

平成 31 年 4 月 26 日現在

機関番号：32687

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00142

研究課題名(和文) 省電力クラウド・コンピューティング・システムのための負荷分散アルゴリズムの研究

研究課題名(英文) Load Balancing Algorithms for Energy-Efficient Cloud Computing Systems

研究代表者

榎戸 智也 (Enokido, Tomoya)

立正大学・経営学部・教授

研究者番号：10360158

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：仮想マシンを利用したクラウド・システムは、高い拡張性から分散システム構築のための基盤として広く利用されている。一方で、システムの大規模化や利用者データの大容量化に伴う電力消費量の増大が問題となっており、省電力化が重要な課題となっている。本研究では、実サーバ上で稼働した複数の仮想マシンで応用プログラムを実行した場合の仮想マシンの計算モデルと実サーバの電力消費モデルを定義し、定義した計算モデルと電力消費モデルをもとに、クラウド・システムで応用プログラムを実行する場合にシステム全体の消費電力を低減し、かつ応用プログラムの要求するサービス品質を満たす仮想マシンを選択する負荷分散アルゴリズムを提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

クラウド・システムは、新たな情報システム基盤であり、国内外の企業もクラウド・システムを用いた各種サービス提供を事業化している。一方で、システムの大規模化やデータ量の増加等に伴う消費電力量の増大が問題となっている。本研究では、ハードウェアの消費電力特性だけでなく、ソフトウェアの実行も考慮した実サーバの電力消費モデルを提案する点で特色がある。また、応用プログラムが実行されている稼働中の実サーバの消費電力を削減できる点で新規性がある。本研究の実現により、大規模性、拡張性に優れたクラウド・システムを電力消費の観点からも有効な情報システム基盤として発展させることができる。

研究成果の概要(英文)： Cloud computing systems equipped with virtual machines are widely used to realize scalable, high performance and fault-tolerant information systems. Application processes are performed on virtual machines in a cloud computing system. Here, a large amount of electric energy is consumed in a cloud computing system since a cloud computing system is composed of a large number of servers and multiple servers consume electric energy to perform application processes on multiple virtual machines. In order to design an energy-efficient cloud computing system, processing load of virtual machines to perform application processes has to be balanced with one another and the total electric energy consumption of a cloud computing system has to be reduced. In this study, load balancing algorithms to allocate application processes to virtual machines are proposed so that the total electric energy consumption of a cloud computing system and the average computation time of each process can be reduced.

研究分野：情報学・計算機システム・情報通信工学

キーワード：情報システム 情報通信工学 計算機システム 省エネルギー アルゴリズム

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現在の情報システムは、移動体通信技術の発展と普及にともないコンピュータだけでなくセンサ、携帯端末、家電等の多種多様な情報機器が相互接続された大規模なシステムとなっている。情報システムを利用して提供されるサービスも多様化、高度化しており、利用者数の増大と利用データの大容量化が進んでいる。従来の多くの情報システムは、クライアント・サーバ (CS) システムで構築されてきているが、CS システムでは、サービスの多様化や高度化に対して、システムの拡張性を提供しきれないといった問題がある。このような問題から、現在の情報システムは、高い拡張性を提供できるクラウド・システムへと移行してきている。

