

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7342952号
(P7342952)

(45)発行日 令和5年9月12日(2023.9.12)

(24)登録日 令和5年9月4日(2023.9.4)

(51)国際特許分類	F I
G 0 6 Q 50/06 (2012.01)	G 0 6 Q 50/06
G 0 6 Q 30/0202(2023.01)	G 0 6 Q 30/0202 3 1 8
G 0 6 Q 10/06 (2023.01)	G 0 6 Q 10/06
G 0 6 F 9/50 (2006.01)	G 0 6 F 9/50 1 5 0 A

請求項の数 6 (全13頁)

(21)出願番号	特願2021-534495(P2021-534495)	(73)特許権者	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(86)(22)出願日	令和1年7月24日(2019.7.24)	(74)代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
(86)国際出願番号	PCT/JP2019/029080	(74)代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(87)国際公開番号	WO2021/014624	(74)代理人	100124844 弁理士 石原 隆治
(87)国際公開日	令和3年1月28日(2021.1.28)	(72)発明者	中村 亮太 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
審査請求日	令和4年1月18日(2022.1.18)	(72)発明者	原田 薫明 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 スケジューリング制御装置、スケジューリング制御方法、及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

k個のジョブ処理装置を備え、ジョブ処理にかかるコストが切り替わるタイミングに基づいて所定の期間がn個の時間帯に分割されるサービスシステムにおいて、総コストが最安になるようにジョブをジョブ処理装置に配置するためのスケジューリングを行うスケジューリング制御装置であって、

起点ノード、各層がジョブ処理装置に対応するk個のノードからなるn層のノード、及び終点ノードを有し、n層のノードのそれぞれに、ジョブを処理するためにかかるコストを重みとして割り当て、ジョブをジョブ処理装置から別のジョブ処理装置にライブマイグレーションさせるためにかかるコストをエッジの重みとして割り当てた有向グラフを作成する有向グラフ作成部と、

前記有向グラフにおける起点ノードから終点ノードまでの最短経路を、スケジューリングの結果として算出する最短経路算出部と

を備えるスケジューリング制御装置。

【請求項2】

k個のデータセンタを備え、電気料金が切り替わるタイミングに基づいて所定の期間がn個の時間帯に分割されるサービスシステムにおいて、総電気料金が最安になるようにサーバをデータセンタに配置するためのスケジューリングを行うスケジューリング制御装置であって、

起点ノード、各層がデータセンタに対応するk個のノードからなるn層のノード、及び

終点ノードを有し、 n 層のノードのそれぞれに、サーバを稼働させるためにかかる電気料金を重みとして割り当て、サーバをデータセンタから別のデータセンタにライブマイグレーションさせるためにかかる電気料金をエッジの重みとして割り当てた有向グラフを作成する有向グラフ作成部と、

前記有向グラフにおける起点ノードから終点ノードまでの最短経路を、スケジューリングの結果として算出する最短経路算出部と

を備えるスケジューリング制御装置。

【請求項 3】

ノード又はエッジに割り当てる電気料金を算出するために用いる消費電力を、過去のある一定期間におけるサーバ稼働時の消費電力の平均を算出することで推定する消費電力情報推定部

10

を備える請求項 2 に記載のスケジューリング制御装置。

【請求項 4】

前記サービスシステムにおいて、サービス提供のために必要な設備量に対して設備量が不足する場合に、前記サービスシステムが有する設備量に対して前記有向グラフ作成部及び前記最短経路算出部がスケジューリングを行い、

更に、不足する設備量に対して、前記有向グラフ作成部が、ボトルネックとなるノード又はエッジを削除した有向グラフを作成し、前記最短経路算出部が、当該有向グラフにおける起点ノードから終点ノードまでの最短経路を、不足する設備量に対するスケジューリングの結果として算出する

20

請求項 2 又は 3 に記載のスケジューリング制御装置。

【請求項 5】

k 個のジョブ処理装置を備え、ジョブ処理にかかるコストが切り替わるタイミングに基づいて所定の期間が n 個の時間帯に分割されるサービスシステムにおいて、総コストが最安になるようにジョブをジョブ処理装置に配置するためのスケジューリングを行うスケジューリング制御装置が実行するスケジューリング制御方法であって、

起点ノード、各層がジョブ処理装置に対応する k 個のノードからなる n 層のノード、及び終点ノードを有し、 n 層のノードのそれぞれに、ジョブを処理するためにかかるコストを重みとして割り当て、ジョブをジョブ処理装置から別のジョブ処理装置にライブマイグレーションさせるためにかかるコストをエッジの重みとして割り当てた有向グラフを作成する有向グラフ作成ステップと、

