

令和元年6月26日現在

機関番号：26402

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00137

研究課題名(和文) マルチオーバーレイネットワークを利用した P2P アプリケーションに関する研究

研究課題名(英文) Research of peer-to-peer network application based on multi-overlay networks

研究代表者

植田 和憲 (UEDA, Kazunori)

高知工科大学・情報学群・講師

研究者番号：80335330

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,300,000円

研究成果の概要(和文)：ネットワーク上の各コンピュータが固定の役割を持たず、状況に合わせて柔軟に役割を変更できる P2P (ピア・ツー・ピア) システムにおいて、多様なアプリケーションが必要とする情報を適切に提供するために様々な基準でコンピュータや情報をグループ化し利用するための全体システムを設計した。これにより、ネットワーク上でのデータ転送の回数やデータ・コンピュータを検索するための情報交換の回数を削減することが可能となった。また、実際のネットワーク上で動作するソフトウェアのための基盤システムを実装した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

提案したシステムを採用することによって、ネットワーク上でのデータ転送回数や検索情報の交換回数を削減することができる。これにより、コンピュータやネットワークにかかる負荷を軽減でき、想定するシステムを稼働させながらより多くの用途のためにネットワークを活用できるようになる。また、提案システムの基盤となるソフトウェアを、汎用的なソフトウェアの提供する機能を前提として実装することで、提案システムそのもの実装やそれを拡張した別のシステムの実装が容易に行えるようにした。

研究成果の概要(英文)：Peer-to-peer (P2P) system model enables network computers to behave some roles according to various situations. The authors have designed a new system that supports functions to group computers and manage the groups. The group is called a cluster and groups that are constructed by various criteria are managed on multiple layers. The proposed system achieved that path length of data transfer was shortened or search packets were reduced. In addition, a prototype system, which was based on the proposed design, were implemented and could be deployed on an actual network.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：P2P (Peer-to-peer) オーバーレイネットワーク クラスタリング

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

1. 研究開始当初の背景

P2P (Peer-to-peer) ネットワークモデルを採用したアプリケーションは一般化し広く利用されている。P2P ネットワークモデルには、サーバを必要とするハイブリッド P2P 型とそれを必要としないピア P2P 型とがある。前者は、ピア (ネットワークを構成するノード) の参加や離脱の管理やネットワーク上のコンテンツのインデックス管理をサーバに任せることで、ネットワークの変化への追従やコンテンツの検索に対する高速な処理を可能にする。後者は、従来のサーバクライアントシステムにおけるアプリケーションと比較して負荷分散や耐障害性といった面で優位性があるが、ピアおよびピアの持つ情報の管理方法が課題となる。

サーバに依存しないピア P2P 型のアプリケーションでは、情報検索のために検索パケットのブロードキャストを繰り返して目的のコンテンツを持つピアを検索するフラッディングと呼ばれる手法が主として用いられる。フラッディングを行うことによって広範囲での検索が可能となるが、実際には受け取る必要がないピアにも検索パケットが転送されるだけでなく、検索パケットの拡散により大規模なネットワークであるほどネットワーク上の帯域を消費することになる。この問題に対処するため、フラッディングの対象となるピアを限定する選択的なフラッディングが提案されているが、どのようなピアを選択するかについては検討が必要である。

たとえば、ピア P2P 型のコンテンツ共有システムにおいては、事前にあるいはコンテンツの検索や転送をしながら保有するコンテンツの内容によってピアをクラスタと呼ばれるグループへ分割し、それらのクラスタを検索に利用してピアを選択する手法が用いられている。このクラスタへの分割をクラスタリングと呼ぶ。つまり、クラスタリングによって形成されたクラスタ同士の連結からなる論理ネットワークをオーバーレイネットワークとし、そのネットワーク上で近隣に位置するピア群に対して選択的にフラッディングを行う。

しかし、ピアの保有するコンテンツや検索したコンテンツの内容に基づくクラスタリングによるオーバーレイネットワークを用いる場合、コンテンツが検索された際に必ずしもネットワーク上で近いピアが選択されるとは限らず、実際には短い経路が選択できるような場合でも長い経路を選択してコンテンツを転送することがある。このようなとき、経路が長い分だけネットワーク資源を無駄に消費することになる。一方、ネットワーク距離に基づくクラスタリングによるオーバーレイネットワークを用いる場合、保有するピアの数が少ないコンテンツが検索された際に検索のために消費されたパケット数が多くなる、あるいは検索時間が長くなるというデメリットがある。

2. 研究の目的

(1) 全体的なシステムの設計

P2P ネットワークモデルに基づくメッセージングシステムやファイル共有システムなどのアプリケーションでは、ピアの属性や所有コンテンツによるクラスタリング (グループ化) がよく行われる。通常、そのクラスタ (グループ) に基づいてピアを選定するが、アプリケーションが対象としない尺度については考慮されない場合がある。そこで本研究では、さまざまな基準ごとにピアのクラスタリングを行い、それらの基準ごとにオーバーレイネットワークを構築して階層化するシステムを提案し設計する。

(2) 実アプリケーションの実現のためのプロトタイプシステムの実装

本研究課題における有効性検証のために、汎用的なライブラリを利用するソフトウェアを実装する。汎用的なライブラリを前提として動作するシステムとしておくことで、実環境において動作するよう拡張するための工数を抑えることが可能である。これらを背景に、前提となるプロトタイプシステムを実装し、最終的には提案手法に基づく実ネットワークアプリケーションの実現を目指す。