クラウド・システムは、実サーバ・クラスターが保有する計算資源を利用して提供される応用システムをクライアントが利用するシステムモデルであり、1つのクラウド・システムで独立した複数の応用システムを同時に実行することも可能である。また、各応用システムでのトラフィックやデータ量等の変動に合わせて計算資源の機能拡張や機能縮小を柔軟にできる。現在のクラウド・システムの多くでは、柔軟な機能拡張や縮小を実現するために仮想化技術が利用されている。仮想化技術を利用することで、応用システム間での計算資源の分割利用や統合が可能となり、実サーバが保有する計算資源の利用効率を向上できる。一方で、システムの大規模化や利用者数とデータ量の増加に伴う消費電力量の増大が問題となっており、クラウド・システムの省電力化が重要な課題となっている。この問題に対して、仮想化技術を用いて実サーバが保有する計算資源の利用効率を向上させることで実際に稼働させる実サーバ数を削減し、システム全体の消費電力量を削減する手法が多く提案されている。しかし、一般的に稼働中の実サーバの数は、停止できる実サーバの数よりも多いため、システム全体の消費電力量を削減するためには、稼働中の実サーバ・クラスターで消費される電力量を削減する必要がある。このためには、応用プログラムを実行する場合に、実サーバ・クラスター上で稼働している仮想マシンの中からシステム全体の消費電力量を低減し、かつ応用プログラムの要求するサービス品質 (QoS) を満足できる仮想マシンを選定する負荷分散アルゴリズムが必要となる。この負荷分散アルゴリズムを設計・実装するためには、複数の仮想マシン上で応用プログラムが同時実行された場合の仮想マシンの計算モデルと実サーバの電力消費モデルが必要となる。CPU やハードディスク等のハードウェア構成機器の省電力化はインテル等のベンダ各社で研究開発が進み、各種省電力製品が提供されている。しかし、実サーバの消費電力は、ハードウェアだけではなく、実サーバ上で動作している仮想マシンと仮想マシン上で実行される応用プログラムの実行状態に依存するため、ハードウェアの消費電力のみで実サーバの消費電力をモデル化することは困難である。大規模性、拡張性に優れたクラウド・システムを消費電力の観点からも有効な情報システム基盤として発展させるためには、複数の仮想マシン上で応用プログラムが同時実行された場合の仮想マシンの計算モデルとハードウェアの消費電力特性だけでなく、ソフトウェアの実行も考慮した実サーバの電力消費モデルが必要である。さらに、実サーバ・クラスター上で稼働している仮想マシンの中からシステム全体の消費電力量を低減し、かつ応用プログラムの要求するサービス品質 (QoS) を満足できる仮想マシンを選定する新たな負荷分散アルゴリズムが必要である。

2. 研究の目的

本研究では、クラウド・システム上で実行される応用として、計算資源を主に使用する応用 (計算応用) と通信資源を主に使用する応用 (通信応用) を想定し、仮想マシン上で実行される応用プログラムを主に計算資源 (CPU) を利用するプログラム (計算プロセス) と通信資源を利用するプログラム (通信プロセス) の2種類に分類する。本研究では、実サーバ上で稼働する複数の仮想マシンで計算プロセスと通信プロセスが実行された場合の仮想マシンの計算モデル、ファイル転送モデルと実サーバの電力消費モデルを定義する。次に、定義した仮想マシンの計算モデル、ファイル転送モデルと実サーバの電力消費モデルをもとに、クラウド・システムにおいて複数の応用プロセスを同時実行する場合にシステム全体の消費電力を低減し、かつ各プロセスが要求するサービス品質 (QoS) を満たす仮想マシンを選定する負荷分散アルゴリズムを提案する。

3. 研究の方法

(1) 仮想マシンの計算・ファイル転送モデルの定式化

マルチコア CPU を搭載した実サーバを用意し、実サーバ上で複数の仮想マシンを稼働させる。本研究では、システム内で実行される応用は、計算応用または通信応用のいずれか一方のみとする。また、1つの仮想マシンは、実サーバ内の1つの論理 CPU (スレッド) 上で実行される。よって、稼働中の仮想マシンが1つ増加する毎にシステム内で稼働するスレッドが1つ増加する。また、1つ以上のスレッドが稼働状態である場合、そのスレッドを保有するコアは稼働状態となる。以上の前提のもと、計算応用と通信応用のそれぞれに対して、実サーバ上で稼働する仮想マシン数と各仮想マシン上で同時実行されるプロセス数を変化させ、仮想マシンの計算モデルとファイル転送モデルを定式化する。

計算応用

実サーバ上で稼働する仮想マシン数と各仮想マシン上で同時実行される計算プロセス数を変化させた場合の実サーバの計算資源の使用率と各プロセスの実行時間を測定する。この結果から、実サーバ内で稼働しているコア数、論理 CPU 数 (スレッド)、仮想マシン数お

