

ディスクレス Windows™ 端末の問題点と改善

吉 野 宏 一† 吉 田 仁 進† 安 東 孝 二‡
関 谷 貴 之‡ 中 山 仁 史‡ 前 田 光 教‡

HDD を搭載しないディスクレス Windows 端末には、克服しなければならない問題点がある。問題点の一つであるサーバに置かれた HDD の役割をするイメージファイルとの I/O 処理を改善すれば、多台数の Windows 端末を容易に管理することが可能となり、通常 Windows PC 環境を上回るパフォーマンスが得られると考える。本論文では、これらの問題点を示すと共に、それを解決する手法と、実際に適用した結果について報告する。

Improvement and Acceleration for booting of Diskless Windows Client

HIROKAZU YOSHINO,† SUSUMU YOSHIDA,† KOJI ANDO ‡
TAKAYUKI SEKIYA, ‡ HITOSHI NAKAYAMA ‡ and MITSUNORI MAEDA ‡

“VID” (Virtual Image Distributor) of MintWave CO.,LTD. consists of diskless client hardware and network booting software. This computing model can contribute to the marked decrease of cost and time for system management and maintenance. Also this helps the administrators to keep centralized management of the client environment for every desktop. However overload of the network and “VID servers” which provide I/O services to diskless clients, especially at the large scale site, can be the bottleneck to bring slower booting and poor performance. Hence we did some experiments and measured required time for booting of diskless clients under various system configurations in order to specify the bottleneck and exceed the performance of normal Windows client with hard drives. We speculate how we can improve this problem from server hardware, software and network point of view.

1. はじめに

VID(Virtual Image Distributor)は、ディスクレスによる Windows の端末環境を実現したミントウェーブの製品である。

VID クライアント(以下、端末)は、ハードディスク(以下、HDD)を搭載していない。HDD の代わりに、VID サーバ(以下、サーバ)にあるイメージファイル(以下、VDisk)を使用して動作する。複数の端末が、同じ VDisk を用いて動作するため、一つの VDisk を更新するだけで、それらの端末の環境が更新される。また、HDD を搭載していないため、通常の Windows PC に比べて端末の故障率が削減されるだけでなく、通常 HDD 上に存在するデータや設定情報が、全て VDisk 上にあるため、

故障発生時の復旧が容易である。

このように VID は、通常の Windows PC を用いたシステムと比較して、管理コストの大幅な削減が可能となるため、システム管理者が少ない場合が多い大学などの教育機関において、教育用のシステムとして広く利用されつつある。¹⁾

しかし、1000 台以上の多数の端末で構成される大規模なシステムでは、端末に比べて高性能かつ効果なサーバが多数必要となり、システム全体の導入コストやサーバの管理コストが増加する可能性があることが問題となる。現状の VID では、サーバと端末の台数比は、1:20 である。先に述べた教育機関で利用する場合、端末の台数が 100 台程度の比較的小規模なシステムでは、サーバが数台で済むため、管理コストはさほど大きくないが、1000 台程度の端末を持つシステムでは、サーバの台数が 50 台となり、運用の手間は非常に大きくなる。

