

FC-ABS 调度算法及在 NCS 中的应用

毕经存^{1,2}, 张 璟¹, 杨卫军², 樊 莉²

(1 西安理工大学 机仪学院, 陕西 西安 710048; 2 第二炮兵工程学院, 陕西 西安 710025)

摘 要: 针对网络控制系统(Network Control Systems, NCS)节点中的非周期任务, 设计了一种 FC-ABS 调度算法. 该调度算法可以根据非周期任务的时间特性采取不同的调度方式, 并通过反馈调度减小非周期任务调度对周期任务的影响. 仿真实验证明了算法的正确性.

关键词: 网络控制系统; 服务器调度; 反馈调度; FC-ABS

中图分类号: TP302.8

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)11-0099-03

Feedback Controlled Adaptive Bandwidth Server Scheduling and its Application in NCS

BI Jing-cun^{1,2}, ZHANG Jing¹, YANG Wei-jun², FAN Li²

(1 School of Machinery & Instrument, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

2 The Second Artillery Engineering College, Xi'an 710025, China)

Abstract: As for the nonperiodic tasks of node in network control systems, the Feedback Controlled Adaptive Bandwidth Server (FC-ABS) scheduling algorithm is designed. The different scheduling methods are used according to time characteristics of nonperiodic tasks, and feedback scheduling is used to mitigate the effect of nonperiodic tasks on periodic tasks. The simulation results show that the method is effective.

Key words: network control systems; server scheduling; feedback scheduling; FC-ABS

1 引言

随着总线技术和嵌入式计算机的发展, 网络控制系统(Network Control Systems, NCS)代替传统控制系统中的点对点结构, 实现传感器、控制器和执行器等系统组件之间的控制信息相互传递, 在航天器、舰船以及新型高性能汽车等都在或者将要得到使用^[1-2]. NCS 存在许多不同类型的非周期任务, 非周期任务需要及时响应, 因此必须设计合适的非周期任务调度算法. 实时系统中非周期任务的调度一般采用服务器调度算法, 如 TBS(Total Bandwidth Server, TBS)^[3-4]和 CBS(Constant Bandwidth Server, CBS)^[5]调度算法.

开环的实时调度算法一旦调度方式确立, 就不能动态地调节参数以提高调度性能. 反馈调度可以

连续观测调度情况, 根据反馈信息有效地调节任务或调度器的参数, 提高系统的性能^[6-7]. 针对 NCS 中非周期任务多样性的特点, 设计基于反馈的自适应服务器调度算法(Feedback Controlled Adaptive Bandwidth Server Scheduling, FC-ABS).

2 CBS 和 TBS 调度算法

在 TBS 和 CBS 调度算法中, 系统为非周期任务分配一个周期任务, 把非周期任务转化成周期任务进行处理, 每个服务器都具有预定义的周期和执行时间, 其中执行时间称为服务器容量, 服务器任务与周期任务一起由系统进行调度. TBS 和 CBS 均以截止期的方式依据 EDF(Earliest Deadline First, EDF)抢先式调度算法进行调度, 系统资源的应用率比较高.

TBS 是 Spuri 和 Buttazzo1994 年提出的服务器调度算法. 设定服务器初始截止期 $d_0 = 0$, 当第 k 个非周期任务请求时任务截止期为

$$d_k = \max(r_k, d_{k-1}) + \frac{E_k}{U_s} \quad (1)$$

其中, E_k 为任务的执行时间, U_s 为服务器的带宽, r_k 为任务的到达时间. 在确定 d_k 后, 任务进入等待队列, 与周期任务和其他队列中的非周期任务一起根据 EDF 调度算法进行调度. TBS 基本思想是对任务指定尽可能早的截止期, 以提高非周期任务的响应时间. TBS 必须已知每个任务的最坏执行时间.

