

代替ノード検索を用いた ALM ツリー再構築手法

谷元 勇太† 太田 義勝† 鈴木 秀智†

†三重大学大学院 工学研究科 情報工学専攻

1 はじめに

近年、大容量コンテンツの配信技術として ALM(Application Layer Multicast) が注目されている。ライブストリーミング型コンテンツ配信に特化した ALM を考えた場合、遅延増加によるリアルタイム性の欠如やノード離脱による下流ノードの通信途絶が問題となる。また、新規ノードを配信ツリーに接続させる際に、中継ノードが少なくなるように接続することでストリーム品質を維持することができる。

本研究では、再構築の際に離脱ノードの代替となるノード(代替ノード)を配信ツリー上から検索し、再構築する手法を提案する。提案手法では、葉ノード、節ノード、部分木の優先順位で代替ノードとすることで、配信ツリー長を短く保つことが可能である。また、シミュレーションによる評価では、参加離脱が繰り返されるほど、配信ツリー長を短く保つことが示された。

2 関連研究

配信ツリーの再構築手法として、予備経路を用いた手法が提案されている [1,2]。予備経路を用いた手法では、ノードの参加時に着目ノード(参加ノードの親)の親子間で離脱した時の予備経路を作成し、ノードの離脱時にその予備経路を用いて再構築する。[1]では、着目ノードの親子間で全域木を作成し、それを予備経路とする。予備経路の作成手法としては、着目ノードの親が RTT を用いて、反応の速い順に親と子ノード間、子ノード間で予備経路を作成する。この手法では、子ノード間で直線状に予備経路を作成するため、再構築後に配信ツリー長が長くなりやすい問題がある。これに対して [2]では、[1]に加えて、複数の予備経路を利用して配信ツリーを再構築することで、この問題を解決している。

これらの手法の問題点として、予備経路を用いて確実に再接続をするため、各ノードは残り degree を 1 つ常に空けておくという冗長性が必要がある。また、再構築によって残り degree が 0 になるのを防ぐための処理が必要となり、配信ツリー長が長くなる可能性がある。

3 提案手法

本研究の提案手法では、下流に位置するノードを代替ノードとし、それを離脱ノードの代わりとすることによって、配信ツリー長を短く保つ。また、この手法は節ノードの離脱時に適用される。処理の流れとして、ノード離脱時に葉ノード、節ノード、部分木の順で代替ノード検索を行う。離脱ノードの子の接続状況に合う代替ノードが発見された時点で、それを離脱ノードの位置に移動させることで、配信ツリーの再構築を行う。提案手法によるノード離脱の例を図 1 に示す。

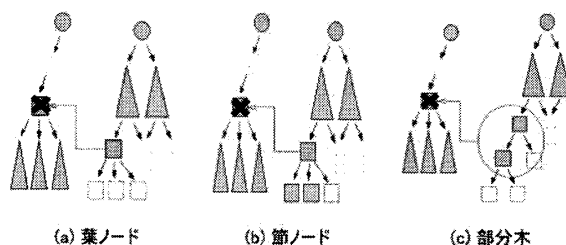


図 1: ノード離脱

以下に代替ノードの条件を示す。また、ある時点で受け付けることのできる子の数を残り degree, その最大値を最大 degree, 接続されている子の数を接続数と呼ぶことにする。

(a) 葉ノード

離脱ノードの接続数以上の最大 degree を持つ葉ノードが存在すれば、それを代替ノードとする(図 1(a)).

(b) 節ノード

離脱ノードの接続数以上の最大 degree をもっており、離脱ノードの接続数より少ない接続数である節ノードを代替ノードとする(図 1(b)). また、移動後に代替ノードの位置に空きができるので、代替ノードを離脱ノードとして再帰的に処理する。

(c) 部分木

配信ツリーの最大ホップの位置から部分木を取り出し、その部分木の残り degree が離脱ノードの接続数以上である部分木を代替ノードとする(図

Route Maintenance of Overlay Trees for Application Layer Multicast using Alternative Nodes.