および各仮想マシン上で同時実行される計算プロセス数の関係を分析し、仮想マシンの計算モデルを定式化する。

通信応用

実サーバ全体で使用できる最大転送レート、実サーバ上で稼働する仮想マシン数および各仮想マシン上で同時実行される通信プロセス数を変化させた場合の実サーバの通信資源の使用率と各プロセスのファイル転送時間を測定する。この結果から、実サーバ内で稼働しているコア数、論理 CPU 数（スレッド）、仮想マシン数および各仮想マシン上で同時実行される通信プロセス数の関係を分析し、仮想マシンのファイル転送モデルを定式化する。

(2) 実サーバの電力消費モデルの定式化

(1)の と で示した計算・ファイル転送モデルの定式化を行うための測定と同時に計算および通信プロセスを各仮想マシン上で実行した場合の実サーバの消費電力を測定し、実サーバ内で稼働しているコア数、論理 CPU 数（スレッド）、仮想マシン数および各仮想マシン上で同時実行される計算プロセス数、通信プロセス数と消費電力の関係を分析する。この結果から、計算応用と通信応用を実行した場合の実サーバの電力消費モデルを定式化する。

(3) 負荷分散アルゴリズムの提案

(1)および(2)で定式化した仮想マシンの計算・ファイル転送モデルおよび実サーバの電力消費モデルをもとに計算応用と通信応用に対して、要求されたプロセスを仮想マシンで実行する場合にプロセスが要求するサービス品質（QoS）を満たし、かつシステム全体の消費電力を低減できる仮想マシンを選定する負荷分散アルゴリズムを提案する。本研究で提案する負荷分散アルゴリズムを設計するためには、各仮想マシンで要求されたプロセスを実行した場合の各プロセスの実行時間および仮想マシンの総稼働時間を推定するアルゴリズムが必要となる。よって、はじめに、(1)で定式化した仮想マシンの計算・ファイル転送モデルをもとに各仮想マシンで要求されたプロセスを実行した場合の各プロセスの実行時間および仮想マシンの総稼働時間を推定するアルゴリズムを設計する。ここで、実サーバの総消費電力量は、推定された各仮想マシンの総稼働時間と実サーバの電力消費モデルをもとに計算することが可能である。よって、計算応用と通信応用に対して、推定された仮想マシンの総稼働時間と(2)で定式化した実サーバの電力消費モデルをもとに実サーバの総消費電力量を推定し、要求されたプロセスを仮想マシンで実行する場合にプロセスが要求するサービス品質（QoS）を満たし、かつシステム全体の消費電力量を低減できる仮想マシンを選定する負荷分散アルゴリズムを提案する。

(4) 提案アルゴリズムの実装、評価および改良

(3)で提案した計算応用と通信応用に対する負荷分散アルゴリズムの評価を実施するためのシミュレーション環境を構築する。構築したシミュレーション環境を用いて、クラウド・システム内の実サーバ数、実サーバ数が保有するコア数、スレッド数、サーバ上で稼働する仮想マシン数、実行するプロセス数等のシステム・パラメータを変化させて評価を行い、提案アルゴリズムの有効性を検証する。また、評価結果をもとに提案アルゴリズムの改良を行う。

4. 研究成果

本研究では、クラウド・システム内で実行される応用を計算応用と通信応用に分類し、応用毎に定式化した仮想マシンの計算モデル、ファイル転送モデルと実サーバの電力消費モデルをもとにクラウド・システム全体の消費電力を低減し、かつ応用プロセスの要求するサービス品質（QoS）を満たす仮想マシンを選定する負荷分散アルゴリズムを提案した。

