

M-020

オーバーレイネットワークにおける遅延時間のシミュレーションと PlanetLab の比較

Comparison of delay time in overlay network between simulation and PlanetLab

伊藤 和也†
Kazuya Ito

島和之†
Kazuyuki Shima

1. はじめに

近年、インターネットの広帯域化や計算機の高性能化に伴い、動画配信等の大量のストリーミングデータを扱うサービスが注目を集めている。同じデータを複数のクライアントへ配信するため、マルチキャスト通信を用いればネットワーク資源を節約できる。

マルチキャスト通信は IP マルチキャストとアプリケーション層マルチキャスト (ALM) の大きく 2 つに分けられる。前者はパケットの複製をルータが行い、後者はマルチキャストに参加したノードが行う。前者にはセキュリティ上の問題があることから、局所的な利用に限られ、広域ネットワークにおいては後者の方がより現実的である。

ALMの実用化によって考えられるソフトウェアにはビデオ会議等が挙げられるが、このような大規模な分散システムの開発において、シミュレーションによる性能評価は、実環境での性能評価よりも手軽であり、コスト削減の面においても重要である。しかし、シミュレーションによる動作が実環境での動作と同等でなければ、シミュレーションによる性能評価を信頼することはできない。

本研究では、ALMにおける遅延時間を対象に、シミュレーションによる性能評価と実環境における性能評価を行い、それらを比較することで、シミュレータの精度を評価することを目的とする。

シミュレーション及び実環境における実験にはオーバーレイ構築ツールキット Overlay Weaver [1] を用いる。また、実環境での実験を行うために、世界規模で分散した実験環境である PlanetLab を利用する。

2. オーバレイネットワーク

オーバーレイネットワークとは、あるコンピュータネットワークの上に構築される仮想的なネットワークであり、ALM はオーバーレイネットワークを用いてマルチキャストの配信木を構築する。

本研究ではオーバーレイネットワークのアルゴリズムのうち、Chord[2]、Pastry[3]、Kademlia[4]を用いて配信木を構築する ALM を対象にする。Chord はリングを構成し、ノード間の距離は、リングに沿った距離で考える。また、finger table という遠いノードへの近道を持つ、という特徴がある。一方 Pastry、Kademlia はハイパーキューブを構成し、ノード間の距離は Pastry が prefix 一致長、Kademlia が xor で考える。

以上のアルゴリズムを用いて、同一の ID を宛先として

複数の異なるノードからルーティングを行った場合、各経路は一つのノードに収束する。これらの経路の和集合が木構造を成し、これを配信木としてマルチキャストを行うことができる。それぞれのアルゴリズムにより配信木の構築方法が異なるため、木の次数や深さ等から遅延時間の大きさも異なる。

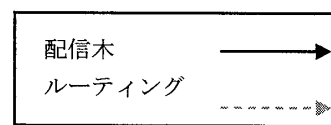


図1. 配信木の構築

3. シミュレーションと実環境

3.1 Overlay Weaver

Overlay Weaver とはオーバーレイ構築ツールキットであり、本研究で対象とする ALM や DHT を提供している。

シミュレーションと実環境でのテストとで言語や実装が異なる場合、それらの性能評価の違いがシミュレータの精度によるのか、言語や実装の違いによるのか判別が難しい。Overlay Weaver では、一度の実装でインターネット上の実環境での動作と、一台の計算機上での多数ノードによるシミュレーションの両方を行うことができる。したがってシミュレーションと実環境での動作を公正に比較することができる。また、DHT の固有のアルゴリズム部と、通信部を分離して設計してあるため、アルゴリズム部のみを差し替えることで、公正にアルゴリズムの比較を行うことができる。

ネットワークシミュレータは他にも多く存在するが、このように同実装でシミュレーションと実環境での実行の両方を行うことができるものは多くない。

3.2 PlanetLab

PlanetLab とは世界中の大学や企業の計算機によって構築されたテストベッドであり、500 箇所以上、1000 以上のノードが参加しており、分散環境において大規模な実験を行うことができる。本研究では Overlay Weaver を PlanetLab 上で動作させることにより実環境での実験を行う。

4. 実験

シミュレーション、PlanetLab 上での実験を以下の条件で行う。

†広島市立大学大学院情報科学研究科システム工学専攻

ノード数：100, 200

DHT アルゴリズム：Chord, Pastry, Kademlia

Overlay Weaver にマルチキャストメッセージを送信した時刻、受信した時刻を出力する機能を追加し、その差から遅延時間を計測する。

シミュレーションは Overlay Weaver の機能を利用し、シナリオファイルを作成し読み込ませることで自動で実行される。

PlanetLab 上の実験では、条件数ノードを選択し、あらかじめ各ノードに配置しておいた Overlay Weaver をリモートアクセスにより起動させ、それぞれを相互接続させる。このとき選択するノードはできるだけサイトの異なるノードを選択する。

