

分散アルゴリズムを用いた Steiner 木の複数同時生成構成法

2N-2

塚田 慎

高井 昌彰 山本 強

北海道大学大学院工学研究科 北海道大学大型計算機センター

1 はじめに

近年、ネットワークに過大な負荷をかけないマルチキャストパスの生成が重要課題となっている。ネットワーク上でマルチキャストパスを実現することは、グラフ理論における最小 Steiner 木を分散環境で生成することに对应する。

分散環境で最小 Steiner 木の近似解を求めるアルゴリズムはすでに提案されている [1],[2]。しかし、現在利用されているネットワークアプリケーションには、異なるマルチキャストパスを複数同時使用するものが多く、既存の方法をそのまま適用することは出来ない。

そこで本稿では、異なるマルチキャストグループの Steiner 木が1つのリンクを共有したとき、帯域幅共有によって通信遅延が増加するという前提の下、2つの最小 Steiner 木の近似解を同時生成する分散アルゴリズムを提案する。また、提案手法を評価するために、シミュレーション実験を行い、従来手法である MST 法 [1] を逐次使用するアルゴリズムとの比較結果について述べる。

2 複数同時生成アルゴリズム

対象となるネットワークを、コスト付き無向グラフ $G = (V, E, c)$ とする。ここで、コストとは各リンクに付けられた通信遅延時間に相当する。 V の部分集合 $S_A, S_B (S_A \cap S_B = \phi)$ に属するノードがそれぞれのマルチキャストグループのメンバーノードであり、これらをターミナルノードと呼ぶ。

本アルゴリズムの目的は、2つの Steiner 木のリンクのコストの合計を最小にする近似解を生成することである。以下にアルゴリズムの概要を示す。

step1 アルゴリズムリーダーは全ノードにアルゴリズム開始メッセージを送信し、ブロードキャストパスを構成する。ターミナルノードがこのメッセージを受信した場合、step2 を開始する。

Simultaneous Generation for Multiple Steiner Trees by the Distributed Algorithm
Makoto Tsukada
Graduate School of Engineering, Hokkaido University
Yoshiaki Takai, Tsuyoshi Yamamoto
Computing Center, Hokkaido University

step2 各ターミナルノードが、SPF(Shortest Path Forest) の生成を行う。SPFとは、 G のフラグメントの1つであり、SPFの構成要素となっている各ノードは、最小のコストでターミナルノードへ連結されている。

各ターミナルノードは SPF の生成が終了した時点で、step3 を開始する。

step3 同じマルチキャストグループのフラグメント同士を、フラグメント内のターミナルノード間の経路のコストが最小になる一本の外向枝で接続する。接続後のフラグメントを新たな1つのフラグメントとして、再び外向枝を選択、接続し続け、接続可能な外向枝がなくなったとき、各フラグメント内のターミナルノードは step4 を開始する。

step4 各フラグメント内のターミナルノードから探索メッセージを送信することにより、結合可能なターミナルノードまでの最短経路を探索、接続する。

全てのターミナルノードが接続されたメッセージを、アルゴリズムリーダーが受信したとき、アルゴリズムは終了する。

3 シミュレーション実験

3.1 実験条件

実験で用いるネットワークポロジは、①ノード数、②全ノード数に対する2つの Steiner 木のそれぞれのターミナルノード数の割合、③含まれるリンク数の完全グラフに対する割合をパラメータとして、ランダムに生成される。

異なる2つの Steiner 木が1つのリンクを共有した場合には、そのリンクが各グループ毎に2倍のコストを持つものとして、2つの Steiner 木のリンクのコストの合計値を計算する。

提案手法の比較対象である MST 法は、2つの Steiner 木を生成するために適用される。すなわち、MST 法を2回目に適用する場合には、1つ目の Steiner 木がすでに完成しているという条件下で2つ目の生成を行う。

