文章编号：2095-2163(2019)01-0104-04 中图分类号：TP301.6 文献标志码：A

基于多 Agent 的众包任务分配算法的研究

周 侨，方 明
（西安石油大学 计算机学院，西安 710065）

摘 要： 众包任务分配就是将众包平台中合适的任务分配给合适的众包方，以充分利用众包方的能力资源，提高任务的完成进度。针对众包平台中的任务分配问题，结合多 Agent 技术，提出一种基于多 Agent 的众包任务分配算法，该算法综合考虑众包方的任务负载、兴趣、能力，以及新众包方等因素，并将众包方变为主动竞争任务的智能体。众包平台中各组成部分构成 Agent，多 Agent 之间相互协作，形成智能的多 Agent 的众包任务分配平台的体系结构，以此来保证众包任务高效地分配，准时地完成，提高了企业复杂任务工作的效率。

关键词： 众包；众包任务；任务分配；多 Agent；仿真

Research on crowdsourcing task allocation algorithm based on multi-Agent

ZHOU Qiao, FANG Ming
(School of Computer Science, Xi′an Shiyou University, Xi′an 710065, China)

【Abstract】 Crowdsourcing task assignment is to assign the appropriate tasks in the crowdsourcing platform to the appropriate crowdsourcing party, so as to make full use of the capability resources of the crowdsourcing party and improve the completion progress of the task. Aiming at the problem of task assignment in crowdsourcing platform, combined with multi-Agent technology, a multi-Agent crowdsourcing task allocation strategy is proposed, which takes into account the task load, interests, capabilities, and new users of the crowdsourcing party, meanwhile the crowdsourcing party into an agent that actively competes for the task. The components of the crowdsourcing platform are divided into Agents, and the multiple Agents cooperate with each other to form an intelligent multi-Agent crowdsourcing task allocation platform architecture, so as to ensure that the crowdsourcing tasks are efficiently allocated and completed on time. Therefore, the efficiency of the complex task work of the enterprise are improved.

【Key words】 crowdsourcing; crowdsourcing task; task assignment; multi-agent; simulation

0 引 言

众包平台的任务分配机制对众包任务完成质量有很大影响，不合理的任务分配机制通常会带来不理想的任务完成质量。因此任务分配给合适的众包方，是众包分配机制的重要组成部分。现有的一些分配机制主要是通过综合考虑任务参与者的工作负载，对不同类型任务的完成质量等因素。采用基于任务参与者负载平衡和经验值的任务分配策略[1]；或者从待分配任务和任务候选人的状态属性出发，采用基于模糊集与 TOPSIS 的任务分配方法来解决任务的自动优选问题[2]；还有一些根据任务基线权重值以及众包方的技能等级等因素，采用 DTA 算法来解决在线任务分配问题[3]。这些研究在一定范围和程度上较好地解决了众包任务的合理分配问题，但尚缺少结合众包方的兴趣，众包任务的难易程度以及新众包方无历史行为数据而无法分配任务的问题，也未充分考虑到众包任务分配中，外界环境的不确定性，众包方的能力的动态性的问题。本文结合多 Agent 技术，将传统被动的众包方变为主动竞争任务的智能体（Agent），将众包平台的各组成部分构造成 Agent，以多 Agent 协作组织和工作方式实现相应的众包任务分配处理模式，以此来缩短任务执行时间，提高任务的运行效率。

1 多 Agent 众包任务分配平台的总体结构

众包是一种特殊的新兴的大众网络聚集方式，是指一个公司或机构把过去由员工或者承包商完成的工作任务，以自由自愿的形式外包给非特定的大众网络或虚拟社区的做法[4]。Agent 技术是一种处于一定环境下包装的计算机系统，为实现设计目的，能在该环境下灵活、自主的活动。多 Agent 把许多个体组织起来，可以弥补个体工作能力的限制。传统的众包平台由发包方、众包引擎以及众包方组成，众包任务分配与相应的基本过程为任务申请、任务初始化、任务执行和任务完成，众包任务分配和传统任务的分配有很大不同。首先，众包方的能力及兴趣是未知，发包方希望把任务分配给技能相对高的

作者简介：周 侨（1992-），女，硕士研究生，主要研究方向：管理信息系统；方 明（1963-），男，博士，教授，主要研究方向：管理信息系统。

收稿日期：2018-10-24

众包方，但传统的任务是随机分配的；其次，众包方的工作时间比较随意，而且众包方有可能会同时接受很多任务，而众包方接受大量时间冲突的任务会导致任务不能在规定时间完成；最后，随机分配可能导致低技能任务分给高能力的众包方而导致低的利用率，高技能任务分配给低能力众包方使得任务无法完成或任务质量达不到要求。同时，传统的众包平台一般将众包中的任务，以及众包方看作为处于被动等待的实体，是缺乏智能的实体对象，不具备主动根据所处环境和所要解决的问题来调整自身知识结构解决问题的能力。为此，本文提出一种基于多 Agent 的众包任务分配算法来提升任务质量的结果。在该平台中，为改变以往众包的被动性，采用多 Agent 技术将众包平台的各组成部分构造成 Agent。该平台的体系结构如图 1 所示。

