

L_042

VPN 接続環境における TCP パラメータと通信性能の相関関係評価

Evaluation of Correlation between TCP Parameters and Communication Performance on VPN

千島 望[†] 豊田 真智子[‡] 山口 実靖^{*} 小口 正人[†]
 Nozomi Chishima Machiko Toyoda Saneyasu Yamaguchi Masato Oguchi

1. はじめに

近年、インターネット技術の進展などにより、ユーザが蓄積し利用するデータ容量が爆発的に増加している。これに伴いストレージの増設、管理コストの増大が問題となっている。そこでストレージネットワークが登場し、その代表的なものとして FC-SAN(Fibre Channel - Storage Area Network) が広く用いられている。一方、SAN に IP ネットワークを利用した IP-SAN として iSCSI が期待されている。iSCSI は、これまで DAS(Direct Attached Storage) で使われてきた SCSI コマンドを TCP/IP パケット内にカプセル化することにより、サーバ(Initiator) とストレージ(Target) 間でデータの転送を行う。

現状において、SAN はサーバサイト内のみでしか使用されていない。そこで、VPN を利用することにより、ローカル環境で使用されている iSCSI を広域ネットワークに適用することを考える。iSCSI 使用時の性能は、その下位層である TCP の振舞いに大きく影響される。そこで本稿では、基本的な性質を調べるため、VPN 接続環境においてパケット通信を行った時の TCP パラメータの変化をモニタし、性能との相関関係を評価する。

2. VPN

VPN(Virtual Private Network) は、インターネットや通信事業者が持つ公衆ネットワークを使って、拠点間を仮想的に閉じたネットワークで接続する技術である。安価であるという公衆網のメリットを活かしつつ、機密性の低さを暗号化等の別の方法で補うことにより、「実質的な専用網」を実現できるということが VPN の利点である。

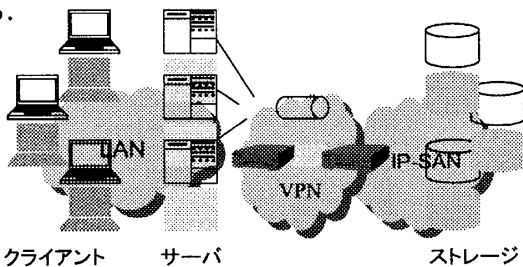


図 1: VPN 利用モデル

iSCSI を用いて遠隔バックアップなどを行うには、VPN ルータで接続したリモート環境にネットワークストレージをを設置し、VPN 越しにアクセスを行うという方法が考えられる(図1)。この場合、VPN ルータを通ることによってネットワークの帯域幅が制限され、スループットが著しく低下することが有り得る。iSCSI は通常ギガビットクラス以上の太いネットワーク上で用いられるが、途中で細い回線が挟まることにより、トラフィックとして大いに性質の異なるものになると考えられる。また、

[†]お茶の水女子大学 人間文化研究科 数理・情報科学専攻
[‡]NTT 情報流通プラットフォーム研究所
^{*}工学院大学 工学部 情報通信工学科

下位基盤の TCP/IP 層が提供できる限界性能を超えることはできず、最大限の性能が発揮できるよう TCP パラメータなどを制御することが求められる。

3. 既存研究

我々は、これまでに iSCSI ストレージアクセスにおいて、輻輳ウィンドウ値を動的にコントロールする手法を提案した [1]。この手法は、まず Target に輻輳ウィンドウモニタ関数を挿入し、これによりモニタした輻輳ウィンドウの変化を観察して、Initiator にその値を通知する。通知を受けた Initiator は輻輳ウィンドウの値に基づきブロックサイズを再指定して、シーケンシャルリードアクセスを行うというものである。この手法を適用し輻輳ウィンドウを限界値で一定に保った場合には、高遅延環境において最大 28% のスループットの向上が確認された。

また、iSCSI を用いたアプリケーション実行性能と TCP パラメータの相関関係の評価も行った [2]。その結果、広告ウィンドウの値を制限することで、輻輳ウィンドウの値も制限でき、それによって実行性能にも影響が出る事が確認された。