得られた遅延時間の結果をノード数、DHT アルゴリズムの違いなどの観点から、シミュレーションと PlanetLab 上での実験との違いを比較しシミュレーションの性能を評価する。

5. 実験結果と考察

シミュレーションによる遅延時間の計測結果を図 2、PlanetLab による遅延時間の計測結果を図 3 に示す。

シミュレーションにおける平均遅延時間と PlanetLab における平均遅延時間では数値自体に大きな違いが見られた。これはインターネットの遅延やノード間の通信速度の制約がシミュレーションに与えられていないためだと考えられる。

PlanetLab による実験において、ノード数が多くなるとつれて、メッセージの到達率が低下した。マルチキャストメッセージの到達率を表 1 に示す。特に Kademlia では大きく低下した。これは、Kademlia は経路が集中してしまう特徴から、ノードにかかる負荷が大きくなってしまったことが原因であると考えられる。

なお、シミュレーションにおけるメッセージ到達率はどの場合でも 100%であった。

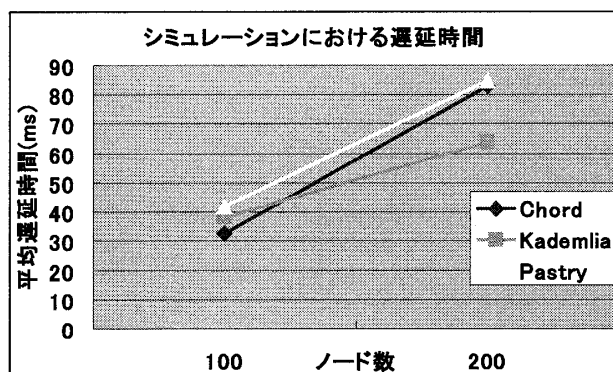


図 2. シミュレーションにおける遅延時間

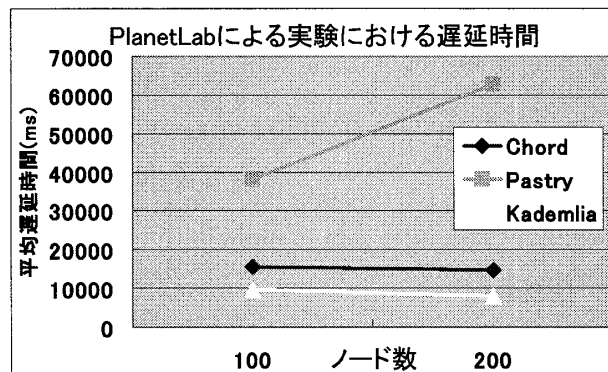


図 3. PlanetLab による実験における遅延時間

表 1. PlanetLab におけるメッセージ到達率

	Chord	Pastry	Kademlia
100 ノード	100%	97%	100%
200 ノード	85%	86%	49%

6. まとめと今後の課題

本研究では計算機 1 台でのシミュレーションと実際のネットワーク上での挙動の違いを計測するために、PlanetLab を利用し、実験を行った。

実験の結果から、このシミュレーションにおいては

パラメータの調整をし、実際の挙動に近づけることで、より正確なシミュレーションを行うことが可能になる。それによって新たなアルゴリズムを正確に評価できるようになる。

今後の課題として、今回の結果を元にしたシミュレータのパラメータ改善、そのシミュレータを用いて、ALM の遅延時間を軽減させる手法の提案、また、ノード数の増加によるメッセージ到達率の向上手法の提案などが挙げられる。

参考文献

- [1] Kazuyuki Shudo et al: Overlay Weaver : An Overlay Construction, Computer Communications, Volume 31, Issue 2, pp.402-412, (2008) .
- [2] Ion Stoica et al: Chord: A Scalable Peer-to-peer Lookup Service for Internet Applications, ACM SIGCOMM 2001, San Deigo, CA, August 2001, pp. 149-160, (2001) .
- [3] Antony Rowstron et al: Pastry: Scalable, decentralized object location and routing for large-scale peer-to-peer systems, 18th IFIP International Conference on Distributed Systems Platforms (2001)
- [4] Petar Maymounkov et al : Kademlia: A Peer-to-peer Information System Based on the XOR Metric, IPTPS'02, (2002) .