

一种社会网络服务协作决策的竞标组织方法

张 波¹, 黄震华², 李美子^{1,2}, 向 阳²

(1. 上海师范大学信息与机电工程学院, 上海 200234; 2. 同济大学电信学院, 上海 201804)

摘 要: 提出一种基于社会网络服务的协作决策竞标方法: 首先, 利用形式化语义对决策招标书内容进行表达和组织; 其次, 依据招标书对投标书进行基于能力的选择; 同时, 通过 DecTrust 计算实现竞标者的置信度评价. 最后, 提出了由邀请招标和竞标算法组成的竞标流程控制模式. 实验证明, 方法是有效且可行的.

关键词: 社会网络服务; 语义; 协作决策; 能力评估; 信任度; 竞标模式

中图分类号: TP302.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2015)04-0625-06

电子学报 URL: <http://www.ejournal.org.cn>

DOI: 10.3969/j.issn.0372-2112.2015.04.001

Bidding Organization Method for Social Network Service Collaborative Decision-Making

ZHANG Bo¹, HUANG Zhen-hua², LI Mei-zi^{1,2}, XIANG Yang²

(1. College of Information, Mechanical and Electrical Engineering, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China;

2. College of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: A bidding method for collaborative decision-making is addressed for social network service (SNS). It consists of three phases as: in first bidding content organizing phase, formal semantic is proposed to express and organize the contents of decision-making tenders from publishers; in strategy selection phase, capacity evaluation based selection scheme is presented to find optimal bidding parties. Meanwhile, a trust computation method, named DecTrust, is presented to evaluate the trustworthiness of bidding parties; finally, in bidding process controlling phase, the patterns of invited tendering and bidding negotiation are proposed. Simulation results show the methodology is feasible and effective.

Key words: social network service; semantic; collaborative decision-making; capacity evaluation; trust; bidding pattern

1 引言

社会网络服务 SNS (Social Network Service) 日臻成熟^[1]. 面对人们日益复杂的决策需求, 通过社会网络实现 SNS 协作决策是 Web 时代决策支持发展的重要方向^[2,3]. 然而协作决策作为一种社会行为^[3], 其组成成员的合理性却一直缺乏关注. 本文认为, 实施 SNS 协作决策的关键之一在于: 如何使系统自主选择有能力且可靠的协作者.

目前许多协作机制, 例如基于多 Agent 的社会体系下协作决策方法^[4], 以及基于 P2P 服务机制的协作求解研究^[5]等, 大多在成员选择方面是建立在决策后评价基础上, 而非预先审核. 为了解决有针对性地选择成员问题, 引入竞标机制已经被证明是可行的方案^[6,7]. 竞标决策的交互、竞标策略的智能化、以及异常竞标者识别

等均是研究的重点^[8~10]. 另一方面, 协作是互信基础上的集体行为, 成员选择应具备必要的信任机制. 因此, 信任计算是一种对象选择所广泛采用的一种策略^[11]. 社会网络服务信任模型主要通过交互式行为形成信任度. 这方面的研究以 EigenRep 模型^[12]为典型代表. 此外, 还有社会网络中的个体信誉影响力^[13], 间接关联信任关系^[14], 网络信任评价经验共享^[15], 上下文信任度计算^[16]等研究. 但是这些方法由于并非直接针对竞标环境所提出, 因此在计算复杂程度、主观信任度和客观信誉累积等方面不适合直接应用于协作决策的竞标需要.

