS) algorithm

1 引 言

随着计算机与自动控制技术的发展，实时系统的应用越来越广泛，如数字控制、指挥控制、信号处理以及电信系统等等。而实时任务调度算法是实时系统设计和实现的关键。它的好坏，直接影响到系统的吞吐量、系统的响应时间，甚至是任务能否得以成功调度。目前有关这方面的研究很多，如文献[1]、文献[2]等文章中都谈到了分布式系统中任务调度的问题。而文章从层次式的角度以及分布式实时系统存在的问题(任务分配不均，网络负载过重，系统中有的结点机处于空闲状态，有的结点机处于重载状态等)出发，通过分层设计来解决分布式系统中任务调度的策略。

2 分布式实时系统任务调度算法的设计

调度算法用于决定在任一时刻哪一个就绪的任务将获得 CPU 的执行权利。对于加权轮转调度算法(WRR)而言，在每一个分组的大小一致时，能提供很好的公平性，所以采用 WRR 算法的思想进行任务分配的讨论，并在此基础上提出一种动态权值的加权轮转调度算法的思想进一步进行分析研究，将这种动态权值的加权轮转调度算法称为 TWRR 算法。将任务分配到各个结点后，在结点上对任务的调度采用的方法是基于优先级驱动的调度算法，采用速率单调调度算法。

2.1 任务分配部分的设计

2.1.1 任务分配的结构

在任务分配中，主要的部分是任务分配(调度)器。任务集由外输入，进入任务分配器中。任务分配器由 n 个队列(Q_1，Q_2，…，Q_n)组成，任务进入任务分配器中的某一个队列。n 个队列的权值不同，权值高低表示任务分配的多少，从任务分配器中出来的任务进入结点中。任务分配的结构中有 m 个结点(m 与 n 不一定相等)，结点间相互独立，并且结点能力

收稿日期：2007-09-21；收到修改稿日期：2007-12-05
作者简介：余科军(1979-)，女，四川自贡市人，讲师，专业方向：网络技术。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

大小不同：结点 1>结点 2>…>结点 m。将从权值高的队列中分配出来的任务进入处理能力强的结点，而权值低的队列中分配出的任务进入处理能力差的结点。其任务分配结构如图 1 所示。

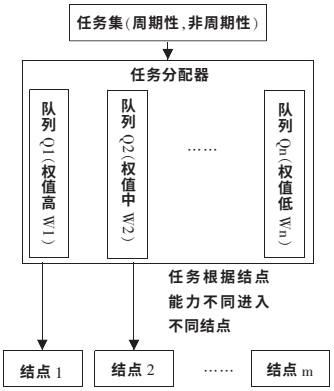

图 1 分布式实时任务分配结构

2.1.2 任务分配的原则

在分析了加权轮转调度算法(WRR)思想的基础上，提出一种动态权值的加权轮转调度算法的思想(称为 TWRR)对任务分配进行分析讨论。

TWRR 算法的基本思想：将任务分配到三个队列中，权值大的队列分配的任务多进入处理能力强的结点，在某个时间，如果权值小的队列中输入的任务数相对较多，而权值大的队列中输入的任务数相对较少，这时根据贫富尽量平均分配原则，这里所说的“尽量”是指相对性。将权值小的队列的权值适当增加，让其分配到结点的任务相对增加，而权值大的队列的权值适当减少，让其分配到结点的任务相对减少，但它们之间的关系仍然保持不变，以达到负载平衡。

2.2 任务调度部分的设计

在任务调度部分，主要是针对任务分配到结点后，在结点上任务的处理。RM 算法是一种静态优先级调度算法。它在运行前确定任务的执行顺序，运行时调度开销很小，并且平均 CPU 利用率较高，易于保持瞬间负载过重情况下的系统稳定性，即当系统不能保证所有任务的时间要求时，调度算法能使其中一部分关键任务始终满足时限要求。并且，RM 算法的最优性保证了其能够广泛地应用于各种静态优先级调度的情况[3-5]。由于上述特点，选用 RM 算法进行任务调度。

