

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6739972号
(P6739972)

(45) 発行日 令和2年8月12日(2020.8.12)

(24) 登録日 令和2年7月28日(2020.7.28)

(51) Int.Cl.

G06Q 10/00 (2012.01)

F I

G06Q 10/00

請求項の数 14 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2016-78964 (P2016-78964)
 (22) 出願日 平成28年4月11日(2016.4.11)
 (65) 公開番号 特開2017-191373 (P2017-191373A)
 (43) 公開日 平成29年10月19日(2017.10.19)
 審査請求日 平成31年3月14日(2019.3.14)

(73) 特許権者 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (73) 特許権者 598076591
 東芝インフラシステムズ株式会社
 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地34
 (74) 代理人 100108855
 弁理士 蔵田 昌俊
 (74) 代理人 100103034
 弁理士 野河 信久
 (74) 代理人 100075672
 弁理士 峰 隆司
 (74) 代理人 100153051
 弁理士 河野 直樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マルチエージェントシステム、タスク割当装置、タスク割当方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のエージェントがネットワークに接続して通信するマルチエージェントシステムにおいて、

前記各エージェントは、

実行すべきタスクを認識するタスク認識手段と、

前記タスク認識手段の認識結果に基づいて、前記複数のエージェントのうち、自他のエージェントから、前記タスクの割当が可能な第1のエージェントを選定し、前記第1のエージェントとの通信が可能な場合に、前記第1のエージェントに対して前記タスクの割当処理を実行するタスク割当手段と、

前記第1のエージェントとの通信が不可能な場合に、前記自他のエージェントから、前記第1のエージェントに対して前記タスクの割当を行う可能性が高い第2のエージェントを予測する予測手段と

を具備するマルチエージェントシステム。

【請求項2】

前記タスク割当手段は、

前記予測手段により前記第2のエージェントを予測できない場合には、前記自他のエージェントから、通信が可能で、前記タスクの割当が可能な第3のエージェントを選定する請求項1に記載のマルチエージェントシステム。

【請求項3】

10

20

前記タスク割当手段は、

前記予測手段により前記第2のエージェントを予測された場合には、前記タスクの割当処理を終了する請求項1に記載のマルチエージェントシステム。

【請求項4】

前記タスク割当手段は、

前記自他の複数のエージェントとの通信により、前記タスクの割当が可能であるか否かの照会に対して応答したエージェントから前記第1のエージェントを選定し、

前記照会に対する応答がない場合には、前記タスクの割当処理を終了する請求項1から3のいずれか1項に記載のマルチエージェントシステム。

【請求項5】

前記予測手段は、エージェント間の通信接続確率を含む確率情報に基づいて、前記第1のエージェントに対して前記タスクの割当を行う可能性が高い第2のエージェントを予測する請求項1から4のいずれか1項に記載のマルチエージェントシステム。

【請求項6】

前記予測手段は、エージェント間の通信速度に基づいて、前記第1のエージェントに対して一定時間内に前記タスクの割当を行う可能性が高い第2のエージェントを予測する請求項1から4のいずれか1項に記載のマルチエージェントシステム。

【請求項7】

前記予測手段は、他エージェントのタスク認識確率を含む確率情報に基づいて、前記第1のエージェントに対して前記タスクの割当を行う可能性が高い第2のエージェントを予測する請求項1から4のいずれか1項に記載のマルチエージェントシステム。

【請求項8】

前記予測手段は、他エージェントのタスク割当ルールに基づいて、前記第1のエージェントに対して前記タスクの割当を行う可能性が高い第2のエージェントを予測する請求項1から4のいずれか1項に記載のマルチエージェントシステム。

【請求項9】

前記予測手段は、全エージェント共通のタスク割当ルールに基づいて、前記第1のエージェントに対して前記タスクの割当を行う可能性が高い第2のエージェントを予測する請求項1から4のいずれか1項に記載のマルチエージェントシステム。