针对上述问题, 本文提出了一种基于竞标模式的协作决策组织方法, 该方法分为三部分: 协作决策组织规划、竞标评价策略机制和竞标过程控制等, 分别以实现基于形式化语义的协作规划, 基于能力评价和可信机制

的竞标评价,以及基于自动谈判的竞标过程,完成 SNS 的协作决策组织。

2 协作决策竞标的组织方法

2.1 协作决策竞标中的语义表示

(1)决策招标书语义表示

招标书语义表示为:

$tend_i = (Id, Problem, Goal, Requirement)$ 其中 Id 表示唯一代码, $Problem$ 为需要解决的问题; $Goal$ 表示目标集合; $Requirement = \langle T, R \rangle$ 指明需要满足指标条件, 包括时间指标 T 和资源指标 R 。

1)时间指标 $T(g_i) = \langle time, st, ft \rangle$, 指明 g_i 允许的时间量 $time$; 最早开始时间 st , 最晚结束时间 ft 。

2)资源指标 $R(g_i) = \langle MR, BR \rangle$, MR 表示允许最大资源值, BR 表示期待的最佳资源费用值。

(2)决策服务投标书语义表示

投标书语义为: $bid = (Id, tend_Id, Problem, Pre_goal, Need)$, 其中 Id 为识别号; $tend_Id$ 为招标书识别号; $Problem$ 为拟解决的问题类别; $Pre_goal = \{g_1, g_2, \dots\}$ 为预期达到目标集合; $Need = \langle Nt(g_i), Nr(g_i) \rangle$ 为求解开销, $Nt(g_i)$ 指明 g_i 需要的时间, $Nr(g_i)$ 指明需要的资源。

2.2 决策目标的语义关系

本文给出了竞标模式中决策目标的主要关系组织方式。决策目标具有下列关系:

定义 1 目标 g_i 可分解为子目标集合 $G^s = (g_{i1}, g_{i2}, \dots, g_{in})$, 则 g_i 被实现当且仅当 G^s 中所有 g_{ij} 都被实现。记为 $G^s \cdot g_{ij} \propto g_i$ 。

定义 2 目标 g_i 具有替代目标集合 $G^t = (g_1^i, g_2^i, \dots, g_n^i)$, 则当 G^t 中任何一个目标被实现时, 目标 g_i 已经实现。记为 $G^t \cdot g_1^i \equiv g_i$ 。

不存在任何子目标的目标称为原子目标。

定义 3 目标与(或)树。满足下列条件构成一个目标与(或)树 $and-tree(or-tree)$:

1)目标 g 为根节点;

2)对于 g 的子目标集合 $G^s = (g_{i1}, g_{i2}, \dots, g_{in})$ (替代集合 $G^t = (g_1^i, g_2^i, \dots, g_n^i)$), $g_{i1}, g_{i2}, \dots, g_{in}$ 均为 g_i 的子结点 ($g_1^i, g_2^i, \dots, g_n^i$ 均为 g_i 的直接子结点); $g_{i1}, g_{i2}, \dots, g_{in}$ 为兄弟节点 ($g_1^i, g_2^i, \dots, g_n^i$ 为兄弟节点);

3)所有非叶子节点均非原子目标且是一棵目标与树;

4)所有叶子节点均为原子目标。

定义 4 目标 g 可被集合 G 实现当且仅当 g 的 $and-tree$ 中所有叶子节点均在集合 G 中, 或者可被集合 G 中的目标所替代。

3 SNS 协作决策竞标的评标策略

3.1 基于能力的服务评标策略

本文将其能力效益值分为两个方面: 预期目标 pre_goal 效益和费用条件 $need$ 效益。

(1)预期目标 pre_goal 效益评判

依据招标书目标 $goal$, 以及投标书语义 bid , 其效益判定如算法 1 所示。

算法 1 pre_goal 效益评判算法

```

get goal.or - tree // 获取树
if  $g_i \in pre\_goal \wedge g_i \equiv goal$ 
then  $u(pre\_goal)_{tree} = 1$ 
return // 算法结束
else
get goal.and - tree
if  $pre\_goal \propto goal$ 
then  $u(pre\_goal)_{tree} = 1$ 
return // 算法结束
else
for  $sub\_goal_j \in goal$  do
if  $(g_i \in pre\_goal) \wedge ((sub\_goal_j = g_i) \vee (sub\_goal_j \equiv g_i))$ 
then  $sub\_goal_j = f_j$ 
 $u(pre\_goal)_{tree} = \sum w_{f_j} //$  计算最终效益

