

複数のネットワークの共有による高速な仮想ネットワークの構築 —仮想的に構築される高速ネットワーク—

1. 背景

近年、ネットワーク技術の進歩に伴いインターネットの通信性能は大幅に向上した。しかし、それと同時に「高解像度の動画」や「巨大なサイズのファイル」といった高品質の回線を必要とするコンテンツに対する需要も高まった。3G に代表される無線広域ネットワーク (WWAN) においては、需要を満たすだけの十分な回線幅が必ずしも確保出来ないため、ユーザを満足させているとは限らない。しかし、その一方で帯域を余らせている WWAN のユーザがいることも事実である。

2. 目的

余剰帯域を持つ WWAN ユーザが帯域の一部を貸し出すことにより、帯域不足の WWAN ユーザのネットワークの帯域を向上させる。その結果として、借りた側のユーザのネットワーク環境がよりよいものへと向上される。これらの操作は借りた側のユーザのアプリケーションと、その通信相手となるサーバに対して影響を与えないようにする。

3. 開発の内容

3. 1. 仮想ネットワークの仕組み

インターネット上の二者間通信は、その二者を結ぶ経路上の最も遅いネットワークの帯域がボトルネックとなる。一般的な WWAN の通信においては基地局からユーザのクライアントマシンまでがボトルネックとなる(図 1)。したがって、この部分のネットワークの品質を向上させると、二者間通信の通信帯域は向上する。

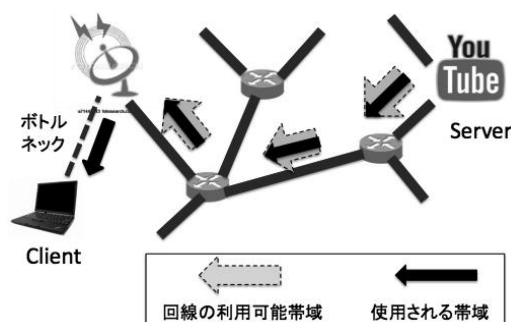


図 1. クライアントとサーバ間に存在するボトルネック

本プロジェクトで用いたボトルネック部分を解消する手法は「ボトルネックを含む複数のネットワーク回線を束ねることにより、仮想的に高速な回線を作成する」というものである。この仮想的な回線の構築にあたっては、自分が持つ WWAN 以外の経路を利用する必要があり、それはクライアントマシンの近辺に存在する WWAN を持つマシンに ad-hoc で接続することによりなされる(図 2)。

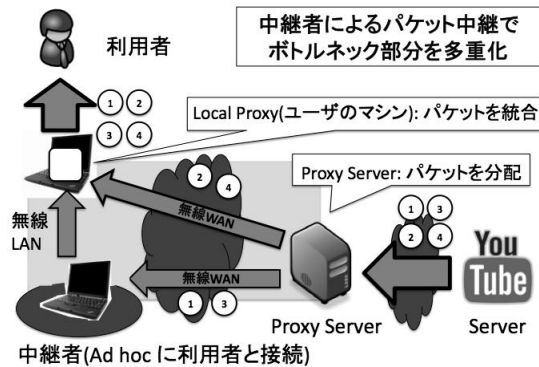


図 2. 複数経路を利用したパケットのやりとり

3. 2. IP-Layer におけるネットワークの統合

開発したソフトウェアにおいて、複数経路の利用は Application-Layer ではなく IP-Layer で行われる。これはパケットのストリームを 2 つの経路を通じて届けることによりなされる。図 2 に示す通り、この手法を使うためには「パケットの分配機能、中継機能、統合機能」が必要となる。それはクライアントマシン上の「Local Proxy」と、「中継者」、通信相手との仲介を行う「Proxy Server」により果たされる。このような機能を実現するためにはパケットのルーティング処理が必要であり、それはトンネリングによりなされている。

