卒業論文最終発表
ネットワークとノードの情報を利用したオーバレイネットワークの最適化

慶應義塾大学 環境情報学部 4 年 仲山 昌宏

平成 15 年 2 月 1 日

1 研究概要

本研究では、ネットワークやノードの状態に基づいてトポロジを変えオーバレイネットワークを効率化する手法を提案する。従来のオーバレイネットワークを利用したアプリケーションや研究ではノードやネットワークの情報を利用し最適化を行っている。本研究ではそれら両方を利用することで従来のものより効率的なオーバレイネットワークを実現した。

2 背景

インターネット上でのコミュニケーションを提供するサービスが普及しているが、中でも匿名掲示板やエスクローサービスなど匿名性を提供するサービスの利用者は増加の一途をたどっている。こういったサービスの利用目的として、悪意を持つ人に個人の情報が渡らないようにする自衛と、掲示板や個人間商取引等の行為と実世界の個人とを結びつけたくないという二点が予想される。

匿名性を提供するサービスはクライアント・サーバ型で提供されてきたが、しかし利用者の個人情報が一ヶ所に集中することはそのサーバの管理主体のセキュリティレベルに利用者全ての情報が依存してしまう。

サーバを利用せずに匿名性を保ったまま通信を行うには通信を行っている双方が直接接続せずオーバレイネットワーク上で中継者をはさむ方法がある。

ここで匿名とは通信者の識別子となり IP アドレスは ISP のアクセスポイントやネットワークの管理者情報のような個人情報にもつながる IP アドレスが知られない事を指す。

3 本研究の目的

本研究では匿名通信路を実現するため、ネットワークやノードの状態に基づいてトポロジを動的に変更しオーバレイネットワークを効率化する新しいシステムを設計、実装する。これにより、複数の中継者を介在した通信においてもパフォーマンスの低下を低減できる。

4 関連研究

表 1 及び以下に関連するアプリケーションや研究を示す。

Gnutella Gnutella では検索ネットワークに参加し Leaf ノードのファイル一覧を保持する Ultrapeers ノードと、1 つの Ultrapeers ノードにのみ接続する Leaf ノードというノードの階層化を行っている。また、ホップ数及びノードの生存時間を利用して接続先ノードを選択する試み [?] もあり、より安定したオーバレイネットワークを維持できる。しかし匿名性確保に主眼を置いておらず、中継転送を行うといった仕組みを用意していない。そのため相手の IP アドレスを特定できる。

Winny Winny では自己申告した帯域幅によるツリー状の階層化と指定した検索キーワードのノード間でのマッチングによるクラスタリングを併用している。アクセス回線だけがボトルネックであると仮定しているため、通信者から中継者に至る経路上に細い帯域幅や高遅延の回線があると直接転送する場合に比べ極めてパフォーマンスが落ちる。

Peer-to-Peer ストリーミング ストリーミングを受信しているノードがさらに別の受信ノードに中継送信を行うことで動的に配信ツリーを形成する。ストリーミングを受信しているノードのみが配信ツリーに参加するため受信者の匿名性が無い。

表 1: 既存のアプリケーションや試みの比較

	転送	ノードの状態	ネットワークの状態
Gnutella Protocol 0.6	直接 (HTTP)	階層化 (Ultrapeers)	-
測定による接続先ノード選択	直接 (HTTP)	階層化 (Ultrapeers) 稼働時間	ホップ数
Winny	中継転送	帯域幅 クラスタ化キーワード	-
P2P ストリーミング	中継転送	-	-

5 手法

本研究では上に挙げた問題を解決するモデルを提案する。このモデルではノード間リンクを以下のパラメータに基づいて動的に繋ぎかえることで最適化する。

ホップ数 実際の IP ネットワークでの測定によって求める。IP ネットワークのトポロジに近づけられる。

帯域幅 ノードの持つ回線の帯域幅を指定する。帯域幅が太いノードは一種のハブとして機能し、帯域幅が細いノードを中継しないようにできる。

演算性能 ノードの演算性能や負荷状況を測定して求める。暗号化通信のスループットを向上できる。

6 設計

本研究では、ノード広告メッセージによってノードの情報を広告し測定結果とあわせて算出された優先度により、オーバレイネットワークを最適化する。この動作を図 1 に示す。ノード C-D-B がこの順で接続しており、新しくノード A がノード C に接続した場合を示している。またノード A,D は同じ ISP だがそれ以外の B,C はそれぞれ別の ISP に接続しているものとする。

接続したノードはノード A の情報を含むノード広告メッセージを送出し (1)、受信したノードはその送信者に対し測定を行う (2)。その結果とノード A の情報から優先度を算出し、優先度の高いノードに接続を繋ぎかえる (3)。その結果ノード A とノード B はノード D を経由して通信することができる。

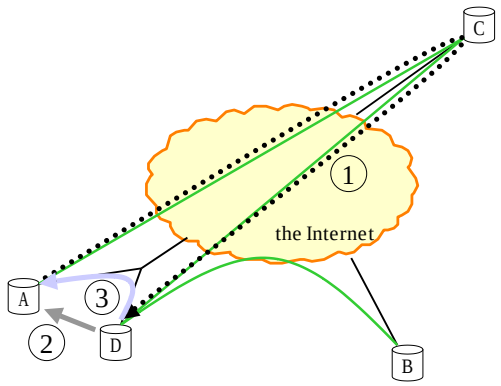

図 1: 動作概要

この繋ぎかえは最初にノードが新しくネットワークに接続したときに行われ、接続先の変動が小さくなると間隔を増やしていく。その後は、自分が接続しているノードが変化した場合に再びネットワーク構成の繋ぎかえが行われる。

7 実装と評価

本手法を実現するシステムを実装し、以下の項目から有効性を評価した。

定量的評価

- ノードが増減した場合にネットワークの最適化にかかる時間
- ノード広告メッセージ及びホップ数測定に要する帯域
- 本手法を利用しない場合との RTT やスループットの差異

定性的評価

- IP ネットワークとオーバレイネットワークのトポロジの差異