CBS 是 Abeni 和 Buttazzo1998 年提出的调度算法. CBS 的参数确定为 (C_s, Q_s, T_s) , 其中 C_s 为服务器预定处理器时间, Q_s 为最大服务器预定处理器时间, T_s 为服务器周期. 服务器带宽为 $U_s = Q_s/T_s$. CBS 算法的一个重要特性就是资源分离机制, 即一个任务所占用的处理器资源不会超过其预定的带宽. 当非周期任务 τ_i 的截止期为 d_i , 则服务器截止期 $d_{s,k} = d_i$, 在开始阶段 $d_{s,0} = 0$. 当时 τ_i 开始执行, C_s 递减. $C_s = 0$ 时, 服务器重新设定为 Q_s , 新的服务器截止期为

$$d_{s,k+1} = d_{s,k} + T_s \quad (2)$$

其中, r_i 为任务开始时间, f_i 为任务结束时间. 当 $r_i \leq t \leq f_i$, 则 t 时间内服务器为活动状态, 否则为闲置状态, 如果服务器在活动状态, 有多个非周期任务请求时, 任务之间按非抢占原则排序. 当 τ_i 请求时, 且 $C_s \geq (d_{s,k} - r_i)U_s$, 服务器闲置状态, 且, 则服务器截止期 $d_{s,k+1}$ 用下式计算

$$d_{s,k+1} = r_{i,j} + T_s \quad (3)$$

同时服务器重新设定为 Q_s , 否则服务器截止期仍为 $d_{s,k}$, C_s 为当前值. CBS 不需要任务为其截止期和服务器能量的计算提供任何额外参数, 只要确定其 (C_s, Q_s, T_s) 参数即可.

3 FC-ABS 调度算法设计

FC-ABS 对非周期任务进行分类, 对于时间要求比较高的非周期任务采用 TBS 算法计算截止期, 对于时间要求比较低的非周期任务采用 CBS 算法计算截止期, 这样调度服务器有 CBS 的灵活性也有 TBS 的实时性. 非周期任务的服务器带宽往往对系统的周期任务调度产生影响, 可能造成部分周期任务错失截止期. 为了在线实时调整 U_s 与周期任务截止期错失之间的关系, 对 ABS 增加反馈调度功能. 实现反馈调度必须选定控制变量和设定点^[8],

因为反馈目标是为了减小截止期错失率, 提高响应时间, 所以控制变量应该和截止期错失率相关, 但是错失率只能在任务执行后才可以测量到, 使控制效果存在滞后和 QoS 性能降低. 因此选定周期任务的最大延迟时间作为控制变量, 非周期任务服务器 U_s 作为操作变量. FC-ABS 调度算法结构如图 1 所示.

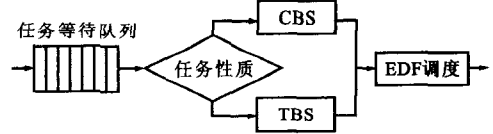


图 1 FC-ABS 调度结构

首先建立系统模型, 周期任务集 $(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n)$ 在系统中具有实时限制, τ_i 的属性为 (T_i, C_i, D_i) , 其中 T_i 为周期, C_i 为最坏执行时间, D_i 为截止期. τ_i 的第 k 个运行实例为 $\tau_{i,k}$, $\tau_{i,k}$ 的释放时间和截止期分别为 $r_{i,k}$ 和 $d_{i,k} = r_{i,k} + T_i$, $\tau_{i,k}$ 的开始时间和结束时间分别为 $s_{i,k}$ 和 $f_{i,k}$, 则所有周期任务的利用率为 $U_p = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{T_i}$.

非周期的运行实例 α_k 的属性为 (r_k, E_k) , r_k 为任务到达时间, E_k 为最坏执行时间, 任务的完成时间为 f_k , $R_k = f_k - r_k \geq E_k$. 非周期任务的利用率 $U_s = \frac{\lambda}{\mu}$, λ 为平均服务率, μ 为平均到达率. 一旦进入服务器的非周期任务被指定截止期, 任务就依据 EDF 调度算法进行调度, 当有多个非周期任务同时进入等待队列并挂起, 则在非周期任务间采用先来先服务 FCFS (First Come First Serve) 调度算法避免冲突.

利用率 U_s 的选定是全部非周期任务中的利用率的最大值, 系统全部任务可调度必须满足

$$U_s + U_p \leq 1 \quad (4)$$

周期任务 τ_i 的延迟时间为 $f_{i,k} - d_{i,k}$. 设 P 为采样周期间隔, 最大延迟时间 $L(j)$ 为

$$L(j) = \max\{L_{i,k} \mid s_{i,k} \geq (j-1)P, f_{i,k} < jP\} \quad (5)$$

其中, L_s 为设定点的最大延迟, 如果 $L(j) > L_s$, 周期任务将错过截止期, FC-ABS 减小 U_s 避免任务错失截止期, 当 $L(j) < L_s$, 对于周期任务有足够的松弛时间, FC-ABS 增加 U_s , 减小任务响应时间.