```

同时, 本文引入影响因子对评判结果进行调节。假设 $goal$ 中含 n_1 个目标, pre_goal 中有 m_1 个目标在树评过程中实现招标书目标 $goal$, 则预期目标效益函数为:

$$u(pre_goal) = \begin{cases} u(pre_goal)_{tree} \times \left(\frac{m_1}{n_1}\right)^{1-\frac{1}{m_1}} & m_1 \geq 2 \\ u(pre_goal)_{tree} \times \frac{1}{n_1} & m_1 = 1 \end{cases} \quad (1)$$

(2)费用条件 $need$ 效益评判

1)时间效益评判: 判断时间费用的效益值, 计算如下:

$$u(bid, need, time) = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} (T(g_i).time - Nt(g_i).time)}{\sum_{i=1}^{n_2} T(g_i).time} - over(bid, need, time) \quad (2)$$

n_2 为目标 g_i 的个数; $over(bid, need, time)$ 为时间响应限制溢出值, 计算方式如下:

$$over(bid, need, time) = \frac{1}{n_2} \times \sum_{i=1}^{n_2} \frac{(Nt(g_i).st - T(g_i).st)^\eta + (Nt(g_i).ft - T(g_i).ft)^\eta}{T(g_i).time} \quad (3)$$

$\eta \in [0, 1]$ 为预设指数(下同), 用于调节和控制投标书

中可能出现的预期响应的延迟效应。

2)资源效益评判:判断规定资源开销中投标书所需要花费的值效益情况,计算函数为:

$$u(\text{bid}, \text{need}, R) = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} (R(g_i) \cdot MR - Nr(g_i))}{\sum_{i=1}^{n_2} R(g_i) \cdot MR} - \text{best}(\text{bid}, \text{need}, R) \quad (4)$$

其中 n_2 为招标书中目标 g_i 的个数; $\text{best}(\text{bid}, \text{need}, R)$ 为最佳资源匹配率,计算方式如下:

$$\text{best}(\text{bid}, \text{need}, \text{time}) = \frac{1}{n_2} \times \sum_{i=1}^{n_2} \frac{(Nr(g_i) - R(g_i) \cdot BR)^\eta}{R(g_i) \cdot BR} \quad (5)$$

3.2 基于 DecTrust 的服务评标策略

本文引入信任与信誉度计算方式形成 DecTrust 信任计算模型,使决策竞标建立信任基础上。

(1)DecTrust 的主观信任度计算

DecTrust 信任度分为两类:决策端-决策端信任度 ST ;决策端-决策服务信任度 MT 。

决策端信任度:设决策端 B 与 A 合作的前 n_4 次中, A 对 B 做出的评价值为 $value^A(B)_i \in [0, 1]$;同时, B 共以 m_4 个社区身份与 A 交互.那么截止第 $n_4 + 1$ 次前, A 对 B 的信任度 $PT_{n_4+1}^A(B)$ 计算如下:

$$PT_{n_4+1}^A(B) = \begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^{n_4} value^A(B)_i}{n_4} \times \left(\frac{m_4}{|C_B|} \right)^{\frac{1}{m_4}}, & n_4 \neq 0 \\ 0, & n_4 = 0 \end{cases} \quad (6)$$

其中 $|C_B|$ 指 B 所属于的社区 C_1, C_2, \dots 的总体数量。

决策服务信任度是决策端对某一特定决策服务的信任态度.假设决策端 B 所提供的决策服务 a 为决策端 A 提供过 n_5 次决策求解,每次决策求解后获得的评价值为 $value(a)_i$,则在第 $n_5 + 1$ 次时, A 对该决策服务的信任度 $ST_{n_5+1}^A(a)$ 计算方式如下:

$$ST_{n_5+1}^A(a) = \begin{cases} \min \left[\frac{\sum_{i=1}^{n_5} value(a)_i}{n_5} + 0.1 \times (PT_{n_5+1}^A(B))^{n_5}, 1 \right], & n_5 \neq 0 \\ PT_{n_5+1}^A(B), & n_5 = 0 \end{cases} \quad (7)$$

