

# 气象网络控制系统(NCS)的调度算法分析

梁心雄<sup>1</sup>, 黎德波<sup>2</sup>, 罗胜平<sup>3</sup>

(1. 广东省气象信息中心, 广东 广州 510080;

2. 广州市气象台, 广东 广州 511430;

3. 华南理工大学, 广东 广州 510640)

**摘要:**网络控制系统非固定执行时间的调度策略是基于先进控制理论的反馈调度策略,其策略是并行计算减少算法的执行时间来获得更高的计算效率,解决更复杂的问题并加快求解过程。文中着重从NCS调度数据分类、优先级、系统调度分析、方法四个角度进行分析,得出气象业务网络系统性能的优化映射为较低层次的系统参数优化、网络控制系统的稳定运行是准确做出天气预报并及时服务的基本保证,网络的开放性和共享性在方便人们使用的同时,气象信息网络调度应尽量避免信息的冲突和拥塞现象的发生,力求达到系统设计 with 网络实现的总体性能优化的目标。

**关键词:**CPU调度;网络应用调度;反馈控制调度;周期时刻调度;参数优化

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)08-0134-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.08.028

## Analysis of Scheduling Algorithm of Meteorological Network Control System

LIANG Xin-xiong<sup>1</sup>, LI De-bo<sup>2</sup>, LUO Sheng-ping<sup>3</sup>

(1. Meteorological Information Center of Guangdong, Guangzhou 510080, China;

2. Meteorological Station of Guangzhou City, Guangzhou 511430, China;

3. South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Network control system scheduling strategy of fixed execution time is a feedback scheduling strategy based on the theory of the advanced control, adopting parallel computing to reduce algorithm execution time gains higher computational efficiency to solve the more complex problem and the solution is to speed up the process. In this paper, emphatically from NCS scheduling data classification, priority, system scheduling analysis and methods, conduct an analysis and get that the system parameter optimization of lower levels of meteorological operational network system performance optimization mapping and the stable operation of the network control system is the basic guarantee to accurately make a weather forecasting and the timely service, network's openness and sharing in convenience for the people, at the same time, the meteorological information network scheduling should try to avoid conflict and congestion, reaching the goal of overall performance optimization of the system design and network realization.

**Key words:** CPU scheduling; network application scheduling; feedback control scheduling; scheduling periodic time; parameter optimization

## 0 引言

国家气象信息中心专家已就网络控制系统(Network Control System, NCS)和PKI(Public Key Infrastructure)技术在气象部门的应用展开研究。现代气象预报和服务的大量数据完全依赖网络进行交换和传输,网络控制系统的稳定运行是准确做出天气预报并及时服务的基本保证,网络的开放性和共享性在方便

人们使用的同时,气象信息网络调度应尽量避免信息的冲突和拥塞现象的发生,网络控制系统的合理调度显得尤其重要。

目前研究多复制系统模型所面临的问题是如何建立有效的系统模型,针对气象信息中心网络系统的稳定性特点,需要找出气象网络系统控制的方法规律,从而保证气象信息系统具有持续稳定能力,达到气象信

收稿日期:2014-09-23

修回日期:2014-12-25

网络出版时间:2015-07-21

基金项目:广东省科技计划项目(2014GZ0028)

作者简介:梁心雄(1972-),男,工程师,通讯作者,研究方向为气象信息网络。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150721.1448.046.html>

息网络的高性能和高质量。这里讨论的网络控制系统<sup>[1-2]</sup>与传统的控制系统相比,具有总开销、总集成、总网络、总智能节点以及其他优势。由于通过气象信息网络而形成多个反馈控制环路复制,使得气象信息网络系统的分解变得更加复杂<sup>[3]</sup>。文中主要是从实时控制的角度,对调度理论的复制的研究进展进行了综述,并提出该领域的研究导向。

## 1 网络控制系统的调度数据分类

### 1.1 实时数据与非实时数据

在网络控制系统中网络传输的数据分为两类:基本气象台站上传的实时数据和基本气象台站的公文和视频非实时信息<sup>[4]</sup>。实时信息的时间要求非常苛刻,如果在指定的时间限制在消息无法工作,信息会被丢弃,重新使用新信息。调度信息可分为定期或不定期的信息。定期信息是一种实时数据,在传输周期一般要求必须发送到目的节点,气象的周期性信息可以定位为时间触发或者同步气象信息。不定期的气象信息是指数据节点间的数据信息请求,气象数据传输的时间有时是随机,也被称为气象数据事件触发非周期、异步或者随机。