そこで、本論文では、サーバと端末の台数比を 1:100 とすることを目標として、これを

† 株式会社ミントウェーブ

MintWave CO.,LTD

‡ 東京大学情報基盤センター

Information Technology Center, The University of Tokyo

* Windows は Microsoft Corporation の登録商標である。

実現する方法を検討し、各種の実験を行った結果について報告する。

2. VID の仕組み

2.1 起動プロセス

図1「起動プロセス」は、端末の電源を投入してから Windows ログオン画面が表示されるまでの端末とサーバとのデータのやり取りを示したものである。

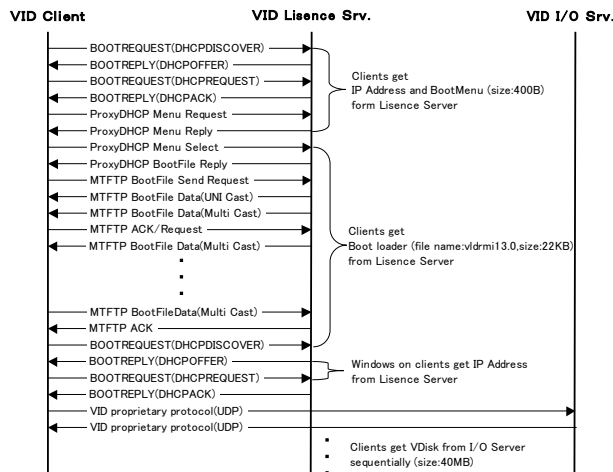


図1 起動プロセス

端末がサーバと通信を開始すると、VDisk は、通常の Windows PC のローカル HDD と同様に扱われる。起動時、VDisk の情報を全て端末にダウンロードされるのではなく、通常の Windows PC がローカルの起動ディスクから読み込む情報を、適宜ネットワーク経由でサーバから読み込む。

図1「起動プロセス」において、端末(図1 VID Client)の電源を投入すると、BIOS が起動し PXE, DHCP サービスにて VID 管理サーバ(図1 VID License Srv.)から Boot Menu を取得する。Boot Menu にて Windows を選択すると Boot Loader ファイルを VID 管理サーバから取得する。その後、端末が VID 管理サーバに問い合わせ、端末が使用する VDisk が割り当てられているサーバ (VID I/O Srv) と接続される。

2.2 VID の特長

(1) 端末イメージの復元が容易

端末利用中に、利用者の不注意やウイルスの感染などで、ファイルを削除したり変更したりしても、実際には VDisk 上のファイルは一切変更されない。変更の記録は、端末のメモリ上にキャッシュとして保存される。端末の動作中は、ファイルが変更

されたように見えるが、電源断によってキャッシュをクリアすると、再度電源を投入した時に元の状態で OS やアプリケーションを利用可能となる。従って、端末を常に同じ状態で運用することが容易である。

(2) 各種デバイスが利用可能

端末は HDD を搭載していない以外は、通常の PC と同様のハードウェアや OS を使用するため、通常の PC と同様のデバイスが利用可能である。

(3) 高負荷アプリケーションに対応

VID は、Windows の Terminal Service を使用するシンククライアントとよく混同される。Terminal Service では、アプリケーションがサーバ上で動作する。端末を増やすと、その分サーバの負荷が大きくなり、端末を増やすことが困難である。しかし、VID は、上記とは異なり、アプリケーションを端末の CPU で処理する。そのため Terminal Service では、不得意であった高負荷アプリケーションが Windows PC と同様に稼動する。

(4) 障害からの復旧が容易

OS やアプリケーション、各種の設定情報が端末上には存在しないため、端末の故障時に障害時に端末を入れ換えた場合でも、データの復旧は不要となり、サーバ上で代替の端末を登録するのみで復旧可能となる。

3. VID の問題点

1 台の端末が、Windows ログオン画面を表示するまでにサーバから読み取るデータ量は約 40MB となる。サーバと端末間の通信量は、起動時が最も多くなり、端末の一斉起動時は、負荷が最も大きくなる。現状の運用において、例えば大学なら講義の開始時、企業なら始業時には、利用者がほぼ同じタイミングで端末を起動することが多いことを考慮すると、サーバとクライアントの台数比を決定するに当たっては、起動時の負荷を削減することが最も重要である。図2「VID 構成例」は、現状の VID システムの構成例であり、サーバの台数と接続される端末の台数の比は、1:20 である。

