

機関番号：82626
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2009～2010
 課題番号：21700047
 研究課題名（和文） 複数組織の多様な資源を予約に基づき同時確保するスケジューリング手法の開発
 研究課題名（英文） Development of a scheduling scheme for co-allocation of various resources provided by multiple domains
 研究代表者
 竹房 あつ子（TAKEFUSA ATSUKO）
 独立行政法人産業技術総合研究所・情報技術研究部門・研究員
 研究者番号：70345411

研究成果の概要（和文）：
 複数組織で管理されるネットワークや計算機など多様な資源を用い、性能が保証された分散実行環境を構築するには、分散する計算機とその間のネットワークを同時に割り当てるスケジューリング手法（コアロケーション）が課題となる。本研究では、(1)予約に基づきネットワークと計算資源のコアロケーション手法の提案、(2)評価シミュレータの開発と提案手法の評価、(3)実システムへの応用を行った。

研究成果の概要（英文）：
 Co-allocation of distributed computers and networks between them is an important issue for constructing a performance-assured distributed execution environment, which consists of various resources provided by multiple domains. In this work, (1) we proposed a scheduling scheme for resource co-allocation of both computers and networks, based on advance reservation, (2) we developed a simulator and evaluated the proposed scheme on it, and (3) we applied our scheme to an actual resource management system.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

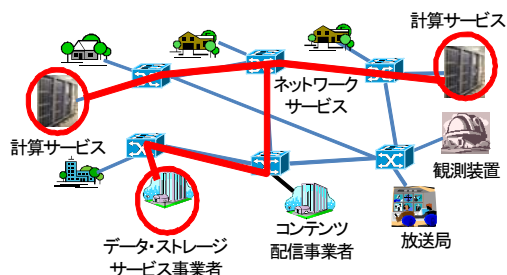
研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：グリッド、ネットワーク、スケジューリング、コアロケーション、予約、QoS、シミュレーション

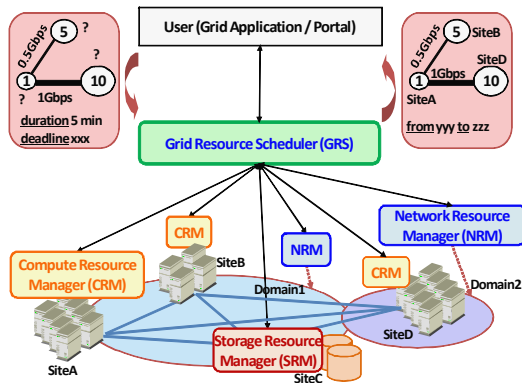
1. 研究開始当初の背景

(1) 複数組織で管理されるネットワークや計算機等の多様な資源群を同時に確保し、性能が保証された仮想情報基盤を構築して高性能科学技術計算や商用サービスの提供を行う要求が高まっている(右図)。



(2) “グリッド”と呼ばれる技術は、複数サイトに分散した高性能計算機や記憶装置等の資源を効率的に活用するものであるが、インターネットの通信性能の保証が困難であり、その上に構築されるアプリケーションプログラムの性能も保証できない。

(3) 本申請者が参画するG-lambdaプロジェクト[1]では、ネットワークを“資源”として扱い、事前予約のためのウェブサービスインタフェースを定めている。また、このインタフェースを実装したGridARS資源管理システム(下図)を開発し、国際的なテストベッド上で計算資源とネットワーク資源を同時に確保する実証実験を世界で初めて行った[2][3]。



(4) このような資源管理システムの開発は国内外で急速に進められているが、事前予約に基づき複数資源群を効率的に確保するためのスケジューリング手法(アルゴリズム)は確立していない。特に、商用サービスでは資源マネージャは資源の予約状況の詳細を明らかにしない、資源利用に対する課金が発生する、という問題もあり、ユーザの要求する品質・課金を満たす資源群を限られた情報から適切に確保するスケジューリング手法の開発が急務である。

[1] <http://www.g-lambda.net/>.

[2] A. Takefusa, et al. G-lambda: Coordination of a Grid Scheduler and Lambda Path Service over GMPLS, Int. J. Future Generation Computing Systems, vol. 22 (2006), pp. 868-875, 2006.

[3] S. R. Thorpe, et al. G-lambda and EnLIGHTened: Wrapped In Middleware Co-allocating Compute and Network Resources Across Japan and the US, Proc. First International Conference on Networks for Grid Applications, 2007.