(2)DecTrust 的客观信誉度计算

1)信誉度计算:假设决策服务端 $A \in \bigcup_{i=1}^{n_6} C_i$, 其中 C_1, C_2, C_3, \dots 表示不同社区.对于 A 而言,它曾经获得过

g 次来自区域 $V_1 \cup V_2 \cup \dots$ 中其它 D_j 的评价 $value^{D_j}(A)$, 那么该个体 A 的信誉度可以计算为:

$$R(A) = \frac{1}{g} \times \left(\sum_{D_j \in X} [value^{D_j}(A)^{\frac{1}{|X|}} \times w(D_j)] + \sum_{D_j \in Y} [value^{D_j}(A)^{\frac{1}{|Y|}} \times w(D_j)] \right) \quad (8)$$

式(8)中, $X = C \cap V, Y = V - C$; $|X|$ 表示满足 $C \cap V$ 条件社区的数量, $|Y|$ 表示满足 $V - C$ 社区的数量; $w(D_j)$ 表示 D_j 的影响因子,它的计算方式为:

$$w(D_j) = \frac{R(D_j)}{|\max R(z)|} \times \left(\frac{m_7}{n_7} \right)^{\frac{1}{m_7}} \quad (9)$$

其中 $z \in \{D | PT^A(D) \neq 0\}$, n_7 表示 A 曾进行过的所有评价总次数, m_7 表示 D_j 对 A 曾做出的评价总次数。

2)信誉度积累:提供信誉度更新的过渡阶段,防止恶意行为欺骗获得高信誉度。

信誉评价时限:单位时间段 Θ 中,信誉评价次数不能超过规定次数上限.假设规定评价上限为 n_8 ;决策端 A 获得 D_j 的评价 $value^{D_j}(A)_k$ 共 m_8 次.则 A 在时段 Θ 内获得 D_j 的有效评价 $time_R^{D_j}(A)^\Theta$ 计算为:

$$time_R^{D_j}(A)^\Theta = \frac{w(D_j)}{m_8} \times \left(\sum_{k=1}^{n_8} value^{D_j}(A)_k + \sum_{k=n_8+1}^{m_8} (value^{D_j}(A)_k)^{\frac{k}{n_8}} \right) \quad (10)$$

信誉评价缓冲:缓冲时段 Θ 中的信誉值记为临时值 $temp_R$,可随时撤销.设在时段 Θ 内 A 于时刻 ω 获得 D_j 的信誉评价 $R^{D_j}(A)$,则时刻 ω 时 A 的临时信誉值 $temp_R^{D_j}(A)^\Theta$ 为:

$$temp_R^{D_j}(A)^\Delta = R^{D_j}(A) \times \left| \frac{\omega}{\Theta} \right| \quad (11)$$

其中 $|\omega|$ 表示时段 Θ 内时刻 ω 的长度, $|\Theta|$ 表示时段 Θ 的总长。

综合可知,在时刻 $T + \omega$ 时,信誉度 $R(A)^{T+\omega}$ 为:

$$R(A)^{T+\omega} = R(A)^T + \sum_{D_j} temp_R^{D_j}(time_R^{D_j}(A)^\omega)^\omega \quad (12)$$

(3)DecTrust 中的推荐信任度计算

DecTrust 中的推荐信任度计算包括推荐信任度、信誉符合度测度以及可选择度。

1)推荐信任度:即经由推荐者推荐,招标者与被推荐者之间的间接可信态度.假设决策端 B 向 A 推荐 C 的服务 a ,则决策端 A 对服务 a 的推荐信任度 $rec_ST^A(a)$ 为:

$$rec_ST^A(a) = \frac{1}{3} \{ [PT^A(B) \times R(B)] + [PT^B(C) \times R(C)]^2 + [ST^B(a)] \} \quad (13)$$