3 分布式实时系统任务调度算法的实现

3.1 加权轮转调度算法在任务分配上的实现

分布式实时系统任务调度算法的实现使用的操作系统是 Microsoft Windows XP Professional 版 2002，开发环境为 Tornado2.2(VxWorks)。

为了从理论和算法实现中得到用加权轮转调度算法的思想在任务分配中的结果，对算法实现中的环境做了一些设定：

(1) 采用了 3 个队列(Q_1、Q_2、Q_3)，队列权值由大到小，每个队列大小为 300。

(2) 队列采用先进先出的原则(FIFO)。

(3) 对于每个队列而言，每隔 2tick 任务进入队列，每隔 3tick 分配任务。

(4) 假设有 3 个结点，结点间相互独立，且能力大小不同：结点 1>结点 2>结点 3。

(5) Q_1 的初始权值 W_1 为 20，Q_2 的初始权值 W_2 为 15，Q_3 的初始权值 W_2 为 10，ΔW 为 2。

3.1.1 加权轮转调度算法的实现

WRR 的基本思想是：将任务分配入任务分配器的队列中(这里队列有 3 个(Q_1、Q_2、Q_3)，Q_1 权值最高，Q_2 权值次高，Q_3 权值最低，权值表示分配的任务进入结点的能力，因此 Q_1 权值高表示从 Q_1 分配到结点的任务多，Q_3 权值最低表示从 Q_3 分配到结点的任务少)，这里的权值是固定的，不会因为任务的增加或者减少而改变。

在实验环境中，总共进行了 5 次 WRR 算法的任务调度，分别是在 10 s，20 s，30 s，40 s 和 50 s(s 表示秒)。其结果如表 1 所示，其中 Que_no 表示队列编号，PUSH 表示进入相应队列中的任务数，POP(handle) 表示已分配任务数，PRI 表示队列权值的大小。

表 1 WRR 算法实现结果(10 s/20 s/30 s/40 s/50 s)

Que_no	PUSH	POP(handle)	PRI
Q_1	101/197/289/396/492	85/165/245/332/425	HIGH
Q_2	101/194/283/388/497	64/132/192/257/332	MIDDLE
Q_3	98/185/264/358/450	51/91/130181/221	LOW

3.1.2 动态权值的加权轮转调度算法的实现

用 TWRR 算法进行任务分配的实现，共进行了 5 次任务分配，时间分别等于 10 s，20 s，30 s，40 s 和 50 s(s 表示秒)。结果如表 2 所示。

3.1.3 实现结果的分析

从 WRR 算法和 TWRR 算法进行任务分配的实现中可以看出，它们进入队列的任务过程相同，所以两个算法在规定时间相同的情况下，进入队列的任务数相差不大；在两个算法中，三个队列的权值初始值都是相同的($W_1=20$，$W_2=15$，$W_3=10$)，但是，TWRR 算法的权值每隔一定时间(设定值)进行

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　TWRR 算法实现结果(10 s/20 s/30 s/40 s/50 s)

Que_no	PUSH	POP (handle)	PRI
Q_1	97/193/297/392/505	85/165/245/335/435	HIGH
Q_2	101/191/295/387/509	62/128/195/241/311	MIDDLE
Q_3	96/182/271/354/454	51/91/143/191/241	LOW