30

前記有向グラフにおける起点ノードから終点ノードまでの最短経路を、スケジューリングの結果として算出する最短経路算出ステップと

を備えるスケジューリング制御方法。

【請求項 6】

コンピュータを、請求項 1 ないし 4 のうちいずれか 1 項に記載のスケジューリング制御装置における各部として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、ジョブ処理にかかるコストが時間により切り替わるサービスシステムにおいて、総コストが最安になるようにジョブをジョブ処理装置に配置するためのスケジューリング技術に関連するものである。

【背景技術】

【0002】

一般的にスケジューリング問題に対する解法としては、局所探索法や遺伝的アルゴリズムなどが用いられている。例えば非特許文献 1 は、スケジューリング問題について遺伝的アルゴリズムを応用した手法を開示、更に他の局所探索法やタブーサーチ法等との比較も開示している。

【0003】

50

ジョブ処理にかかるコストが時間により切り替わるサービスシステムとして、例えば、時間帯により各データセンタの電気料金単価が変化する仮想ネットワーク環境がある。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【文献】「遺伝的アルゴリズムによるフローショップ・スケジューリングと多目的最適化問題への応用」村田忠彦，石淵久生，田中英夫，計測自動制御学会論文集，Vol.31，No.5，583/590，1995年

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

時間帯により各データセンタの電気料金単価が変化する仮想ネットワーク環境において、総電気料金が最安となるようなサーバ負荷配置とすることが望ましい。

【0006】

仮想ネットワーク環境におけるサーバ負荷の移動においてはライブマイグレーションによる追加の消費電力が発生するため、各時間帯の最適解を適用するだけでは全体最適とならない。そのため、将来の電気代単価等のパラメータ推移に加えてサーバ負荷移動コストまで考慮したうえで、一日を通しての最適スケジュール制御が必要である。しかし、このような最適スケジュール制御を実現する従来技術は提案されていない。

【0007】

また、上記のような最適スケジュール制御が必要であるという課題は、仮想ネットワーク環境下でのサーバ配置の分野に限らず、ジョブ処理装置におけるジョブ処理にかかるコストが時間により切り替わるサービスシステム全般に生じ得る課題である。

【0008】

本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、ジョブ処理装置におけるジョブ処理にかかるコストが時間により切り替わるサービスシステムにおいて、総コストが最安となるようにジョブを配置することを可能とするスケジューリング技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

開示の技術によれば、 k 個のジョブ処理装置を備え、ジョブ処理にかかるコストが切り替わるタイミングに基づいて所定の期間が n 個の時間帯に分割されるサービスシステムにおいて、総コストが最安になるようにジョブをジョブ処理装置に配置するためのスケジューリングを行うスケジューリング制御装置であって、

起点ノード、各層がジョブ処理装置に対応する k 個のノードからなる n 層のノード、及び終点ノードを有し、 n 層のノードのそれぞれに、ジョブを処理するためにかかるコストを重みとして割り当て、ジョブをジョブ処理装置から別のジョブ処理装置にライブマイグレーションさせるためにかかるコストをエッジの重みとして割り当てた有向グラフを作成する有向グラフ作成部と、

前記有向グラフにおける起点ノードから終点ノードまでの最短経路を、スケジューリングの結果として算出する最短経路算出部と

を備えるスケジューリング制御装置が提供される。

【発明の効果】

【0010】

開示の技術によれば、ジョブ処理装置におけるジョブ処理にかかるコストが時間により切り替わるサービスシステムにおいて、総コストが最安となるようにジョブを配置することを可能とするスケジューリング技術が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の実施の形態におけるスケジュール制御装置の構成図である。

10

20

30

40

50

【図2】スケジュール制御装置のハードウェア構成例を示す図である。

【図3】ネットワークトポロジーの例を示す図である。

【図4】各社の電気料金プランの比較を示す図である。

【図5】トポロジーを基にした有向グラフを示す図である。

【図6】ボトルネックを削除した有向グラフを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態（本実施の形態）を説明する。以下で説明する実施の形態は一例に過ぎず、本発明が適用される実施の形態は、以下の実施の形態に限られるわけではない。