设计 PID 控制器, 使 $L(j)$ 趋近 L_s , $E(i)$ 为第 j 采样周期的延迟差

$$E(j) = L_s - L(j)$$

$A(j)$ 为 U_s 的相关值, 下一个周期的 U_s 依据

$\Delta A(j)$ 进行调整

$$\Delta A(j) = K_p E(j) + K_i \sum_{k=j-1}^j E(k) + K_d \frac{E(j) - E(j-D)}{D}$$

(6)

其中 K_p, K_i, K_d 为反馈控制增益, I 是积分计算时间, D 是微分计算时间. 下一个周期的 U_s 为

$$A(j+1) = A(j) + \Delta A(j)$$

(7)

控制器参数可以采用实验方法,也可以通过单位阶跃响应测试得到,控制器的采样周期可根据周期任务的执行周期确定.

FC-ABS调度器作为一个周期任务执行,它的周期是 h_{FBS} . 短周期有比较好的控制结果但是消耗资源比较多,长周期虽然消耗资源比较少,但是对CPU的过载反应慢.

4 仿真设计

实现反馈调度主要有两种方式:(1)设定一个高优先级的周期任务执行,即反馈调度器,该调度器根据优化结构调整任务的参数;(2)在调度之前由调度器调整控制任务参数. 通过在 TrueTime 中设置截止期错失和超过最坏执行时间产生中断,在中断程序中记录错失总数^[9-10].

NCS中BC节点有多个周期任务,周期任务 $U_p = 0.6$, 周期为 $\{0.005, 0.006, 0.007, 0.008, 0.009\}$. 非周期任务的利用率 $U_a \leq 0.3, \mu = 0.1$, 有已知 E_k 的强实时非周期任务和未知 E_k 的软实时非周期任务. 为对比反馈调度PID参数对响应时间的影响,设 L_s 分别为 -0.0001 和 -0.0002 , 由单位阶跃响应确定PID控制参数如表1所示.

表1 PID控制器参数

调度算法	K_p	K_i	K_d
FC-ABS($L_s = -0.0001$)	0.0225	0.0150	0.00094
FC-ABS($L_s = -0.0002$)	0.0315	0.0210	0.00131

对比FC-ABS算法和BG、TBS和CBS算法的非周期任务的平均响应时间如图2,周期任务截止期错失率如图3.

5 结束语

针对NCS中的非周期任务,设计了FC-ABS调度算法.该调度算法可以根据非周期任务的时间特性采取不同的调度方式,并通过反馈调度减小非周期任务调度对周期任务的影响.仿真实验证明了算

法的正确性.

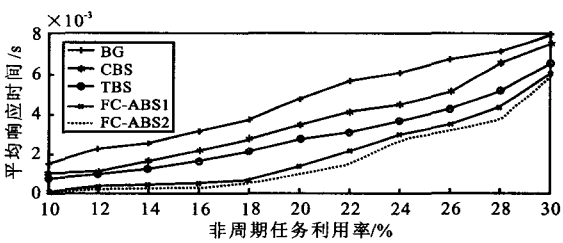


图2 平均响应时间比较

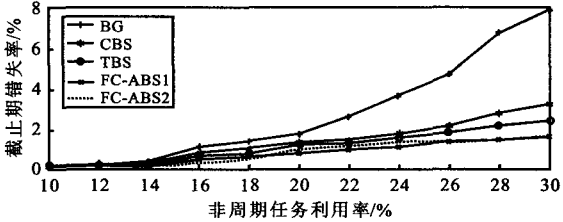


图3 截止期错失率比较

参考文献:

[1] Yang T C. Networked control system: a brief survey[J]. IEE Proc. - Control Theory Appl, 2006, 153(4): 403 - 413.

[2] Mo Yuen Chow, Yodyium Tipsuwan. Network based control systems: a tutorial[C]// IECON'01: The 27th annual conference of the IEEE industrial electronics society. USA: Denver, 2001.

[3] Spuri B. Efficient aperiodic service under earliest deadline scheduling[C]// 15th IEEE Real - Time System Symposium. Portorico, 1994:2 - 21.