2)信誉符合度测度:即推荐信任度与其信誉之间

的相符度.假设 ϑ 为被推荐者,其推荐信任值集合为:
 $\mathbb{S}_{\vartheta} = \{rec_ST^1(\vartheta)_1, rec_ST^2(\vartheta)_2, \dots, rec_ST^h(\vartheta)_h\}$;
 ϑ 信誉度集合为 $R_{\vartheta} = \{R(\vartheta)_1, R(\vartheta)_2, \dots, R(\vartheta)_h\}$, 则
 符合度测度计算为:

$$match(\mathbb{S}_{\vartheta}, R_{\vartheta}) = \frac{\sum_{k=1}^h rec_ST^{\xi_k}(\vartheta)_k \cdot R(\vartheta)_k}{\sqrt{\sum_{k=1}^h (rec_ST^{\xi_k}(\vartheta)_k)^2} \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^h (R(\vartheta)_k)^2}} \quad (14)$$

$\xi_k, k=1, \dots, h$ 为推荐者.

3)推荐可选择度计算:即被推荐者是否应被选择的程度.假设被推荐决策端 ϑ 有 n_9 个推荐者 ξ_k ;被 ϑ 曾经被接受 m_9 次而被拒绝 m_{10} 次,那么其获得的可选择度 $selected(\vartheta)$ 可计算为:

$$selected(\vartheta) = \frac{\sum_{k=1}^{n_9} (rec_ST^{\xi_k}(\vartheta) \times w(\xi_k))}{n_9} \times match(\mathbb{S}_k^T, R_k^T) \times R(\vartheta)^{\frac{m_{10}}{m_9}} \quad (15)$$

4 协作决策竞标过程控制

4.1 SNS 邀请招标模式

首先定义决策端交互列表 $local_D$,用以记录决策端交互历史信息.本文提出的招标发布以“社交关系”为基础,通过社会信任关系为邀请选择条件,并允许接收者利用选择可信的第三方转发招标扩大招标范围.该模式算法如算法 2 所示.

算法 2 基于 SNS 的邀请招标算法

```

 $\Gamma = \emptyset, \Delta = \emptyset$  //候选集  $\Gamma$ 、竞标集  $\Delta$  为空
for  $B_i \in local\_A$  do
  if  $\frac{PT_n^A(B_i) + R(B_i)}{2} > \delta$  //阈值  $\delta \in [0, 1]$ 
  then  $\Gamma \leftarrow \Gamma \cup \{B_i\}$  and send( $B_i, tend$ )
  //发送标书邀请
for  $B_i \in \Gamma$  do
  if accept  $tend_i$ 
  then send( $tend_j, Id, A$ ) //接受邀请
   $\Delta \leftarrow \Delta \cup \{B_i\}$ 
  else return //放弃竞标
for  $B_i \in \Gamma$  do
  for  $D_k \in local\_B_i$  do
    if  $D_k \notin \Gamma \wedge ST_n^B(D_k, a_i) > \mu$  ///阈值  $\mu \in [0, 1]$ 
    then send( $tend, D_k$ ) //推荐招标
for  $D_k$  do
  if accept  $tend_i$ 
  then send( $tend_j, Id, A$ ) //接受招标
   $\Delta \leftarrow \Delta \cup \{D_k\}$ 
  else return //放弃竞标
```

4.2 竞标过程控制算法

首先给出竞标评判计算方法:

(1)竞标端投标书的综合评判值:

$$e^{E_k}(bid_i) = u^{E_k}(bid_i, pre_goal) \oplus u(bid_i, need) \quad (16)$$

(2)竞标端信任度:

$$belief_trust^{E_k}(D_i) = \begin{cases} \sqrt{(PT^{E_k}(D_i))^2 + (ST^{E_k}(D_i, a_j))^2 + (R(D_i))^2} & E_k \text{ 与 } D_i \text{ 直接信任} \\ \sqrt{(selected(D_i))^2 + (rec_ST^{E_k}(D_i))^2} & \text{除此之外} \end{cases} \quad (17)$$

竞标控制分为两个阶段:评标和议标,其算法如算法 3 所示.阈值参数 $\rho \in [0, 1]$.