10

【0013】

以下の実施の形態では、サービスシステムの例として、時間帯により各データセンタの電気料金単価が変化する仮想ネットワーク環境を対象としている。データセンタには、ジョブ処理装置としてのコンピュータが備えられており、当該コンピュータ上でサーバが稼働する。データセンタにサーバを配置するとは、データセンタにおけるコンピュータ上でサーバを稼働させることである。また、「サーバ」はジョブの一例であり、「電気料金」はコストの一例である。

【0014】

（実施の形態の概要）

本実施の形態では、時間帯により各データセンタの電気料金単価が変化する仮想ネットワーク環境において、総電気料金が最安となるようなサーバ負荷配置を求める。

20

【0015】

具体的には、各データセンタの電気料金単価の推移が既知であるサーバ負荷配置最適スケジュール問題において、スケジュール制御装置が、電気料金単価変化に対する各電気料金の時系列推移に基づいた有向グラフを作成し、当該グラフにおける最短経路問題を解くことで、サーバ負荷配置最適スケジュールを導出する。

【0016】

以下、装置構成、及び装置動作について詳細に説明する。

【0017】

（装置構成）

図1に、本実施の形態におけるスケジュールリング制御装置100の機能構成を示す。図1に示すように、スケジュールリング制御装置100は、ノード・リンク情報収集部110、消費電力情報推定部120、電気料金単価情報収集部130、電気料金計算部140、有向グラフ作成部150、最短経路探索部160、制御部170、制御管理部180を有する。

30

【0018】

ノード・リンク情報収集部110は、対象とする仮想ネットワーク環境におけるデータセンタの数や各データセンタ間のリンクなどのネットワークトポロジー情報を収集する。消費電力情報推定部120は、各データセンタにおいてサーバを稼働させた際の消費電力を推定する。

40

【0019】

電気料金単価情報収集部130は、時間によって推移する各パラメータ情報として、各電力会社の電気料金プラン情報を収集する。電気料金計算部140は、消費電力情報と電気料金プラン情報から、時間帯毎にサーバを稼働させるために必要な電気料金及びライブマイグレーションを行うために必要な電気料金を計算する。

【0020】

有向グラフ作成部150は、ノード・リンク情報やパラメータ情報、電気料金計算結果から有向グラフを作成する。最短経路探索部160は、有向グラフ作成部150で作成されたグラフにおいてダイクストラ法等の手法を用い最短経路を導出する。

【0021】

50

制御部 170 は、最短経路探索部 160 から導出された結果に基づき制御を行う。本実施の形態では仮想ネットワークを管理するオーケストレータに制御ポリシーを指令する。

【0022】

制御管理部 180 は、電気料金単価情報収集部からパラメータの変動間隔を把握し、それに基づき最短経路探索部 160 及び制御部 170 に適切な動作タイミングを指令する。

【0023】

スケジューリング制御装置 100 は、例えば、コンピュータにプログラムを実行させることにより実現できる。

【0024】

すなわち、スケジューリング制御装置 100 は、コンピュータに内蔵される CPU やメモリ等のハードウェア資源を用いて、スケジューリング制御装置 100 で実施される処理に対応するプログラムを実行することによって実現することが可能である。上記プログラムは、コンピュータが読み取り可能な記録媒体（可搬メモリ等）に記録して、保存したり、配布したりすることが可能である。また、上記プログラムをインターネットや電子メール等、ネットワークを通して提供することも可能である。

【0025】

図 2 は、上記コンピュータのハードウェア構成例を示す図である。図 2 のコンピュータは、それぞれバス B で相互に接続されているドライブ装置 1000、補助記憶装置 1002、メモリ装置 1003、CPU 1004、インタフェース装置 1005、表示装置 1006、及び入力装置 1007 等を有する。

【0026】

当該コンピュータでの処理を実現するプログラムは、例えば、CD-ROM 又はメモリカード等の記録媒体 1001 によって提供される。プログラムを記憶した記録媒体 1001 がドライブ装置 1000 にセットされると、プログラムが記録媒体 1001 からドライブ装置 1000 を介して補助記憶装置 1002 にインストールされる。但し、プログラムのインストールは必ずしも記録媒体 1001 より行う必要はなく、ネットワークを介して他のコンピュータよりダウンロードするようにしてもよい。補助記憶装置 1002 は、インストールされたプログラムを格納すると共に、必要なファイルやデータ等を格納する。

