

VPN 遠隔接続環境におけるハードウェアターゲットを用いたストレージネットワークの評価

浅田 菜那†

小口 正人†

†お茶の水女子大学

1 はじめに

本研究では、拠点間接続等に用いられる VPN (Virtual Private Network) を利用することにより、主にローカル環境で使用されている iSCSI を用いて広域ネットワーク上でリモートアクセスを行うことを検討した。VPN 環境ではルータにおけるパケット暗号化処理等により、通常のネットワークとはトラフィックの性質が異なったものになると考えられる。そこで本研究では、広域ネットワークを遅延装置で模擬したネットワーク上に VPN を張った環境において、iSCSI 遠隔ストレージアクセスを実行した際の性能について検討を行う。また iSCSI ターゲットには、より現実的な環境を想定して市販されている FC ストレージと IP ブリッジを用いてハードウェアターゲット構成とした場合の、iSCSI 遠隔ストレージアクセスの性能向上を目指す。

2 研究背景

2.1 iSCSI

IP-SAN の代表的なプロトコルである iSCSI は SCSI コマンドを TCP/IP パケットでカプセル化する規格で、iSCSI により SAN を IP 機器だけで構成することが可能となる。また iSCSI は SCSI over TCP/IP over Ethernet という複雑な階層構造のプロトコルスタックとなる。そのオーバーヘッドなどが影響し、iSCSI による通信は特に高遅延環境においては大幅に性能が劣化することがわかっている [1]。そこでそのような環境におけるスループットの低下を改善することが求められている。

2.2 VPN (Virtual Private Network)

VPN は公衆回線をあたかも専用回線のように利用できる仕組みである。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用い、拠点間を仮想的に閉じたネットワークで接続する。VPN では暗号化や認証などを用いて機密性を補い、実質的な専用網を実現する。本研究では広域ネットワーク環境における iSCSI の振舞を解析するため、VPN ルータを使用する。

3 既存研究

文献 [1] では iSCSI 遠隔ストレージアクセス時のパケット送信に関する振舞について研究が行われている。この実験において、iSCSI パラメータと輻輳制御アルゴリズム変

更、NIC パラメータの複数の層にまたがる最適化とデータ転送部分における解析、ソケットバッファ解析という 3 つの実験を行った結果、RTT20ms においてデフォルト時よりも約 7 倍スループットが高くなり、大幅に性能を向上させることが出来た。ただしこの実験において、イニシエータとターゲットの間には遅延装置しか挟んでいない。そこで、本研究では遅延装置だけでなく VPN を使用した場合の性能評価を行い、より実用性を考慮した手法の評価を行う。

既存研究 [1] におけるものと同様の実験環境において、VPN 技術を使用しより実用性を考慮した環境において評価を行った [2]。既存研究 [1] に倣い、iSCSI 層と TCP 層の解析と最適化を行ったところ、iSCSI 層における最適化については、わずかではあるが高遅延環境における性能向上を確認することが出来た。TCP 層における最適化については、既存研究では性能向上の鍵となったソケットバッファに関するカーネルコードの書き換えを行ったが、性能向上とはならなかった。このことより、本実験の環境では、高遅延環境下での性能低下原因はソケットバッファ以外にあると考えられる。そこで今度は輻輳ウィンドウに焦点を当て、解析を行ったところ、高遅延環境において、送信すべきデータ量より輻輳ウィンドウが小さいということが確認された。このような輻輳ウィンドウ切れが本研究におけるスループット低下の原因であるということが考えられる。

4 実験概要

本実験では、イニシエータとターゲットの OS は Linux2.6.18-8.el5、CPU は Intel Xeon 2.4GHz、Main Memory は 1GB を使用しており、iSCSI は Initiator に Open-iSCSI、ターゲットに HP Storage Works2012fc を用いた。ファイバチャネルのストレージネットワークを IP-SAN に結合させるための IP ブリッジとしては、ATTO iPBridge2700 を使用している。デフォルトとしてハードウェアターゲットを RAID0 構成とし仮想ディスクを 1 つ構築してこれを用い、1GB のボリュームを 1 つ切り出した。また VPN ルータには Fujitsu Si-570 を用いた。これは 3DES 暗号化速度が最大 500Mbps である。

4.1 システム構成

本研究では VPN 遠隔接続環境 (図 1) と VPN を使用しない遠隔接続環境を構築した。VPN ルータを 2 台用いて一方の LAN 空間にはイニシエータを、もう一方の LAN 空間には IP ブリッジ、FC ストレージを接続させた。2 台の

Application of iSCSI Remote Storage Access to VPN Connection in the case of Each Layer Optimization

† Nana Asada, Masato Oguchi
Ochanomizu University (†)

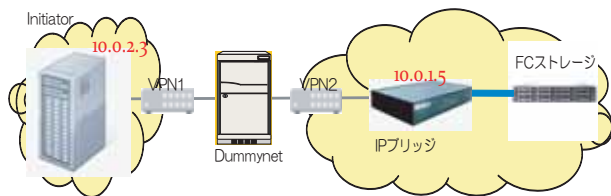


図 1: VPN 遠隔接続環境

VPN ルータの間には、広域ネットワークを想定して人工的な遅延装置である Dummynet を挿入した。Dummynet には FreeBSD 4.9-RELEASE を用いた。

