



(12) 发明专利申请

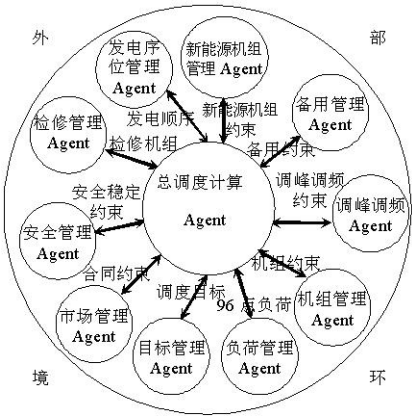
(10) 申请公布号 CN 102622269 A
(43) 申请公布日 2012. 08. 01

(21) 申请号 201210068502. 9
(22) 申请日 2012. 03. 15
(71) 申请人 广西大学
地址 530004 广西壮族自治区南宁市大学路
100 号
(72) 发明人 兰飞 黎静华 徐辉 杨涛
赵国辉 杨晓雨
(74) 专利代理机构 广西南宁汇博专利代理有限公司 45114
代理人 邓晓安
(51) Int. Cl.
G06F 9/46 (2006. 01)

权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图 3 页

(54) 发明名称
基于 JADE 的智能电网发电调度多 Agent 系统
(57) 摘要

本发明公开了基于 JADE 开发平台下设计智能电网下节能发电调度多 Agent 智能系统,包括总调度计算 Agent,调峰调频 Agent、发电序位管理 Agent、市场管理 Agent、目标管理 Agent、机组管理 Agent、安全管理 Agent、检修管理 Agent、备用管理 Agent、负荷管理 Agent 和新能源机组管理 Agent;在每一个 Agent 设有初始化模块、行为模块、执行模块、信息储存模块和通信模块;行为模块是使用 Matlab 里的函数设计 Agent 推理计算部分的模块;该智能电网下节能发电调度多 Agent 智能体系结构具有更强的智能化、自适应性、自决策性、快速性等。



1. 一种基于 JADE 的智能电网发电调度多 Agent 系统,其特征在于:

(1) 该系统包括:总调度计算 Agent,以及各自独立与总调度计算 Agent 相链接的调峰调频 Agent、发电序位管理 Agent、市场管理 Agent、目标管理 Agent、机组管理 Agent、安全管理 Agent、检修管理 Agent、备用管理 Agent、负荷管理 Agent 和新能源机组管理 Agent;

(2) 每一个 Agent 均设有初始化模块、行为模块、执行模块、信息储存模块和通信模块;

(3) 所述行为模块中含有 Action() 函数,Action() 存放包括使用 Matlab 的函数设计推理机行为的逻辑,存储所执行行为的内容;

(4) Agent 之间相互协调、交互内容的方式包括:

①采用 TOMCAT Java 的 web 服务器提供的 jsp//servlet 容量,并利用 java 语言处理 http 请求,提供 Web Service 服务,进行数据信息的交互;

②采用发布/订阅方式实现相互间信息的传递,实现 Agent 间的相互协调、协商。

2. 根据权利要求 1 所述的基于 JADE 的智能电网发电调度多 Agent 系统,其特征在于,所述的执行模块设计步骤为:首先根据各 Agent 的功能,采用 Matlab 设计实现其推理计算功能的程序,而后用 Matlab compile JA 将 Matlab 设计的程序编译成 java 包,在 java 开发环境内引入该 java 包,Agent 即可直接调用快速实现复杂的推理计算功能。

3. 根据权利要求 1 所述的基于 JADE 的智能电网发电调度多 Agent 系统,其特征在于,所述的采用 TOMCAT Java 的 web 服务器提供的 jsp//servlet 容量,并利用 java 语言处理 http 请求,提供 Web Service 服务,进行数据信息的交互的步骤是:

(1) 当外部信息变化时,相应的 Agent 将产生一个“POST message”;

(2) Servlet 服务器处理这一“POST message”,并触发“SendMessage”事件;

(3) 该“SendMessage”事件创建一个新的“BlackBoard”对象作为“GatewayAgent”和“servlet”的信息通道;

(4) GatewayAgent 根据“BlackBoard”的内容,将消息的内容及接收者提取出来,假设 PongAgent 为接收者;

(5) PongAgent 接收到 GatewayAgent 信息后,对 GatewayAgent 作出回复;

(6) GatewayAgent 接到回复后,通过 BlackBoard 将该答复返回 Servlet;

(7) Servlet 将该信息输出外部界面。

4. 根据权利要求 1 所述的基于 JADE 的智能电网发电调度多 Agent 系统,其特征在于,所述的采用发布/订阅方式实现相互间信息的传递,实现 Agent 间的相互协调、协商的方式包括以下两种方式:

第一种为:

(1) 在 JADE 环境中,每个 Agent 都有一个 ID,用一个 Agent ID 号来标识;

(2) 在 JADE 环境中,当一个 Agent 发送信息时,信息中有接收者的指定 Agent ID 号,消息传输总线根据 Agent ID 号将消息转发到对应 Agent;

第二种为:

(1) Agent 向 JADE 发布某一主题信息;

(2) JADE 向其他 Agent 广播该信息;

(3) 对该主题感兴趣的 Agent 向 TopicManageService 订阅,订阅的情况由 TopicManageService 管理;

(4) TopicManageService 将该主题信息发送给所有订阅的 Agent。

5. 根据权利要求 1 所述的基于 JADE 的智能电网发电调度多 Agent 系统,其特征在于,所述的总调度计算 Agent 事先订阅了所有与其相链接的 Agent 所发布的主题信息,总调度计算 Agent 在收到主题信息后会与上一次收到相应的主题信息里的数据进行对比,如果主题信息数据有变化,总调度计算 Agent 则重新计算各类机组的最优出力方案,并将新的最优出力方案发布给有需要的 Agent。

基于 JADE 的智能电网发电调度多 Agent 系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于 JADE 开发平台的智能电网发电调度多 Agent（智能体）智能调度系统。

背景技术

[0002] 智能电网的发展方向是建设具有灵活、清洁、安全、经济和友好等性能的电网，节能发电智能调度是实现智能电网关键的一环。与传统的调度系统相比，智能调度具有“多目标”、“可控制”、“自适应”、“自处理”、“自决策”和“快速性”等特征。所谓“多目标”是指系统能协调“安全”、“经济”、“节能”和“环保”等多目标，可根据不同的任务状态制定不同的目标函数，最终达到总体最优的运行状态，即“多目标趋优”。“可监控”指可监测及控制设备的运行状态，出力情况及电网的潮流分布。“自适应”指可根据系统运行方式及实际情况设置运行参数，或充分利用风能及水情预测确立相应的约束。智能电网下，广而多的分布式发电的接入，随时都会导致系统功率失衡，因此应在调度过程中加以考虑和应用其预测结果，确立相应的备用及出力等约束，从而提高系统运行的经济性和可靠性。“自处理”系统能自动处理目标函数及约束的变化，并采用合理的算法解算出满足安全、经济、环保及节能的调度计划，指导系统运行。“快速性”主要指系统具有较强的负荷跟踪能力，能快速响应负荷的波动。此外，要有足够的旋转备用，以弥补负荷的突然变化和难以预计的发电机组开断所引起的功率失衡。大规模风电并网后，风电的随机波动与负荷的波动叠加在一起，使系统面临的不确定因素更大，因此需要配置更多的旋转备用。而备用配置过多会增加运行成本，过少则会增加运行风险，因此风电场的日前调度问题应着重考虑充分利用电网备用。