【0027】

メモリ装置 1003 は、プログラムの起動指示があった場合に、補助記憶装置 1002 からプログラムを読み出して格納する。CPU 1004 は、メモリ装置 1003 に格納されたプログラムに従って、スケジューリング制御装置 100 に係る機能を実現する。インタフェース装置 1005 は、ネットワークに接続するためのインタフェースとして用いられ、ネットワークを介した入力手段及び出力手段として機能する。表示装置 1006 はプログラムによる GUI (Graphical User Interface) 等を表示する。入力装置 157 はキーボード及びマウス、ボタン、又はタッチパネル等で構成され、様々な操作指示を入力させるために用いられる。

【0028】

以下、スケジューリング制御装置 100 の動作の具体例を下記の実施例を用いて説明する。

【0029】

(実施例)

図 3 は、本実施例における仮想ネットワークを実現している物理的なネットワークトポロジーを示す。図 3 における A、B、C はデータセンタ（具体的にはデータセンタのコンピュータ）を表し、間をつなぐ線はリンクを示す。このようなトポロジー情報はノード・リンク情報収集部 110 により収集される。

【0030】

A、B、C はそれぞれの電力会社の管轄にあり、図 3 ではそれぞれの電力会社の管轄が、A、B、C が存在する区画で示されている。例えば、A は電力会社 T の管轄にあり、B は電力会社 K の管轄にあり、C は電力会社 H の管轄にある。電力会社ごとに提供する電気

10

20

30

40

50

料金プランが異なるため、最安となる電力会社エリアが時間帯ごとに変化する。

【0031】

電気料金単価情報収集部130により収集された各社の電気料金プランの一例を図4に示す。ノード・リンク情報収集部110及び電気料金単価情報収集部130により収集された情報は、メモリ装置1003等の記憶手段に格納され、他の機能部から読み出されて計算に使用される。

【0032】

仮想化された環境においては、あるサービスを提供するサーバをデータセンタ間で柔軟に再配置が可能である。そのため各時間帯において最も安い電気料金プランを提供する電力会社エリアに属するデータセンタにサーバを配置していくことで、電気料金を削減する

10

【0033】

例えば図4に示す例において、0～8時においてはAの属する電力会社が、8～16時においてはBの属する電力会社が、16～24時においてはAの属する電力会社がそれぞれ最安な電気料金プランを提供している。つまり、サーバをデータセンタA B Aの順番で再配置していくとコストメリットが最も高いと考えられる。

【0034】

一方で、サーバを再配置するためにはライブマイグレーションが必要である。ライブマイグレーションを実現するためには、移動前のサーバと移動後のサーバとの間でタスクの状態やデータベースを複製し同期させる必要があり、そのためのデータ転送が発生している間は2台のサーバが同時に稼働している時間が発生する。そのためサービス提供のための消費電力とは別に追加で消費電力が発生する。

20

【0035】

これにより、上記のとおりA B Aの順番で再配置したとしてもA B、B Aそれぞれの再配置によるライブマイグレーションコストの増加があるため、A A Aのように再配置を行わない場合が1日を通しての総電気料金が最も安くなる場合も考えられる。

【0036】

このようなシチュエーションにおいては、各時間帯の最適解を適用するだけでは全体最適とならず、将来のパラメータ推移まで考慮したうえでのスケジュール制御が必要となる。以下、最適スケジュールを導出するための処理内容を詳細に説明する。

30

【0037】

<有向グラフ作成、電気料金計算>

最適スケジュールを導出するために、有向グラフ作成部150が下記のS1～S7の手順で有向グラフを作成する。

【0038】

S1) 電気料金が切り替わるタイミングに基づき24時間をn個(nは0以上の整数)の区間(層と呼ぶ)に分ける。図4の例では、24時間が3つの層に分けられる。

【0039】

S2) データセンタの数をk台(kは0以上の整数)とするとき、k(台)×n(層)のノードを作成する。図3、図4の例では、3×3のノードが作成される。

40

【0040】

S3) 第0層として単一の起点ノードを、第n+1層として単一の終点ノードを追加する。

【0041】

S4) 第i {0, ..., n+1}層j番目のノードから第i+1層の全てのノードにエッジを生成する。つまり、第i層のそれぞれのノードから、第i+1層の全てのノードにエッジを生成する。