次に VPN ルータを外し、同じアドレス空間のネットワークでイニシエータと IP ブリッジ、FC ストレージを接続させた。図 1 の場合と同様にイニシエータと IP ブリッジの間に Dummynet を挟み、遠隔接続環境を模擬して測定した。

5 iSCSI 層における最適化

iSCSI はパラメータを最適化することによりスループットが向上することが確認されている。本実験においては、iSCSI のパラメータ設定をライトアクセス時に最適な状態になるように調整した。

iSCSI パラメータ最適化を行う前と行った後の行った後の比較を図 2 に示す。iSCSI パラメータの最適化によって、VPN 遠隔接続環境でも VPN を使用しない遠隔接続環境においてもわずかながら全体を通して性能が向上する結果となった。しかしまだなお高遅延環境下での劇的な性能劣化という問題は解決されていない。

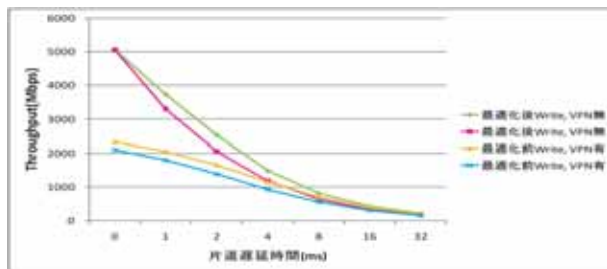


図 2: Sequential Write Access の Throughput

6 RAID 構成変化

FC ストレージは RAID 構成を変えることが出来る。本実験では RAID0 を default としているが、RAID 構成を RAID1, RAID5 に変えてスループットを測定し、比較した。

RAID 構成の違いが性能に影響しているのであれば、RAID1 と RAID5 構成の場合は RAID0 構成の場合より性能が低くなると考えられるが、測定の結果 RAID 構成の違いがスループットに大きな影響を与えることはなかった。このことから、本実験環境においては RAID 構成の違いは性能に影響しないと言える。この理由としては、ハー

ドウェアターゲットでは iSCSI のプロトコル処理に加えて仮想化やマッピングなど複雑なシステム構成を取っており、それらの構成でどこかに存在するボトルネックにより RAID の性能差が見えなくなっているからであると考えられる。

7 TCP 層最適化

片道遅延時間 32ms の iSCSI アクセスにおいて、カーネルモニタを用いて輻輳ウィンドウをモニタした。輻輳ウィンドウは急激に伸びるものの最大値 251 で頭打ちとなった。輻輳ウィンドウが 251 の場合の送信可能データが Ethernet のフレームサイズが 1.5KB、輻輳ウィンドウ 290 の場合、約 $1.5 \times 290 = 435$ (KB) であるのに対し、ACK が返るまでに送信すべきデータ量は通信速度が 300Mbps、RTT64ms の場合、 $300/8 \times 10^3 \times 64/10^3 = 2400$ (KB) である。このように、高遅延環境において送信すべきデータ量より輻輳ウィンドウが小さいことが、本実験環境における遠隔アクセス時のスループット低下の原因であるということが考えられる。

8 まとめと今後の課題

本研究では、VPN 接続環境におけるハードウェアターゲットを用いた環境における、iSCSI ストレージアクセス時のスループットの測定を行った。

iSCSI 層における最適化については、パラメータを最適化し、わずかながらあるが高遅延環境における性能向上を確認することが出来た。今後はこの最適値をパラメータに設定し実験を行っていく。

TCP 層における最適化については、既存研究 [1] では性能向上の鍵となったソケットバッファに関するカーネルコードの書き換えを行ったが、本研究では既存研究 [2] と同様の性能向上とはならなかった。そこで輻輳ウィンドウを解析したところ、性能低下原因は輻輳ウィンドウ切れであることがわかった。

今後は VPN 有無、T ターゲット、イニシエータ、RAID 構成などの組み合わせを変え、さまざまな実験環境での測定と解析を行いたい。例としては、既存研究 [1] で TCP 層最適化が成功した Initiator とハードウェアターゲットとを組み合わせで構成し、各層最適化を行い、結果を検証していく。

参考文献

- [1] 比嘉 玲華, 松原 幸助, 岡廻 隆生, 山口 実靖, 小口 正人: iSCSI リモートストレージアクセスの性能向上を実現する手法の提案と実装, CPSY2009, pp.19-24, 2009 年 11 月
- [2] 浅田 菜那, 小口 正人: VPN 遠隔ストレージアクセスのハードウェアターゲット使用時の各層最適化に関する性能評価, DEIM2010, E2-5, 2010 年 3 月
- [3] 富士通 IP アクセスルータ Si-R570, <http://fenics.fujitsu.com/products/sir/sir570/index.html>