(1) 計算応用

3(1)- と(2)の実験結果から、計算プロセスを実行する場合の仮想マシンの計算モデルおよび電力消費モデルとして、CV (computation of a virtual machine) モデルと PCSV (power consumption of a server with virtual machines) モデルを定義した。CV モデルにおいて、時刻 τ で仮想マシン上の各計算プロセスに割り当てられる計算レートは、仮想マシン上で同時実行される計算プロセス数と同一コア上で稼働状態となっている仮想マシン数（論理 CPU 数）に依存する。すなわち、同一コア上で稼働状態となる仮想マシン数が増加すれば、同一コア上の各仮想マシンに割り当てられる計算レートが減少する。さらに、仮想マシン上で同時実行プロセス数が増加すれば、各計算プロセスに割り当てられる計算レートが減少する。PCSV モデルにおいて、時刻 τ での実サーバの電力 $E(\tau)$ [W] は、実サーバ内で稼働状態のコア数に依存する。すなわち、実サーバ内で稼働状態のコア数が増加すれば、実サーバの電力 $E(\tau)$ [W] も増加する。実サーバ内で稼働状態のコアが無ければ、実サーバの電力 $E(\tau)$ [W] は、最小値（待機電力）となる。

CV モデルと PCSV モデルをもとに計算応用において、実サーバ・クラスタ全体の電力消費量を低減でき、かつ計算プロセスの要求するサービス品質（QoS）を満たす仮想マシンを選定する負荷分散アルゴリズムとして ECLB (energy consumption laxity based) アルゴリズムを考案した。ECLB アルゴリズムでは、要求された計算プロセスを割り当てる仮想マシンを選定するために各仮想マシンで要求された計算プロセスを実行した場合の実行時間と仮想マシンの総稼働時間を

推定するアルゴリズムが必要となる。本研究では、CV モデルをもとに仮想マシン上で要求された計算プロセスを実行した場合の実行時間と仮想マシンの総稼働時間を推定できる ELaxity (estimation of laxity) アルゴリズムを考案した。ELaxity アルゴリズムにより、要求された計算プロセスを各仮想マシン上で実行した場合の仮想マシンの総稼働時間を推定することができる。また、実サーバ内の各コアの稼働時間も ELaxity アルゴリズムにより推定された仮想マシンの総稼働時間から推定できる。ここで、実サーバの総消費電力量[J]は、推定された実サーバ内のコアの稼働時間と PCSV モデルをもとに算出した実サーバの電力 $E(\tau)$ [W]から計算可能となる。ECLB アルゴリズムでは、システム内の各仮想マシンで要求された計算プロセスを実行した場合に実サーバ・クラスタ全体で消費する電力量[J]を推定し、要求された計算プロセスに対して、実サーバ・クラスタの総消費電力量が最少となる仮想マシンを選択する。評価では、シミュレーション環境を用いて、デュアル・コア CPU を搭載した 5 台の実サーバでクラスタを構成し、最少実行時間が 1 ミリ秒となる計算プロセスを ECLB アルゴリズムとラウンド・ロビン(RR)アルゴリズムを用いて仮想マシンに割り当てた場合の実サーバ・クラスタの総消費電力と計算プロセスの平均実行時間を比較した。各実サーバは、2 つのコアを保有し、各コア上で 2 つの論理 CPU を保有できる。よって、本評価では、実サーバ・クラスタ上で合計 20 台の仮想マシンを稼働した。図 1 と図 2 は、ECLB アルゴリズムと RR アルゴリズムでの要求プロセス数 m ($10,000 \leq m \leq 150,000$)に対する実サーバ・クラスタの総消費電力量と計算プロセスの平均実行時間を示す。シミュレーション結果から、ECLB アルゴリズムが RR アルゴリズムに比べて、実サーバ・クラスタの総消費電力と計算プロセスの平均実行時間を削減できていることが分かる。

