

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 6 月 26 日(26.06.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/097599 A1

- (51) 国際特許分類:
G06Q 50/10 (2012.01) **G06F 9/445** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/007373
- (22) 国際出願日: 2013 年 12 月 16 日(16.12.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-274429 2012 年 12 月 17 日(17.12.2012) JP
- (71) 出願人: 日本電気株式会社(NEC CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 伊豆倉 さやか(IZUKURA, Sayaka); 〒
1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気
株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 下坂 直樹(SHIMOSAKA, Naoki); 〒
1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気
株式会社内 Tokyo (JP).

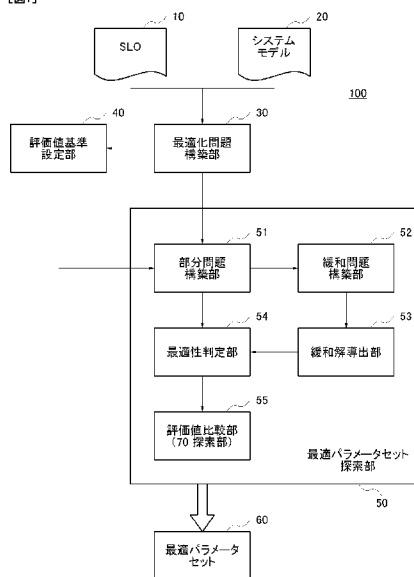
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: OPTIMAL DESIGN ASSISTANCE DEVICE, METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 最適設計支援装置、方法及びプログラム

【図1】



- 20 System model
30 Optimization problem building unit
40 Evaluation value reference setting unit
50 Optimal parameter set search unit
51 Partial problem building unit
52 Relaxation problem building unit
53 Relaxation solution derivation unit
54 Optimality assessment unit
55 Evaluation value comparison unit (70 search unit)
60 Optimal parameter set

(57) Abstract: An objective of the present invention is to assist with design of a minimum-cost computer system configuration in a short time and with high efficiency even of a computer system which carries out complex processes. An optimal design assistance device, assisting in design of controllable design parameters of a computer system whereupon a plurality of Service Level Objects (SLO) relating to non-function requisites are designated, comprises: a relaxation solution derivation unit (53) which derives a relaxation solution evaluation value which is the minimum value of the cost of a system configuration of a computer system which satisfies a portion of SLOs among a plurality of SLOs; and a search unit (70) which, using a relaxation solution evaluation value unit, searches for a parameter set of design parameters whereby all of the plurality of SLOs are achieved and the cost of the system configuration reaches a minimum.

(57) 要約: 複雑な処理を行うコンピュータシステムであっても、価格が最小となるシステム構成の設計を短時間かつ高効率に行なえるように支援すること。非機能要件に関する Service Level Object (SLO) が複数指定されるコンピュータシステムの制御可能な設計パラメータの設計を支援する最適設計支援装置は、複数の SLO のうち一部の SLO を達成するコンピュータシステムのシステム構成の価格の最小値である緩和設計評価値を導出する緩和設計導出部 53 と、緩和設計評価値部を利用して、複数の SLO を全て達成し、かつ、システム構成の価格が最小となる設計パラメータのパラメータセットを探索する探索部 70 を備える。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：最適設計支援装置、方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、コンピュータシステムの制御可能な設計パラメータの設計を支援する最適設計支援装置、方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] コンピュータシステムの開発時には、コンピュータシステムのサービス品質に関する認識の相違を防ぐため、あらかじめ顧客との間で、性能や可用性などの非機能要件に対するサービス品質の目標値（S L O : Service Level Object）が設定されることが一般的である。

[0003] 代表的な非機能要件の一つは、性能である。例えば、性能に対するS L Oにおいては、システムの処理能力を表す最大スループット、所定の処理が終了するまでの時間を表すターンアラウンドタイム、C P U（C P U : Central Processing Unit）やスレッドなどの各種リソースの使用率が、それぞれ、許容できる範囲にあることが指定される。

[0004] 通常、このようなS L Oを考慮したシステム構成の設計（キャパシティプランニング）を行うためには、その技術分野の専門家が経験に基づく知識などを利用する。そして、要求される性能や可用性の条件を満たすようなシステム構成、すなわち、制御可能な設計パラメータの組み合わせを選び出す。

[0005] しかし、決定すべき設計パラメータは大量に存在するため、適切な組み合わせを人手で決定するのは手間がかかる。また、S L Oを達成し、かつ、サービス品質を保証するような構成は複数考えられるが、それらの中で価格が最小となるような最適な組み合わせを選び出すことは、さらに多くの時間と労力を要する。

[0006] よって、このようなシステム構成を決定する工程を自動化することによって、全てのS L Oを達成し、かつ、価格が最小となるような設計パラメータの組み合わせを効率的に導出することが求められる。

[0007] ここで、このような問題は、与えられた制約条件を満たし、一定の評価基準において評価を最高にするように各制御変数の値を決定する、いわゆる組み合わせ最適化問題として定式化することができる。

[0008] この種の最適化問題を解決する公知技術として、下記特許文献1においては、システム構成を複数のパラメータ（パラメータセット）によって表現する。そのうえで、応答時間に関する一定の制約条件のもとで、価格が最小となるようなシステム構成を自動的に導出する技術が提案されている。より具体的には、システムの応答時間を待ち行列理論に基づいて予測し、ラグランジュの未定乗数法とニュートン法とによる逐次近似法を用いて、制約条件を満たす最適点を求める技術が提案されている。

[0009] また、下記特許文献2では、サーバ上で実行されている業務アプリケーションごとに収集した、CPUなどのリソースの負荷情報をもとに処理の多重度を増加させた場合の負荷の増加量を計算する。その後、全てのリソースに対する負荷があらかじめ設定されている上限値以下となるように最適な処理の多重度を決定する技術が提案されている。

[0010] さらに、下記特許文献3では、開発対象システムの各コンポーネントに対して、決められた配分比を満足する範囲内で資源使用量を配分して、トランザクションを複数同時に実行した場合のシステムの性能を予測する。予測結果が性能要求を満たさない場合には、前回と異なる資源使用量を配分し直した予測を繰り返すことで、性能要求を満足するのに必要な、各コンポーネントの資源使用量を探索する技術が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：特開2004-30292号公報

特許文献2：特開2006-252162号公報

特許文献3：特開2010-128835号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0012] しかしながら、並列処理や分岐・同期処理などを含む複雑な処理を行うシステムについては、特許文献１に提案されている技術では、応答時間の予測値を閉じた式（数式）として表すことはできない。また、処理の様子を模したシミュレーションや実機を用いた計測等により、応答時間等に対する近似式を求めることは可能であるが、様々な条件下でのシミュレーションや実測を行う必要があるため、多大な時間を要する。逆に、限られた少数の条件下のみでしかシミュレーションや実測を行わなければ、誤差が大きくなってしまい、正確な非機能要件の評価やキャパシティプランニングを行うことはできない。
- [0013] また、特許文献２に提案されている技術では、単純な比例計算が可能なりソース使用率のみをＳＬＯとして扱っており、応答時間のような、正確に予測することが難しいＳＬＯについては考慮していない。
- [0014] さらに、特許文献３に提案されている技術では、様々なシステム構成における性能予測を繰り返す、いわば手探りの手法であり、顧客の要求を満たす構成を見つけ出すのは、非常に効率が悪い。
- [0015] 本発明は、上記の事情を鑑みてなされたものであり、その目的は、複雑な処理を行うコンピュータシステムであっても、価格が最小となるシステム構成の設計を、短時間かつ高効率に行なえるように支援する最適設計支援装置及びプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0016] 上記課題を解決するために本発明の最適設計支援装置は、非機能要件に関するＳＬＯが複数指定されるコンピュータシステムの制御可能な設計パラメータの設計を支援する最適設計支援装置であって、複数の前記ＳＬＯのうち達成可否を高速に判定可能な一部のＳＬＯを達成する前記コンピュータシステムのシステム構成の価格の最小値である緩和解評価値を導出する導出手段と、前記緩和解評価値を利用して、前記複数のＳＬＯを全て達成し、かつ、前記システム構成の価格が最小となる設計パラメータのパラメータセットを

