

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330129

研究課題名(和文)ハイブリッド型P2Pネットワークにおけるファイル分割と差分によるコンテンツ共有

研究課題名(英文)Efficient Contents Sharing with File Splitting and Difference in Hybrid Peer-to-Peer Networks

研究代表者

菅原 真司 (Sugawara, Shinji)

千葉工業大学・工学部・教授

研究者番号：90313410

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：インターネットに代表される大規模ネットワークで、多様なデジタルコンテンツを多数のユーザ間で効率的に共有・交換するためのピアツーピア型(以下、P2P)システムを構築する基盤技術について提案した。ネットワーク内にコンテンツの複製を複数個配置し、その配置位置や数を工夫することに加え、各コンテンツのファイルを分割して各ピアに保持されやすくし、類似する内容のコンテンツ同士は、一方のコンテンツと他方の差分情報のみを保持することにより、ネットワーク内のコンテンツの総容量を削減する工夫を行った。計算機シミュレーションにより、提案方式の有効性を示した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we proposed a basic method for an efficient contents sharing in Hybrid Peer-to-Peer network. Although we already succeeded to reduce contents retrieval cost largely by deploying appropriate number of replicas for each content item at appropriate locations in conventional methods, we improve the methods by splitting content files and using differences between similar content items in order to work the system more efficiently. The effectiveness of the proposal was evaluated by computer simulations.

研究分野：情報通信ネットワーク

キーワード：Peer-to-Peer コンテンツ共有 ファイル分割 差分情報

1. 研究開始当初の背景

これまでに申請者らは、大規模ネットワークにおけるコンテンツの探索、蓄積、共有に関する多数の研究を継続的に行ってきた(引用文献①②③など)。特にコンテンツの蓄積と共有の円滑化に関する研究(引用文献④⑤⑥など)では、情報の共有にハイブリッド型 P2P ネットワークを用い、各ネットワークノードに相当する計算機(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っている。このような研究の成果は、これまでに電子情報通信学会英文誌をはじめとする国内の有力な学会誌や IEEE 主催の国際会議に採録されるなど、高い評価を得ている。

近年、ネットワーク上でのコンテンツ共有では、BitTorrent などのハイブリッド型 P2P が注目されており、関連の研究が数多く行われている(引用文献⑦⑧など)。この手法では、コンテンツ共有における貢献度のユーザ間での公平性を重視するなどの特徴に加え、共有コンテンツのそれぞれを小さなブロックに分割して各ピアに保持させ、コンテンツ取得に際しては多数のピアから並列に異なるブロックを受信することで、取得時間の短縮やネットワーク負荷の分散、各ピアの負担の軽減などを実現している。コンテンツを小さく分割して各ピアで分担して保持することは、各ピアのストレージの隙間を有効活用することにつながり、ネットワーク上に多様なコンテンツを保持するためには極めて有効である。

また、コンテンツには更新が発生することを前提とすると、最新版のコンテンツを常にネットワーク上で提供できることは重要であり、申請者らを含め、研究が既に行われて

いる(引用文献⑨など)。しかし、コンテンツによっては最新版のみならず、旧バージョンや、並列に異なるアレンジを加えたマルチバージョンが価値を持つコンテンツも映像コンテンツを中心に広がっている。このようなケースでは、広くユーザの要求に応えるためにネットワーク上に各コンテンツの有力バージョンをすべて保持することが望まれるが、バージョン違いのコンテンツは互いに類似しているため、そのまますべて保持するのは無駄が多い。そこで、基準となるバージョンのコンテンツと、そのコンテンツと他の類似するバージョンとの差分情報のみを保持することで、全体のコンテンツ容量を削減することができるが、そのようなバージョン管理手法についても先行の研究が存在する(引用文献⑩⑪など)。

2. 研究の目的

効率的なコンテンツ共有の観点では、必ずしも分割されたブロックの配置を最適化する方向の研究は十分に行われておらず、バージョン管理手法も単純な差分の形成に留まっており、各バージョンの人気度などに応じた基準バージョンの選択とその動的な変更を行うことなどが考えられるため、先行研究の成果を改善して本研究で発展させる余地が大きく残されている。