【0042】

S5) ノードの重みとして、そのノード(データセンタ)でサーバを稼働させた際の電気料金を割り当てる。

50

【 0 0 4 3 】

S 6) エッジの重みとして、第 i 層のノードから第 $i + 1$ 層のノードへライブマイグレーションを行った際にかかる電気料金を割り当てる。

【 0 0 4 4 】

S 7) 第 0 層及び第 $n + 1$ 層に繋がるすべてのエッジの重みを 0 とする。

【 0 0 4 5 】

上記のノード / エッジの重みとして使用される電気料金は電気料金計算部 1 4 0 により計算される。

【 0 0 4 6 】

具体的には、電気料金計算部 1 4 0 は、各電気料金を電気料金単価 (円 / kWh) 及び機器の稼働時間 (h) と消費電力 (kW) の掛け算で算出する。電気料金単価として電気料金単価情報収集部 1 3 0 により収集された値を用い、機器の稼働時間として、ノードについては層に対応する時間帯の長さを用い、エッジについてはライブマイグレーションにかかる時間を用いる。

10

【 0 0 4 7 】

サーバの稼働やライブマイグレーションにかかる消費電力については、消費電力情報推定部 1 2 0 が、過去の実績データから推定する。消費電力情報推定部 1 2 0 は、例えば下記の式に基づき過去のある一定期間におけるサーバ稼働時のノードの消費電力の平均を取ることによって消費電力を推定する。

【 0 0 4 8 】

20

【 数 1 】

$$P_i = \frac{1}{\sum_{X_i(t)=1} (t_1 - t_0)} \int_{t_0}^{t_1} P_i(t) * X_i(t) dt$$

30

P_i : サーバ i の稼働時の消費電力推定値 ;

t_0 : 平均を取る時刻の始点 ;

t_1 : 平均を取る時刻の終点 ;

$P_i(t)$: サーバ i の時刻 t における消費電力 ;

$X_i(t) = 1$ (サーバ i が時刻 t において稼働している場合)

$= 0$ (上記以外) ;

$X_i(t) = 1 (t_1 - t_0)$: 時刻 t_0 から t_1 において、サーバ i が稼働している総時間。

【 0 0 4 9 】

平均に用いる期間は例えば 1 週間分のデータを用いることが考えられる。また、サーバルーム内温度等のパラメータに従って加重平均を取る方法を用いてもよい。更に、前日の実績データを適用する方法を用いてもよい。

40

【 0 0 5 0 】

本実施例において、有向グラフ作成部 1 5 0 により作成された有向グラフを図 5 に示す。

【 0 0 5 1 】

図 5 において、第 1 層から第 3 層はそれぞれ 0 ~ 8 時、8 ~ 16 時、16 ~ 24 時の時間帯を表す。ノード A、B、C はそれぞれの電力会社に属するデータセンタを示し、括弧内の数字はそのデータセンタでサーバを稼働させた際の電気料金を示す。エッジの数字はそれぞれ時間帯が切り替わる際に再配置のためのライブマイグレーションを行う際にかかる電気料金を示す。A A、B B、C C は再配置を行わないため、電気料金は 0 とな

50

る。

【0052】

<最短経路探索>

最短経路探索部160が、有向グラフにおいて各ノード及びエッジの電気料金を経路長と見なして、[src]から[dst]までの最短経路を求める。経路上のノードを通ることは当該時間帯においてそのデータセンタにおいてサーバを稼働させることを指す。

【0053】

例えば最短経路がA B Aとなる場合、0～8時はA、8～16時はB、16～24時はAの各データセンタにサーバを配置することを意味する。経路長は一日でかかる総電気料金となるため、最短経路上のサーバを各時間帯に稼働させることで電気料金が最も安くなる運用スケジュールを取ることとなる。

10

【0054】

有向グラフにおける[src]から[dst]までの最短経路を求める手法については、特定の手法に限定されないが、例えば、ダイクストラ法やベルマンフォード法を用いることができる。

【0055】

<制御>

例えば最短経路がA B Aとなる場合、制御部170は、0～8時はA、8～16時はB、16～24時はAの各データセンタにサーバを配置することを指示する制御情報を、仮想ネットワークを管理するオーケストレータに送信する。オーケストレータは、制御情報に従って、該当時刻になったらサーバのライブマイグレーションを実行する。

20

【0056】

<サーバ容量やリンク帯域の上限を考慮する場合の例>

上記においてはサーバ容量やリンク帯域の上限を考慮しなかったが、以下の方法により、サーバ容量やリンク帯域の上限等の各設備の条件を考慮した最適スケジュールを導出することができる。なお、サーバ容量及びリンク帯域を総称して設備量と称してもよい。

【0057】

例として、サービス提供に必要なサーバ容量100GBに対し、各データセンタA、B、Cが割り当てられるサーバ容量がそれぞれ100GB、80GB、100GBである場合を考える。

