

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02013/145628

発行日 平成27年12月10日 (2015.12.10)

(43) 国際公開日 平成25年10月3日 (2013.10.3)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
**G06F 11/28 (2006.01)** G06F 11/28 340A 5B042

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 34 頁)

<p>出願番号 特願2014-507396 (P2014-507396)</p> <p>(21) 国際出願番号 PCT/JP2013/001827</p> <p>(22) 国際出願日 平成25年3月18日 (2013.3.18)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願2012-79418 (P2012-79418)</p> <p>(32) 優先日 平成24年3月30日 (2012.3.30)</p> <p>(33) 優先権主張国 日本国 (JP)</p>	<p>(71) 出願人 000004237                  日本電気株式会社                  東京都港区芝五丁目7番1号</p> <p>(74) 代理人 100109313                  弁理士 机 昌彦</p> <p>(74) 代理人 100124154                  弁理士 下坂 直樹</p> <p>(72) 発明者 網代 育大                  東京都港区芝五丁目7番1号                  日本電気株式会社内</p> <p>Fターム(参考) 5B042 GA18 HH11 HH20 HH49 JJ23                  JJ29 KK13 LA08 MA14 MC28</p>
--	--

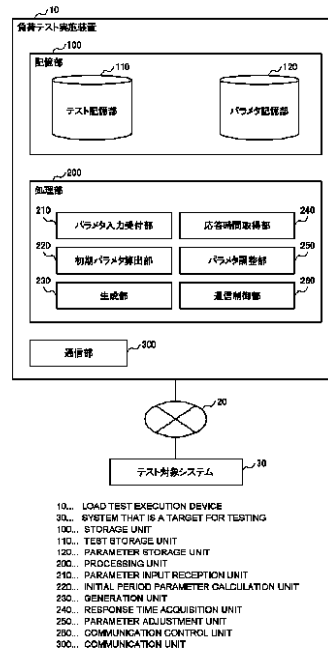
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 情報処理装置及び負荷テスト実施方法

(57) 【要約】

【課題】テスト対象システムに掛かる負荷を正確に再現する。

【解決手段】リクエストを送信してからリクエストに対する応答を受信する処理を複数回含み、受信と送信との間の時間が、TCP接続が切断される時間である待機時間が含まれるテストシナリオを記憶するテスト記憶手段と、負荷を掛ける対象となるシステムに対してテストシナリオを実行して負荷を掛ける負荷発生手段を生成する生成手段と、待機時間の長さを定めるパラメタを記憶するパラメタ記憶手段と、単位時間当たり所望の数のリクエストがシステムに到達するようにパラメタを調整するパラメタ調整手段と、負荷発生手段が実行中のテストシナリオに含まれる待機時間の間はTCP接続を切断する通信制御手段と、を含む情報装置。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

リクエストを送信してから前記リクエストに対する応答を受信する処理を複数回含み、前記受信と送信との間の時間が、TCP接続が切断される時間である待機時間、又は、TCP接続が維持される時間である思考時間のいずれかであるテストシナリオを記憶するテスト記憶手段と、

負荷を掛ける対象となるシステムに対して前記テストシナリオを実行して負荷を掛ける負荷発生手段を生成する生成手段と、

前記待機時間の長さを定めるパラメタを記憶するパラメタ記憶手段と、

単位時間当たり所望の数のリクエストが前記システムに到達するように前記パラメタを調整するパラメタ調整手段と、

前記負荷発生手段が実行中のテストシナリオに含まれる思考時間の間はTCP接続を維持し、待機時間の間はTCP接続を切断する通信制御手段と

を含む情報処理装置。

10

**【請求項 2】**

前記通信制御手段は、

前記負荷発生手段が実行するテストシナリオに含まれる最後の受信と、次のテストシナリオに含まれる最初の送信との間を待機時間とする

請求項 1 に記載の情報処理装置。

**【請求項 3】**

20

前記テスト記憶手段は、

前記複数回の処理を行う間に前記待機時間を少なくとも 1 回含むテストシナリオを記憶する

請求項 1 又は請求項 2 に記載の情報処理装置。

**【請求項 4】**

前記負荷発生手段がリクエストを送信してから前記リクエストに対する応答を受信するまでの時間の代表値である、応答時間代表値を取得する応答時間取得手段を更に含み、

前記パラメタ記憶手段は、更に、前記応答時間代表値を記憶し、

前記応答時間取得手段は、前記応答時間代表値を取得すると、前記パラメタ記憶手段が記憶する前記応答時間代表値を更新し、

30

前記パラメタ調整手段は、前記パラメタ記憶手段が記憶する前記パラメタの値と、前記パラメタ記憶手段が記憶する前記応答時間代表値と、前記応答時間取得手段が新たに取得した応答時間代表値とに基づいて、新たなパラメタの値を算出する

請求項 1 から 3 のいずれかに 1 項に記載の情報処理装置。

**【請求項 5】**

前記応答時間代表値として許容される最大の値との入力を受け付けるパラメタ入力受付手段を更に含み、

前記生成手段が生成する負荷発生手段の数が、前記応答時間代表値に許容される最大の値に基づいて決定される

ことを特徴とする、請求項 1 から 4 のいずれかに 1 項に記載の情報処理装置。

40

**【請求項 6】**

前記パラメタ入力受付手段が受信した前記応答時間代表値として想定される最小の値、又は、前記応答時間代表値がゼロ秒であるとの仮定に基づいて、前記パラメタの初期値が決定される、

ことを特徴とする、請求項 5 に記載の情報処理装置。

**【請求項 7】**

前記パラメタ記憶手段が記憶する前記応答時間代表値と、応答時間取得手段が取得した応答時間代表値との、差分を算出する応答時間比較手段と、

前記差分の許容範囲を記憶する応答時間許容誤差記憶手段と、を更に含み、

前記応答時間比較手段は、前記差分が前記差分の許容範囲内か否かを判定し、

50

前記パラメタ調整手段は、前記差分が前記差分の許容範囲外の場合に、パラメタの新たな値を算出する

請求項 4 から 6 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 8】

前記応答時間代表値に許容される最小の値と最大の値を記憶する応答時間許容範囲記憶手段と、

前記応答時間取得手段が取得した応答時間代表値が、前記最小の値から最大の値までの範囲が否かを判定する応答時間判定手段と、

前記応答時間判定部の判定の結果を通知する通知手段と

を更に含む請求項 4 から 7 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

10

【請求項 9】

リクエストを送信してから前記リクエストに対する応答を受信する処理を複数回含み、前記受信と送信との間の時間が、TCP 接続が切断される時間である待機時間、又は、TCP 接続が維持される時間である思考時間のいずれかであるテストシナリオを記憶し、

負荷を掛ける対象となるシステムに対して前記テストシナリオを実行して負荷を掛ける負荷発生手段を生成して、負荷を掛ける対象となるシステムに対して負荷を掛け、

前記待機時間の長さを定めるパラメタを記憶し、

単位時間当たり所望の数のリクエストが前記システムに到達するように前記パラメタを調整し、

前記負荷発生手段が実行中のテストシナリオに含まれる思考時間の間は TCP 接続を維持し、待機時間の間は TCP 接続を切断する

20

テスト負荷装置の制御方法。

【請求項 10】

リクエストを送信してから前記リクエストに対する応答を受信する処理を複数回含み、前記受信と送信との間の時間が、TCP 接続が切断される時間である待機時間、又は、TCP 接続が維持される時間である思考時間のいずれかであるテストシナリオを記憶するテスト記憶処理と、

負荷を掛ける対象となるシステムに対して前記テストシナリオを実行して負荷を掛ける負荷発生手段を生成して、負荷を掛ける対象となるシステムに負荷を掛ける生成処理と、

前記待機時間の長さを定めるパラメタを記憶するパラメタ記憶処理と、

30

単位時間当たり所望の数のリクエストが前記システムに到達するように前記パラメタを調整するパラメタ調整処理と、

前記負荷発生手段が実行中のテストシナリオに含まれる思考時間の間は TCP 接続を維持し、待機時間の間は TCP 接続を切断する通信制御処理と

を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】

本発明は、負荷テストを実施する情報処理装置及び負荷テスト実施方法に関する。

【背景技術】

40

【0002】

システムやサーバ等の高負荷時の挙動を確認する方法の 1 つに、対象となるシステムやサーバ等に擬似的に負荷を掛ける、負荷テストと呼ばれる方法が、知られている。多くの場合、負荷テストは、負荷テストツールと呼ばれるソフトウェアを実行する情報処理装置（負荷テスト実施装置）を用いて実施される。

【0003】

負荷テスト実施装置は、例えば、テスト対象システムに、リクエストを送信し、テスト対象システムに負荷を掛ける。

【0004】

テスト対象システムは、負荷テスト実施装置から受け取ったリクエストを処理し、負荷

50

テスト実施装置に応答する。

【0005】

テスト対象システムとして、例えば、オンラインショッピングサイトのサーバが、挙げられる。以下、オンラインショッピングサイトの本番運用時に、サーバにどのような負荷が掛かるかについて、説明する。

【0006】

オンラインショッピングサイトの顧客は、不特定であり、多数存在する。それぞれの顧客は、顧客の端末装置を操作し、オンラインショッピングサイトにアクセスする。顧客の端末装置は、アクセスにおいて、サーバにリクエストの送信し、リクエストに対するサーバからの応答の受信を繰り返す。顧客の端末装置がサーバに送信するリクエストは、例えば、商品の閲覧、商品の選択、カートの確認、商品送付先及びクレジットカード番号の入力である。顧客の端末装置は、送信したリクエストに対するサーバの応答（例えば、商品を説明するテキスト、商品の画像、又は動画）を受け取り、表示する。端末装置の顧客は、表示された商品の画面を確認したり、商品を選択するために考えたりした後、端末装置を操作する。その操作を基に端末装置は、再び、次のリクエストをサーバに送信する。顧客の端末装置は、リクエストの送信と応答の受信とを繰り返し、顧客の目的の商品の購入を達成する。顧客は、購入を達成すると、端末装置を操作して、オンラインショッピングのサイトの閲覧を終了する。

10

【0007】

オンラインショッピングサイトのように、不特定多数の顧客からリクエストを受け取るシステムにおいて、リクエストの到着間隔は、指数分布に従うことが、経験的に、知られている。そして、リクエストの到着間隔が指数分布に従うとき、リクエストの到着率（単位時間当たりリクエスト到着数）は、ポアソン分布に従うことが、知られている。

20

【0008】

特許文献1は、負荷テスト実施装置の一例を開示している。

【0009】

特許文献1が開示する負荷テスト実施装置において、負荷テスト実施装置のオペレータが、負荷テストの性能目標として、テスト対象システムが処理する単位時間当たりのリクエストの処理件数を、負荷テスト実施装置に入力する。負荷テスト実施装置は、負荷テスト実施の際、オペレータが入力した性能目標を満たすように各種パラメタを自動的に調整し、リクエストを送信する。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2006 31178号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本番運用時の負荷を正確に再現していない負荷テストの結果は、信頼できない。そのため、負荷テスト実施装置は、テスト対象システムの本番運用時における負荷の正確な再現が求められる。

40

【0012】

ここで、負荷テスト実施装置は、テスト対象システムの本番運用時の負荷を正確に再現するために、少なくとも、以下の2つの要件を満たすリクエストの送信が必要である。

【0013】

(1) 単位時間当たりに送信されるリクエストの平均数が、所望の値である。

【0014】

(2) 送信されるリクエストの時間間隔が、所定の分布に従う。

【0015】

負荷テスト実施装置が送信するリクエストが(2)の要件を満たすか否かは、負荷テス

50

トの結果の信頼性にとって、重要である。

【0016】

なぜなら、その理由は、次のとおりである。

【0017】

リクエスト処理性能が変化しない(時間的に等しい)テスト対象システムを想定する。そして、負荷テスト実施装置は、テスト対象システムに、単位時間当たり平均リクエスト送信数が等しくなるように、リクエストを送信する。ただし、負荷テスト実施装置は、リクエストの送信の時間間隔が一定で送信する場合と、一定でなく送信する場合とがあるとする。すると、負荷テスト実施装置は、リクエストを送信してから応答を受信するまでに必要な時間(応答時間)が、各場合で異なる。送信されるリクエストの時間間隔の分布は、テスト対象システムの負荷に影響するからである。