そこで本研究では、大規模ネットワーク上において、多数のユーザがそれぞれ自分の有限のストレージを提供する環境を想定し、分割されたコンテンツファイルや差分情報を動的に配置することでコストを削減し、多種多様なコンテンツを効率的に共有することを目指した。特に映像やサウンドのようなコンテンツではオリジナルコンテンツが他のユーザにより更新、アレンジされ、様々なバージョンが派生することがあるため、人気のあるバージョンを中心にそれらをできる限りネットワーク上で共有し、限りあるストレ

ージおよびネットワーク資源を有効に活用することで、多様性のある豊かなコンテンツ共有を実現することを可能とする。このことは、究極的には、多様な文化をデジタル的にネットワーク上に維持し、永く世界中のユーザで共有できる環境を構築する技術に繋がるものと期待できる。

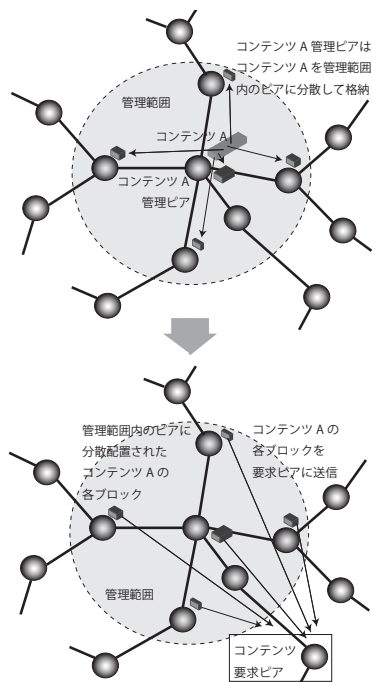


図1 提案方式の概要（その1）

3. 研究の方法

本研究は、3年間に渡る計画とした。1年目にはコンテンツの分割とその最適配置手法の検討を行い、2年目には主として同系統のバージョン違いのコンテンツのような類似コンテンツの差分を用いた効率的な保持手法の検討を行った。3年目は、それまでに検討してきたコンテンツのブロック分割を前提とした最適配置手法、および差分を用いた保持コンテンツ容量の圧縮手法の両者を効果的に連携させ、全体として最も効率のよいシステムを構築するための検討を行った。

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で組織した。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し、有効性が十分に確認できない場合には、その方式を再検討し、繰り返し性能の改善を図った。

4. 研究成果

最初のステップとして、各ピアのストレージの利用効率を考慮したコンテンツ分割と配置の手法を検討した。既に引用文献④⑤などに示すような、ネットワーク上でのコンテンツ単位のデータの最適配置手法を提案しているが、これを拡張し、BitTorrentのようなコンテンツの小ブロックへの分割を前提とし、これを単位とした効率的配置手法を新たに考案した。この場合、図1上部に示すように、コンテンツの各ブロックは、それを要求する頻度の高いピアとの距離や、各ピアのストレージの空き状況、およびストレージ内に既に格納されている他のコンテンツブロックの有用性などを考慮した上で、適切なピアを選択し、格納される必要がある。また、コンテンツ要求に効率的に対応するためには、格納されるピアは、互いに近隣に位置することが望ましいため、そのコンテンツの分散を統括するピアを中心としたある一定の管理範囲の中に位置するようにすることも重要である。コンテンツの要求に際しては、図1下部に示すように、コンテンツ要求ピアに向けて、各ブロックが並列に送信され、要求ピア側でこれらを組み立て、ひとつのコンテンツとして利用する。

次に、コンテンツの更新によるバージョンの管理に関する検討を行い、同系統のコンテンツに僅かな違いのある複数のバージョンが存在する場合にも、効率的にコンテンツの共有ができるような手法を検討した。図2(a)に示すように、従来の単純なバージョン管理では、最新（あるいは最古）のバージョンを基準としてこのコンテンツを通常通りに保持し、その前のバージョンは最新版との差分

