

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4279196号
(P4279196)

(45) 発行日 平成21年6月17日(2009.6.17)

(24) 登録日 平成21年3月19日(2009.3.19)

(51) Int.Cl. F I
G O 6 F 9/46 (2006.01) G O 6 F 9/46 4 2 O B

請求項の数 10 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-148239 (P2004-148239)</p> <p>(22) 出願日 平成16年5月18日(2004.5.18)</p> <p>(65) 公開番号 特開2005-332082 (P2005-332082A)</p> <p>(43) 公開日 平成17年12月2日(2005.12.2)</p> <p>審査請求日 平成18年12月20日(2006.12.20)</p> <p>(出願人による申告)平成16年度独立行政法人情報通信研究機構、研究テーマ「人間情報コミュニケーションの研究開発」に関する委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受ける特許出願</p>	<p>(73) 特許権者 393031586 株式会社国際電気通信基礎技術研究所 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2</p> <p>(74) 代理人 100064746 弁理士 深見 久郎</p> <p>(74) 代理人 100085132 弁理士 森田 俊雄</p> <p>(74) 代理人 100083703 弁理士 仲村 義平</p> <p>(74) 代理人 100096781 弁理士 堀井 豊</p> <p>(74) 代理人 100098316 弁理士 野田 久登</p> <p>(74) 代理人 100109162 弁理士 酒井 将行</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分散処理システムおよび分散処理プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

時系列で実行される複数の処理を含む所定のタスクを分散処理するための分散処理システムであって、

ネットワークを介して相互に通信可能な複数の情報処理機器を備え、

各前記情報処理機器は、

複数のチャンネルのうち選択を指示した通信チャンネルで、前記ネットワークと通信するための通信手段と、

前記複数の処理のうち対応する処理を実行するための情報処理手段と、

前記処理を行うための情報を格納する記憶手段とを含み、

前記情報処理手段は、前記複数の情報処理機器間を前記通信チャンネルを介して移動可能な複数のエージェント演算処理手段を含み、

各前記エージェント演算処理手段は、

前記タスクに対応し現在所属する前記情報処理機器と移動先の前記処理機器とを関連づける移動テーブルに基づいて通信し、移動後に所属する前記情報処理機器の前記記憶手段に、前記タスクを実行するための処理プログラムと、前記タスクを実行するための処理データと、所属する通信チャンネルを示す通信チャンネル情報と、前記移動テーブルと、評価値とを関連づけて格納させる移動手段と、

所属する前記情報処理機器の前記記憶手段に格納される情報に基づいて、前記タスクの前記複数の処理のうち、前記所属する前記情報処理機器に対応する処理を実行するタスク

処理手段と、

前記タスクの処理が完了することに応じて、前記評価値を更新する評価値更新手段と、
前記評価値の値に応じて、前記エージェント演算処理手段の分裂処理を行う分裂処理手段と、

同一の前記通信チャンネルに属する複数の前記エージェント演算処理手段の個数が所定数を超えることに応じて、前記同一の前記通信チャンネルに属する複数の前記エージェント演算処理手段に対応する前記通信チャンネルを離隔する処理を行う通信チャンネル離隔手段とを含む、分散処理システム。

【請求項 2】

各前記エージェント演算処理手段は、前記通信チャンネルのうち、選択された通信チャンネルに属する前記エージェント演算処理手段に消去処理を指示する消去指示手段をさらに含む、請求項 1 記載の分散処理システム。

10

【請求項 3】

前記分裂処理手段は、
分裂前の前記エージェント演算処理手段に付随する前記処理プログラムと、前記処理データと、前記通信チャンネル情報と、前記移動テーブルとを引き継いだエージェント演算処理手段を生成する、請求項 1 記載の分散処理システム。

【請求項 4】

前記分裂処理手段は、
所定の突然変異確率で、前記移動テーブルを更新する突然変異処理手段を含む、請求項 3 記載の分散処理システム。

20

【請求項 5】

前記移動手段は、さらに、複数のタスクのうち対応する前記エージェント演算処理手段の処理するタスクを指定するタスク指定情報と、前記複数のタスクごとに対応する前記複数の処理を関連づけたタスク処理手順テーブルとを前記移動後に所属する前記情報処理機器の前記記憶手段に格納させ、

前記タスク処理手段は、前記タスク指定情報により指定されるタスクの前記所属する前記情報処理機器に対応する処理を実行する、請求項 1 記載の分散処理システム。

【請求項 6】

時系列で実行される複数の処理を含む所定のタスクを分散処理するために、複数の情報処理機器間をネットワークの通信チャンネルを介して移動可能な複数のエージェントプログラムを用いた分散処理プログラムであって、

30

各前記エージェントプログラムは、

前記タスクに対応し現在所属する前記情報処理機器と移動先の前記処理機器とを関連づける移動テーブルに基づいて、複数のチャンネルのうち選択を指示した通信チャンネルで前記ネットワークと通信し、移動後に所属する前記情報処理機器の記憶手段に、前記タスクを実行するための処理プログラムと、前記タスクを実行するための処理データと、所属する通信チャンネルを示す通信チャンネル情報と、前記移動テーブルと、評価値とを関連づけて格納させる移動ステップと、

所属する前記情報処理機器の前記記憶手段に格納される情報に基づいて、前記タスクの前記複数の処理のうち、前記所属する前記情報処理機器に対応する処理を実行するタスク処理ステップと、

40

前記タスクの処理が完了することに応じて、前記評価値を更新する評価値更新ステップと、

前記評価値の値に応じて、前記エージェント演算処理手段の分裂処理を行う分裂処理ステップと、

同一の前記通信チャンネルに属する複数の前記エージェント演算処理手段の個数が所定数を超えることに応じて、前記同一の前記通信チャンネルに属する複数の前記エージェント演算処理手段に対応する前記通信チャンネルを離隔する処理を行う通信チャンネルステップとを、前記情報処理機器に実行させる、分散処理プログラム。