[0003] 可见，传统的人工协调调度方式不可能满足智能电网下调度的要求。市场上急需一种具有更高的“可控制”、“自适应”、“自处理”、“自决策”和“快速性”等特征性能的智能电网发电调度系统。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于针对现有技术即传统面向对象编程的节能调度系统缺乏自主性、快速性和智能性等不足，提供了一种智能化、自决策、快速性等性能更高的基于 JADE 开发平台的智能电网发电调度多 Agent 系统。

[0005] 为了实现上述目的，本发明采用了以下技术方案：基于 JADE 的智能电网发电调度多 Agent 系统，该系统是在基于 JADE 开发平台下设计智能电网下节能发电调度多 Agent 智能系统：

(1) 该系统包括：总调度计算 Agent，以及各自独立与总调度计算 Agent 相链接的调峰调频 Agent、发电序位管理 Agent、市场管理 Agent、目标管理 Agent、机组管理 Agent、安全管理 Agent、检修管理 Agent、备用管理 Agent、负荷管理 Agent 和新能源机组管理 Agent；

(2) 每一个 Agent 均设有负责添加和更新行为的初始化模块、描述 Agent 所能完成功能的行为模块、负责激活行为模块中推理机行为的执行模块、信息储存模块（各 Agent 之间传

递信息的模块,定义了收信人、发件人、发信息的目标、消息内容、传递的语言)和通信模块(负责消息的匹配、以及存储消息传递应遵循的规约);

初始化模块:用来添加每个 Agent 的行为,在 Agent 启动的时候执行,对 Agent 进行初始化,决定每个 Agent 应具有的行为;即用来重载 Agent 类,就是说将 Agent 的属性、方法等等重载;采用 Setup() 函数实现 Agent 的初始化,Setup() 方法是任何应用程序定义的 Agent 活动的起始点;当执行了 Setup() 方法,Agent 被注册到 Agent 管理系统。其步骤可包括:

- 1) 修改注册到 Agent 管理系统上的数据;
- 2) 设置 Agent 的描述以及它所提供的服务;
- 3) 采用 AddBehaviour() 方法把任务添加到已经就绪的任务队列中。

[0006] **行为模块:**行为模块继承 Behaviour 类,用 Behaviour 类作为模板,重载里面两个函数 Done() 和 Action();Done() 里面存放是否执行任务的逻辑,返回是否执行 Action() 的指令;Action() 存放包括推理机行为的逻辑,存储所执行行为的内容;Agent 首先查询 Done() 是否执行,如果执行,激活 Action(), 否则移除该行为。

[0007] **执行模块:**执行上述行为模块类里面的 Action() 函数,激活推理机。

[0008] **信息存储模块:**由 JADE 的 MessageTransportPlatform 管理,存储消息队列;存储 Agent 间通信的消息,每个 Agent 从 ACLMessage 模板里面创建消息,填上接收者(或者接收主题)后通过 Send() 函数将消息发送出去;JADE 的 MTP (MessageTransportPlatform) 接收每一个消息,将其放在队列里面,等待相应 Agent 读取消息。

[0009] **通信模块:**利用 ACLMessage 定义消息,Send() 发送消息,Recieve() 接受消息;每个 Agent 通过 Send() 发送消息,相当于电子邮件;MTP 接收发过来的信息(电子邮件),将其加在消息队列后面排队;每个 Agent 通过 Recieve() 就会收到相应的消息(电子邮件),Recieve() 函数有个参数 MessageTemplate,用来过滤消息的模板,可以过滤出符合相应规则的消息;Recieve() 函数检查在消息队列里面是否有符合 MessageTemplate 条件的消息,如果有,接收并返回,否则拒绝该消息。

[0010] (3)所述的行为模块是使用具有强大计算能力的 Matlab 里的函数设计 Agent 推理计算部分的模块;

(4) Agent 之间相互协调、交互内容的方式包括:

①采用 TOMCAT Java 的 web 服务器提供的 jsp//servlet 容量,并利用 java 语言处理 http 请求,提供 Web Service 服务,进行数据信息的交互;

②采用发布 / 订阅方式实现相互间信息的传递,实现 Agent 间的相互协调、协商。

[0011] 所述的 Agent 执行模块设计步骤为:首先根据各 Agent 的功能,采用 Matlab 程序实现其推理计算功能,而后用 Matlab compile JA 将 Matlab 程序编译成 java 包,在 java 开发环境内引入该 java 包,Agent 即可直接调用快速实现复杂的推理计算功能。

[0012] 各主要功能 Agent 的推理机设计:

(1) 调峰调频 Agent

节能发电调度环境下,制定机组发电计划时,应充分体现机组的调峰调频能力。该 Agent 负责确定参与调峰、调频、调压和备用的机组。其制定规则为:

规则 1:有调节能力水电厂应充分发挥其调峰、调频作用,按预先制定的水库水位控制

计划安排发电负荷；

规则 2：天然气、煤气化发电机组按照气源情况和系统负荷特性参与电力系统调峰运行；

规则 3：电力调度机构应积极开展流域水电优化调度和水火联合优化调度，提高水资源利用率，并充分发挥水电的调峰、调频作用；

规则 4：电网调峰任务原则上由抽水蓄能、有调节能力的水电机组、燃气、燃油机组承担，必要时火电机组应进行深度调峰或启停调峰；

规则 5：抽水蓄能机组根据电网调峰调频的需要安排发电和抽水；

规则 6：天然气、煤气化发电机组按照气源情况和系统负荷特性参与电力系统调峰运行。

[0013] 该 Agent 按照上述规则，确定在各时段的必开机组，从而满足电网调峰调频的需要。

[0014] (2) 发电序位管理 Agent

根据机组的安全、环保及经济等指标，制定机组的发电序位，以体现节能降耗。按照节能发电调度的要求，可在其推理器设置如下排序规则：

规则 1：对不同类型发电机组，调度优先顺序为：

- a) 无调节能力的风能、太阳能、海洋能、水能等可再生能源发电机组；
- b) 有调节能力的水能、生物质能、地热能等可再生能源发电机组和满足环保要求的垃圾发电机组；
- c) 核能发电机组；
- d) 按“以热定电”方式运行的燃煤热电联产机组，余热、余气、余压、洗中煤和煤层气等资源综合利用发电机组；
- e) 天然气、煤气化发电机组；
- f) 其他燃煤发电机组，包括未带热负荷的热电联产机组；
- g) 燃油发电机组。

