

P2P ストリーム放送のための動的ルーティングの提案

2005MT044 岩瀬 直之
指導教員

2005MT127 山田 幸生
後藤 邦夫

1 はじめに

近年デジタルコンテンツのリッチ化に伴い P2P を用いたオンデマンド型のストリーミング配信が注目されている。P2P ストリーミングのおかげで、サーバへのアクセスは軽減された。しかしストリームデータを上流から下流へ中継するため、ある上流ノードが離脱した場合にその下流ノードはストリームデータを受け取れなくなってしまう。また、他ノードへの再接続に時間が必要となり、ストリームデータの再生が一時的にできない問題がある。

本研究では、過去の卒論で考案された「P2P ストリーミングのためのルーティングの提案とそのシミュレーション」[1]を参考に、ノード離脱時における配送ツリーの再接続後の再効率化を目的とした新たなルーティング方法を提案する。

過去の 2 卒論 (発行 2005 年, 2007 年)[1][2] では「ストリーミング通信の安定性」に重点を置くことで、ネットワークの信頼性の向上を図り、下流ノードでも確実にストリーミングを継続できる環境の構築を行うものであった。

本研究はストリーミング通信の「ストリーミング配信の再接続時の再効率化」を目標とした新たなルーティング方法を提案し、再接続後のネットワーク全体のデータ受信環境の改善を考えた。

動的ルーティングでは P2P 全体の完全な最適に時間をかけすぎてしまうため、本研究では P2P 全体の効率化を目指したルーティング方法となる。

なお、岩瀬は主にルーティング方式の考案とシミュレーションを、山田は主にプログラム作成を担当した。

2 既存技術

本節では、P2P やそれに関する既存技術を説明する。

2.1 P2P について

P2P とは、インターネットに接続した PC 同士が直接通信しあってデータのやりとりを行うシステムである。ネットワーク内の PC が互いに対等な関係であるため、サーバにもクライアントにもなれる性質を持っている。

P2P では通信形式によって大きく 2 種類に分類される。まず NapSter などに代表されるハイブリッド型 P2P である。これは端末情報などをサーバが持ち検索などの処理を行いその他の処理を P2P を用いて行う方式である。

次に、Winny などに代表される特定のサーバなどを置かず、P2P を用いて各 PC 間でお互いの情報を交換しあって処理を行うピア型 P2P である。

前者では、サーバがダウンするとシステム全体がダウ

ンしてしまうのに対し、後者ではシステムの規模が大きくなるにつれてトラフィックが増加していくという問題がある。

2.2 P2P 放送について

P2P 放送では、IP 電話等に代表される一対一通信型、オンデマンド型、一般的な P2P 放送の放送型の 3 種類が存在する。

本研究では、ノード間を数珠状に繋ぎ配信ツリーを形成する放送型の P2P 放送でのシミュレーションを行う。

この方式では、ツリーの根元のノードが放送局となり、上流ノードから下流ノードへデータをバケツリレー式に移動させることで、ほぼ同時に全参加ノードへ同じデータを配信することが出来る。これにより、リアルタイムのストリーミング中継が可能となる。また多くの放送型 P2P 放送において、アドレス解決はハイブリッド型方式を採用している。