更改,其采用贫富尽量平均分配的原则,而 WRR 算法的权值是固定分配的;对于分配的任务数,在 10 s,20 s 时,两种算法的 3 个队列中的分配任务数分别来讲,几乎是相同的;在 30 s,40 s,50 s 时,两种算法的 3 个队列中的分配任务数分别发生了变化,TWRR 算法中 Q_1 的分配任务数与 WRR 算法中 Q_1 分配的任务数差不多,而 Q_2 中的任务数相对减少,Q_3 的分配任务数相对 WRR 算法增加,这种结果是 TWRR 算法中权值变化造成的,但在两种算法中,它们仍然是 Q_2 中分配的任务数相对比 Q_3 中分配的任务数多,关系没有改变,这种情况主要是队列 Q_3 的请求任务数相对其它两个队列增多,为了能够使 Q_3 中的任务不至于滞留在队列中过多,而符合它请求相对过多的情况,并且使 3 个队列中的任务能够更合理地分配。

3.2　RMS 算法在结点上任务调度的实现

结点上的任务调度算法是指结点用于调度分配到其上的任务的算法。单处理器的调度算法研究得比较成熟,如 RMS、EDF、DMS 等。一个结点上的任务可能有两种:周期性任务和非周期任务,这里采用速率单调调度算法(RMS)。

在实时系统的调度中,其核心问题是可调度性的判定。因为实时任务具有时限要求,在一个或多个处理器之间调度实时任务,需要判断是否每个任务的执行都能够在其截止期限内完成。如果每个任务的执行都能够在其截止期限内完成,则称该调度是可行的。可调度性判定就是判定给定的 n 个实时任务在应用某种调度算法的前提下能否产生一个可行的调度。调度算法的设计要尽可能满足任务可调度性的要求。因此这里重点讨论用速率单调调度算法对任务的可调度性确定。

3.2.1　任务集的实现

(1) 不规则和有限的非周期任务向周期性任务的映射:将任务分配到结点上后,需要对任务分配调度策略,并进行可调度性测试。针对周期性任务采用 RM 算法的可调度性测试方法。对于非周期性任务不能使用这个方法,进行解决的方法之一就是将非周期性任务映射为周期性任务[6-7]。

对于不规则和有限的非周期任务,我们以它们的最小时间间隔为周期。这样映射之后,我们就可以使用周期性任务的可调度性测试方法。

映射的实现是采用不规则和有限非周期任务中的 Map 属性进行保存映射的任务周期。其描述为:

```
While (任务集中的任务数)
 {如果任务的类型是不规则或有限非周期任务,
 则任务的 Map=任务的最小时间间隔 MI;}
```

(2) 突发性非周期任务向周期性任务的映射:由于突发性非周期任务在突发间隔时间内最大触发次数 BS 次,最坏情况是这 BS 次同时触发。因此将突发性非周期任务也映射为周期任务,将 BS 个同时触发的任务当作一个任务进行处理。其描述为:

```
While (任务集中的任务数)
{如果任务的类型是突发非周期任务,
 则任务的 Map=任务的突发间隔,
 并且映射后的任务执行时间=BS×执行时间;}
```

如果发生映射后的任务的执行时间超过截止时间,那么任务是不可调度的。这种情况下不能将其映射为周期性任务处理。

3.2.2　可调度性测试

进行可调度性测试的任务都是周期性任务或者已经映射为周期性的任务,并且任务已经按照优先级进行了由大到小的排序,优先级是静态分配的。满足以上条件的任务 RM 算法的可调度性测试方法进行分析,从而可以确定任务集的可调度性。

3.2.3　任务的执行

由于任务集进行了可调度性测试,并确定了优先级次序,其执行过程只需要按照任务的触发来启动任务处理程序即可。每个任务的处理过程描述如下:

```
ScheduableTask i (ScheduableTask 中的任务) {
While (true) {
等待任务触发;
执行任务处理函数;
下一次执行时间=触发时间+最小时间间隔;
//计算任务最早下次触发的过程
等待下一次执行时间;
}
}
```

4　结束语

加权轮转调度算法通常是用在网络调度中,该算法在实际应用中已比较成熟。通过实验表明,在

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

任务分配阶段提出的动态权值的 TWRR 算法，可以平衡任务，将不同的任务针对结点的处理能力不同分配到不同的结点上；对结点上采用的优先级驱动算法是速率单调调度算法，它是一种典型的静态实时调度算法，实现了分布式实时系统中任务的执行。将临界资源、紧急任务、无限制的非周期任务等考虑到该项目中，更完善地实现分布式实时系统任务的调度将是我们下一步要研究的内容。

参考文献

[1] 王志平，熊光泽.实时调度算法研究[J].电子科技大学学报，2000，29（2）：205-208.