【請求項10】

複数のエージェントがネットワークに接続して通信するマルチエージェントシステムに適用するタスク割当装置であって、

前記タスク割当装置は、1つのエージェントまたは複数のエージェントの全てに設けられており、

実行すべきタスクを認識するタスク認識手段と、

前記タスク認識手段の認識結果に基づいて、前記複数のエージェントのうち、自他のエージェントから前記タスクの割当が可能で第1のエージェントを選定し、前記第1のエージェントとの通信が可能で場合に、前記第1のエージェントに対して前記タスクの割当処理を実行するタスク割当手段と、

前記第1のエージェントとの通信が不可能な場合に、前記自他のエージェントから、前記第1のエージェントに対して前記タスクの割当を行う可能性が高い第2のエージェントを予測する予測手段と
を具備するタスク割当装置。

【請求項11】

前記予測手段は、全エージェント共通のタスク割当ルールに基づいて、前記第1のエージェントに対して前記タスクの割当を行う可能性が高い第2のエージェントを予測する請求項10に記載のタスク割当装置。

【請求項12】

前記予測手段は、エージェント間の通信接続確率を含む確率情報に基づいて、前記第1のエージェントに対して前記タスクの割当を行う可能性が高い第2のエージェントを予測

10

20

30

40

50

する請求項 10 に記載のタスク割当装置。

【請求項 13】

複数のエージェントがネットワークに接続して通信するマルチエージェントシステムに適用するタスク割当方法であって、

実行すべきタスクを認識する処理と、

前記タスクの認識結果に基づいて、前記複数のエージェントのうち、自他のエージェントから前記タスクの割当が可能な第1のエージェントを選定する処理と、

前記第1のエージェントとの通信が可能な場合に、前記第1のエージェントに対して前記タスクの割当処理を実行する処理と、

前記第1のエージェントとの通信が不可能な場合に、前記自他のエージェントから、前記第1のエージェントに対して前記タスクの割当を行う可能性が高い第2のエージェントを予測する処理と

を具備するタスク割当方法。

【請求項 14】

複数のエージェントがネットワークに接続して通信するマルチエージェントシステムに適用し、前記複数のエージェントを組み込むコンピュータにおいて、

実行すべきタスクを認識する処理と、

前記タスクの認識結果に基づいて、前記複数のエージェントのうち、自他のエージェントから前記タスクの割当が可能な第1のエージェントを選定する処理と、

前記第1のエージェントとの通信が可能な場合に、前記第1のエージェントに対して前記タスクの割当処理を実行する処理と、

前記第1のエージェントとの通信が不可能な場合に、前記自他のエージェントから、前記第1のエージェントに対して前記タスクの割当を行う可能性が高い第2のエージェントを予測する処理と

を有する手順を前記コンピュータに実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、マルチエージェントシステム、当該システムに適用するタスク割当装置、タスク割当方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、ネットワークを介して複数のエージェント間で相互に通信し、連携して各種のタスク（プロセス）を実行するマルチエージェントシステムの活用が注目されている。例えば、複数のドローン（drone：無人航空機）を制御する制御システムにおいて、マルチエージェントシステムを適用して、各ドローンを連携して制御する連携機能を実現できる。

【0003】

一般的に、エージェントは、状況（環境）をセンシングし、センシング情報に基づいて実行すべきタスクを認識し、自律的な判断によりリソース（コンピュータのリソース）を使用して当該タスクを実行する。

【0004】

ここで、マルチエージェントシステムでは、各エージェント間の通信により、例えば各ドローンを制御するためのタスクを各エージェントに割り当てる（分配する）タスク割当（分配）機能が含まれている。タスク割当機能の実現方法には、各エージェント同士が、ネットワークを介した通信機能を使用して情報交換を実行することにより、適切なエージェントへタスク割当をする方法（契約ネットプロトコル）がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2007-52683号公報