[0015] 规则 2：对于同类发电机组，考虑安全、环保及经济等综合性指标，其主要涉及可靠性指标(R)，经济性指标(E)，环保指标(D)和热电比(H)等，分别赋予权值 $\alpha_R, \alpha_E, \alpha_D$ 和 α_H ，于是按如下式子计算其排序指标，按指标从大到小进行排序。

$$[0016] \quad I = \alpha_R \times R + \alpha_E \times E + \alpha_D \times D + \alpha_H \times H \quad (1)$$

其中 $\alpha_R + \alpha_E + \alpha_D + \alpha_H = 1$ ，可以由调度人员根据实际运行进行设置。

[0017] 各指标的确定规则如下：

- a) 可靠性指标为发电机组的安全可靠运行的概率，由调度人员根据实际需要设定。

[0018] b) 经济性指标按照单位出力消耗一次能源水平来确定，如火电机组则用单位出力耗煤量表示，燃油机组则用单位出力耗油量表示，水电机组则用单位出力耗水量表示，依此类推。

[0019] 假设机组运行的经济性与出力的函数关系为 $E(P)$ ，则经济性指标的计算公式为：

$$E = \frac{E(P_{\max})}{P_{\max}} \quad (2)$$

c) 环保性指标采用单位出力排放有害气体总量来表示,假设机组运行时的某种气体排放量与出力的关系为 $D_i(P)$,则环保性指标的计算公式为:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n D_i(P_{\max})}{P_{\max}} \quad (3)$$

d) 热电比指标采用单位出力转换热量表示,即转换效率。假设机组热电转换的函数关系为 $H(P)$,则热电比指标的计算公式为:

$$H = \frac{H(P_{\max})}{P_{\max}} \quad (4)$$

式(2)、(3)和(4)中, P 和 P_{\max} 分别为机组的出力和最大出力限制。

[0020] (3) 市场管理 Agent

该 Agent 充分考虑电力市场的因素,使节能调度方案与电力市场平滑衔接和过度。在制定发电计划过程中应体现“三公”调度原则,跨区跨省的购销合同,阻塞管理及企业的利益调整和补偿等电力市场因素,如调峰、调频及备用的经济补偿。

[0021] 该 Agent 主要负责计算机组的合同完成率,省际间或区域间的交易合同,提供该机组当日出力的上下限 P_{\min} 和 P_{\max} ,从而为制定发电计划提供依据。其计算规则为,假设某外资发电机组购电合同总量为 P_g ,从合同生效之日至今累计发电量为 P_x ,现距合同结束时间为 T ,则该机组当日发电的上下限可按如下式子确定:

$$P_{\min} = \frac{P_g - P_x}{T} \quad (5)$$

P_{\max} 设为机组出力的上限。

[0022] (4) 目标管理 Agent

与传统的调度目标相比,智能调度的目标不仅仅考虑经济性,其目标应综合协调考虑经济性、节能环保性,安全性和可靠性。具体有如下几种形式:

- 1) 运行费用最小;
- 2) 购电成本最小;
- 3) 反映资源配置效率的社会总收益最大;

该 Agent 通过其任务管理器确定目标函数的形式,并将其交给总调度计算 Agent。

[0023] (5) 机组管理 Agent

该 Agent 通过可利用资源的情况,确定机组出力的上下限。

[0024] 确定规则为:

- 1) 除水能外的可再生能源机组按发电企业申报的出力过程曲线安排发电负荷;
- 2) 无调节能力的水能发电机组按照“以水定电”的原则安排发电负荷;
- 3) 对承担综合利用任务的水电厂,在满足综合利用要求的前提下安排水电机组的发电负荷,并尽力提高水能利用率。对流域梯级水电厂,应积极开展水库优化调度和水库群的联

合调度,合理运用水库蓄水。

[0025] 4) 资源综合利用发电机组按照“以(资源)量定电”的原则安排发电负荷。

[0026] 5) 核电机组除特殊情况外,按照其申报的出力过程曲线安排发电负荷。

[0027] 6) 燃煤热电联产机组按照“以热定电”的原则安排发电负荷。超过供热所需的发电负荷部分,按冷凝式机组安排。

[0028] 7) 火电机组按照供电煤耗等微增率的原则安排发电负荷。

[0029] (6) 安全管理 Agent

该 Agent 不仅能为总调度计算 Agent 提供安全稳定约束,且能独立完成安全稳定校核任务。

[0030] 当任务管理器接受的任务为重构安全稳定约束时,此 Agent 依据《电力系统安全稳定导则》和相关安全规定的要求,为开停机方式和负荷分配提供安全稳定校核的约束,从而使调度结果满足安全稳定要求。该 Agent 的推理器根据系统的运行状态(如正常状态、异常或紧急情况和事故状态)或不同的网络拓扑情况,重构相应的安全稳定约束有电压无功约束,线路热稳极限,线路传输容量,断面传输功率,电网的 N-1 约束,区域最小开机约束,其他复杂网络约束等。并将约束通过协调 Agent 送给调度决策 Agent,从而使所制定方式满足继电保护和稳定的要求。

[0031] 当任务管理器接受的任务为对某种运行方式进行安全校核时,该 Agent 的推理器根据上述所获取的安全稳定约束进行判断所给运行方式是否存在可行解。即采用内点法求解如下模型,若收敛则说明运行方式可行,否则该运行方式不能满足安全稳定要求。

$$\begin{aligned}
 & \text{obj. } \min. f(x) = 0 \\
 & \text{s.t. } h(x) = 0 \\
 & \quad \underline{g} \leq g(x) \leq \bar{g}
 \end{aligned} \tag{6}$$

(7) 检修管理 Agent

该 Agent 主要是确定可以安排检修的机组。燃煤、燃气、燃油发电机组检修应充分利用年电力负荷低谷时期、丰水期进行。各级电力调度机构应依据负荷预测结果和排序表,在保证系统运行安全的前提下,综合各种因素,优化编制发电机组年、月检修计划;依据短期负荷预测结果,安排日设备检修工作。

[0033] 当该 Agent 接受了安排检修机组的任务时,其知识库向推理器提供负荷及备用约束及安全约束等,推理器计算校核各约束是否能满足,若能满足则该 Agent 同意批准该检修计划,否则不予安排。

[0034] 也就是知识库建立含系统控制变量和状态变量的一组非线性约束:

- a) 网络潮流约束;
- b) 备用约束;
- c) 母线或变压器上的最大允许电流约束;
- d) 馈线的容量约束;
- e) 系统中各节点电压幅值约束。

[0035] 即可转化为如下模型:

$$\begin{aligned}
 &\text{obj. } \min. f(x) = 0 \\
 &\text{s.t. } h(x) = 0 \\
 &\quad \underline{g} \leq g(x) \leq \bar{g}
 \end{aligned} \tag{7}$$