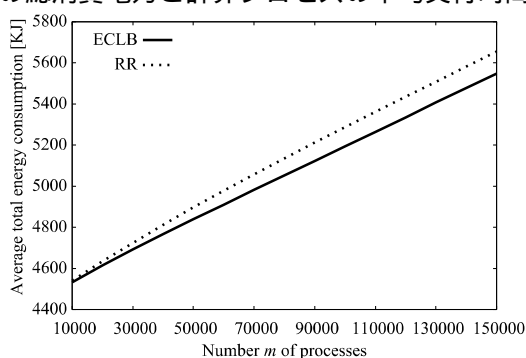


図 1. 総消費電力量

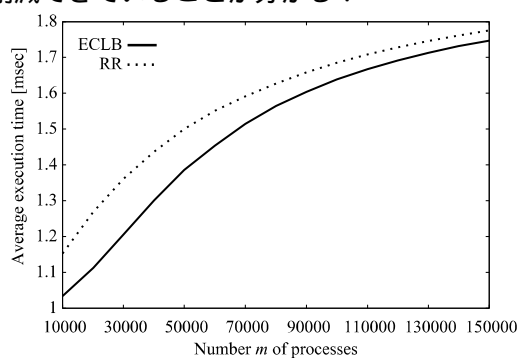


図 2. 平均実行時間

ECLB アルゴリズムでは、ELaxity アルゴリズムを用いて仮想マシンの総稼働時間を推定する際にシステム内の各仮想マシン上のプロセスの実行状態を取得する必要がある。シミュレーション環境にて ECLB アルゴリズムの評価を行った結果、仮想マシン上で実行されている計算プロセスの実行状態を取得するための通信中に発生する各仮想マシン上での計算プロセスの状態変化が実サーバの電力消費量と計算プロセスの実行時間の推定に大きく影響を及ぼすことが分かった。特に、システム内の通信遅延時間に対して、計算プロセスの実行時間が短い場合、この影響が大きくなる。よって、ECLB アルゴリズムを改良し、仮想マシン上での計算プロセスの実行状態を取得すること無く、実サーバの電力消費量と計算プロセスの実行時間を推定し、実サーバ・クラスタ全体の消費電力を低減できる仮想マシンを選定することができる ATB (active time based) アルゴリズムを考案した。計算プロセスの最少実行時間を $minT$ [ミリ秒]、ATB アルゴリズムを実行する負荷分散装置と実サーバ間の通信遅延時間を d [ミリ秒] とする。計算プロセスの最少応答時間 $minRT$ は、 $2d + minT$ [ミリ秒] となる。ATB アルゴリズムでは、各計算プロセスの応答時間 RT を監視し、応答時間と最少応答時間の差 ($RT - minRT$) をもとに各仮想マシンの負荷の状況を推定する。この結果と CV モデルをもとに仮想マシン上で新たに要求された計算プロセスを実行した場合の実行時間および仮想マシンの総稼働時間を推定する。この推定手法を用いることにより、ATB アルゴリズムでは、仮想マシン上での計算プロセスの実行状態を取得すること無く、実サーバの電力消費量と計算プロセスの実行時間を推定できる。ATB アルゴリズムでは、各計算プロセスの応答時間が最少となり、かつ実サーバ・クラスタ内の各仮想マシンの総消費電力量が低減できる仮想サーバが選定される。評価では、ECLB アルゴリズムでの評価と同様にシミュレーション環境を用いて、デュアル・コア CPU を搭載した 5 台の実サーバでクラスタを構成した。負荷分散装置と実サーバ間の通信遅延時間を 3 ミリ秒とし、最少実行時間が 1 ミリ秒となる計算プロセスを ATB アルゴリズムと ECLB アルゴリズムを用いて仮想マシンに割り当てた場合の実サーバ・クラスタの総消費電力と計算プロセスの平均応答時間を比較した。図 3 と図 4 は、ATB アルゴリズムと ECLB アルゴリズムでの要求プロセス数 m ($1,000 \leq m \leq 30,000$)に対する実サーバ・クラスタの総消費電力量と計算プロセスの平均実行時間を示す。シミュレーション結果より、要求プロセス数 m が 7000 以上になると ATB アルゴリズムが ECLB アルゴリズムに比べて計算プロセスの平均応答時間を削減できる。また、実サーバ・クラスタの総消費電力量は、ATB アルゴリズムと ECLB アルゴリズムで変わらないことが分かる。