探索する探索手段とを備えることを特徴とする。

[0017] また、他の本発明のプログラムは、非機能要件に関するＳＬＯが複数指定されるコンピュータシステムの制御可能な設計パラメータの設計を支援する最適設計支援装置に、複数の前記ＳＬＯのうち一部のＳＬＯを達成する前記コンピュータシステムのシステム構成の価格の最小値である緩和値を導出するステップと、前記緩和値を利用して、前記複数のＳＬＯを全て達成し、かつ、前記システム構成の価格が最小となるパラメータを探索するステップと、を実現させる。

[0018] また、他の本発明の方法は、非機能要件に関するService Level Object (ＳＬＯ) が複数指定されるコンピュータシステムの制御可能な設計パラメータの設計を支援する最適設計支援装置に於いて、複数の前記ＳＬＯのうち一部のＳＬＯを達成する前記コンピュータシステムのシステム構成の価格の最小値である緩和値を導出し、前記緩和値を利用して、前記複数のＳＬＯを全て達成し、かつ、前記システム構成の価格が最小となるパラメータを探索する。

発明の効果

[0019] 本発明によると、複雑な処理を行うコンピュータシステムであっても、価格が最小となる最適なシステム構成の設計を、短時間かつ高効率に行なえるように支援することができる。より詳細には、応答時間などのサービスレベルの予測値を閉じた式として表すことなく、ＳＬＯを達成し、かつ、価格が最小となるシステム構成を自動的に決定することができる。また、前述のような複雑な処理を行うようなシステムにも対応できるようなキャパシティプランニングを自動的に行うことができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の第１の実施形態に係る最適設計支援装置の構成を示すブロック図である。

[図2]図１に示す最適設計支援装置におけるシステムモデルの一例を示す図である。

[図3]図2に示すシステムモデルの各サーバに使用可能な製品ごとに定義されている、サービスレベルに影響する値と価格情報とを含む製品情報の一例を示す図である。

[図4]図1に示す最適設計支援装置の処理を示すフローチャートである。

[図5]本発明の第2の実施形態に係る最適設計支援装置の構成を示すブロック図である。

[図6]図5に示す最適設計支援装置の処理を示すフローチャートである。

[図7]本発明の第3の実施形態に係る最適設計支援装置の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明の各実施形態について、図面を参照して説明する。

[0022] (第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態に係る最適設計支援装置100の構成を示すブロック図である。最適設計支援装置100は、非機能要件に関するSLOが複数指定されるコンピュータシステムの制御可能な設計パラメータの設計を支援する装置である。この最適設計支援装置100は、具体的には、メモリに格納され、プロセッサによって実行されるプログラムに従って動作する、コンピュータ等の情報処理装置によって実現されてもよい。最適設計支援装置100は、上記コンピュータシステム内に設けられても良いし、上記コンピュータシステムとは別の情報処理装置に設けられても良い。また、最適設計支援装置100は、以下に説明する各部として機能する論理回路で構成された専用装置であっても良い。ここで、各部とは、評価値基準設定部40、最適化問題構築部30、最適化パラメータセット探索部50、部分問題構築手段部51、緩和問題構築手段部52、緩和解除導出手段部53、最適性判定手段部54、評価値比較手段部55、等を指す。

[0023] 図1に示すように、最適設計支援装置100は、SLO10、及びシステムモデル20から最適なシステム構成を決定するための最適化問題を構築する最適化問題構築部30と、該最適化問題における目的関数の評価値に対す

る基準値を設定する評価基準値設定部40を備える。最適設計支援装置100は、さらに、上記最適化問題を解いて最適なシステム構成となる最適パラメータセット60を探索する最適パラメータセット探索部（パラメータセット探索部）50とを備える。また、最適パラメータセット探索部50は、部分問題構築部51と、緩和問題構築部52と、緩和解除導出部53と、最適性判定部54と、評価値比較部55（探索部70とも呼ばれる）とを備えている。

[0024] SLO10は、前述の通り、性能や可用性などの非機能要件に対するサービスレベルの目標値であり、その目標値は設計対象のコンピュータシステムに対して顧客から指定される。具体的には、例えばコンピュータシステムの応答時間や各種リソースの使用率などの性能に対する目標値や、システムの故障率や復旧時間などの可用性に対する目標値が指定される。

[0025] システムモデル20は、機械処理可能な形式で記述されたコンピュータシステムの設計情報を表すモデルである。このモデルは、ハードウェアやソフトウェアなどを含むシステム構成要素の接続状態、及び、システムの非機能要件に対するサービスレベルに影響する、サーバの台数やCPUコア数、スレッド数などの各種設計パラメータを含む。このモデルは、さらに、該設計パラメータの取り得る値の範囲、及び、制御可能な設計パラメータを表す情報を含む。

[0026] SLO10、および、システムモデル20は、外部から最適設計支援装置100に与えられる、または、当該装置が備える記憶装置に格納されている。

[0027] 図2はシステムモデル20の具体例を示す図である。システムモデル20においては、クライアントコンピュータ21、ウェブ／AP（Application）サーバ22、及びDB（Data Base）サーバ23がネットワークを介して直列に接続されている。例えば、システムモデル20においては、ウェブ／APサーバ22には製品x0～x5のいずれかを1～5台、DBサーバ23には製品y0～y3のいずれかを1～10台使用できることが記述されている。

すなわち、このシステムモデル20における設計パラメータとしては、ウェブ/APサーバ22、DBサーバ23の各台数(n_1 , n_2)、及び使用する製品X、Yの種類を表す識別子(製品インデックス(i_1 , i_2))が定義されている。これらのパラメータは、それぞれ以下のような値を取り得る。

[0028] $n_1 = \{1 \sim 5\}$ 、 $n_2 = \{1 \sim 10\}$ 、 $i_1 = \{x_0 \sim x_5\}$ 、 $i_2 = \{y_0 \sim y_3\}$

システムモデル20には、各製品X($x_0 \sim x_5$)、Y($y_0 \sim y_3$)の製品インデックス71に関連付けて、CPUのコア数72、ベンチマーク値(クロック周波数、メモリ容量)73などのスペックに加えて、該製品X($x_0 \sim x_5$)、Y($y_0 \sim y_3$)の価格74が定義されている。図3は、この様子を示す。なお、スペックは、コンピュータシステムのサービスレベルに影響する設計パラメータである。なお、本第1の実施形態にいて、図3に示すデータを製品情報70と呼ぶ。したがって、ウェブ/APサーバ22、DBサーバ23を含むサーバ(以下、単にサーバともいう)の製品インデックスを変更することは、該サーバに別の製品を使用することを意味する。スペックや価格などの製品情報の値が、変更対象となる製品インデックスに応じて一括で変化する。

[0029] 最適化問題構築部30は、SLO10、及びシステムモデル20に基づく最適なシステム構成を決定することを、最適化問題として定式化する。すなわち、最適化問題構築部30は、指定されたSLO10を達成し、かつ、価格が最小となるようなシステムモデル20の設計パラメータの値の組み合わせ(最適パラメータセット)することを最適化問題とする。

[0030] 具体的には、最適化問題構築部30は、組み合わせ最適化問題を構築する。この最適化問題は、システムモデル20に記述されている制御可能な設計パラメータを制御変数とする。この最適化問題は、指定されたSLOを達成するという制約条件のもとで、システムモデル20に記述されている各構成要素(製品 $x_0 \sim x_5$ 、製品 $y_0 \sim y_3$)の価格をもとに算出されるコンピ