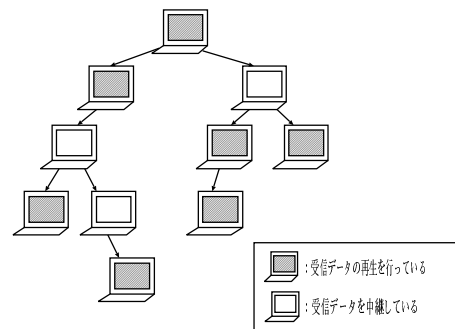


図 1 放送型 P2P 放送のストリーミング方法

2.3 ノード離脱時の信頼性を考慮したルーティング方式

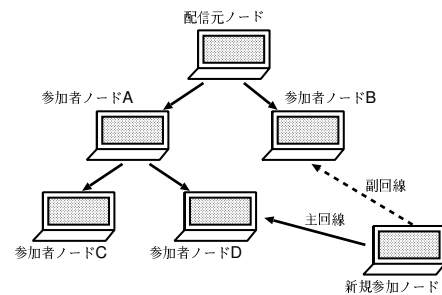


図 2 2 ノード常時接続型ルーティング

過去の研究 [1] で考案されたルーティングモデルが図 2 である。これは各ノードに対して、実際にストリーミングを行う主ノードと実際にストリーミングは行わない

が、主ノードの離脱時に主ノードへと切替えるための副ノードをあらかじめ繋いでおく方式である。

この方式をとることで、ノード離脱時の再接続ノードの探索時間が省け、下流ノードへのストリーミングを安定させることができる。

また各ノード間で定期的に接続状況を確認し、ノードの身勝手な離脱へのノード間の信頼性を上げている。

主ノードと副ノードの決定は、ネットワーク内にある全ノードの残りバンド幅と、P2Pの中継回数と自ノードから配信元ノードまでのIPホップ数を重視する。

新規ノードの参加時とルーティングの再構築時にこれのパラメータと重みから考えた計算式を評価値として用いることで、適切なノードを発見し接続する。

その成果として主に

- (1) ノード離脱時から再接続までの時間の短縮
 - (2) ノード間の信頼性の向上
 - (3) ネットワークのトラフィック軽減
- の3つの成果が得られた。

3 ルーティングの提案

過去の卒論[2]のP2Pストリーミングシステムのルーティングでは、予備のノードを1つ接続しておくことで、P2Pストリーミングの欠点であるノード離脱時の下流ノードの接続を主に考慮したものである。

対して、我々は一時的な中断を防ぐのではなく再接続後の全体の環境を効率的な配置に変更することを主に考慮したルーティングモデルの提案を行う。

本節では、その点に考慮した我々が提案するルーティング方式について説明する。

3.1 ルーティングモデル

本研究は、ノード離脱時により効率のいいネットワーク環境を、決められた条件によって検証・再構築するものである。

本研究では、ノード離脱時の再接続ノードを決められた条件から探索し、再接続・再効率化を行っていく。

繰り上げノードの決定時、離脱ノードの子ノードで最も残りバンド幅が少ないノードを繰り上げる。(※ノード重複時はIPホップ数で考慮)残りバンド幅が少ない=子ノード数が多いことを意味するため、離脱の孫ノードへの影響が大きくなる可能性が高くなる。

また離脱ノードの子ノードが存在しない場合、ネットワーク全体の(最下層-1)層のノードから評価値の判定を行い繰り上げノードを決定する。(※)この操作により、離脱ノードと無関係のノード群に対してもルーティングが行えるため負担の軽減が図れる。

またノード繰り上げ時に、上流ノードとの距離が縮まり、ノード離脱時の離脱下流ノード群は、効率的かつ高品質なストリーミングデータを受け取ることができる。

3.2 パラメータ定義

- IP中継回数 (iphops) → ノード間の中継回数。この値が高いほど2つのノードがネットワーク上、遠くに位置していることが分かり、トラフィック

が増大する可能性が増える。

- P2P中継回数 (p2phops) → 自ノードの上流に存在する親ノードの数。p2phopsが少ない程、よりrootノードに近い関係にある。
- 残りバンド幅 (bwleft) → あるノードnの残りバンド幅、本研究では各ノードの最大バンド幅を1000kbpsとし、1ノードとの接続に200kbps使うと想定する。
- 子ノードの数 (ndest1) → あるノードnの持っている子ノードの数。
- 親ノードの子ノードの数 (ndest2) → あるノードnの親の指す子ノードの数(自ノードも含む)。
- 親ノードの親の子の数 (ndest3) → あるノードnの親ノードの親ノードが指す子ノードの数(自ノードも含む)。
- 階層番号 (level) → ルートから最下層ノードまでのノードの階層数。
- 木番号 (treenum) → level2の各ノードの番号で、ノード群比較に使用する。
- 劣化度 (lost) → 受け取ったストリーミングデータがどれだけ劣化しているかを表す数値。上位と下位ノードのlostの間でランダムに設定。