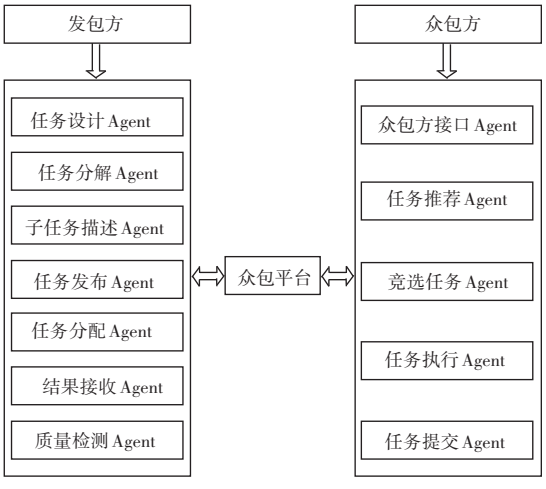

图 1　多 Agent 众包管理平台结构图

Fig. 1　Multi-Agent crowdsourcing management platform structure

其中，发包方根据阶段与任务的不同，进行任务设计、任务分解、任务发布和质量检测等。通过任务设计 Agent 对相关任务进行设计，并用任务分解 Agent 按照不同的需求将任务分解成各个子任务，子任务描述 Agent 对每个子任务的内容、难度以及酬劳对任务进行描述。任务发布 Agent 发布任务并统计参与竞选任务的众包方，任务分配 Agent 根据能力将任务分配给合适的众包方。在任务时间截止后，结果接收 Agent 收集任务，并通过质量检测 Agent 对众包方提交的任务进行质量评估。

众包方根据众包方接口 Agent 发现发包方在众包平台发包的任务，由任务推荐 Agent 根据众包方以往任务的历史记录给其推荐任务，众包方通过竞选任务 Agent 参选自己感兴趣的任务，并在获得任务的前提下，通过任务执行 Agent 完成任务，任务提交 Agent 将任务提交至众包平台供发包方接收任务。

2　基于 Agent 的众包任务分配算法

2.1　基于 Agent 的众包任务分配相关函数和概念

根据基于 Agent 的众包任务分配算法的思路，需要给出相关参数的概念定义和公式函数。

定义 1　众包方兴趣指数。众包方 u 对某类型任务 t 的兴趣指数用 $Interest(u,t)$ 表示，其计算公式为：

$$Interest(u,t)=\frac{number(\mathrm{t})}{number} \tag{1}$$

其中，$number$ 指的是众包方 u 完成全部任务的总次数，$number(t)$ 指众包方 u 完成此类型任务的次数。

兴趣可以提高人们的积极性，促使人们积极、愉快地完成该类型任务，对完成任务起到了积极的作用。$Interest(u,t)$ 的指数越大，说明众包方对此类型任务更有兴趣，获得此类型任务的概率越大。

定义 2　众包方的负载。用 $load_t$ 表示众包方接收 t 类型任务的负载，用其历史记录中完成该类型任务的平均时长决定，其中 l 表示众包方当前任务集合中的任务数量，$load$ 表示众包方当前剩余的每个任务的负载，众包方 u 的负载任务量用 $load(u)$ 来表示，其计算公式为：

$$Load(u)=\sum_{j=1}^{l} load + load_t \tag{2}$$

用 Z-score 标准化方法对任务总负载进行归一化处理，归一化在 0-1 之间，以方便数据的处理，则众包方的负载为：

$$Load(u)=\frac{load(u)-x}{y} \tag{3}$$

其中，x 表示众包方集合中样本数据的均值，y 表示所有样本数据的标准差。

由定义 2 可知，$load(u)$ 越小，表明该众包方的负载越小，越容易被分配到新任务。

定义 3　众包方的能力。用 $Ablity(u)$ 表示众包方 u 的能力，$Ablity_d(u)$ 表示众包方 u 完成难度系数高的任务的能力，$Ablity_m(u)$ 表示众包方 u 完成难度系数中等的任务的能力，$Ablity_e(u)$ 表示众包方 u 完成简单任务的能力。众包任务在发布时用难度系数 [1,0) 来表示任务的难度，将难度系数 [1,0.7) 之间的归类为高难度任务，系数在 [0.7,0.3) 范围内的划