ュータシステムの合計価格（コスト）を目的関数とする。

[0031] 例えば、システムモデル 20 が上記の図 2 に示すように表され、以下の条件の S L O 10 が指定された場合を例にとる。

[0032] (a) 全てのサーバの C P U 使用率が 90%以内であること

(b) リクエストの応答時間が 0.5 秒以内であること

この場合、最適化問題構築部 30 は、コンピュータシステムのサービスレベル（C P U 使用率、応答時間）の評価値が、それぞれ 0.9、0.5 以下となるような、コストが最小となる構成を求める定式化を行う。即ち、同部は、ウェブ／A P サーバ 22 の台数 n_1 、使用製品 i_1 （価格 c_{i_1} ）、D B サーバ 23 の台数 n_2 、使用製品 i_2 （価格 c_{i_2} ）の組み合わせのうち、コスト（ $c_{i_1} \times n_1 + c_{i_2} \times n_2$ ）が最小となるものを求める、という定式化を行う。

[0033] 評価基準値設定部 40 は、最適化問題における目的関数の評価値に対する基準値として、該組み合わせ最適化問題の解が取り得る評価値の下限となる値を設定する。例えば、顧客から指定されたコストの上限や、何らかの方法で求めた上記最適化問題における実行可能解の評価値などを基準値として設定する。

[0034] 最適パラメータセット探索部 50 は、緩和解導出部 53 で導出する価格の最小値を利用して、指定された複数の S L O を全て達成し、かつ、コンピュータシステムのシステム構成の価格が最小となる設計パラメータのパラメータセットを探索する。以下、最適パラメータセット探索部 50 が備える、部分問題構築部 51、緩和問題構築部 52、緩和解導出部 53、最適性判定部 54、及び評価値比較部 55 について順に説明する。

[0035] 部分問題構築部 51 は、上記組み合わせ最適化問題（以下、元問題ともいう）を、複数の部分問題に分割する。具体的には、部分問題構築部 51 は、元問題におけるいくつかの制御変数の定義域を分割して探索範囲を狭めることで、複数の小規模な最適化問題に変換する。

[0036] 例えば、前述の図 2 に示すシステムモデル 20 に対する最適化問題におい

ては、元問題における各制御変数の定義域は、 $n_1 = \{1 \sim 5\}$ 、 $n_2 = \{1 \sim 10\}$ 、 $i_1 = \{x_0 \sim x_5\}$ 、 $i_2 = \{y_0 \sim y_3\}$ である。これに対し、部分問題構築部 51 は、制御変数 n_2 に関する分割を行って、 $n_1 = \{1 \sim 5\}$ 、 $n_2 = \{1 \sim 5\}$ 、 $i_1 = \{x_0 \sim x_5\}$ 、 $i_2 = \{y_0 \sim y_3\}$ 、と、 $n_1 = \{1 \sim 5\}$ 、 $n_2 = \{6 \sim 10\}$ 、 $i_1 = \{x_0 \sim x_5\}$ 、 $i_2 = \{y_0 \sim y_3\}$ という二通りの定義域に分割する。そして、同部は、元問題を、DBサーバ 23 の台数が 1～5 台、及び、6～10 台というそれぞれの探索領域に含まれる最適パラメータセットを求めるという問題に変換する。

[0037] 緩和問題構築部 52 は、元問題、及び部分問題よりも制約条件を緩めて簡単に解くことが可能な緩和問題を構築する。具体的には、同部は、指定されている SLO 10 のうち、達成可否を高速に判定することが可能な一部の SLO 10 のみを制約条件とした場合の最適パラメータセットを求める、という問題を構築する。達成可否を高速に判定することが可能とは、例えば、所定回数の解析計算、例えば加減乗除算によって判定可能な、または、シミュレーションを必要としない、ことを意味する。

[0038] 例えば、前述した二つの SLO 10 のうち、応答時間を予測するためにはシミュレーションが必要となる。しかし、サーバの CPU 使用率 U は、サーバ台数 n 、該サーバに搭載される CPU コア数 N 、該サーバ機器の 1 コアあたりの性能を測定したベンチマーク値 SP を用いて、以下に示すシンプルな (1) 式から予測することが可能である。

$$[0039] \quad U = (\lambda \times d) / (n \times N \times SP) \quad \dots (1)$$

ここで、(1) 式において、 λ はリクエストの到着率である。また、 d は 1 リクエストあたりの処理時間であり、特定のリクエストに対しては固定の値である。

[0040] そこで、緩和問題としては、全てのサーバ s について、CPU 使用率 U_s の値が 0.9 以下であるという制約条件（下記 (2) 式）のみを考慮して、コストが最小となる最適パラメータセットを決定すればよい。

$$[0041] \quad U_s = (\lambda \times d_s) / (n_s \times N_s \times SP_s) < 0.9 \quad .$$

・ ・ (2)

ここで、 λ_s はサーバ s に対するリクエストの到着率である。また、 d_s は1リクエストあたりのサーバ s の処理時間である。 N_s はサーバ s のCPUコア数、 SP はサーバ s のベンチマーク値である。

[0042] 例えば、図2に示すシステムモデル20においては、ウェブ/APサーバ22（サーバ1）、DBサーバ23（サーバ2）それぞれについて、以下の（3）式及び（4）式の条件を満たし、

$$(\lambda \times d_1) / (n_1 \times N_1 \times SP_1) < 0.9 \quad .$$

・ ・ (3)

$$(\lambda \times d_2) / (n_2 \times N_2 \times SP_2) < 0.9 \quad .$$

・ ・ (4)

かつ、価格が最小となるような n （自然数）、 N 、 SP の組み合わせを決定する。ここで、 N （CPUコア数）、 SP （ベンチマーク値）は、使用する製品によって決まる所定の値であり、このため、実際には、設計パラメータとして、製品インデックス i_1 、 i_2 の値を決定することになる。

[0043] 緩和導出部53は、緩和問題構築部52で構築された問題を解いて、制約条件として一部のSLOのみを考慮した場合に、コストが最小となるような設計パラメータの組み合わせを求める。ここで導出される緩和問題は、全てのSLOを考慮した元問題、及び、部分問題の解としては、実行不可能である可能性があるが、真に実行可能な解の評価値の上限、すなわち、コストの下限を与える。

[0044] ここで、前述の例で構築した緩和問題を解く方法を具体的に説明する。緩和導出部53は、ウェブ/APサーバ22として使用可能な製品候補 $x_0 \sim x_5$ のスペックを順に調べ、各製品 $x_0 \sim x_5$ のCPUコア数 N_1 、ベンチマーク値 SP_1 をもとに、上記（3）式を変形した、以下の（5）式を満たす n_1 の最小値を求める。すなわち、同部は、ウェブ/APサーバ22が最低何台以上必要であることを求める。

$$[0045] \quad n_1 > (\lambda \times d_1) / (N_1 \times SP_1 \times 0.9) \quad \cdot$$

$$\cdot \cdot (5)$$

例えば、製品情報 70 が図 3 に示すように定義されていて、各製品 $x_0 \sim x_5$ を使用した場合に必要なサーバ台数が、それぞれ次のように算出されたとする。

$$[0046] \quad x_0 : 3 \text{ 台}, x_1 : 2 \text{ 台}, x_2 : 1 \text{ 台}, x_3 : 1 \text{ 台}, x_4 : 1 \text{ 台}, x_5 : 1 \text{ 台}$$

ここで、（製品の価格×台数）の値が最も安い組み合わせを緩和解として採用する。本第 1 の実施形態においては、それぞれの製品 $x_0 \sim x_5$ を使用した場合のウェブ／APサーバ 22 の価格は以下ようになる。

$$[0047] \quad C_{x_0} \times 3 = 100 \times 3 = 300$$

$$C_{x_1} \times 2 = 120 \times 2 = 240$$

$$C_{x_2} \times 1 = 150 \times 1 = 150$$

$$C_{x_3} \times 1 = 250 \times 1 = 250$$

$$C_{x_4} \times 1 = 200 \times 1 = 200$$

$$C_{x_5} \times 1 = 300 \times 1 = 300$$

ここで、 $C_{x_0} \sim C_{x_5}$ は、製品 $x_0 \sim x_5$ の価格である。

[0048] したがって、最も価格が安くなる「製品 x_2 を 1 台」という組み合わせが緩和解として得られる。

[0049] 同様に、DBサーバ 23 についても、製品候補 $y_0 \sim y_3$ を順に調べ、価格が最も安くなる製品と台数の組み合わせを緩和解として得ることができる。