10

【0018】

一般に、応答時間は、リクエストの送信時間間隔が一定でない場合、リクエストの送信時間間隔が一定である場合と比べ、長くなる。

【0019】

これは、次のようなためである。

【0020】

リクエストが一定でない時間間隔で送信される場合、短いリクエストの到着間隔が、連続することがある。短いリクエストの到着間隔が続くと、テスト対象システムに多数のリクエストが到着するため、テスト対象システムは、次のリクエストを受け取るまでに受取済みのリクエストを処理できない。処理できないリクエストが発生すると、待ち行列が、発生するためである。

20

【0021】

従って、リクエストに対する応答時間を過小評価しないために、負荷テスト実施装置は、一定の時間間隔ではなく、所定の分布に従った時間間隔で、テスト対象システムに、リクエストを送信する必要がある。

【0022】

しかし、負荷テスト実施装置は、テスト対象システムにリクエストを送付する通信経路(例えば、TCP(Transmission Control Protocol)ポート)の数に制限がある。

30

【0023】

そのため、特許文献1に記載の負荷テスト実施装置は、テスト対象システムの本番運用時の負荷を正確に再現しようとリクエストを送信する際、利用できる通信経路(TCPポート)の制約のため、適切な負荷を掛けることができない問題があった。

【0024】

本発明の目的は、上記問題点を解決し、テスト対象システムに、適切な負荷を掛けることができる情報処理装置及び負荷テスト実施方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0025】

上述した課題を解決する第一の発明の情報処理装置は、リクエストを送信してから前記リクエストに対する応答を受信する処理を複数回含み、前記受信と送信との間の時間が、TCP接続が切断される時間である待機時間、又は、TCP接続が維持される時間である思考時間のいずれかであるテストシナリオを記憶するテスト記憶手段と、負荷を掛ける対象となるシステムに対して前記テストシナリオを実行して負荷を掛ける負荷発生手段を生成する生成手段と、前記待機時間の長さを定めるパラメタを記憶するパラメタ記憶手段と、単位時間当たり所望の数のリクエストが前記システムに到達するように前記パラメタを調整するパラメタ調整手段と、前記負荷発生手段が実行中のテストシナリオに含まれる思考時間の間はTCP接続を維持し、待機時間の間はTCP接続を切断する通信制御手段とを含む。

40

【0026】

50

上述した課題を解決する第二の発明の負荷テスト実施方法は、リクエストを送信してから前記リクエストに対する応答を受信する処理を複数回含み、前記受信と送信との間の時間が、TCP接続が切断される時間である待機時間、又は、TCP接続が維持される時間である思考時間かのいずれかであるテストシナリオを記憶し、負荷を掛ける対象となるシステムに対して前記テストシナリオを実行して負荷を掛ける負荷発生手段を生成して、負荷を掛ける対象となるシステムに対して負荷を掛け、前記他意識時間の長さを定めるパラメタを記憶し、単位時間当たり所望の数のリクエストが前記システムに到達するように前記パラメタを調整し、前記負荷発生手段が実行中のテストシナリオに含まれる思考時間の間はTCP接続を維持し、待機時間の間はTCP接続を切断する。

【0027】

10

上述した課題を解決する第三の発明のプログラムは、リクエストを送信してから前記リクエストに対する応答を受信する処理を複数回含み、前記受信と送信との間の時間が、TCP接続が切断される時間である待機時間、又は、TCP接続が維持される時間である思考時間のいずれかであるテストシナリオを記憶するテスト記憶処理と、負荷を掛ける対象となるシステムに対して前記テストシナリオを実行して負荷を掛ける負荷発生手段を生成して、負荷を掛けるシステムに負荷を掛ける生成処理と、前記待機時間の長さを定めるパラメタを記憶するパラメタ記憶処理と、単位時間当たり所望の数のリクエストが前記システムに到達するように前記パラメタを調整するパラメタ調整処理と、前記負荷発生手段が実行中のテストシナリオに含まれる思考時間の間はTCP接続を維持し、待機時間の間はTCP接続を切断するよう制御する通信制御処理とをコンピュータに実行させる。

20

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、テスト対象システムの本番運用時の負荷としてリクエストを送信する際、利用できるTCPポートの数の制約を受けづらく、適切な負荷を掛けることができる情報処理装置及び負荷テスト実施方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】図1は、本発明における第1の実施形態に係る負荷テスト実施装置を含むシステムのネットワーク構成の一例を示すブロック図である。

【図2】図2は、仮想ユーザの振る舞いを説明するための図である。

30

【図3】図3は、指数分布の確率密度関数の例を説明するための図である。

【図4】図4は、負荷テスト実施装置がパラメタの初期値を決定する動作の一例を示すフローチャートである。

【図5】図5は、負荷テスト実施装置が負荷テストを実施しながらパラメタを調整する動作の一例を示すフローチャートである。

【図6】図6は、第2の実施形態に係る負荷テスト実施装置を含むネットワーク構成の一例を示すブロック図である。

【図7】図7は、第2の実施形態に係る負荷テスト実施装置の負荷テストを実行しながらパラメタを調整する動作の一例を示すフローチャートである。

【図8】図8は、第3の実施形態に係る負荷テスト実施装置を含むネットワーク構成の一例を示すブロック図である。

40

【図9】図9は、第3の実施形態に係る負荷テスト実施装置の動作の一例を示すフローチャートである。

【図10】図10は、第4の実施形態に係る負荷テスト実施装置の構成の一例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

次に、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

【0031】

なお、各図面は、本発明の実施形態を説明するものである。そのため、本発明は、各図

50

面の記載に限られるわけではない。また、各図面の同様の構成には、同じ番号を付し、その繰り返しの説明は、省略する場合がある。

【0032】

以下、本発明の情報処理装置の実施形態の一例として、負荷テスト実施装置を用いて説明する。ただし、これは、本実施形態の情報処理装置を、負荷テスト実施装置に限定するものではない。

【0033】

また、本発明の情報処理装置が使用する通信路の一例として、TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) を用いて説明する。ただし、これは、本実施形態の情報処理装置が使用する通信路を、TCPに限定するものではない。例えば、本実施形態の情報処理装置は、IP (Internet Protocol) 又はUDP (User Datagram Protocol) を用いても良く、ファイバーチャネル (Fibre Channel) を用いても良い。

10

【0034】

= 第1の実施形態 =

本発明の第1の実施形態に係る負荷テスト実施装置10について、図面を参照して詳細に説明する。

【0035】

< 構成の説明 >

20

図1は、本発明における第1の実施形態に係る負荷テスト実施装置10を含むシステムのネットワーク構成の一例を示すブロック図である。

【0036】

本実施形態の負荷テスト実施装置10は、ネットワーク20を介して、テスト対象システム30と通信する。そして、負荷テスト実施装置10は、テスト対象システム30に対して、負荷テストを実施する。

【0037】

「負荷テスト」とは、テスト対象システム30に、所定の期間にわたり、負荷を掛けたときの、テスト対象システム30の性能や挙動の正しさを検証するテストである。

【0038】

30

負荷テスト実施装置10は、テスト対象システム30との間に通信路 (TCP接続) を確立し、テスト対象システム30に対してリクエストを送信し、所定の負荷を掛ける。負荷テスト実施装置10については、後ほど、改めて説明する。

【0039】

テスト対象システム30は、負荷テスト実施装置10の負荷テストの対象となるシステムであり、例えば、サーバ又は情報処理システムである。テスト対象システム30は、負荷テスト実施装置10から受け取ったリクエストを処理し、負荷テスト実施装置10に回答を返す。

【0040】

40

負荷テスト実施装置10が送信するリクエストの送信時間間隔及び単位時間当たり平均送信数 (リクエスト送信率) は、テスト対象システム30から見ると、リクエストの到着時間間隔及び単位時間あたり平均到着数 (リクエスト到着率) となる。

【0041】

そのため、これ以降、リクエストの送信間隔と到着間隔を総称して「リクエスト間隔」と呼ぶ。また、リクエスト送信率及びリクエスト到着率を総称して「リクエスト率」と呼ぶ。なお、リクエスト率 (リクエスト送信率及びリクエスト到着率) の値は、単位時間当たりのリクエスト処理数を表すスループットの値と等しくなる。

【0042】

ネットワーク20は、負荷テスト実施装置10とテスト対象システム30とを接続する通信経路である。負荷テスト実施装置10は、テスト対象システム30に負荷を加えるた

50

め、ネットワーク 20 に通信路 (TCP) を確保する。

【0043】

次に、本実施形態の負荷テスト実施装置 10 の構成について説明する。

【0044】

負荷テスト実施装置 10 は、記憶部 100 と、処理部 200 と、通信部 300 とを含む。負荷テスト実施装置 10 は、これらの構成の機能を実現するコンピュータを用いて構成されても良い。

【0045】

記憶部 100 は、テスト記憶部 110 と、パラメタ記憶部 120 とを含む。

【0046】

テスト記憶部 110 は、テストシナリオを記憶している。

【0047】

ここで、「テストシナリオ」とは、負荷テスト実施装置 10 がテスト対象システム 30 にリクエストを送信する、つまり、負荷を与えるためのシナリオである。本実施形態のテストシナリオは、特に制限はない。例えば、テストシナリオは、リクエストを送信するスクリプトでも良い。そして、テストシナリオは、リクエストを送信してリクエストに対する応答を受信するまでの処理を、1 回又は複数回含む。テストシナリオの具体的内容は、予め、テスト記憶部 110 に記憶される。例えば、テスト対象システム 30 の典型的な処理内容を考慮し、負荷テスト実施装置 10 のオペレータが、テストシナリオを決定し、テスト記憶部 110 に保存する。

【0048】

パラメタ記憶部 120 は、負荷テスト実施装置 10 が負荷テストを実施する際に必要なパラメタを記憶する。パラメタ記憶部 120 が記憶するパラメタは、特に限定はない。例えば、このパラメタは、「仮想ユーザ数」、「思考時間」、「待機時間」、「想定応答時間」である。以下、この記載したパラメタを用いて説明する。そのため、ここに記載したパラメタの定義について説明する。

【0049】

第一のパラメタ「仮想ユーザ数」とは、負荷テスト実施装置 10 が負荷テストにおいて、幾つの仮想ユーザのテストシナリオを並行して実行するかを表すパラメタである。

【0050】

ここで、「仮想ユーザ」とは、テスト対象システム 30 に対してリクエストを送信するための機能である。仮想ユーザは、後述する生成部 230 を用いて生成される。

【0051】

本実施形態に係る負荷テスト実施装置 10 は、複数の仮想ユーザに基づくテスト対象システム 30 へのアクセスを模擬する装置である。つまり、仮想ユーザ数は、負荷テスト実施装置 10 が模擬する仮想的なユーザの人数 (より具体的には、例えば、テスト対象システム 30 にアクセスする端末装置の台数) を意味する。

【0052】

負荷テスト実施装置 10 が複数の仮想ユーザの並行動作を模擬する方法は、特に限定されない。模擬の方法は、例えば、OS (Operating System) レベルのスレッド又はプロセスを仮想ユーザ数生成し、各スレッド又はプロセスにおいてテストシナリオを実行させる方法がある。

【0053】

なお、「仮想ユーザ」は、特許請求の範囲に記載した「負荷発生手段」に相当する。

【0054】

図 2 は、本実施形態の負荷テスト実施装置 10 の仮想ユーザの振る舞いを説明するための図である。

【0055】

仮想ユーザは、テスト対象システム 30 にリクエストを送信する前に、まず、通信路 (例えば、TCP プロトコルに従い、通信路 (TCP 接続) を確立する (S51)。この確

10

20

30

40

50



立を基に、仮想ユーザが動作する負荷テスト実施装置 10 とテスト対象システム 30 との間に、リクエスト及びレスポンスをやりとりするための論理的な通信路 (TCP 接続) が、用意される。

【0056】

TCP 接続の確立後、仮想ユーザは、テストシナリオに規定されたリクエストを送信する。

【0057】

まず、仮想ユーザは、第 1 のリクエストを送信し (S52)、第 1 のリクエストに対する応答を受信する (S53)。

【0058】

次に、仮想ユーザは、第 2 のリクエストを送信し (S55)、第 2 のリクエストに対する応答を受信する (S56)。

【0059】

仮想ユーザは、これらの動作を繰り返す。そして、仮想ユーザは、テストシナリオに規定された既定のリクエスト数 (N) に対して、第 N のリクエストに対する応答を受信すると (S58)、TCP 接続を切断する (S59)。