算法 3 基于 SNS 的评标算法

Phase1: 评标

```

for  $tend_j$  do
  for  $tend_j, bid_i$  do
     $\Omega_j \leftarrow \Omega_j \cup \{tend_j, bid_i\}$  //形成标书集  $\Omega_j$ 
  while  $|\Omega_j| > 2$  do
    min =  $e^{E_k}(bid_1)$ 
    for  $tend_j, bid_i \in \Omega_j$  do
      if  $e^{E_k}(bid_i) < \min$ 
      then min =  $e^{E_k}(bid_i)$ 
    reject  $bid_i \wedge (e^{E_k}(bid_i) = \min)$ 
    //拒绝最小综合评判者
     $|\Omega_j| \leftarrow |\Omega_j| - 1$ 
  Phase2 //进入议标阶段
  while modify  $tend_j, bid_i \in \Omega_j$ 
  phase2 //进入议标阶段
     $eva(D_i) = evaluation^{E_k}(bid_i) + belief\_trust^{E_k}(D_i)$ 
  if  $|eva(D_i) - eva(D_j)| < \rho$  // 阈值  $\rho \in [0, 1]$ 
  then select max max( $eva(bid_i)$ )
  else select max( $belief\_trust^{E_k}(D_i)$ )
  return  $D_i$ 
```

Phase 2: 议标

```

for  $bid_i$  do
  send( $evaluation(bid_i), D_i$ )
  send( $tend, Requirement, D_i$ )
for  $D_i$  do
  if modify  $bid_i$ 
  then send( $bid_i, Need, A$ )
  else reject //拒绝修改标书
return phase1 //返回评标阶段
```

5 实验与分析

本实验随机生成了社会决策服务网络,共 242 个服务端,418 个服务;服务端关系平均出度为 7;服务端随机部署于 5 个社区.竞标模式中阈值 δ, μ 和 ρ 分别取 0.4, 0.6 和 0.2.

5.1 能力评价策略有效性仿真分析

为了能够对整个能力评价策略进行验证,共设计

了 4 组对比实验:Group1 中采用选择能够实现决策目标数量最多的投标者;Group2 采用时间指标中所需时间最短的投标者;Group3 选择资源评价指标中要求资源最少的投标者;Group4 选择本文所提出的能力评价策略方法挑选最优者.同时在实验中分别设定了无恶意和 40% 恶意投标者.记录了每次选择后的所得到的平均准确率,如下图 1 所示.显然,本文方法效果较好.

5.2 DecTrust 信任度计算仿真

实验中决策服务分为:诚实 PD 类、恶意竞标 BD 类和恶意评价 ED 类.首先对信任度计算综合有效性进行验证.设置了四组对比实验:EigenRep 方法(ER)、平均

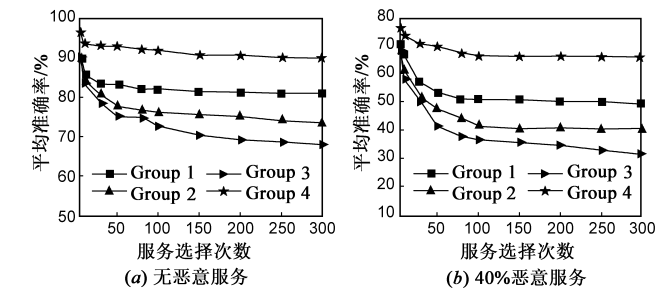


图1 能力评价实验效果

5.3 协作决策竞标仿真

首先进行竞标准确率验证.实验设置 3 组对比:Group5 中,竞标选择标准为实现能力最高值的投标端;Group6 中,竞标选择标准为选择可信度最高的投标端;Group7 中,竞标标准为通过算法 5 进行选择.假设遴选的评标组中分别包含无 ED 类和 20% ED 类决策端.如图 3 所示,随着 BD 类服务增加,各类竞标准确率均有所下降,但本文竞标方法的准确率均为最高.