10

20

30

40

50

【特許文献2】特開2002-228396号公報

【特許文献3】国際公開WO2006/118193号公報

【特許文献4】特開2009-55401号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

マルチエージェントシステムでは、各エージェント間の通信により、タスク割当機能が実現されている。各エージェント間の通信が不安定化した場合には、一時的に通信ができない状態や、通信に要する時間が増大して通信効率が低下する状態が発生することがある。

10

【0007】

このような場合、1つのタスクに複数のエージェントが重複して担当する事態や、当該タスクを担当するエージェントを特定できない事態など、タスク割当（タスク分配）が実行できない、又は、一定時間（有効時間）内に実行できない可能性がある。

【0008】

そこで、各エージェント間の通信が不安定化した場合でも、タスク割当を適切に実行できるマルチエージェントシステムを実現するという課題がある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本実施形態は、複数のエージェントがネットワークに接続して通信するマルチエージェントシステムにおいて、前記各エージェントは、タスク認識手段と、タスク割当手段と、予測手段とを具備する。前記タスク認識手段は、実行すべきタスクを認識する。前記タスク割当手段は、前記タスク認識手段の認識結果に基づいて、自他のエージェントから前記タスクの割当が可能な第1のエージェントを選定し、前記第1のエージェントとの通信が可能な場合に、前記第1のエージェントに前記タスクの割当を実行する。前記予測手段は、前記第1のエージェントとの通信が不可能な場合に、他のエージェントから、前記第1のエージェントに対して前記タスクの割当を行う可能性が高い第2のエージェントを予測する。

20

【図面の簡単な説明】

【0010】

30

【図1】実施形態に関するマルチエージェントシステムの構成を説明するためのブロック図。

【図2】実施形態に関するマルチエージェントシステムの動作を説明するためのフローチャート。

【図3】実施形態に関するネットワークマップ情報の一例を示す図。

【図4】実施形態に関する他エージェントタスク認識性能情報の一例を示す図。

【図5】実施形態に関する他エージェントタスク割当ルールの一例を示す図。

【図6】実施形態に関するタスク割当処理の一例を説明するための模式図。

【図7】実施形態に関するタスク割当処理の一例を説明するための模式図。

【発明を実施するための形態】

40

【0011】

以下図面を参照して、実施形態を説明する。

〔システムの構成〕

図1は、本実施形態に関するマルチエージェントシステムの構成を示す図である。本システムは、ネットワーク2に接続された複数のコンピュータ1-1～1-Nにおいて、各エージェント10-1～10-Nが相互に通信し、後述するタスク割当（タスク分配）機能を含む構成である。

【0012】

本実施形態に関するマルチエージェントシステムは、例えば、複数のドローンを制御する制御システムに適用され、各エージェント10-1～10-Nがそれぞれ、各ドローンを連

50

携して制御する。なお、エージェント 10-1～10-Nは、便宜的にエージェント A, B, C, D等のように表記する場合がある。即ち、エージェント 10-1がエージェント A (親エージェント) に相当する場合、他の複数のエージェント (他エージェント) 10-Nがエージェント B, C, D等に相当する。

【0013】

本実施形態では、図 1 に示すように、エージェント 10-1～10-Nは、基本的に同一の内部構成を有する。以下、エージェント 10-1を代表として内部構成を説明し、他のエージェントの内部構成の説明を省略する。

【0014】

エージェント 10-1は、各機能 11～14, 17を実現するソフトウェアモジュール及びデータベース (情報) 15, 16, 18～20を有する構成である。エージェント 10-1は、タスク割当部 11、タスク認識部 12、センシング部 13、タスク実行部 14及び他エージェントタスク割当予測部 (以下、タスク割当予測部と表記する) 17を有する。

【0015】

タスク割当部 11は、実行すべきタスク (便宜的にタスク Xとする) を、タスク割当ルールデータベース (以下、データベースを DBと表記する) 15及び他エージェントタスク割当 DB 16を参照し、他エージェント 10-Nに対するタスク Xを割り当てる (分配する) タスク割当処理を実行する。

