

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 17 日現在

機関番号：31302

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23650032

研究課題名（和文） やわらかい構造型 P2P ネットワーク：Waon

研究課題名（英文） Waon: A Flexible Structured P2P Network

研究代表者

武田 敦志 (TAKEDA ATSUSHI)

東北学院大学・教養学部・准教授

研究者番号：90424001

研究成果の概要（和文）：本課題では、新しい構造化 P2P ネットワーク Waon (Well-distributed Algorithm for Overlay Network) の基礎理論の確立と性能の検証を行った。この研究を通じて、Waon が「100 万個以上のノードの参加を可能とするスケーラビリティ」「ノードの性能に応じた動的な負荷分散機能」「オブジェクトの効率的な範囲検索」「P2P ネットワークによって発生する物理ネットワークのトラフィックの削減」の全てを同時に実現できることを確認した。

研究成果の概要（英文）：We developed a new structured P2P network which is named Waon (Well-distribution Algorithm for Overlay Network). Particularly, we developed an algorithm and protocols for Waon. Additionally, we evaluated the performance of Waon. Through this study, we confirm that Waon achieves four features: scalability, dynamic load balancing, support of range queries and traffic reduction on the physical network.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,700,000	810,000	3,510,000

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：オーバーレイネットワーク・P2P ネットワーク・負荷分散

1. 研究開始当初の背景

構造型 P2P ネットワークとは、構造化されたオーバーレイネットワーク上で各ノードが直接通信することにより、ファイルデータやメディアデータなどのオブジェクトを共有するネットワークである。構造型 P2P ネットワークはスケーラビリティや耐故障性に優れており、クラウドサービスを実現するうえで重要となる基盤技術である。

構造型 P2P ネットワークの代表的な手法として分散ハッシュテーブル (DHT) が提案されている。このネットワークは、オブジェクトを検索するときの計算コスト・通信コストが $O(\log n)$ (n は参加ノード数) となるスケーラブルな構造型 P2P ネットワークである。DHT では、仮想的な ID 空間にノードとオブジェ

クトを配置し、この ID 空間上のノード位置とオブジェクト位置を基準にしてオーバーレイネットワークを構築する。ここで、DHT では、各ノードにかかる負荷を平等に分散するために、一方向ハッシュ関数を用いて ID 空間上のノード位置とオブジェクト位置を静的に決定する。しかし、この DHT の負荷分散方法では、ノードに発生する負荷や構築されるオーバーレイネットワークの構造が静的に決定されるため、「ノードの性能を考慮した動的な負荷分散」「オブジェクトの効率的な範囲検索」「物理ネットワークのトラフィック削減」を同時に実現することは難しい。

2. 研究の目的

本研究は、新しい構造型 P2P ネットワーク

Waon (Well-distributed Algorithm for Overlay Network) の基礎理論の確立と性能の検証を目的とする。Waon は下記の 4 つの機能を同時に実現するネットワークである。

- (機能1) スケーラブルな P2P ネットワークであり、100 万個以上のノードの参加を可能とする。
- (機能2) ノードの性能に応じた動的な負荷分散を実現する。
- (機能3) オブジェクトの効率的な範囲検索を可能とする。
- (機能4) P2P ネットワークの通信によって発生する物理ネットワークのトラフィックを削減する。

現在、Waon 以外の構造型 P2P ネットワークでは、上記の 4 つの機能を同時に実現することはできない。Waon では、一方向ハッシュ関数などの非線形関数を用いた静的な負荷分散は行わず、その代わりとして動的な負荷分散メカニズムを導入する。これにより、各ノードの性能を考慮した動的な負荷分散や効率的な範囲検索が可能となる。また、Waon では、オーバーレイネットワークの構造を柔軟に変更できるため、物理ネットワークの状況を考慮したオーバーレイネットワークを構築することができる。これにより、Waon が物理ネットワークに与えるトラフィックは、従来手法の半分以下となる。本研究の目的は、上記の 4 つの特徴を全て備えた構造型 P2P ネットワーク Waon の基礎理論を確立し、実験を通して性能を検証することである。

3. 研究の方法

Waon の基礎理論を確立し、その性能を評価するため、以下の方針に従って研究を進める。

- (1) Waon の負荷分散アルゴリズムとノード間通信プロトコルを開発する。Waon に参加している各ノードの負荷情報を収集し、この情報に基づいて各ノードにかかる負荷を均一に分散するアルゴリズムを設計する。また、このアルゴリズムを構造型 P2P ネットワーク上で実現するための通信プロトコルを開発する。
- (2) P2P ネットワークのシミュレータを開発し、シミュレーションにより Waon の性能を評価する。ここでは、Waon と既存の構造型 P2P ネットワークを比較し、Waon によって発生する物理ネットワーク上のトラフィックが従来の半分以下であることを確認する。
- (3) 実ネットワーク上で動作する Waon のアプリケーションを実装する。ここでは、既存の構造型 P2P ネットワークの開発フレームワークである Overlay Weaver を用いて Waon の実装を行う。
- (4) 実ネットワーク上で Waon を動作させ、動的な負荷分散を実現できていること

を確認する。

4. 研究成果

本課題では、新しい構造化 P2P ネットワーク Waon (Well-distributed Algorithm for Overlay Network) の基礎理論の確立と性能の検証を行った。この研究を通じて、Waon が「100 万個以上のノードの参加を可能とするスケーラビリティ」「ノードの性能に応じた動的な負荷分散機能」「オブジェクトの効率的な範囲検索」「P2P ネットワークによって発生する物理ネットワークのトラフィックの削減」を同時に実現できることを確認した。

