

基于动态单元的敏捷车间调度实证

孔令夷

(西安邮电大学 管理工程学院, 陕西 西安 710061)

摘 要: 面向敏捷车间的动态单元调度方案设计开发, 构建基于多代理系统的敏捷车间动态单元调度框架, 建立动态单元调度综合满意度函数, 利用协同演化遗传算法求得车间资源重组全局优化解, 结合聚类分析法作出敏捷车间动态单元调度的最满意决策. 实例验证了上述方法的有效性.

关键词: 敏捷车间; 调度; 多代理系统; 单元

中图分类号: TH166; TP18; F224.32; F273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7180(2014)02-0098-03

Empirical Study of Agile Workshop Scheduling Based on Dynamic Unit

KONG Ling-yi

(School of Management Engineering, Xi'an University of Post and Telecommunications, Xi'an 710061, China)

Abstract: Unit dynamic scheduling framework of agile workshop was built based on multi-agent system, facing unit dynamic scheduling solution design and development of agile workshop. Comprehensive satisfaction degree function of unit dynamic scheduling was established. By co-evolution genetic algorithm, overall optimization solution of workshop resources reorganization was acquired, and the most satisfied decision of unit dynamic scheduling was made with clustering analysis method. Finally, scheduling example proved its validity.

Key words: agile workshop; scheduling; multi-agent system; unit

1 引言

供应网络全球化及不确定性需求对制造业提出敏捷性要求, 敏捷制造 (Agile Manufacturing, AM) 已成为全球制造业转型升级的首选捷径, 敏捷车间 (Agile Workshop, AW) 作为最基础生产组织单位, 已成为研究热点. AW 是指在高度竞合、动态多变的外部商业环境中, 供应商、制造商、服务商等实体参与构成的实时响应外界商机和需求变化的基层动态生产组织单位, 是实现 AM 的关键^[1]. 本文拟研究资源约束下, 基于多代理的 AW 动态单元调度, 完成复杂多变的加工任务, 取得最大综合满意度.

许多文献集中在 AM 概念论述, 偏重于理论研究, 很少对 AM 的底层车间给予研究. 再者, 当前文

献都缺乏 AW 的实证研究, 除陈友玲^[2]、陈刚^[3]、罗天洪^[4]、李应^[5]、P. G. Li^[6], 实证研究的文献极少. 学者们已展开 AW 单元动态调度研究^[7-9], 但是并未取得满意结果, 原因如下:

(1) 以往研究通常遵循自上至下的 AW 单元动态调度思想, 这样的研究方法因底层信息不能及时反馈获取而影响了 AW 的整体敏捷性实现. 与之相反, 自下至上调度车间单元, 也面临着分布式车间单元协同复杂性及冲突多发性的问题, 而且可能会出现管控成本过高、单元通信联络密集的缺点.

(2) 现有文献仅局限于研究调度单元设备等有形资源, 而忽略了无形的工艺路线的调度技术和策略研究. 实质上, 车间调度必须整合单元和工艺, 二者应保持同步性.

收稿日期: 2013-04-27; **修回日期:** 2013-06-23

基金项目: 国家自然科学基金项目 (71102149); 工信部通信软科学研究项目 (2013R01-2); 教育部人文社会科学研究项目 (12YJC790084); 陕西省教育厅专项科研计划资助项目 (12JK0056); 西安邮电大学青年教师科研基金项目 (ZL2011-22)

(3)部分学者将单元调度问题转化为复杂的数学集合模型,求解计算量大,寻优难度高,算法可行性较低,也不能准确映射 AW 的动态变化特性。

2 模型构建

设 AW 承揽了 n 个可被分工为若干工序的 Job, 用集合 J 表示, $J = \{J_1, \dots, J_n\}$, $J_i = \{J_{i1}, \dots, J_{id_i}\}$, $i = 1, \dots, n$, d_i 是 J_i (第 i 个 Job) 能被分解的工序数量 (子 Job)。令 $Z_{id} = \{Z_{id1}, \dots, Z_{idS_{id}}\}$, $ZA_{id} = \{ZA_{id1}, \dots, ZA_{idS_{id}}\}$, 其中 $d = 1, \dots, d_i$, Z_{id} 表示 J_{id} (第 i 个 Job 的子 Job, 生产工艺路线上的某个细分工序) 的候选资源集, ZA_{id} 表示 J_{id} 的候选资源代理集, S_{id} 表示工作 J_{id} 的候选资源总数量。根据同类资源可互替性, J_{id} 在 Z_{id} 中可以选择且只可以选择其中的一个资源 Agent 及其对应的资源来完成加工任务。