4. 実験システム

本研究では、VPN 接続環境においてパケット通信を行った時の TCP パラメータである輻輳ウィンドウと、通信性能の相関関係を評価するために、図2に示す実験環境を構築した。

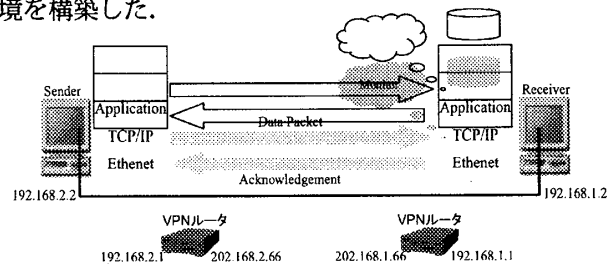


図 2: 実験システムの概要

データパケットを送信するホスト Sender と受信ホスト Receiver との間を GigabitEthernet で接続し、その間に VPN ルータを 2 台挟み実験システムを構築した。Sender と Receiver には、OS が Linux2.4.18-3、CPU が Intel Xeon2.4GHz、MainMemory が 512MB DDR SDRAM、NIC が Intel Pro/1000XT Server Adapter on PCI-X (64bit,100MHz) を用いた。そして、VPN ルータには富士通 Si-R180 を用いた。これは 3DES 暗号化速度 100Mbps の VPN を実現する。この実験環境において、TCP 輻輳ウィンドウの影響を見るため、モニタ関数を挿入しカーネルを再コンパイルした。そして iSCSI ストレージアクセスを行う前段階として、この VPN 接続環境において 1 対 1 パケット通信時の基礎データを集めてその性質を調べた。本稿ではその結果を紹介する。通信性能評価アプリケーションとしては、Netperf を用いた [3]。

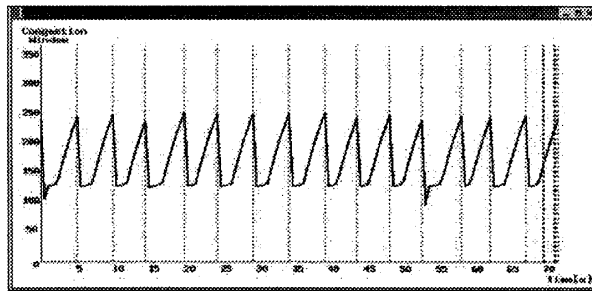


図 3: GigabitEthernet での輻輳ウィンドウ変化

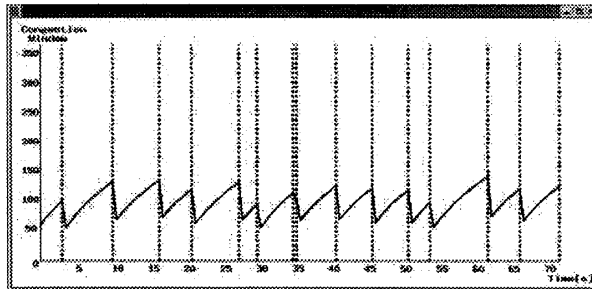


図 4: VPN 利用時の輻輳ウィンドウ変化

5. 性能測定結果

5.1 VPN 利用による影響

図3, 4はTCP輻輳ウィンドウをモニタした際の時間変化の様子である。

図3はVPNルータを挟まず、GigabitEthernetのみで接続し通信を行った時の輻輳ウィンドウをモニタした様子である。また、図3で見られる細い縦の破線はLocal device congestion(CWR)エラーが起こったことを示しており、これは送信側のデバイスドライバのバッファが溢れることによるエラーである。輻輳ウィンドウは約250パケットまで増加した後、CWRエラーが検出され輻輳ウィンドウが急激に減少している。また、スループットは830.4Mbpsであった。

図4はVPNルータを2台挟んだ時の輻輳ウィンドウをモニタした様子である。また、図4で見られる太い縦の破線は重複ACK,SACKを受信したことによるエラーであり、これはパケットロスによるものである。輻輳ウィンドウは約120パケットまで増加した後、エラーが検出されている。スループットは28.1Mbpsであった。