### 1.2 可控制传输

如果所有的数据传输的网络控制系统能在期限内完成任务,它被称为传输网络控制系统的调度<sup>[5]</sup>。突然的信息调度气象信息不能疏忽,突发的气象信息可以是某些事先无法预料的随机的气象灾害事件和突发预警事件,包括突发预警信号和突发预警异常处理等,这些突发的气象预警信息必须处理在一段时间内,否则气象网络系统可能异常甚至瘫痪。在气象网络预警控制系统中,气象预警调度信息定义于应用程序层,就是气象网络的传感器之间的信息传输的过程中,控制器和执行机构。当一个节点数据传输碰撞系统在网络信息调度规则,优先级传输订单、发送时间和时间间隔,以避免网络的冲突。

## 2 网络控制系统的调度优先级

### 2.1 控制时延

一个气象信息预警网络系统中规范的气象通信网络节控系统可以由如图1说明示意,气象网络结构组成包括执行器、传感器、控制器等系统分布对象,还有其他的气象信息网络相关的节点,这些分布对象通过气象信息网络通信平台达到信息交互<sup>[6]</sup>。通常的气象信息网络平台可以有多个控制回路和节点共享信息,并且气象通信系统上的周期数据和非周期数据可以通过信息流的形式,由一个或是多个节点控制器进行实时计算<sup>[7]</sup>。

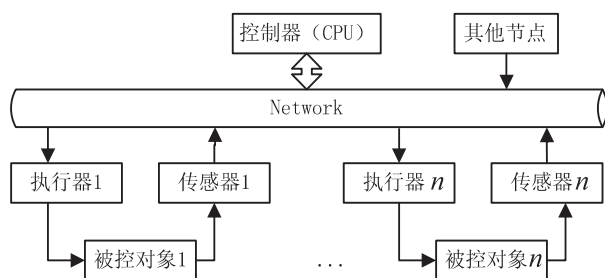


图1 网络控制系统结构图

网络控制系统的实时性能包括计算和通信的延迟,计算延迟相对于通信延迟的变化相对较小,延迟抖动是核心关键因素。因为对气象信息网络系统共享资源有多回路控制,所以采用不同的调度策略会影响气象网络系统计算和通信延迟的大小。在气象信息网络控制的CPU可以作为一个多元化的控制器电路,主要由气象信息网络CPU计算时间延迟和通信延迟组成,其中气象信息网络通信延迟主要包括生成的封包、排队和传输延迟等组成<sup>[8]</sup>。

### 2.2 调动策略的优先级

气象信息网络系统的调度策略的优先级主要考虑多元化共享气象通信网络的流电路数据,如何决定流数据包气象信息传输和有序是为了满足气象信息控制系统的实时要求。添加网络是为了使控制系统有别于传统的点对点连接,调度可以分为实时控制任务共享CPU资源的优先级调度和共享数据传输介质不能抓住重点调度。他们共同的一点是共享资源的限制,他们的区别是是否有优先级<sup>[9]</sup>。调度实时任务主要考虑在多个任务共享CPU、处理器执行任务序列、最大化满足气象信息网络实时控制系统。各部分系统控制任务的优先级不同的设置策略将会影响到其占用信息气象处理器资源所处的优劣地位。它可以涉及气象信息网络底层的传输协议或应用层上的调度策略。

## 3 网络控制系统的调度分析

### 3.1 时间和空间复杂度

气象信息网络匹配策略中可以分为离线调度和在线调度<sup>[10]</sup>。第一种气象信息网络离线调度是指不在线状态下经过算法优先考虑执行产生信息流任务匹配时间分配表。网络离线调度的特点是功能弱化和功能分派。第二种气象信息网络在线调度是由系统中央控制器根据任务的运行状态自动匹配一定的算法来执行相应的调度工作。这样的气象信息网络系统两类匹配调度策略在时间复杂度、空间复杂度以及匹配优劣算法等方面各有特点。

### 3.2 同步相和异步相的时间窗调度

静态调度应用在气象信息网络中,针对气象系统的调度决策指数的时间复杂度和周期任务限制,而系

统只能在一个时间内段执行一个固定任务,所有提出了针对静态最优调度的扩大调度可行性条件<sup>[11]</sup>。在阻塞任务条件下的静态最优调度的非抢占式服务模式,静态调度方法只限于匹配气象循环数据进度计划的调度策略所以提出基于气象信息流的的时间窗口的同步相和异步相调度方法,推进气象信息流的非循环数据也可以使用基于时间窗的静态调度方法。基于 RM 算法<sup>[11]</sup>提出了一种新的硬实时通信调度程序实时调度算法。对循环调度的流媒体调度算法提出了优先关系<sup>[12]</sup>,单调度模型通过时间(截止时间单调调度模型)策略任务的具体工期确定的优先权。任务调度算法,以防止超过它的时间限制和非调度,从而影响系统实时性能。当任务周期的时间限制或所有同步周期性任务的同时,挖掘算法是最佳的静态调度算法。