【0060】

なお、仮想ユーザは、リクエストの応答を待たずに、次のリクエストを送付しても良い。その場合、仮想ユーザは、第 1 から第 N までのすべてのリクエストに対する応答を受信後、TCP 接続を切断する。ただし、以下の説明では、説明の便宜のため、仮想ユーザは、リクエストの応答を待ってから、次のリクエストを送付するとする。

【0061】

仮想ユーザは、TCP 接続を確立 (S51) してから TCP 接続を切断する (S59) までで、1 ユーザ分の処理を完了する。

【0062】

そして、仮想ユーザは、第 N のリクエストに対する受信を終えてから所定時間休止した後 (S60)、再度テストシナリオを実行する。

【0063】

仮想ユーザは、既定の回数又は既定の時間、テストシナリオの実行を繰り返す。

【0064】

仮想ユーザがテストシナリオの実行を繰り返すのは、仮想ユーザが、テスト対象システム 30 に対して、所定期間に渡って負荷を掛け続けるためである。

【0065】

なお、このように一定数の仮想ユーザが同じようなリクエスト処理を繰り返す仕組みは、「閉じたモデル (closed model)」と呼ばれる。

【0066】

仮想ユーザがリクエストを送信してからリクエストに対する応答を受信するまでの時間は、「応答時間」と呼ばれる。

【0067】

応答時間は、リクエストの処理内容や、サーバやネットワーク、ディスクといった装置の負荷に従い伸縮する。そのため、応答時間は、負荷テスト実施装置 10 から制御できない時間である。

【0068】

閉じたモデル (closed model) では、テスト対象システム 30 の負荷が高まり、応答時間が伸びると、仮想ユーザが次のリクエストを送信するまでの時間が遅延するという問題がある。つまり、閉じたモデルには、テスト対象システム 30 の負荷が高くなると、仮想ユーザが生成する負荷 (単位時間あたり送信するリクエスト数) が低下するという問題がある。

【0069】

第二のパラメタ「思考時間」は、仮想ユーザが、あるリクエストに対する応答を受け取

10

20

30

40

50

ってから次のリクエストを送信するまでの時間間隔 ( S 5 4、 S 5 7 ) を規定するパラメタである。思考時間の間、 T C P 接続は、維持されている。

【 0 0 7 0 】

後述するように、負荷テスト実施装置 1 0 は、乱数を用いて、思考時間を決定する。思考時間の平均値は、負荷テスト実施装置 1 0 のオペレータが、パラメタとして、設定可能である。

【 0 0 7 1 】

第三のパラメタ「待機時間」は、仮想ユーザがテストシナリオの最後のリクエストに対する応答を受け取って T C P 接続を切断してから、再びテストシナリオを実行して T C P 接続を確立し、最初のリクエストを送信するまでの時間間隔 ( S 6 0 ) を規定するパラメタである。あるいは、「待機時間」は、仮想ユーザが T C P 接続を切断してから、再びテストシナリオを実行して T C P 接続の確立を開始するまでの時間間隔を規定するパラメタである。待機時間の間、 T C P 接続は、切断されている。

10

【 0 0 7 2 】

思考時間と待機時間とは、 T C P 接続の有無という点で、異なる。

【 0 0 7 3 】

前述の特許文献 1 が開示する負荷テスト実施装置及び本発明に関連する負荷テストツールは、思考時間と待機時間とを区別しない。

【 0 0 7 4 】

一方、本実施形態に係る負荷テスト実施装置 1 0 は、思考時間と待機時間とを用いて、 T C P ポートの数の制約を受けにくい負荷テストを実施する。

20

【 0 0 7 5 】

思考時間と同様、負荷テスト実施装置 1 0 は、乱数を用いて、待機時間を決定する。待機時間の平均値は、負荷テスト実施装置 1 0 のオペレータが、パラメタとして、設定可能である。待機時間の詳細に関しては、後述する。

【 0 0 7 6 】

「待機時間」の長さを定めるパラメタは、特許請求の範囲に記載した「パラメタ」に相当する。

【 0 0 7 7 】

第四のパラメタ「想定応答時間」は、初期値として、「想定最小応答時間 ( R T <sub>MIN</sub> ) 」の値が設定される。そして、以降、「想定応答時間」は、応答時間取得部 2 4 0 が取得する「平均応答時間 ( R T <sub>AVE</sub> ) 」の値に更新されるパラメタである。

30

【 0 0 7 8 】

「平均応答時間 ( R T <sub>AVE</sub> ) 」の定義については、後述する。

【 0 0 7 9 】

図 1 を用いた説明に戻る。

【 0 0 8 0 】

処理部 2 0 0 は、パラメタ入力受付部 2 1 0 と、初期パラメタ算出部 2 2 0 と、生成部 2 3 0 と、応答時間取得部 2 4 0 と、パラメタ調整部 2 5 0 と、通信制御部 2 6 0 とを含む。

40

【 0 0 8 1 】

パラメタ入力受付部 2 1 0 は、負荷テストを実施するための初期パラメタを算出するためのパラメタを受け付ける。パラメタ入力受付部 2 1 0 は、例えば、図示しない入力機器を含み、オペレータの入力操作を基にパラメタを受け付けても良い。あるいは、パラメタ入力受付部 2 1 0 は、オペレータが操作する図示しない外部装置からパラメタを受け取っても良い。以下、この動作を総称して、「パラメタ入力受付部 2 1 0 は、オペレータからパラメタを受け付ける」又は「オペレータがパラメタを入力する」とも言う。

【 0 0 8 2 】

初期パラメタ算出部 2 2 0 は、パラメタ入力受付部 2 1 0 が受け付けたパラメタを基に、負荷テストを実施するための初期パラメタを算出する。

50

## 【 0 0 8 3 】

生成部 2 3 0 は、仮想ユーザを生成し、仮想ユーザにテストシナリオを実行させる。既に説明したとおり、仮想ユーザは、テスト対象システム 3 0 にリクエストを送信し、負荷を掛ける。

## 【 0 0 8 4 】

また、既に説明したとおり、生成部 2 3 0 が複数の仮想ユーザを並行して動作させる方法は、特に制限はない。例えば、生成部 2 3 0 が使用する方法として、OS レベルのスレッド又はプロセスを仮想ユーザ数の分だけ生成し、スレッド又はプロセスでテストシナリオを実行させる方法が挙げられる。

## 【 0 0 8 5 】

応答時間取得部 2 4 0 は、所定の期間内に負荷テスト実施装置 1 0 が送信した全てのリクエストに対する応答時間の平均値である平均応答時間 (  $RT_{AVE}$  ) を取得する。前述したように、応答時間は、オペレータから制御できない観測値である。従って、平均応答時間 (  $RT_{AVE}$  ) は、オペレータが制御できない値である。応答時間取得部 2 4 0 は、平均応答時間 (  $RT_{AVE}$  ) を取得すると、パラメタ記憶部 1 2 0 が記憶する「想定応答時間」の値を更新する。

## 【 0 0 8 6 】

パラメタ調整部 2 5 0 は、応答時間取得部 2 4 0 が取得した平均応答時間 (  $RT_{AVE}$  ) に基づき、新たな待機時間を算出する。パラメタ調整部 2 5 0 の動作の詳細は、後述する。

## 【 0 0 8 7 】

通信制御部 2 6 0 は、仮想ユーザがテストシナリオを実行している間、すなわち、応答時間及び思考時間の間、TCP 接続を維持するよう通信部 3 0 0 を制御する。また、通信制御部 2 6 0 は、仮想ユーザが TCP を切断してから再び TCP を接続するまでの時間、すなわち、待機時間の間、TCP 接続を切断するよう通信部 3 0 0 を制御する。

## 【 0 0 8 8 】

通信部 3 0 0 は、通信制御部 2 6 0 の制御を基に、負荷テスト実施装置 1 0 とテスト対象システム 3 0 との間に、TCP / IP プロトコルにしたがって TCP 接続を確立及び切断する。負荷テスト実施装置 1 0 が利用できる TCP ポートの数は、TCP / IP プロトコルの制約上、最大で 6 5 5 3 6 個である。さらに、TCP ポートの一部は、特定用途のために使用される。そのため、負荷テスト実施装置 1 0 が使用可能な TCP ポートの数は、最大値より少ない。このように、負荷テスト実施装置 1 0 が利用できる TCP ポート数は、制限がある。

## 【 0 0 8 9 】

< ハードウェアの構成 >

負荷テスト実施装置 1 0 の記憶部 1 0 0 は、RAM ( Random Access Memory ) や HDD ( Hard Disk Drive ) を用いて実現できる。

## 【 0 0 9 0 】

負荷テスト実施装置 1 0 の処理部 2 0 0 が含む各手段は、負荷テスト実施装置 1 0 に含まれる CPU ( Central Processing Unit ) の所定のプログラム又はコードの実行に基づき実現できる。

## 【 0 0 9 1 】

負荷テスト実施装置 1 0 の通信部 3 0 0 は、例えば、負荷テスト実施装置 1 0 の CPU が実行する OS が提供する機能を用いて、CPU が実行するアプリケーションプログラムがネットワークインターフェイスカード ( NIC ) を制御して実現できる。

## 【 0 0 9 2 】

< 動作の説明 >

次に、第 1 の実施形態に係る負荷テスト実施装置 1 0 の動作について説明する。

## 【 0 0 9 3 】

以下、まず、思考時間と待機時間とを、それぞれ詳細に説明する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 4 】

次に、負荷テスト実施装置 1 0 が実施する負荷テストの概要を説明し、各パラメタ間の関係を詳細に説明する。

## 【 0 0 9 5 】

続いて、負荷テスト実施装置 1 0 がパラメタの初期値を決定する動作と、負荷テスト実施装置 1 0 が負荷テストを実行しながらパラメタを調整する動作とを、それぞれ詳細に説明する。

## 【 0 0 9 6 】

まず、思考時間の詳細を説明する。

## 【 0 0 9 7 】

上述したように、思考時間は、仮想ユーザが、あるリクエストに対する応答を受け取ってから次のリクエストを送信するまでの時間間隔である。

## 【 0 0 9 8 】

思考時間は、「ユーザ（端末装置）がリクエストの選択に掛かる時間」を模擬した時間である。

## 【 0 0 9 9 】

例えば、テスト対象システム 3 0 がオンラインショッピングサイトである場合を考える。

## 【 0 1 0 0 】

例えば、オンラインショッピングサイトの顧客は、操作する端末装置が、リクエストに対する応答（例えば、商品を説明するテキスト、商品の画像又は動画）をサーバから受け取り、表示した商品の画面を確認したり、商品を選択するために考えたり、商品送付先又はクレジットカード番号を入力したりする。顧客は、リクエストに対する応答を受け取ってからこれらの時間が経過した後、端末装置を操作して、次のリクエストをサーバに送信する。

## 【 0 1 0 1 】

思考時間は、指数分布やパレート分布といった確率分布に従う乱数で決定される値が好ましい。これは、負荷テスト実施装置 1 0 が、テスト対象システム 3 0 の本番運用時にリクエストの到着間隔が指数分布に従うという現象を、模擬するためである。リクエストの到着間隔は、応答時間と思考時間との和で表される。しかし、応答時間は、負荷テスト実施装置 1 0 のオペレータが制御できない。そのため、生成部 2 3 0 は、思考時間を、乱数を用いて決定する。なお、パラメタ記憶部 1 2 0 は、思考時間の平均値を記憶する。

## 【 0 1 0 2 】

図 3 は、指数分布の確率密度関数の例を説明するための図である。

## 【 0 1 0 3 】

図 3 において、横軸は、リクエストの到着間隔を表し、縦軸は、確率を表す。

## 【 0 1 0 4 】

指数分布は、パラメタ（ ）を持つ確率分布である。リクエストの到着間隔の期待値（平均値）は、「 $1 /$  」となる。リクエストの到着間隔が「 $1 /$  」のとき、その逆数（ ）は、毎秒の到着リクエスト数（リクエスト到着率）を表す。例えば、平均リクエスト到着間隔が  $1 / 20$ （ $= 0.05$ ）秒のとき、平均リクエスト到着率は、 $20$  [リクエスト / 秒] である。