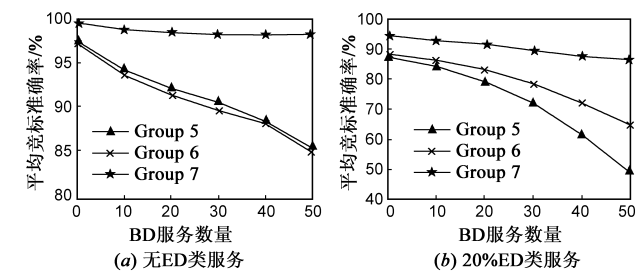


图3 竞标准确率实验

6 结束语

决策竞标是决策需求者有效地挑选协作参与者的有效方案.本文以社会网络服务为载体,将协作决策的竞标模式分为三个组成:通过为竞标模式中招标书和投标书定义形式化语义表示,使计算机具备自动进行处理的能力;采用可信任度和能力效益评价方式确定中标选择策略;最后以能力和信任为标准实现包括邀请招标、评标和议标等在内的竞标过程控制.在下一步

信任法(AJ)、加权平均法(WA)和本文所提出的方法(DT).由图 2(a)可见,随着 BD 类决策服务增加,平均认可中标准准确率逐步降低,平均认可中标准准确率为约 75.1%,较之其他方法有一定提高.其次进行 DecTrust 推荐效果验证.本次实验中,仅对其主观信任度 ST 最高的前 4 位决策服务发出招标书,并允许向第三方推荐招标.从图 2(b)中可看出,ED 类决策服务固定为 45 个的前提下逐步增加 BD 类决策服务数量,较之最佳结果,DecTrust 方法中被发布服务认可的受推荐决策服务平均推荐准确率呈降低趋势.最大 BD 类决策服务数量情况下,平均推荐准确率为 71.8%.

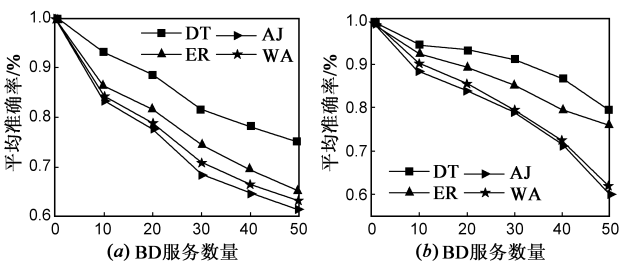


图2 DecTrust信任度计算仿真

接着,验证协作决策效果.设置了 200 次决策任务求解.协作决策分为三组:Group8 采用先响应先选择策略;Group9 采用交互次数最多者入选策略;Group10 采用本文的竞标模式选择出参与者.图 4(a)和(b)中分别给出了无 BD 服务和 15% BD 服务情况下决策效果评估值的平均值.可以看出 Group13 选择准确率较高,能够确保任务求解质量并得到较高的效果评价.

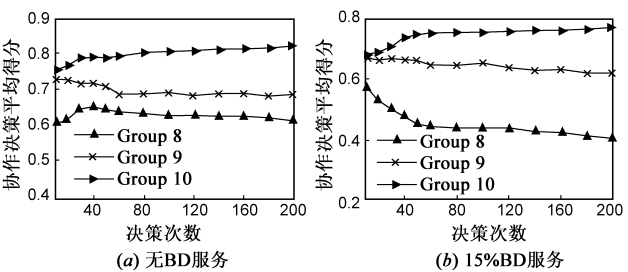


图4 协作决策竞标模式效果分析

的工作中,我们将深入研究网络节点中竞标者的全局信任度存储、进化等问题,并且后续研究协作决策的过程规划与实施方法.