(3) 提案システムによる転送経路の短縮と検索パケット量の削減

前項で述べたように、必要な機能を実装したソフトウェアにおいて有効性を検証する。提案システムはさまざまな基準ごとに作成されたピアのクラスタが収容されるオーバーレイネットワークを構築して階層化することが前提である。そのため、それらのオーバーレイネットワーク上のクラスタの切替によって、検索ピアと選択されたコンテンツ保有ピアとの距離 (経路長) の短縮、あるいは検索に要するパケット数の削減が達成されることを目指す。

3. 研究の方法

(1) 全体的なシステムの設計

提案するシステムでは、さまざまな基準ごとにピアのクラスタリングを行い、それらの基準ごとにオーバーレイネットワークを構築して階層化することが必要である。そのために必要な機能の整理を行い、システムアーキテクチャの設計を行う。具体的には、クラスタリング機能、オーバーレイネットワーク管理機能、検索時のネットワーク切替機能等の機能についての検討を行ったのち、それらを組み込んだ全体システムを設計する。

(2) 実アプリケーションの実現のためのプロトタイプシステムの実装

P2P エージェントプラットフォーム PIAX を採用する。PIAX によって P2P システムを構築・運用するための各種機能が提供されており、提案システムにおいて備えるべき機能のうちの汎用的なものについてはカバーされる。前述したクラスタリング機能、オーバーレイネットワーク管理機能、検索時のネットワーク切替機能等は提案システム独自のものであるため、

- それらについては PIAX と共通のプログラミング言語 Java によって実装する。
- (3) 提案システムによる転送経路の短縮と検索パケット量の削減
提案するシステムの有効性を評価するために、各種 P2P アプリケーション使用時における、(a) 検索時に交換されたパケットの数、(b) 送受信ピア間の経路長、について既存の手法と比較する。具体的には、前述した P2P エージェントプラットフォームである PIAX 上に実装したシステムを用いて計測したデータに基づいて、提案手法と既存のファイル共有アプリケーションで採用されているピア選択手法との比較を行う。その後、PIAX に基づいたシステムによるシミュレーションを行い、経路長および検索パケット数を計測し比較する。

4. 研究成果

- (1) 全体的なシステム設計の設計
さまざまな基準ごとにピアのクラスタリングを行い、それらの基準ごとにオーバーレイネットワークを構築して階層化するシステムを提案し設計した。また、アプリケーションとして IoT デバイスを用いるものを含め、アプリケーションの適用範囲を広げるために、計算・ネットワーク資源に制約の大きい IoT デバイスの代理を務めるサーバ（デリゲートサーバ）を導入する拡張を行った。
- (2) 実アプリケーションの実現のためのプロトタイプシステムの実装
既存の P2P エージェントプラットフォーム上での動作が可能であるようなプロトタイプを実装した。具体的には、前述のように P2P エージェントプラットフォーム PIAX の提供する機能を前提としたシステムを実装した。これにより、外部の研究機関が提供する P2P システムを対象とした実験プラットフォーム上でも動作させるための拡張も容易に行えるようになった。
- (3) 提案システムによる転送経路の短縮と検索パケット量の削減
最初の成果として、提案システムと既存システムそれぞれを全体とした場合の転送パケット量の見積りを行うためのシミュレーションを行い、ネットワークが非常に小規模な場合はオーバーヘッドによる負荷が大きく性能が低下するが、ネットワークが大規模になるにつれて提案手法の優位性が増す傾向について確認した。さらに、プロトタイプを用い、地域特性を考慮したフォトニックネットワークモデルに基づいたトポロジ上で、提案システムと既存システムそれぞれを前提とした場合の各ピアの交換したパケット数や経路長を計測・算出し、それらの比較についても行った。加えて、採用した地域特性を考慮したフォトニックネットワークモデルに含まれるバリエーションのすべてを利用可能とするようなさらなる詳細なモデルを用いた検証を行った。具体的には、日本の市町村における人口分布を考慮したピアの配置、などを行った。その結果、提案システムを利用することで転送経路を短縮でき、その上で検索パケット数に対する効率を大きく下げることなく検索が可能であることを示した。
- (4) 対外的な成果の発信
平成 29 年 8 月および平成 30 年 7 月の国際会議において、研究成果の発表を行った。また、それらの発表で得られたフィードバックも含める形で論文誌への投稿を行った。論文は採録され、平成 31 年 3 月刊行の論文誌に掲載された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

K. Ueda, M. Iwata, K. Baba, and S. Shimojo, “Multi-overlay information management for IoT-oriented P2P network applications,” *Int. J. Space-Based and Situated Computing*, Vol. 8, No. 4, pp.204-213, Mar. 2019.
DOI: 10.1504/IJSSC.2018.098686

〔学会発表〕(計 2 件)

K. Ueda, M. Iwata, K. and K. Baba, “Multi-Layered Information Management System for IoT-Based P2P Applications,” in *Proceedings of The 2018 World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing*, Las Vegas, NV, U. S. A., Jul. 2018.

K. Ueda, “Performance Evaluation of Peer-to-Peer Network Applications on Multiple Overlay Networks,” In *Proceedings of NBiS 2017: Advances in Network-Based Information Systems*, pp. 750-756, Toronto, Canada, Aug. 2017.

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 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 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

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

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。