## 【 0 1 0 5 】

到着間隔が一定（定数）でなく、図 3 のような確率分布に従う場合、到着間隔が短いときと長いときとが、混在する。そして、到着間隔が短いとき、サーバに多数のリクエストが、到着する。そのため、待ち行列が発生し、平均応答時間（ $R T_{AVE}$ ）が伸びる可能性が高まる。一般に、平均到着間隔が同一であっても、到着間隔が図 3 のように変動する場合、到着間隔が一定の場合より、平均応答時間（ $R T_{AVE}$ ）は、長くなる。平均応答時間（ $R T_{AVE}$ ）を過小評価しないためにも、負荷テストを実施する際に、負荷テスト実施装置 1 0 は、リクエストの到着間隔の変動（以下、「負荷の変動」と呼ぶ）の維持が重要で

10

20

30

40

50

ある。

【0106】

次に、待機時間の詳細を説明する。

【0107】

上述したように、待機時間は、仮想ユーザがテストシナリオの最後のリクエストに対する応答を受け取ってTCP接続を切断してから再びテストシナリオを実行してTCP接続を確立し、最初のリクエストを送信するまでの時間間隔である。

【0108】

本発明が前提とする閉じたモデル(closed model)では、便宜上、1つの仮想ユーザは、テストシナリオの実行の繰り返しを基に、複数のユーザの挙動を模擬する。

10

【0109】

待機時間は、「あるユーザのリクエストに対する処理を終えてから、次のユーザのリクエストが到着するまでの時間」を模擬した時間である。大雑把に言えば、待機時間は、リクエストの到着率ではなく、ユーザがオンラインショッピングサイトのWebサイトに訪れる割合(ユーザ到着率と呼べるようなもの)に対応する。思考時間と同様、生成部230は、乱数を用いて待機時間を決定する。パラメタ記憶部120は、待機時間の平均値を記憶する。

【0110】

<各パラメタ間の関係の説明>

次に、負荷テスト実施装置10が負荷テストを実施する際の、各パラメタの関係を詳細に説明する。

20

【0111】

仮想ユーザ数を「W」、待機時間を「ST」、想定応答時間を「RT」、思考時間を「TT」、1つのテストシナリオに含まれるリクエスト数を「N」、TCP接続関連その他に掛かるオーバーヘッドを「 $\theta$ 」とする。

【0112】

1つの仮想ユーザが1ユーザ分の処理を完了するのに要する時間は、下記[式1]で表される(図2を参照)。

【0113】

[式1] 完了に要する時間 =  $ST + N \times RT + (N - 1) \times TT + \theta$

30

[式1]において、思考時間(TT)の係数が「(N-1)」となる理由は、図2を参照すると明らかとなり、リクエスト数(N)に対して、リクエストとリクエストの間は「(N-1)個」となるためである。

【0114】

1つの仮想ユーザが単位時間当たり(例えば毎秒)に実行するテストシナリオの回数は、[式1]の逆数となる。1つの仮想ユーザが単位時間当たりに送信するリクエスト数は、[式1]の逆数に、1つのテストシナリオに含まれるリクエスト数(N)を掛ければよい。

【0115】

ここで、このような仮想ユーザが「W人」いるとき、負荷テスト実施装置10が、単位時間当たりにテスト対象システム30に対して送信するリクエスト数(M)は、下記[式2]を用いて算出される。

40

【0116】

[式2]  $M = W \times N / (ST + N \times RT + (N - 1) \times TT + \theta)$

ここで、簡単のため、思考時間(TT)と待機時間(ST)との区別をなくし、「ST = TT」する。すると、[式2]は、[式3]のように整理できる。なお、オーバーヘッドの「 $\theta$ 」は他のパラメタと比べて十分に小さいため、無視する。

【0117】

[式3]  $M = W / (RT + TT)$

[式3]の右辺の各変数について整理して考える。

【0118】

50

思考時間 (TT) と仮想ユーザ数 (W) とは、負荷テスト実施装置 10 のオペレータが制御可能なパラメタである。応答時間は、オペレータが制御不可能な観測値である。そして、あるリクエスト到着率 (M) を実現する仮想ユーザ数 (W) と思考時間 (TT) との組合せは、無数に存在する。

【0119】

[式3]を参照すると明らかなように、リクエスト到着率 (M) を増やすためには、仮想ユーザ数 (W) を増やすか、思考時間 (TT) を減らす必要がある。

【0120】

しかし、思考時間 (TT) が小さいと、以下のような不都合が発生する。

【0121】

例えば、仮想ユーザ数を「1」(W = 1) で、リクエスト到着率を「100」(M = 100) にしたいとする。このとき、負荷テスト実施装置 10 は、思考時間 (TT) を 0.01 に近い値にする必要がある。そのため、思考時間 (TT) は、例えば、期待値 0.01 の指数分布に基づく乱数で決定される。

【0122】

しかし、負荷テストの結果、平均応答時間 (RT<sub>AVE</sub>) は、1秒だったとする。

【0123】

すると、リクエストの送信間隔は、1.01秒 (リクエスト到着率 (M) は、1以下) となる。

【0124】

その結果、リクエスト到着率は、所望のリクエスト到着率である「100」から大きく低下する。そして、さらに、思考時間 (TT) の乱数を使って再現した「負荷の変動」の効果が、ほとんどなくなる。

【0125】

このように、「負荷の変動」を再現するためには、思考時間 (TT) は、想定応答時間 (RT) と比較して、ある程度の大きさを有する必要がある。

【0126】

なお、思考時間 (TT) が小さすぎる場合、「負荷の変動」を再現できないことに加え、次のような問題が、発生する。

【0127】

負荷テスト実施装置 10 のOSは、複数の仮想ユーザの休止のタイミングを管理する必要がある。

【0128】

OSのプロセス及びスレッドの状態の切替えは、一般的に、ティック (tick) と呼ばれる時間の単位で行われる。一般的なOSにおいて、ティックは、10ミリ秒から100マイクロ秒程度である。

【0129】

ティックが10ミリ秒のOSでは、1ミリ秒休止したい場合でも、実際の休止時間は、10ミリ秒以上となる。その結果、パラメタとして設定した思考時間 (TT) と実際の思考時間とは、合致しない。想定する思考時間 (TT) の分布にもよるが、思考時間 (TT) の期待値は、ティックの値の少なくとも10倍程度が望ましい。

【0130】

思考時間 (TT) が大きい場合、あるリクエスト到着率 (M) を維持するために、仮想ユーザ数 (W) は、大きい値である必要がある ([式3])。

【0131】

このように、負荷の変動を維持しながら、テスト対象システム 30 に所望の負荷を掛け続けるため、仮想ユーザ数 (W) と思考時間 (TT) とは、共に、ある程度の大きい値が望ましい。仮想ユーザ数 (W) と思考時間 (TT) とが共に大きいと、多数のタスク又はスレッドは、TCP接続を維持し続ける。

【0132】

10

20

30

40

50

しかし、前述したように、負荷テスト実施装置 10 が利用できる TCP ポートの数には、TCP/IP プロトコルの制限がある。そのため、仮想ユーザ数 (W) と思考時間 (TT) とを共に大きくしようとしても、負荷テスト実施装置 10 は、TCP ポート数の制限を受ける。

【0133】

前述した特許文献 1 が開示する負荷テスト実施装置や本発明に関連する負荷テストツールは、思考時間と待機時間とを区別して考えない。

【0134】

一方、本実施形態に係る負荷テスト実施装置 10 は、TCP 接続が維持されている時間である思考時間と、TCP 接続が切断されている時間である待機時間との違いに着目する。

10

【0135】

前述した負荷の変動を維持しつつ、単位時間当たり同じ単位のリクエストを送信する場合、負荷テスト実施装置 10 は、思考時間を負荷変動の効果が消滅しない程度に短くし、待機時間を長くする。すると、TCP 接続時間は、短縮される。そのため、負荷テスト実施装置 10 は、接続の維持に必要な TCP ポートの数を節約できる。

【0136】

また、負荷テスト実施装置 10 は、待機時間を乱数で決定する。そのため、負荷テスト実施装置 10 は、仮想ユーザが到着する時間間隔の変動を再現できる。その結果、負荷テスト実施装置 10 は、特許文献 1 に記載の負荷テスト装置より正確に、負荷の変動を再現できる。

20

【0137】

次に、本実施形態に係る負荷テスト実施装置 10 がパラメタの初期値を決定する動作について、詳細に説明する。

【0138】

<パラメタの初期値を決定する動作の説明>

図 4 は、負荷テスト実施装置 10 がパラメタの初期値を決定する動作の一例を示すフローチャート図である。

【0139】

パラメタ入力受付部 210 は、オペレータから、パラメタを受け付ける。ここで、パラメタは、特に制限はない。以下、一例として、受け付けるパラメタは、「想定スループット (M)」、「最小思考時間 (TT<sub>MIN</sub>)」、「最小待機時間 (ST<sub>MIN</sub>)」、「想定最大応答時間 (RT<sub>MAX</sub>)」、「想定最小応答時間 (RT<sub>MIN</sub>)」、「テストシナリオに含まれるリクエスト数 (N)」とする (S11)。

30

【0140】

次に、初期パラメタ算出部 220 は、パラメタ入力受付部 210 が受け付けたパラメタに基づき、「仮想ユーザ数 (W)」と「初期待機時間 (TT<sub>INI</sub>)」とを算出する (S12、S13)。

【0141】

パラメタ入力受付部 210 と初期パラメタ算出部 220 は、上記パラメタを、パラメタ記憶部 120 に記憶する (S14)。

40

以下、それぞれの動作を、詳細に説明する。

【0142】

まず、「S11」のパラメタ入力受付部 210 がオペレータから受け付けるパラメタの詳細を説明する。

【0143】

「想定スループット (M)」は、負荷テスト実施装置 10 のオペレータが、テスト対象システム 30 に対して掛けたい所望の負荷を表すパラメタである。想定スループット (M) は、単位時間当たりのリクエスト数で表される (例えば、100 [リクエスト/秒])。

【0144】

50

「最小思考時間 (  $T T_{MIN}$  )」は、オペレータが許容する最小の思考時間を表すパラメータである。上述したように、思考時間 (  $T T$  ) は、負荷の変動を維持するために応答時間に対してある程度の大きさでの設定が望ましい。従って、オペレータは、想定される想定応答時間 (  $R T$  ) に対してある程度の大きさを持つ値を、最小思考時間 (  $T T_{MIN}$  ) として設定する。

【 0 1 4 5 】

本実施形態に係る負荷テスト実施装置 1 0 では、パラメタ記憶部 1 2 0 が記憶する思考時間 (  $T T$  ) の値は、最小思考時間 (  $T T_{MIN}$  ) の値に設定されたまま、変更されない。

【 0 1 4 6 】

「最小待機時間 (  $S T_{MIN}$  )」は、オペレータが許容する最小の待機時間 (  $S T$  ) である。思考時間 (  $T T$  ) と同様の理由から、待機時間 (  $S T$  ) の値も、負荷の変動を維持するために、応答時間に対して、ある程度の大きさを持つ値が望ましい。従って、オペレータは、想定される想定応答時間 (  $R T$  ) に対して、ある程度大きい値を、最小待機時間 (  $S T_{MIN}$  ) として、設定する。

10

【 0 1 4 7 】

「想定最大応答時間 (  $R T_{MAX}$  )」と「想定最小応答時間 (  $R T_{MIN}$  )」は、テスト対象システム 3 0 が発揮する応答性能に関して、オペレータが事前に見積もった平均応答時間 (  $R T_{AVE}$  ) の許容最大値と、観測し得る想定応答時間 (  $R T$  ) の最小値を表すパラメータである。

【 0 1 4 8 】

例えば、1 0 0 [リクエスト / 秒] の想定スループットに対して、テスト対象システム 3 0 の平均応答時間 (  $R T_{AVE}$  ) を 4 秒以下にする場合、オペレータは、想定最大応答時間 (  $R T_{MAX}$  ) を、「4 秒」とする。想定最小応答時間 (  $R T_{MIN}$  ) は、事前に想定できる値がない場合、「0 秒」と設定できる。

20

【 0 1 4 9 】

「テストシナリオに含まれるリクエスト数 (  $N$  )」は、1 つのテストシナリオ中に含まれるリクエストの個数である。「テストシナリオに含まれるリクエスト数 (  $N$  )」は、パラメタ入力受付部 2 1 0 がオペレータから受け付けるパラメタでもよい。あるいは、「テストシナリオに含まれるリクエスト数 (  $N$  )」は、テストシナリオの中に、予め、規定されてもよい。

30

【 0 1 5 0 】

次に、S 1 2 の、初期パラメタ算出部 2 2 0 が「仮想ユーザ数 (  $W$  )」を算出する動作について、詳細に説明する。

【 0 1 5 1 】

「仮想ユーザ数 (  $W$  )」は、[式 2] を変形した [式 4] を用いて計算される。ただし、オーバーヘッドの「 $\theta$ 」は、他のパラメタと比べて十分に小さいとして、無視した。

【 0 1 5 2 】

$$[式 4] \quad W = M \times \{ S T + N \times R T + ( N - 1 ) \times T T \} / N$$

例えば、パラメタ入力受付部 2 1 0 が受け付けたパラメタが、「想定スループット (  $M$  ) = 1 0 0」、「想定最大応答時間 (  $R T_{MAX}$  ) = 4」、「想定最小応答時間 (  $R T_{MIN}$  ) = 0」、「最小思考時間 (  $T T_{MIN}$  ) = 5」、「最小待機時間 (  $S T_{MIN}$  ) = 5」、「テストシナリオに含まれるリクエスト数 (  $N$  ) = 5」とする。

40

【 0 1 5 3 】

「仮想ユーザ数 (  $W$  )」を算出する際に、初期パラメタ算出部 2 2 0 は、応答時間として想定最大応答時間 (  $R T_{MAX}$  ) を用いる。上記の例では、仮想ユーザ数 (  $W$  ) は、「 $W = 1 0 0 \times \{ 5 + 5 \times 4 + ( 5 - 1 ) \times 5 \} / 5 = 9 0 0$ 」と計算される。つまり、仮想ユーザを「9 0 0 個」用意すれば、例え、平均応答時間 (  $R T_{AVE}$  ) が想定する最大値の「4 秒」まで伸びても、負荷テスト実施装置 1 0 は、最低限の待機時間 (  $S T_{MIN}$  ) 及び思考時間 (  $T T_{MIN}$  ) を確保しつつ、所望のリクエスト (  $M$  ) を送信できる。

【 0 1 5 4 】

50



本実施形態に係る負荷テスト実施装置 10 は、パラメタ記憶部 120 が記憶する仮想ユーザ数 (W) の値を、一度設定すると、以降変更しない。

【0155】

次に、S13 の、初期パラメタ算出部 220 が「初期待機時間 (S<sub>TINI</sub>)」を算出する動作について、詳細に説明する。

【0156】

[式2]を変形すると、以下の[式5]が得られる。ただし、オーバーヘッドの「 $\tau$ 」は、他のパラメタと比べて十分に小さいとして、無視した。

【0157】

$$[式5] \quad S_T + N \times R_T = W \times N / M - (N - 1) \times T_T = \text{定数}$$

上述したように、「仮想ユーザ数 (W)」の値は、一度算出されると、以降変更されない。また、「想定スループット (M)」の値及び「最小思考時間 (T<sub>TMIN</sub>)」の値も、パラメタ入力受付部 210 が決定した値から、変更されない。従って、上記[式5]の右辺は、定数となる。上述の例では、上記[式5]の右辺は、「 $W \times N / M - (N - 1) \times T_T = 25$ 」となる。

【0158】

負荷パラメタのうち負荷テストを実施する際に変更されるパラメタは、待機時間 (S<sub>T</sub>) である。

【0159】

初期パラメタ算出部 220 は、「 $S_T + N \times R_T = \text{定数}$  (上述の例の場合「25」)」となるように、待機時間 (S<sub>T</sub>) を調整すれば、負荷テストを実施する際に、所望の負荷 (スループット (M)) を得られる。上述の例では、負荷は、「 $M = 100$  [リクエスト/秒]」となる。

【0160】

仮想ユーザ数 (W) の値は、想定最大応答時間 (R<sub>TMAX</sub>) を用いて算出された。そのため、実際の平均応答時間 (R<sub>TAVE</sub>) が、想定最大応答時間 (R<sub>TMAX</sub>) よりも短いた場合、必要数以上のリクエストが、送信される。

【0161】

テスト対象システム 30 は、想定以上の負荷を与えられると、動作が不安定となる場合がある。最悪の場合、テスト対象システム 30 は、停止する。停止した場合、負荷テストを継続するためにテスト対象システム 30 の再起動が必要となる。その結果、テストの実施効率が低下する問題が、発生する。

【0162】

この問題を避けるため、「初期待機時間 (S<sub>TINI</sub>)」を算出する際、初期パラメタ算出部 220 は、想定応答時間 (R<sub>T</sub>) を想定最小応答時間 (R<sub>TMIN</sub>) と仮定し、初期待機時間 (S<sub>TINI</sub>) を、その分だけ長く設定する。

【0163】

例えば、今回の例では、想定最小応答時間 (R<sub>TMIN</sub>) が「0 [秒]」である。そのため、[式5]を基に、初期待機時間 (S<sub>TINI</sub>) は、「25 [秒]」となる。

【0164】

次に、(S14) について、詳細に説明する。

【0165】

パラメタ入力受付部 210 は、「最小思考時間 (T<sub>TMIN</sub>)」の値を、パラメタ記憶部 120 に、「思考時間 (T<sub>T</sub>)」として、記憶する。同様に、パラメタ入力受付部 210 は、「仮想ユーザ数 (W)」の値を、パラメタ記憶部 120 に記憶する。パラメタ入力受付部 210 は、「初期待機時間 (S<sub>TINI</sub>)」の値を、パラメタ記憶部 120 に、「待機時間 (S<sub>T</sub>)」として、記憶する。

【0166】

また、パラメタ入力受付部 210 は、「想定最小応答時間 (R<sub>TMIN</sub>)」の値を、パラメタ記憶部 120 に、「想定応答時間 (R<sub>T</sub>)」の初期値として、記憶する。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 6 7 】

例えば、上記の例では、パラメタ記憶部 1 2 0 が記憶する「仮想ユーザ数 ( W )」、「思考時間 ( T T )」、「待機時間 ( S T )」、「想定応答時間 ( R T )」の初期値は、それぞれ、「9 0 0 人」、「5 秒」、「2 5 秒」、「0 秒」と記憶される。

## 【 0 1 6 8 】

< 負荷テストを実施しながらパラメタを調整する動作の説明 >

図 5 は、負荷テスト実施装置 1 0 が負荷テストを実施しながらパラメタを調整する動作の一例を示すフローチャートである。

## 【 0 1 6 9 】

なお、説明に用いるパラメタは、図 4 と同様とする。

10

## 【 0 1 7 0 】

前述した処理を基に、パラメタ記憶部 1 2 0 に、必要なパラメタが、事前に、記憶されているとする ( S 2 1 )。

## 【 0 1 7 1 】

まず、生成部 2 3 0 は、パラメタ記憶部 1 2 0 の保持するパラメタ「仮想ユーザ数 ( W )」に従い、仮想ユーザを「W 人」生成し、並行して動作させる ( S 2 2 )。

## 【 0 1 7 2 】

生成部 2 3 0 が複数の仮想ユーザを並行して動作させる方法は、既に説明したように、OS レベルのスレッド又はプロセスを仮想ユーザ数の分だけ生成し、各スレッド又はプロセスでテストシナリオを実行させる方法がある。生成部 2 3 0 は、パラメタ記憶部 1 2 0 の保持するパラメタ「思考時間 ( T T )」と「待機時間 ( S T )」とに従い、生成した仮想ユーザに、並行して、テストシナリオを実行させる。

20

## 【 0 1 7 3 】

次に、応答時間取得部 2 4 0 は、テストシナリオの実行に対応するテスト対象システム 3 0 の応答を計測する。そして、応答時間取得部 2 4 0 は、計測した応答時間の平均値である、「平均応答時間 ( R T <sub>AVE</sub> )」を取得する ( S 2 3 )。

## 【 0 1 7 4 】

前述したように、「( 平均応答時間 R T <sub>AVE</sub> )」は、一定期間内に負荷テスト実施装置 1 0 が送信した全てのリクエストに対する応答時間の平均値である。

## 【 0 1 7 5 】

パラメタ調整部 2 5 0 は、応答時間取得部 2 4 0 が取得した「平均応答時間 ( R T <sub>AVE</sub> )」とパラメタ記憶部 1 2 0 の保持するパラメタとを参照して、新たな「待機時間 ( S T )」を算出する ( S 2 4 )。

30

## 【 0 1 7 6 】

パラメタ調整部 2 5 0 は、パラメタ記憶部 1 2 0 が記憶する「待機時間 ( S T )」の値を、算出された「待機時間 ( S T )」の値で、更新する ( S 2 5 )。

## 【 0 1 7 7 】

なお、パラメタ調整部 2 5 0 は、パラメタ記憶部 1 2 0 が記憶する「待機時間 ( S T )」の値を更新する代わりに、算出された「待機時間 ( S T )」の値を、図示しない外部の出力装置に出力してもよい。

40

## 【 0 1 7 8 】

応答時間取得部 2 4 0 は、パラメタ記憶部 1 2 0 が記憶する想定応答時間 R T の値を、取得した「平均応答時間 ( R T <sub>AVE</sub> )」で、更新する ( S 2 6 )。

## 【 0 1 7 9 】

S 2 4 の動作を、さらに、詳細に説明する。

## 【 0 1 8 0 】

仮想ユーザが送信するリクエスト量を一定の値に維持するために、既に[式 5]を用いて説明したように、負荷テスト実施装置 1 0 は、「S T + N × R T」の値を一定にすればよい。

## 【 0 1 8 1 】

50

ここで、テストシナリオの実行前に想定していた「平均応答時間 (RT<sub>AVE</sub>)」を「RT<sub>0</sub>」、「RT<sub>0</sub>」に基づいて算出された「待機時間 (ST)」を「ST<sub>0</sub>」とする。また、テストシナリオの実行に基づく実際に計測された「平均応答時間 (RT<sub>AVE</sub>)」を「RT<sub>1</sub>」とする。すると、これらの値を基にした「待機時間 (ST<sub>1</sub>)」は、[式5]の左辺を変形した次の[式6]を用いて算出される。

【0182】

すなわち、「ST<sub>0</sub> + N × RT<sub>0</sub> = ST<sub>1</sub> + N × RT<sub>1</sub>」を変形した[式6]は、次のようになる。

【0183】

$$[式6] \quad ST_1 = ST_0 - N \times (RT_1 - RT_0)$$

テストシナリオの実行前に想定していた「平均応答時間 (RT<sub>AVE</sub>)」である「RT<sub>0</sub>」は、「RT<sub>0</sub> = 想定最小応答時間 (RT<sub>MIN</sub>) = 0秒」である。「RT<sub>0</sub>」に基づいて算出された「待機時間 (ST)」を「ST<sub>0</sub>」は、「ST<sub>0</sub> = 初期待機時間 (ST<sub>INI</sub>)」である。

【0184】

ここで、応答時間取得部240が取得した「平均応答時間 (RT<sub>AVE</sub>)」が、「1秒」とする。すると、実際のリクエスト到着率は、[式5]から、「900 × 5 / (25 + 5 × 1 + (5 - 1) × 5) = 90 [リクエスト/秒]」となり、所望の100 [リクエスト/秒]に達しない。そこで、パラメタ調整部250は、応答時間取得部240が取得した「平均応答時間 (RT<sub>AVE</sub>)」を基に、[式6]を使って「待機時間 (ST<sub>1</sub>)」を、「25 - 5 × (1 - 0) = 20秒」に更新する。つまり、負荷テスト実施装置10は、「平均応答時間 (RT<sub>AVE</sub>)」が1秒のときに、所望の「100 [リクエスト/秒]」を達成するため、「待機時間 (ST)」を25秒から20秒に短縮する必要がある。

【0185】

要するに、パラメタ調整部250は、[式6]において、パラメタ記憶部120に記憶されている「想定応答時間 (RT)」を「RT<sub>0</sub>」と、パラメタ記憶部120に記憶されている「待機時間 (ST)」を「ST<sub>0</sub>」と、S24において計測された実際の「平均応答時間 (RT<sub>AVE</sub>)」を「RT<sub>1</sub>」とし、[式6]に代入し、新たな「待機時間 (ST<sub>1</sub>)」を算出する。

