

无线移动网络环境中混合式任务调度策略的研究与实现

杜 方, 汪 芸

(东南大学 计算机科学与工程学院, 江苏 南京 211189)

摘 要: 无线移动网络具有性能不稳、易受外界干扰等特点, 要求实时调度必须考虑网络变化影响。因为网络性能变化可直接导致网络延时变化, 即任务耗费在网络传输上的时间发生变化, 从而对任务集可调度性产生影响。传统调度算法大多未考虑网络因素。由此提出适应于网络性能不稳定环境下的混合式任务调度策略, 测试结果表明该策略有利于提高混合实时任务在网络性能动态变化环境下的可调度性。

关键词: 实时; 混合式任务调度; 无线移动网络; 服务质量

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)08-0162-04

Hybrid Real-Time Task Scheduling Strategy in Wireless Mobile Networks

DU Fang, WANG Yun

(School of Computer Science & Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, China)

Abstract: Because of wireless mobile network's characteristics, such as unstable performance, vulnerable to external disturbance, real-time scheduling in this environment is more challenging. Traditional scheduling algorithms generally ignore them. In this paper, we argue that fluctuation of network quality directly lead to the change of network delay, namely the time that task spending on network transmission changes. To solve the influence of network delay increases to the schedulability of a given set of tasks, a scheduling strategy is proposed to solve this unsatisfying change. Test results show that re-scheduling strategy improves the schedulability of a set of hybrid real-time tasks with unsatisfying network quality.

Key words: real-time; hybrid task scheduling; wireless mobile networks; QoS

1 引言

随着计算机技术的飞速发展与普及, 实时系统 (Real-Time System)^[1-2] 已经得到了广泛的应用, 实时系统指计算的正确性不仅取决于结果逻辑的正确性, 更取决于结果产生的时间, 具有及时响应、高可靠性、专用性、少人工干预等特征。实时系统通常按照系统中任务的周期性划分为周期性和非周期性任务, 或者根据时限对性能影响的不同划分为硬实时和软实时任务。

实时系统中主要需要解决的是调度问题, 实时

调度的实质是对系统资源进行分配, 目的是按照一定策略, 形成任务执行序列, 即调度表, 让更多需要系统资源的任务更快地获得资源而执行。主要有固定优先级调度算法^[3]、动态优先级调度算法^[4]和混合优先级调度算法等。

无线移动网络是指节点之间通过无线信号通信并且节点可自由移动的一种网络环境, 主要有蜂窝网 (GSM)^[5]、3G 网络、无线局域网 (WLAN)^[6-7]、移动 Ad hoc 网络 (MANET) 等。由于无线网络固有的缺点, 如带宽受限、网络容易受干扰、网络传输状况不稳定等, 给实时调度提出了新的问题。

收稿日期: 2011-05-18; 修回日期: 2011-06-20

基金项目: 国家自然科学基金项目 (60973122); 航空基金项目 (20091969022)

传统的调度算法虽然可以解决一定条件下的调度问题,但都没有考虑到网络变化的影响,而在无线移动网络环境中,网络的性能不稳定,网络延时随时可能会发生变化,因此在这种环境下的实时调度要求必须考虑网络因素的影响。

本文主要贡献是基于实际应用需求,提出了一个适应于网络性能动态变化环境下的混合式任务调度策略,该策略具有较好的整体性能,即在网络性能较好,忽略网络延时影响情况下,保证系统有较高的吞吐率;在网络性能较差,网络延时不可忽略情况下,通过重调度,保证硬实时任务的优先性。

2 混合式任务调度策略

2.1 系统模型

基于无线移动网络环境;任务分两种:硬实时和软实时;同一时刻,只有一个任务执行,任务间独立,不存在依赖关系;不考虑负载过重情况,网络性能良好时所有任务均可调度;各任务 QoS 参数 rt_inf O_i (e_i, D_i, C_i) 已知,分别表示最大执行时间、绝对时限和重要程度;只考虑已到达任务。

