

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 23 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22500089

研究課題名(和文) 情報更新時の一貫性を考慮したピアツーピアネットワークにおけるコンテンツ最適配置

研究課題名(英文) Optimum contents deployment in Peer-to-Peer networks taking account of update consistency

研究代表者

菅原 真司 (SUGAWARA SHINJI)

名古屋工業大学・工学研究科・准教授

研究者番号：90313410

研究成果の概要(和文)：ネットワーク上の共有コンテンツが頻繁に最新のものに更新される状況を前提とし、コンテンツの更新の際にも、レプリカを含むすべての共有情報の一貫性を維持する機能をこれまでの情報共有システムに付加するための基本的な手法を提案した。これにより、ユーザは最小限のコストで情報共有をしながら、同時にコンテンツの取得先によりバージョンが異なる不都合から解放される。また、提案手法の有効性を計算機シミュレーションにより検証した。

研究成果の概要(英文)：Based on the situation that each digital content item shared by a lot of users in a large-scale communication network is frequently updated, we proposed a basic method to make the shared content items consistent. By this method, network users not only come to be able to share their favorite content items among the other users in the network at the least cost, but also get rid of the inconvenient situation that they have no choice but to retrieve content items of different versions depending on the source peers. The efficiency of the proposed method is evaluated by using computer simulations.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学，メディア情報学・データベース

キーワード：情報システム，Peer-to-Peer，情報共有，一貫性

1. 研究開始当初の背景

申請者らは、大規模ネットワークにおけるコンテンツの探索、共有に関する研究をこれまで継続的に行ってきており、多くの成果を上げている。特にコンテンツの蓄積と共有の円滑化に関する研究における手法では、情報の共有にハイブリッド型 Peer-to-Peer ネットワークを用い、各ネットワークノード（ピ

ア) の保持するコンテンツの種類がサーバにより管理できるとの仮定の下で、円滑な情報共有のために参照の需要に応じてコンテンツの複製を複数配置し、参照要求の発生位置や要求頻度に応じてそれらの複製の移転、削除および、さらなる複製を行う。

しかし、共有している情報が供給元で更新されることによる複製の一貫性の崩れを迅

速に修正し、ユーザがコンテンツの取得先によって異なるバージョンの情報を手に入れてしまうような不都合を除く機能も備えた情報共有システムの構築手法は十分に確立されてはいなかった。

2. 研究の目的

本研究では、これまでに申請者らが行ってきたネットワーク上での効率的なコンテンツ共有手法を基礎として、共有コンテンツが最新のものに更新される際にも、レプリカを含むすべての共有情報の一貫性を維持する機能を付加する手法を確立する。これにより、ユーザは最小限のコストで情報共有をしながら、同時にコンテンツの取得先によりバージョンが異なるような不都合から解放される。

3. 研究の方法

本研究では、3年間の計画において、1年目に効率的な更新伝播を考慮したコンテンツ配置手法の検討、2年目および3年目の前半に部分的な更新に配慮した更新情報伝播手法への拡張とコンテンツのバージョン管理の検討、3年目の後半にハイブリッド型 Peer-to-Peer ネットワークへの拡張の検討をそれぞれ行う。研究体制は、研究代表者とその研究室に所属する大学院生のグループにより組織される。本研究において検討されるすべてのコンテンツ共有システム構築方式の有効性は、計算機シミュレーションを用いて評価する。有効性が十分に確認できない方式は再検討され、性能の改善を図る。

4. 研究成果

上記の研究の方法に従って行った、「効率的な更新伝播を考慮したコンテンツ配置手法の検討」、「部分的な更新に配慮した更新情報伝播手法への拡張とコンテンツのバージョン管理の検討」、および「ハイブリッド型 Peer-to-Peer ネットワークへの拡張の検討」3つの内容について以下に報告する。