【0186】

「待機時間 (ST)」を短縮した結果、次に仮想ユーザがテストシナリオを実行したとき、テスト対象システム30に、より高い負荷が掛かる。そのため、「平均応答時間 (RT<sub>AVE</sub>)」は、1秒から、さらに伸びる可能性がある。そのときは、負荷テスト実施装置10は、「待機時間 (ST)」を再設定し、テストを繰り返す。この動作を基に、負荷テスト実施装置10は、最終的に、所望のリクエスト到着率を達成できる。

【0187】

「思考時間 (TT)」と「待機時間 (ST)」とを区別しない本発明に関連する負荷テスト実施装置は、負荷の変動を再現するため、「仮想ユーザ数 (W)」と「思考時間 (TT)」とを、共に、十分に大きい値に設定する必要があった。そのため、本発明に関連する負荷テスト実施装置は、多数のスレッドがTCP接続を維持し続ける必要があった。

【0188】

本実施形態に係る負荷テスト実施装置10は、TCP接続が維持される時間である「思考時間 (TT)」を、負荷の変動を再現するために必要最小限の値 (最小思考時間 (TT<sub>MIN</sub>)) に保ったまま、TCP接続が切断されている「待機時間 (ST)」を調整して、所望の負荷を生成できる。この動作を基に、負荷テスト実施装置10は、仮想ユーザがテストシナリオを実行する際のTCP接続時間を抑え、接続のために消費されるTCPポート及び他のリソースを節約できる。

【0189】

また、本実施形態に係る負荷テスト実施装置10は、オペレータが入力したパラメタに基づいて、パラメタ記憶部120にパラメタ (例えば、「仮想ユーザ数 (W)」、「思考

10

20

30

40

50

時間 (TT)」、「待機時間 (ST)」)を記憶する。

【0190】

本実施形態の負荷テスト実施装置10のオペレータが入力するパラメタは、いずれも、直感的に理解しやすいパラメタである。そのため、負荷テスト実施装置10を用いると、負荷テストに関して豊富な経験や専門知識を持たないオペレータでも、適切な負荷テストを、容易に実施できる。

【0191】

また、本実施形態に係る負荷テスト実施装置10において、「仮想ユーザ数(W)」は、[式4]を用いて、「想定最大応答時間( $RT_{MAX}$ )」と、「最小思考時間( $TT_{MIN}$ )」と、「最小待機時間( $ST_{MIN}$ )」とに基づいて算出される。従って、例えば、「平均応答時間( $RT_{AVE}$ )」が「想定最大応答時間( $RT_{MAX}$ )」まで伸びても、負荷テスト実施装置10は、負荷の変動を維持するための最低限の「思考時間( $TT_{MIN}$ )」及び「待機時間( $ST_{MIN}$ )」を確保しつつ、所望の「リクエスト(M)」を送信できる。

10

【0192】

また、本実施形態に係る負荷テスト実施装置10において、パラメタ調整部250は、所望の「リクエスト(M)」を送信するために「待機時間(ST)」を調整し、「仮想ユーザ数(W)」を初期値のまま変更しない。そのため、負荷テスト実施装置10は、「仮想ユーザ数(W)」の過剰な設定を防げる。

【0193】

「仮想ユーザ数(W)」、すなわち、プロセスやスレッド数が過剰に設定されると、例えば、仮想ユーザの切替えに要するオーバーヘッド「」が大きくなる。その結果、テストシナリオの実行効率が、低下するという問題が発生する。

20

【0194】

しかし、本実施形態に係る負荷テスト実施装置10は、このような問題を発生しない。

【0195】

また、本実施形態に係る負荷テスト実施装置10において、「初期待機時間( $ST_{INI}$ )」は、「想定最小応答時間( $RT_{MIN}$ )」に基づいて、算出される。従って、例えば、「平均応答時間( $RT_{AVE}$ )」が想定する最小値に近づいても、「初期待機時間( $ST_{INI}$ )」は、十分に長く設定される。そのため、負荷テスト実施装置10は、テスト対象システム30への想定以上の負荷を防げる。

30

【0196】

= 第1の実施形態の変形例 =

以下、上記説明した第1の実施形態に係る負荷テスト実施装置10の、様々な変形例に関して、説明する。

【0197】

パラメタ調整部250は、[式6]を使わずに、[式2]又は[式4]を使って、「待機時間(ST)」を算出しても良い。

【0198】

この場合、パラメタ記憶部120は、「想定応答時間(RT)」に代えて、「想定スループット」を保持する。そして、パラメタ調整部250は、[式2]又は[式4]の「RT」として、計測した「平均応答時間( $RT_{AVE}$ )」を用いて、新たな「待機時間(ST)」を算出すればよい。

40

【0199】

パラメタ記憶部120は、「思考時間(TT)」又は「待機時間(ST)」のパラメタとして、平均値以外の代表値を、記憶してもよい。

【0200】

応答時間取得部240は、「平均応答時間( $RT_{AVE}$ )」以外の代表値を取得してもよい。

【0201】

パラメタ記憶部120は、必ずしも、全てのパラメタをオペレータから受け付ける必要

50

はない。

【0202】

例えば、「最小思考時間 ( $T_{T_{MIN}}$ )」又は「最小待機時間 ( $S_{T_{MIN}}$ )」は、予め、OSのティックに対して十分に大きい値が定められてもよい。また、「最小思考時間 ( $T_{T_{MIN}}$ )」又は「最小待機時間 ( $S_{T_{MIN}}$ )」は、「OSのティックの整数倍の値」のような形で、決定されてもよい。

【0203】

生成部230は、仮想ユーザを生成する際に、各仮想ユーザのイベント処理（例えば、リクエストの送信と受信、休止からの復帰）を、その発生予定時刻に従って、集中制御しても良い。この場合、生成部230は、スレッド又はプロセスを複数生成しなくても、仮想ユーザの並行動作を模擬できる。

10

【0204】

また、生成部230は、テストシナリオを複数種類用意し、各シナリオを所定の確率で実行してもよい。テストシナリオが複数種類用意された場合、例えば、負荷テスト実施装置10は、各テストシナリオに含まれるリクエストの数 ( $N$ ) と、各シナリオが選択される確率とを基に、「テストシナリオに含まれるリクエスト数 ( $N$ )」の期待値を算出できる。

【0205】

上記第1の実施形態の説明は、「待機時間 ( $S_T$ )」を、仮想ユーザがテストシナリオの最後のリクエストに対する応答を受け取ってTCP接続を切断してから、再びテストシナリオを実行してTCP接続を確立し、最初のリクエストを送信するまでの時間と定義した。しかし、本実施形態は、テストシナリオの中にTCP接続が切断される「待機時間 ( $S_T$ )」が組み込まれてもよい。この場合、テスト記憶部110は、リクエストの送信とリクエストに対する応答を繰り返す間に、「待機時間 ( $S_T$ )」を少なくとも1回含むテストシナリオを記憶すればよい。

20

【0206】

= 第2の実施形態 =

本発明の第2の実施形態に係る負荷テスト実施装置11について、図面を参照して、詳細に説明する。

【0207】

< 構成の説明 >

図6は、第2の実施形態に係る負荷テスト実施装置11を含むネットワーク構成の一例を示すブロック図である。

30

【0208】

第2の実施形態に係る負荷テスト実施装置11は、記憶部101と、処理部201と通信部300とを含む。

【0209】

記憶部101は、第1の実施形態に係る記憶部100が含む構成に加えて、応答時間許容誤差記憶部130を含む。

【0210】

処理部201は、第1の実施形態に係る処理部200が含む構成に加え、応答時間比較部270を含む。

40

【0211】

応答時間許容誤差記憶部130は、「応答時間許容誤差」を記憶する。

【0212】

「応答時間許容誤差」は、例えば、「5%」のようなパーセント値、又は、「0.05秒」のような絶対値の形式で、記憶される。「応答時間許容誤差」は、パラメタ記憶部120が記憶する「想定応答時間 ( $R_T$ )」と、応答時間取得部240が取得した「平均応答時間 ( $R_{T_{AVE}}$ )」との差に関して、許容される値である。「応答時間許容誤差」は、パラメタとして、パラメタ入力受付部210がオペレータから受け付け、応答時間許容誤

50

差記憶部 130 に記憶される。

【0213】

応答時間比較部 270 は、パラメタ記憶部 120 が記憶する「想定応答時間 (RT)」と、応答時間取得部 240 が取得した「平均応答時間 (RT<sub>AVE</sub>)」との差を求める。そして、応答時間比較部 270 は、その差が、応答時間許容誤差記憶部 130 が記憶する「応答時間許容誤差」の範囲内にあるか否かを判定する。応答時間比較部 270 は、両者の差が許容誤差の範囲内ないと判定した場合、パラメタ調整部 250 に「待機時間 (ST)」の再計算を指示する。

【0214】

<動作の説明>

次に、第 2 の実施形態に係る負荷テスト実施装置 11 の動作について説明する。

【0215】

パラメタの初期値を決定する動作は、第 1 の実施形態に係る負荷テスト実施装置 10 の動作と同じため、説明を省略し、負荷テストを実行しながらパラメタを調整する動作について、詳細に説明する。

【0216】

図 7 は、第 2 の実施形態に係る負荷テスト実施装置 11 の負荷テストを実行しながらパラメタを調整する動作を示すフローチャートである。

【0217】

本実施形態における S31、S32、S33 の処理は、第 1 の実施形態に係る負荷テスト実施装置 10 と処理 (S21 ~ S23) と同様のため、説明を省略する。

【0218】

応答時間比較部 270 は、応答時間取得部 240 が取得した「平均応答時間 (RT<sub>AVE</sub>)」と、パラメタ記憶部 120 が記憶する「想定応答時間 (RT)」との差分を算出し、その差分が「応答時間許容誤差」の範囲内か否かを判定する (S34)。

【0219】

判定の結果、両者の差分が「応答時間許容誤差」の範囲内の場合 (S34 の YES)、応答時間比較部 270 は、パラメタ調整部 250 に「待機時間 (ST)」に指示を出さずに、負荷テストを継続する。

【0220】

両者の差分が「応答時間許容誤差」の範囲外の場合 (ステップ S34 の NO)、応答時間比較部 270 は、パラメタ調整部 250 に、「待機時間 (ST)」の再算出を指示する (S35)。

【0221】

パラメタ調整部 250 は、「待機時間 (ST)」の値を再算出する (S36)。

【0222】

本実施形態における S36 の処理は、第 1 の実施形態に係る負荷テスト実施装置 10 の処理と同様である。

【0223】

S34 の処理について、詳細に説明する。

【0224】

ここで、例えば、「応答時間許容誤差」が「0.05 秒」と与えられ、パラメタ記憶部 120 が記憶する「想定応答時間 (RT)」が「1 秒」、応答時間取得部 240 が取得した「平均応答時間 (RT<sub>AVE</sub>)」が「1.2 秒」とする。

【0225】

このとき、応答時間比較部 270 は、両者の差分として、「0.2 秒」を算出する。

【0226】

次に、応答時間比較部 270 は、算出した差分の「0.2 秒」と「応答時間許容誤差」の「0.05 秒」とを比較する。今の場合、応答時間比較部 270 は、差分が「応答時間許容誤差」を上回っていると判定する。その結果、応答時間比較部 270 は、パラメタ調

10

20

30

40

50

整部 250 に、応答時間取得部 240 が取得した「平均応答時間 (  $RT_{AVE}$  )」に基づいた「待機時間 (  $ST$  )」の再算出を指示する。

【0227】

なお、負荷テスト実施装置 11 は、「想定応答時間 (  $RT$  )」と「平均応答時間 (  $RT_{AVE}$  )」との差分が「応答時間許容誤差」の範囲内に所定回数以上連続して納まることを、負荷テストの終了条件としても良い。

【0228】

第 2 の実施形態の変形例として、負荷テスト実施装置 11 は、パラメタ記憶部 120 が記憶する「想定応答時間 (  $RT$  )」の代わりに、オペレータが入力した値を「想定応答時間 (  $RT$  )」とみなしてもよい。