3.3 ルーティングアルゴリズム

ルーティングを行う流れについて述べる。図3は、プログラム実行時のルーティングアルゴリズムのフローチャートを表している。

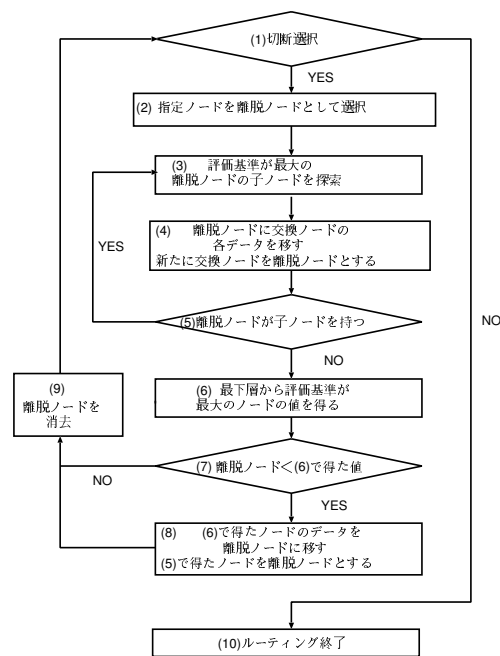


図3 ルーティングアルゴリズムのフローチャート

3.4 ノード交換手順

1. ノードの切断をするか選択する。

- yes → (2), no → (10)へ
- 指定されたノード番号に従って、順にノードの離脱を行う。
 - ノード探索の方法(次節で述べる)に従って繰り上げノードを選択する。
 - 離脱ノードに交換ノードの各データを写す新たに交換ノードを離脱ノードとする
 - 離脱ノードの ndest1 が
 - 1以上である、→ (3)へ、0である、→ (5)へ
 - ノード探索の方法に従って交換ノードを選択する。
 - 2ノード間比較離脱ノードと交換ノードの評価値を比較
 - データを写す
 - 最後の離脱ノードの消去
 - ルーティングの終了

3.5 繰り上げノード探索手順

図4は我々が考案したルーティング方法である。

- 選択された離脱ノードの子ノードで評価値 Max のノードを繰り上げノードと定める。
- 繰り上げノードを離脱ノードに移動し、一時的に離脱ノードを無いものとする。
- 繰り上げノードを離脱ノードとし、その子ノードから同様に繰り上げノードを選択する。また繰り上げ時に、あらかじめ写しておいた離脱ノードの子ノードなどの情報を繰り上げノードへ継承しておく。(※上記の作業を、離脱ノードの子ノードが存在する限り続ける)
- 離脱ノードの ndest1 = 0 場合、その時の離脱ノードより下位に存在する MAXlevel - 1 のノード群を選び、ndest1 + ndest2 + ndest3 が MAX の子ノードを繰り上げる。
- 離脱ノードを削除してルーティングを終了する。

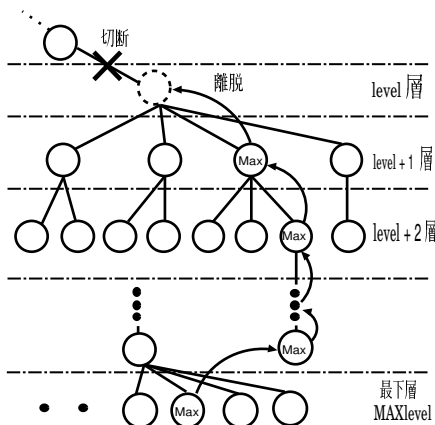


図4 提案するルーティング方式

4 実験

本研究が提案するシステムは3節でも述べたが国内程度の規模かつ中規模のシステム、すなわち1000名程度がP2Pストリーム放送を利用して動画や音声などのデータを送受信することを想定している。この想定のもとに我々は、P2Pストリーム放送全体の効率化(図5)を目指して、実験環境を決定した。

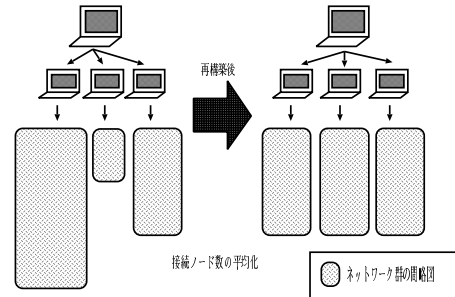


図5 離脱後の理想の構造

4.1 ルーティングの制約条件

実験環境の制限条件と各パラメータの定義、情報を説明する。

- iphops → $1 \leq \text{iphops} < \text{MAXiphops}$
- p2phops → $0 \leq \text{p2phops} \leq \text{MAXp2phops}$
- bwleft → $0 \leq \text{bwleft} \leq 1000$
- ndest1 → $0 \leq \text{ndest1} \leq 5$ (ndest2・3も同様)
- level → $1 \leq \text{level} \leq \text{MAXlevel}$
- lost → $0 \leq \text{lost} \leq 100$

4.2 実験の評価方法

ルーティングの評価方法について説明する。

提案プログラムの性能評価のため、比較対象プログラムを用意する。比較対象プログラムでは、離脱に伴う繰り上げノードの決定を実ネットワークと同様に、IPhopsのみを考慮したルーティング方式を採用する。

なお最下層のノードの離脱に伴うルーティングに関しては、行わないものとする。

また、比較対象プログラムでも同様に初期ノード配置はランダムで行われる。そのため、提案プログラムと完全に同一ノード配置になることは極めて難しいためシミュレーションの総合結果で判定を行う。

4.3 実験結果

実験は、level 2 の treenumber で分けて比較を行っていく。level 2 層のノードが5つの状態で、指定したノードを50個離脱させる。実験を10回行い、提案ルーティングと既存ルーティングの結果の平均値を表に示す。表中の数値は、各平均値を整数で表している。