(1) 効率的な更新伝播を考慮したコンテンツ配置手法の検討

最初のステップとして、従来申請者らが検討してきたハイブリッド型 Peer-to-Peer ネットワーク上でコンテンツレプリカの効率的な配置および共有を行う手法を基礎におき、これに加えてコンテンツの更新のあったノードおよび、そのレプリカを持つノード群からなる更新情報伝達のための木構造（更新ツリー）を構成し、効率的にネットワーク全体に更新済みコンテンツのレプリカを行き渡らせ、ユーザが陳腐化したコンテンツを取

得する頻度を最小化する手法を確立した。

この手法では、コンテンツのレプリカを保持するネットワーク上の各ピアにおいて、そのピアが過去にどれだけの頻度でどのコンテンツを他のピアに対して提供しているかについて一定期間のログをとり、これに基づいてコンテンツ毎に更新情報を送信するピアの優先度を決定する。そして、その優先度が一定値以上のピアに限り更新ツリーを用いて効率的に各レプリカの更新を行う。

この手法の有効性を示すために、本研究では計算機シミュレーションを用いてコンテンツ更新情報をネットワーク内に拡散するための従来手法である線形伝播法、放射伝播法、チェーン伝播法などと比較を行った。その結果、下の図 1~3 に示すように、更新に要する各ピアの負荷の総和、ネットワークに流れる更新情報トラフィックの総和、およびユーザが最新のコンテンツを取得できる確率などの観点から見て、提案方式が総合的に優れたコンテンツ更新手法であることが明らかになった。

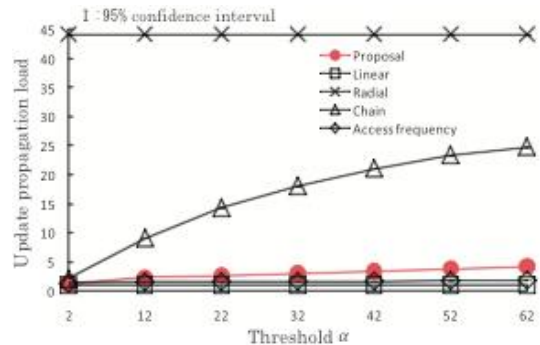


図 1 更新に要する各ピアの負荷の総和

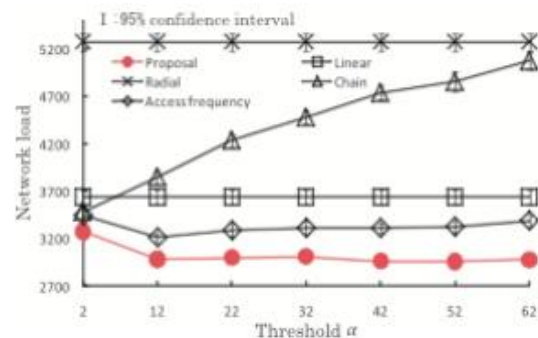


図 2 更新情報トラフィックの総和

また、あるコンテンツのレプリカを配置するピアの位置を、そのコンテンツの更新頻度と更新発生ピアの位置との関係から、最も平均更新コストが小さくなるように決定する手法も考案し、その有効性も同様に計算機シミュレーションにより明らかにしている。

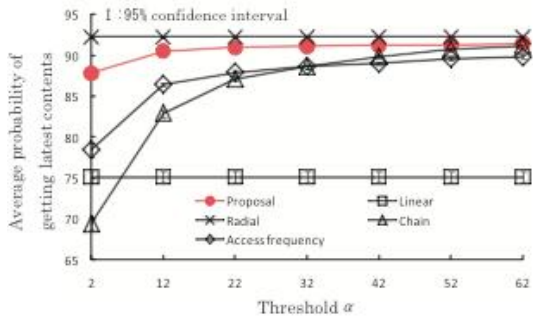


図3 最新コンテンツの取得確率

なお、この年度での主な研究成果として5. 主な発表論文等における[学会発表]の①～⑤などが挙げられる。

(2) 部分的な更新に配慮した更新情報伝播手法への拡張とコンテンツのバージョン管理の検討

2年目からは第二のステップとして、前年に検討したコンテンツ更新手法を基礎に、各コンテンツを複数の小さなファイルに分割して各ピアのストレージに分散配置する手法を検討した。