【0016】

タスク割当ルール DB 15は、エージェント 10-1 (エージェント A) がタスク割当処理を実行する際のタスク割当ルール (図 5 に記載のいずれかのタスク割当ルール) を示す情報である。また、他エージェントタスク割当 DB 16は、いわゆる契約ネットプロトコルに基づいてタスク割当処理を行う際の履歴情報である。この履歴情報は、通信により他エージェントと情報交換を行った際のタスク割当処理に関する情報である。

【0017】

タスク認識部 12は、センシング部 13のセンシング情報に基づいて、実行すべきタスク Xを認識し、タスク割当部 11に通知する。センシング部 13は、マルチエージェントシステムが適用される、例えば、複数のドローンを連携して制御する際の状況 (環境) をセンシング (検出) する。具体例としては、センシング部 13は、例えば、レーダ 30-1と通信し、レーダ 30-1からの探知信号に応じて所定の検出処理 (例えば、複数のドローンの位置等の飛行状況) を実行する。タスク認識部 12は、センシング情報に基づいて、例えば指定のドローンを制御するためのタスク Xを認識する。

【0018】

タスク実行部 14は、タスク割当部 11により割り当てられるタスクを実行する。ここで、エージェント 10-1 (エージェント A) は、タスク割当部 11により、エージェント Aに割り当てたタスク、又は、他エージェント 10-Nから割り当てられるタスクを実行する。具体例としては、タスク実行部 14は、ドローン制御システムにおいて、各ドローンを制御するコントローラ 31-1と通信し、割り当てられたタスク (例えば制御プロセス) を当該コントローラ 31-1に実行させる。なお、コントローラ 31-1は、制御対象の機器のアクチュエータでもよい。

【0019】

タスク割当予測部 17は、タスク割当部 11と連携し、他エージェント 10-Nから、該当するエージェント (ここでは B) に対してタスク Xを割り当てる可能性のあるエージェントを予測する。エージェント Bは、タスク割当部 11の通常のタスク割当処理によりタスク Xが割り当てられたエージェントであり、その後にエージェント Aとの通信ができない状態である。

【0020】

タスク割当予測部 17は、後述するように、ネットワークマップ DB 18、他エージェントタスク認識性能 DB 19、及び他エージェントタスク割当ルール DB 20を参照し、予測処理を実行する。なお、各エージェント 10-1～10-Nはそれぞれ、タスク割当ル

10

20

30

40

50

ルDB15のタスク割当ルールが同一内容であれば、他エージェントタスク割当ルールDB20を共有する必要はない。

[タスク割当処理]

図2は、本実施形態のタスク割当処理を説明するためのフローチャートである。図2のフローチャートを参照して、本実施形態のタスク割当処理を説明する。

【0021】

本実施形態では、便宜的に、エージェント10-1をエージェントAとし、他エージェント10-NをエージェントB、C、D等とする。エージェントAは、他エージェントB、C、D等に対してタスク割当を行う親エージェントとする。

【0022】

図2に示すように、エージェントAにおいて、タスク認識部12は、センシング部13のセンシング情報に基づいて、タスクXの実行必要性（換言すれば実行すべきタスクX）を認識する（ステップS1）。具体的には、センシング情報は、例えば、レーダ30-1からの探知信号に応じて検出される複数のドローンの位置等の飛行状況を示す情報である。

【0023】

タスク割当部11は、他エージェントタスク割当DB16を参照し、他エージェントB、C、D等の中で、既にタスクXの割当処理を開始していることを認識すると、当該タスク割当処理を終了する（ステップS2のYES）。ここで、エージェントAは、エージェント間の通信での情報交換により、他エージェントB、C、D等がタスク割当処理を実行した場合の履歴情報を、他エージェントタスク割当DB16として保持している。即ち、当該履歴情報は、いわゆる契約ネットプロトコルに基づいてタスク割当処理を行う際の情報である。