该 Agent 的推理器通过内点法求解模型,由该模型是否有解判断由 a) ~ e) 方程组是否存在可行解。

[0036] (8) 总调度计算 Agent

该 Agent 负责提供调度的决策和指令,负责机组发电组合调整,负荷分配,发电机出力调整及机组检修、调峰、调频及备用容量的安排等。

[0037] 该 Agent 通过协调 Agent 获取各功能 Agent 的结果,从而得到含决策变量优化模型的目标函数和约束,表示为如式(8)所示的模型。

$$\begin{aligned}
 &\text{obj. } \min. f(x) \\
 &\text{s.t. } h(x) = 0 \\
 &\quad \underline{g} \leq g(x) \leq \bar{g}
 \end{aligned} \tag{8}$$

其推理器为基于内点法求解非线性规划的求解器。

[0039] (9) 备用管理 Agent

安排备用容量应满足《电力系统安全稳定导则》和有关行业标准的要求,在不同类型机组和地区间合理分布。在智能电网下,大规模的风电并往后,风电的随机波动与负荷的波动叠加在一起,使系统面临的不确定因素更大,则需要配置更多的旋转备用。而备用配置过多会增加运行成本,过少则会增加运行风险,因此节能调度问题应着重考虑如何优化和利用电网的备用。其推理器综合考虑逻辑推理和解算结构两种形式。

[0040] 解算形式的数学优化模型为：

变量：承担旋转备用机组的出力。

[0041] 备用：运行机组的容量－出力。

[0042] 目标函数为：系统在调度周期内总备用最小。

[0043] 约束：

- a) 系统功率平衡方程；
- b) 机组输出功率约束；
- c) 机组爬坡率约束；
- d) 节点电压约束；
- e) 输电线路电流约束；
- f) 机组备用容量约束；
- g) 系统稳定性约束；
- h) 输电线路容量约束；
- i) 联络线传输容量约束；
- j) 区域系统频率偏差约束。

[0044] 从而得到如式(8)所示的数学模型,其推理器为基于内点法求解非线性规划的求解器。

[0045] 推理形式：

上述的备用管理 Agent。也可按如下规则确定备用。

$$[0046] \quad S = s_1 + s_2 + s_3 + s_4 + s_5 + s_6 \quad (9)$$

式中, s_1 为平衡瞬间负荷波动与负荷预计误差的旋转备用容量, 经验值为预测最大发电负荷的 2%~5%, 高峰时段按下限控制; s_2 为事故备用的可供短时调用的备用容量, 经验值为预测最大发电负荷的 10%左右, 且不小于系统中最大单机容量或电网可能失去的最大受电功率; s_3 为满足运行机组周期性检修所需的检修备用容量, 经验值为预测最大发电负荷的 8%~15%; s_4 为应对水电来水以及其它可再生能源发电能力波动的备用容量, 可依实际需要留用; s_5 为应对重大节假日和重大活动的备用容量, 依实际需要留用; s_6 为应对新建机组投产日期不确定性和运行初期不稳定性的备用容量, 依实际需要留用。

[0047] s_1 、 s_2 、 s_3 、 s_4 、 s_5 和 s_6 可由该 Agent 与调度员交互, 由调度人员根据实际经验确定, 或该 Agent 通过建立最优备用模型自主确定。

[0048] (10) 负荷管理 Agent: 根据历史负荷数据, 预测未来系统负荷数据, 提供给总调度计算 Agent 进行计算;

(11) 新能源机组管理 Agent: 负责预测和管理风电、太阳能等新能源出力预测, 并将预测数据提供给总调度计算 Agent 进行计算。

[0049] 将上述各 Agent 的规则、约束使用 Matlab 设计出相应的功能程序, 调用后即可实现各 Agent 相应的推理功能。

[0050] 所述的采用 TOMCAT Java 的 web 服务器提供的 jsp//servlet 容量, 并利用 java 语言处理 http 请求, 提供 Web Service 服务, 进行数据信息的交互的步骤是:

(1) 当外部信息变化时, 将产生一个“POST message”;

(2) Servlet 服务器处理这一“POST message”, 并触发“SendMessage”事件;

(3) 该“SendMessage”事件创建一个新的“BlackBoard”对象作为“GatewayAgent”和“servlet”的信息通道; GatewayAgent 是网关 Agent, 是 JADE 开发平台拥有的。

[0051] (4) GatewayAgent 根据“BlackBoard”的内容, 将消息的内容及接收者提取出来, 假设 PongAgent 为接收者;

(5) PongAgent 接收到 GatewayAgent 信息后, 对 GatewayAgent 作出回复;

(6) GatewayAgent 接到回复后, 通过 BlackBoard 将该答复返回 Servlet;

(7) Servlet 将该信息输出外部界面。

[0052] 所述的采用发布/订阅方式实现相互间信息的传递, 实现 Agent 间的相互协调、协商的方式有两种:

第一种为:

(1) 在 JADE 环境中, 每个 Agent 都有一个 ID, 用一个 Agent ID 号来标识;

(2) 在 JADE 环境中, 当一个 Agent 发送信息时, 接收者具有指定 Agent ID 号时, 消息传输总线将消息转发到对应 Agent;

第二种为:

(1) Agent 向 JADE 发布某一主题信息;

(2) JADE 向其他 Agent 广播该信息;

(3) 对该主题感兴趣的 Agent 向 TopicManageService 订阅, 订阅的情况由 TopicManageService 管理;

(4) TopicManageService 将该主题信息发送给所有订阅的 Agent。

[0053] 其通信过程是这样的: JADE 预先制定该信息 Agent ID 发送信息, 然后广播该信息, 若有需要预定该主题的 Agent, 则 JADE 将新增一个 Agent ID, 更新对该主题感兴趣的 Agent ID 序列。

[0054] 所述的总调度计算 Agent 事先订阅了所有与其相链接的 Agent 所发布的主题信息, 总调度计算 Agent 在收到主题信息后会与上一次收到相应的主题信息进行对比, 如果主题信息数据有变化, 总调度计算 Agent 则重新计算各类机组的最优出力方案, 并将新的最优出力方案发布给有需要的 Agent。

[0055] HTTP 请求, 从客户端到服务器端的请求消息, 包括: 消息首行中对资源的请求方法、资源的标识符及使用的协议。

[0056] MATLAB 是一种用于算法开发、数据可视化、数据分析以及数值计算的高级技术计算语言和交互式环境。使用 MATLAB, 您可以较使用传统的编程语言(如 C、C++ 和 Fortran)更快地解决技术计算问题。MATLAB 的应用范围非常广, 包括信号和图像处理、通讯、控制系统设计、测试和测量、财务建模和分析以及计算生物学等众多应用领域。附加的工具箱(单独提供的专用 MATLAB 函数集)扩展了 MATLAB 环境, 以解决这些应用领域内特定类型的问题。MATLAB 提供了很多用于记录和分享工作成果的功能。可以将您的 MATLAB 代码与其他语言 and 应用程序集成, 来分发您的 MATLAB 算法和应用。其主要功能:

(1) 此高级语言可用于技术计算;

(2) 此开发环境可对代码、文件和数据进行管理;

(3) 交互式工具可以按迭代的方式探查、设计及求解问题;

(4) 数学函数可用于线性代数、统计、傅立叶分析、筛选、优化以及数值积分等;

(5) 二维和三维图形函数可用于可视化数据;

(6) 各种工具可用于构建自定义的图形用户界面;

(7) 各种函数可将基于 MATLAB 的算法与外部应用程序和语言(如 C、C++、Fortran、Java、COM 以及 Microsoft Excel)集成。

[0057] 内点法是在 1984 年印度数学家 Karmarkar 提出的一种优化计算方法。内点法从初始内点出发, 沿着最速下降方向, 从可行域内部直接走向最优解。内点法在可行域内部寻优, 对于大规模线性规划问题, 当约束条件和变量数目增加时, 内点法的迭代次数变化较少。内点法是一种具有多项式时间复杂度的线性规划算法, 其收敛性和计算速度均优于单纯形法。内点法在行式上与经典障碍法等价, 而且对于线性、非线性问题可以统一解法。内点法在收敛性、计算速度等方面具有单纯形法无法替代的优势, 因此人们纷纷研究其求解各种大规模、复杂的线性规划问题, 并将其推广应用于求解各种二次规划和非线性规划问题中。

[0058] 本发明的优点:

本发明基于 JADE 开发平台, 充分利用多 Agent 的智能分散协调控制优势, 建立智能电网下节能发电调度多 Agent 系统模型; 当运行状况发生改变时(如风速、可用水量和机组出力等), 各 Agent 能感知外部环境和条件的变化, 通过相互协调、协商, 获取所需知识和数据,

按照定义的规则,启动推理及解算器,实现预期目标;同时各 Agent 相互独立,达到并行工作的效果,从而大大缩减调度决策时间,满足智能电网的目标和要求。

附图说明

[0059] 图 1 是本发明中系统的总体结构示意图;

图 2 是本发明中系统的单个 Agent 的结构示意图;

图 3 是本发明中系统的 Matlab 的调用过程图;

图 4 是本发明中系统的 Java servlet 的信息传递过程图;

图 5 是本发明中系统的各 Agent 间的信息发布/订阅过程图;

图 6 是本发明中系统的当负荷变化时,系统的信息流过程图。

具体实施方式

[0060] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0061] 实施例:

如附图所示,本发明的基于 JADE 开发平台的智能电网发电调度多 Agent 系统,该系统是在基于 JADE 开发平台下设计智能电网下节能发电调度多 Agent 智能系统,包括总调度计算 Agent,以及各自独立与总调度计算 Agent 相链接的调峰调频 Agent、发电序位管理 Agent、市场管理 Agent、目标管理 Agent、机组管理 Agent、安全管理 Agent、检修管理 Agent、备用管理 Agent、负荷管理 Agent 和新能源机组管理 Agent;在每一个 Agent 设有负责添加和更新行为的初始化模块、描述 Agent 所能完成功能的行为模块、执行模块、信息储存模块和通信模块;行为模块中含有 Action() 函数,Action() 存放包括使用 Matlab 的函数设计推理机行为的逻辑,存储所执行行为的内容;Agent 之间相互协调、交互内容的方式包括:采用 TOMCAT Java 的 web 服务器提供的 jsp//servlet 容量,并利用 java 语言处理 http 请求,提供 Web Service 服务,进行数据信息的交互;采用订阅方式实现相互间信息的传递,实现 Agent 间的相互协调、协商;所述的执行模块设计步骤为:首先根据各 Agent 的功能,采用 Matlab 程序实现其推理计算功能,而后用 Matlab compile JA 将 Matlab 程序编译成 java 包,在 java 开发环境内引入该 java 包,Agent 即可直接调用快速实现复杂的推理计算功能;所述的采用 TOMCAT Java 的 web 服务器提供的 jsp//servlet 容量,并利用 java 语言处理 http 请求,提供 Web Service 服务,进行数据信息的交互的设计方式是

(1) 当外部信息变化时,将产生一个“POST message”;

(2) Servlet 服务器处理这一“POST message”,并触发“SendMessage”事件;

(3) 该“SendMessage”事件创建一个新的“BlackBoard”对象作为“GatewayAgent”和“Servlet”的信息通道;

(4) GatewayAgent 根据“BlackBoard”的内容,将消息的内容及接受者提取出来,假设 PongAgent 为接受者;

(5) PongAgent 接受到 GatewayAgent 信息后,对 GatewayAgent 作出回复;

(6) GatewayAgent 接到回复后,通过 BlackBoard 将该答复返回 Servlet;

(7) Servlet 将该信息输出外部界面。

[0062] 采用发布/订阅方式实现相互间信息的传递的设计为:

(1) Agent 向 JADE 发布某一主题信息；

(2) JADE 通过消息传输总线将消息转发到指定 Agent ID；同时，JADE 向其他 Agent 广播该信息；

(3) 对该主题感兴趣的 Agent 向 TopicManageService 订阅，订阅的情况由 TopicManageService 管理；

(4) TopicManageService 将该主题信息发送给所有订阅的 Agent。

[0063] 当系统模型建立好之后，便可投入使用。

[0064] 应用实例一：当负荷变化 100MW 时，该智能调度系统的工作过程如下：

(1) 负荷管理 Agent 发出 LoadChangedTopic 主题的消息，并在消息内容中附加数据 (100MW)；

(2) 总调度计算 Agent 事先已经订阅了负荷变化主题 (LoadChangedTopic 主题)，于是接收到 LoadChangedTopic 主题的消息和数据；

(3) 总调度计算 Agent 对比当前的负荷数据和新接收到的负荷数据，若发现负荷数据变化，则调用其推理机 (Matlab 函数) 进行计算，重新计算各类机组的最优出力；

(4) 总调度计算 Agent 将计算结果 (机组出力) 以 “PowerChangedTopic” 作为主题封装成信息，向 GateWayAgent 返回信息；

(5) GateWayAgent 将信息返回 Servlet 服务器；

(6) Servlet 服务器将信息发布出去，通知各台机组调整其出力，以适应负荷的变化；

可见，该智能系统自动感知负荷变化，智能调整各机组出力，适应 100MW 负荷的变化。

[0065] 应用实例二：当风电出力突然变化 100MW 时，该智能调度系统的工作过程如下：

(1) 风电管理 Agent 发出 WindChangedTopic 主题的消息，并在消息内容中附加数据 (100MW)；

(2) 总调度计算 Agent 事先已经订阅了风力变化主题 (WindChangedTopic 主题)，于是接收到 WindChangedTopic 主题的消息和数据；

(3) 总调度计算 Agent 对比当前的风功率数据和新接收到的风功率数据，若发现风功率数据变化，则调用其推理机 (Matlab 函数) 进行计算，重新计算各类机组的最优出力；

(4) 总调度计算 Agent 将计算结果 (机组出力) 以 “PowerChangedTopic” 作为主题封装成信息，向 GateWayAgent 返回信息；

(5) GateWayAgent 将信息返回 Servlet 服务器；

(6) Servlet 服务器将信息发布出去，通知各台机组调整其出力，以适应风功率的变化；

可见，该智能系统自动感知负荷变化，智能调整各机组出力，适应 100MW 风功率的变化。

[0066] 应用实例三：当负荷变化 100MW、风电出力突然变化 100MW 时，该智能调度系统的工作过程如下：

(1) 负荷管理 Agent 发出 LoadChangedTopic 主题的消息，并在消息内容中附加数据 (100MW)；

(2) 风电管理 Agent 发出 WindChangedTopic 主题的消息，并在消息内容中附加

数据(100MW)；

(3) 总调度计算 Agent 事先已经订阅了负荷变化主题(LoadChangedTopic 主题),于是接收到 LoadChangedTopic 主题的消息和数据；

(4) 总调度计算 Agent 事先已经订阅了风力变化主题(WindChangedTopic 主题),于是接收到 WindChangedTopic 主题的消息和数据；

(5) 总调度计算 Agent 对比当前的负荷数据和新接收到的负荷数据,发现负荷数据变化；

(6) 总调度计算 Agent 对比当前的风功率数据和新接收到的风功率数据,发现风功率数据变化；

(7) 总调度计算 Agent 调用其推理机(Matlab 函数)进行计算,重新计算各类机组的最优出力；

(8) 总调度计算 Agent 将计算结果(机组出力)以“PowerChangedTopic”作为主题封装成信息,向 GateWayAgent 返回信息；

(9) GateWayAgent 将信息返回 Servlet 服务器；

(10) Servlet 服务器将信息发布出去,通知各台机组调整其出力,以适应负荷和风功率的变化；

可见,该智能系统自动感知负荷变化,智能调整各机组出力,适应 100MW 风功率和 100MW 负荷的变化。

[0067] 应用实例四：原来参与调峰调频的机组是甲机组,现将参与调峰调频的机组由甲机组换为乙机组时,该智能调度系统的工作过程如下：

(1) 调峰调频 Agent 发出 VariableLoadPlantChangeTopic 主题的消息,并在消息内容中附加数据(乙电厂)；

(2) 总调度计算 Agent 事先已经订阅了调峰调频变化主题(VariableLoadPlantChangeTopic 主题),于是接收到 VariableLoadPlantChangeTopic 主题的消息和数据；

(3) 总调度计算 Agent 对比当前的调峰调频机组和新接收到的调峰调频机组数据,若发现调峰调频机组率数据变化,则调用其推理机(Matlab 程序)进行计算,重新计算各类机组的最优出力；

(4) 总调度计算 Agent 将计算结果(机组出力)以“PowerChangedTopic”作为主题封装成信息,向 GateWayAgent 返回信息；

(5) GateWayAgent 将信息返回 Servlet 服务器；

(6) Servlet 服务器将信息发布出去,通知各台机组调整其出力,以适应风功率的变化。

[0068] 可见,该智能系统自动感知调峰调频机组变化,智能调整各机组出力,适应调峰调频机组的变化。

[0069] 应用实例五：原来发电序位为甲—乙—丙,现发电序位变动为甲—丙—乙时,该智能调度系统的工作过程如下：

(1) 发电序位 Agent 发出 PowerGenerationOrdinalChangeTopic 主题的消息,并在消息内容中附加数据(甲—丙—乙)；

(2) 总调度计算 Agent 事先已经订阅了机组序位变化主题(PowerGenerationOrdinalC

hangeTopic 主题),于是接收到 PowerGenerationOrdinalChangeTopic 主题的消息和数据;

(3) 总调度计算 Agent 对比当前的机组发电序位和新接收到的机组发电序位数据,若发现机组发电序位数据变化,则调用其推理机(Matlab 程序)进行计算,重新计算各类机组的最优出力;

(4) 总调度计算 Agent 将计算结果(机组出力)以“PowerChangedTopic”作为主题封装成信息,向 GateWayAgent 返回信息;

(5) GateWayAgent 将信息返回 Servlet 服务器;

(6)Servlet 服务器将信息发布出去,通知各台机组调整其出力,以适应风功率的变化。

[0070] 可见,该智能系统自动感知发电序位机组变化,智能调整各机组出力,适应发电序位机组的变化。

[0071] 应用实例六:市场管理 Agent 将甲电厂和乙电厂的交易售电量由 100MW 变更为 150MW,该智能调度系统的工作过程如下:

(1)市场管理 Agent 发出 ContractChangeTopic 主题的消息,并在消息内容中附加数据(150MW);

(2)总调度计算 Agent 事先已经订阅了合同售电量变化主题(ContractChangeTopic 主题),于是接收到 ContractChangeTopic 主题的消息和数据;

(3) 总调度计算 Agent 对比当前的甲电厂和乙电厂合同售电量数据,若发现售电量数据变化,则调用其推理机(Matlab 程序)进行计算,重新计算各类机组的最优出力;

(4) 总调度计算 Agent 将计算结果(机组出力)以“PowerChangedTopic”作为主题封装成信息,向 GateWayAgent 返回信息;

(5) GateWayAgent 将信息返回 Servlet 服务器;

(6)Servlet 服务器将信息发布出去,通知各台机组调整其出力,以适应风功率的变化。

[0072] 可见,该智能系统自动感知电厂售电合同的变化,智能调整各机组出力,适应电厂售电合同的变化。

[0073] 应用实例七:目标管理 Agent 将调度目标由运行费用最小改为购电成本最小,该智能调度系统的工作过程如下:

(1) 目标管理 Agent 发出 ObjectiveChangeTopic 主题的消息,并在消息内容中附加数据(购电成本最小);

(2) 总调度计算 Agent 事先已经订阅了目标变化主题(ObjectiveChangeTopic 主题),于是接收到 ObjectiveChangeTopic 主题的消息和数据;

(3) 总调度计算 Agent 对比当前计算目标,若发现计算目标变化,则调用其推理机(Matlab 程序)进行计算,重新计算各类机组的最优出力;

(4) 总调度计算 Agent 将计算结果(机组出力)以“PowerChangedTopic”作为主题封装成信息,向 GateWayAgent 返回信息;

(5) GateWayAgent 将信息返回 Servlet 服务器;

(6)Servlet 服务器将信息发布出去,通知各台机组调整其出力,以适应风功率的变化。

[0074] 可见,该智能系统自动感知调度目标的变化,智能调整各机组出力,适应调度目标的变化。

[0075] 应用实例八:机组管理 Agent 将甲机组出力的上限由 80MW 改为 100MW,该智能调

度系统的工作过程如下：

(1) 机组管理 Agent 发出 UnitLimitChangeTopic 主题的消息,并在消息内容中附加数据(甲机组出力上限 100MW)；

(2) 总调度计算 Agent 事先已经订阅了机组出力上限变化主题(UnitLimitChangeTopic 主题),于是接收到 UnitLimitChangeTopic 主题的消息和数据；

(3) 总调度计算 Agent 对比当前甲机组出力上限,若发现机组出力上限变化,则调用其推理机(Matlab 程序)进行计算,重新计算各类机组的最优出力；

(4) 总调度计算 Agent 将计算结果(机组出力)以“PowerChangedTopic”作为主题封装成信息,向 GateWayAgent 返回信息；

(5) GateWayAgent 将信息返回 Servlet 服务器；

(6)Servlet 服务器将信息发布出去,通知各台机组调整其出力,以适应风功率的变化。

[0076] 可见,该智能系统自动感知机组出力上限的变化,智能调整各机组出力,适应机组出力上限的变化。

[0077] 应用实例九:安全管理 Agent 将线路甲-乙的传输容量由 30MW 改为 40MW,该智能调度系统的工作过程如下：

(1) 安全管理 Agent 发出 LineLimitChangeTopic 主题的消息,并在消息内容中附加数据(甲-乙 40MW)；

(2) 总调度计算 Agent 事先已经订阅了线路甲-乙传输容量变化主题(LineLimitChangeTopic 主题),于是接收到 LineLimitChangeTopic 主题的消息和数据；

(3) 总调度计算 Agent 对比当前线路甲-乙传输容量,若发现线路甲-乙传输容量变化,则调用其推理机(Matlab 程序)进行计算,重新计算各类机组的最优出力；

(4) 总调度计算 Agent 将计算结果(机组出力)以“PowerChangedTopic”作为主题封装成信息,向 GateWayAgent 返回信息；

(5) GateWayAgent 将信息返回 Servlet 服务器；

(6)Servlet 服务器将信息发布出去,通知各台机组调整其出力,以适应风功率的变化。

[0078] 可见,该智能系统自动感知线路传输容量的变化,智能调整各机组出力,适应机组出力上限的变化。

[0079] 应用实例十:检修管理 Agent 将检修机组由甲机组换为乙机组,该智能调度系统的工作过程如下：

(1) 检修管理 Agent 发出 UnitMendingChangeTopic 主题的消息,并在消息内容中附加数据(乙机组)；

(2) 总调度计算 Agent 事先已经订阅了检修机组变化主题(UnitMendingChangeTopic 主题),于是接收到 UnitMendingChangeTopic 主题的消息和数据；

(3) 总调度计算 Agent 对比当前检修机组,若发现检修机组变化,则调用其推理机(Matlab 程序)进行计算,重新计算各类机组的最优出力；

(4) 总调度计算 Agent 将计算结果(机组出力)以“PowerChangedTopic”作为主题封装成信息,向 GateWayAgent 返回信息；

(5) GateWayAgent 将信息返回 Servlet 服务器；

(6)Servlet 服务器将信息发布出去,通知各台机组调整其出力,以适应风功率的变化。

[0080] 可见,该智能系统自动感知检修机组的变化,智能调整各机组出力,适应检修机组的变化。

[0081] 应用实例十一:备用管理 Agent 将系统备用由 100MW 更改为 120MW,该智能调度系统的工作过程如下:

(1) 备用管理 Agent 发出 ReserveChangeTopic 主题的消息,并在消息内容中附加数据(120MW);

(2) 总调度计算 Agent 事先已经订阅了检修机组变化主题(ReserveChangeTopic 主题),于是接收到 ReserveChangeTopic 主题的消息和数据;

(3) 总调度计算 Agent 对比当前系统备用容量,若发现系统备用容量变化,则调用其推理机(Matlab 程序)进行计算,重新计算各类机组的最优出力;

(4) 总调度计算 Agent 将计算结果(机组出力)以“PowerChangedTopic”作为主题封装成信息,向 GateWayAgent 返回信息;

(5) GateWayAgent 将信息返回 Servlet 服务器;

(6) Servlet 服务器将信息发布出去,通知各台机组调整其出力,以适应风功率的变化。

[0082] 可见,该智能系统自动感知系统备用容量的变化,智能调整各机组出力,适应系统备用容量的变化。

[0083] 从上述的应用实例的工作过程和效果来看,本发明的建模方法建立起的智能电网下节能发电调度多 Agent 智能体系结构模型具有很强的自适应性、快速性、自决策性等。

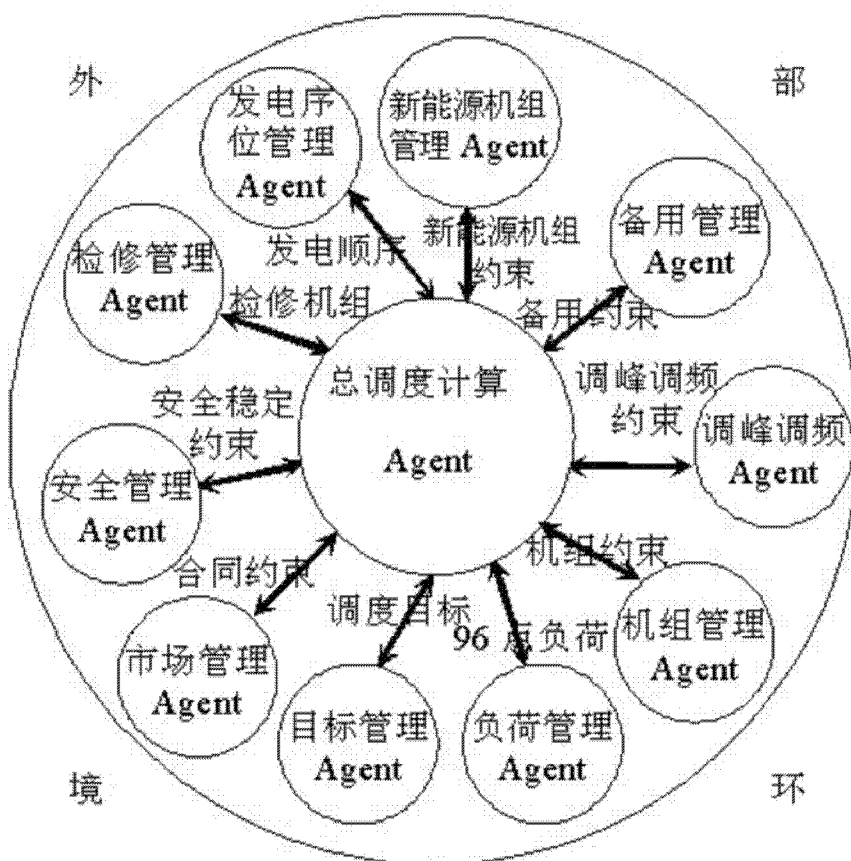


图 1

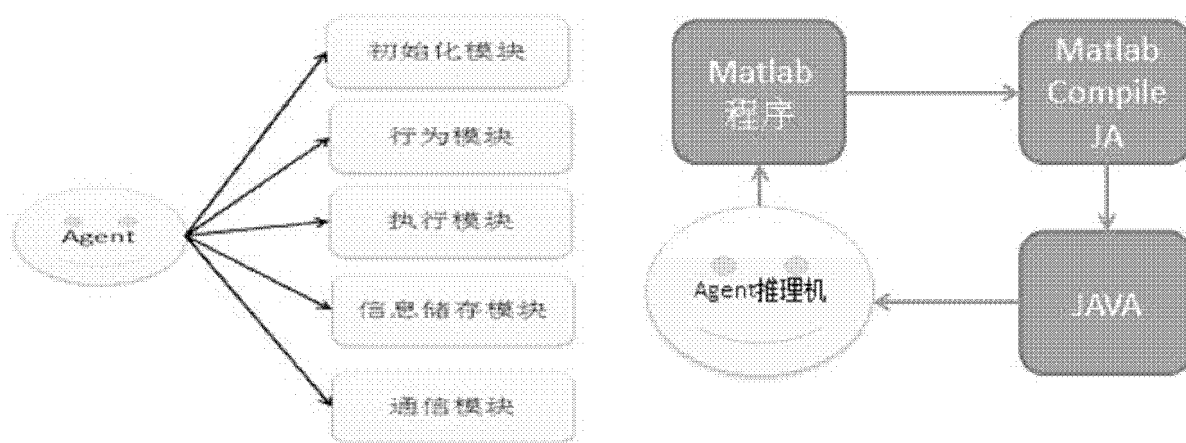


图 3

图 2

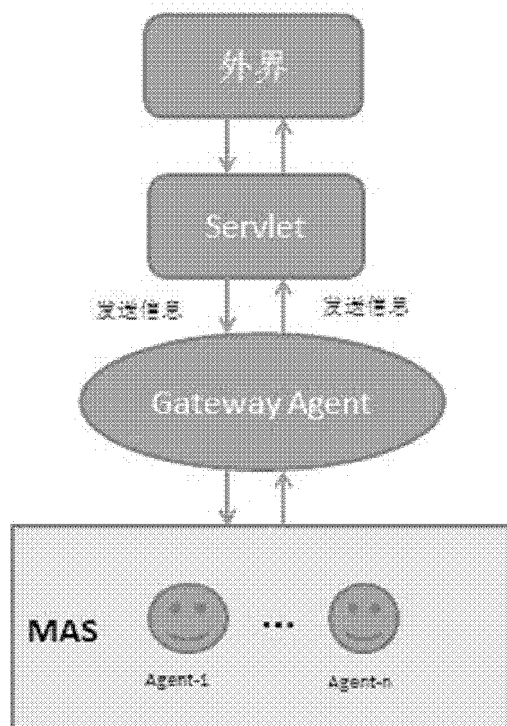


图 4

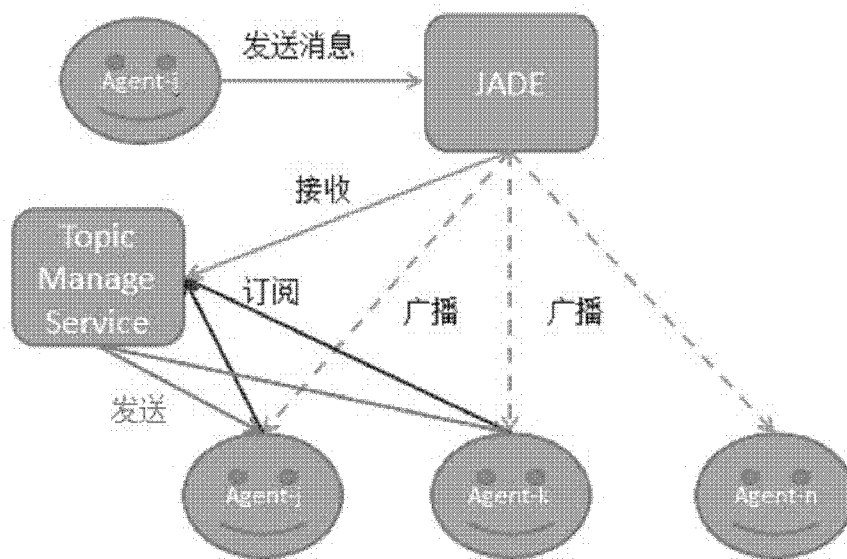


图 5

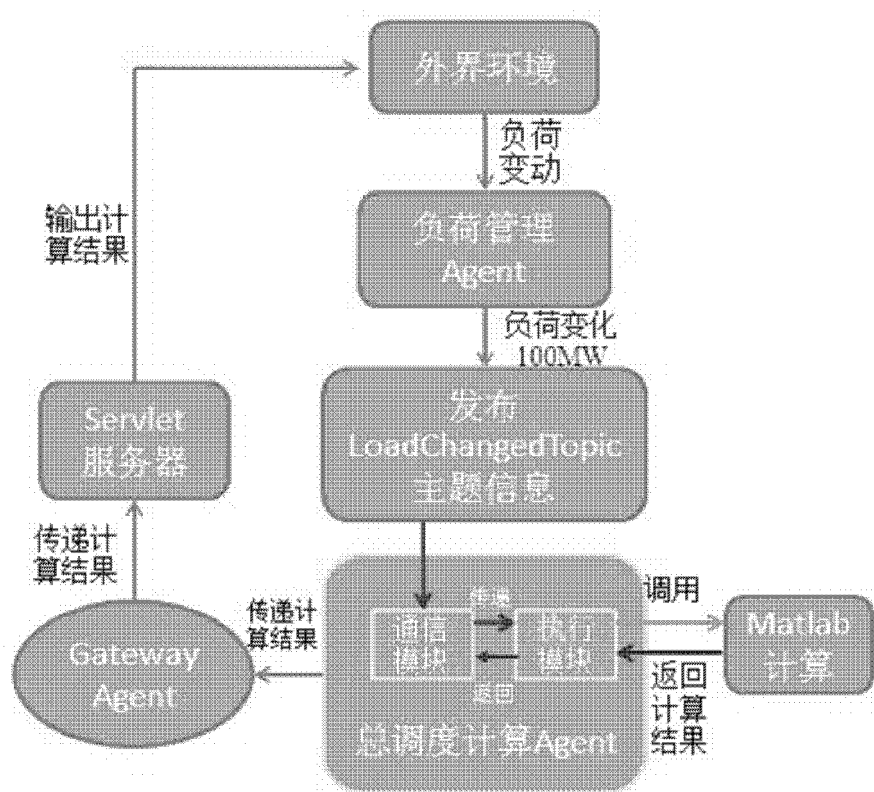


图 6