30

【0058】

サーバ容量制限がない場合は上記の通りA B Aと配置するのが最適であるが、本例では昼間帯においてデータセンタBのサーバ容量が20GB不足する。この場合、スケジューリング制御装置100は、80GB分の負荷(サービスシステムが有する設備量)については上記の既に説明した最適スケジュールの処理を行って配置し、残りの20GB分の負荷(不足する設備量)を再度スケジューリングする。このようなスケジューリングの実行制御は、例えば制御管理部180が行う。

【0059】

残り20GB分の負荷の再配置については、有向グラフ作成部150は、ボトルネックとなった昼間帯(第二層)のデータセンタBがグラフから削除された有向グラフを作成し、最短経路探索部160が、図6に示す新たな有向グラフにおいて再度最短経路問題を解くことで、最適スケジュールを導出する。

40

【0060】

20GB分の負荷の再配置については、A A Aが最適スケジュールとなる。つまり100GBのうち、80GBはA B Aと配置し、20GBはA A Aと配置することになる。

【0061】

以上、サーバ容量がボトルネックである場合を説明したが、リンク帯域がボトルネックとなる場合は同様に当該リンクを有向グラフから削除することで、帯域超過分の配置スケジュールを導出することができる。

50

【 0 0 6 2 】

< その他の例 >

本実施例においては一日を複数時間帯に分割し一日における最適スケジュールを導出したが、本発明に係る技術はスケジュール導出対象期間を一日に限ったものではない。例えば季節ごとの変動を加味し、一年を4分割にして年間を通して最適スケジュールを導出する問題にも適用が可能である。

【 0 0 6 3 】

更に、本実施例では、扱う問題としてエリアごとに異なる電気料金単価に着目した仮想ネットワークにおける電気料金削減例を挙げたが、本発明に係る技術の適用分野はこれに限ったものではない。

10

【 0 0 6 4 】

例えば、あるサービスの料金プランにおいて、期間ごとに最安になるプランが異なりかつプラン移行に解約金等の費用がかかる場合における、最適な料金プラン移行スケジュールの導出に本発明を適用することが可能である。また、本例のように、ある一つのジョブを効率が異なる複数の機械が順番に処理するスケジュール問題において、ジョブを機械間で受け渡す際にロス（本実施例におけるライブマイグレーションコストに相当）が発生するような問題について広く本発明の適用が可能である。

【 0 0 6 5 】

（実施の形態の効果）

以上説明したように、本実施の形態に係る技術により、最適スケジューリング問題の解法について、グラフの適用及び既存の最適化手法の利用により、簡易に最適解を導出することが可能となる。

20

【 0 0 6 6 】

（実施の形態のまとめ）

本明細書には、少なくとも下記各項のスケジューリング制御装置、スケジューリング制御方法、及びプログラムが開示されている。

（第1項）

k個のジョブ処理装置を備え、ジョブ処理にかかるコストが切り替わるタイミングに基づいて所定の期間がn個の時間帯に分割されるサービスシステムにおいて、総コストが最安になるようにジョブをジョブ処理装置に配置するためのスケジューリングを行うスケジューリング制御装置であって、

30

起点ノード、各層がジョブ処理装置に対応するk個のノードからなるn層のノード、及び終点ノードを有し、n層のノードのそれぞれに、ジョブを処理するためにかかるコストを重みとして割り当て、ジョブをジョブ処理装置から別のジョブ処理装置に移行させるためにかかるコストをエッジの重みとして割り当てた有向グラフを作成する有向グラフ作成部と、

前記有向グラフにおける起点ノードから終点ノードまでの最短経路を、スケジューリングの結果として算出する最短経路算出部と

を備えるスケジューリング制御装置。

（第2項）

40

k個のデータセンタを備え、電気料金が切り替わるタイミングに基づいて所定の期間がn個の時間帯に分割されるサービスシステムにおいて、総電気料金が最安になるようにサーバをデータセンタに配置するためのスケジューリングを行うスケジューリング制御装置であって、

起点ノード、各層がデータセンタに対応するk個のノードからなるn層のノード、及び終点ノードを有し、n層のノードのそれぞれに、サーバを稼働させるためにかかる電気料金を重みとして割り当て、サーバをデータセンタから別のデータセンタにライブマイグレーションさせるためにかかる電気料金をエッジの重みとして割り当てた有向グラフを作成する有向グラフ作成部と、

前記有向グラフにおける起点ノードから終点ノードまでの最短経路を、スケジューリン

50

グの結果として算出する最短経路算出部と
を備えるスケジューリング制御装置。

(第3項)