2.2 理论分析

本文调度要体现网络延时变化,因此需检测并分析网络延时。本文的网络延时是多次测量结果的统计值,使用文献[8]中 Jacobson 所提出的计算方法为调度策略提供网络延时抖动范围,即上限与下限。

网络延时只有到达一定阈值时才会对任务调度造成影响。对于一个已经按照当前调度算法排序好执行顺序的调度队列,每个任务的松弛时间为

$$L_i = D_i - \sum_{D_j \leq D_i} e_j - e_i - \text{time} \quad (1)$$

重调度时,任务到达耗费在网络上时间 S_i ,任务返回耗费在网络上时间 R_i 最多为 $L_i - S_i$ 。由于重调度优先保证硬实时任务执行,整个调度队列中所有硬实时任务 $L_i - S_i$ 的最小值即为当前网络延时阈值。

2.3 调度策略

调度流程分两部分:基本调度和重调度。网络性能良好情况下,只需基本调度;网络性能变差时,需在基本调度基础上对已有调度队列进行重新调整,

即重调度,以保证硬实时任务的优先性。

(1) 基本调度

基本调度中,新任务到达后按照任务的绝对时限顺序插入调度队列,同时更新网络延时阈值。之后判断当前网络延时(网络延时上限)是否大于该阈值,如果大于则触发重调度。

图1表示任务调度流程,任务调度只为当前调度队列头节点任务分配执行线程,在新任务到达、任务执行结束,或者由重调度对已有调度队列进行了重新调整时,头节点任务会改变。优先级队列记录的是当前调度队列中已分配执行线程的任务优先级,在为新的头节点任务分配执行线程时,由于新的头节点任务更紧急,需要分配更高的优先级来抢占正在执行的其他任务线程,在分配了执行线程后,更新该节点的相关信息,并记录本次分配的优先级,被抢占的任务由于停止执行处于等待状态,更新其剩余执行时间,同时将其开始执行时间置0。

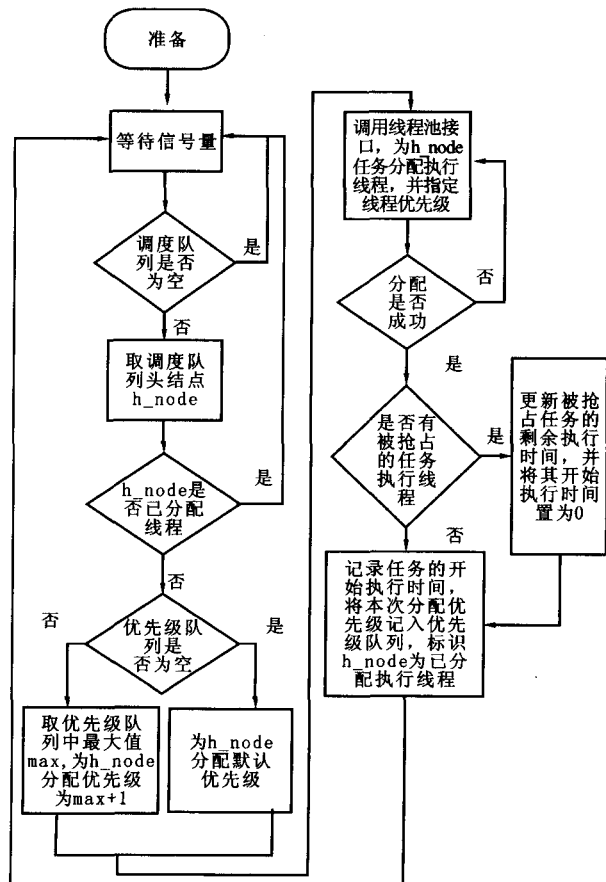


图1 任务调度流程

任务执行结束后,由于系统中高优先级线程可抢占低优先级线程,被抢占的线程在高优先级线程

执行时处于等待状态,高优先级任务结束后,低优先级任务会继续执行,因此,在线程结束时,若存在被抢占的线程,则其会继续执行,需要记录其开始执行时间.如果该任务是在头结点位置,还需通知调度线程为新的头节点任务分配执行线程.

(2) 重调度

网络延时增大意味着任务调度时的时限提前,原本可满足时限要求的任务可能变得不可调度.通过式(2)可判断任务是否可调度. $time$ 表示当前时间, S_i 表示任务到达耗费在网络上的时间, R_i 表示任务返回过程耗费在网络上的时间.

$$time + e_i + \sum_{D_k \leq D_i} e_k \leq D_i - S_i - R_i \quad (2)$$

图2表示重调度流程.重调度从网络检测模块获取网络性能参数. T_{old} 记录本次重调度时所用的网络延时值(新网络延时值与 T_{old} 差别较大时,触发重调度).遍历检查调度队列中任务的过程中,将软实时任务位置信息记录于 $uncr_que$ 队列,队列中任务按照相对时限大小的降序排列,对于硬实时任务则判断其是否可调度.当硬实时任务不可调度时,调整过程为调度排在其前面的软实时任务.为了减小对软实时任务的影响,选择相对时限较大的任务.当 $uncr_que$ 为空时,判断是否取消该任务的执行.

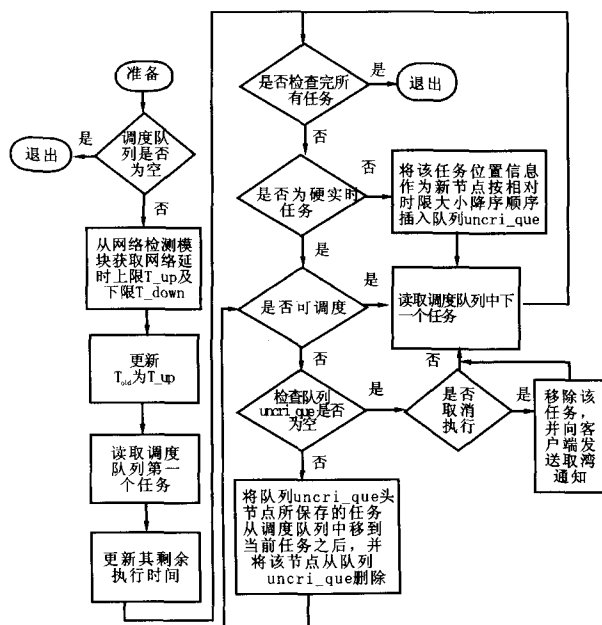


图2 重调度流程

3 仿真实验和实验结果分析

本文在东南大学分布计算实验室自行开发的实

时 CORBA 产品 RTORBUS^[9] 基础上,经过相应扩展和修改实现了调度策略原型系统.实验中两台 PC 机通过百兆网口相连,客户端 PC 运行 Windows XP 系统,服务端 PC 运行 VxWorks5.5 系统.

实验1:网络延时对软硬实时任务可调度率的影响测试结果如图3所示,表明在网络性能变差时,重调度算法能够保证硬实时任务的优先性.

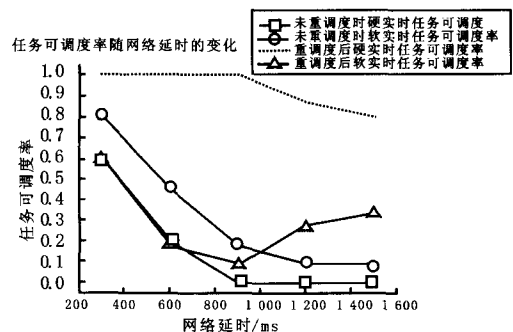


图3 网络延时不断增大情况下性能测试结果

测试结果如图4、图5所示,表明在网络性能频繁发生变化时,本文调度策略可以有效保证硬实时任务的优先性,具有良好的性能,符合预期目标.

