

配送時間を保証したマルチキャスト経路を決定する 1Bb-5 アルゴリズムの提案

山形 孝幸 藤井章博 根元義章
東北大学大学院情報科学研究科

1 はじめに

マルチキャストとは発生したパケットを途中で複製しながら複数の地点に伝達する通信の形態であり、複数の地点に同じメッセージを効率的に伝えるために有効な方法である。

従来、最適なマルチキャスト経路として、経路を構成する木の大きさが最小となり、かつ各目的地までの距離が最短であるものが考えられてきた。しかしそのような経路を得ることは、グラフ理論の立場からも困難であり、実用的でないことが知られている。[1]

現在は、上記の経路のかわりに各目的地までの距離が最短であるような経路を、マルチキャスト経路として採用しようとする方向で標準化が進められている。[2] この経路で途中にある交換機での処理時間を考慮する場合、高帯域通信では処理時間が無視できなくなってしまうことによって、ある交換機への負荷の集中による輻輳の問題が生じる。

そこで本稿では、経路の途中の交換機に対する負荷を分散させ、かつ全目的地間での配信時間の上限を最小とするようなアルゴリズムを提案する。このアルゴリズムは多項式時間で動作するため実用的である。まず提案方式の有効性を調べるために、マルチキャストによる交換機への負荷の集中による影響を調べる。次に提案法の概略を示し、[2]による経路と提案法による経路との比較を行った。

2 交換機の処理への影響

マルチキャストの特徴として経路の途中の交換機でパケットが複製されていくという点があげられる。すなわち複製が行われる交換機において入力パケットに対して、出力パケットの数が増加する。そのため増加した分のパケットが交換機のバッファに貯められ、処理されるまでに遅延が生じてしまう。また、パケットは一様に入ってくるとは限らず、バースト性を持って入ってくる場合が考えられる。

そこで、ある交換機に入ってくるパケット列の複製数およびバースト性に対する、交換機のスループットを調べるため、モデルをたて、シミュレーションを行った。

2.1 シミュレーション方法

入出力それぞれ8ポートの出力バッファ方式のスイッチに対し、それぞれの入力ポートに Interrupted Bernoulli Process (IBP) によって発生させたパケット列を入力する。このとき入力パケットの複製数とバースト性を変

化させ、パケットが出力されるまでに要した時間を測定した。

2.2 結果・考察

全てのパケットのうち99%が処理されるまでに要した時間を下図に示す。

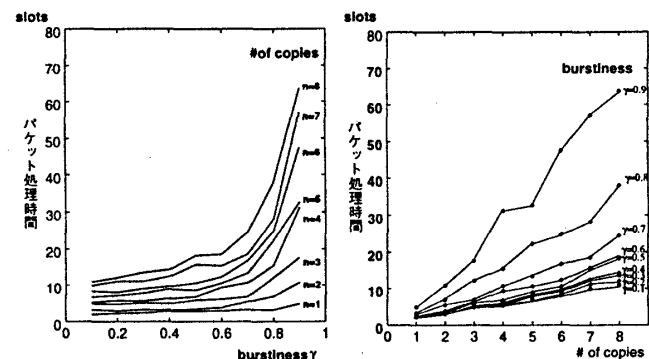


Figure 1: 99%パケット処理時間

Fig.1 からわかるように、交換機のスループットは入力パケットのバースト性に大きく依存しその変化に対し遅延は急激に変化する。さらに遅延の変化は入力パケットの複製数によって拡大される。

この事実から複製が集中してしまうような交換機において、帯域予約は増加する分を見越して資源の確保をしないと輻輳が起きるおそれがある。またこのような帯域予約をした場合、平均の資源の使用率が低くなって無駄が生じてしまう場合がある。

以上の点を考慮するとネットワーク資源を有効に活用しなおかつ輻輳を避けるためには、なるべく分岐の集中が起こらない経路を用いることが有効である。

3 提案する経路決定アルゴリズム

マルチキャストの目的は、“複数の地点に同じパケットを同時に送る”ことであるので、1つのパケットが全ての目的地まで到達する時間が変わらなければ、マルチキャストとしての品質は変わらないと考えられる。重要なのはパケットが行き渡るまでの時間の上限で、それぞれの目的地までの到達時間ではない。そのため各目的地までの最短経路は保証されなくなり、経路を構成する木の大きさが大きくなってしまっても、パケットが行き渡るまでの時間の上限が保証されていれば分岐の集中が起こらない経路は有効である。

本研究では、このような観点からマルチキャストを行うことによる交換機のオーバーヘッドが小さな経路として、なるべく分岐の集中が起こらない経路を構成する。

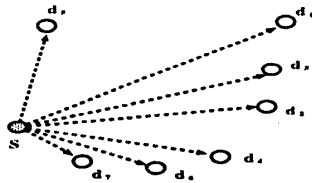
3.1 アルゴリズムの流れ

提案するアルゴリズムは、大きく3つの部分に分けられる。まずそれぞれの目的地までの最短路を求め、次に最も遠い目的地までの最短路を用いた初期経路を作成し、最後に分岐ノードを分散させるために調節を行う。

以下にアルゴリズムの流れを示す。

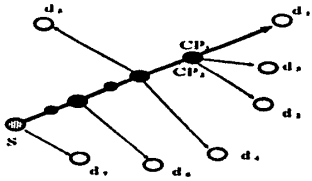
Stage1 目的地のソート

それぞれの目的地までの最短路 ($R_1, R_2, \dots, R_k$) を求め、遠い順にソートし、それぞれの目的地を ($d_1, d_2, \dots, d_k$) とする。この順番が経路を決定するときの優先度を定める。



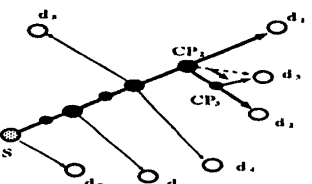
Stage2 初期経路の決定

- 2.1 最も遠い目的地 d_1 までの最短路を解となる経路として決定する。
- 2.2 それぞれの目的地 d_i に対し 1. での経路において 2.1 での経路から分岐する点 (始点を含む) を CP_i とする。このとき d_1 についての $CP_1 = S$ (始点) とする。



Stage3 経路の調節

- 3.1 経路の決定していない d_i の中で最小の id を持つものについて、
 - 3.1.a すでに経路が決定している d_j の CP と CP_i が一致しない $\Rightarrow$ 3.2
 - 3.1.b すでに経路が決定している d_j の CP と CP_i が一致するその時点で決定している経路に含まれる点で、既に決定している d_j の CP でない点を CP とするような最短の経路を $|R_1|$ を越えない範囲で見つける。
 みつかった場合 $\Rightarrow$ 3.2
 みつからなかった場合 $\Rightarrow$ 3.1.c



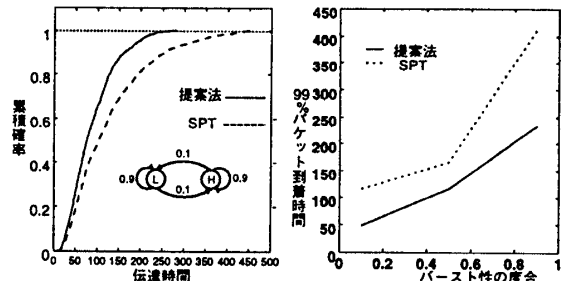
3.1.c その時点で決定している経路に含まれる点を CP とするような最短の経路を $|R_1|$ を越えない範囲で見つける。 $\Rightarrow$ 3.2

3.2 その時点で d_i までの経路を解として決定する。

3.3 未決定の目的地が存在しない場合 $\Rightarrow$ 終了。存在する時は 3.1 へ戻る。

4 提案法による経路の配信時間の評価

前節で提案したアルゴリズムの効果を調べるために、ネットワークモデルを与え、シミュレーションによって評価を行った。一定の負荷が与えられているネットワークに対して提案法と最短路のそれぞれによって生成された経路を用いてマルチキャストを行い、パケットの伝達時間を測定し、その比較を行った。



その結果、バースト性を変化させた場合でも提案法による経路が優れていることがわかった。

5 まとめ

今回、マルチキャストによる交換機への影響について調べ、ネットワークの輻輳の原因となる経路の分岐の集中を軽減させる経路決定アルゴリズムを提案した。

本稿のアルゴリズムは、各目的地までの最短路によって構成される経路に比べると経路の分岐は分散されている。Stage3 での操作を改良することによりさらに分岐の分散化の余地があると考えられる一方、アルゴリズムが終了するまでの時間が長くなってしまふ。この問題を解決することが今後の課題としてあげられる。

References

- [1] X.Lin L.M.Ni "Multicast Communication in Multi-computer Networks" *IEEE/ACM Trans. on Para. and Dist. Sys.* vol.4, no.10, Oct. 1993 pp.1105-1117
- [2] J. Moy "Multicast Extensions to OSPF" Request for Comments: 1584, Mar. 1994.
- [3] Jae W. Byun, Tony T. Lee "The Design and Analysis of an ATM Multicast Switch with Adaptive Traffic Controller" *IEEE/ACM Trans. on Networking Vol.2, No.3, Jun. 1994 pp.288-298*