50

【請求項 7】

各前記エージェントプログラムは、前記通信チャンネルのうち、選択された通信チャンネルに属する前記エージェントプログラムに消去処理を指示する消去指示ステップをさらに含む、請求項 6 記載の分散処理プログラム。

【請求項 8】

前記分裂処理ステップは、

分裂前の前記エージェント演算処理手段に付随する前記処理プログラムと、前記処理データと、前記通信チャンネル情報と、前記移動テーブルとを引き継いだエージェントプログラムを生成するステップを含む、請求項 6 記載の分散処理プログラム。

【請求項 9】

前記分裂処理ステップは、

所定の突然変異確率で、前記移動テーブルを更新する突然変異処理ステップを含む、請求項 8 記載の分散処理プログラム。

【請求項 10】

前記移動ステップは、さらに、複数のタスクのうち対応する前記エージェント演算処理手段の処理するタスクを指定するタスク指定情報と、前記複数のタスクごとに対応する前記複数の処理を関連づけたタスク処理手順テーブルとを前記移動後に所属する前記情報処理機器の前記記憶手段に格納させるステップを含み、

前記タスク処理ステップは、前記タスク指定情報により指定されるタスクの前記所属する前記情報処理機器に対応する処理を実行する、請求項 6 記載の分散処理プログラム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、ネットワークで接続された多数のコンピュータからなるシステムにおいて、一つのタスクを異なる多数の計算機資源を用いて分散処理する分散処理システムおよび分散処理プログラムに関する。

【背景技術】**【0002】**

コンピュータやネットワークの普及により、さまざまな種類の多くのコンピュータからなる、さまざまな形態で接続されたネットワークが増加している。

【0003】

このような状況の下、近年、多数のコンピュータからなるユビキタスコンピューティングが注目されている（たとえば、非特許文献 1 を参照）。ユビキタスコンピューティングでは、計算機資源の分布などのネットワーク環境が未知な場合や動的に変化する場合が想定される。

【0004】

このような環境における分散処理の最適化には、ネットワーク構造や処理手順の適応的な獲得が期待される。

【0005】

一方で、マルチエージェントシステム（以下、MAS と記す）の研究として、たとえば、エージェントが知覚できる範囲の情報である利得や報酬、評価などを個体最適性と定義し、システムの大域的目的として、すべてのエージェントがそれぞれの行動から得る利得の総和をシステム最適性とそれぞれ定義したときに、エージェント学習によるシステム最適性の向上をシミュレート可能な「動的離隔型遺伝的アルゴリズム（Dynamically Separating Genetic Algorithms、以下、DS-GA と記す）」（たとえば、非特許文献 2 を参照）や「動的離隔型学習アルゴリズム（Dynamically Separating Learning Algorithms、以下、DS-LA と記す）」（たとえば、非特許文献 3 を参照）の提案がなされている。

【0006】

この DS-GA は、個体数に応じて個体を「コロニー」と呼ぶグループに動的に離隔する遺伝的アルゴリズム（以下、GA）である。個体を離隔する遺伝的アルゴリズムとして

10

20

30

40

50

は、他に島モデル G A などがあるが、D S - G A は離隔状態が個体数に応じて動的に変化する点で異なる。

【非特許文献 1】Mark Weiser, "The Computer for the 21st Century," Scientific American, Vol. 265, No. 3, pp. 99-104, 1991.

【非特許文献 2】中山 功一、松井博和、野村由司彦著：動的離隔型 G A (D S - G A) の提案、情報処理学会論文誌：数理モデル化と応用、Vol.43, No.SIG10(TOM7), pp.95-109, Nov.2002.

【非特許文献 3】K. Nakayama, H. Matsui, K. Shimohara, O. Katai, "Proposal of Dynamically Separating Learning Algorithm for Interactive Computers (DS-LA): Optimization of collective performance in networked computers," The journal of three dimensional images, Vol. 18, No. 1, pp. 87-94, 2004. 10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

しかしながら、従来は、上述したようなコンピュータネットワーク上に多数のコンピュータが存在する場合に、M A S を用いることで、一つのタスクを異なる多数の計算機資源を用いて効率良く分散処理するための手法が、必ずしも明らかでない、という問題があった。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記のような問題を解決するためになされたものであって、その目的は、ネットワークで接続された多数のコンピュータにおいて、効率の良い分散処理やタスク共有を実現する分散処理システムおよび分散処理プログラムを提供することである。 20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

このような目的を達成するために、本発明の分散処理システムは、時系列で実行される複数の処理を含む所定のタスクを分散処理するための分散処理システムであって、ネットワークを介して相互に通信可能な複数の情報処理機器を備え、各情報処理機器は、複数のチャンネルのうち選択を指示した通信チャンネルで、ネットワークと通信するための通信手段と、複数の処理のうち対応する処理を実行するための情報処理手段と、処理を行うための情報を格納する記憶手段とを含み、情報処理手段は、複数の情報処理機器間を通信チャンネルを介して移動可能な複数のエージェント演算処理手段を含み、各エージェント演算処理手段は、タスクに対応し現在所属する情報処理機器と移動先の処理機器とを関連づける移動テーブルに基づいて通信し、移動後に所属する情報処理機器の記憶手段に、タスクを実行するための処理プログラムと、タスクを実行するための処理データと、所属する通信チャンネルを示す通信チャンネル情報と、移動テーブルと、評価値とを関連づけて格納させる移動手段と、所属する情報処理機器の記憶手段に格納される情報に基づいて、タスクの複数の処理のうち、所属する情報処理機器に対応する処理を実行するタスク処理手段と、タスクの処理が完了することに応じて、評価値を更新する評価値更新手段と、評価値の値に応じて、エージェント演算処理手段の分裂処理を行う分裂処理手段と、同一の通信チャンネルに属する複数のエージェント演算処理手段の個数が所定数を超えることに 30 40 40

【 0 0 1 0 】

好ましくは、各エージェント演算処理手段は、通信チャンネルのうち、選択された通信チャンネルに属するエージェント演算処理手段に消去処理を指示する消去指示手段をさらに含む。