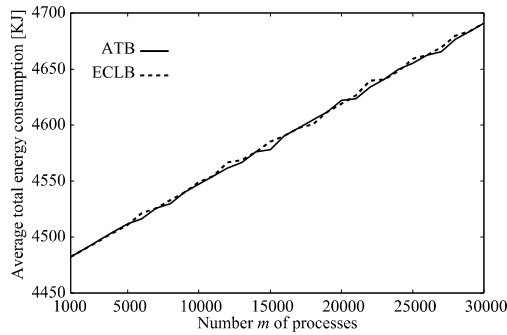


図 3. 総消費電力量

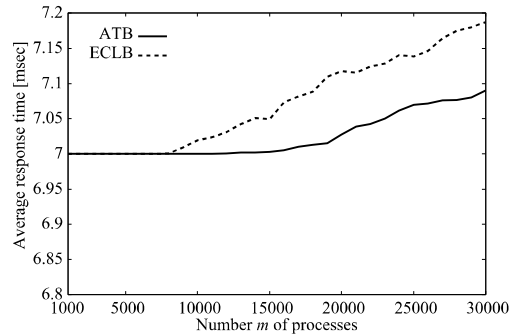


図 4. 平均応答時間

(2) 通信応用

3(1)・と(2)の実験結果から、通信プロセスを実行する場合の仮想マシンのファイル転送モデルおよび電力消費モデルとして、FTV (File Transfer of a virtual machine) モデルと TPSV (transmission power consumption of a server with virtual machines) モデルを定義した。FTV モデルでは、時刻 τ で稼働中の仮想マシンに割り当てられる最大転送レートは、仮想マシンを実行している実サーバの最大転送レートを実サーバ内で稼働中の仮想マシン数で案分した転送レートとなる。また、時刻 τ で仮想マシン上の各通信プロセスに割り当てられる転送レートは、同時実行される通信プロセス数と各クライアントの最大受信レートに依存する。すなわち、実サーバ内で稼働する仮想マシン数が増加するか、または、各仮想マシン上で同時実行される通信プロセス数が増加すれば、各通信プロセスに割り当てられる転送レートが減少する。一方、TPSV モデルでは、時刻 τ での実サーバの電力 $E(\tau)$ [W]は、時刻 τ での実サーバの総転送レートと実サーバ内で稼働状態のコア数に依存する。すなわち、実サーバ内で稼働状態のコア数が増加するか、または、実サーバの総転送レートが増加すれば、実サーバの電力 $E(\tau)$ [W]も増加する。

FTV モデルと TPSV モデルをもとに通信応用において、実サーバ・クラスタ全体の電力消費量を低減でき、かつ通信プロセスの要求するサービス品質 (QoS) を満たす仮想マシンを選定する負荷分散アルゴリズムとして TECLB (transmission energy consumption laxity based) アルゴリズムを考案した。本研究では、FTV モデルをもとに仮想マシン上で要求された通信プロセスを実行した場合のファイル転送時間、仮想マシンの総稼働時間と実サーバの総転送レートを推定できる ETLaxity (estimation of transmission laxity) アルゴリズムを考案した。ETLaxity アルゴリズムにより、要求された通信プロセスを各仮想マシン上で実行した場合の仮想マシンの総稼働時間と実サーバの総転送レートを推定することができる。また、実サーバ内の各コアの稼働時間も ETLaxity アルゴリズムにより推定された仮想マシンの総稼働時間から推定することができる。ここで、実サーバの総消費電力量[J]は、推定された実サーバ内のコアの稼働時間、実サーバの総転送レートおよび PCSV モデルをもとに算出できる。TECLB アルゴリズムでは、システム内の各仮想マシンで要求された通信プロセスを実行した場合に実サーバ・クラスタ全体で消費する電力量[J]を推定し、要求された通信プロセスに対して、実サーバ・クラスタの総消費電力量が最少となる仮想マシンを選択する。評価では、シミュレーション環境を用いて、デュアル・コア CPU を搭載した 3 台の実サーバでクラスタを構成し、通信プロセスを ECLB アルゴリズムと RR アルゴリズムを用いて仮想マシンに割り当てた場合の実サーバ・クラスタの総消費電力と通信プロセスの平均転送時間を比較した。各実サーバは、2 つのコアを保有し、各コア上で 2 つの論理 CPU を保有できる。本評価では、実サーバ・クラスタ上で合計 12 台の仮想マシンを稼働した。図 5 と図 6 は、TECLB アルゴリズムと RR アルゴリズムでの要求プロセス数 m ($100 \leq m \leq 1,000$) に対する実サーバ・クラスタの総消費電力量と通信プロセスの平均転送時間を示す。シミュレーション結果から、TECLB アルゴリズムが RR アルゴリズムに比べて、実サーバ・クラスタの総消費電力と通信プロセスの平均転送時間を削減できていることが分かる。