分到中等难度的范围内,系数在[0.3,0) 之间的认为是简单的任务。则众包方 u 的各能力计算公式分别为:

$$Ablity_d(u)=\frac{number_d}{number}\times\frac{amount_d}{number_d}$$

$$Ablity_m(u)=\frac{number_m}{number}\times\frac{amount_m}{number_m}$$

$$Ablity_e(u)=\frac{number_e}{number}\times\frac{amount_e}{number_e}$$

$$Ablity(u)=\lambda_1\times Ablity_d(u)+\lambda_2\times Ablity_m(u)+\lambda_3\times Ablity_e(u) \quad (4)$$

其中, $\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3=1$;$number$ 表示众包方 u 完成全部任务的总次数;$number_d$ 指的是众包方 u 完成难度系数高的任务的总次数;$amount_d$ 是完成高等任务中通过的数量;$number_m$ 指的是众包方 u 完成难度系数中等的任务总次数;$amount_m$ 是完成的中等任务中通过的数量;$number_e$ 指的是众包方 u 完成简单任务的总次数;$amount_e$ 是完成的简单任务中通过的数量。

定义 4 众包方的综合实力。用 $Capacity(u)$ 表示众包方 u 的综合实力,其计算公式为:

$$Capacity(u)=\lambda_4\times Intersert(u,t)+\lambda_5\times(1-load(u))+\lambda_6\times Ablity(u) \quad (5)$$

其中, $\lambda_4+\lambda_5+\lambda_6=1$

由定义 4 可知, 给难度高的任务赋予大的权重值,简单的任务给予小的权重值,则 $Ablity(u)$ 的值越大,表明该众包方 u 的能力越强,获得新任务的概率越大。

2.2 新众包方问题的解决

任务分配算法需要根据众包方的历史行为数据来预测众包方未来的行为和兴趣,因此大量的众包方历史行为数据就是系统为众包方分配任务的重要组成部分和先决条件。但是,任务分配系统没有新众包方的历史行为数据,所以如何在没有众包方行为数据的情况下判断众包方是否有能力完成高质量的众包任务,这就是任务分配问题中的新众包方问题。对于新众包方问题,可以在众包方注册账号的时候,填写众包方个人简历,简历信息具体包括众包方的姓名、年龄、学历、兴趣工作、目前工作内容等相关信息。系统可以根据众包方的工作内容以及学历,兴趣等条件来判断众包方是否有能力完成众包任务,并把一些相对简单的,较次要的任务分配给这些新众包方,从而解决新众包方问题。

2.3 基于 Agent 的众包任务分配算法

结合上述策略,当发包方在众包平台上发布任务之后,众包方的任务推荐 Agent 根据自身的负载能力以及个人兴趣等因素决定是否接受此类任务,当确定可以接受此类任务后,竞选任务 Agent 将响应此任务的竞选。当任务分配 Agent 统计所有参与任务的众包方后,综合考虑众包方的任务负载,对不同难度、不同类型任务的完成质量及其兴趣等因素,把任务分配给能力最高,以及对此类任务感兴趣的众包方,并且对入选的众包方,将难度系数高的任务分配给技能高的众包方,简单的任务分配给技能相对低的众包方,使得综合能力高的众包方的能力得到充分利用,也防止综合能力低的众包方分配到无法完成的任务。其中如果有新众包方存在,则将部分简单任务预留给有相关工作经验、兴趣度高的新众包方。

3 实验方案及分析

3.1 实验方案

随机分配算法将所有的众包方视为无差异的,该算法将任务以轮转的方式分配给众包方。本实验使用随机分配算法作为实验的比较对象, 运用本文算法与随机分配算法实验进行仿真,选取 3 种类别 ($T,i=1,2,3$) 的 100 个任务及 3 个众包方($U,i=1,2,3$) 作为实验对象,对实验进行仿真及分析。众包方完成各类任务所需的时间以及经验值见表 1。

表 1 众包方完成任务的时间和初始经验值

Tab. 1 The time and initial experience value of the crowd-sourcing party to complete the task

T/u	U_1		U_2		U_3	
	时间	经验值	时间	经验值	时间	经验值
T_1	4.41	0.4	2.2	0.8	3.21	0.6
T_2	5.50	0.8	6.2	0.6	4.2	0.9
T_3	15.5	0.5	12.3	0.7	11.2	0.8

3.2 实验结果分析

在本实验中,从以下方面将该算法与随机任务分配算法进行对比,众包方的负载情况、众包方所获得的 3 种类别任务数量比例。众包方总的负载情况如图 2,图 3 所示。

从图 2 可以看出,使用随机分配算法负载分布不均衡, 由于众包方 U_1 执行每个任务的时间比较长,导致负载的增长速度上升很快;而如图 3 中所示,利用该算法,3 个众包方的负载在任务增加的情况下基本保持一致,达到了众包方负载均衡的目的。

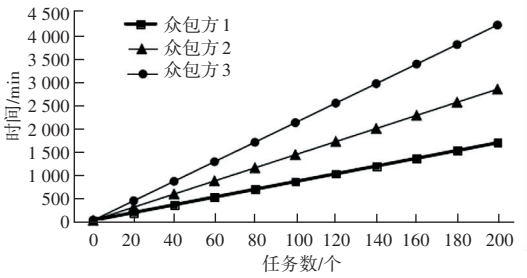

图 2　随机分配算法中众包方负载

Fig. 2　Crowd-sourced load in a random allocation algorithm

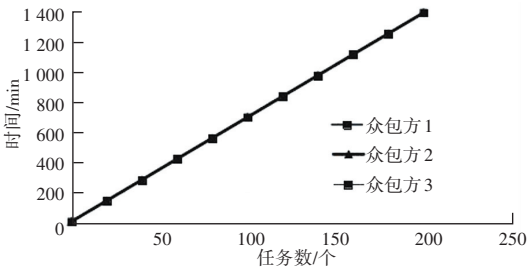

图 3　本文算法中众包方负载

Fig. 3　Crowd-sourced load in the algorithm of this paper

众包方所获得各种类任务比例如图 4、图 5 所示。使用随机分配算法时众包任务是以轮转的方式分配给众包方的，所以每名众包方分配得到的各类任务数量比例基本相同。而在本算法中，根据众包方完成此类任务的经验值来分配任务。所以众包方的经验值越高，所分配得到的此类任务数目越多。

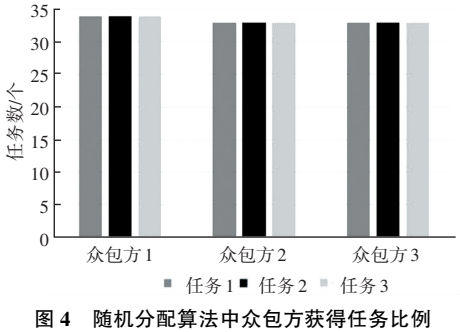

图 4　随机分配算法中众包方获得任务比例

Fig. 4　The crowdsourcing party obtains the task ratio in the random allocation algorithm

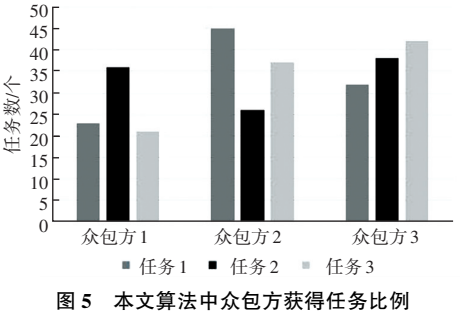

图 5　本文算法中众包方获得任务比例

Fig. 5　The crowdsourcing party obtains the task ratio in the algorithm of this paper

4　结束语

本文基于众包理论和方法，结合 Agent 技术，提出一个基于多 Agent 的众包任务分配算法。以 Agent 技术的自治性、反应性、社会性和能动性特点为目标[5]，通过任务分配 Agent 分配任务，把任务分配给能力最高，以及对此类任务感兴趣的众包方，并且对入选的众包方，将难度系数高的任务分配给技能高的众包方，简单的任务分配给技能相对低的众包方，保证众包任务合理的分配，可通过众包方的个人简历来解决新众包方的问题，保证众包任务高效、准时地完成，来提高企业复杂任务工作的效率。由于本文基于个人意愿进行任务分配，无法保证众包平台中每个众包方都能看到众包任务，这样无法保证高能力众包方能参与到任务竞选中，下一步的工作任务将采用任务主动推送和任务分配相结合的方式来完善任务分配算法，将任务主动推送给高能力的众包方。

参考文献

[1] 刘怡，张戡. 基于负载平衡和经验值的工作流任务分配策略[J]. 计算机工程，2009，35(21)：57-59.

[2] 陈君，张振明，田锡天，等.基于模糊集与 TOPSIS 的工作流任务分配方法研究[J]. 计算机应用研究，2011，28(8)：2883-2885，2945.

[3] HO C J，VAUGHAN J W. Online task assignment in crowdsourcing markets[C]//AAAI'12 Proceedings of the Twenty-Sixth AAAI Conference on Artificial Intelligence. Toronto，Ontario，Canada：ACM，2012：45-51.

[4] 朱雅杰. 众包商业模式要素模型及运行机制研究[D]. 济南：山东大学，2011.

[5] 李俊峰，方明，高慧英. 基于 Agent 的石油钻井 ERP 钻具需求计划系统研究[J]. 电脑知识与技术，2009，34(6)：456-459.