可知:若有 $i \neq h$, 必然有 $(\bigcup_d ZA_{id}) \cap (\bigcup_d ZA_{hd}) \neq \emptyset$, 设 Z_i 的产能是 P_i , 其中 $t = 1, \dots, S$, Z_q 到 Z_i 的运能是 T_{qi} , 其中 $q = 1, \dots, S$, 且 $q \neq t$, S 是 AW 的可用资源总量。 $\hat{c}_{dk}^i, c_{dk}^i, \hat{t}_{dk}^i, t_{dk}^i$ 分别表示资源 Z_{idk} 用于作业 J_{id} 的单位生产成本定额、实际生产成本、生产时间定额及实际生产时间, 其中 $k = 1, \dots, S_{id}$, 易见得: c_{dk}^i, t_{dk}^i 随着资源 Z_{idk} 产能短缺程度及生产时间

定额的变动而变动。 $\hat{y}c_{dkem}^i, yc_{dkem}^i, \hat{y}t_{dkem}^i, yt_{dkem}^i$ 又各自表示 J_{id} 选择资源 Z_{idk} , 而且 J_{ie} 选择资源 Z_{iem} , 两个子 Job 工序之间要进行运输配送的单位运输成本、实际运输成本、运输时间定额、实际运输时间。其中 $e = 1, \dots, d_i, m = 1, \dots, S_{id}, d \neq e, k \neq m$ 。设 $SZ_i = \{SZ_{i1}, \dots, SZ_{id_i}\}$ 指最终选定资源组合, $SZA_i = \{SZA_{i1}, \dots, SZA_{id_i}\}$ 指最终选定资源 Agent 集合, 那么 SZA_{id} 就是工作 J_{id} 最终选定资源代理, $SZA_{id} \in ZA_{id}$ 。

若有 $SZ_{id} \in SZ_i, SZA_{id} \in SZA_i$ 且 $SZ_{id} = Z_{idk}, SZA_{id} = ZA_{idk}$ 则说明资源 Z_{idk} 被选择, 可以令 $\gamma^i(dk) = 1$; 反之 $\gamma^i(dk) = 0$ 。同时, 令 $\xi^i(dk, em) = \gamma^i(dk)\gamma^i(em)$, 若 J_{id} 选择资源 Z_{idk} , 而且 J_{ie} 选择资源 Z_{iem} , 则等价于 $\gamma^i(dk) = 1$, 而且 $\gamma^i(em) = 1$, 那么就有 $\xi^i(dk, em) = 1$; 反之 $\xi^i(dk, em) = 0$ 。

令 J_i 相应的 Job Agent 生产时间满意度指标为 $\lambda_{t_i}(T_i)$, 权重为 τ_{t_i} ; 生产成本满意度指标为 $\lambda_{c_i}(C_i)$, 权重为 τ_{c_i} 。完成 J_i 的综合满意度 $\lambda_i = \lambda_{t_i}(T_i)\tau_{t_i} + \lambda_{c_i}(C_i)\tau_{c_i}$, $\tau_{t_i} + \tau_{c_i} = 1$ 。AW 动态单元调度问题表述如下: 求完成 Job 的综合满意度 λ 最优的 AW 生产资源集 $SZ = \{SZ_1, \dots, SZ_n\}$, 即在 $\sum_{k=1}^{S_{id}} \gamma^i(dk) = 1$ 的约束下, 求出

$$\max \lambda = \prod_{i=1}^n \left\{ \frac{\lambda_{t_i} \left[\sum_{d=1}^{d_i} \sum_{k=1}^{S_{id}} \gamma^i(dk) t_{dk}^i + \sum_{d=1}^{d_i} \sum_{k=1}^{S_{id}} \sum_{e=1}^{d_i} \sum_{m=1}^{S_{id}} \xi^i(dk, em) yt_{dkem}^i \right] \tau_{t_i} + \lambda_{c_i} \left[\sum_{d=1}^{d_i} \sum_{k=1}^{S_{id}} \gamma^i(dk) c_{dk}^i + \sum_{d=1}^{d_i} \sum_{k=1}^{S_{id}} \sum_{e=1}^{d_i} \sum_{m=1}^{S_{id}} \xi^i(dk, em) yc_{dkem}^i \right] \tau_{c_i}}{\lambda_{t_i} \left[\sum_{d=1}^{d_i} \sum_{k=1}^{S_{id}} \gamma^i(dk) t_{dk}^i + \sum_{d=1}^{d_i} \sum_{k=1}^{S_{id}} \sum_{e=1}^{d_i} \sum_{m=1}^{S_{id}} \xi^i(dk, em) yt_{dkem}^i \right] \tau_{t_i} + \lambda_{c_i} \left[\sum_{d=1}^{d_i} \sum_{k=1}^{S_{id}} \gamma^i(dk) c_{dk}^i + \sum_{d=1}^{d_i} \sum_{k=1}^{S_{id}} \sum_{e=1}^{d_i} \sum_{m=1}^{S_{id}} \xi^i(dk, em) yc_{dkem}^i \right] \tau_{c_i}} \right\}^{\frac{1}{n}}.$$