[0050] 最適性判定部 54 は、緩和解導出部 53 で導出された緩和解の評価値を利用して、ある部分問題の部分解が、元問題の最適解となり得るかどうかを調べる。具体的には、最適性判定部 54 は、各部分問題の緩和解（部分緩和解）と、評価基準値設定部 40 で設定された基準値とを比較し、部分緩和解の評価値が該基準値よりも悪い場合、または、部分緩和解が存在しない場合、その部分問題を削除する。

[0051] これは、全てのS L O 1 0を考慮した、最適パラメータセット6 0をコンピュータシステムに設定する場合のコストは、必ず緩和解で導出されたパラメータセットをコンピュータシステムに設定する場合のコスト以上になるという性質を利用したものである。このように、解く必要のない部分問題を削除することで、最適パラメータセット6 0の探索を効率化及び高速化することができる。

[0052] 例えば、基準値として、顧客から指定されたコストの上限値が設定されていた場合を想定する。この場合、ある部分緩和解でのコストが該基準値より高ければ、該部分問題において全てのS L O 1 0を達成する実行可能解（部分実行可能解）のコストは、上記上限値よりも高くなるため、該部分問題を解く必要はない。また、元問題における実行可能解でのコストを求めることができて、該コストが上記基準値として設定されていた場合を想定する。この場合、ある部分緩和解でのコストが該基準値より高ければ、該部分問題における全ての部分実行可能解のコストは、元問題における、ある実行可能解でのコストよりも高くなる。よって、該部分問題における実行可能解は、元問題の最適解にはなり得ないため、該部分問題を解く必要はない。

[0053] 評価値比較部5 5は、最適性判定部5 4において削除されなかった部分問題を解いて、評価値が最も高い部分解を、元問題の最適解とする。具体的には、評価値比較部5 5は、該部分問題の定義域に含まれる各パラメータセットのうち、指定されたS L O 1 0を全て達成し、かつ、価格が最小のものが、該部分問題の解となる。

[0054] 本第1の実施形態においては、部分問題の解法については限定しないが、例えば、全パラメータセットについて、シミュレーション等を用いてサービスレベルを予測し、S L O 1 0の達成可否を調べる、いわゆる総当たり法によって解くことができる。

[0055] あるいは、最適化問題構築部3 0が、各設計パラメータに対して、サービスレベルの予測値が単調に増加する、すなわち、各制御変数の値が大きいほど制約条件を満足しやすくなるように定式化を行う。これにより、全制御変

数の値が定義域中の最小値を取る場合に全てのSLO10を達成するならば、探索範囲全体が実行可能であると判定できる。例えば、図2に示すシステムモデル20において、ウェブ/APサーバ22、DBサーバ23の台数を増やせば、性能は単調に増加する。すなわち、応答時間やリソース使用率などの性能に関するSLO10を達成しやすくなる。同様に、ウェブ/APサーバ22、DBサーバ23の製品インデックスに対応する製品候補をスペック順にソートしておけば、製品インデックスに対しても性能は単調に増加すると考えられる。したがって、サーバ台数、製品インデックスが、該部分問題の定義域中の最小値をとる場合にSLO10を達成するならば、該定義域に含まれるパラメータセットは全て実行可能であると判定できる。よって、該部分問題の定義域に含まれる他のパラメータセットにおけるSLO10の達成可否を調べる必要はない。

[0056] 次に、図4を参照しながら、最適設計支援装置100が実行する処理について詳細に説明する。

[0057] まず、最適設計支援装置100は、システムモデル20から、制御可能な設計パラメータ、及び、それらの取り得る値を示す情報を抽出し、最適化問題における制御変数、及び、それらの定義域を決定する。並行して、指定されているSLO10を参照して、満たすべき制約条件を決定する(ST101)。また、最適設計支援装置100は、所定の評価基準値を設定する(ST102)。

[0058] 次に、最適設計支援装置100は、いくつかの制御変数の定義域を適当な範囲に分割し、元問題を複数の部分問題に分ける(ST103)。続いて、ステップST103で構築された各部分問題について、最適設計支援装置100は、達成可否を高速に判定可能な一部のSLOのみを制約条件とする緩和問題を構築し(ST104)する。さらに、同装置は、該緩和問題の緩和解を導出し、導出した緩和解の評価値とステップST102で設定された評価基準値を比較し、緩和解の評価値が評価基準値未満であるか否かを判定する(ST105)。

- [0059] 緩和の評価値が評価基準値未満であると判定した場合（ST105：YES）、最適設計支援装置100は、部分解を導出し（ST106）、緩和の評価値が評価基準値以上であると判定した場合（ST105：NO）、その部分問題を削除する（ST107）。すなわち、最適設計支援装置100は、緩和の評価値の方が良い部分問題のみを解いて、緩和の評価値の方が悪い部分問題を削除するため、高速に処理を行なうことができる。
- [0060] ステップST106で導出された部分解の評価値をそれぞれ比較し、最も評価値が高い部分解を元問題の解とする（ST108）。
- [0061] 以上説明したように、本第1実施形態の最適設計支援装置100は、複雑な処理を行うコンピュータシステムであっても、コストが最小となるシステム構成の設計を短時間かつ高効率に行なえるように支援することができる。
- [0062] より具体的には、最適設計支援装置100は、非機能要件に関して指定される複数のSLO10、及びシステムモデル20から、高速に算出することが可能な一部のSLOのみを制約条件とする緩和問題を構築する緩和問題構築部52を備えている。さらに、同装置は、この緩和問題構築部52が構築した緩和問題の緩和を導出する緩和導出部53を備えている。また、最適パラメータセット探索部50は、緩和導出部53が導出した緩和のコストと評価値基準設定部40に設定されたコストの基準値とを比較する。そして、同部は、緩和導出部53が導出した緩和のコストが評価値基準設定部40に予め設定されたコストの基準値以下の場合にのみ、パラメータセットを探索する。したがって、最適設計支援装置100は、該緩和問題の解の評価値を利用した効率的な最適パラメータセットの探索を行うことができる。さらに、同装置は、複数の指定されたSLO10を達成し、かつ、コストが最小となるようなシステムモデル20の設計パラメータの値の組み合わせを短時間かつ高効率に決定することができる。
- [0063] （第2の実施形態）

次に、本発明の第2の実施形態について、図面を参照して説明する。図5は、第2の実施形態による最適設計支援装置101の構成を示すブロック図

である。図5に示す最適設計支援装置101は、図1に示す第1の実施の形態の最適設計支援装置100と比較すると、部分問題選択部56を備え、評価値比較部55に換えて暫定解導出部57（探索部70とも呼ばれる）を備える点で異なっている。よって、以下では、第1の実施形態と異なる点について説明する。

[0064] 部分問題選択部56は、部分問題構築部51によって構築された複数の部分問題の中から、緩和問題を構築して最適性を判定すべき適当な部分問題を抽出する。

[0065] 暫定解導出部57は、部分問題選択部56で選択された部分問題のうち最適性判定部54において削除されなかった部分問題を解いて、該部分解と既に解けている他の部分問題の解の中で最良のものを順次比較し、より評価値が高いものを暫定解として保存する。そして、暫定解導出部57は、全ての部分問題を解き終わった時点で保存されている暫定解を、元問題の最適解とする。

[0066] また、本第2の実施形態では、最適性判定部54において、各部分緩和解の評価値と、暫定解導出部57とで導出された暫定解の評価値とを比較することで、該部分問題の最適性を判定する。そして、最適性判定部54は、ある部分緩和解の評価値が暫定解の評価値よりも悪い場合、または、緩和解が存在しない場合、該部分問題を削除する。