として、さらにその前のバージョンは、一つ前のバージョンとの差分としてそれぞれ保持している。これにより、すべてのバージョンを通常コンテンツとして保持するよりは、総コンテンツ容量を圧縮できる。しかし、コンテンツの最新バージョンの要求頻度が必ずしも高くない場合には、それを要求される度に最新バージョンに加えて、要求バージョンまでの差分のすべてを送り、受信先で要求バージョンへの変更処理（最新バージョンに順次差分のパッチを当てる作業）を行う必要がある。

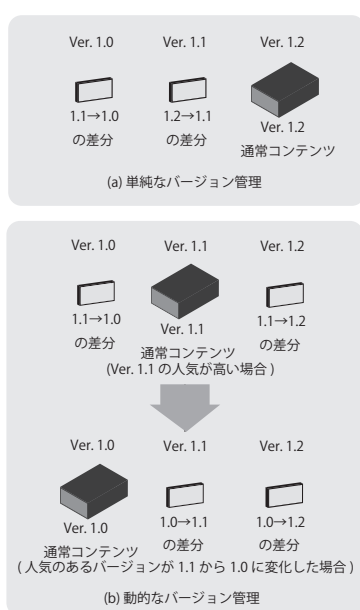


図2 提案方式の概要（その2）

この問題に対応するための方法としては、例えば図 2(b)に示すように人気のあるバージョンを通常コンテンツとして基準にし、それ以外のバージョンは、通常コンテンツと当該バージョンとの差分としてネットワーク内に保持すればよい。また、人気のあるバージョンが時間的に変化した場合には、通常コンテンツと差分の構成を変更することとした。

最後に、コンテンツ分割とそれらの最適配置の手法を、バージョン管理された通常コンテンツと差分の組み合わせからなるコンテンツ構成に適用することを検討した。図 3に示すように、各バージョンはブロックに分割

され、ひとつのブロックでは、いずれかのバージョンが通常コンテンツとなっており、他のバージョンはそれとの差分としてネットワーク上に格納されることになる。しかし、実際にはどのバージョンを通常コンテンツとするか、通常コンテンツはブロックごとにいくつ必要か、適切なブロック分割数はいくつか、などが、ネットワークトポロジや各ピアのストレージの空き状況などの条件で常に変化するため、すべての要素をトータルで適切な状態に保つための手法の確立が必要となる。本研究では、この点についても検討を行った。



図3 コンテンツのブロック分割とバージョン管理

上記のすべての検討については、計算機シミュレーションにより評価を行い、いずれもその有効性を確認している。

今後も、更なるコンテンツ流通の需要が予想され、特に Contents Centric Network と呼ばれるパラダイムが注目されている中、このような要素も取り込んだコンテンツ共有の研究が必要になると考えられる。また、Peer-to-Peer とクラウドを組み合わせたシステムも併せて普及してきており、より柔軟なシステム運用が期待できる。

＜引用文献＞

① S. Sugawara, H. Ohnishi, "A basic study on user utility maximizing content retrieval from information networks," Electronics and Communications in Japan, (John Wiley & Sons, Inc.) vol. 185, Issue 3,

- pp. 33-40, Nov. 2013.
- ② S. Sugawara, K. Honda, Y. Ishibashi, "Efficient Monitoring Method Considering User Utility for Networked Information Sources," *Computer Software*, vol. 29, no. 3, pp. 219-231, Aug. 2012.
 - ③ 菅原真司, 大西宏之, 「ネットワーク内蓄積情報を対象としたユーザ効用最大化探索手法の基礎検討」, *電気学会論文誌 C*, vol. 132, no. 6, pp. 1028-1034, June 2012.
 - ④ 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*, vol. 29, no. 2, pp. 109-122, May 2012.
 - ⑤ Y. Inoue, S. Sugawara, Y. Ishibashi, "Efficient contents replication strategy for data sharing considering storage capacity restriction in hybrid peer-to-peer networks," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E94-B, no. 2, pp. 455-465, Feb. 2011.
 - ⑥ 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.
 - ⑦ B. Cohen, "Incentives Build Robustness in BitTorrent," *Proc. 1st Workshop on Economics of Peer-to-Peer Systems*, pp. 251-260, May 2003.
 - ⑧ 渋谷 他, "ブロードバンドアクセスにおける BitTorrent 型プログレッシブダウンロードの性能評価," *信学技報*, CQ2008-22, pp. 49-54, July 2008.
 - ⑨ 世一 他, "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.
 - ⑩ P. Mukherjee, et al., "Peer-to-Peer Based Version Control," *Proc. ICPADS '08*, pp. 829-834, Dec. 2008.
 - ⑪ W. F. Tichy, "RCS - a System for Version Control," *Software Practice and Experience*, Vol.15, No.7, pp. 637-654, July 1985.