【0024】

タスク割当部11は、他エージェントによりタスクXの割当処理が開始されていない場合（ステップS2のNO）、エージェント間の通信により、他エージェントB、C、D等に対してタスクXの担当可能性（換言すれば、タスクXの実行可能性）を問い合わせる（ステップS3）。この問い合わせ（照会）に対して、いずれのエージェントからも応答がない場合（ステップS4のNO）、タスク割当部11は、他エージェントB、C、D等に対するタスク割当処理を終了すると共に、例えば、当該タスクXを自身のタスク実行部14により実行する。なお、タスク割当部11は、自身のタスク実行部14により実行する以外の他の処理を実行してもよい。

【0025】

一方、問い合わせに対して、一定時間（有効時間）内に応答した他エージェントがある場合（ステップS4のYES）、タスク割当部11は、タスク割当ルールDB15を参照し、予め設定したタスク割当ルールに基づいて、割当対象として最適であると判定したエージェントBを選択する（ステップS5）。具体例としては、図5に示すようなタスク割当ルールである。

【0026】

タスク割当部11は、選択したエージェントBとの間で一定時間内での通信が可能、即ち、通信が維持できている場合（ステップS6のYES）、当該エージェントBに対してタスクXの割当通知を行う（ステップS7）。これにより、エージェントBは、エージェントAから割り当てられたタスクXをタスク実行部14により実行する。具体例としては、エージェントBは、例えば、ドローンを制御するコントローラ31-Nと通信し、割り当てられたタスク（例えば制御プロセス）Xを実行させる。

【0027】

ここで、タスク割当部11は、選択したエージェントBとの間で一定時間内での通信が不可、即ち、通信が不安定な場合（ステップS6のNO）、タスク割当予測部17と連携する。タスク割当予測部17は、ネットワークマップDB18、他エージェントタスク認識性能DB19、及び他エージェントタスク割当ルールDB20を参照し、他エージェントがエージェントBに対してタスクXを割り当てるか否かを予測する予測処理を実行する

10

20

30

40

50

(ステップS 8)。

【0028】

具体的には、タスク割当予測部17は、ネットワークマップ情報、他エージェントタスク認識性能情報、及び他エージェントタスク割当ルールに基づいて、各条件の確率の乗算結果と基準値を比較し、基準値を超えているエージェントCがエージェントBに対してタスクXを割り当てる可能性が高いと予測する。要するに、タスク割当予測部17は、タスクを割り当てる可能性を示す確率情報に基づいて、エージェントCがエージェントBに対してタスクXを割り当てる可能性が高いと予測する。

【0029】

ここで、ネットワークマップDB18は、図3に示すようなネットワークマップ情報を含み、具体的には各アーク(エージェント間の通信接続)の通信状態の情報である。特に、接続確率は、エージェント間の通信が無線通信の場合に変動が大きい。このネットワークマップ情報は、定期的にエージェント間の情報交換により取得される。他エージェントタスク認識性能DB19は、図4に示すような他エージェントタスク認識性能情報を含む。この情報は、センシング性能に依存する情報であり、例えば、レーダ30-Nの設置位置や探知距離などに基づいている。他エージェントタスク割当ルールDB20は、図5に示すようなタスク割当ルールを含む。なお、各エージェントのタスク割当ルールDB15のタスク割当ルールが同一内容であれば、他エージェントタスク割当ルールDB20を共有する必要はない。

【0030】

図2に戻って、タスク割当予測部17は、エージェントCが一定時間内にエージェントBと通信して、エージェントBにタスクXを割り当てる可能性が高いと予測した場合(ステップS9のYES)には、タスク割当部11に通知する。これにより、タスク割当部11は、当該タスク割当処理を終了する。

【0031】

タスク割当部11は、タスク割当予測部17によりエージェントBにタスクXを割り当てる可能性が高いエージェントを予測できない場合(ステップS9のNO)には、再度、エージェントB以外で、一定時間内に通信可能な他エージェントを選定する。即ち、タスク割当部11は、タスク割当ルールDB15を参照し、予め設定したタスク割当ルールに基づいて、割当対象として最適であると判定したエージェントDを選択する(ステップS10)。