以下に示す実験結果は、同一パラメータでランダムに生成された100個のネットワークポロジにお

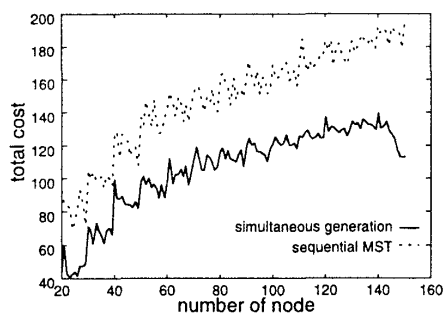


図 1: ノード数を変化させたときの解コスト

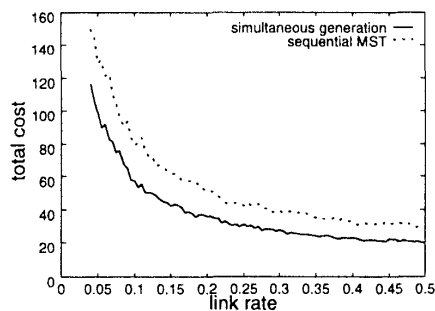


図 3: リンク率を変化させたときの解コスト

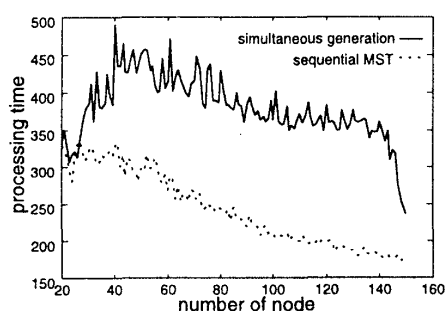


図 2: ノード数を変化させたときの計算時間

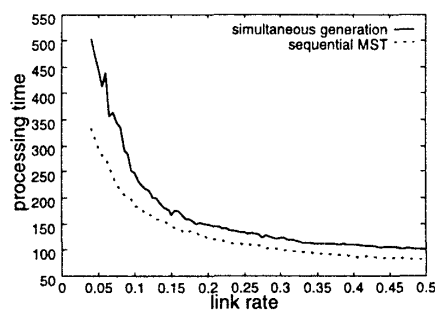


図 4: リンク率を変化させたときの計算時間

る平均値である。

3.2 結果・考察

ターミナルノード数の割合(=0.1)、及びリンク数の割合(=0.05)を一定とし、ノード数を変化させた場合の2つのSteiner木のリンクのコストの合計値(解コスト)と計算時間をそれぞれ、図1、2に示す。また、ターミナルノード数の割合(=0.1)、及びノード数(=50)を一定とし、リンクの割合を変化させた場合の2つのSteiner木の解コストと計算時間をそれぞれ、図3、4に示す。

図1、3より、提案手法は従来手法と比較して、約65%の解コストで、解の生成が可能であることがわかる。

また、図3は、リンク数が増えると、どちらの手法でも解を構成するリンクの選択の幅が増えるために、Steiner木の解コストが小さくなることを示している。

一方、図2は、ノード数の増加に伴い計算時間が減少することを示している。この理由は、リンク数が、ノード数の2乗に比例して増加するため、ノード数を増加させると、リンク数の割合を一定にしても相対的にはリンク数は増加し、この結果、計算時間が減少するためである(図4)。

4 まとめ

本稿では、異なる複数のマルチキャストパスを生成するために、Steiner木の複数同時生成アルゴリズムを提案し、シミュレーション実験により従来手法との比較を行った。

その結果、本手法の方が従来手法よりも得られるSteiner木の解コストでは有効だが、必要な計算時間は、従来手法の約1.3倍であることが分かった。

本シミュレーション実験では、ネットワークポロジをランダムに生成した。現実的なネットワークを想定した上での評価実験は、今後の課題である。

参考文献

- [1] Fred Bauer, Anujan Varma, "Distributed Algorithms for Multicast Path Setup in Data Networks", *IEEE/ACM Trans. On Net.*, VOL.4, NO.2, pp.181-191 1996
- [2] 大鷹 秀之、高井 昌彰、"分散アルゴリズムを用いたMSTの構成法について"、情報処理学会第52回(平成8年前期)全国大会 講演論文集(6)、pp.455