

トピック別資源発見問題について

清水 与也

泉 泰介

近年, P2P ネットワーク, ソーシャルネットワークなどの大規模分散ネットワークなどがインターネットにおけるコミュニケーションの新しい形として注目を集めている. 大規模分散ネットワークにおいて重要な基本問題の一つとして資源発見問題がある. 資源発見問題はシステムに参加しているノードの ID 値を全ノードが収集する問題として定義される. あるノードが別のノードの ID を保有することをオーバーレイネットワークにおける論理リンクを生成すると解釈した場合, この問題は全ノード上で完全グラフオーバーレイネットワークを構成する問題とみなすことができる.

本研究では, 従来の資源発見問題を拡張したトピック別資源発見問題を提案しその効率的な解放の検討を行う. トピック別資源探索問題では, 各ノードがトピックと呼ばれる自身の嗜好を示す情報を保有している. より形式的には, ノード集合を V , 全てのトピック集合を T としたとき, ノードの嗜好を表す関数 $Int : V \rightarrow 2^T$ が定義されているものとする. トピック別資源探索問題は, 任意の $t \in T$ について, $t \in Int(v)$ であるような頂点 v すべてからなる集合により誘導されるネットワークのトポロジがクリークとなるように オーバレイを構成する問題と定義される.

トピック別リソース発見問題を解くナイーブな手法として考えられるものは, 各トピックについて従来のリソース発見の手法を並列に動作させることである. しかしながら, このアプローチは以下にあげる問題が生じる.

- 1つ目は, 帯域幅の問題である. これは, トピックごとに各ノードがリソース発見のプロセスを実行するため, トピックの種類の数だけ各ノード

ドはネットワークで通信を行う情報が増えてしまう. このことにより, システムに参加するノードが増えるにつれてトピック数だけ通信を行う回数が増えることになり, スケーラビリティの点で問題が生じる.

- 2つ目に, 同じトピックのグループが複数の部分的なグループに分断される可能性があることである. これはトピックごとに従来の手法を適用するとき, , 同じトピックを持つノード対の距離が 3-hop 以上である場合はそのノード対にエッジが追加されないため, 同じトピックでありながら別のグループに所属してしまうことになる.

本研究では, 単位時間の通信帯が $O(\log n)$ ビット (n はノードの総数) に制限されたモデル上で, 上記の問題を解決したトピック別資源探索問題のための新しいアルゴリズムの実現可能性について検討する. 検討に際して, 資源発見問題における既存のゴシップに基づくアルゴリズム [1] に注目する. このアルゴリズムは各時刻においてランダムに自身が保有する ID を隣接ノードに伝えることで資源発見問題を解く単純なアルゴリズムである. 本研究では, このアルゴリズムに適用するために, どのような改変が必要かを検討し, アルゴリズム設計の道筋を明らかにすることを目指す.

前述のアルゴリズムに基づく, 本研究のトピック別資源発見問題を解くアルゴリズムを以下に挙げる.

まず, 各ノードは, ID・トピック・生存時間(カウンタ)からなる情報をリストに持つ. 初期状態として, 自身の ID・トピックの情報をリストに持つ.

- 情報を送るノードは、各ラウンドでリストからランダムにID・トピック・生存時間の情報を一つ選択し、ランダムに選択した隣接ノードに配布する。その後、送った情報はリストから削除する(自身のトピックに関する情報は残す)。
- 情報を受け取ったノードは、自身の持っているトピックと一致する場合、エッジを追加する。その後、カウンタを一つ下げてリストに追加する。その時に、残り生存時間が"0"になった場合は、削除する。上記以外の場合は、リストにその情報を追加する(カウンタを一つ下げる)。これも同様にカウンタが"0"になる場合は削除。

このアルゴリズムの主な狙いとしては、生存時間だけ離れたノードに自信のトピック情報を送ることができることである。つまり、各ノードは、自身のトピック情報に加えて、生存時間分離れたノードのトピック情報を持つことになる。そのため、所持している情報が増えるにつれて擬似的に所持トピック数が増えていき、一度に行われる通信で新たにエッジが追加される確率を増やすことができる。このことにより、高い確率でトピック別にクリークを作成することができることが予測される。

参考文献

- [1] Bernhard Haeupler, Gopal Pandurangan, David Peleg, Rajmohan Rajaraman and Zhifeng Sun. Discovery through Gossip. arXiv: 1202.2092, 2012.
- [2] B. Doerr, T. Friedrich, and T. Sauerwald. Quasi-random rumor spreading. In SODA, pages 773-781, 2008.
- [3] Giakkoupis. Tight bounds for rumor spreading in graphs of a given conductance. In STACS, pages 57-68, 2011.
- [4] M. Harchol-Balter, T. Leighton, and D. Lewin. Resource discovery in distributed networks. In PODC, pages 229-237, 1999.
- [5] Damon Mosk-Aoyama and Devavrat Shah. Computing separable functions via gossip. In PODC, pages 113-122, 2006.
- [6] M. Jelasity, A. Montresor, and O. Babaoglu. T-man: Gossip-based fast overlay topology construction. Computer networks, 53:2321-2339, 2009.
- [7] S. Kutten, D. Peleg, and U. Vishkin. Deterministic resource discovery in distributed networks. In SPAA, 2001.