【 0 0 1 1 】

好ましくは、分裂処理手段は、分裂前のエージェント演算処理手段に付随する処理プログラムと、処理データと、通信チャンネル情報と、移動テーブルとを引き継いだエージェント演算処理手段を生成する。 50

【 0 0 1 2 】

好ましくは、分裂処理手段は、所定の突然変異確率で、移動テーブルを更新する突然変異処理手段を含む。

【 0 0 1 3 】

好ましくは、移動手段は、さらに、複数のタスクのうち対応するエージェント演算処理手段の処理するタスクを指定するタスク指定情報と、複数のタスクごとに対応する複数の処理を関連づけたタスク処理手順テーブルとを移動後に所属する情報処理機器の記憶手段に格納させ、タスク処理手段は、タスク指定情報により指定されるタスクの所属する情報処理機器に対応する処理を実行する。

【 0 0 1 4 】

この発明の他の局面に従うと、時系列で実行される複数の処理を含む所定のタスクを分散処理するために、複数の情報処理機器間をネットワークの通信チャンネルを介して移動可能な複数のエージェントプログラムを用いた分散処理プログラムであって、各エージェントプログラムは、タスクに対応し現在所属する情報処理機器と移動先の処理機器とを関連づける移動テーブルに基づいて、複数のチャンネルのうち選択を指示した通信チャンネルでネットワークと通信し、移動後に所属する情報処理機器の記憶手段に、タスクを実行するための処理プログラムと、タスクを実行するための処理データと、所属する通信チャンネルを示す通信チャンネル情報と、移動テーブルと、評価値とを関連づけて格納させる移動ステップと、所属する情報処理機器の記憶手段に格納される情報に基づいて、タスクの複数の処理のうち、所属する情報処理機器に対応する処理を実行するタスク処理ステップと、タスクの処理が完了することに応じて、評価値を更新する評価値更新ステップと、評価値の値に応じて、エージェント演算処理手段の分裂処理を行う分裂処理ステップと、同一の通信チャンネルに属する複数のエージェント演算処理手段の個数が所定数を超えることに応じて、同一の通信チャンネルに属する複数のエージェント演算処理手段に対応する通信チャンネルを離隔する処理を行う通信チャンネルステップとを、情報処理機器に実行させる。

【 0 0 1 5 】

好ましくは、各エージェントプログラムは、通信チャンネルのうち、選択された通信チャンネルに属するエージェントプログラムに消去処理を指示する消去指示ステップをさらに含む。

【 0 0 1 6 】

好ましくは、分裂処理ステップは、分裂前のエージェント演算処理手段に付随する処理プログラムと、処理データと、通信チャンネル情報と、移動テーブルとを引き継いだエージェントプログラムを生成するステップを含む。

【 0 0 1 7 】

好ましくは、分裂処理ステップは、所定の突然変異確率で、移動テーブルを更新する突然変異処理ステップを含む。

【 0 0 1 8 】

好ましくは、移動ステップは、さらに、複数のタスクのうち対応するエージェント演算処理手段の処理するタスクを指定するタスク指定情報と、複数のタスクごとに対応する複数の処理を関連づけたタスク処理手順テーブルとを移動後に所属する情報処理機器の記憶手段に格納させるステップを含み、タスク処理ステップは、タスク指定情報により指定されるタスクの所属する情報処理機器に対応する処理を実行する。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 9 】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

【 0 0 2 0 】

(本発明の概要)

本発明においては、ネットワークなどで接続された多数のコンピュータが、それぞれエージェントと呼ぶ自律的に処理を実行するプログラムを多数用いて、一つのタスクを異な

10

20

30

40

50

る多数の計算機資源を用いて効率良く分散処理する。

【0021】

以下にも説明するとおり、本発明では、コンピュータネットワーク全体での分散処理を最適化する手法として、マルチエージェントシステム(MAS)の学習手法、特に、上述したMASの学習手法の一つであるDS-LAを用いる。

【0022】

DS-LAでは、エージェントをコロニーと呼ぶ集団に動的に離隔している。エージェントは、それぞれ特定の集団に所属する。そして、DS-LAでは、エージェントの相互作用を、原則として、その集団内に制限する。また、高いパフォーマンスを得る他のエージェントの所属集団を真似する。その結果、集団の構成は動的に変化する。

10

【0023】

より特定的には、本発明においては、この「集団」の一例として、ネットワーク全体をチャンネルと呼ぶ相互干渉のないいくつかのネットワークに仮想的に分割する。各チャンネルに所属するエージェント数が増加した場合、そのチャンネルに所属するエージェントは動的に離隔される。

【0024】

本発明においては、一つのタスクを異なる多数の計算機資源を用いて分散処理するという目的を達成するために、コンピュータに所属する多数のエージェントが、コンピュータ間を移動しながら移動先の計算機資源を用いてタスクを処理する。各エージェントは、処理データとその処理プログラム(処理プログラムコード)、条件ごとの移動先、移動に用いる通信チャンネル、及び自己評価値などの情報をもつ。コンピュータは、計算機資源の一部を所属するエージェントに提供する。エージェントは、コンピュータウイルスとは異なり、提供された計算機資源でのみタスクを処理する。エージェントの移動は、各エージェントの属する通信チャンネルを介して行われる。

20

【0025】

DS-LAによる学習において、エージェントはチャンネルごとに離隔され、ネットワーク上で自らが知覚できる情報のみに基づいて更新される自己評価値が規定値を超えたものは分裂する。エージェント数が規定値を超えたチャンネルは、さらに動的に離隔される。

【0026】

このエージェントの学習により分散処理の効率化が図られることになるが、効率化の際に、処理順序(直列分散)もエージェント学習により最適化される。これに伴い、ネットワークの構造自体、言い換えると、上述したようなコンピュータの集団の構造もエージェント学習により最適化を行うことができる。

30

【0027】

[発明の実施の形態]