### 3.3 优先循环和动态时间窗的调度算法

最优动态优先级调度算法是 EDF 称为截止期限驱动调度算法,在任务集的总负载最大可以达到 100%。基于时间窗的动态调度<sup>[13]</sup>(Dynamic Time Window)将考虑 Raja 对气象信息流基于时间窗的静态调度方法进行改进,可以提出气象信息流数据的优先级循环服务和流动态时间窗的带宽分配策略。基于动态调度的优先级没有响应的紧急度,只有响应的特性,动态任务的调度代价是需要对每一个调度点优先级进行重新计算。

优先循环和动态时间窗是创建进程时赋予该进程一个初始优先级,然后其优先级随着进程的执行情况的而改变获得更好的调度性能。优点是相应的优先级调度算法灵活科学,可防止有些进程一直得不到调度。缺点是需要花费相当多的执行程序时间,系统开销比较大。动态调度算法其中包括具有较小抖动性,避免了长周期任务的频繁等待执行的 LLF 算法;基于在线获取的网络诱导传输误差和动态分配网络带宽的调度算法;基于确保系统性能的基础上动态地丢弃一定比率的数据的死区动态调度算法;基于利用业务平滑的技术控制 Ethernet 网的通信量的平滑动态调度算法。因为优先循环的调度比基于“最大努力”的调度具有更好的可预测性,因此提出动态调度算法中使用的是基于优先循环的方法。这种优先循环和动态时间窗是最流行的一项技术,所以新的动态调度算法中,可以利用优先循环动态时间窗算法中所采用的搜索方法。

## 4 气象信息控制的调度

### 4.1 气象信息架构的协议层和应用层

气象信息控制系统的协议层和应用层调度也是通常网络控制系统分为的两种调度方式<sup>[14]</sup>。协议层调度是气象信息系统通过特定的网络协议来实现某些算

法,可以定义数据包发送顺序,但缺乏自由性。气象信息控制的应用层调度是通常意见上的优先级调度,这是气象信息系统的上层应用程序根据算法和主动发送信息流数据规则决定,并给予不同的权重不同的控制回路,提出了一种最大紧迫性首先基于反馈(首先最大的紧迫性)网络消息的调度算法。

### 4.2 气象信息架构的开环和闭环

气象信息架构的动态和静态模式下,可以建立开环调度算法,但在不可预测的动态系统,大大降低了算法的有效性,气象信息架构的闭环调度可以应用到实时数据传输领域。增加使用一个反馈调度策略动态死时间控制和优先级分配相结合,用于解决负载问题的更改控制和网络控制系统的调度环境工作。这种调度策略确保了系统时延不超过上限和增加了稳定性。

### 4.3 周期时刻调度

第一种方法是基于气象信息架构的时间窗口的环路采样,对每一个信息控制回路采样时间进行调度。第二种方法是基于最大允许时延的采样时间调度,通过计算 MADB 方法可以取得不超过最大采样时间、采样周期进行带宽分配,周期和偶发数据实时传输、非实时数据传输带宽利用率变得最小<sup>[15]</sup>。第三种方法也是在气象信息架构基于系统带宽回路采样时间算法,原理是在系统控制的过程接近均衡点,相应的需求带宽变小;系统的控制进程遇到阻碍,相应的需求带宽增大。对于任意一个采样周期,随着任务信息变量变化,对应的控制回路的需求带宽数量会相应自适应调整。

### 4.4 控制与调度协调

气象信息架构控制和调度合理设计对于控制系统性能的影响非常重要,所以为调度方法的确定提供依据。气象信息网络控制系统包括网络服务性能和服务质量,主要设计是 QoP 和 QoS 相互协调,通过气象信息架构的差异具体调整好策略,主要目的是找出控制系统 QoS 与 QoP 之间一个最佳的结合点,系统资源有效地利用最大化,现气象信息系统的智能控制。

如何得到控制信息的各种性能指标,可以建立在输入端和输出端配备通讯约束的模型,通过序列来表示调度状况,其次将信号转化为离散切换系统。针对气象信息网络控制系统的调度,提出气象信息架构的二维调度策略实现优先级和带宽的二级分配;并将 RM 与 EDF 方法提出任务可调度性,得出气象信息网络架构的二维调度的条件,在气象信息架构的控制与调度协同设计中,目标是寻找一个适合的业务实践,对信息控制系统的整体性能进行综合的评价,同时得出在气象信息网络系统中能够自适应控制和反馈调度策略的协同设计方法,自适应控制器克服了在线自调



整的一些限制,并且通过信息调度来动态管理控制质量(QoC),从而优化整个系统的控制性能。

5 结束语

网络控制系统的调度应用有几个方面值得关注,第一是控制与调度协同设计;第二是 CPU 调度或网络调度;第三是反馈调度策略的并行计算。总结在气象信息网络调度应尽量避免信息的冲突和拥塞现象的发生,控制性能的优化取决于低层的控制参数优化、信道参数选取、带宽合理分配,全面提升网络控制系统的合理调度,提出如何深度优化气象系统网络性能指标,研究分析融合网络与控制系统的最佳调度结合点是新的发展方向。

参考文献:

[1] 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):889-891.