10

【0229】

このように、第 2 の実施形態に係る負荷テスト実施装置 11 は、所望の値を基に、忠実な負荷を生成できる。

【0230】

その理由は、負荷テスト実施装置 11 が、「想定応答時間 (  $RT$  )」と「平均応答時間 (  $RT_{AVE}$  )」との差分を基に、「待機時間 (  $ST$  )」の再設定を実施するためである。

【0231】

また、負荷テスト実施装置 11 は、テストシナリオの実行を適切に繰り返せる。

【0232】

その理由は、負荷テスト実施装置 11 が、「想定応答時間 (  $RT$  )」と「平均応答時間 (  $RT_{AVE}$  )」との差分が「応答時間許容誤差」の範囲内に所定回数以上連続して納まることを、負荷テストの終了できるためである。

20

【0233】

= 第 3 の実施形態 =

本発明の第 3 の実施形態に係る負荷テスト実施装置 12 について、図面を参照して、詳細に説明する。

【0234】

図 8 は、第 3 の実施形態に係る負荷テスト実施装置 12 を含むネットワーク構成の一例を示すブロック図である。

【0235】

第 3 の実施形態に係る負荷テスト実施装置 12 は、記憶部 102 と、処理部 202 と、通信部 300 と、通知部 400 とを含む。

30

【0236】

記憶部 102 は、第 1 の実施形態に係る記憶部 100 が含む構成に加えて、応答時間許容範囲記憶部 140 を含む。

【0237】

処理部 202 は、第 1 の実施形態に係る処理部 200 が含む構成に加え、応答時間判定部 280 を含む。

【0238】

応答時間許容範囲記憶部 140 は、「想定最小応答時間 (  $RT_{MIN}$  )」と「想定最大応答時間 (  $RT_{MAX}$  )」とを記憶する。

40

【0239】

応答時間判定部 280 は、応答時間取得部 240 が取得した「平均応答時間 (  $RT_{AVE}$  )」が、所定の範囲内、例えば、「想定最小応答時間 (  $RT_{MIN}$  )」から「想定最大応答時間 (  $RT_{MAX}$  )」までの範囲内か否かを判定する。

【0240】

通知部 400 は、応答時間判定部 280 の判定の結果、「平均応答時間 (  $RT_{AVE}$  )」が「想定最小応答時間 (  $RT_{MIN}$  )」から「想定最大応答時間 (  $RT_{MAX}$  )」までの範囲外の場合、その旨を図示しない外部の装置 (例えば、オペレータが操作する装置) に通知する。

50

## 【0241】

図9は、第3の実施形態に係る負荷テスト実施装置12の動作の一例を示すフローチャートである。

## 【0242】

本実施形態におけるS41、S42、S43の処理は、第1の実施形態に係る負荷テスト実施装置10の動作(S21~S23)と同様のため、説明を省略する。

## 【0243】

応答時間判定部280は、応答時間取得部240が取得した「平均応答時間( $RT_{AVE}$ )」が、「想定最小応答時間( $RT_{MIN}$ )」から想定最大応答時間( $RT_{MAX}$ )」までの範囲内か否かを判定する(S44)。

10

## 【0244】

「平均応答時間( $RT_{AVE}$ )」が、範囲内の場合(S44のYES)、負荷テスト実施装置12は、負荷テストを継続する。

## 【0245】

「平均応答時間( $RT_{AVE}$ )」が、範囲外の場合(S44のNO)、通知部400は、範囲外の旨を通知する(S45)。

## 【0246】

ここで、第3の実施形態に係る負荷テスト実施装置13が奏する効果を説明する。

## 【0247】

「平均応答時間( $RT_{AVE}$ )」が想定最小応答時間 $RT_{MIN}$ より短い場合、テスト対象システム30に必要な以上のリクエストが、送信される。テスト対象システム30は、想定以上の負荷を与えられると動作が不安定となる場合がある。最悪の場合、テスト対象システム30は、停止する。停止した場合、負荷テストを継続するためにテスト対象システム30の再起動が必要となる。その結果、テストの実施効率が、低下する。

20

## 【0248】

一方、「平均応答時間( $RT_{AVE}$ )」が「想定最大応答時間( $RT_{MAX}$ )」より長い場合、想定よりも低いリクエスト到着率にも拘らず、テスト対象システム30の応答時間が、想定を超える。そのため、テスト対象システム30が所望の性能を発揮しないことが、直ちに判明する。

## 【0249】

このように、第3の実施形態に係る負荷テスト実施装置12は、通知部400の通知を基に、例えば、オペレータに、これらの好ましくない状況を通知できる。

30

## 【0250】

その理由は、負荷テスト実施装置12の応答時間判別部280が、「平均応答時間( $RT_{AVE}$ )」が適切な範囲内か否かを判別する。そして、範囲外の場合、通知部400が、通知するからである。

## 【0251】

第3の実施形態の変形例として、負荷テスト実施装置12は、通知部400の代わりに、負荷テスト強制終了部290を含んでもよい。

## 【0252】

負荷テスト強制終了部290は、応答時間判定部280の判定の結果、「平均応答時間( $RT_{AVE}$ )」が所定の範囲内でない場合、負荷テストを強制的に終了する。

40

## 【0253】

そのため、第3の実施形態の変形例に係る負荷テスト実施装置12は、負荷テストが不適切であった場合、自動的に負荷テストを終了できる。

## 【0254】

= 第4の実施形態 =

本発明の第4の実施形態に係る負荷テスト実施装置13について図面を参照して詳細に説明する。

## 【0255】

50



図10は、第4の実施形態に係る負荷テスト実施装置13の構成の一例を示すブロック図である。

【0256】

第4の実施形態に係る負荷テスト実施装置13は、テスト記憶部110とパラメタ記憶部120を含む記憶部100と、生成部230とパラメタ調整部250と通信制御部260とを含む処理部203とを含む。

【0257】

これらの構成は、第1の実施形態と同様である。そのため、繰り返しとなるが、各構成について説明する。

【0258】

テスト記憶部110は、テストシナリオ（以下、本実施形態の説明では「スクリプト」と記す）を記憶する。スクリプトは、リクエストを送信してからリクエストに対する応答を受信する処理を複数回含む。受信と送信との間の時間は、TCP接続が切断される時間である「待機時間」、又は、TCP接続が維持される時間である「思考時間」かのいずれかである。

【0259】

生成部230は、負荷を掛ける対象となるシステム（例えば、図1に示すテスト対象システム30）に対してスクリプトを実行して負荷を掛ける負荷発生手段（仮想ユーザ）を生成する。

【0260】

パラメタ記憶部120は、「待機時間（ST）」の長さを定めるパラメタを記憶する。

【0261】

パラメタ調整部250は、単位時間当たり所望の数のリクエストがシステムに到達するように、パラメタを調整する。

【0262】

通信制御部260は、負荷発生手段が実行中のスクリプトに含まれる「思考時間（TT）」の間は通信路（TCP接続）を維持し、「待機時間（ST）」の間は通信路（TCP接続）を切断する。

【0263】

このように構成された本実施形態の負荷テスト実施装置13は、第1の実施形態の負荷テスト実施装置10と同様の効果を実現できる。

【0264】

その理由は、負荷テスト実施装置13が、上記の通り、適切な負荷テストを実施できるように、パラメタを調整できるためである。

【0265】

なお、負荷テスト実施装置13は、本発明の最小構成である。

【0266】

以上、実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記実施形態に限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明のスコープ内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

【0267】

この出願は、2012年3月30日に提出された日本出願特願2012-079418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。

【産業上の利用可能性】

【0268】

本発明は、テスト対象システムに所定の負荷を与えたときの性能及び挙動を検証するための負荷テスト実施装置、負荷テスト実施システム又は負荷テスト実施方法に好適である。

【符号の説明】

【0269】

10

20

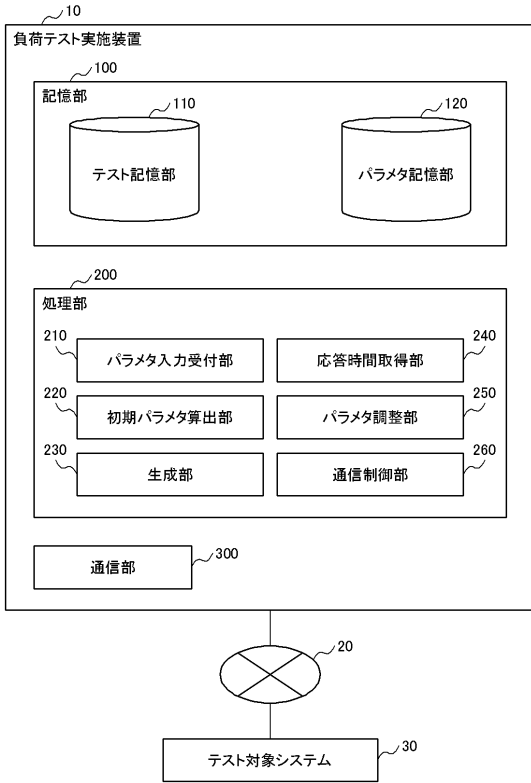
30

40

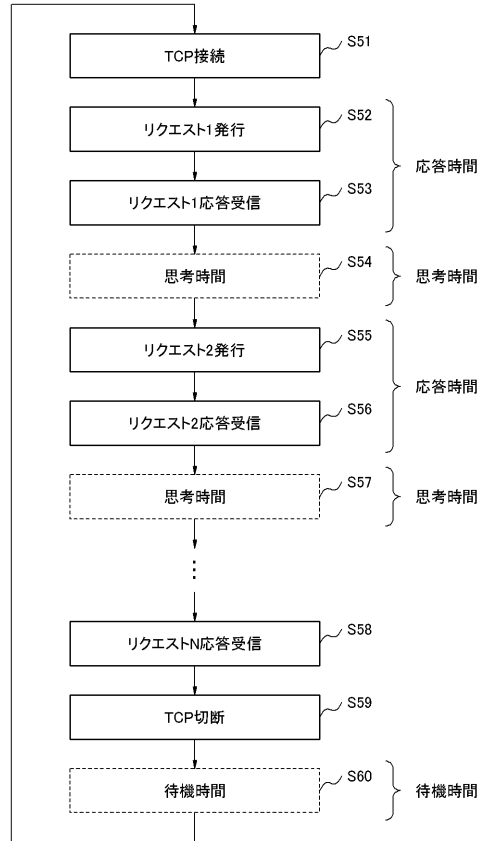
50

1 0	負荷テスト実施装置	
1 1	負荷テスト実施装置	
1 2	負荷テスト実施装置	
1 3	負荷テスト実施装置	
2 0	ネットワーク	
3 0	テスト対象システム	
1 0 0	記憶部	
1 0 1	記憶部	
1 0 2	記憶部	
1 1 0	テスト記憶部	10
1 2 0	パラメタ記憶部	
1 3 0	応答時間許容誤差記憶部	
1 4 0	応答時間許容範囲記憶部	
2 0 0	処理部	
2 0 1	処理部	
2 0 2	処理部	
2 0 3	処理部	
2 1 0	パラメタ入力受付部	
2 2 0	初期パラメタ算出部	
2 3 0	生成部	20
2 4 0	応答時間取得部	
2 5 0	パラメタ調整部	
2 6 0	通信制御部	
2 7 0	応答時間比較部	
2 8 0	応答時間判定部	
2 9 0	負荷テスト強制終了部	
3 0 0	通信部	
4 0 0	通知部	

