

非構造化 Peer-to-Peer ネットワークにおける 管理領域の分割を用いた情報探索手法に関する研究

学籍番号 23413576 氏名 山本 貴之
指導教員名 菅原 真司

1 序論

近年、通信端末の高性能化やネットワークの高速化により、ネットワーク上での動画や音楽データ等の共有・配信、個人による情報発信が一般的なものとなった。これに伴い、目的のコンテンツを効率的に取得可能なシステムが求められており、Peer-to-Peer ネットワークを用いたコンテンツ共有システムが有望視されている [1]-[3]。

Peer-to-Peer ネットワークを用いたコンテンツの共有は、システム全体を管理するサーバの有無によって、ハイブリッド型 Peer-to-Peer ネットワークとピア型 Peer-to-Peer ネットワークに分類できる。ピア型 Peer-to-Peer ネットワークでは、インデックス情報の管理といった処理を各ピアが分担するため、負荷分散と耐障害性に優れる。しかし、要求したコンテンツの位置情報を探索する必要があり、そのため、探索精度を高く保ち、かつ探索に要する通信量を抑制する情報探索手法が必要となる。

これまでにピア型 Peer-to-Peer ネットワークにおける情報探索手法に関して、様々な研究が行われている [1]-[3]。しかし、これらの手法は、過去の探索履歴を基にクエリを誘導したり、各ピアが自身の情報に加えて近隣ピアについても把握したりするもので、任意のネットワーク全体を効率的に探索しているとはいえない。そこで、本研究ではネットワーク全体を分割し、各領域で情報を分散して把握し、要求コンテンツの探索を行うことで、探索精度を高く維持しつつ、それに要するコストを抑制する手法を提案する。

2 複数の動的エージェントによる情報探索手法の提案と評価

2.1 提案手法

提案手法では、エージェントを用いてネットワーク全体を複数の領域（管理領域）に分割し、各領域で選択したピアを管理ピアとして管理領

域内の情報を集約する。コンテンツを探索する際には、この情報を用いて領域内を探索し、要求コンテンツを発見できない場合、隣接する領域にクエリを送信することで探索を継続する。

2.2 評価

2.2.1 比較対象手法

比較対象手法として、過去の要求コンテンツの探索の成否に関する統計情報を用いてクエリを誘導する手法の APS[1]、各ピアが N ホップ以内のピアに関するトポロジと保持コンテンツを把握して探索を行う手法の HL[2]、フラッディングと成功した探索履歴に沿ったユニキャストを組み合わせた手法の AHS[3] を用いる。

2.2.2 評価方法

提案手法の有効性を検証するため、通信コストと探索成功率の二つの指標を用いて評価を行った。ここで、通信コストとは、要求コンテンツの探索に要した、MAC 層におけるトラフィックの総量とする。また、探索成功率とは、コンテンツの総要求回数に占める、探索が成功した回数の割合とする。

2.2.3 結果と考察

計算機シミュレーションの結果から、APS は過去の探索結果が十分に蓄積されていないため、探索のために多くのクエリを送信しており、また、十分な探索成功率を得られていない。各ピアが一定範囲内のピアに関する情報を保持する HL では、高い探索成功率を維持するものの、ピア間での情報交換で大きな通信コストが生じている。一方、AHS ではフラッディングを併用しているため、探索成功率は高いものの、要求コンテンツの探索において多大な通信コストが生じてしまう。これに対し、提案手法は HL や AHS と同程度の高い探索成功率を維持しつつ、探索に要する通信コストを抑制している。このことから、提案手法は探索成功率を高く維持しつつ、ネットワークへの負荷を抑制することに成功しており、他の手法より有効である。

3 ピアによる自律的な情報探索手法の提案と評価

前章で提案した複数の動的エージェントを用いた情報探索手法では、エージェントの巡回によって管理領域の構築と情報の収集を行うため、ピアの加入・離脱やコンテンツの追加・削除といった変化を把握して対応するまでに時間を要するという問題がある。そこで、本章ではこの問題を解決するために、各ピアが自律的に管理領域を形成し、ピア自身の変化を報告することで、ネットワーク環境やピアの変化に迅速に対応可能な手法を提案する。そして、計算機シミュレーションを用いて、提案手法の有効性を検証する。

3.1 提案手法

本章で提案する手法では、前章で提案した手法と異なり、各ピアが自律的に行動することでネットワークを分割して、領域内の情報を把握する。ネットワークの分割に関して、初期状態で、各ピアを、自身のみを領域に含む管理ピアであるとみなし、各管理領域は、ピア数が閾値 N_{merge} 以上になるまで隣接する管理領域と合併を繰り返す。そして、これ以降は、管理領域内のピア数が大きく偏った場合に管理領域の分割や削除を行うことで、ネットワークを複数の領域に分割した状態を維持する。

3.2 評価

評価では、比較対象手法として HL と AHS、前章で提案した提案手法を用いる。なお、ここでは前章の提案手法を旧提案手法、本章の提案手法を新提案手法と呼ぶ。また、評価に用いる指標として、前章と同様に通信コストと探索成功率を用いる。

図 1 にピアの加入・離脱頻度を変化させた場合の通信コストを示す。図 1 から、新提案手法が最も通信コストを抑制していることが分かる。この理由は、以下の通りである。新提案手法では、旧提案手法のようにエージェントが巡回せず、ピアが報告を行うときのみ通信を行うため、通信コストが抑制される。一方、HL ではピア間で行う情報交換に多くの通信コストを要し、AHS ではフラッディングで非常に大きな通信コストを要している。次に、探索成功率に注

目すると、ピアの加入・離脱頻度が変化しても、新提案手法が最も高い探索成功率を維持していることが分かる。これは、新提案手法がネットワーク全体を分割し、各領域で分散して把握していることに加え、各ピアが自身に生じた変化を管理ピアに報告することで、ネットワーク環境の変化に迅速に対応するためである。以上から、今回用いたシミュレーション条件下では、新提案手法が最も有効であるといえる。

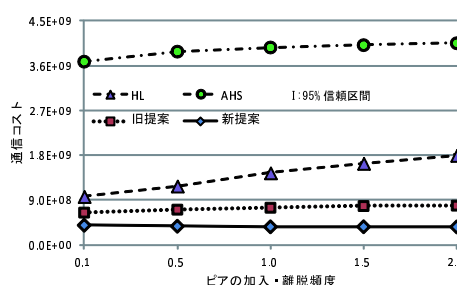


図 1: ピアの加入・離脱頻度と通信コストの関係

4 結論

本研究では、非構造化 Peer-to-Peer ネットワークにおける効率的なコンテンツ共有を目的として、ネットワークを複数の領域に分割して領域ごとに情報を管理する情報探索手法を提案した。また、計算機シミュレーションを用いて提案手法の評価を行った。その結果、提案手法は、探索成功率を他の手法と同様に十分高く維持しつつ、それに要する通信コストを抑制することが示された。

今後の課題としては、クエリをすべての管理ピアへ効率的に送信する方法の確立が挙げられる。これにより、探索に要する通信量をさらに抑制することや、より大規模な環境に適用可能となることが期待される。

参考文献

- [1] D. Tsoumakos et al., "Adaptive Probabilistic Search for Peer-to-Peer Networks," Proc. ICS'03, pp. 102-110, Sep. 2003.
- [2] チュンマニ プーヴィエン et al., "非構造型 P2P ネットワークにおけるホップ制限付き木構造に基づくランダムウォーク検索," 信学技報, IN2009-164, pp. 121-126, Mar. 2010.
- [3] 遠藤 吉朗 et al., "P2P ネットワークにおける適応型ハイブリッド検索方式," 信学技報, NS2009-208, pp. 265-268, Mar. 2010.