この手法では、各ピアのストレージに比較的小さいコンテンツのレプリカの断片があれば、これらを消去し、有用性の高いコンテンツのレプリカを小さく分割して空きスペースに配置することにより、ストレージの効率的な利用が見込めるが、さらにそれに加え、あるコンテンツに更新が発生した場合にはその更新があった部分のみの更新情報を各レプリカに反映すればよいので、更新コストの削減が期待できる。

この手法の有効性も、同様に計算機シミュレーションによって検証した。ネットワークを流れるトラフィックの総量であるネットワークコストと、ユーザが求めるコンテンツが取得できなかった回数であるロストコストについて評価した結果を以下の図4および5に示す。これらの図から解るように、提案手法は適切なコンテンツを適切な大きさに分割して各ピアに配置することで、従来手法であるオーナー複製配置法と比較して、効率的にコンテンツの共有を行うことができる。

なお、この年度での主な研究成果として5. 主な発表論文等における[雑誌論文]の①、および[学会発表]の⑥⑦⑪⑫などが挙げられる。

(3) ハイブリッド型 Peer-to-Peer ネットワークへの拡張の検討

最終年度では、これまでに提案してきた方式を現実的なハイブリッド型 Peer-to-Peer ネットワークシステムとして設計できるよ

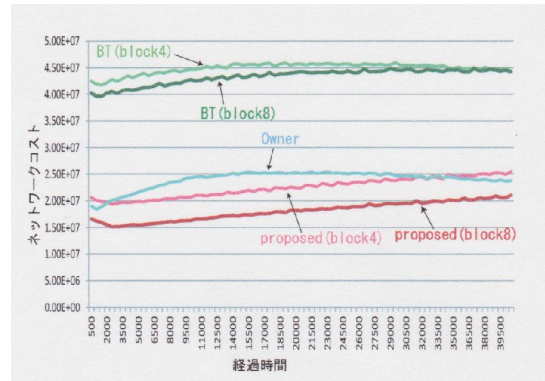


図4 ネットワークコスト

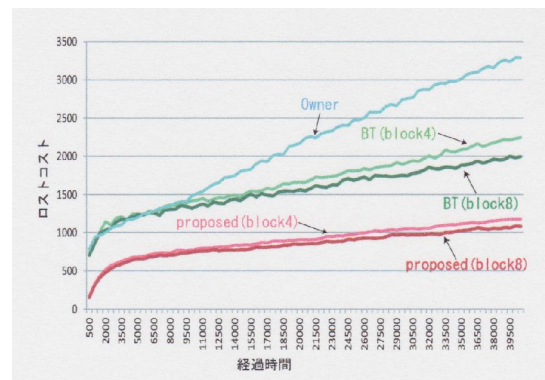


図5 ロストコスト

うな設計を行った。具体的には、コンテンツを分割したファイルの大きさをどの程度にし、それをどのように互いに関連づけて、ネットワーク上に分散した状態でもひとつのコンテンツとして配置、移転、消去、更新が行えるようにするかについて、効率的な手法を提案している。また、この手法に従ってシステムを構築し運用した場合について、昨年度と同様、ネットワークコスト、およびロストコストを指標とし、従来手法のオーナー複製配置法と比較して効率的なコンテンツ共有が行えるかどうかについて検証した。その結果、コンテンツを分割したファイルサイズは一定程度小さい方が有効であり、適切なファイルサイズであればネットワークコスト、ロストコストともに上記の図4、5とほぼ同様の結果となったため、提案手法の有効性が確認できた。

なお、この年度での主な研究成果として5. 主な発表論文等における[学会発表]の⑥～⑫などが挙げられる。

(4) 総括

以上のことから本研究では、ユーザが Peer-to-Peer ネットワーク上で効率的にコンテンツを共有するシステムを実現することを目的として、共有コンテンツが最新のもの