このように、VPNルータを挟むことによって、輻輳ウィンドウの上限値は下がり、通信性能は大幅に低下した。また、輻輳ウィンドウ減少の原因も異なっていた。

GigabitEthernetのみによる接続の時は、途中のネットワークにより通信が制限されることなく、輻輳ウィンドウが高い値まで増加している。そして送信側のデバイスドライバのバッファが限界に達するとCWRエラーが起こり、輻輳ウィンドウが急激に減少する、という動作を繰り返して鋸型のグラフになっている。これに対し、VPNルータが挟まれた時は、先にルータの限界へ達するため、輻輳ウィンドウが十分高い値になる前にパケットロスで低下し、これを繰り返して低い位置での鋸型のグラフとなっている。

5.2 広告ウィンドウ制御による影響

図5は広告ウィンドウを180KBに設定したときの、輻輳ウィンドウの時間変化の様子である。この時、輻輳ウィンドウの値は95で一定となり、エラーは検出されなくなった。この場合はウィンドウサイズが小さく、ルータ

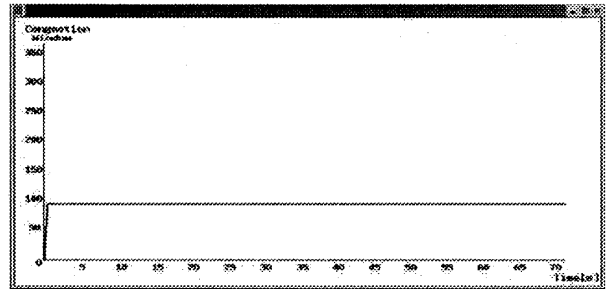


図 5: 広告ウィンドウ制御時の輻輳ウィンドウ変化

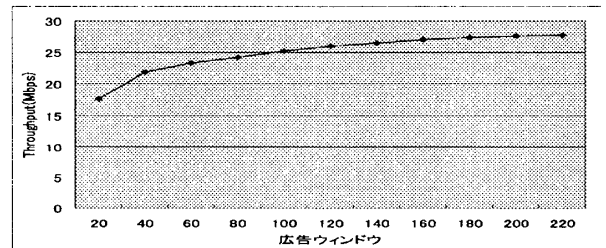


図 6: 広告ウィンドウ制御による性能評価

の限界に達するまでパケットが送出されていないと考えられる。

図6は広告ウィンドウの設定を変化させた時のThroughputの値である。広告ウィンドウを大きくするにつれて、性能も向上していくが、だんだん変化が見られなくなっていき、200KB以降からはほぼ一定となった。

また、広告ウィンドウを大きくしていくと、200KBを過ぎたところから、パケットロスエラーが検出されるようになった。しかし、図6からもわかるように、性能はほとんど変化しない。GigabitEthernetのみの接続の実験においては、広告ウィンドウが十分大きい時は、CWRエラーが起こり性能は低下してしまうので、CWRエラーが起こる手前で制御することにより、性能が向上した[2]。しかし本実験においてこの差があまり見られないのは、VPNを挟んだときは、もともと輻輳ウィンドウの値が小さいため、あまり影響を与えなかったということであると考えられる。

6. まとめと今後の課題

VPN接続環境において通信を行った時の、TCP輻輳ウィンドウと通信性能の相関関係を評価した。また、VPNを利用し広告ウィンドウを制限した時の、TCP輻輳ウィンドウと通信性能の変化を測定した。今後は、この結果を元に、VPN環境におけるiSCSIストレージアクセス時に輻輳ウィンドウがどのような振舞をするか、また、性能にはどのような影響を及ぼすかを評価していく。そして輻輳ウィンドウを変化させることによって性能に影響が出るか確認し、最大限の性能を出せるようなTCPパラメータの制御手法を検討する予定である。

参考文献

- [1] 豊田 真智子, 山口 実靖, 小口 正人: "高遅延ネットワーク環境におけるiSCSIリードアクセス時のTCP輻輳ウィンドウ制御手法の性能評価", SACSIS 2005, pp.443-450, 2005年5月
- [2] 千島 望, 豊田 真智子, 山口 実靖, 小口 正人: "iSCSIにおけるTCPパラメータとアプリケーション実行性能の相関関係評価" 第68回情報処理学会全国大会, 5J-6, 2006年3月
- [3] netperf: <http://www.netperf.org/>