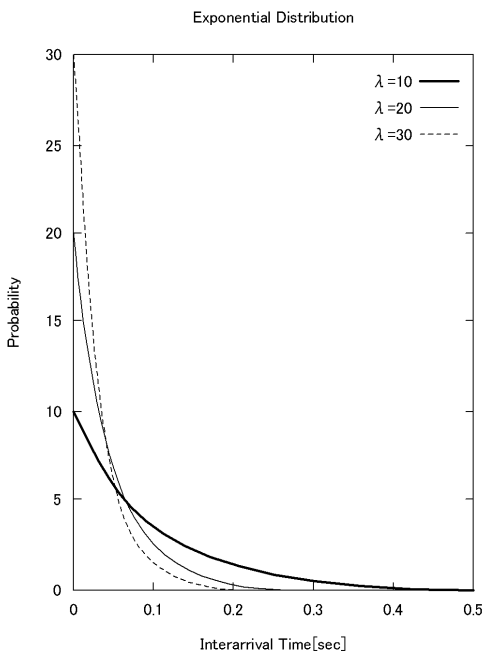
【図1】



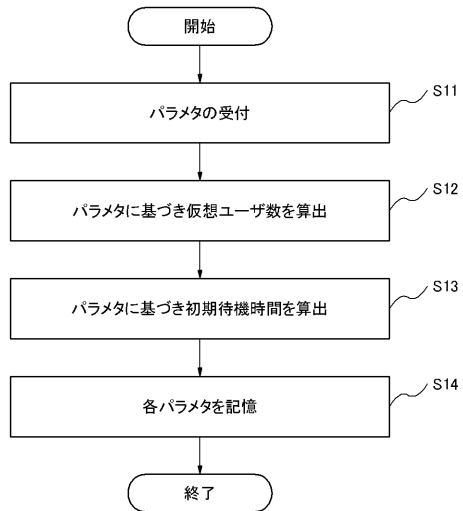
【図2】



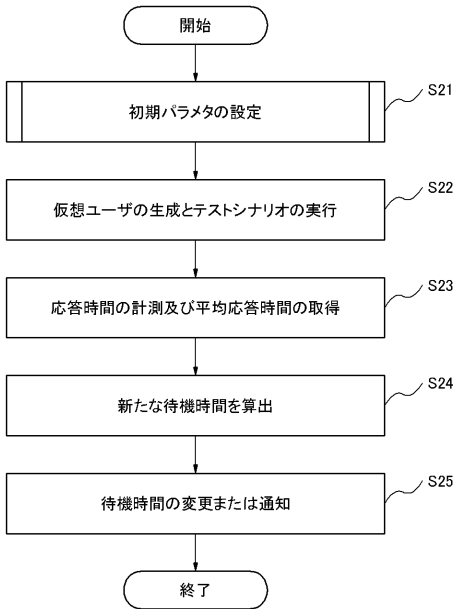
【図3】



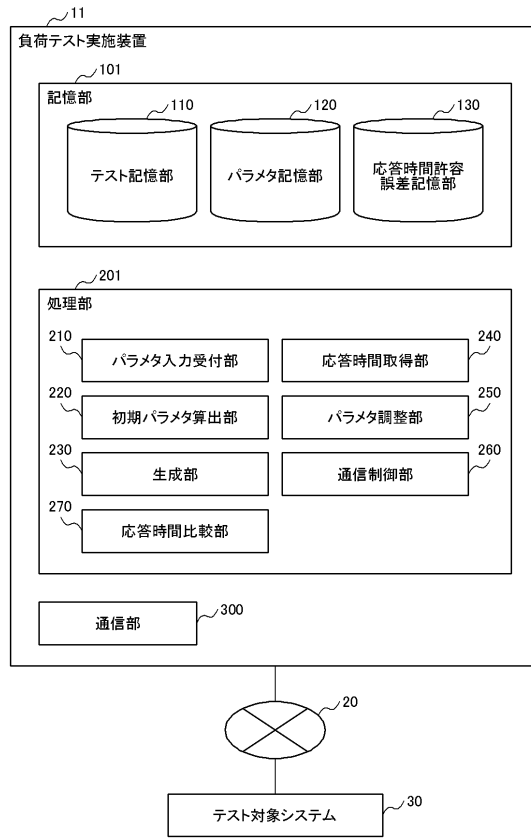
【図4】



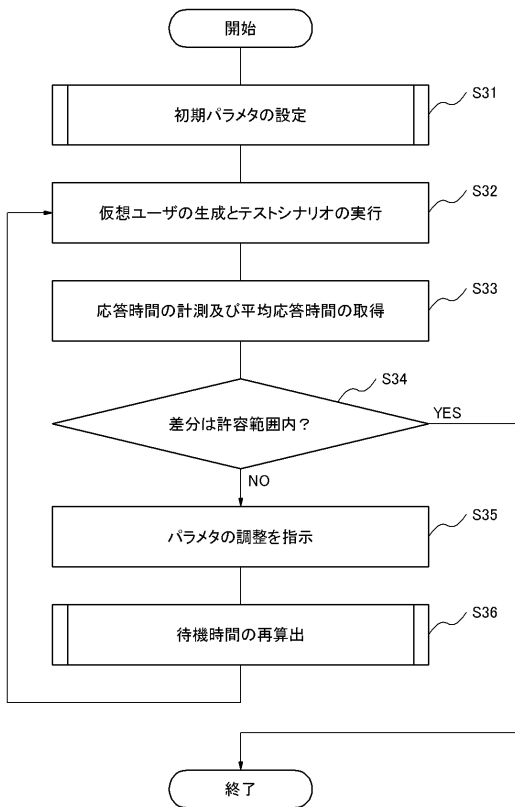
【 図 5 】



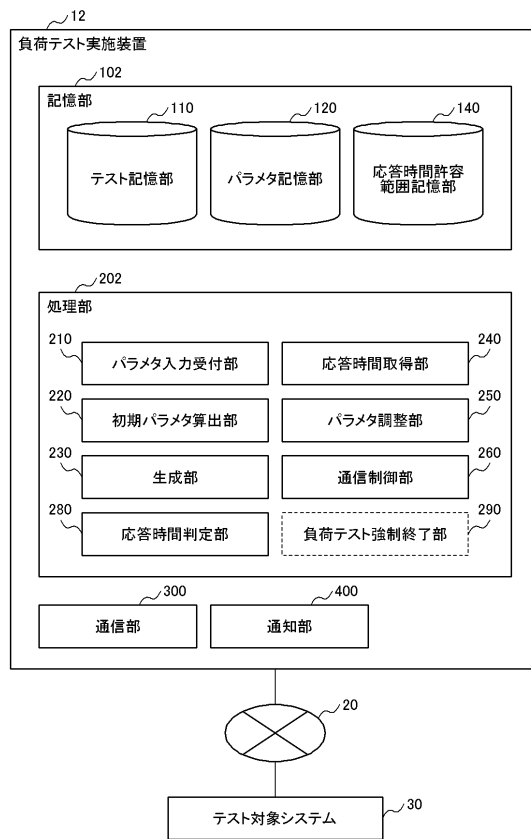
【 図 6 】



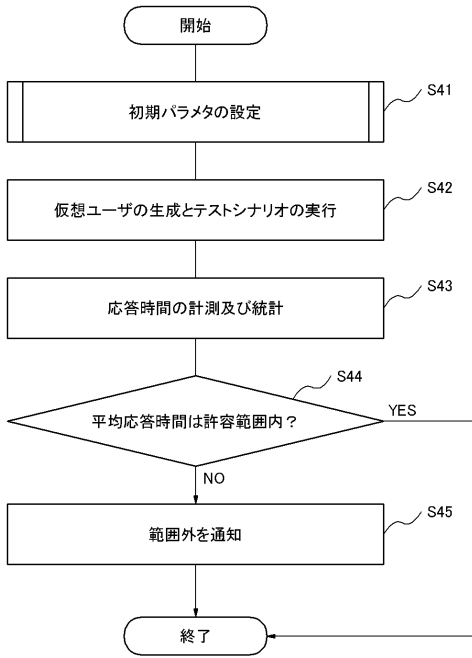
【 図 7 】



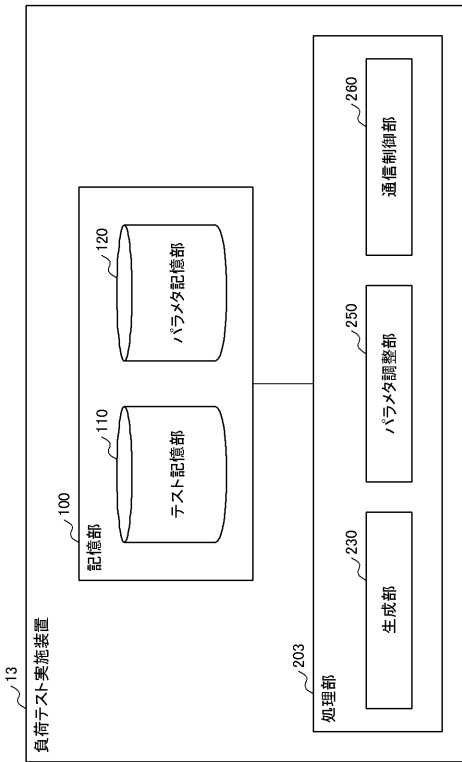
【 図 8 】



【図9】



【図10】



## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2013/001827
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> G06F11/28(2006.01)i, G06F11/34(2006.01)i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06F11/22-11/34, G06F15/00, G06F13/00  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 1996-2013 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/130967 A1 (NEC Corp.), 29 October 2009 (29.10.2009), paragraphs [0001], [0009] to [0011], [0019] to [0026]; fig. 1 to 3 & US 2011/0022911 A1	1-10
A	Akiyoshi SUGIKI, "Automatic Tuning of the Keep-alive Parameter of Web Servers based on Request-waiting Intervals", Computer Software, 02 May 2007 (02.05.2007) (received date), vol. 24, no.2, pages 68 to 78	1-10
A	JP 2006-31178 A (Hitachi, Ltd.), 02 February 2006 (02.02.2006), paragraphs [0020], [0032] to [0038]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 10 April, 2013 (10.04.13)		Date of mailing of the international search report 23 April, 2013 (23.04.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/001827

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-318454 A (Hitachi, Ltd.), 11 November 2004 (11.11.2004), paragraphs [0005] to [0008], [0015] to [0016], [0022] to [0023], [0031] to [0034], [0062]; fig. 1 to 3, 9 (Family: none)	1-10
A	JP 2002-7232 A (Cybird Co., Ltd.), 11 January 2002 (11.01.2002), paragraphs [0001], [0015] to [0023], [0028] to [0052]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-10
A	JP 2003-124985 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 25 April 2003 (25.04.2003), paragraphs [0009] to [0014] (Family: none)	1-10
A	JP 2008-250825 A (Mizuho Information & Research Institute, Inc.), 16 October 2008 (16.10.2008), paragraphs [0008] to [0009], [0025] to [0026]; fig. 1 (Family: none)	1-10

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 3 / 0 0 1 8 2 7									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G06F11/28(2006.01)i, G06F11/34(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 (IPC)) Int.Cl. G06F11/22-11/34, G06F15/00, G06F13/00											
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2013年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2013年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2013年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2013年	日本国実用新案登録公報	1996-2013年	日本国登録実用新案公報	1994-2013年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2013年										
日本国実用新案登録公報	1996-2013年										
日本国登録実用新案公報	1994-2013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									
A	WO 2009/130967 A1 (日本電気株式会社) 2009.10.29, 段落【0001】, 【0009】 - 【0011】, 【0019】 - 【0026】, 第1-3 図 & US 2011/0022911 A1	1-10									
A	杉木 章義, リクエスト待機間隔を考慮したウェブサーバのkeep-alive時間の自動設定, コンピュータソフトウェア, 2007.05.02 (受入日), 第24巻, 第2号, p.68-78	1-10									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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		の日の後に公表された文献									
「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		「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									
「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		「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									
「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)		「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									
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」同一パテントファミリー文献									
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願											
国際調査を完了した日 10.04.2013		国際調査報告の発送日 23.04.2013									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/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) 大塚 俊範	5 B 4680								
		電話番号 03-3581-1101 内線 3545									



国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 3 / 0 0 1 8 2 7
C (続き) . 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
A	JP 2006-31178 A (株式会社日立製作所) 2006.02.02, 段落【0020】, 【0032】 - 【0038】, 第1-3 図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2004-318454 A (株式会社日立製作所) 2004.11.11, 段落【0005】 - 【0008】, 【0015】 - 【0016】, 【0022】 - 【0023】, 【0031】 - 【0034】, 【0062】, 第1-3,9 図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2002-7232 A (株式会社サイバード) 2002.01.11, 段落【0001】, 【0015】 - 【0023】, 【0028】 - 【0052】, 第1-8 図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2003-124985 A (日本電信電話株式会社) 2003.04.25, 段落【0009】 - 【0014】 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2008-250825 A (みずほ情報総研株式会社) 2008.10.16, 段落【0008】 - 【0009】, 【0025】 - 【0026】, 第1 図 (ファミリーなし)	1-10

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。