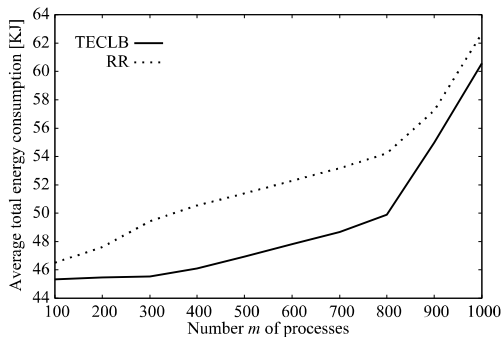


図 5. 総消費電力量

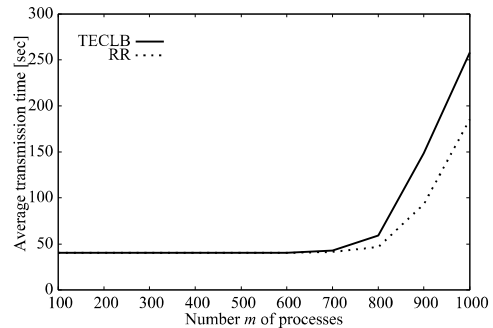


図 6. 平均転送時間

本研究では、クラウド・システム内で実行される計算応用と通信応用に対して、応用毎に定式化した仮想マシンの計算モデル、ファイル転送モデルと実サーバの電力消費モデルをもとにク

ラウド・システム全体の消費電力を低減し、かつ応用プロセスの要求するサービス品質 (QoS) を満たす仮想マシンを選定する負荷分散アルゴリズムを提案した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

Tomoya Enokido, Dilawaer Doulikun, and Makoto Takizawa: Energy Consumption Laxity-Based Quorum Selection for Distributed Object-Based Systems, Journal of Evolutionary Intelligence, 査読有, (First Online), (2018), pp. 1-12, DOI: <https://doi.org/10.1007/s12065-018-0157-1>

Tomoya Enokido, Dilawaer Doulikun, and Makoto Takizawa: An Energy-Aware Load Balancing Algorithm to Perform Computation Type Application Processes in a Cluster of Servers, International Journal of Web and Grid Services (IJWGS), 査読有, Vol.13, No.2, (2017), pp. 145-269, DOI: <https://dx.doi.org/10.1504/IJWGS.2017.083382>

〔学会発表〕(計 13 件)

Tomoya Enokido, Dilawaer Duolikun, and Makoto Takizawa: The Improved Transmission Energy Consumption Laxity-Based Algorithm with Parallel Data Transmission, The 13th International Conference on Broad-Band Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA-2018), (2018).

Tomoya Enokido, Dilawaer Duolikun, and Makoto Takizawa: The Improved Transmission Energy Consumption Laxity Based (ITECLB) Algorithm for Virtual Machine Environments, The 21th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS-2018).

Tomoya Enokido, Dilawaer Duolikun, and Makoto Takizawa: An Energy-Efficient Process Replication Algorithm Based on the Active Time of Cores, The 32nd IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA-2018), (2018).

Tomoya Enokido, Dilawaer Duolikun, and Makoto Takizawa: An Energy Efficient Load Balancing Algorithm Based on the Active Time of Cores, The 12th IEEE International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA-2017), (2017).

Tomoya Enokido and Makoto Takizawa: The Extended Power Consumption Model to Perform Computation Type Application Processes on Virtual Machines, The 10th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS-2016), (2016).

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等 <https://researchmap.jp/7000005403/>

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。