ノード又はエッジに割り当てる電気料金を算出するために用いる消費電力を、過去のあ
る一定期間におけるサーバ稼働時の消費電力の平均を算出することで推定する消費電力情
報推定部

を備える第2項に記載のスケジューリング制御装置。

(第4項)

前記サービスシステムにおいて、サービス提供のために必要な設備量に対して設備量が
不足する場合に、前記サービスシステムが有する設備量に対して前記有向グラフ作成部及
び前記最短経路算出部がスケジューリングを行い、

10

更に、不足する設備量に対して、前記有向グラフ作成部が、ボトルネックとなるノード
又はエッジを削除した有向グラフを作成し、前記最短経路算出部が、当該有向グラフにお
ける起点ノードから終点ノードまでの最短経路を、不足する設備量に対するスケジューリ
ングの結果として算出する

第2項又は第3項に記載のスケジューリング制御装置。

(第5項)

k個のジョブ処理装置を備え、ジョブ処理にかかるコストが切り替わるタイミングに基
づいて所定の期間がn個の時間帯に分割されるサービスシステムにおいて、総コストが最
安になるようにジョブをジョブ処理装置に配置するためのスケジューリングを行うスケ
ジューリング制御装置が実行するスケジューリング制御方法であって、

20

起点ノード、各層がジョブ処理装置に対応するk個のノードからなるn層のノード、及
び終点ノードを有し、n層のノードのそれぞれに、ジョブを処理するためにかかるコスト
を重みとして割り当て、ジョブをジョブ処理装置から別のジョブ処理装置に移行させるた
めにかかるコストをエッジの重みとして割り当てた有向グラフを作成する有向グラフ作成
ステップと、

前記有向グラフにおける起点ノードから終点ノードまでの最短経路を、スケジューリン
グの結果として算出する最短経路算出ステップと

を備えるスケジューリング制御方法。

(第6項)

30

コンピュータを、第1項ないし第4項のうちいずれか1項に記載のスケジューリング制
御装置における各部として機能させるためのプログラム。

【0067】

以上、本実施の形態について説明したが、本発明はかかる特定の形態に限定される
ものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形
・変更が可能である。

【符号の説明】

【0068】

- 100 スケジューリング制御装置
- 110 ノード・リンク情報収集部
- 120 消費電力情報推定部
- 130 電気料金単価情報収集部
- 140 電気料金計算部
- 150 有向グラフ作成部
- 160 最短経路探索部
- 170 制御部
- 180 制御管理部
- 1000 ドライブ装置
- 1001 記録媒体
- 1002 補助記憶装置