に更新される際にも、レプリカを含むすべての共有情報の一貫性を維持する機能を持つ現実的な手法を提案した。また、その有効性を、計算機シミュレーションを用いて明らかにした。

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1件)

- ① 菅原真司, 井上友介, 石橋豊, 山岡克式, ハイブリッド型 Peer-to-Peer ネットワークにおける効率的なコンテンツ共有のための移転型複製配置手法, コンピュータソフトウェア, 査読有, Vol. 29, No. 2, pp. 109-122, 2012

[学会発表] (計12件)

- ① 世一 亮太, 菅原真司, 石橋豊, "ハイブリッド型 Peer-to-Peer ネットワーク上のコンテンツ共有におけるアクセス頻度を考慮した複製の一貫性維持に関する検討," 平 22 信学ソ大, B-6-60, Sep. 2010.
- ② 世一 亮太, 菅原真司, 石橋豊, "ハイブリッド型 Peer-to-Peer ネットワーク上のコンテンツ共有におけるアクセス頻度を考慮した複製の一貫性維持," 信学技報, NS2010-84, Oct. 2010.
- ③ 加藤 達, 菅原真司, 石橋豊, "ハイブリッド型 Peer to Peer ネットワークにおける複製の更新を考慮した効率的なコンテンツ共有," 信学技報, NS2010-80, Oct. 2010.
- ④ 加藤 達, 菅原真司, 石橋 豊, "ハイブリッド型 Peer-to-Peer ネットワークにおける複製の更新を考慮した効率的なコンテンツ共有," 平 23 信学総大, B-6-103, Mar. 2011.
- ⑤ T. Kato, S. Sugawara, Y. Ishibashi, "Efficient Content Sharing Taking Account of Updating Replicas in Hybrid Peer-to-Peer Networks," in Proc. IEEE 2011 International Communications Quality and Reliability (CQR) Workshop, May 2011.
- ⑥ T. Hayashi, S. Sugawara, Y. Ishibashi, "Efficient contents sharing using differences between versions in peer-to-peer networks," in Proc. The Third International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (IEEE INCoS'11), Nov./Dec. 2011.

- ⑦ 林利信, 菅原真司, 石橋豊, "ハイブリッド型 Peer-to-Peer ネットワークにおけるコンテンツ分割と異なるバージョン間の差分を用いた効率的なコンテンツ共有手法," 電子情報通信学会技術研究報告, NS2012-81, Oct. 2012.
- ⑧ 富松拓也, 菅原真司, 石橋豊, "非構造型 Peer-to-Peer ネットワークにおけるコンテンツの転送履歴を用いた効率的な情報探索方式," 電子情報通信学会技術研究報告, NS2012-86, Oct. 2012.
- ⑨ 杉村一博, 菅原真司, 石橋豊, "ハイブリッド型 Peer-to-Peer ネットワークを用いたコンテンツ共有における効率的な一貫性の維持," 電子情報通信学会技術研究報告, NS2012-87, Oct. 2012.
- ⑩ 富松拓也, 菅原真司, 石橋豊, "非構造型 Peer-to-Peer ネットワークにおけるコンテンツ移動履歴を利用した効率的な情報探索方式," 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-6-67, Sep. 2012.
- ⑪ 林利信, 菅原真司, 石橋豊, "ハイブリッド型 Peer-to-Peer ネットワークにおけるバージョン間の差分を用いた効率的なコンテンツ共有手法," 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-6-68, Sep. 2012.
- ⑫ 林利信, 菅原真司, 石橋豊, "ハイブリッド型 Peer-to-Peer ネットワークにおける共有コンテンツの分割と更新差分を用いた効率的なバージョン管理手法," 電子情報通信学会技術研究報告, NS2012-280, Mar. 2013.

[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:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
ホームページ等
<http://nma.web.nitech.ac.jp/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菅原 真司 (SUGAWARA SHINJI)
名古屋工業大学・工学研究科・准教授
研究者番号：90313410

(2) 研究分担者

なし ()
研究者番号：

(3) 連携研究者

なし ()
研究者番号：