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 S. Sugawara, H. Ohnishi, "A basic study on user utility maximizing content retrieval from information networks," *Electrical Engineering in Japan*, vol. 185, Issue 3, pp. 33-40, Nov. John Wiley & Sons, Inc. 2013. 査読有

[学会発表] (計 19 件)

- ① 藤田裕, 菅原真司, "ハイブリッド型 Peer-to-Peer ネットワークでのファイル分割配置を用いたコンテンツ共有における低有用度レプリカ消去の効果," *電子情報通信学会総合大会*, B-7-10, 九州大学 (福岡県福岡市) 2016 年 3 月 15~18 日.
- ② 武田大生, 菅原真司, 福嶋慶繁, 石橋豊, "キャッシュルータを併用した非構造型 P2P ネットワークにおけるコンテンツの人気度とルータの次数を考慮した情報探索方式," *電子情報通信学会 NS 研究会*, NS2015-206, フェニックス・シーガイア (宮崎県宮崎市), 2016 年 3 月 3~4 日.
- ③ D. Takeda, S. Sugawara, N. Fukushima, and Y. Ishibashi, "An efficient content searching method using query transmission records with content cache routers in unstructured peer-to-peer networks," in *Proc. The Third International Symposium on Computing and Networking - Across Practical Development and Theoretical Research - (CANDAR)*, pp. 200-206, 札幌市産業振興センター (北海道札幌市), 2015 年 12 月 8~11 日. 査読有
- ④ 武田大生, 菅原真司, 福嶋慶繁, 石橋豊, "キャッシュルータを併用した非構造型 P2P ネットワークにおけるクエリ誘導情報を用いた効率的な情報探索方式," *平成 27 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会*, K3-2, 名古屋工業大学 (愛知県名古屋市), 2015 年 9 月 28~29 日.
- ⑤ Y. Ozawa, S. Sugawara, "An Efficient Content Searching Method Using Transmission Records with Wasted Queries Reduction Scheme in Unstructured Peer-to-Peer Networks," *ICGEC-2015*, Yangon (Myanmar), 2015 年 8 月 26~28 日. 査読有
- ⑥ M. Tomimori, S. Sugawara, "An Efficient Content Sharing Considering Regional Variety of Popularities in Hybrid Peer-to-Peer Networks with Cloud

- Storages,” in Proc. IEEE 2015 ICCE-Taiwan, Session I4, Taipei (Taiwan), 2015年6月6～8日. 査読有
- ⑦ 武田大生, 菅原真司, 福嶋慶繁, 石橋豊, “非構造型 P2P ネットワークにおけるクエリ誘導情報とコンテンツキャッシュルータを用いた効率的な情報探索方式,” 電子情報通信学会総合大会, B-6-113, 立命館大学 (滋賀県草津市), 2015年3月10～13日.
- ⑧ 富森将司, 菅原真司, 福嶋慶繁, 石橋豊, “クラウドストレージを併用した Peer-to-Peer ネットワーク上の情報共有におけるコンテンツの有用性に関する検討,” 電子情報通信学会総合大会, B-6-101, 立命館大学 (滋賀県草津市), 2015年3月10～13日.
- ⑨ 武田大生, 菅原真司, 福嶋慶繁, 石橋豊, “非構造型 P2P ネットワークにおける多様なコンテンツ共有のためのコンテンツ移動履歴とキャッシュルータを用いた効率的な情報探索方式,” 電子情報通信学会 NS 研究会, NS2014-238, 沖縄コンベンションセンター (沖縄県宜野湾市), 2015年3月2～3日.
- ⑩ 富森将司, 菅原真司, 福嶋慶繁, 石橋豊, “クラウドを併用した Peer-to-Peer ネットワークにおけるコンテンツ取得成功率の期待値を用いた情報共有手法,” 電子情報通信学会 NS 研究会, NS2014-236, 沖縄コンベンションセンター (沖縄県宜野湾市), 2015年3月2～3日.
- ⑪ 武田大生, 菅原真司, 福嶋慶繁, 石橋豊, “非構造型 Peer-to-Peer ネットワークにおけるルータのコンテンツキャッシュ機能とクエリ誘導情報を利用した情報探索方式に関する一検討”, 電気学会東海支部若手セミナー「分散メディアのための情報通信と信号処理」, 名古屋工業大学 (愛知県名古屋市), 2015年2月19日.
- ⑫ 菅原真司, “非構造型 Peer-to-Peer ネットワークにおけるキャッシュルータと移動履歴を用いた効率的なデジタルコンテンツ探索手法”, 第57回自動制御連合講演会, 分野横断型融合研究に向けた情報通信ネットワーク技術の研究紹介(1), 群馬伊香保ホテル天坊 (群馬県渋川市), 2014年11月10～12日.
- ⑬ M. Tomimori, S. Sugawara, N. Fukushima, Y. Ishibashi, “A Utility Based Contents Sharing Method in Hybrid Peer-to-Peer Networks with Cloud Storages,” in Proc. IEEE TENCON, Bangkok (Thailand), 2014年10月22～25日.
- ⑭ 査読有
- ⑮ 武田大生, 菅原真司, 福嶋慶繁, 石橋豊, “非構造型 P2P ネットワークにおけるキャッシュルータとコンテンツ移動履歴を用い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, BS-4-4, 徳島大学 (徳島県徳島市), 2014年9月23～26日.
- ⑯ 富森将司, 菅原真司, 福嶋慶繁, 石橋豊, “クラウドを用いた Peer-to-Peer ネットワークにおける地域性を考慮した情報共有手法,” 電子情報通信学会 NS 研究会, NS2014-92, 東北大学電気通信研究所 (宮城県仙台市), 2014年9月11～12日.
- ⑰ S. Sugawara, T. Tomimatsu, “An efficient digital contents sharing with transmission records in peer-to-peer networks,” in Proc. IEEE 2014 ICCE-Taiwan, Taipei (Taiwan), 2014年5月26～28日, pp. 29-30. 査読有
- ⑱ 富森将司, 菅原真司, 福嶋慶繁, 石橋豊, “クラウドを用いた Peer-to-Peer ネットワークにおけるコンテンツの有用性を考慮した情報共有手法,” 電子情報通信学会 IN 研究会, IN2013-121, 名古屋国際センター (愛知県名古屋市), 2014年1月23～24日.
- ⑲ 谷口祐亮, 菅原真司, 福嶋慶繁, 石橋豊, “ハイブリッド型 P2P ネットワークにおけるピアの通信速度を考慮した複製分割配置型コンテンツ共有手法の検討,” 電子情報通信学会 NS 研究会, NS2013-106, 北海道大学 (北海道札幌市), 2013年10月17日～18日.
- ⑳ 富森将司, 菅原真司, 福嶋慶繁, 石橋豊, “Peer-to-Peer ネットワークにおけるクラウド上のストレージを用いた情報共有手法の効果,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-6-88, 福岡工業大学 (福岡県福岡市), 2013年9月17～20日.

〔図書〕 (計 0件)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0件)
- 取得状況 (計 0件)

〔その他〕 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菅原 真司 (SUGAWARA, Shinji)
 千葉工業大学・工学部・教授
 研究者番号： 90313410