[0067] ただし、暫定解導出部57及び最適性判定部54において、いずれの部分問題も解けていない場合には、最適設計支援装置101は、第1の実施の形態と同様、評価基準値設定部40において設定された基準値を用いた比較を行う。いずれの部分問題も解けていない場合とは、各部分緩和解の評価値と暫定解の評価値との比較を行う際、暫定解が得られていない場合を意味する。

[0068] 次に、図6を参照しながら、最適設計支援装置101が実行する処理について詳細に説明する。

[0069] まず、ステップST201～ST203（これらの処理は、図4のステッ

プST101～ST103の処理と同様である。)の処理を行い、最適設計支援装置101は、構築した部分問題の中から解くべき部分問題を選択する(ST204)。

[0070] 次に、最適設計支援装置101は、該部分問題について、緩和問題を構築する(ST205)。同装置は、さらに、該緩和問題を解いた緩和解の評価値と暫定解の評価値(ここで、暫定解が導出されていない場合には、評価基準値を用いる)とを比較し、緩和解の評価値が暫定解の評価値未満であるか否かを判定する(ST206)。

[0071] 最適設計支援装置101は、緩和解の評価値が暫定解の評価値未満であると判定した場合(ST206: YES)、ステップST204で選択された部分問題を解いて部分解を導出し(ST207)する。同装置は、緩和解の評価値が暫定解の評価値未満であると判定した場合(ST206: NO)、部分問題を削除する(ST210)。すなわち、最適設計支援装置101は、緩和解の評価値が暫定解の評価値より良ければ部分解を導出し、緩和解の評価値が暫定解の評価値よりも悪ければ部分解を削除する。

[0072] 次に、最適設計支援装置101は、ステップST107で導出された部分解の評価値と暫定解の評価値とを比較し、部分解の評価値が暫定解の評価値未満であるか否かを判定する(ST208)。最適設計支援装置101は、部分解の評価値が暫定解の評価値未満でないと判定した場合(ST208: NO)、その部分問題を削除する(ST210)。同装置は、部分解の評価値が暫定解の評価値未満であると判定した場合(ST208: YES)、暫定解を更新し(ST209)、その部分問題を削除する(ST210)。すなわち、最適設計支援装置101は、部分解の評価値が暫定解の評価値より悪ければ、該部分問題を削除し、部分解の評価値が暫定解の評価値より良ければ、該部分解で暫定解を置き換えてから、部分問題を削除する。

[0073] 次に、最適設計支援装置101は、全ての部分問題についてステップST204～ST210の処理が終了したか否かを判定する(ST211)。同装置は、全ての部分問題について処理が終了していないと判定した場合(S

T 2 1 1 : N O) 、ステップ S T 2 0 4 の処理へ戻り、終了したと判定した場合 (S T 2 1 1 : Y E S) 、この処理を終了する。すなわち、最適設計支援装置 1 0 1 は、全ての部分問題を解き終わるまで、ステップ S T 2 0 4 からステップ S T 2 1 1 の処理を繰り返す。

[0074] 以上説明したように、本第 2 の実施形態の最適設計支援装置 1 0 1 は、部分問題を順次解く過程で導出された、最良の評価値を持つ暫定解の評価値と、まだ解けていない部分問題の緩和解の評価値とを比較することで、該部分問題の最適性を判定する。ここで、暫定解の評価値は、所定の条件下で指定される複数の S L O 1 0 を全て達成するシステム構成におけるコストである。このため、パラメータセットの探索が進むにつれて、S L O 1 0 の達成可否を調べることなく削除できる部分問題が増す。従って、指定された S L O 1 0 を達成し、かつ、コストが最小となるような、システムモデル 2 0 の設計パラメータの値の組み合わせを、最適設計支援装置 1 0 0 より更に短時間、かつ効率的に設計できるように支援することができる。

[0075] (第 3 の実施形態)

次に、本発明の第 3 の実施形態について、図面を参照して説明する。図 6 は、第 3 の実施形態の最適設計支援装置 1 0 0 の構成を示すブロック図である。第 3 の実施形態の最適設計支援装置 1 0 0 は、非機能要件に関する S L O が複数指定されるコンピュータシステムの制御可能な設計パラメータの設計を支援する最適設計支援装置 1 0 0 であって、緩和導出部 5 3 と探索部 7 0 とを備える。緩和導出部 5 3 は、複数の S L O のうち一部の S L O を達成する前記コンピュータシステムのシステム構成の価格の最小値である緩和導出評価値を導出する。探索部 7 0 は、緩和導出評価値を利用して、複数の S L O を全て達成し、かつ、システム構成の価格が最小となる設計パラメータのパラメータセットを探索する。

[0076] 本実施形態の最適設計支援装置 1 0 0 は、複雑な処理を行うコンピュータシステムであっても、コストが最小となるシステム構成の設計を短時間かつ高効率に行なえるように支援することができる。その理由は、緩和導出部

５３が緩和解除評価値を求め、探索部７０が、当該緩和解除評価値を用いて、複数のＳＬＯを全て達成し、かつ、価格が最小となる設計パラメータのパラメータセットを探索するからである。以上、本発明をその好適な実施形態に基づいて説明したが、本発明の最適設計支援装置１００、１０１は、上記各実施形態の構成にのみ限定されるものではなく、上記各実施形態の構成から種々の修正及び変更を施したものの、本発明の範囲に含まれる。また、本発明は上述の実施の形態に限定されるものではなく、その実施に際して様々な変形が可能である。

[0077] この出願は、２０１２年１２月１７日に提出された日本出願特願２０１２－２７４４２９を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

符号の説明

[0078] １０・・・ＳＬＯ (Service Level Object)
２０・・・システムモデル
３０・・・最適化問題構築部
４０・・・評価値基準設定部
５０・・・最適パラメータセット探索部
５１・・・部分問題構築部
５２・・・緩和問題構築部
５３・・・緩和解除導出部
５４・・・最適性判定部
５５・・・評価値比較部
５６・・・部分問題選択部
５７・・・暫定解導出部
７０・・・探索部
１００、１０１・・・最適設計支援装置

請求の範囲

- [請求項1] 非機能要件に関するService Level Object (SLO) が複数指定されるコンピュータシステムの制御可能な設計パラメータの設計を支援する最適設計支援装置であって、
- 複数の前記SLOのうち一部のSLOを達成する前記コンピュータシステムのシステム構成の価格の最小値である緩和解評価値を導出する緩和導出手段と、
- 前記緩和解評価値を利用して、前記複数のSLOを全て達成し、かつ、前記システム構成の価格が最小となる設計パラメータのパラメータセットを探索する探索手段と、
- を備えることを特徴とする最適設計支援装置。
- [請求項2] 前記一部のSLOは、リソース使用率に対するSLOであること、
- を特徴とする請求項1に記載の最適設計支援装置。
- [請求項3] 前記探索手段は、予測値が所定の閉じた式で算出することができないSLOに対して前記システム構成の価格の最小値を導出すること、
- を特徴とする請求項1又は2に記載の最適設計支援装置。
- [請求項4] 前記緩和解評価値と予め設定された前記システム構成の価格の最小値とを比較し、前記緩和解評価値が予め設定された前記システム構成の価格の最小値より小さい場合にのみ、前記探索手段に前記パラメータセットを探索させる最適性判定手段をさらに備えること、
- を特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の最適設計支援装置。
- [請求項5] 前記緩和解評価値と所定の条件下で前記指定される複数のSLOを全て達成するシステム構成における価格である暫定解評価値とを比較し、前記緩和解評価値が前記暫定解評価値より小さい場合にのみ、前記探索手段に前記パラメータセットを探索させる最適性判定手段をさらに備えること、
- を特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の最適設計支援装

置。

[請求項6] 非機能要件に関するService Level Object (SLO) が複数指定されるコンピュータシステムの制御可能な設計パラメータの設計を支援する最適設計支援装置に、