図1は、本発明の分散処理システム1000の一例を示す概念図である。

【0028】

図1を参照して、システム1000は、無線ネットワークにより相互に通信が可能なコンピュータ10.1~10.Nと、コンピュータ10.1~10.Nを相互に無線ネットワークにより、いわゆる「インフラストラクチャモード」により接続することが可能な無線アクセスポイント20とを備える。

40

【0029】

ここで、無線アクセスポイント20と各コンピュータ10.1~10.Nとは、所定の通信周波数帯を複数の周波数帯にさらに分割したチャンネルのいずれかにより通信を行うものとする。そして、あるチャンネルで通信するコンピュータと、他のチャンネルで通信するコンピュータとは、ネットワークとしては分離されているものとする。さらに、後に説明するように、各コンピュータ10.1~10.Nは、自己に所属するエージェントプログラムに応じて、通信するチャンネルを学習経過に基づいて変更することが可能であるものとする。したがって、無線アクセスポイント20は、一台で複数のチャンネルでの通

50

信を同時に行うことが可能な構成を有するものとする。また、後に説明するように、通常は、異なるチャンネル間の通信を許可しないものの、所定のブロードキャスト通信では、異なるチャンネル間での通信も許されるものとする。

【0030】

また、このようなネットワークの例を考える場合、ネットワークの構成は、図1のような無線ネットワークに限られず、各コンピュータが、自己の通信するチャンネルを選択できる構成であれば、有線ネットワークでもかまわない。

【0031】

なお、図1は、あくまでも本発明を説明するための具体例の1つであり、より一般的には、本発明は、以下のような条件をみたすコンピュータネットワークシステムに適用可能なものである。

【0032】

(本発明を適用するシステムの条件)

i) ネットワークで接続されている多数のコンピュータが存在する。

【0033】

ii) 上記コンピュータのハードウェア構成や処理能力は不均質でもかまわない。

【0034】

iii) 「処理すべきデータ」や「処理系(プログラムなど)」を持つ自律的で移動可能なエージェントと呼ぶプログラムが多数存在する、このエージェントに割り当てられるタスクも不均質でもかまわない。

【0035】

iv) コンピュータは、エージェントに計算機資源を提供する。エージェントは、自らのタスク処理系により、コンピュータ内で自律的に処理する

[ハードウェア構成]

図2に、図1に示したコンピュータ10.1の外観を例として示す図である。

【0036】

図2を参照してこのコンピュータ10.1は、CD-ROM (Compact Disc Read-Only Memory) 等のディスク118上の情報を読み込むためのディスクドライブ108およびフレキシブルディスク (Flexible Disk、以下FD) 116に情報を読み書きするためのFDドライブ106を備えたコンピュータ本体102と、コンピュータ本体102に接続された表示装置としてのディスプレイ104と、同じくコンピュータ本体102に接続された入力装置としてのキーボード110およびマウス112と、コンピュータ本体102に接続された無線通信装置114とを含む。

【0037】

図3は、このコンピュータ10.1の構成をブロック図形式で示す図である。

【0038】

図3に示されるように、このコンピュータ10.1を構成するコンピュータ本体102は、ディスクドライブ108およびFDドライブ106に加えて、それぞれバスBSに接続されたCPU (Central Processing Unit) 120と、ROM (Read Only Memory) およびRAM (Random Access Memory) を含むメモリ122と、直接アクセスメモリ装置、たとえば、ハードディスク124と、無線通信装置114とデータの授受を行うための通信インタフェース128とを含んでいる。ディスクドライブ108にはディスク118が装着される。FDドライブ106にはFD116が装着される。

【0039】

なお、ディスク118は、コンピュータ本体に対してインストールされるプログラム等の情報を記録可能な媒体であれば、CD-ROM以外の他の媒体、たとえば、DVD-ROM (Digital Versatile Disc) やメモリカードなどでもよく、その場合は、コンピュータ本体102には、これらの媒体を読み取ることが可能なドライブ装置が設けられる。

【0040】

本発明の分散処理システムの主要部は、コンピュータハードウェアと、CPU120に

10

20

30

40

50

より実行されるソフトウェアとにより構成される。一般的にこうしたソフトウェアはディスク118、FD116等の記憶媒体に格納されて流通し、ディスクドライブ108またはFDドライブ106等により記憶媒体から読取られてハードディスク124に一旦格納される。または、当該装置がネットワークに接続されている場合には、ネットワーク上のサーバから一旦ハードディスク124にコピーされる。そうしてさらにハードディスク124からメモリ122中のRAMに読出されてCPU120により実行される。なお、ネットワーク接続されている場合には、ハードディスク124に格納することなくRAMに直接ロードして実行するようにしてもよい。

【0041】

図2および図3に示したコンピュータのハードウェア自体およびその動作原理は一般的なものである。したがって、本発明の最も本質的な部分は、FD116、ディスク118、ハードディスク124等の記憶媒体に記憶されたソフトウェアである。

10

【0042】

なお、一般的傾向として、コンピュータのオペレーティングシステムの一部として様々なプログラムモジュールを用意しておき、アプリケーションプログラムはこれらモジュールを所定の配列で必要な時に呼び出して処理を進める方式が一般的である。そうした場合、当該分散処理システムを実現するためのソフトウェア自体にはそうしたモジュールは含まれず、当該コンピュータでオペレーティングシステムと協働してはじめて分散処理システムが実現することになる。しかし、一般的なプラットフォームを使用する限り、そうしたモジュールを含ませたソフトウェアを流通させる必要はなく、それらモジュールを含まないソフトウェア自体およびそれらソフトウェアを記録した記録媒体（およびそれらソフトウェアがネットワーク上を流通する場合のデータ信号）が実施の形態を構成すると考えることができる。

20

【0043】

なお、他のコンピュータ10.2~10.Nも、コンピュータ10.1と基本的には、同様な構成を有する。

【0044】

[本発明による分散処理システムの基本的原理]

[DS-LAの概要]