2. 研究の目的

(1) 複数組織で管理されるネットワークや計算機など多様な資源を用い、性能が保証された分散実行環境を構築するため、ユーザの要求に応じて分散する計算機とその間のネットワークを同時に割り当てるスケジューリング手法を提案する。

3. 研究の方法

(1) ユーザの求める多様な資源を予約に基づき同時確保するスケジューリング手法(コアロケーション)を提案する。計算機台数や処理性能、ネットワークバンド幅、予約時刻、対価等、資源予約のスケジューリングに必要な資源情報パラメータを明確にし、資源プロバイダの公開する制限された資源情報をもとに制約解消問題に帰着してユーザの求める品質、対価の資源を適切に確保する手法を提案する。

(2) 新たにシミュレータを開発して提案手法の有効性を評価する。複数資源マネージャが存在するシミュレーション環境を構築し、資源プロバイダの情報の公開度や資源の利用率を変化させた環境下で、提案手法の有効性を示す。

(3) 提案手法を我々が開発する実システムGridARSに組み込み、提案手法の実用性を示す。

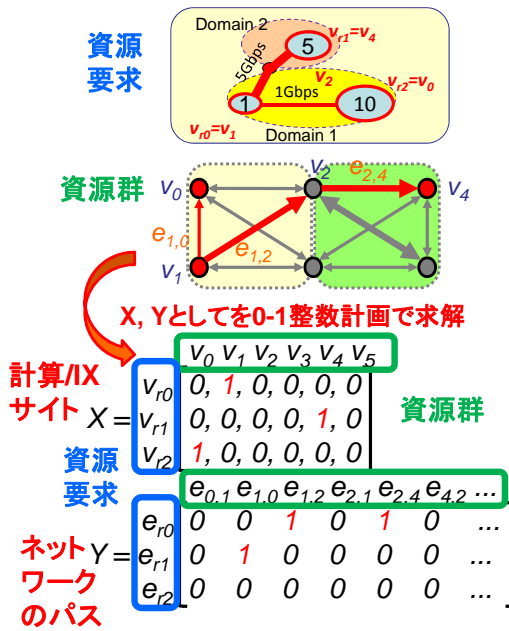
GridARSシステムのスケジューリング部分に提案手法を実装し、提案手法により選択された各資源の資源マネージャと連携し、適切な資源が確保できることを実証する。

4. 研究成果

(1) ネットワークと計算資源のコアロケーションを0-1整数計画問題にモデル化し、目的関数や資源の重み付けにより利用者と資源管理者の方針を資源選択に反映できる(機能性)ようにした。また、その処理時間が許容できる(実用性)ことを示した。

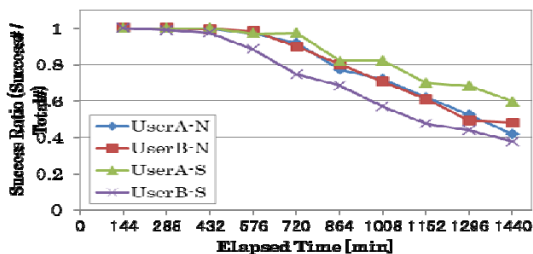
① 機能性：利用者の要求する性能を満たす資源を選択するとともに、早い時刻/安い価格/高い可用性の資源を割り当てる利用者の方針と、負荷の均質化/特定資源の優先/利用者の優先度を考慮する資源管理者の方針を資源割り当てに反映することを可能にした。

② 整数計画モデルの制約条件を加えることで、その求解時間が許容できることを示した。

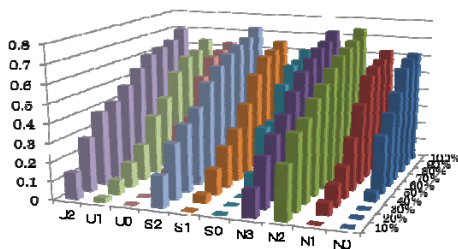


(2)のシミュレーションにより、提案手法の①機能性、②実用性について評価した。

①機能性の評価：提案手法で計算機とその間のネットワークを適切に割り当てられることと、資源管理者の観点で資源割り当て方針が反映できることを示した。



予約成功率から、ユーザの優先度を考慮した割り当てを実証。



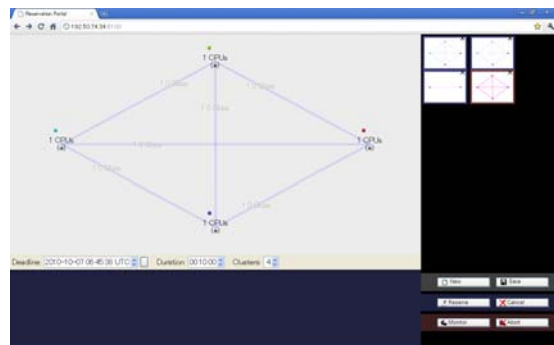
各計算サイトの利用率から、特定資源の優先予約を実証。

②実用性の評価：整数計画問題の求解時間を付加制約条件の有無と異なるソルバの組合せで比較し、現在の環境において提案手法が実用レベルであることを示した。

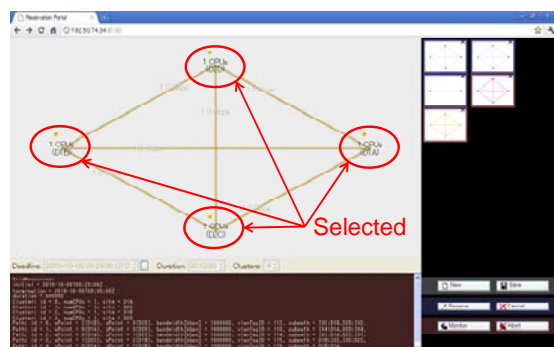
ソルバ名 / 資源要求種別	平均値 [msec]	最大値 [msec]
CPLEX / 通常の要求	96.8	914.6
CPLEX / 属性指定	106.2	860.0
CPLEX / サイト指定	31.7	747.8

3ネットワークドメイン10計算サイト環境では1秒以下で求解可能であり、サイトが指定された要求では、通常の3倍以上高速、属性指定（OS、ライブラリの有無等）する際は通常と同程度に求解できることを実証。

③我々が開発している資源管理フレームワーク GridARS へ提案手法を組み込み、GLIF2010 および SC10 において実証実験を行った。GridARS は、マルチドメイン環境で多種資源の確保、仮想情報基盤の構築、モニタリングを行う。提案手法を GridARS の資源管理システムに組み込み、2ネットワークドメイン、4計算ドメイン環境で、仮想情報基盤の自動的な構築とモニタリングを行った。実験において、提案手法により適切な予約プランを作成し、資源確保に適用できることを示した。



資源要求の入力画面（割り当て前）



資源要求の入力画面（割り当て後）

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

- ① 竹房 あつ子、中田 秀基、工藤 知宏、田中 良夫、多種資源を対象とするオンラインコアロケーション手法の提案、情報処理学会研究報告、査読無、2011-HPC-129、2011、8ページ
- ② 竹房 あつ子、中田 秀基、高野 了成、柳田 誠也、大久保克彦、工藤 知宏、田中 良夫、マルチドメインクラウド資源管理フレームワークの実証実験、電子情報通信学会技術研究報告、査読無、NS2010-249、2011、pp. 479-484
- ③ 竹房 あつ子、中田 秀基、工藤 知宏、田中 良夫、性能を保証する分散実行環境のためのオンラインコアロケーション手法、情報処理学会論文誌コンピューティングシステム、査読有、Vol. 3-3、2010、pp. 126-137
- ④ 竹房 あつ子、中田 秀基、工藤 知宏、田中 良夫、An Advance Reservation-based Co-Allocation Algorithm for Distributed Computers and Network Bandwidth on QoS-guaranteed Grids、Proc. 15th Workshop on Job Scheduling Strategies for Parallel Processing、査読有、LNCS 6253、2010、pp. 18-34
- ⑤ 竹房 あつ子、中田 秀基、工藤 知宏、田中 良夫、性能を保証する分散実行環境のためのオンラインコアロケーション手法、第21回コンピュータシステム・シンポジウム(ComSys2009)論文集、査読有、2009、pp. 83-92
- ⑥ 竹房 あつ子、中田 秀基、工藤 知宏、田中 良夫、性能を保証する計算・ネットワーク資源のコアロケーション手法の評価、情報処理学会研究報告、査読無、2009-HPC-121、2009

[学会発表] (計5件)

- ① 竹房 あつ子、中田 秀基、工藤 知宏、田中 良夫、多種資源を対象とするオンラインコアロケーション手法の提案、情報処理学会HPC研究会、2011年5月11日、東京大学(東京都)
- ② 竹房 あつ子、中田 秀基、高野 了成、柳田 誠也、大久保克彦、工藤 知宏、田中 良夫、マルチドメインクラウド資源管理フレームワークの実証実験、電子情報通信学会NS研究会、2011年3月4日、沖縄コンベンションセンター(沖縄県)
- ③ 竹房 あつ子、中田 秀基、工藤 知宏、田中 良夫、An Advance Reservation-based Co-Allocation Algorithm for Distri-

buted Computers and Network Bandwidth on QoS-guaranteed Grids、15th Workshop on Job Scheduling Strategies for Parallel Processing、2010年4月23、米国アトランタ

- ④ 竹房 あつ子、中田 秀基、工藤 知宏、田中 良夫、性能を保証する分散実行環境のためのオンラインコアロケーション手法、第21回コンピュータシステム・シンポジウム(ComSys2009)、2009年11月27日、筑波大学(茨城県)
- ⑤ 竹房 あつ子、中田 秀基、工藤 知宏、田中 良夫、性能を保証する計算・ネットワーク資源のコアロケーション手法の評価、情報処理学会 SWoPP仙台2009、2009年8月6日、フォレスト仙台(宮城県)

[その他]

ホームページ等

<http://www.g-lambda.net/gridars/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹房 あつ子 (TAKEFUSA ATSUKO)

独立行政法人産業技術総合研究所・情報技術研究部門・研究員

研究者番号：70345411