複数の前記SLOのうち一部のSLOを達成する前記コンピュータシステムのシステム構成の価格の最小値である緩和値を導出するステップと、

前記緩和値を利用して、前記複数のSLOを全て達成し、かつ、前記システム構成の価格が最小となるパラメータを探索するステップと、

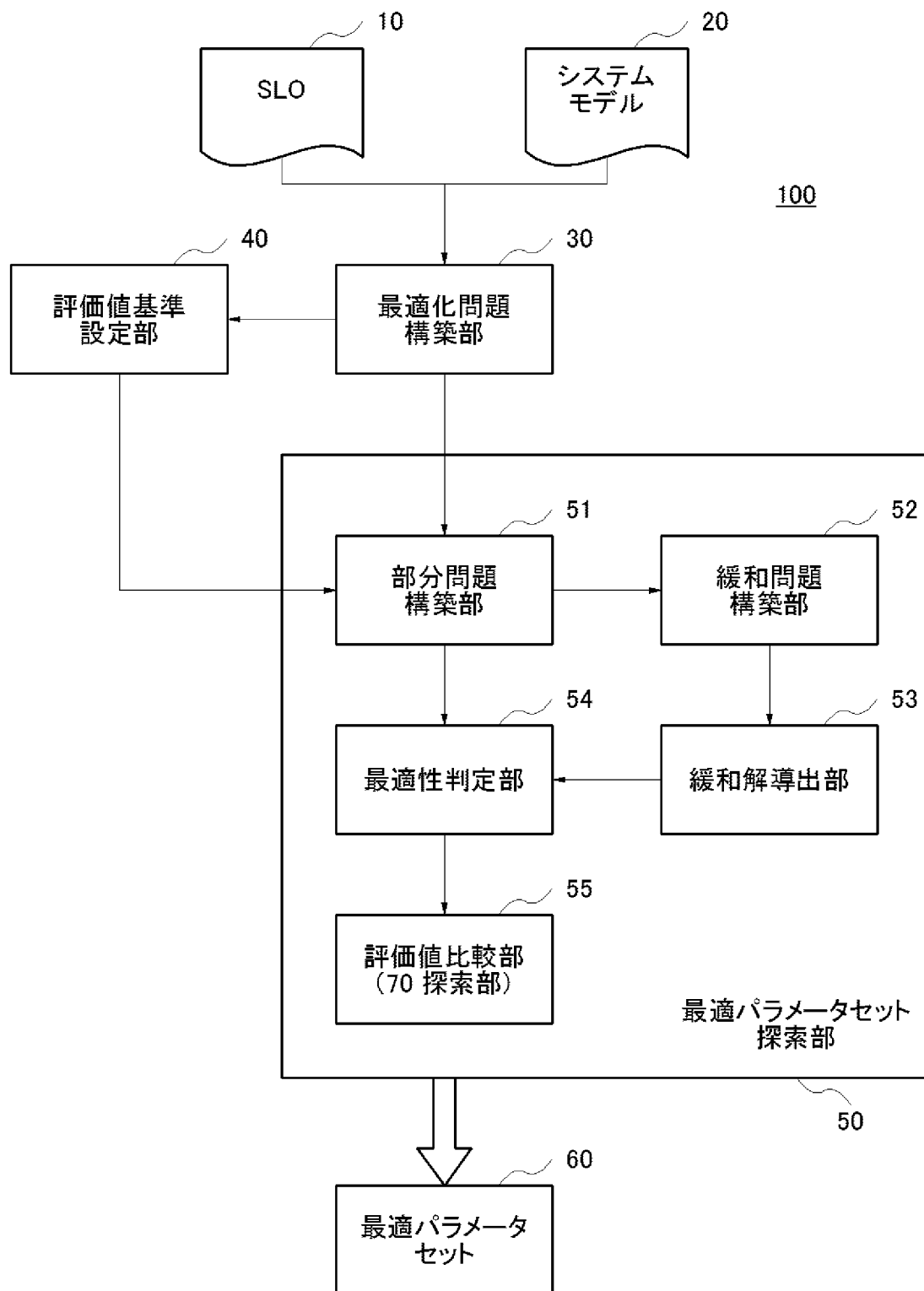
を実現させるコンピュータプログラム。

[請求項7] 非機能要件に関するService Level Object (SLO) が複数指定されるコンピュータシステムの制御可能な設計パラメータの設計を支援する最適設計支援装置に於いて、

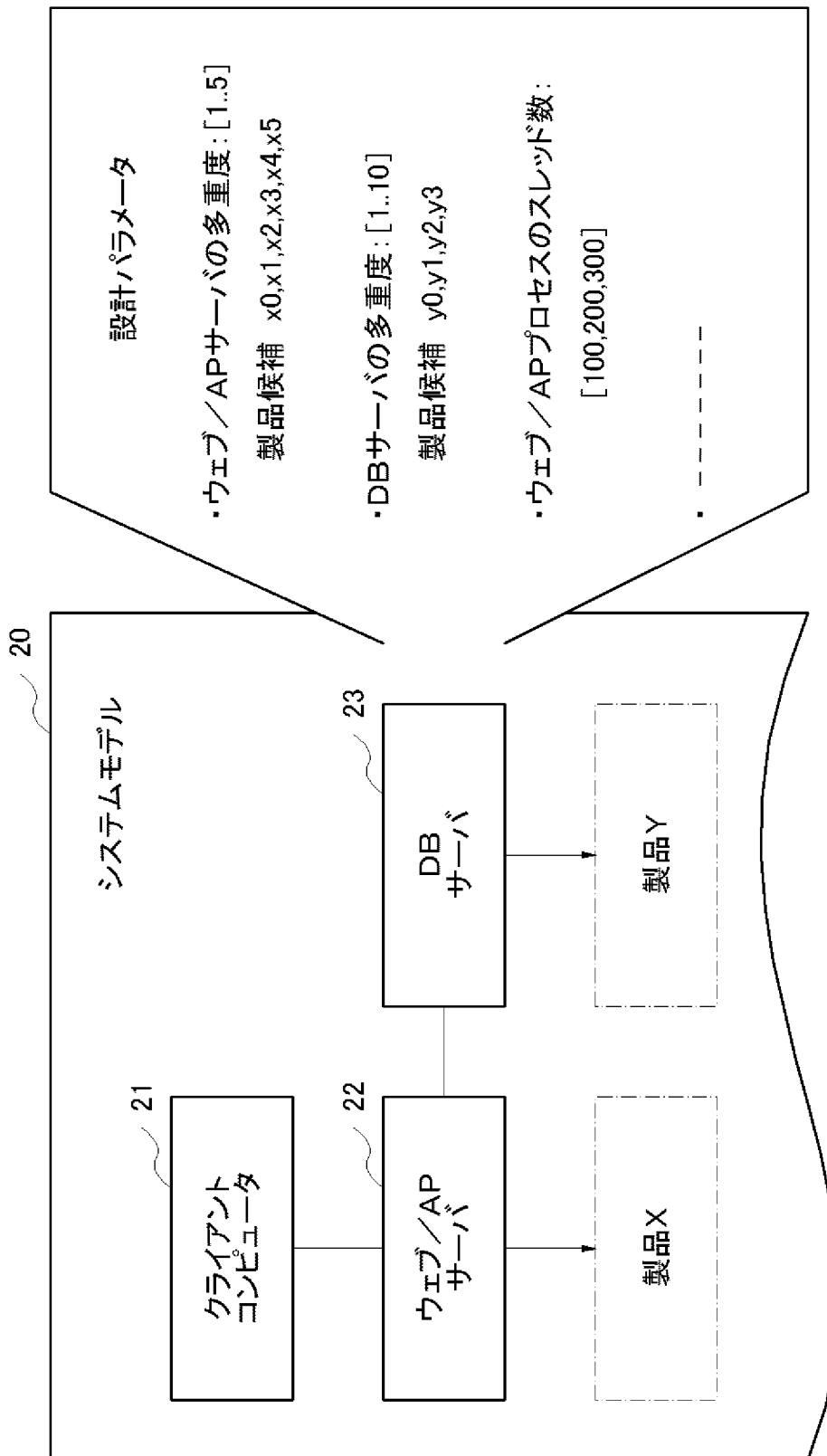
複数の前記SLOのうち一部のSLOを達成する前記コンピュータシステムのシステム構成の価格の最小値である緩和値を導出し、

前記緩和値を利用して、前記複数のSLOを全て達成し、かつ、前記システム構成の価格が最小となるパラメータを探索する方法。

[図1]



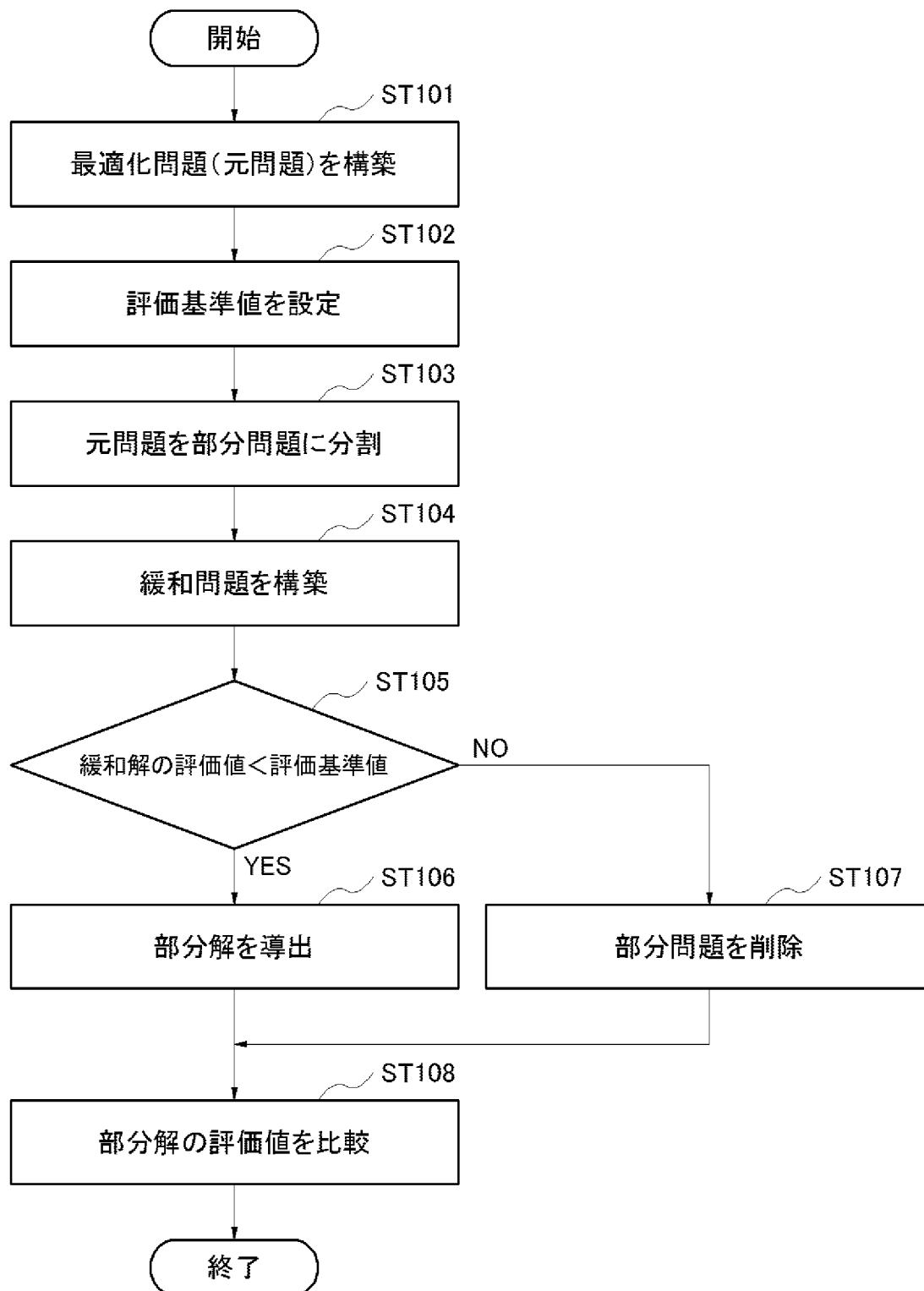
[図2]



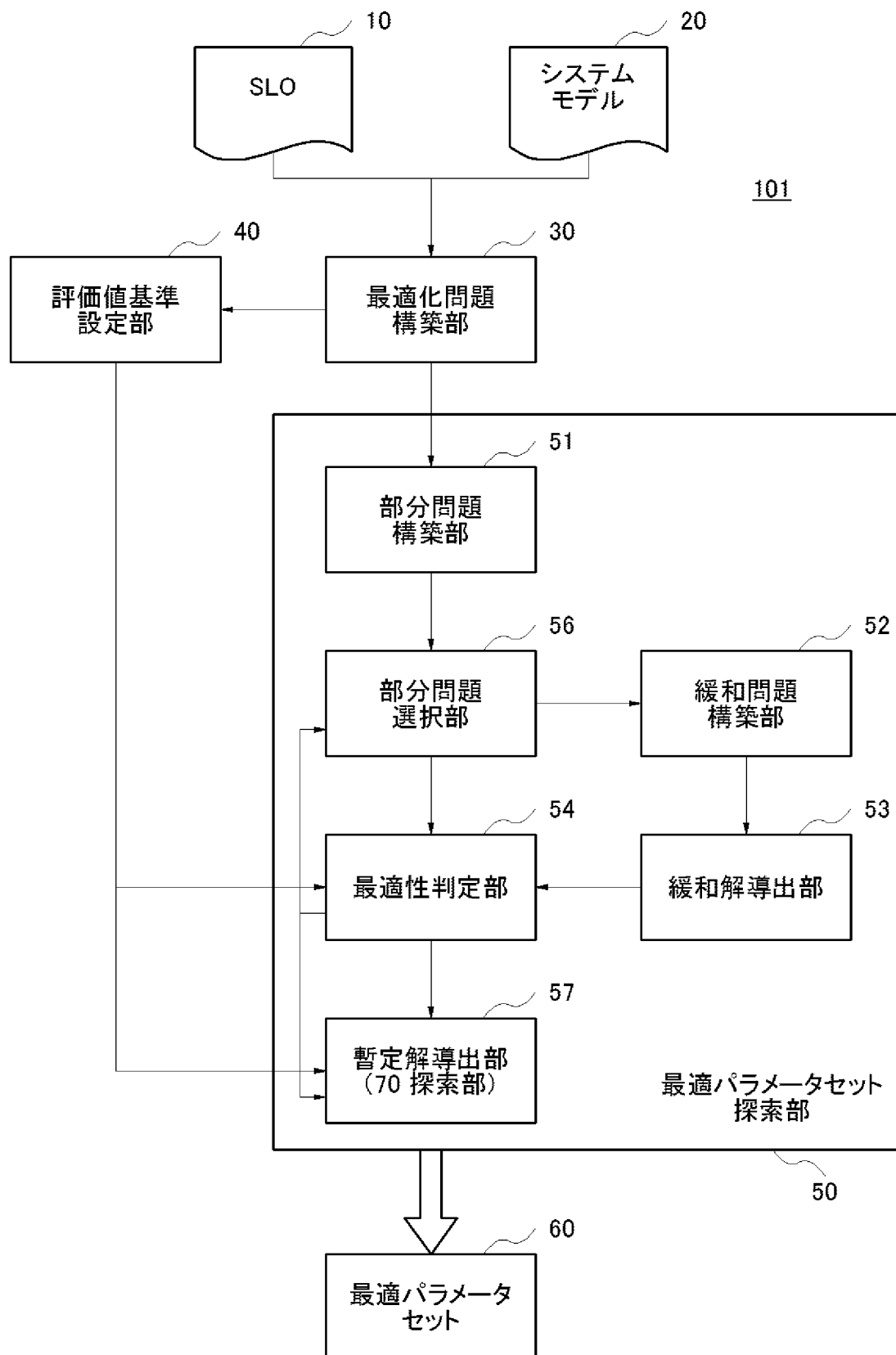
[図3]