参考文献

[1] Burt R S, Kilduff M, Tasselli S. Social network analysis: Foundations and frontiers on advantage[J]. Annual Review of Psychology, 2013, 64: 527 - 547.
[2] Sun A. Enabling collaborative decision-making in watershed

- management using cloud-computing services[J]. Environmental Modelling & Software, 2013, 41: 93 – 97.
- [3] ERM C. Decision support systems: a summary, problems and future trends[J]. Decision Support Systems, 1988, 4(4): 355 – 363.
- [4] Indiramma M, Anandakumar K R. Collaborative decision making framework for multi-agent system[A]. International Conference on Computer and Communication Engineering[C]. USA: IEEE, 2008. 1140 – 1146.
- [5] Goel Sanjay, Talya Shashishekara S, Sobolewski Michael. Service-based P2P overlay network for collaborative problem solving[J]. Decision Support Systems, 2007, 43(2): 547 – 568.
- [6] Chen Chao, Wang Ru-Chuan, Zhang Lin, Deng Yong. A kind of trust appraisal model based on bids in grid[J]. Journal of Nan Jing University of Posts and Telecommunications(Natural Science), 2009, 29(5): 59 – 64.
- [7] 王刚, 桂小林. 社会网络中交易节点的选取及其信任关系计算方法[J]. 计算机学报, 2013, 36(2): 368 – 383.
Wang Gang, Gui Xiaolin. Selecting and trust computing for transaction nodes in online social networks[J]. Chinese Journal of Computers, 2013, 36(2): 368 – 383. (in Chinese)
- [8] Sikora Riyaz T, Sachdev Vishal. Learning bidding strategies with autonomous agents in environments with unstable equilibrium[J]. Decision Support Systems, 2008, 46(1): 101 – 114.
- [9] Conti P L, Naldi M. Detection of anomalous bids in procurement auctions[J]. Decision Support Systems, 2008, 46(1): 420 – 428.
- [10] Jennings NR, Faratin P, Wooldridge M. Automated negotiation: prospects, methods and challenges[J]. Int’l Journal of Group Decision and Negotiation, 2001, 10(2): 199 – 215.
- [11] Golbeck J. Weaving a web of trust[J]. Science, 2008, 321(5896): 1640 – 1641.
- [12] Kamvar SD, Schlosser MT. EigenRep: Reputation management in P2P networks[A]. The 12th Int’l World Wide Web Conference[C]. Budapest: ACM Press, 2003. 123 – 134.
- [13] Neelima A, Singh H R, Singh L S, et al. Inferring trust in Web-based social network using social impact theory[J]. International Journal of Engineering, 2013, 2(7): 1573 – 1578.
- [14] Jennifer G, James H. Inferring binary trust relationships in Web based social networks[J]. ACM Transactions on Internet Technology, 2006, 6(4): 497 – 529.
- [15] Young Ae Kim, Rasik Phalak. A trust prediction framework in rating-based experience sharing social networks without a Web of trust[J]. Information Sciences, 2012, 191: 128 – 145.
- [16] 乔秀全, 杨春, 李晓峰, 陈俊亮. 社交网络服务中一种基于用户上下文的信任度计算方法[J]. 计算机学报, 2011, 34(12): 2403 – 2415.
Qiao Xiuquan, Yang Chun, Li Xiaofeng, Chen Junliang. A trust computing algorithm based on social networking service user’s context[J]. Chinese Journal of Computers, 2011, 34(12): 2403 – 2415. (in Chinese)

作者简介



张 波 男, 1978 年生于江苏常州. 上海师范大学信息与机电工程学院副教授. 研究方向为社会网络、智能决策.

E-mail: zhangbo@shnu.edu.cn

黄震华 男, 1980 年生于福建泉州. 同济大学电信学院计算机系副教授. 研究方向为智能信息系统、服务计算等.