[2] 曲绍云.分布式异构系统中任务调度问题的研究[D].青岛大学，2005.

[3] Liu C L，Layland J W. Scheduling algorithm for multi-programming in a hard real-time environment [J]. Journal of the Association for Computing Machinery，1973，20（1）：40-61.

[4] Burchard A，Liebeherr J，Oh Y F，et al. New strategies for assigning real-time tasks to multiprossor systems[J]. IEEE Trans.on Computers，1995，44（12）：1 429-1 442.

[5] 王永吉，陈秋萍.单调速率及其扩展算法的可调度性判定[J].软件学报，2004，15（6）：799-814.

[6] Young K K，Sang H S. Developing a real-time DB：the starbase experience [C]. Real-Time Database Systems，Kluwer Academic Publishers，1997：305-424.

[7] 李 菲，游志胜，洪 玫.实时任务管理器的设计及其实现[J].计算机应用，2003，22（5）：101-102.

[8] 袁由光.实时系统中的可靠性技术[M].1 版.北京：清华大学出版社，1995.

[9] 叶 明，罗克露，陈 慧.单调比率（RM）调度算法及应用[J].计算机应用，2005，25（4）：889-890.

[10] 刘 怀，黄建新，沈 捷.异构分布式控制系统中实时任务的调度算法 [J]. 小型微型计算机系统，2005，26（2）：230-234.

[11] Ramamritham K J，Stankovic A，Shiah P F. Efficient scheduling algorithms for real-time multiprocessor systems [J].IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems，1990，1（2）：184-194.

[12] 罗国庆，等.VxWorks 与嵌入式软件开发[M].1 版.北京：机械工业出版社，2003.

（上接第 14 页）

$$\delta_{px}=\frac{p_x-p'_x}{p'_x}\times 100\% \qquad (10)$$

式中：δ_{px}—压力下限报警的示值误差，%；

p_x—压力下限报警预设值，Pa；

p'_x—压力下限报警实际值，Pa。

5 结束语

呼吸机检测方法科学合理，各项指标评价结果基本符合仪器的设计性能及医学临床诊断要求，对临床监护和法定计量机构开展呼吸机的性能评价和计量校准工作具有一定的指导意义。呼吸机的检测周期建议为 1 年，首次使用前和修理后均应进行检测，呼吸机的检测方法若有不妥之处，敬请各位专家、同仁探讨指正。

参考文献

[1] GB/T 4999-2003，麻醉呼吸设备术语[S].北京：中国标准出版社，2003.

[2] GB 11747-1989，电动呼吸机[S].北京：中国标准出版社，1989.

[3] YY 91041-1999，电动呼吸机[S].北京：中国标准出版社，1999.

[4] YY 91108-1999，气动呼吸机[S].北京：中国标准出版社，1999.

[5] JJF 1015-2008，呼吸机[S].北京：中国计量出版社，2008.

[6] GB 9706.1-1995，医用电气设备第一部分：安全通用要求[S].北京：中国标准出版社，1995.

[7] 俞森洋，等.现代机械通气的理论与实践[M].北京：中国协和医科大学出版社，2000.

[8] 郭瑞表.呼吸机临床应用中的安全管理[J].医疗设备信息，2006（4）：65-67.

[9] 何 彦. 浅谈呼吸机的维护与管理 [J]. 医疗设备信息，2007（5）：51-52.

[10] 肖胜春，等.呼吸机通气质量检测及质量评估方法[J].医疗设备信息，2008（1）：65-67.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net