表1、表2の結果により、既存手法の結果である表1は、どの木もほぼ平均的にノード数が減っていることがわかる。これでは、ノードの少ない木も減少してしまうため効率的なノード配置になっていないといえない。

それに対して、提案手法の結果である表 2 では、木のうち比較的数の多い木番号 2 と 3 のノード減少数が大きいことがわかる。

これは、重い木をなるべく減らし、全体として効率化されていると言える。これらの結果から、ノードの少ない木 3 からノード離脱時にノードの多い木からノードを繰り上げている提案手法と、そうでない既存手法とではノードの減少する数が大きく違うことがわかる。

表 1 既存手法の実験結果 1 (ndest2 = 5)

木番号	1	2	3	4	5
離脱前	159	316	105	93	277
	↓	↓	↓	↓	↓
離脱後	149	304	97	85	265
減少数	-10	-12	-8	-8	-12

表 2 提案手法の実験結果 1 (ndest2 = 5)

木番号	1	2	3	4	5
離脱前	90	356	196	130	160
	↓	↓	↓	↓	↓
離脱後	87	334	183	126	152
減少数	-3	-22	-13	-4	-8

図 6 は、2 プログラムの実行結果を表した図である。左の既存手法では、子ノード数 [0]・[1] の変化が特に大きくなっている。対して、提案手法を見ると子ノード数 [4]・[5] が大幅に下がっていることがわかる。

これは、子ノード数が多いノードを繰り上げた方が木への負担が軽くなるため、最下層ノードを他の木の離脱部分に繰り上げることは、効率化がはかれる事を示す。

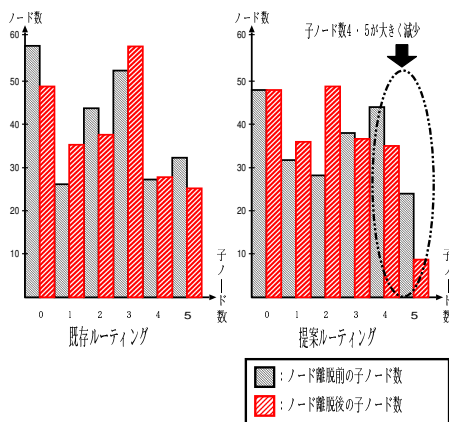


図 6 子ノード数の変化

以上 2 点から、本研究のプログラムの改善点として、各ノードを配列により表現していたが、ポインタを用いて各ノードの接続を表現することで、複数ノードの移動となるので、ルーティングの更なる効率化が可能となる。

5 おわりに

本研究では、ノード離脱時における再接続後のネットワーク配置の効率化を目指すための、P2P ストリーミングにおけるルーティング方式の提案を行った。

ルーティング実験の結果、次のような結果が得られた。

1. 接続ノード群の平均化
2. 各ノードが持つ子ノード数の分散
3. ストリームデータの平均的な品質の向上

前節の結果より、接続子ノード数の平均化が図れたため特定ノードへの負荷分散が期待できる。またルーティング前後の lost の平均値を比較したところ、再構築後の lost の方が高い数値を示していたことから、ストリームデータの品質の底上げも見られた。

「課題点」

- 繰り上げ可能ノードが 1 つである。
繰り上げノードは 1 つの離脱に対し、1 ノードなので劇的な変化が小さい。1 ノードの離脱に対して最下層付近の一部のノード群を繰り上げることで、再構築後のネットワークが大幅に効率化し、より高品質なストリームデータの配信が行えると考えられる。
- 配信元ノードを複数にする。
単一ノードの配信下でのストリームデータの配送という想定を複数ノードの配信下にする。実ネットワークの環境に近づけ、本研究のルーティング方式が有効であるか検証を行う。またストリームデータやノード検索を行う機能を付ける。

参考文献

- [1] 片岡 佑, 南川 陽平, 中嶋 拓実: P2P ストリーミングのためのルーティングの提案とシミュレーション, 南山大学数理情報学部情報通信学科, 卒業論文, (2005).
- [2] 後藤 祐輝, 田中 達也: P2P ストリーミングのためのルーティングの提案とそのエミュレーション, 南山大学数理情報学部情報通信学科, 卒業論文, (2007).
- [3] ユーリス・ブラック 著, 波多浩昭, 小野真由美, 許先明 訳: インターネットルーティングプロトコル, 株式会社ピアソンエデュケーション (2002).
- [4] 片岡曉紀 電気通信大学: P2P システムの特性 (December 2008), 電気通信大学 <http://www.net.c.dendai.ac.jp/~kataoka/index.html> (2004)
- [5] jnutella : P2P 用語辞典 (December 2008) <http://www.jnutella.org/>
- [6] PeerCast.org : PeerCast (November 2008) <http://www.peercast.org/>