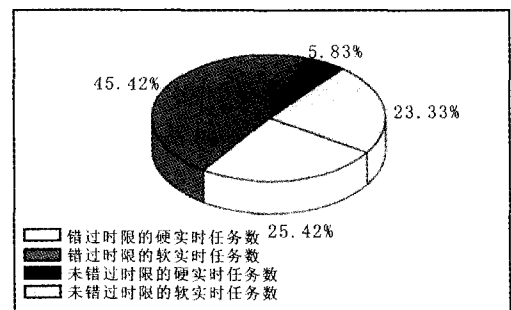


图4 未重调度情况下各类任务所占比例

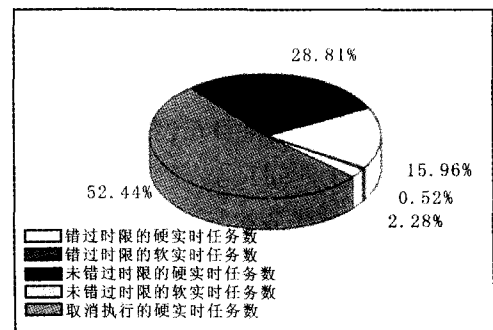


图5 重调度后各类任务所占比例

实验2:测试网络性能良好情况下调度策略的性能

系统中有5个周期任务,密度之和为1.表1表

明在网络性能良好情况下,本文调度策略可调度密度之和为1的任务集,保证了系统的高吞吐率。

表1 网络性能良好情况下性能测试结果

总任务数	硬实时任务数	软实时任务数	错过时限的硬实时任务数	错过时限的软实时任务数	取消执行的硬实时任务数
100	20	80	0	0	0

4 结束语

本文针对无线移动网络的特点,研究混合式任务的调度问题,提出了一个适用于网络性能不稳定环境下的混合式任务调度策略。对原型系统的测试表明该调度策略在网络性能良好情况下,可以保证系统有较高的吞吐率;在网络环境较差,网络延时不可忽略的情况下,可以保证硬实时任务的优先性。

下一步工作包括在网络延时的检测基础上引入预测模型;考虑客户端处于不同网络环境的情况;在硬实时和软实时基础上,对任务进行进一步划分。

参考文献:

- [1] Liu J W S. Real-Time Systems[M]. 姬孟洛,李军,王馨,等,译. 北京:高等教育出版社,2003.
- [2] Jeffray K, Goddard S. A theory of rate-based execution[C]// Proc of the 20th IEEE Real Time System Symposium[s.l.];IEEE, 1999:304-314.
- [3] Liu C, Layland J. Scheduling algorithms for multiprogramming in a hard-real-time environment[J]. Journal of the ACM (JACM), 1973, 20(1): 46-61.
- [4] Leung J Y T, Whitehead J. On the complexity of fixed-priority scheduling of periodic real-time tasks [J]. Performance Evaluation, 1982, 2(4): 237-250.
- [5] 刘秋明,郭嘉,葛海平,等. 高速铁路对 GSM 网络带来的影响及其解决方案[J]. 电信科学,2007,23(11):81-84.
- [6] Borgia E. Experimental Evaluation of Ad Hoc Routing Protocols[C]// Proc of the 3th IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom). Washington, DC, USA: IEEE, 2005:232-236.
- [7] Gadomska-Kudelska M, Kudelski M, Pacut A. Statistical analysis of packet delay in Ad-Hoc Networks of Mobile Robots[C]// Proc of the IEEE Region 8 International Conference on Computational Technologies in Electrical and Electronics Engineering (SIBIRCON). Washington, DC, USA: IEEE, 2008:463-468.
- [8] Jacobson V. Congestion avoidance and control[J]. ACM Computer Communication Review, 1988, 18(4): 314-329.
- [9] 汪芸,谢俊清,沈卓炜. 实时 ORBUS 系统的设计与实现[J]. 小型微型计算机系统, 2005, 26(1):69-73.

作者简介:

杜方男,(1984-),硕士研究生.研究方向为实时调度、分布式计算.

汪芸女,(1967-),博士,教授.研究方向为计算机网络及其应用.