図4は、DS-LAの概念を示す図である。

30

【0045】

DS-LAは、更新された行動戦略による行動戦略の上書きと、所属変更による動的離隔をもつアルゴリズムである。以下に説明する行動戦略の上書きとして、エージェントの移動先を示すテーブルの更新が行なわれ、自身に付随する評価値が所定値を超えたエージェントは分裂し、分裂する際には、この移動先を示すテーブル（行動戦略）は引き継ぐ。さらに、所属するチャンネルのエージェント数が、所定数を越えたチャンネルに属するエージェントは、図4に示すとおり2つのチャンネルに離隔される。このような動的離隔では、個々のエージェントは、複数のチャンネルと呼ぶ仮想集団のいずれかに所属し、他のチャンネルに属するエージェントとは、原則的に相互作用しない。あるチャンネルに所属するコンピュータ数がある限度以上増加する場合、たとえば、そのチャンネルに所属するエージェントの半数は新しいチャンネルに所属を変更する。

40

【0046】

[シミュレーション実験に用いるDS-LAのアルゴリズム]

図5は、DS-LAのアルゴリズムを説明するためのフローチャートである。

【0047】

以下、図5を参照して、DS-LAのアルゴリズムについて、さらに詳しく説明する。

【0048】

なお、以下で各エージェントが行う処理は、エージェントに付随して移動する対応するタスクの処理プログラムに基づいて、その時点で当該エージェントが所属するコンピュータのCPU120が実行するものである。

50

【 0 0 4 9 】

(1) 初期化

まず、システム 1 0 0 0 には、D S - L A を適用する N 台 (N : 2 以上の自然数) のコンピュータ、たとえば、5 つのコンピュータ { A , B , C , D , E }、所定数、たとえば 1 0 0 0 0 の通信チャンネル、および所定数、たとえば 1 0 0 0 0 0 のエージェントが存在するものとする。すなわち、以下の説明では、コンピュータ 1 0 . 1 ~ 1 0 . N として、コンピュータ A ~ E がシステム 1 0 0 0 に存在するものとする。

【 0 0 5 0 】

各コンピュータ A ~ E において、まず、以下の初期設定の処理が行われる (ステップ 1 0 0) 。

10

【 0 0 5 1 】

各エージェントは、ランダムに選択したコンピュータ、およびチャンネルに所属し、自らの評価値、処理すべきタスクの種類、処理すべきタスクのデータ、および移動するコンピュータを示すテーブルをもつ。

【 0 0 5 2 】

ここで、図 6 は、あるエージェントが、コンピュータ A に所属する際に、コンピュータ A のハードディスク 1 2 4 内に格納するデータテーブルの例を示す図である。

【 0 0 5 3 】

すなわち、このエージェントは、たとえば、ハードディスク 1 2 4 の所定の記憶領域に、自分の所属するコンピュータを示す変数 B L p c、処理するタスクの種類 T k、処理すべきタスクのデータ D、所属チャンネル番号 Nchan (i)、評価値 U (i , t) および後に説明するようにして獲得した自身と同一チャンネルに属するエージェントの個数 N a g を格納している。また、処理の単位時間の経過を示す変数 t を 1 とする。

20

【 0 0 5 4 】

「変数 B L p c」は、この例では、コンピュータ { A , B , C , D , E } のうちの何れかの値をとる。

【 0 0 5 5 】

「所属チャンネル番号 Nchan (i)」は、i 番目のエージェントが所属するチャンネルを示す番号であり、ここでは、Nchan (i) { 1 , 2 , ... , Nchansum (= 1 0 0 0 0) } であるものとする。

30

【 0 0 5 6 】

「評価値 U (i , t)」は、自らの累積評価に基づく各コンピュータの学習指標であり、初期値 U (i , 0) は、たとえば「1 0」である。

【 0 0 5 7 】

さらに、図 7 は、あるエージェントが、コンピュータ A に所属する際に、コンピュータ A のハードディスク 1 2 4 内に格納する、タスクの処理手順テーブルおよび移動先のコンピュータを示す移動テーブルの例を示す図である。

【 0 0 5 8 】

図 7 (A) に示すとおり、タスクの種類として、たとえば 2 つのタスク X およびタスク Y があるとき、「タスクの処理手順テーブル」には、タスク X では、第 1 ~ 第 5 の処理として、処理 a、処理 b、処理 c、処理 d、処理 e がこの順序で行なわれ、タスク Y では、第 1 ~ 第 5 の処理として、処理 a、処理 c、処理 e、処理 b、処理 d がこの順序で行なわれるとの情報が格納される。

40

【 0 0 5 9 】

一方、図 7 (B) に示すとおり、「移動テーブル」には、タスク I (I = X , Y) を行なっているエージェントが、あるタイムステップにおいてコンピュータ J (J = A , B , C , D , E) に所属する場合に、次のタイムステップでどのコンピュータに移動するかを示す情報 T (J , I) (ここで、T (J , I) { A , B , C , D , E }) が格納されている。

【 0 0 6 0 】

50

以上の「移動テーブル」、所属チャンネル番号 $N_{chan}(i)$ および評価値 $U(i, t)$ は、学習によりその値が変化する。

【0061】

初期の「移動テーブル」としては、 $T(J, X)$ および $T(J, Y)$ とともに、 $\{A, B, C, D, E\}$ から無作為に選択された値を有するものとし、初期チャンネル番号としても無作為に選択されたチャンネル番号を持つものとする。また、各エージェントは、自身と同一チャンネル内に存在する他のエージェントを照会し、照会の結果得られる個数 N_{ag} をハードディスク 124 中に記録しておくものとする。

【0062】

再び、図 5 を参照して、初期設定に続いて以下の処理が行われる。

10

【0063】

(2) タスク獲得：タスクを保持していない、またはタスクを完了したエージェントは、無作為に選択されたタスク X または Y を得る (ステップ S102)。言い換えると、エージェントが発生する乱数にしたがって、いずれかのタスクを自己の処理する対象とすることを選擇する。