70		71	72	73	74
		製品	コア数	ベンチマーク値	価格
ウェブ/AP サーバー		x0	1	1	100
		x1	2	1.5	120
		x2	2	2.2	150
		x3	4	3	250
		x4	4	2.5	200
DB サーバー		x5	8	3.1	300
		y0	1	1	150
		y1	2	2	200
		y2	4	3	180
		y3	4	2.5	230

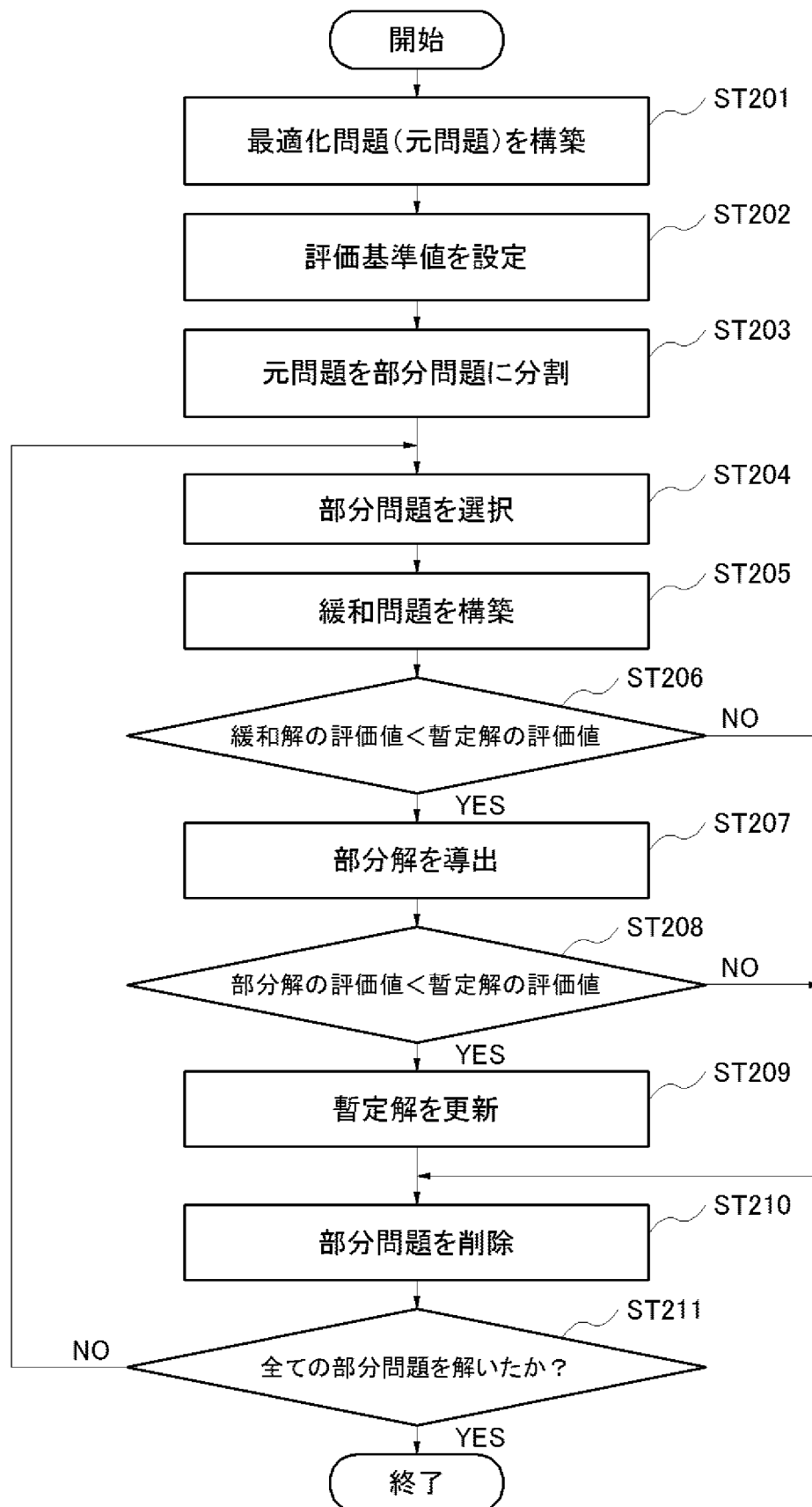
[図4]



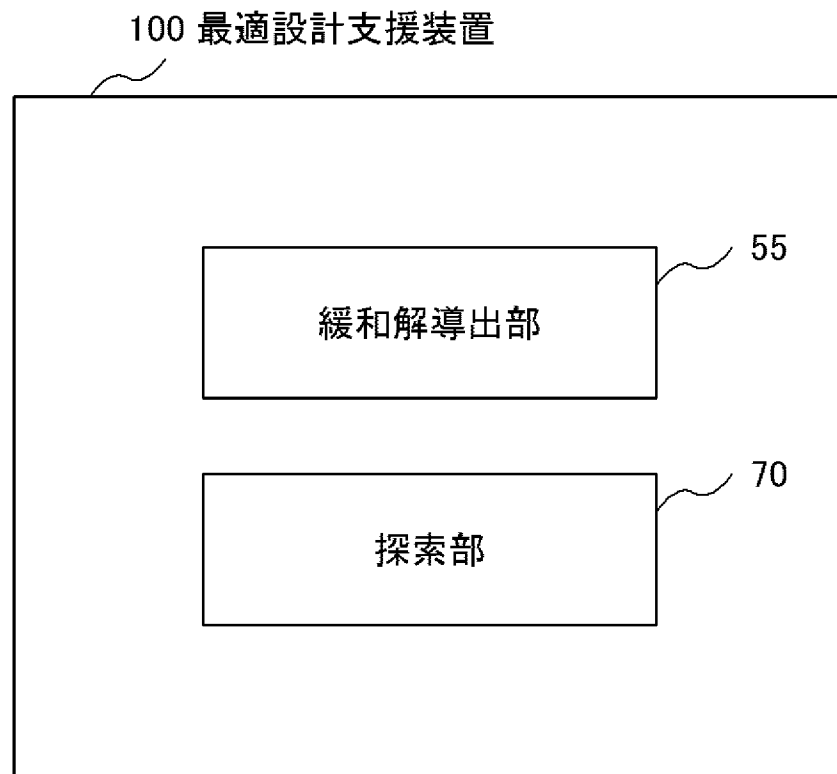
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/007373

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06Q50/10(2012.01) i, G06F9/445(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06Q50/10, G06F9/445

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-227952 A (Hitachi, Ltd.), 31 August 2006 (31.08.2006), paragraphs [0014], [0021], [0052] to [0055], [0060]; fig. 18 (Family: none)	1-7
Y	WO 2008/114355 A1 (Fujitsu Ltd.), 25 September 2008 (25.09.2008), paragraphs [0047] to [0049], [0061], [0073] to [0075] & US 2009-0299936 A1 & EP 002128762 A1	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
24 February, 2014 (24.02.14)

Date of mailing of the international search report
04 March, 2014 (04.03.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06Q50/10(2012.01)i, G06F9/445(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06Q50/10, G06F9/445

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2006-227952 A（株式会社日立製作所）2006.08.31, [0014][0021][0052]-[0055][0060][図18]（ファミリーなし）	1-7
Y	WO 2008/114355 A1（富士通株式会社）2008.09.25, [0047]-[0049][0061][0073]-[0075] & US 2009-0299936 A1 & EP 002128762 A1	1-7

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 4 . 0 2 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 4 . 0 3 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

小島 哲次

5 L

4 7 7 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 6 2