†Yuta Tanimoto †Yoshikatsu Ohta †Hidetomo Suzuki

†Division of Information Engineering, Graduate School of Engineering, Mie University

1(c)). ただし、離脱ノードと配信ノードとの経路を含む部分木は代替ノードとはしない。

4 結果と考察

提案手法の性能を評価するため、配信ツリー長の平均/最大、リンク中断回数のシミュレーション評価を行い、[2]との比較を行った。実験環境として、ノード数は100, 200, 300, 400とし、それぞれノードの1割の回数ずつ交互に離脱参加を繰り返し、計約1000回行う。これを1セットとし、10セット行う。また、ノードの最大degreeを2~5とする。

配信ツリー長の平均では、提案手法の方が約1ホップ短くなっていることが分かる(図2)。これは、提案手法では参加離脱が繰り返し行われるほど、上流に最大degreeの多いノードが集まる傾向にあることと既存手法の冗長性が原因であると考えられる。また、配信ツリー長の最大でも、提案手法の方が約7ホップ短いことが分かる。これは、[2]が適用されない場合に、配信ツリー長が長くなったと考えられる。

リンク中断回数では、同等であることが分かる(図3)。ここで、葉ノード数において、[2]より約16%多いことが分かる(表2)。これは、配信ツリーの平均長を短く保つためと考えられる。そのため、離脱対象としても葉ノードが多くなる。また、葉ノードの離脱はデータ配信において他のノードに影響を与えない。つまり、リンク中断回数が同等であるのは、節ノードの離脱による影響は[2]より多いが、節ノードの離脱回数が少ないため、差が小さいと考えられる。

節ノードの離脱時には、ほとんど葉ノードが代替ノードとなっている(表1)。この傾向も、配信ツリー長を短く保ち、また、リンク中断回数を少なくしている原因であると考えられる。

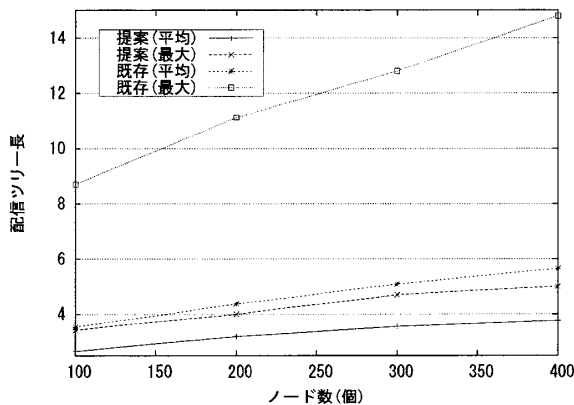


図2: 配信ツリー長の平均/最大

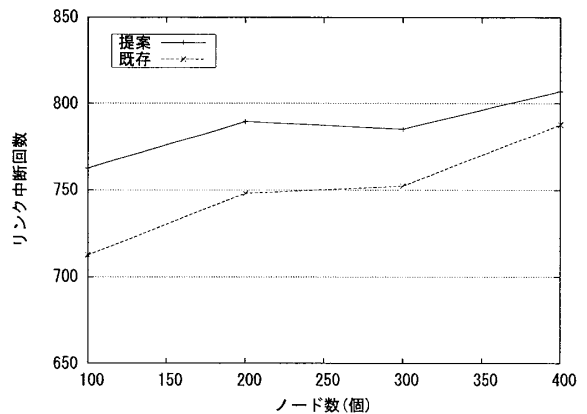


図3: リンク中断回数

表1: 代替ノードの割合(%) 表2: 葉ノード数(%)

葉	節	部分木	提案手法	72.5
14.15	0.25	0.03	既存手法	56.5

5 おわりに

本研究では、代替ノードを用いた配信ツリーの再構築手法を提案し、シミュレーションにより[2]との比較を行った。その結果、リンク中断回数は[2]と同等を保ちながら、配信ツリー長の平均を約1ホップ、最大を約7ホップ、短く保つことが分かった。

また、提案手法ではスーパノード型を前提として考えている。この方式では、全体の情報をスーパノードと呼ばれる複数の参加ノードに分散して管理されるため、特定のノードに負荷が集中しないと考えられる。[3]で、この方式による参加手法の提案がされている。今後の課題として、[3]を参考にノード離脱時にスーパノード型を用いた代替ノード検索手法を提案する。

参考文献

- [1] T.Kusumoto, J.Katto, and S. Okubo. Proactive route maintenance for tree-based application layer multicast and its implementations. IEICE TRANS.INF.SYST., 2006
- [2] 高木 健士, 北 望, 重野 寛, “オーバーレイネットワークにおける複数の予備経路を利用した経路再構築手法の検討”, 情報処理学会研究報告, Vol.2007, No.58(20070606) pp. 37-42, 2007.
- [3] 岩崎 侑希, 肝付 兼次, 三好 匠, “スーパノードを利用した P2P ストリーム配信手法”, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, Vol.2006 年 - 通信, No.2(20060308)p.68, No.58(20070606) pp. 37-42, 2006.