【0064】

(3) タスク処理：各エージェントは、ステップ S102 において選擇されたタスクに応じて、図 7 (A) に従う処理手順を行う (ステップ S104)。ここで、コンピュータ A、B、C、D、E に所属するエージェントは、それぞれ、処理 a、処理 b、処理 c、処理 d、処理 e を行うことができる。このとき、エージェントは、自己の所属するコンピュータが、その時点で行うべき処理に対応していないときには、この単位時間の処理においては、タスク処理についての処理を行わず、次のステップへ処理を進める。

20

【0065】

なお、各コンピュータで、いずれの処理が可能かは、各コンピュータが情報として格納しておき、エージェントがコンピュータに問い合わせることにより判断できる。または、各エージェントが、各コンピュータでいずれの処理が可能かのテーブルを保持しつつ移動することとしてもよいし、あるいは、各エージェントが、現在所属するコンピュータのハードウェアの情報を診断して、現時点で行うべき処理が、現在所属するコンピュータで実行可能かをその都度判断することとしてもよい。

【0066】

(4) タスク完了判定：各エージェントはタスクを完了したかを判定し (ステップ S106)、タスクの処理を完了したエージェントは、評価値を、たとえば、以下の式にしたがって更新する (ステップ S108)。

30

【0067】

$$U(i, t) = U(i, t-1) + (50 - t \times 2)$$

すなわち、より短い時間でタスクを完了したエージェントほど評価値が増加し、所定の時間以上をタスク完了に要したエージェントの評価値は、初期値を下回ることになる。

【0068】

なお、タスクが終了したエージェントは、たとえば、処理の結果を所定のコンピュータに通知するものとしておけば、ユーザは、タスクの処理結果を閲覧することができる。

40

【0069】

一方、タスクが完了していない場合は、処理はステップ S110 に移行する。

【0070】

(5) 移動：各エージェントは、10 の状態空間 (タスクの種類 \times 所属するコンピュータの種類) ごとに移動テーブルの値 ($T(J, I) \in \{A, B, C, D, E\}$) に従い、自らの保持するタスクと共に移動する (ステップ S110)。

【0071】

すなわち、各エージェントは、図 6 に示したデータテーブルの情報ならびに図 7 に示した「タスクの処理手順テーブル」および「移動テーブル」の情報を伴って移動する。言い換えると、移動元の CPU 120 は、エージェントの処理プログラム自身と、図 6 に示し

50

たデータテーブルの情報ならびに図7に示した「タスクの処理手順テーブル」および「移動テーブル」の情報とを、エージェントに対応する通信チャンネルを介して送信し、移動先のコンピュータのハードディスク124に格納させる。移動先のCPU120は、これら移動してきたエージェントの処理プログラムと付随する情報とに基づいて、処理を実行する。

【0072】

(6) エージェントの分裂：続いて、各エージェントは分裂処理を実行する(ステップS112)。

【0073】

図8は、このような分裂処理の手順を示すフローチャートである。図8を参照して、エージェントの評価値が、所定の値、たとえば、初期評価値の2倍を越えた場合(ステップS200)、そのエージェントは分裂する(ステップS202)。このとき、評価値の分配も行われる(ステップS202)。たとえば、分裂後の各エージェントの評価値は、分裂前の評価値の半分ずつになり、移動テーブルは引き継ぐ。

10

【0074】

つまり、エージェントの分裂では、エージェントは、自身に付随する、処理プログラムと、処理データと、通信チャンネル情報と、移動テーブルとを引き継いだエージェントを、所属するコンピュータのハードディスク124上に生成する。

【0075】

続いて、突然変異確率 P_{mut} (たとえば、 $P_{mut} = 0.05$) に従いテーブルの値が変異する。このとき、突然変異確率に従い、突然変異を行うこととなったときには、たとえば、 $T(J, X)$ および $T(J, Y)$ とともに、 $\{A, B, C, D, E\}$ から無作為に値を選択するものとする。

20

【0076】

(7) チャンネルの動的離隔：再び、図5を参照して、続いて、各エージェントは、所属するエージェント数が限界個体数(たとえば、10)を超えたか否かを判断し(ステップS114)、限界数を超えている場合は、当該チャンネルに所属するエージェントは、2つのチャンネルに離隔される(ステップS116)。このときは、同一のチャンネルに属するエージェントは相互に通信可能であるので、たとえば、無線アクセスポイント20に現在空き状態であるチャンネルを照会した上で、相互に情報を交換して、従前のチャンネルに残るエージェントと、新しいチャンネル(空チャンネル)に移るエージェントを決定する。なお、このとき、2つのグループは、ほぼ同数となるようにすると条件を付加してもよい。

30

【0077】

さらに、たとえば、チャンネル離隔を行ったエージェントのうち、元のチャンネルに残存したエージェントは、相互通信によりランダムに他のチャンネルを選択し、ブロードキャスト通信により、その選択されたチャンネルに所属する全てのエージェントに対して消去を指示する。消去が指示されたチャンネルに属するエージェントは自身を消去する(ステップS118)。

【0078】

続いて、変数 t をインクリメントして、処理は、ステップS102に復帰する。

40

【0079】

このようなステップS102からステップS118までの処理を行う期間を「単位時間」と呼ぶ。

【0080】

以上説明したようなエージェントの動作により、各エージェントは、この場合 5^{10} 通りの移動テーブルから最適なものを学習する。

【0081】

(シミュレーション実験の結果)

図9は、実験結果の一つとして、移動テーブルにおける状態空間ごとの個体数比率の時

50

間変化を示す図である。

【0082】

たとえば、タスクXをコンピュータAで実行するエージェントについて、次の移動先T(A, X)は、時間の経過とともに、コンピュータBに収束していく。他のコンピュータB～Eについても、特定の移動先に収束する。

【0083】

同様に、タスクYをコンピュータAで実行するエージェントについて、次の移動先T(A, Y)は、時間の経過とともに、コンピュータCに収束していく。タスクYにおいても、他のコンピュータB～Eおける移動先は、特定のコンピュータに収束する。

【0084】

図10は、このようにして移動先が収束した際に生成されるタスク処理のネットワークを示す図である。

【0085】

図10に示すとおり、タスクXについては、コンピュータA コンピュータB コンピュータC コンピュータD コンピュータE コンピュータAというネットワークができる。これは、タスクXの処理の順序に対応したネットワークである。

【0086】

同様に、タスクYについては、コンピュータA コンピュータC コンピュータE コンピュータB コンピュータD コンピュータAというネットワークができる。これも、タスクYの処理の順序に対応したネットワークである。

【0087】

図11は、エージェントの平均評価値の時間変化を示す図である。時間の経過とともに、各エージェントの評価値の平均値も時間の経過とともに一定値に収束する。

【0088】

図9～図11に示したこれらの結果から、各エージェントがタスクの種類と自らの所属するコンピュータに応じて最適な移動先を自律的に選択し、高い評価値を獲得していることがわかる。

【0089】

タスク処理の手順やネットワーク状況が未知である多数のエージェントが、DS-LAにより学習することで、コンピュータ間を最適な手順で移動しタスクを処理した実験結果から、創発的なネットワーク生成が可能であることがわかる。

【0090】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【0091】

【図1】本発明の分散処理システム1000の一例を示す概念図である。

【図2】図1に示したコンピュータ10.1の外観を例として示す図である。

【図3】コンピュータ10.1の構成をブロック図形式で示す図である。

【図4】DS-LAの概念を示す図である。

【図5】DS-LAのアルゴリズムを説明するためのフローチャートである。

【図6】あるエージェントが、コンピュータAに所属する際に、コンピュータAのハードディスク124内に格納するデータテーブルの例を示す図である。

【図7】タスクの処理手順テーブルおよび移動先のコンピュータを示す移動テーブルの例を示す図である。

【図8】分裂処理の手順を示すフローチャートである。

【図9】移動テーブルにおける状態空間ごとの個体数比率の時間変化を示す図である。

【図10】移動先が収束した際に生成されるタスク処理のネットワークを示す図である。

10

20

30

40

50

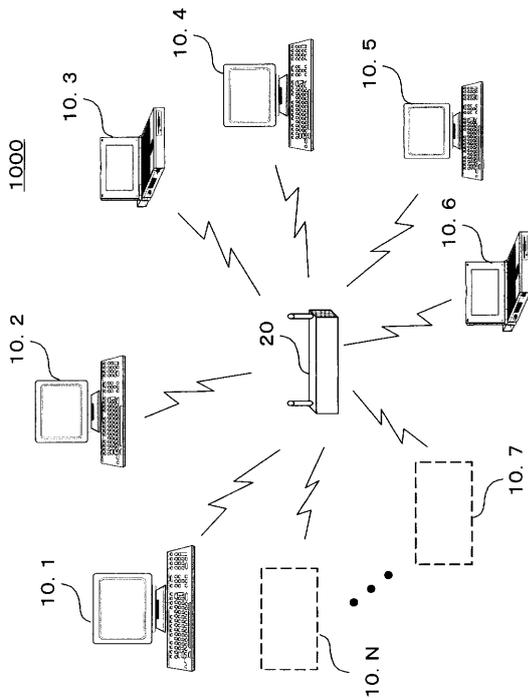
【図11】エージェントの平均評価値の時間変化示す図である。

【符号の説明】

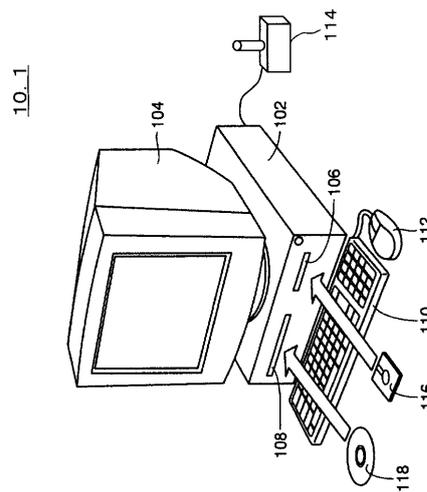
【0092】

10.1~10.N コンピュータ、20 無線アクセスポイント、102 コンピュータ本体、104 ディスプレイ、106 F Dドライブ、108 ディスクドライブ、110 キーボード、112 マウス、114 無線通信装置、118 C D - R O M、120 C P U、122 メモリ、124 ハードディスク、128 通信インタフェース、1000 システム。

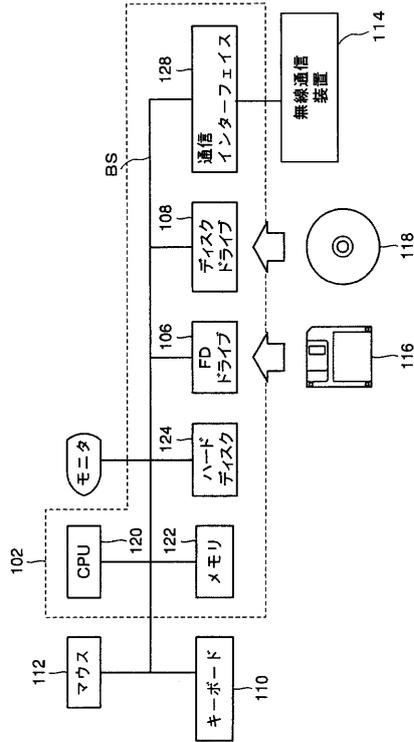
【図1】



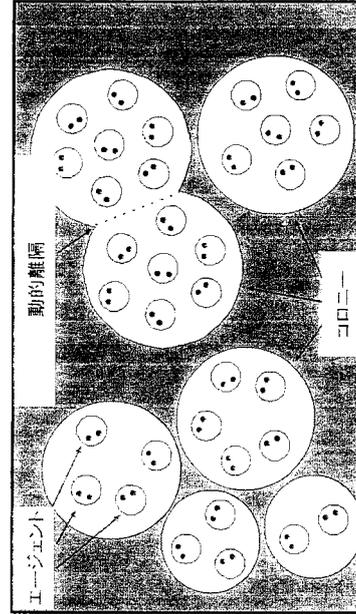
【図2】



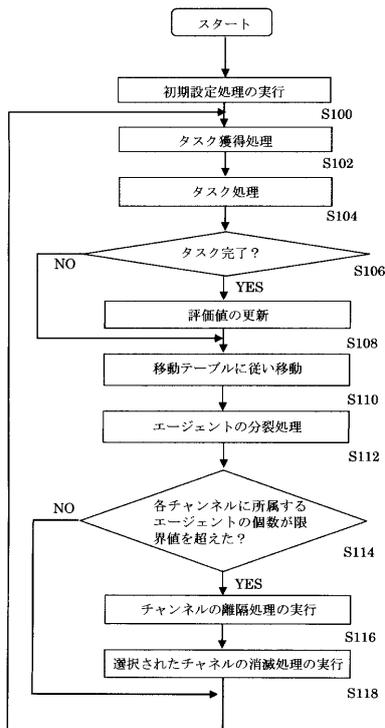
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

保持するパラメータ	現在値
所属するコンピュータ	PC A
処理するタスク	X
処理するタスクのデータ	zzz
チャンネル番号	6
所属するチャンネルのエージェント数	8
評価値	10
	BLpc
	Tk
	D
	Nchan(i)
	Nag
	U(i, t)

【 図 7 】

	タスクX	タスクY
PC A	T(A,X)	T(A,Y)
PC B	T(B,X)	T(B,Y)
PC C	T(C,X)	T(C,Y)
PC D	T(D,X)	T(D,Y)
PC E	T(E,X)	T(E,Y)

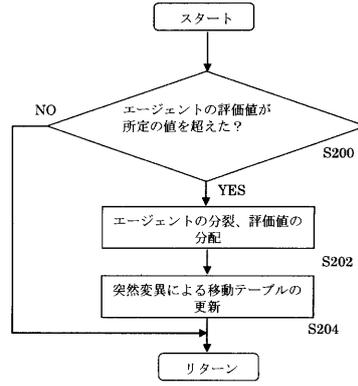
T ∈ {A, B, C, D, E}

(B) 移動テーブル

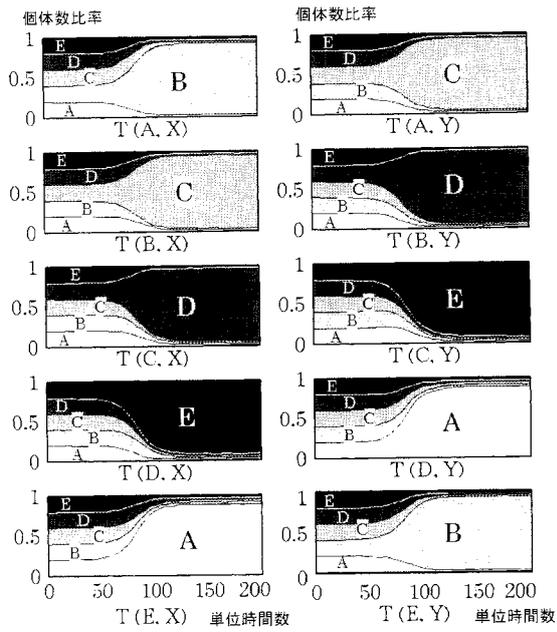
	タスクX	タスクY
第1	処理a	処理a
第2	処理b	処理c
第3	処理c	処理e
第4	処理d	処理b
第5	処理e	処理d

(A) 処理手順

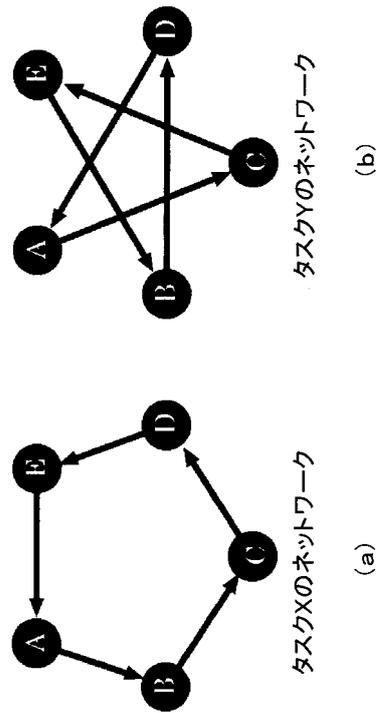
【 図 8 】



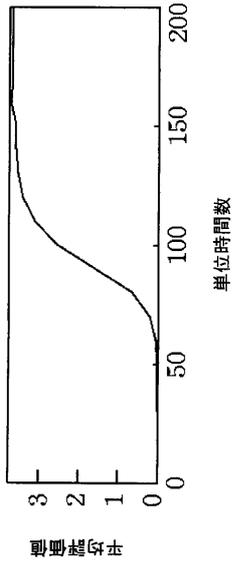
【 図 9 】



【 図 10 】



【図 11】



フロントページの続き

- (72)発明者 中山 功一
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内
- (72)発明者 下原 勝憲
京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 株式会社国際電気通信基礎技術研究所内

審査官 殿川 雅也

- (56)参考文献 特開平06-295286(JP,A)
NAKAYAMA, K., et al., Proposal of Probabilistically and Dynamically Separating GA, Evolutionary Computation, 2003. CEC '03. The 2003 Congress on, IEEE, 2003年12月12日, Vol. 2, pp. 1323 - 1330
中山功一、外2名, 動的隔離型GA(DS-GA)の提案, 情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用, 日本, 社団法人情報処理学会, 2002年11月15日, Vol. 43, No. SIG 10 (TOM 7), pp. 95 - 109
中山功一、外3名, 階層化動的隔離型GA (hDS-GA)による隔離パラメータの最適化, 情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用, 日本, 社団法人情報処理学会, 2004年2月15日, Vol. 45, No. SIG 2 (TOM 10), pp. 42 - 55
中山功一、外2名, 動的隔離型GA(DS-GA)の提案と組織化への適用, 情報処理学会シンポジウム論文集, 日本, 社団法人情報処理学会, 2001年10月, pp. 285 - 289

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06F 9/46 - 9/54