3 实证分析

选取在陕西省装备制造企业 (以下简称 XD) 展开实证研究, XD 企业从事空气断路器主架零件生产, 同时承接外单位的同类相关生产任务。忽略运输时间及成本的影响。目前三个 Job 的生产时间及成

本约束见表 1, 单位是分钟及元。资源产能见表 2。

表 1 各 Job 的生产时间及成本约束

J_i	$T_{\min}$	$T_{\max}$	$C_{\min}$	$C_{\max}$
J_1	210	280	260	320
J_2	280	330	300	370
J_3	300	370	430	530

表 2 各种生产资源的产能

资源	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}	Z_{11}
产能/分钟	45	35	70	75	90	85	85	70	45	45	45
资源	Z_{12}	Z_{13}	Z_{14}	Z_{15}	Z_{16}	Z_{17}	Z_{18}	Z_{19}	Z_{20}	Z_{21}	Z_{22}
产能/分钟	90	185	180	70	75	220	209	170	75	55	70

满意度可分别用简单公式被描述为

$$\lambda_{t_i}(T_i) = \left(\frac{T_i}{ET_i} \right)^{-1} = \left(\frac{ET_i}{T_i} \right), \lambda_{c_i}(C_i) =$$

$\left(\frac{C_i}{EC_i} \right)^{-1} = \left(\frac{EC_i}{C_i} \right)$, 其中, ET_i 是指完成 Job 的期望时间, 即 $ET_i = \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right)$; EC_i 是指完成 Job 的

期望成本,即 $EC_i = (\frac{C_{max} + C_{min}}{2})$.

3 个 Job Agent 通过与资源代理联络,协调确定胜任 Job 的所有候选资源,见表 3.

表 3 完成 Job 的候选资源优选

Job	子 Job(工序)	资源 A/时间/成本	资源 B/时间/成本	资源 C/时间/成本
1	切平底面	$Z_1/22/21$	$Z_2/23/19$	
1	钻孔	$Z_4/36/38$	$Z_5/32/43$	$Z_7/37/37$
1	切割曲面	$Z_{17}/105/128$	$Z_{18}/95/135$	$Z_{19}/108/116$
1	组装	$Z_{12}/38/48$	$Z_{14}/39/54$	
1	磨表面、抛光	$Z_{10}/41/44$	$Z_{21}/48/53$	
2	切平面	$Z_1/21/21$	$Z_2/28/19$	$Z_3/32/17$
2	铣凸柄	$Z_5/43/54$	$Z_7/44/48$	
2	切割曲面	$Z_{17}/75/88$	$Z_{18}/72/89$	
2	磨表面、抛光	$Z_{15}/34/47$	$Z_{16}/36/46$	
2	组装	$Z_{12}/89/109$	$Z_{13}/75/97$	$Z_{14}/94/113$
3	铣侧面	$Z_5/43/53$	$Z_6/48/43$	$Z_8/38/74$
3	切割曲面	$Z_{18}/37/88$	$Z_{19}/44/53$	$Z_{20}/43/56$
3	触头加工	$Z_{22}/45/37$	$Z_{17}/40/39$	
3	喷漆、烘干	$Z_{11}/34/44$	$Z_9/33/48$	
3	组装	$Z_{13}/105/177$	$Z_{14}/103/184$	

根据表 3 的 Job Agent 的候选资源集,应用协同演化遗传算法,求解得出 AW 单元最优动态调度方案.表 4 所示为各种时间满意度及成本满意度权重分配下的最满意调度解.

表 4 面向多 Job 的 AW 资源优选暨 AW 动态单元优化调度方案

权重集合	τ_{t1}	τ_{t2}	τ_{t3}	τ_{c1}	τ_{c2}	τ_{c3}	Job1	Job2	Job3
1	0.6	0.7	0.8	0.4	0.3	0.2	ABBAA 1,5,18,12,10	ABBAB 1,7,18,15,13	CABBB 8,18,17,9,14
2	0.3	0.2	0.1	0.7	0.8	0.9	BCCAA 2,7,19,12,10	CBABB 3,7,17,16,13	BBAAA 6,19,22,11,13
3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	BCCAA 2,7,19,12,10	ABBAB 1,7,18,15,13	BBBAA 6,19,17,11,13

4 结束语

当今及今后日益复杂多变的商业环境下,AW 单元动态调度策略务必要顺从追求速度、柔性及创新性的新型 AW 生产运营管理模式,并且作为有机而不可分割的一部分被纳入到整个 AW 管理体系中去.AW 单元需要面向不确定性的 Job 需求及动态车间生产任务,优选并重组各类资源,高效开展生产作业活动.文中构建了 AW 单元动态调度模型,求完成 Job 综合满意度(时间满意度和成本满意度的加权)最优,也就确保了车间所有可调度资源的最优化重组,实现了 AW 单元最优动态调度.该调度模型考虑了各种动态性 Job 的工艺路线因素,整合

AW 单元和工艺,更贴近于车间生产运行的实际情形,弥补了以往研究在工艺方面的偏颇性缺陷,明显能提升 AW 单元的响应能力.陕西 XD 企业的实证研究证实了文中调度算法的有效性.

参考文献:

[1] 苏金尧.敏捷企业集成基础结构中的若干关键技术研究[D].上海:上海大学,2008.

[2] 陈友玲,张永阳,孙亚南,等.基于 Petri 网的敏捷化生产调度建模方法[J].计算机集成制造系统,2010,16(3):598-602.

[3] 陈刚,黄志萍.面向敏捷制造的摩托制造系统产能改造仿真研究[J].科技管理研究,2010(18):119-124.

(下转第 105 页)

6 结束语

提出了通过修改系统关键函数达到加载无签名驱动程序的方法. 具有一次性、不影响用户体验、驱动程序完全无需签名的优点. 通过自主开发的驱动程序实现主机监管系统来对系统进行监控和管理更具有自主性,更能适用于需要高度安全性的环境.

为了进一步提高主机安全性,应对驱动程序的加载运行采用用户个性化的管理. 优秀的操作系统应该在需要的时候对驱动程序签名进行严格验证,在需要加载驱动程序时提供相应的免签名选项,从而实现用户对计算机真正的完全掌控.

参考文献:

- [1] 微软官方. Digital signatures for kernel modules on systems running windows vista [EB/OL]. [2013-04-20]. America: Microsoft, 2007. <http://www.microsoft.com/whdc/winlogo/drvsign/kmsigning.msp>
- [2] 韩卓,冉晓曼,吕文高. Windows 7 内核完整性验证机制研究[J]. 信息工程大学学报,2011,12(6):764-768.
- [3] Skape, Skywing. Bypassing patchguard on windows x64 [EB/OL]. [2013-04-20]. America: Uninformed, 2006. <http://uninformed.org/index.cgi?v=3&a=3&t=sumry>
- [4] Skywing. Subverting patch guard version 2 [EB/OL].

[2013-04-20]. America: Uninformed, 2007. <http://www.uninformed.org/?v=6&a=1&t=sumry>

- [5] Skywing. Patch guard reloaded [EB/OL]. [2013-04-20]. America: Uninformed, 2007. <http://uninformed.org/?v=8&a=5&t=sumry>.
- [6] 邵伟,何静. Vista 中信任链建立机制研究[J]. 计算机工程与设计,2009,30(15):3494-3497.
- [7] Matthew Conover. Assessment of Windows Vista Kernel-mode security [EB/OL]. [2013-04-20]. America: Symantec Corporation, 2006. http://www.symantec.com/avcenter/reference/Windows_Vista_Kernel_Mode_Security.pdf
- [8] Fyyre. Disable Patch guard & driver signing on X64 windows 7 + SP1 [EB/OL]. [2013-04-20]. America: binary modifications, 2012. http://fyyre.ivory-tower.de/projects/no_pg_ds_v3.rar.
- [9] 微软官方. Windows 7 code integrity (ci.dll) security policy [EB/OL]. [2013-04-20]. America: Microsoft, 2013. <http://csrc.nist.gov/groups/STM/cmvp/documents/140-1/140sp/140sp1327.pdf>

作者简介:

张智男, (1988—), 硕士研究生. 研究方向为网络信息安全.

蔡晓东男, (1955—), 教授, 博士生导师. 研究方向为网络信息安全.

(上接第100页)

- [4] 罗天洪. 面向敏捷制造的制造执行系统调度策略研究[J]. 机床与液压, 2009(5):1-4.
- [5] 李应, 杨善林, 郑家强. 敏捷制造系统的基于 Agent 的混合调度[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(12): 3763-3767.
- [6] Li P G, Li S X, Rao Y Q. Coalition formation and its application in planning for agile manufacturing cell[J]. Int J Adv Manuf Technol, 2004, 24(3-4): 298-305.

作者简介:



孔令夷男, (1977—), 副教授. 研究方向为敏捷制造.