Waon は、ノードとオブジェクトを仮想的な ID 空間に配置し、ID 空間上のノード位置とオブジェクト位置に基づいて P2P ネットワークを構築する。本課題では、Waon ネットワークの設計と新しい動的負荷分散アルゴリズムの開発を行い、Waon に参加している各ノードの計算負荷や通信負荷を動的に動的に分散する仕組みを開発した。本研究課題で開発した動的負荷分散アルゴリズムは攪拌性を持たないという特徴がある。そのため、各オブジェクトの値を考慮してオブジェクトを分散配置することにより、オブジェクトの効率的な範囲検索が可能となる。さらに、各ノードの物理的位置を考慮して各ノードの通信先ノードを決定することにより、物理ネットワークのトラフィックを削減することが可能となった。シミュレータを用いた性能評価により、Waon によって発生する物理ネットワークのトラフィックは、従来手法の半分以下となることを確認した(図 1)。

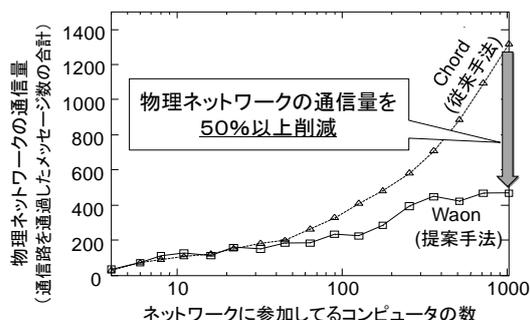


図 1 物理ネットワークの通信量削減効果

構造型 P2P ネットワークの開発フレームワークである Overlay Weaver を利用し、実ネットワーク上で動作する Waon アプリケーションとして、複数のコンピュータでファイルデータを分散管理する仕組みを実装した。この実装を用いて実験を行い、Waon アプリケーションが動的な負荷分散を実現しており、各コンピュータにかかる負荷を均等に分散できていることを確認した(図 2)。

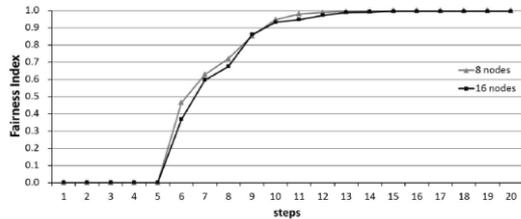


図2 Waonの動的負荷分散機能の実験結果

本研究期間中の成果を論文としてまとめ、1個の国際学術論文と2個の国際会議において発表した。また、Waonのプロトタイプシステムを実装し、国内研究会でWaonの動的負荷分散機能のデモンストレーションを行った。さらに、Waonの技術を用いて集計機能を有するスケーラブルな分散データベースを実装し、産学官連携フェア2013において情報分散機能と情報集計機能のデモンストレーションを行った。

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3件)

- ① Takuma Oide, Atsushi Takeda and Akiko Takahashi, “Waon: Dynamic Contents Balancing Algorithm for Structured P2P Network”, Proceeding of the 2nd International Symposium on Technology for Sustainability (ISTS2012), 査読有, pp. 333-336, 2012.
- ② Atsushi Takeda, Takuma Oide and Akiko Takahashi, “A Structured Overlay Network for Aggregating Sensor Data”, Proceedings of the 7th International Conference on Broadband, Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA2012), 査読有, pp. 684-689, 2012. (DOI: 10.1109/BWCCA.2012.119)
- ③ Atsushi Takeda, Takuma Oide and Akiko Takahashi, “Simple Dynamic Load Balancing Mechanism for Structured P2P Network and its Evaluation”, International Journal of Grid and Utility Computing, 査読有, vol.3, no.2-3, pp.126-135, 2012. (DOI: 10.1504/IJGUC.2012.047763)

[学会発表] (計5件)

- ① 生出 拓馬, 武田 敦志, 高橋 晶子, “動的負荷分散法に基づくP2P安否情報共有システムの構築”, 電子情報通信学会総合大会, 2013年3月19日~23日, 岐阜大学.

- ② 生出 拓馬, 武田 敦志, 高橋 晶子, “柔軟な動的負荷分散法に基づく構造化P2PネットワークWaonの構築”, 情報処理学会全国大会, 2013年3月6日~8日, 東北大学. (発表者(生出拓馬)が学生奨励賞受賞)
- ③ 生出 拓馬, 武田 敦志, 高橋 晶子, “動的負荷分散特性に基づく構造化P2Pネットワークの構築”, マルチメディア、分散協調とモバイルシンポジウム, 2012年7月4日~6日, 山代温泉ホテル百万石.
- ④ 武田 敦志, “ルーティングテーブルを利用した構造化P2Pネットワーク推測手法”, 情報処理学会全国大会, 2012年3月6日~8日, 名古屋工業大学.
- ⑤ 生出 拓馬, 武田 敦志, 高橋 晶子, “Waon:動的負荷分散特性に基づく構造化P2Pネットワーク”, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, 2011年10月5日~7日, 奥入瀬溪流ホテル.

[その他]

ホームページ等

<http://takeda.cs.tohoku-gakuin.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

武田 敦志 (TAKEDA ATSUSHI)
東北学院大学・教養学部・准教授
研究者番号: 90424001

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし