

宇宙航空研究開発機構研究開発報告

JAXA Research and Development Report

インターネット回線下での“SRFS on Ether”の性能評価

大川 博文, 藤田 直行

2005年10月

宇宙航空研究開発機構

Japan Aerospace Exploration Agency

インターネット回線下での“SRFS on Ether”の性能評価

大川博文*¹ 藤田直行*¹

Performance evaluation of “SRFS on Ether” on the Internet

Hirofumi OKAWA*¹, Naoyuki FUJITA*¹

ABSTRACT

“SRFS on Ether” adds an ethernet interface to the Shared Rapid File System (SRFS) that is currently used as a distributed file system between nodes by the high performance computing (HPC) system of JAXA (NS III). It can be used like the network file system (NFS) and has solved the problem of data coherency in the high-speed transmission of data in a broadband environment, which the NFS has not. Moreover, adjustment of the TCP/IP parameter in the OS to improve speed is unnecessary, and special hardware is not needed, unlike with the SAN construction by iFCP etc., so the cost of introduction can be held down.

In this report, we measured the file IO performance of SRFS on Ether on the Internet (ITBL network) between JAXA (Chofu) - NIED (Tsukuba).

In this test, performance reached 220 - 270 [Mbps] (180 - 200 [Mbps] with a VPN connection) in SRFS on Ether, in contrast with the limit of 10 - 20[Mbps] encountered with the NFS.

Thus it is possible to use the HPC system from a remote location because SRFS on Ether has demonstrated sufficiently high performance in a practical environment like the ITBL network.

概 要

“SRFS on Ether”は、NFSと同様に利用できる遠隔ファイルシステムとして、NSIIIでノード間の分散ファイルシステムとして使用しているSRFSをベースに、イーサネット対応を行ったものである。“SRFS on Ether”では、データの整合性の確保やブロードバンド環境下での高速データ転送など、NFSの持つ問題点を解決している。また、高速化のためのOS上でのTCP/IPパラメータの調整なども不要であり、iFCPなどによるSAN構築とも異なっており特別な機器を必要としないため、導入時のコストを低く抑えることができる。

本報告では、JAXA(調布)～NIED(つくば)間で、インターネット(ITBLネットワーク)上での“SRFS on Ether”のファイルIO性能の測定を行った。結果、NFSでは10～20[Mbps]に留まった通信性能が、“SRFS on Ether”では220～270[Mbps](ITBLプロジェクトのVPNルータ接続下では180～200[Mbps])を達成した。

これにより、“SRFS on Ether”はITBLネットワークのような環境下では十分実用的な性能を発揮できたといえ、遠隔地からのHPCシステムの利用環境を整えることが可能になったといえる。

* 平成17年7月22日受付 (received 22 July, 2005)

*¹ 総合技術研究本部 計算科学研究グループ (Computational Science Research Group)

1. まえがき

近年、数値計算においてLinux クラスタを手元で利用する形態が流行している。しかしながら、大規模、細密な処理対象については、処理速度、メモリサイズなどの点から、まだまだHPCシステムに分があると言える状況である。

一方、SuperSINET やつくばWAN 等のように、インターネットバックボーンが10Gbpsの帯域を持つようになり、ギガビットイーサネット (GbE) 技術の普及に伴って、端末用GbE インタフェイスも低価格化するなど、ネットワーク利用環境は急激に広帯域化し、遠隔地からのHPCシステムの利用も現実味を帯びてきた。

従来のtelnet 接続からの操作やftpによるファイル授受を中心としたHPCシステムの利用方法から脱却して、ユーザ端末のストレージと同様にHPCシステムのストレージを手元で手軽に利用できるようになれば、近年のユーザーニーズ[1]も満たすことができるようになると思われる。

UNIX上の遠隔ファイルシステムとしてはNFS(Network File System)が一般的であるが、広帯域なネットワークを十分に利用するためには、OS側でネットワークチューニングの必要がある、データの整合性が保証されない、などの問題がある。また、iFCPなどによるSAN(Storage Area Network)構築では、ゲートウェイ装置等の特別な機器が必要になることもあり、初期導入コストが高くなってしまふ。[2]

これらの問題点を解決するために、“SRFS on Ether”の開発を行った。宇宙航空研究開発機構(以下、JAXA(調布))で所有しているHPCシステム(以下、NSIII)では、ノード間を接続するクロスバネットワーク上で高速な分散ファイルシステムを実現するための仕組みとして、SRFS(Shared Rapid File System)を用いている。これをベースとして、汎用性のあるイーサネットへの対応を加えたものが、“SRFS on Ether”である。[3][4]

今回、“SRFS on Ether”を用いて、JAXA(調布)と防災科学技術研究所(以下、NIED(つくば))間の、インターネット接続回線(ITBLネットワーク)における、ファイルIO性能の測定を行った。

本報告では、その実験環境と測定方法を述べ、“SRFS on Ether”の性能を評価する。

2. “SRFS on Ether” 開発の背景

HPCシステムの利用に最適な遠隔ファイルシステムを考えた場合、以下のような特徴を有することが必要である。

- HPCシステムとの親和性が高い
- 大規模ファイルの送受信に性能を発揮
- 通信性能を高めるために、ネットワークを効率よく利用する

また、ユーザが手軽に利用することができるためには、以下の特徴が必要である。

- 特別な機器を必要としない
- データが保証される
- 透過性が高い

“SRFS on Ether”の開発においては、まずはSRFSの機能をそのまま利用することで、HPCシステムとの親和性、データ整合性の保証などの特徴を生かし、次に通信規格としてイーサネットを使うことで、特別な機器を必要とせずにインターネット経由でのHPC利用を可能とすることを目的とした。[4]

また、広帯域なネットワークを有効に利用するために、パケット分割を行って複数ストリームに多重化する工夫を取ることにした。その際、分割数および分割サイズは、利用環境(CPU性能、ネットワーク遅延時間など)に応じてパラメータにより調整を行う。

分散ファイルシステムとして重要な要素である、各透過性については、NFSと同等のアクセス透過性、位置透過性、障害透過性を持つとともに、NFSの問題点であった、並行透過性、規模透過性を解決している。[5]

NFSのクライアントキャッシュ機能による性能透過性の確保については、逆にこれを廃したが、ネットワーク通信性能自体を向上させることで性能透過性を確保する。複製透過性についても、信頼性はSRFSの機能で確保し、性能については通信性能の向上自体で確保するために、複製機能を提供しない。

3. 実験環境

実験環境を図1に示す。実験環境構築に際し、NIED(つくば)にクライアントマシンを持ち込んだ。サーバマシンにはNSIIIで使用しているノードの一つを一時的に切り離し、それぞれに“SRFS on Ether”をインストールして、実験環境を構築した。両機関に設置した端末の役割とスペックを表1に示す。

JAXA(調布)は、SuperSINETルータが収容されている三鷹国立天文台に、1Gbpsの商用イーサネットサービスで接続しており、SuperSINETのバックボーンは10Gbpsの帯域を有している。一方、NIED(つくば)はつくばWANに参加しており、つくばWANのバックボーンも同じく10Gbpsの帯域を持つ。SuperSINETとつくばWANは1Gbpsで相互接続している。両研究所間の実際の距離はおおよそ80kmほどである。両機関ともにインターネット収容ルー

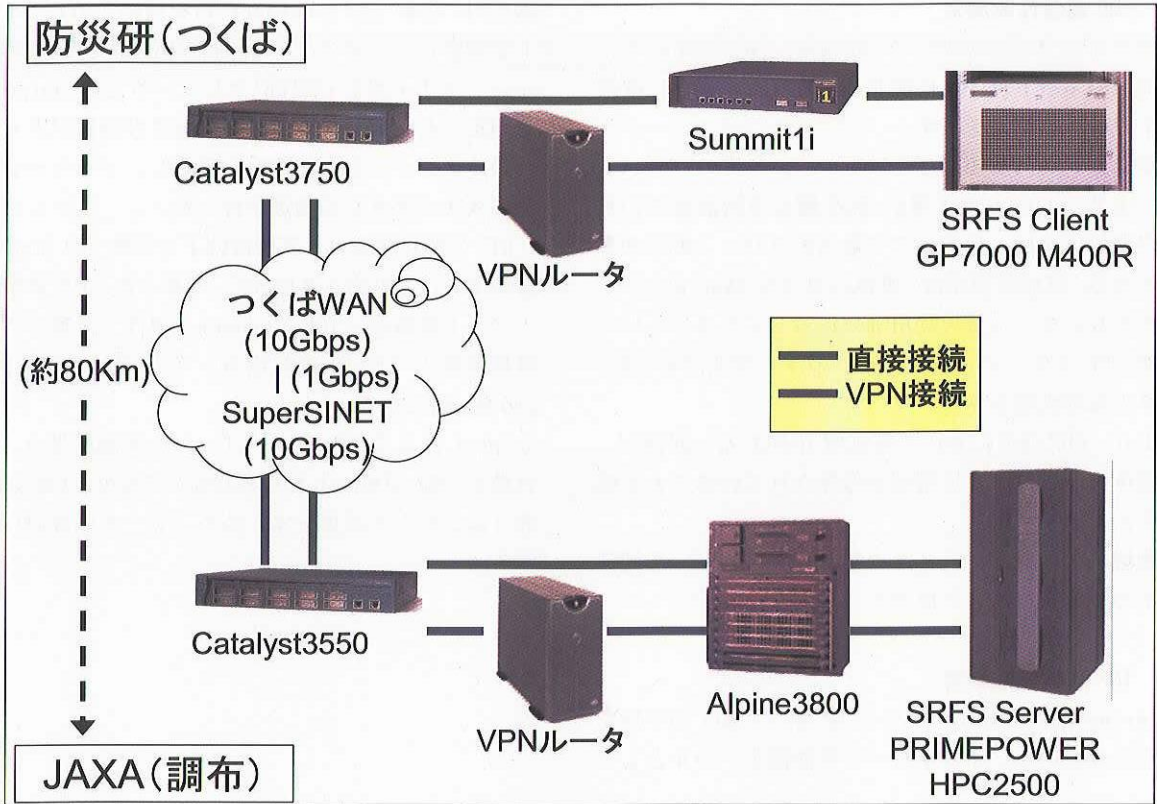


図 1 ネットワーク環境

表 1 サーバ/クライアントスペック

	SRFS Server	SRFS Client
機種名	Fujitsu PRIMEPOWER HPC2500	Fujitsu/PFU GP7000 M400
CPU	SPARC64-V x 8	SPARC64-III x 4
CPU Clock	1.3 GHz	300 MHz
System Clock	260 MHz	74 MHz
Memory	16384 MB	3072 MB
OS	Solaris 8	Solaris 8
Network I/F	1000Base-SX	1000Base-T

タから端末まで、1000Base-SXまたは1000Base-Tの媒体により接続した。

実験環境として、端末にグローバルアドレスを設定してインターネット上で直接接続する環境(直接接続)と、実利用環境を想定したプライベート空間をITBLプロジェクトのVPNルータを介して接続する環境(VPN接続)の二つを設定した。

4. ネットワーク性能測定

まず、実験環境のネットワーク自体が持つ疎性能を測定した。測定項目としては、帯域幅に対するUDP通信のスループット、pingによるRTTの測定から求められるTCPスループットの理論値、netperfを用いたTCPスループットの実測の3点である。

続けて、アプリケーションから見たファイルIO性能の測定として、ダミーファイルに対するRead/Writeのシステムコールにかかる時間を、IO長を変えて計測した。

4.1. UDP 通信性能測定

トラフィックジェネレータ (NXS100G [6]) を用いて、UDP 通信のネットワーク性能測定を行った。表 2 に直接接続下での測定結果を示す。

測定はフレームサイズごとに行い、3 秒間のバースト送信によるフレームロス率が 5% を越える時点までの負荷を段階的にかけ、そこまでで最大のフレーム転送率が記録される。帯域使用率は、媒体における Ethernet ヘッダーを含むパケット最大利用効率に対するのネットワーク性能、UDP スループットは、UDP ヘッダー部までを含む、データの転送性能を示す。

結果より、UDP 通信において帯域使用率は 92~98 [%] と、ほぼ媒体性能に達する広帯域が確保されていることが確認できた。

計測機器のインタフェースの都合により、VPN 接続環境下での測定を行うことはできなかった。

広く用いられている netperf [7] を用いて TCP スループットを測定した。ファイル IO 性能の測定では OS の TCP ウィンドウサイズを 128 [KB] としているため、netperf による測定でも受信ソケットサイズおよび送信ソケットサイズのオプションを 128 [KB] と固定し、メッセージサイズをパラメータとして測定を行った。

RTT の測定結果は、直接接続下で平均 3.3 [msec]、VPN 接続下では、平均 4.0 [msec] であった。TCP の最大スループット理論値は TCP window size / RTT で計算できるため、直接接続と VPN 接続の場合、それぞれ、310 [Mbps]、256 [Mbps] となる。

netperf による TCP スループットの実測結果は、それぞれ最大、252.6 [Mbps]、146.8 [Mbps] であった (図 2、図 3)。表 3 にこれらの結果をまとめる。(データの詳細は付録とする。)

4.2. TCP 通信性能測定

Solaris8 標準の ping コマンドを用いて RTT の平均を測定した。続いて、ネットワーク性能測定ツールとして

表 2 UDP 通信性能測定結果

Frame size [B]	NIED(つくば) → JAXA(調布)		JAXA(調布) → NIED(つくば)	
	帯域使用率 [%]	UDP スループット [Mbps]	帯域使用率 [%]	UDP スループット [Mbps]
64	92.3	703.3	92.5	705.0
128	97.3	841.6	95.1	822.6
256	98.4	913.0	95.9	890.0
512	98.8	951.4	96.4	927.9
1024	98.1	963.0	96.7	949.2
1280	98.6	971.6	96.9	954.7
1518	98.3	971.0	97.2	959.8

表 3 TCP 通信性能測定結果

TCPWindowSize = 128KB

$a = \text{TCPWindowSize} / \text{RTT}$

	RTT	TCP スループット		
	平均値 t [ms]	理論値 a [Mbps]	実測値 b [Mbps]	効率 c = b/a [%]
直接接続	3.3	310	252.6	81.5%
VPN 接続	4.0	256	146.8	57.3%

4.3. ファイル IO 性能測定

アプリケーションから見たファイル IO 性能を測定す

るために、“SRFS on Ether” および NFS の両遠隔ファイルシステムに対して、ファイル IO 長をパラメータとして

read/write のシステムコールにかかる時間を計測するプログラムを用意した。NFS におけるファイル属性情報のキャッシュを避けるため、NFS には noac オプションを設定した。

結果、NFS を利用した場合には、性能は IO 長によらず、それぞれの計測パターンによって、10～20[Mbps]を測定するにとどまった。

対して“SRFS on Ether”では、IO 長が大きくなるにつれて IO 性能は向上し、IO 長=8[MB]の時にピーク性能を記録して以降、それ以上 IO 長を大きくしてもほぼ一定の性能を計測している。ピーク性能としては、直接接続下では、Read 時に 270[Mbps]、Write 時に 220[Mbps]を、VPN 接続下では、Read 時に 200[Mbps]、Write 時に 180[Mbps]を、それぞれ計測した。

これらの結果を、直接接続下と VPN 接続下のそれぞれのネットワーク構成における、IO 長に対するファイル IO 性能として、それぞれ図 2、図 3 に示す。(データの詳細は付録とする。)

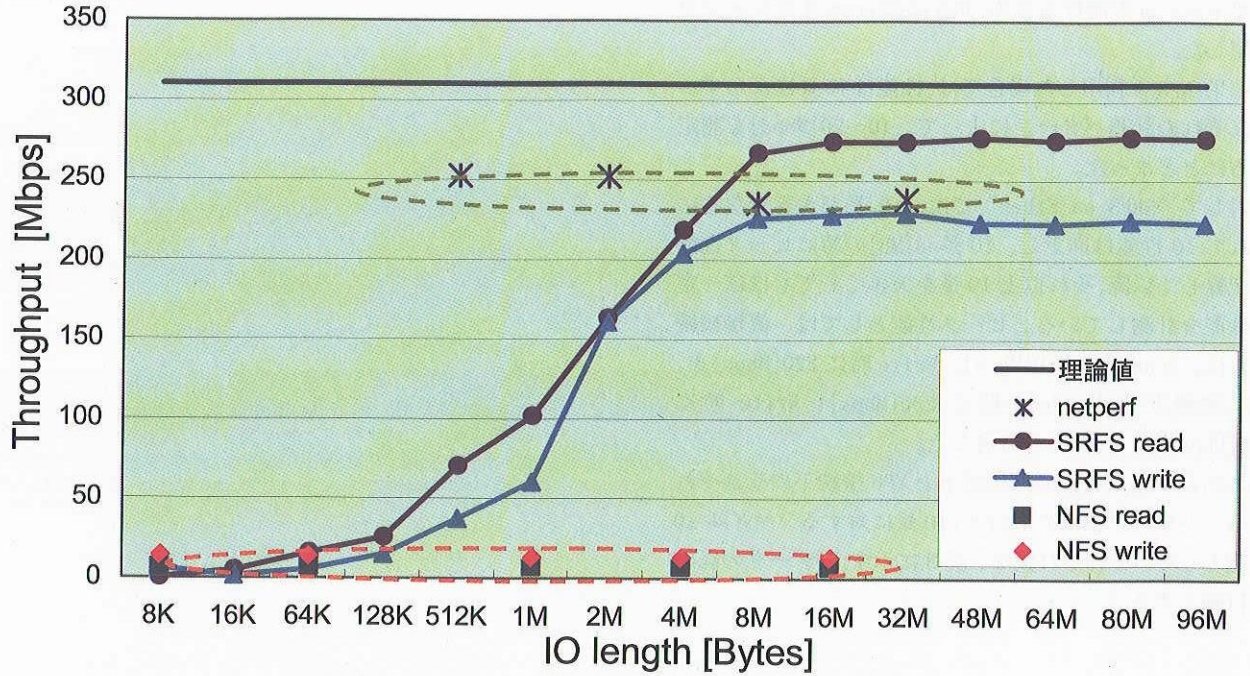


図 2 ファイル I/O 性能 (直接接続)

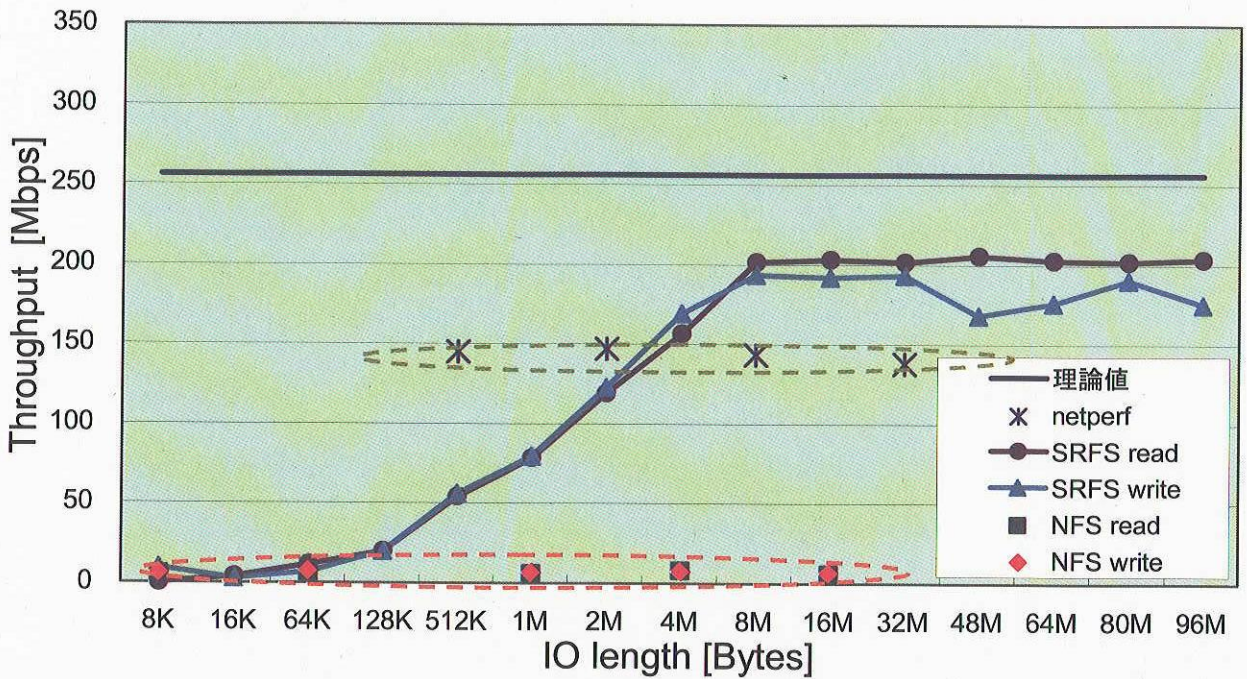


図 3 ファイル I/O 性能 (VPN 接続)

5. まとめ

トラフィックジェネレータによるUDP通信性能の測定結果とTCP通信のRTTの測定結果より、JAXA(調布)ーNIED(つくば)間のネットワーク環境は、媒体性能にほぼ達するほどの広帯域(帯域使用率=92~98[%])が確保されており、また、ネットワーク的にもWANとしては比較的近い位置にある(RTT=3~4[msec])と言える。

しかし、ファイルIO性能の測定では、NFSを利用した場合では10~20[Mbps]程度にとどまってしまう。これはTCPウィンドウサイズのチューニングを行っていないためでもあるが、noacオプションを設定したために、属性情報の交換のオーバーヘッドが如実に現れたと考えられる。

対して“SRFS on Ether”では、インターネットに直接接続した環境で、Read時に270[Mbps]、Write時に220[Mbps]のピーク性能を計測している。

ファイルIO長が小さい場合においては、“SRFS on Ether”はNFSの性能を下回った。これはSRFSがHPC利用を前提とした設計のため、大きいファイルIO長での使用を想定していたことの影響である。“SRFS on Ether”ではファイルIO長が小さい場合には、プロトコルを自動的にUDPに変更して、実データをコントロールメッセージと同時に送信するなどの工夫をして性能の劣化を抑えている。

ファイルIO長が大きい場合において“SRFS on Ether”のスループットがnetperfの結果を上回るのは、“SRFS on Ether”のSocket Buffer SizeのパラメータによりTCPウィンドウサイズが1[MB]に設定されるとともに、SRFSのIO長8[MB]を“SRFS on Ether”のパケット分割単位のパラメータにより分割・多重化しているためである。測定時のパラメータでは、1[MB]で分割しているため最大8多重となっている。

図2を見るとRead性能とWrite性能で差が生じている。設計上、“SRFS on Ether”の特性には両者の差はほとんど無いため、これがネットワーク環境の特性によるものであったのか、検証が必要である。

VPN接続環境下では、計測値としてはRead時に200[Mbps]、Write時に180[Mbps]のピーク性能となった。

理論上、直接接続に比べるとVPNルータの遅延分性能は下がることとなるが(RTTで0.7[msec]の遅延、TCPスループット理論値で82.6[%]の性能低下)、直接接続の場合の結果と比較して(それぞれ270[Mbps]、220[Mbps])、Write時では81.8[%]とほぼ理論値と同等の性能低下であるが、Read時では74.1[%]の性能低下となり、理論上の性能低下を下回った。このようなRead/Write時の性能差も、“SRFS on Ether”の特性には無い結果であるため、

VPN接続環境であったことによるのか、ネットワーク環境の特性によるものであるのか、検証が必要である。

6. おわりに

今回の実験では、NFSでは5~15[Mbps]と実用的ではない通信性能しか得ることができなかったところを、“SRFS on Ether”では、220~270[Mbps]もの通信性能を達成できたことを示した。つまり“SRFS on Ether”は、ITBLネットワークのように安定したインターネット環境下では実用的な性能を発揮できたといえ、遠隔地からのHPCシステムの利用に十分な環境を整えることが可能になったといえる。

しかしながら、今回の測定ではデフォルト値で固定した、パケット分割数やSocket Buffer Sizeなどのパラメータが最適であったかどうかという点と、パケット分割・結合に必要なCPUパワーが十分に提供できていなかったのではないかなどの疑問点が残り、最大性能として想定する数値には及んでいない。

今後の課題としては、上記疑問点を解消した実験環境での検証と、海外からの利用を想定した「広帯域であるが遅延の大きなネットワーク環境(Long Fat-pipe Network, LFN)」についての擬似ネットワーク環境での検証、およびそれぞれの実環境での実証を計画している。

開発上の課題としては、Solaris8以外のプラットフォームへの対応として、クライアント機能部分のLinux対応を行っている。また現在は、ユーザ管理機構がNFSと同等のUNIX上のUID、GID管理の実装であるため、“SRFS on Ether”側でユーザ管理機構を強化することでセキュリティの向上を図っている。

7. 謝辞

本実験の実施に際し、実験環境の構築、提供をいただいた防災科学技術研究所の佐藤様に深く感謝いたします。また、情報提供、実験作業にご協力いただいた富士通株式会社の矢澤様、甲斐様ならびに皆様に深謝いたします。

参考文献

- [1] Naoyuki Fujita and Yuichi Matsuo, “HIGH-SPEED MASS STORAGE SYSTEM OF NUMERICAL SIMULATOR III AND IT’ S BASIC I/O PERFORMANCE BENCHMARK”, PARALLEL COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS, Parallel CFD 2002 Conference, 2002
- [2] 佐野正和, “インターネット技術者のためのストレージネットワーク入門”,

<http://www.nic.ad.jp/ja/materials/iw/2003/proceedings/>, Internet Week 2003 チュートリアルプレゼンテーション資料, 2003

[3] Naoyuki Fujita and Hirofumi Ohkawa, "Storage Devices, Local File System and Crossbar Network File System Characteristics, and 1 Terabyte File IO Benchmark on the "Numerical Simulator III" ", 20th IEEE/11th NASA Goddard Conference on Mass Storage Systems and Technologies, 2003

[4] Naoyuki Fujita, "Shared Rapid File System on Ethernet", <http://romulus.gsfc.nasa.gov/msst/conf2004/index.html>, 2004

[5] 萩野達也, "ファイル共有と分散 OS", <http://www.tom.sfc.keio.ac.jp/~hagino/ds03/03/Overview.html> 慶應義塾大学 2003 年度秋季 分散処理系論講義資料, 2003

[6] 富士通ネットワークテクノロジーズ株式会社, "ブロードバンドネットワークテストツール Next Stream 100 シリーズ 取扱説明書", 2003

[7] <http://www.netperf.org/netperf/training/Netperf.html>

付録 測定結果

A. 直接接続

表 A-1 netperf (直接接続)

netperf -l 30 -s 131072 -M [param A]

メッセージサイズ param A [B]	NIED (つくば) → JAXA (調布) スループット a [Mbps]	NIED (つくば) → JAXA (調布) スループット b [Mbps]
524288	252.58	246.75
2097152	251.94	249.19
8388608	235.60	247.19
33554432	238.00	245.43

表 A-2 NFS create write (直接接続)

IO 長	1 回目	2 回目	3 回目	平均 a [MB/s]	スループット b = a*8 [Mbps]
8 [KB]	1.803	1.799	1.812	1.8047	14.4373
64 [KB]	1.547	1.793	1.820	1.7200	13.7600
256 [KB]	1.534	1.832	1.817	1.7277	13.8213
1 [MB]	1.648	1.613	1.658	1.6397	13.1173
4 [MB]	1.706	1.600	1.678	1.6613	13.2907
16 [MB]	1.600	1.647	1.692	1.6463	13.1707

表 A-3 NFS overwrite (直接接続)

IO 長	1 回目	2 回目	3 回目	平均 a [MB/s]	スループット b = a*8 [Mbps]
8 [KB]	1.514	1.554	1.838	1.6353	13.083
64 [KB]	1.554	1.851	1.800	1.7350	13.880
256 [KB]	1.849	1.547	1.515	1.6370	13.096
1 [MB]	1.644	1.722	1.704	1.6900	13.520
4 [MB]	1.679	1.654	1.705	1.6793	13.435
16 [MB]	1.684	1.643	1.605	1.6440	13.152

表 A-4 NFS read after mount (直接接続)

IO 長	1 回目	2 回目	3 回目	平均 a [MB/s]	スループット b = a*8 [Mbps]
8 [KB]	0.881	0.885	0.811	0.8590	6.872
64 [KB]	0.899	0.911	0.914	0.9080	7.264
256 [KB]	0.900	0.912	0.904	0.9053	7.243
1 [MB]	0.906	0.907	0.909	0.9073	7.259
4 [MB]	0.906	0.901	0.902	0.9030	7.224
16 [MB]	0.905	0.895	0.900	0.9000	7.200

表 A-5 NFS read after write (直接接続)

IO 長	1 回目	2 回目	3 回目	平均 a [MB/s]	スループット b = a*8 [Mbps]
8 [KB]	2.169	2.161	2.208	2.1793	17.435
64 [KB]	2.228	2.224	2.213	2.2217	17.773
256 [KB]	2.166	2.210	2.219	2.1983	17.587
1 [MB]	2.186	2.187	2.184	2.1857	17.485
4 [MB]	2.152	2.143	2.142	2.1457	17.165
16 [MB]	2.152	2.156	2.137	2.1483	17.187

表 A-6 SRFS create write (直接接続)

IO 長	1 回目	2 回目	3 回目	平均 a [MB/s]	スループット b = a*8 [Mbps]
8 [KB]	0.769	0.832	1.394	0.9983	7.9867
16 [KB]	0.055	0.276	0.292	0.2077	1.6613
64 [KB]	0.504	0.579	0.277	0.4533	3.6267
128 [KB]	1.817	2.136	1.952	1.9683	15.7467
512 [KB]	8.728	8.534	8.734	8.6653	69.3227
1 [MB]	5.656	7.424	8.414	7.1647	57.3173
2 [MB]	19.130	19.182	18.857	19.0563	152.4507
4 [MB]	24.590	24.360	24.446	24.4653	195.7227
8 [MB]	26.972	27.003	27.120	27.0317	216.2533
16 [MB]	27.136	27.163	27.228	27.1757	217.4053
32 [MB]	28.042	27.666	27.605	27.7710	222.1680
48 [MB]	26.363	23.950	25.162	25.1583	201.2667
64 [MB]	26.183	23.174	25.665	25.0073	200.0587
80 [MB]	26.038	23.395	26.258	25.2303	201.8427
96 [MB]	26.403	23.915	26.388	25.5687	204.5493

表 A- 7 SRFS overwrite (直接接続)

IO長	1回目	2回目	3回目	平均 a [MB/s]	スループット b = a*8 [Mbps]
8 [KB]	1.098	1.079	1.012	1.0630	8.504
16 [KB]	0.180	0.160	0.126	0.1553	1.243
64 [KB]	0.400	0.482	0.255	0.3790	3.032
128 [KB]	2.218	2.858	0.908	1.9947	15.957
512 [KB]	7.115	6.071	4.834	6.0067	48.053
1 [MB]	10.105	10.254	10.372	10.2437	81.949
2 [MB]	20.170	19.547	19.730	19.8157	158.525
4 [MB]	25.378	25.558	25.381	25.4390	203.512
8 [MB]	28.185	28.256	28.111	28.1840	225.472
16 [MB]	28.284	28.361	28.293	28.3127	226.501
32 [MB]	28.610	28.193	28.659	28.4873	227.899
48 [MB]	27.231	28.091	27.510	27.6107	220.885
64 [MB]	27.917	27.116	27.640	27.5577	220.461
80 [MB]	27.414	27.713	27.677	27.6013	220.811
96 [MB]	28.086	27.547	27.921	27.8513	222.811

表 A- 8 SRFS read after mount (直接接続)

IO長	1回目	2回目	3回目	平均 a [MB/s]	スループット b = a*8 [Mbps]
8 [KB]	0.078	0.160	0.072	0.1033	0.827
16 [KB]	0.561	0.443	0.530	0.5113	4.091
64 [KB]	1.866	2.062	1.922	1.9500	15.600
128 [KB]	3.264	3.260	3.269	3.2643	26.115
512 [KB]	8.549	8.772	8.982	8.7677	70.141
1 [MB]	12.710	12.902	12.818	12.8100	102.480
2 [MB]	20.691	20.340	19.964	20.3317	162.653
4 [MB]	27.639	27.551	27.518	27.5693	220.555
8 [MB]	33.497	33.454	33.390	33.4470	267.576
16 [MB]	34.904	34.558	34.127	34.5297	276.237
32 [MB]	34.512	35.298	34.563	34.7910	278.328
48 [MB]	33.481	33.386	33.379	33.4153	267.323
64 [MB]	33.290	33.339	32.953	33.1940	265.552
80 [MB]	33.200	33.681	33.266	33.3823	267.059
96 [MB]	33.242	33.338	33.153	33.2443	265.955

表 A- 9 SRFS read after write (直接接続)

IO 長	1 回目	2 回目	3 回目	平均 a [MB/s]	スループット b = a*8 [Mbps]
8 [KB]	0.138	0.064	0.099	0.1003	0.803
16 [KB]	0.575	0.484	0.479	0.5127	4.101
64 [KB]	2.033	2.037	2.007	2.0257	16.205
128 [KB]	5.331	5.454	4.939	5.2413	41.931
512 [KB]	8.306	8.779	8.687	8.5907	68.725
1 [MB]	12.599	12.747	12.697	12.6810	101.448
2 [MB]	20.794	20.389	20.434	20.5390	164.312
4 [MB]	27.471	27.445	27.433	27.4497	219.597
8 [MB]	33.374	32.931	33.572	33.2923	266.339
16 [MB]	33.741	34.438	34.311	34.1633	273.307
32 [MB]	34.814	35.139	34.523	34.8253	278.603
48 [MB]	33.480	33.152	33.049	33.2270	265.816
64 [MB]	33.135	33.188	33.096	33.1397	265.117
80 [MB]	33.310	33.208	33.096	33.2047	265.637
96 [MB]	32.921	32.944	32.993	32.9527	263.621

B. VPN 接続

表 B- 1 netperf (VPN 接続)

netperf -l 30 -s 131072 -M [param A]

メッセージサイズ Param A [B]	NIED (つくば) →JAXA (調布) スループット a[Mbps]	NIED (つくば) →JAXA (調布) スループット b[Mbps]
524288	152.98	135.12
2097152	158.56	149.84
8388608	147.18	147.54
33554432	142.95	145.76

表 B- 2 NFS create write (VPN 接続)

IO 長	1 回目	2 回目	3 回目	平均 a [MB/s]	スループット b = a*8 [Mbps]
8 [KB]	0.792	0.605	0.799	0.7320	5.856
64 [KB]	0.936	0.798	0.511	0.7483	5.987
256 [KB]	0.735	0.748	0.595	0.6927	5.541
1 [MB]	0.827	0.783	0.843	0.8177	6.541
4 [MB]	0.932	0.795	0.803	0.8433	6.747
16 [MB]	0.844	0.975	1.048	0.9557	7.645

表 B- 3 NFS overwrite (VPN 接続)

IO 長	1 回目	2 回目	3 回目	平均 a [MB/s]	スループット b = a*8 [Mbps]
8 [KB]	0.686	0.540	0.564	0.5967	4.773
64 [KB]	0.739	0.536	0.482	0.5857	4.685
256 [KB]	0.544	0.590	0.564	0.5660	4.528
1 [MB]	0.861	0.876	0.932	0.8897	7.117
4 [MB]	0.794	0.806	0.819	0.8063	6.451
16 [MB]	0.877	0.856	0.811	0.8480	6.784

表 B- 4 NFS read after mount (VPN 接続)

IO 長	1 回目	2 回目	3 回目	平均 a [MB/s]	スループット b = a*8 [Mbps]
8 [KB]	0.710	0.721	0.747	0.7260	5.808
64 [KB]	0.767	0.725	0.727	0.7397	5.917
256 [KB]	0.749	0.764	0.726	0.7463	5.971
1 [MB]	0.738	0.734	0.732	0.7347	5.877
4 [MB]	0.737	0.745	0.736	0.7393	5.915
16 [MB]	0.738	0.733	0.738	0.7363	5.891

表 B- 5 NFS read after write (VPN 接続)

IO 長	1 回目	2 回目	3 回目	平均 a [MB/s]	スループット b = a*8 [Mbps]
8 [KB]	1.855	1.857	1.810	1.8407	14.725
64 [KB]	1.846	1.855	1.864	1.8550	14.840
256 [KB]	1.860	1.826	1.852	1.8460	14.768
1 [MB]	1.630	1.622	1.659	1.6370	13.096
4 [MB]	1.616	1.638	1.605	1.6197	12.957
16 [MB]	1.597	1.615	1.607	1.6063	12.851

表 B- 6 SRFS create write (VPN 接続)

IO 長	1 回目	2 回目	3 回目	平均 a [MB/s]	スループット b = a*8 [Mbps]
8 [KB]	1.167	1.188	1.089	1.1480	9.184
16 [KB]	0.205	0.494	0.225	0.3080	2.464
64 [KB]	0.962	0.233	0.446	0.5470	4.376
128 [KB]	2.532	2.506	2.532	2.5233	20.187
512 [KB]	7.229	6.254	7.078	6.8537	54.829
1 [MB]	9.828	10.003	9.844	9.8917	79.133
2 [MB]	15.011	15.202	15.319	15.1773	121.419
4 [MB]	21.351	20.167	20.244	20.5873	164.699
8 [MB]	24.037	24.041	23.866	23.9813	191.851
16 [MB]	24.219	24.066	24.117	24.1340	193.072
32 [MB]	19.979	24.109	19.575	21.2210	169.768
48 [MB]	19.126	20.898	22.521	20.8483	166.787
64 [MB]	22.302	20.434	21.778	21.5047	172.037
80 [MB]	22.217	22.586	20.642	21.8150	174.520
96 [MB]	21.333	19.744	21.318	20.7983	166.387

表 B- 7 SRFS overwrite (VPN 接続)

IO 長	1 回目	2 回目	3 回目	平均 a [MB/s]	スループット b = a*8 [Mbps]
8 [KB]	1.186	1.183	1.179	1.1827	9.461
16 [KB]	0.399	0.244	0.450	0.3643	2.915
64 [KB]	0.311	0.719	1.578	0.8693	6.955
128 [KB]	2.503	2.484	2.544	2.5103	20.083
512 [KB]	7.177	6.958	6.866	7.0003	56.003
1 [MB]	10.282	9.635	9.951	9.9560	79.648
2 [MB]	15.097	15.703	15.220	15.3400	122.720
4 [MB]	21.263	20.842	21.311	21.1387	169.109
8 [MB]	24.502	23.508	24.617	24.2090	193.672
16 [MB]	24.970	24.815	22.206	23.9970	191.976
32 [MB]	24.383	23.796	24.278	24.1523	193.219
48 [MB]	20.786	20.511	21.665	20.9873	167.899
64 [MB]	23.474	23.014	19.453	21.9803	175.843
80 [MB]	24.441	22.836	24.072	23.7830	190.264
96 [MB]	24.266	21.883	19.562	21.9037	175.229

表 B- 8 SRFS read after mount (VPN 接続)

IO 長	1 回目	2 回目	3 回目	平均 a [MB/s]	スループット b = a*8 [Mbps]
8 [KB]	0.005	0.003	0.003	0.0037	0.029
16 [KB]	0.497	0.444	0.493	0.4780	3.824
64 [KB]	1.523	1.503	1.521	1.5157	12.125
128 [KB]	2.598	2.466	2.634	2.5660	20.528
512 [KB]	6.897	7.054	6.984	6.9783	55.827
1 [MB]	9.64	9.427	9.692	9.5863	76.691
2 [MB]	15.342	15.544	15.272	15.3860	123.088
4 [MB]	20.917	20.586	20.402	20.6350	165.080
8 [MB]	24.536	24.989	23.854	24.4597	195.677
16 [MB]	26.164	25.722	24.867	25.5843	204.675
32 [MB]	25.716	26.41	25.66	25.9287	207.429
48 [MB]	24.878	25.416	25.123	25.1390	201.112
64 [MB]	26.189	25.462	24.968	25.5397	204.317
80 [MB]	24.88	24.743	25.808	25.1437	201.149
96 [MB]	24.989	25.233	24.661	24.9610	199.688

表 B- 9 SRFS read after write (VPN 接続)

IO 長	1 回目	2 回目	3 回目	平均 a [MB/s]	スループット b = a*8 [Mbps]
8 [KB]	0.010	0.004	0.003	0.0057	0.045
16 [KB]	0.533	0.475	0.498	0.5020	4.016
64 [KB]	1.401	1.458	1.526	1.4617	11.693
128 [KB]	2.483	2.522	2.523	2.5093	20.075
512 [KB]	6.851	6.524	6.890	6.7550	54.040
1 [MB]	9.757	9.763	9.875	9.7983	78.387
2 [MB]	14.409	15.487	14.740	14.8787	119.029
4 [MB]	19.738	19.463	19.545	19.5820	156.656
8 [MB]	25.429	25.142	25.027	25.1993	201.595
16 [MB]	26.103	25.522	24.582	25.4023	203.219
32 [MB]	25.349	24.752	25.400	25.1670	201.336
48 [MB]	25.891	25.516	25.681	25.6960	205.568
64 [MB]	24.926	25.445	25.601	25.3240	202.592
80 [MB]	25.125	25.181	25.433	25.2463	201.971
96 [MB]	25.005	26.059	25.240	25.4347	203.477

宇宙航空研究開発機構研究開発報告 JAXA-RR-05-004

発行 平成 17 年 10 月 31 日

編集・発行 宇宙航空研究開発機構

〒182-8522 東京都調布市深大寺東町 7-44-1

URL : <http://www.jaxa.jp/>

印刷・製本 (有)ノースアイランド

本書及び内容についてのお問い合わせは、下記にお願いいたします。

宇宙航空研究開発機構 情報システム部 研究開発情報センター

〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1

TEL : 029-868-2079 FAX : 029-868-2956

© 2005 宇宙航空研究開発機構

※ 本書の一部または全部を無断複写・転載・電子媒体等に加工することを禁じます。



宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency