

モバイル端末混在環境に適応した SkipGraph の提案

安友 洋平[†] 中村 嘉隆[†] 高橋 修[†]

公立はこだて未来大学 システム情報科学部[†]

1. はじめに

近年、ネットワーク技術の発達によって多数のネットワーク利用者がネットワーク資源を大量に使用するアプリケーションが増加している。このネットワーク資源を効率的に保持する技術として、P2P(Peer to Peer) が注目されている。P2Pとはサーバを必要とせず、エンドノード同士が直接データ通信を行う技術である。このP2Pを構成する技術には特性の異なるいくつかの手法がある。その中の1つにSkipGraphがある[1]。

一方、モバイル端末の高性能化により、モバイル端末のP2Pネットワークへの参加が期待されている。しかし、モバイル端末は端末自身の特性からネットワークへの頻繁な参加と離脱を繰り返す傾向がある。P2PであるSkipGraphにおいては、モバイル端末が参加していない環境に比べて多くのトポロジの再構成を発生させる[2]。このため、トポロジの再構成するためのメッセージ数が増加してしまい、端末への負荷などが増加する問題が発生する。

そこで本研究では、モバイル端末のSkipGraphへの参加について固定端末とは異なる手法をとることにより、この問題を解決することを目的とする。

2. SkipGraph

SkipGraphは確率的アルゴリズムによって作成される片方向連結リンク状のデータ構造であるSkipListをP2Pに適応したオーバーレイネットワークである。

2.1. SkipGraphの構造

SkipGraphは複数の階層を持ち、図1のような構造になっている。数字が書かれている四角はピアを表しており、数字はそのピアが保持しているデータのキーである。各ピアの下に書かれている数字はMembership vectorと呼ばれるランダムな2進数である。SkipGraphの各Levelでは異なるピアと双方向のリンクを張っている。ピアがどのピアにリンクを張るかはMembership vectorの値によって決定する。具体的には、Level nではMembership vectorの接頭辞がn桁一致するピア同士がリンクを張る。

2.2. SkipGraphにおけるデータの検索

SkipGraphは上位Levelから検索を行い、順々に下位Levelを検索していく。ピアは検索メッセージを受け取ったLevelで、キーを超え

ない値を持っている隣接ピアを探す。見つからない場合は、Levelを1つ下げ再度検索を行う。SkipGraphでの検索にかかる平均ホップ数は平均 $\log N$ (N はノード数)である。また、SkipGraphはピアが持つキーに順序性があるので範囲検索が可能である。また、上位Levelの検索は下位のLevelに比べて遠くに検索メッセージを送信することができるために、SkipGraphでは重要な意味を持つ。

2.3. SkipGraphにおけるピアの参加と離脱

ピアの参加時に、参加するピアがすでに参加しているピア(仲介ピア)に参加を知らせるメッセージを送信する。仲介ピアは、参加するピアのキーをもとに、Level0における隣接ピアを調べ、参加するピアに隣接ピアを知らせる。その後、参加するピアは自身に設定されたMembership vectorの値からLevel0にあたる層の隣接ピアに送信し、Level1以上での隣接ピアを調べる。ピアの最高Levelは平均 $\log N$ となる。また、SkipGraphから離脱する際に離脱を知らせるメッセージを全てのLevelにおける隣接ピアに送信する。これによりトポロジの再構築を行う。離脱における平均メッセージ数は平均 $\log N$ となる。

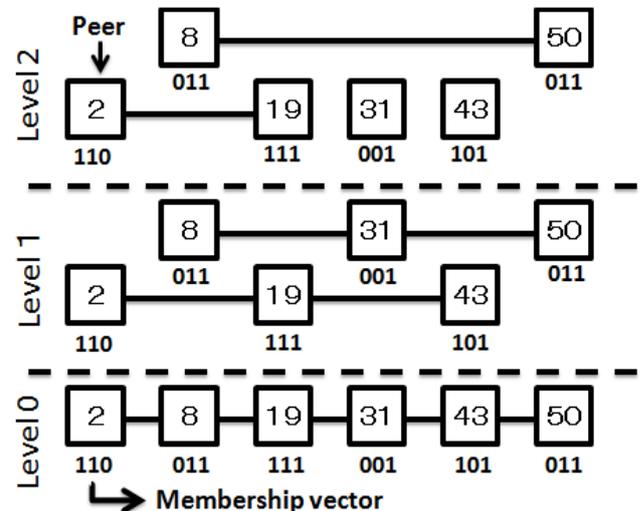


図1: SkipGraphの構造

3. 提案手法

SkipGraphでは、階層ごとに別の隣接ピアを持っているため、ピアの参加・離脱が頻繁になると再構築のコストが増加する問題がある。そこで、本提案手法ではモバイルピアに対して通

“A proposal of an efficient SkipGraph structure in a mobile network”

Yohei Yasutomo[†], Osamu Takahashi[†],
Yoshitaka Nakamura[†] School of Systems Information Science,
Future University Hakodate[†]

常の固定ピアより低い Level を設定し、再構築のコストを低減させる。

モバイルピアに対しては Membership vector の接頭辞を設定した上限 Level 以降の桁ではマスクをかけ参加させる。具体的には、上限 Level を 3、参加するモバイルピアに割り当てられた Membership vector が “111000” であるとき、参加時に接頭辞 3 桁である “111” を Membership vector として設定する。上限 Level より高い Level にはモバイルピアが現れないことになり、再構築コストやモバイルピアの処理負荷を低くおさえることができる。

4. 評価

提案手法を追加した SkipGraph を P2P プラットフォームである PIAX で実装し、従来の SkipGraph との比較を行った。

固定ピア 90 台、モバイルピア 10 台と固定ピア 80 台、モバイルピア 20 台の 2 通りの環境において実験を行った。これらのピアには 1~1000 の中からランダムで選ばれたキーを与える。各環境で、全てのモバイルピアが離脱した際の離脱メッセージ数、およびランダムに選ばれたピアが 1~1000 の中からランダムに決定した範囲のキー検索を行った際に全ピアが送信した総検索メッセージ数を評価した。検索メッセージ数を評価するのは、上限 Level を設けることにより、ある Level 以上での検索が行われないピアが存在することによる影響を検証するためである。

それぞれの評価結果は図 2, 3 に示す。検索メッセージ数は実験を 100 回行った際の平均である。従来の SkipGraph の場合、モバイルピアの上限 Level は 7 に相当する。なお、ここでは、固定ピアとモバイルピアに通信速度などの性能差はないものとしている。図 2, 3 から、どちらの環境においても、参加するモバイルピアの上限 Level を低く設定するほど離脱に要するメッセージ数も比例して減少することがわかる。図 2 から上限 Level が 3 より小さい値では、検索メッセージ数が増加しており、検索効率が悪化することがわかる。つまり、固定ピア 90 台、モバイルピア 10 台の場合においては、検索効率は悪化せず、かつ離脱メッセージが最小である Level 3 を上限 Level に設定するのが最適であると考えられる。また、図 3 では、同様に上限 Level が 5 より低い値では、検索メッセージの増加が確認できるために、最適な上限 Level は 5 付近であると考えられる。このことから、SkipGraph に参加する全ピア数とモバイルピア数によって、最適な上限 Level が異なると考えられる。つまり、モバイルピアに対して上限 Level を設定するには、参加時点での全ピア数とモバイルピア数を考慮する必要がある。

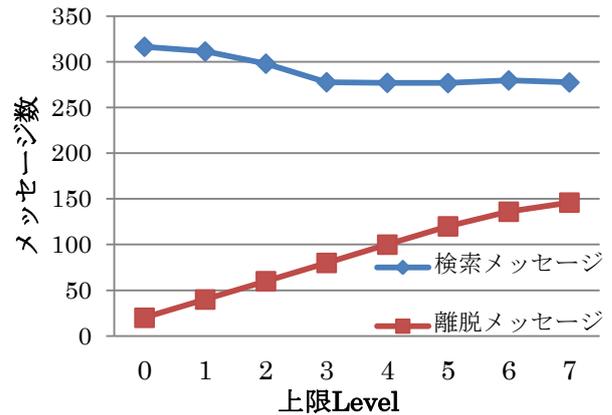


図 2 : 固定ピア 90 台, モバイルピア 10 台におけるメッセージ数

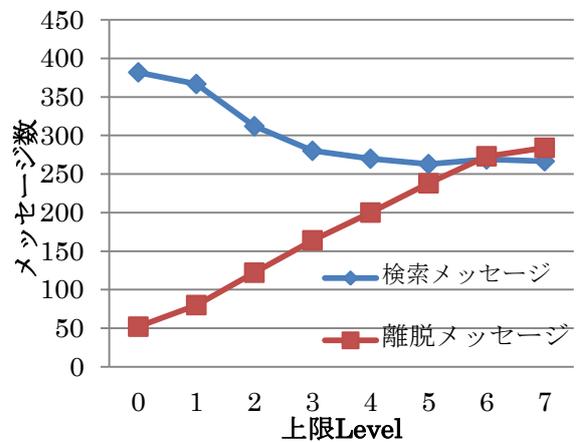


図 3 : 固定ピア 80 台, モバイルピア 20 台におけるメッセージ数

5. まとめ

本研究は、モバイル端末が SkipGraph から頻りに離脱することによって発生する、トポロジを再構築するためのメッセージによる端末への負荷の解消を課題とし、モバイル端末に対しては SkipGraph へ参加する際の Level に上限を設けることを提案し、この手法により端末への負荷を抑制できることがわかった。

今後は固定ピアとモバイルピアの比率も考慮し、モバイルピアに動的に最適な上限 Level を設定する参加手法を提案したいと考えている。

6. 参考文献

- [1] Aspnes, J. Shah, G: SkipGraph, ACM Transaction on Algorithms, Vol. 3, No. 4, pp. 37:1-37:25, 2007
- [2] 田上敦士, 阿野茂浩: 固定・モバイル混在環境を考慮した非対称 P2P ネットワークの設計と実装, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム, pp. 121 - 126, 2011