【0032】

タスク割当部11は、選択したエージェントDとの間で一定時間内の通信が可能、即ち、通信が維持できている場合には、当該エージェントDに対してタスクXの割当通知を行う(ステップS11)。これにより、エージェントDは、エージェントAから割り当てられたタスクXをタスク実行部14により実行する。

【0033】

以上のような本実施形態のタスク割当処理について、図6及び図7の模式図を参照して作用効果を説明する。

【0034】

先ず、エージェントAは、タスクXの割当対象としてエージェントBを選択した後に、エージェントA、B間で通信が可能であれば、エージェントBにタスクXの割当処理を実行して終了する。ここで、図6に示すように、エージェントA、B間で通信ができない状態(60)が発生すると、タスク割当予測部17により、エージェントCが一定時間(有効時間)内にエージェントBと通信し(61)、タスクXを割り当てる可能性が高いと予測した場合、タスク割当部11は何も実行せずに終了となる。ここで、エージェントAは、予測されたエージェントCとは通信できない状態である。

【0035】

即ち、エージェントA、B間の通信が不安定な場合に、エージェントAは、エージェントBにタスクXを割り当てる可能性が高いエージェントCを予測した場合、タスク割当部

10

20

30

40

50

11は何も実行せずに終了となる。

【0036】

従って、同じタスクXを複数のエージェントが重複して担当して、コンピュータのリソースが無駄になるような事態を回避できる。また、同じタスクXを複数のエージェントが重複して担当すると、各エージェントは他のタスク実行にリソースを配分することができなくなる事態となるが、このような事態を回避できる。これにより、各エージェント間の通信が不安定化した場合でも、タスク割当（タスク分配）を適切に実行できる。

【0037】

さらに、図7に示すように、エージェントB、C間で通信ができない状態（62）で、一定時間内にエージェントBにタスクXを割り当てる可能性が高いエージェントCを予測できない場合、タスク割当部11は、再度、タスクXの割当対象としてエージェントDを選択する処理を実行する。エージェントAは、エージェントA、D間で一定時間（有効時間）内での通信が可能であれば、エージェントDにタスクXの割当処理を実行して終了する。従って、各エージェント間の通信が不安定化した状態が発生している場合でも、タスクXを担当可能なエージェントを特定できない事態を回避できる。

10

【0038】

なお、本実施形態では、タスク割当予測部17及び各DB18-20は、各エージェントに設けられている構成について説明したが、エージェントAのみに設けられている構成でもよい。

