

## 低遅延 P2P 配信木の構築法

高原誠<sup>†</sup> 鈴木健二<sup>†</sup>  
電気通信大学大学院<sup>†</sup>

田上敦士<sup>‡</sup> 阿野茂浩<sup>‡</sup>  
(株) KDDI 研究所<sup>‡</sup>

### 1 はじめに

近年、地震や津波などの災害に対して迅速に情報を配信するシステムが望まれている。これらの情報は、地理的に限定された狭い範囲に配信されることが多く、また、複数の受信者に対して可能な限り迅速に通知される必要がある。そのため、通知者が必要時に情報を通知できるプッシュ型サービスが望まれており、それを実現する同報配信技術が重要である。

筆者等は先に、小容量データの低遅延同報配信において、クライアント・サーバ方式と P2P 方式の比較検討を行い、P2P 方式の方が優位である状況があることを見出した[1][2]。本稿では、配信木モデルの違いを、シミュレーションにより比較し、総情報配信時間の短縮について考察した結果を報告する。

### 2 配信木モデルと低遅延配信

#### (1) 低遅延配信

筆者らの提案する P2P 情報通知方式では、オリジナルデータを持つノード (配信ノード) が木構造の根ノード、情報受信者が節点ノードもしくは葉ノードとなり、根から葉の方向へ木構造に沿って実データを通知する。本方式では、データの流れる経路が決まっているため、木構造をとらないメッシュ型のネットワークと比べ、低遅延での通知、時間の揺らぎを抑制しやすい特徴がある。

#### (2) 配信木モデル

全ての情報受信者に情報が配信されるまでの時間 (総情報配信時間) は、配信木のトポロジに影響される[2]。そこで、本稿では 3 つの配信木モデルの比較を行い、それぞれの特徴を解析した。以下にそれぞれの配信木の特徴と構築アルゴリズムの概略について述べる。ここで、 $\Delta T$  は次のノードに配信可能となるまでのプロセス処理時間、 $R$  はノード間のリンク遅延とする。

各構築アルゴリズムを用いた親ノードの選定手順を図 1 に示す。配信ノードは、各配信木の優先方針に基づき、優先順の高いノードから  $X$  個

のノードを親ノード候補とする。ただし、配信木の高さが想定以上に高くなることを防ぐため、親ノード候補に表 1 で示す必要条件を設け、必要条件を満たすノードが無くなった時点で親ノード候補の検索を終了する。新規参加ノードは、親ノード候補との間でリンク遅延を計測し、リンク遅延が最小となるノードを親ノードとする。

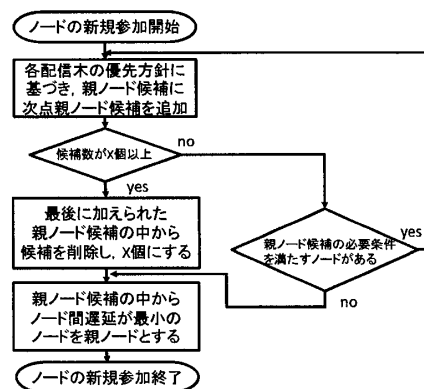


図1 親ノードの選定手順

表1 親ノード候補の必要条件

配信木の種類	親ノード候補の必要条件
平衡配信木	ノードの深さが 最優先親ノード候補の深さ+1以内
偏りのある配信木	ノードの次配信時刻が 最優先親ノード候補の次配信時刻 (概算値)+平均リンク遅延 $R_{ave}$ 以内
個々のリンク遅延を 考慮した配信木	ノードの次配信時刻が 最優先親ノード候補の次配信時刻 (計測値)+平均リンク遅延 $R_{ave}$ 以内

#### ① 平衡配信木(図 2)

平衡配信木は、全ての中継ノードの持つ子ノード数を等しくした木である。子ノード数の最適値を総ノード数から導き出し、新規参加ノードは最適値より少ない子ノードしか持たず、根ノードからの距離 (ホップ数) が小さいノードを優先して親ノード候補として選ぶ。

また、受信ノードの増加により子ノード数の最適値が変化した場合には、木の再構築が必要となることがある。

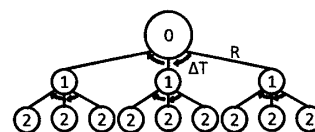


図2 平衡配信木モデル

Design Method of P2P Efficient Distribution Tree

<sup>†</sup>Makoto Takahara, <sup>†</sup>Kenji Suzuki, <sup>‡</sup>Atsushi Tagami and <sup>‡</sup>Shigehiro Ano

<sup>†</sup>Graduate School of Computer Science, The University of Electro-Communications and <sup>‡</sup>KDDI R&D Laboratories Inc.

② 偏りのある配信木 (図 3)

偏りのある配信木は、序盤に配信されたノードが、より多くの子ノードを担当するように偏りをつけた木である。リンクの遅延の平均値、 $\Delta T$  値をあらかじめ算出しておき、各ノードに情報が配信される時間を概算する。この概算値を用いて、新規参加ノードは最も早く配信可能なノードを優先して親ノード候補として選ぶ。

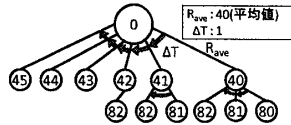


図3 偏りのある配信木モデル

③ 個々のリンク遅延を考慮した配信木 (図 4)

個々のリンク遅延を考慮した配信木は、個々のリンク遅延を計測し、最適な親ノードを選択するよう構成した木である。 $\Delta T$  値と実際に計測したリンク遅延を用いて、各ノードへの情報配信時間を正確に計算する。この値を用いて、新規参加ノードは、最も早く配信可能なノードを優先して親ノード候補として選ぶ。

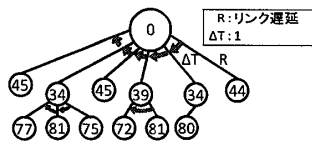


図4 個々のリンク遅延を考慮した配信木モデル

3 配信木のシミュレーションを用いた比較

局所的に迅速に情報配信する必要がある地震を想定し、ノード間のリンク遅延は平均 40ms、分散  $\sigma^2 = \{5, 10\}$  の正規分布に基づくものとする。最大受信ノード数を地域に住む家庭数と想定し 10000 ノードとする。総情報配信時間の計測は、200 ノードが新規に参加するごとに行う。本試行を 50 回繰り返す、それぞれの平均値を求めた。シミュレーション結果を図 5, 6 に示した。

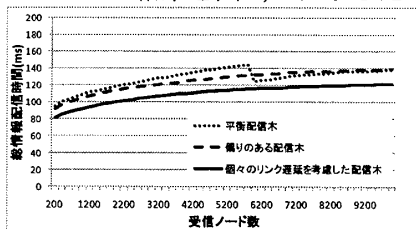


図5 総情報配信時間 ( $\sigma^2=5$ )

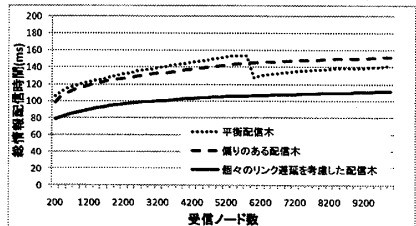


図6 総情報配信時間 ( $\sigma^2=10$ )

4 考察

(1) 最も総情報配信時間が短いのは個々のリンク遅延を考慮した配信木である。しかし、この配信木の問題点は、リンク遅延を計測し、最も早く配信可能なノードを保持する必要がある、コストが高くなる事である。一方、平衡配信木と偏りのある配信木は、配信木のトポロジさえ分かれば、どこに参加させるべきか知ることができるため、低コストで実現することができる。

(2) 平衡配信木では、子ノードに対して最適なトポロジを組もうとすると、大幅にトポロジを変更する必要がある。偏りのある配信木では、そのような大幅なトポロジ変化はないが、多くの子ノードを持つノードの責任が大きくなる。

(3) 平衡配信木の総情報配信時間は、図 5, 6 共に受信ノード数 6,000 で短くなっている。これは、最適な子ノード数に変化して再構築が発生し、リンク遅延のより小さなリンクを用いて配信木が構築されたためと思われる。

(4) 本シミュレーションでは、親ノード候補数を 5 と設定したが、さらに親ノード候補数を増やすと、より小さなリンク遅延を選ぶことができる、総情報配信時間は短縮する。また、分散の値が大きければ大きいほど、小さな値を選ぶことができる可能性が増え、親ノード候補数の増加が総情報配信時間の短縮に寄与すると考えられる。

5 おわりに

本稿では、局所的な情報配信を迅速におこなうため、プッシュ型配信となる低遅延 P2P 配信木の構築法について、シミュレーションを行い、総情報配信時間について評価をした。この結果、個々のリンク遅延を考慮した配信木が最適である事を明らかにした。また、分散が小さく、リンク遅延コストを低減する場合には、平衡配信木を用いるよりも偏りのある配信木を用いることで、低遅延で情報を配信できることを示した。今後は、ノードの離脱やネットワークの近接性を考慮した評価を検討する予定である。

参考文献

[1] 高原誠, 鈴木健二, 田上教士, 阿野茂浩: 低遅延 P2P 情報配信プラットフォームの一考察, 情報処理学会第 71 回全国大会, 1E-6, pp.37-38(2009)  
 [2] 高原誠, 鈴木健二, 田上教士, 阿野茂浩: P2P プラットフォームによる更新情報の低遅延配信方式の提案, マルチメディア・分散・協調とモバイル(DICOMO2009) シンポジウム, 5E-3, 047-1054(2009)