[4] Zhang S J, E S L. Efficient global allocation of synchronous bandwidths for hard real - time communication with the timed token MAC protocol[C]// Proceedings of the 6th International Conference on Real - Time Computing Systems and Applications. China: Hongkong, 1999:120 - 127.

[5] Abeni L, Buttazzo G. Integrating multimedia applications in hard real - time systems[C]// IEEE Real - Time Systems Symposium. Madrid:1998:4 - 13.

[6] Stankovic J A, Lu C, Son S H. The case for feedback control real - time scheduling[C]// Proceedings of the 11th Euromicro Conference on Real - Time Systems. UK: England, 1999:11 - 20.

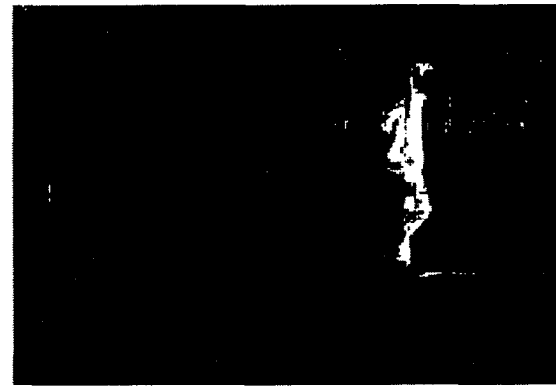
[7] Anton Cervin, Johan Eker. Feedback scheduling of control tasks[C]// 39th IEEE Conference on Decision and Control. Australia, Sydney, 2000.

[8] Lu C, Stankovic J A, Son S H, et al. Feedback control real - time scheduling: frame work, modeling and algorithms [J]. Real - Time Systems, 2002, 23(1/2): 85 - 126.

并用提出的一些标准来判断运动目标的行为是否属于异常行为,该方法能准确快速地检测到异常行为,并发出报警.实验结果显示该系统简单、快速、准确,能及时地检测到异常行为.



(a) 原始视频图像



(b) 运动目标消失

图 4 异常行为识别

参考文献:

[1] Li Yun, Xu Chunjing, Liu Jianzhuang, et al. Detecting ir-

regularity in videos using kernel estimation and KD trees [C]// Proceedings of the 14th annual ACM international conference on Multimedia. New York: ACM Press, 2006: 639 – 642.

[2] Wu X Y, Ou Y S, Qianhh, et al. A detection system for human abnormal behavior[C]// IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems. University of Maryland, 2005:1204 – 1208.

[3] 张哲源,史颖欢,高阳. 基于色彩和形态特征的人阴影检测方法[J]. 微电子学与计算机,2009,26(10):86 – 88.

[4] Cucchiara R, Grana C, Piccardi M, et al. Improving shadow suppression in moving object detection with HSV color information[C]// Proceedings of IEEE Intelligent Transportation System Conference (ITSC 2001). Oakland, CA, USA, 2001:334 – 339.

[5] Song Xuehua, Ding Yan, Gen Jianfeng, et al. Shadow removal of vehicles in a video system based on RGB chroma model[C]// 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering. China: Hongkong, 2008,1160:977 – 980.

[6] Joo S, Zheng Q. A temporal variance – based moving target detector[M]. Berlin: Springer, 2005.

[7] 陈柏生,陈锻生. 基于归一化 RGB 彩色模型的运动阴影检测[J]. 计算机应用,2006,26(8):1879 – 1881.

作者简介:

陈颖鸣 女,(1985 –),硕士研究生.研究方向为图像处理、视频监控.

陈树越 男,(1963 –),博士,教授.研究方向为信号与信息处理.

张显亭 男,(1983 –),硕士研究生.研究方向为计算机视觉、图像处理.

(上接第 101 页)

[9] 杨卫军,许化龙,瞿向勇. 基于 1553B 总线的嵌入式网络 BBC 设计与实现[J]. 微电子学与计算机,2007,24(1): 63 – 65.

[10] 王春莲,马景奕. 网络环境下惩罚策略的任务调度模型及动态算法[J]. 微电子学与计算机,2009,26(10):154

– 156.

作者简介:

毕经存 男,(1965 –),博士研究生.研究方向为嵌入式系统.

杨卫军 男,讲师.研究方向为嵌入式系统.