仮想化が IP-Layer で行われる強みは、仮想ネットワークがその「利用者の Transport-Layer」と「通信先のサーバ」にたいして透過であるということである。つまり、どのようなアプリケーションでも利用可能であり、通信相手となるサーバも仮想化に対応している必要がない。

3. 3. 仮想ネットワークを構成する物理ネットワーク間の同期処理

仮想ネットワークを運用する上で、それを構成する個々のネットワーク間で同期を取る必要がある。なぜなら、パケットの分配機能が正常に働かないと、経路の限界を超えたパケットが流入されて大幅な遅延が生じるためである。これらの問題を回避するために仮想ネットワークを構築する個々のネットワークの RTT(Round Trip Time)を操作する必要がある。

本ソフトウェアではこの RTT の操作を実現するために

1. ネットワークの現在の状態を測定する。
 2. 測定結果に基づいて仮想化されたネットワーク間の連携関係を調整する。
- という動作を行っている。この手法を使うことで個々のネットワークを効率良く利用できるようになるため、パケットの遅延や紛失が発生する確率が低減する。

3. 4. ソフトウェアの性能評価

開発したソフトウェア性能を確かめるために実験を行った。これは wget コマンドによる 3MB のファイルのダウンロードを行うというものであり、5 回 1 セットで 10 セット試した。その結果、ネットワークのスループットは通常のダウンロードに比べて約 1.25 倍あることがわかった。エラー! 参照元が見つかりません。にその実験の結果のグラフを示す。グラフはエラーバーで示されており、「上部が最大値、中央が平均値、下部が最小値」となっている。

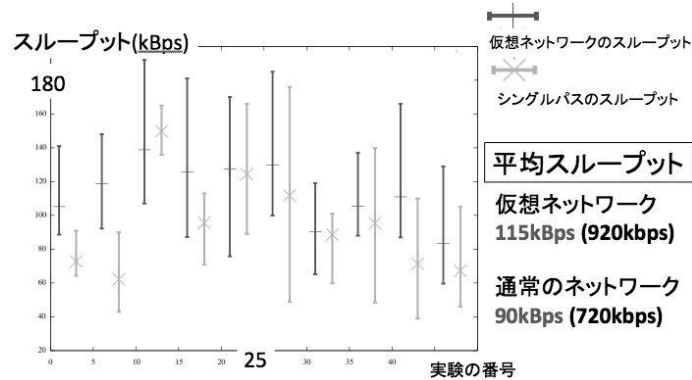


図 3. 性能比較

4. 従来の技術(または機能)との相違

BitTorrent に代表されるアプリケーションレイヤにおいて複数の回線を張る方式における通信は、そのアプリケーション固有のものとなる。また、通信先のサーバはそのアプリケーションのプロトコルに依存する。

これに対して、本プロジェクトで作成した仮想ネットワークを使った通信帯域の向上は IP-Layer においてなされるため、ユーザが動かすアプリケーションと通信相手のサーバは何であっても構わない。

5. 期待される効果

公共空間において PC を利用しているユーザは多く、WWAN 機能を持つものも増え続けている。このような状況において WWAN を持つクライアント間でお互いの帯域を利用しあえることは、クライアント全体の利益から見ると非常に有益なことである。現段階においてクライアントは PC に限定しているが、携帯電話の 3G 回線なども理論的には利用可能である。ソフトウェアがそれらに対応すれば利用可能な共有ネットワークは大幅に増えると考えられる。

6. 普及の見通し

現段階において利用できるマシンは POSIX に準拠するものとなっている。そのため、Mac OS X と Linux では利用できるが、Windows では利用できない。現段階では開発効率の都合上、Windows への実装は得策ではない。しかし、ある程度のソフトウェアアーキテクチャが決定した段階で Windows に移植すれば潜在ユーザは大幅に増えると思われる。

7. クリエータ名(所属)

伊藤裕一(東京大学学際情報学府中尾研究室)