

論文内容の要旨

論文題名 分散WWWキャッシュシステムの自律分散化手法とキャッシュの適応制御に関する研究

氏 名 井上 博之

本論文は、分散WWWキャッシュシステムにおいて構成管理の自動化やキャッシュ間の帯域を制御しシステムの自律分散を実現できるようなアーキテクチャを提案し、またその有効性を確認することを目的としている。現在の分散キャッシュシステムでは、キャッシュサーバ群の構成情報に関する設定は各キャッシュサーバの管理者が自身の経験や知識をもとに手動で行っている。実際には、ネットワークや他組織のキャッシュサーバの構成が常に変化するため、適切な構成を保つことは困難であるという問題がある。また、連係して動作するキャッシュのトラヒックを制御する仕組みがないため、衛星回線などの細かいリンクの帯域を圧迫してしまうという問題がある。本論文では、分散WWWキャッシュシステムに各キャッシュの内容と状態を把握するためのサーバを導入したモデルを提案し評価することでシステムの自律分散化を実現している。また、衛星ネットワークを使った分散キャッシュシステムでは衛星リンクの遅延や帯域が問題となるが、利用者のアクセスパターンの分析やWWWオブジェクトの性質を考慮したキャッシュの適応制御方式を提案・評価し、従来のシステムと比較してキャッシュのヒット率、取得時間が改善されることを示している。本論文は以下の5章からなっている。

第1章では、本研究の背景として、インターネットのトラヒックとWWWキャッシュの役割、およびその問題点について概説している。

第2章では、分散WWWキャッシュシステムについて解説し、これまでに提案されたキャッシュ管理手法、およびトラヒック制御方式について分析を行い、問題点を明らかにしている。

第3章では、各キャッシュの内容と状態を把握するためのヒントサーバを導入した分散キャッシュシステムのモデルを提案し、設定・管理の自動化・簡略化を実現する方式について述べている。ヒントサーバは各キャッシュサーバの状態とそのキャッシュ内容を把握し、キャッシュサーバからのキャッシュ内容の問い合わせに応答するものである。提案システムを実装し評価を行った結果、キャッシュサーバの構成の変化に対応して構成情報の管理が自動化され、システムが自律分散動作していることを確認している。また、提案システムのキャッシュ全体のヒット率が従来システムを理想的な設定で動作させた場合と同一になることを確認することで、システムの有効性を示している。

第4章では、衛星ネットワークの特性を考慮したWWWキャッシュ制御の方式の提案とその実装および評価について述べている。衛星回線はRTTが大きく、リム側のキャッシュで先読みを行うことが利用者からみた応答時間の短縮に効果があるが、先読みは大きなトラヒックを生じ、衛星回線の帯域がボトルネックとなるため特別な制御が必要となる。提案する手法は、衛星回線のトラヒック量をリアルタイムに監視し先読みを制限する方式と、利用者のアクセスパターンをもとに先読みすべきコンテンツを決定する方式である。さらに、ハブ側キャッシュは衛星回線帯域に余裕があればマルチキャストを使ってコンテンツをリム側に送付することでリム側でのヒット率の向上を図っている。これらの方式をアジアの複数の研究機関を衛星回線で結んだ研究ネットワークであるAI3ネットワークに適用することで、従来システムと比較してキャッシュのヒット率が15%向上し、オブジェクトの取得時間は約2割の短縮が実現できることを示した。

第5章は結論で、本研究の総括を行い、今後の課題および予定について述べている。

論文審査結果の要旨

本論文は、インターネットで広く適用されている分散WWWキャッシュシステムとその問題点を分析し、構成管理の自動化やキャッシュ間の帯域を制御を実現してシステムの自律分散を実現できるようなキャッシュアーキテクチャを提案し、その有効性を確認したものである。本論文の主な成果は以下に要約される。

1. インターネットのトラヒックと、WWWキャッシュの役割およびその問題点について分析した。分散WWWキャッシュシステムの実現方式や機構について説明を行い、これまでに提案されたキャッシュ管理手法、およびトラヒック制御方式について分類を行った。これらの分析を通じて、WWWキャッシュの問題点を明らかにし、解決に必要な手法の提案を行った。

2. 分散キャッシュシステムの管理手法として、各キャッシュの内容と状態を把握するためのヒントサーバを導入したシステムのモデルを提案し、設定・管理の自動化・簡略化を実現する方式について提案を行った。ヒントサーバは各キャッシュサーバの状態とそのキャッシュ内容を把握し、キャッシュサーバからのキャッシュ内容の問い合わせに応答する。提案システムを実装し評価を行った結果、キャッシュサーバの構成の変化に対応して構成情報の管理が自動化され、システムが自律分散動作していることを確認した。また、その場合でも、提案システムのキャッシュ全体のヒット率が従来システムを理想的な設定で動作させた場合と同一になっていることが確認できた。

3. トラヒック制御方式として、衛星ネットワークの特性を考慮したWWWキャッシュ制御の方式の提案とその実装および評価を行った。提案する手法では、衛星回線のトラヒック量をリアルタイムに監視し先読みを制限する方式と、利用者のアクセスパターンをもとに先読みすべきコンテンツを決定する方式を利用した。さらに、ハブ側キャッシュは衛星回線帯域に余裕があればマルチキャストを使ってコンテンツをリム側に送付することでリム側でのヒット率の向上を図った。これらの方式をアジアの複数の研究機関を衛星回線で結んだ研究ネットワークであるAI3ネットワークに適用することで、従来システムと比較してキャッシュのヒット率の向上と、オブジェクトの取得時間の短縮が実現できた。

以上のように、本論文は、分散WWWキャッシュシステムにおいて構成情報の管理を不要にしてシステムを自律分散化できるようなアーキテクチャを提案し、またボトルネックとなりがちな衛星回線の帯域を制御することでキャッシュのヒット率の向上と取得時間の短縮を実現できるような制御方式を提案したものであり、インターネットにおける情報配送方式の分野において、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。