【0039】

20

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

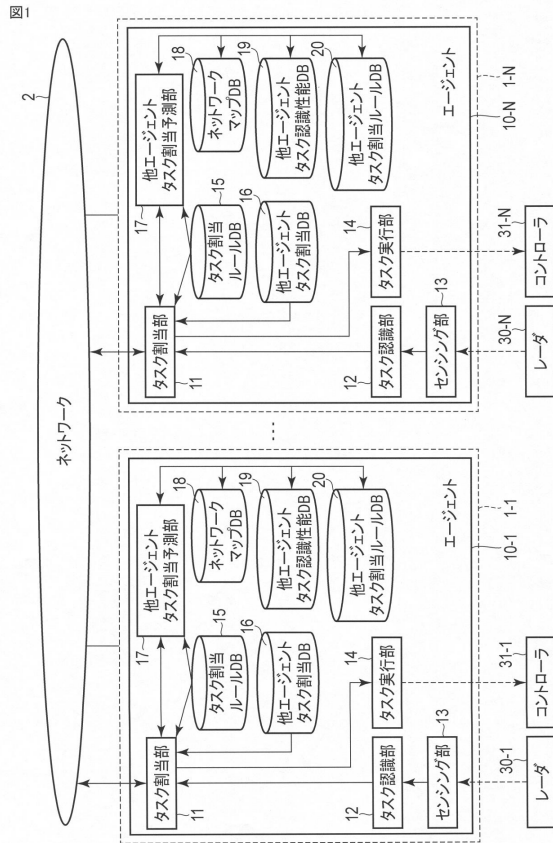
【符号の説明】

【0040】

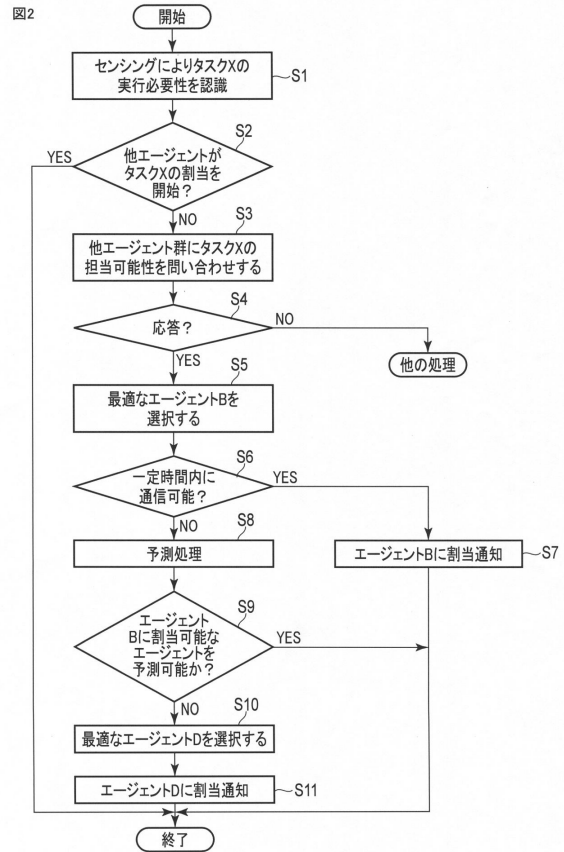
1-1～1-N...コンピュータ、2...ネットワーク、10-1～10-N...エージェント、
11...タスク割当部、12...タスク認識部、13...センシング部、
14...タスク実行部、15...タスク割当ルールデータベース（DB）、
16...他エージェントタスク割当DB、17...他エージェントタスク割当予測部、
18...ネットワークマップDB、19...他エージェントタスク認識性能DB、
20...他エージェントタスク割当ルールDB、30-1～30-N...レーダ、
31-1～31-N...コントローラ。

30

【 図 1 】



【圖 2】

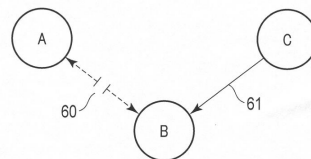


【 図 3 】

図3

エージェント名	エージェント名	ネットワーク速度 [Mbps]	接続確率[%]
エージェントA	エージェントB	100	100
エージェントB	エージェントC	50	80
エージェントC	エージェントA	10	50
	⋮		

【 図 6 】

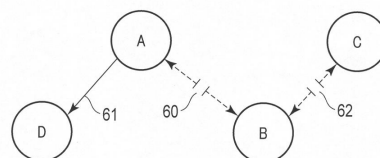


【 図 4 】

図4

エージェント名	タスク認識確率 [%]	タスク締切の何秒前に タスクを認識[秒]
エージェントA	90	100
エージェントB	70	10
	⋮	

【圖 7】



【圖 5】

図5

20

エージェント名	タスク割当ルール
エージェントA	最も割当中タスクの数が少ないエージェントに割当
エージェントB	最も早く応答したエージェントに割当
エージェントC	最も残りソース数の多いエージェントに割当
エージェントD	最も接続確率の高いエージェントに割当
	⋮

フロントページの続き

(74)代理人 100189913

弁理士 鷗飼 健

(72)発明者 林 久志

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 井梅 俊行

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 原 忠

(56)参考文献 特開2005-332082(JP,A)

特開2006-201896(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06Q 10/00 - 99/00