[2] 赵健. 基于 GridSim 的 A-MM 调度算法模拟[J]. 计算机技术与发展,2008,18(10):96-98.

[3] 刘怀,费树岷. 基于 EDF 的分布式控制系统容错调度算法[J]. 软件学报,2003,14(8):1371-1378.

[4] 张惠娟,周利华. 一种基于 EDF 算法的多处理器实时调度算法[J]. 计算机工程与应用,2003,39(30):16-17.

[5] 姜巍,秦雅娟,刘颖. 基于 IPFIX 的用户网络行为分析系统模型研究[J]. 计算机技术与发展,2011,21(9):233-236.

[6] 白涛. 网络化控制系统性能分析与调度优化[D]. 上海:

(上接第 133 页)

[10] Peh E C Y, Liang Y C, Guan Y L, et al. Optimization of cooperative sensing in cognitive radio networks: a sensing-throughput tradeoff view[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2009, 58(9): 5294-5299.

[11] Nie G, Wang Y, Li G, et al. Sensing-throughput tradeoff in cluster-based cooperative cognitive radio networks: a novel frame structure[C]//Proc of vehicular technology conference. [s. l.]: IEEE, 2012: 1-5.

[12] Tehrani M N, Uysal M. Sensing-throughput tradeoff in cooperative spectrum sensing[C]//Proc of Globecom workshops. [s. l.]: IEEE, 2012: 174-179.

[13] Jafarian J, Hamdi K A. Sensing-throughput tradeoff in a non-

上海交通大学, 2005.

[7] 文远保, 张炫. 单调比率调度算法研究及改进[J]. 计算机工程与科学, 2006, 28(10): 68-70.

[8] 肖青, 杨长兴, 杨炼. 一种基于遗传算法的网络任务调度算法[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(8): 32-34.

[9] 陈宇寒. 网络计算技术研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(5): 82-85.

[10] Yang T C. Networked control system: a brief survey[J]. IEEE Proceedings-Control Theory and Applications, 2006, 153(4): 403-412.

[11] Yang Qingyu, Wu Hongjiang, Ju Lincang, et al. Development of network control system of tobacco packing machine[C]//Proceedings of the 6th world congress on intelligent control and automation. Dalian, China: IEEE Press, 2006: 6641-6644.

[12] Zeng Yujun. Networked control systems based on scheduling[J]. Control & Automation, 2006, 22(31): 95-96.

[13] Lim D, Anbuky A. A distributed industrial battery management network[J]. IEEE Trans on Industrial Electronics, 2004, 51(6): 1181-1193.

[14] Seto D, Lehoczky J P, Sha L, et al. On task schedule ability in realtime control systems[C]//Proceedings of the IEEE real-time systems symposium. Washington, USA: IEEE Press, 2006.

[15] Cervin A, Henriksson D, Bo L, et al. How does control timing affect performance analysis and simulation of timing using Jitterbug and True Time[J]. IEEE Control Systems Magazine, 2003, 23(3): 16-30.

cooperative double-threshold sensing scheme[C]//Proc of 4th international congress on ultra modern telecommunications and control systems and workshops. [s. l.]: IEEE, 2012: 201-206.

[14] Maleki S, Pandharipande A, Leus G. Energy-efficient distributed spectrum sensing for cognitive sensor networks[J]. IEEE Sensors Journal, 2011, 11(3): 565-573.

[15] Gur G, Alagoz F. Green wireless communications via cognitive dimension: an overview[J]. IEEE Network, 2011, 25(2): 50-56.

[16] Urkowitz H. Energy detection of unknown deterministic signals[J]. Proceedings of the IEEE, 1967, 55(4): 523-531.

# 气象网络控制系统（NCS）的调度算法分析

作者:

梁心雄, 黎德波, 罗胜平, [LIANG Xin-xiong](#), [LI De-bo](#), [LUO Sheng-ping](#)

作者单位:

[梁心雄, LIANG Xin-xiong \(广东省气象信息中心, 广东 广州, 510080\), 黎德波, LI De-bo \(广州市气象台, 广东 广州, 511430\), 罗胜平, LUO Sheng-ping \(华南理工大学, 广东 广州, 510640\)](#)

刊名:

[计算机技术与发展](#)

英文刊名:

[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期):

2015(8)

引用本文格式: [梁心雄](#) [黎德波](#) [罗胜平](#) [LIANG Xin-xiong](#) [LI De-bo](#) [LUO Sheng-ping](#) [气象网络控制系统（NCS）的调度算法分析](#) [期刊论文] - [计算机技术与发展](#) 2015(8)