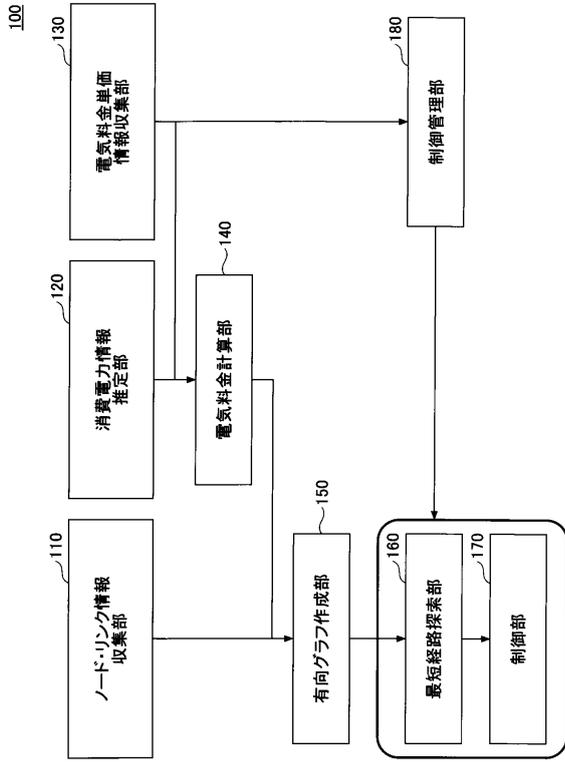
40

50

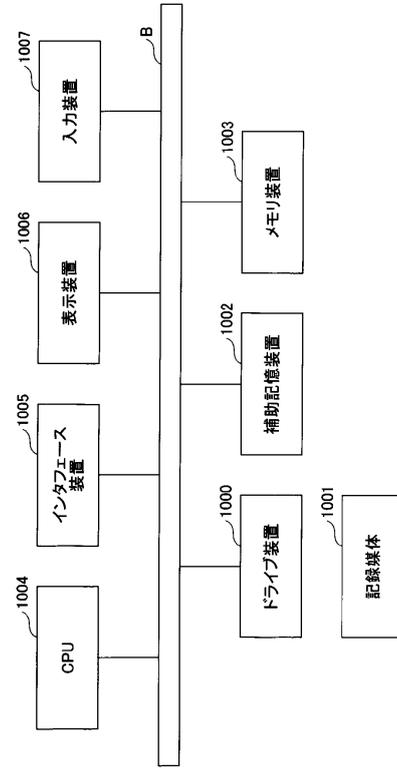
- 1 0 0 3 メモリ装置
- 1 0 0 4 CPU
- 1 0 0 5 インタフェース装置
- 1 0 0 6 表示装置
- 1 0 0 7 入力装置

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

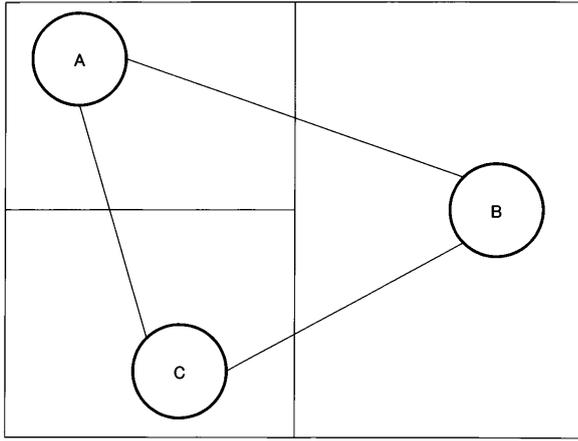
20

30

40

50

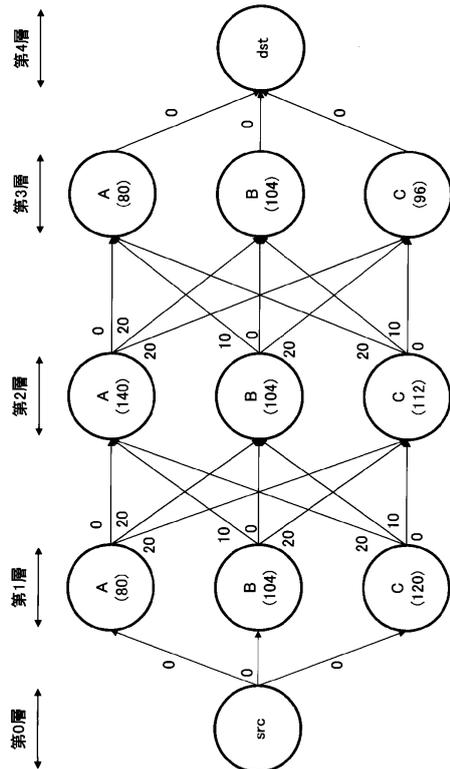
【 図 3 】



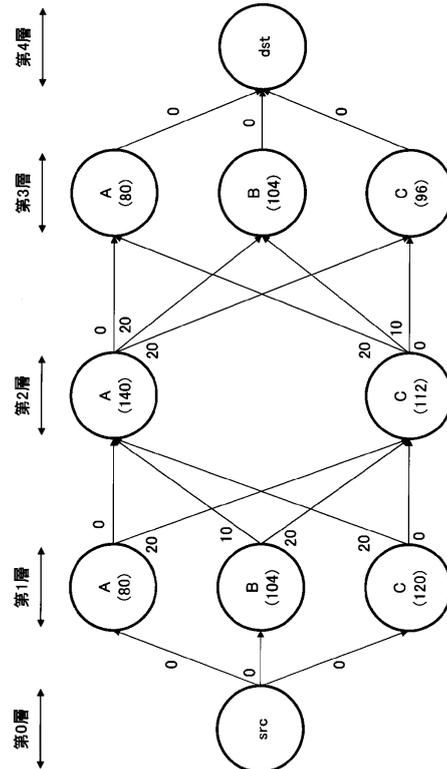
【 図 4 】

データセンタ	各時間帯の電気料金単価		
	0:00-8:00	8:00-16:00	16:00-24:00
A	10円	15円	10円
B	13円	13円	13円
C	15円	14円	12円

【 図 5 】



【 図 6 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 上田 威

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2013/0030859 (US, A1)
特開2014-238710 (JP, A)
米国特許出願公開第2002/0045453 (US, A1)
国際公開第2013/058285 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G06Q 10/00 - 99/00
G06F 9/50