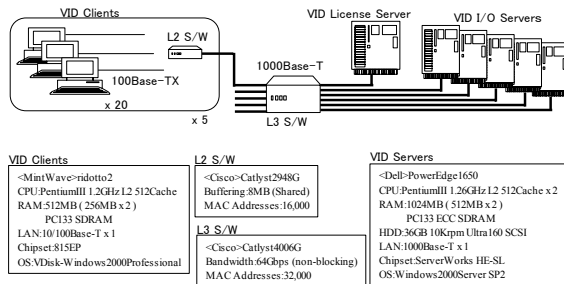


図2 VID構成例

この構成で端末を一斉起動すると、全台の端末が、Windows ログオン画面を表示するまでに要する起動時間は約3分となる。サーバの台数をこの構成より減らした場合、端末の起動時間が長くなるため、ユーザの使用感を考慮すると、これ以上管理コストを低減するのは難しい。ユーザがWindows PC使用時と同様に満足し、かつ管理コストを低減するには、1台のサーバでより多くの端末を処理する必要がある。端末台数が1000台以上の大規模なシステムを想定し、サーバの台数と接続される端末の台数の比を1:20から1:100にしたいと考える。

4. 検討事項

サーバと端末の台数比を1:100にしても、現状の1:20の場合と同様に端末を利用可能にするために、本研究では以下の点を具体的方法について検討する。

4.1 現状のサーバをカスタマイズする

(1) ハードにおいて

サーバに2枚のNIC (1000Base-T) を用いてトランク (trunk) し、サーバのネットワークの帯域幅を広げスループット値を上げる。

(2) ソフトにおいて

VIDの機能であるハイパーブート (マルチキャストブート) を用いて、端末を起動させる。²⁾ ノーマルブートの場合サーバからユニキャストでデータを読み込むのに対し、ハイパーブートの場合サーバからマルチキャストでデータを読み込むので、ネットワークのトラフィックとサーバの負荷も低減される。

4.2 高性能なサーバを使用する

サーバのハードウェアを構成する各種の要素について検討する。

(1) CPU 性能

表1「CPU 演算性能」は、現在VIDのサーバに利用可能なx86系CPUの演算性能を比較したものである。³⁾

表1 CPU 演算性能

CPU	SPECfp_base*2000	SPECint_base*2000
Pentium® III 1.266GHz /512KB L2 Cache	332	555
Xeon™ 2.80GHz /512KB L2 Cache	1010	967
Xeon™ 3.06GHz /512KB L2 Cache	1030	1031
Pentium® 4 2.80GHz /512KB L2 Cache	1176	1107
Pentium® 4 3.20GHz /512KB L2 Cache	1252	1221

同じ動作速度 (Clock) を比較すると、Pentium4 プロセッサは、Xeon プロセッサより約15.4%演算性能が高い。

(2) チップセット性能

表2「仕様比較」は、チップセットの仕様を比較したものである。

表2 仕様比較

機能	ServerWorks HE SL	ServerWorks GC-SL	Intel® 865G
FSB (帯域幅)	133MHz (1.0GB/s)	533MHz (4.2GB/s)	800MHz (6.4GB/s)
Memory (帯域幅)	PCI33 (1.0GB/s)	DDR266 (2.1GB/s)	Dual Channel DDR400/333/266 (6.4GB/s, 5.2GB/s, 4.2GB/s)
I/O Slot (帯域幅)	PCI 64bit/66MHz (530MB/s)	PCI-X 64bit/100MHz (800MB/s)	PCI 32bit/33MHz (133MB/s)
HT Technology	No Support	Support	Support

(a) FSB について

FSBの帯域幅に注目すると、Intel 865G チップセットは、ServerWorks GC-SL チップセットよりも理論値で2.2GB/s 帯域幅が広い。

(b) Memory について

Memoryの帯域幅に注目すると、Intel 865G チップセットは、ServerWorks GC-SL よりも理論値で3.1GB/s 帯域幅が広いことがわかる。

(c) I/O Slot について

I/O Slotの帯域幅は、Gigabit Ethernet CardをI/O Slotに挿入して使用することを前提とした。

ServerWorks GC-SLは、Intel 865G チップセットよりも理論値で667MB/s 帯域幅が

☆ PentiumはIntel Corporationの登録商標である。

☆☆ DELLはDell Inc.の登録商標である。

☆ XeonはIntel Corporationの登録商標である。

広い。しかしネットワークの最大転送速度は、1Gb/s(125MB/s)であるため Intel 865G チップセットの 133MB/s の帯域幅であれば、影響ないものと考ええる。実際にデータを転送し、ネットワークスループット値を測定したところ、ServerWorks GC-SL で約 240Mb/s、Intel(R) 865G で約 267Mb/s と後者が約 10%高かった。

以上(a)(b)(c)から、チップセットの性能差は I/O Slot に依存せず、CPU と Memory 間の帯域幅が上がることで、起動時間が短くなると推測する。

5. 実験

一斉起動は、サーバからマジックパケットを送信し端末に電源を投入した。マジックパケットを送信してから、最後の端末に Windows ログオン画面が表示された時点までを起動時間とし、目視で確認してストップウォッチで計測した。

5.1 サーバ NIC トランク時の起動時間

サーバの NIC をトランクする場合、トランクしない場合と、それぞれの一斉起動時の起動時間を計測した。表 3「機器構成」を使用した。

表 3 機器構成

サーバ	
Dell	PowerEdge1650
OS	Windows2000Server SP3
CPU	PentiumIII 1266MHz x 2
RAM	512MB PC133 SDRAM
HDD	36GB SCSI U160 10Krpm x 1
Chipset	Server Works HE SL
NIC	<Intel>Pro/1000XT x 2
端末	
MintWave	ridotto2
OS	Windows2000Professional (VDisk)
CPU	PentiumIII 1.2GHz
RAM	512MB PC133 SDRAM
HDD	—
Chipset	Intel815EP
NIC	オンボード100Base-TX
スイッチ	
Allied Telesis	CentreCOM8624XL
Port	10Base-T/100Base-TX x 24
拡張スロット	1000Base-T x 2

以下の設定とした。

- ・スイッチの拡張スロットにサーバ 1 台、Port に端末 20 台を接続
- ・<Intel>製 PXE プログラム使用
- ・MTFTP Delay Start 値= 1[s] ☆
- ・MTFTP Time Out 値 = 10[s] ☆

表 4「実験結果」に結果をまとめた。実験 1-a は、サーバの NIC をトランクした場合、実験 1-b は、サーバの NIC をトランクしない場合を示している。

表 4 実験結果

実験	NICトランク	起動時間(秒)
1-a	あり	115
1-b	なし	96

実験結果から、NIC をトランクしても起動時間は短くならず長くなることが分かった。

5.2 ハイパーブート使用時の起動時間

ノーマルブート使用した場合、ハイパーブート☆☆を使用した場合と、それぞれの一斉起動時の起動時間を計測した。5.1 節の表 3「機器構成」を使用し、設定を同じにした。表 5「実験結果」に結果をまとめた。実験 2-a はハイパーブート、実験 2-b はノーマルブートで起動した場合を示している。

表 5 実験結果

実験	起動方法	起動時間(秒)
2-a	Hyper Boot	81
2-b	Normal Boot	95

実験結果から、ハイパーブートを使用すると起動時間は短くなることが分かった。

5.3 高性能サーバ使用時の起動時間

高性能なサーバを使用した場合の一斉起動時の起動時間を計測した。表 6「機器構成」を使用した。

☆ この MTFTP の設定は、端末の要求から 1 秒後に Boot Loader ファイルを送り、端末が 10 秒間受信状態になることを意味する。

☆☆ハイパーブートの設定は、Variable 値 = 10[s]とした。こうすると、端末の要求が 10 秒間発生しないと、サーバからマルチキャストデータが送信される。

表6 機器構成

サーバ(a)	
OS	Windows2000Server SP3
CPU	PentiumIII 1266MHz x 2
RAM	512MB PC133 SDRAM
HDD	36GB SCSI U160 10Krpm x 1
Chipset	Server Works HE SL
NIC	<Intel>Pro/1000XT
サーバ(b)	
OS	Windows2000Server SP3
CPU	Xeon 2.0GHz
RAM	1024MB PC2100 DDR- SDRAM
HDD	36GB SCSI U320 10Krpm x 1
Chipset	Server Works GC-SL
NIC	<Intel>Pro/1000-MT
サーバ(c)	
OS	Windows2000Server SP3
CPU	Pentium4 3GHz x 1
RAM	1024MB PC3200 DDR-SDRAM
HDD	80GB IDE U-ATA 7200rpm x 1
Chipset	Intel865G
NIC	オンボード 1000Base-T
端末	
MintWave	ridotto2
OS	Windows2000Professional (VDisk)
CPU	PentiumIII 1.2GHz
RAM	512MB PC133 SDRAM
HDD	—
Chipset	Intel815EP
NIC	オンボード100Base-TX
L3スイッチ	
Cisco	Catalyst4006G
Port	10/100/1000Base-T x 24
拡張スロット	1000Base-SX x 5
L2スイッチ	
Cisco	Catalyst2948G
Port	10Base-T/100Base-TX x 48
拡張スロット	1000Base-SX x 1

以下の設定とした。

- ・ L3 スwitchの Port にサーバ(a) (b) (c) 各 1 台, L2 スwitchの Port に端末 20 台を接続し, 5 台の L2 スwitchの拡張スロットと L3 スwitchの拡張スロットを接続
- ・ <Intel>製 PXE プログラム使用
- ・ MTFTP Delay Start 値= 1[s]
- ・ MTFTP Time Out 値 = 10[s]

表7「実験結果」に結果をまとめた。実験 3-a はサーバをサーバ(a)とした場合, 実験 3-b はサーバをサーバ(b)とした場合, 実験 3-c はサーバをサーバ(c)とした場合を示している。各実験の 20 台/50 台/100 台とは, 起動した端末の台数を変化させた場合の

起動時間を示している。

表7 実験結果

実験	サーバ	起動時間(秒)		
		20台	50台	100台
3-a	(a)	147	224	936
3-b	(b)	95	175	337
3-c	(c)	78	127	233

実験結果から, 高性能なサーバほど, 起動時間は短くなることが分かった。

6. 考察

5.1 節の実験結果より, サーバの NIC をトランクしてネットワークの帯域幅を広げても, CPU のリソース不足となりスループット値が十分に出せない。また, CPU の高負荷状態が続き端末からの要求に応えられず起動時間が長くなったと考える。本報告では対象としていないが, NIC トランク時 CPU をより高性能なものにすることで CPU のリソース不足が解決し起動時間が短くなるのではないかと期待される。

5.2 節の実験結果より, ハイパーブートを使用するとノーマルブートよりも起動時間が短くなることが分かった。サーバの性能がより高性能なものであれば, さらに起動時間を短くなることが推測される。Network 機器の性能の検証と合わせて今後も追及したいと考える。

5.3 節の実験結果より, CPU と Memory 間の帯域幅を増やすことが最も効果があることが分かった。表7「実験結果」からも分かるようにノーマルブートであっても 80 台の端末で 3 分以内の起動が実現可能であると考え。ハイパーブートと併用すれば, 目標であったサーバと端末の比, 1:100 が実現されると考える。

7. 終わりに

VID は, 大規模なシステムにおいて, より“手間が掛からないシステム”として運用可能となるように, サーバの台数と端末の台数の比を現状の 1:20 から 1:100 へとすることを課題とし, 各種条件を変え起動時間を測定し考察した。結果として, 1:80 は実現可能であり, 現状と比較してサーバの台数を 1/4 に減らせることが明らかになった。

今後は, サーバ, 端末の台数比 1:100 を実現するために, 高性能なサーバを用いた上で, ハイパーブートで起動する, また, より

高性能なネットワーク機器を利用した実験を行う予定である、

端末上で稼動するアプリケーションの検証として、本報告では対象としていないが、VIDの端末を使用して3Dグラフィックソフト、プログラミング開発ソフト等の高負荷アプリケーションを動作させてみた。ページングファイル先を端末のMemoryに指定することで、通常のWindows PCで動作させた場合と遜色なく稼動した。

今後、更にVIDの性能を上げるため、次の様なことに既に取り組んでいる。一点目は、サーバで稼動するVIDソフトのプログラムをスレッドから見直し、レスポンスを上げることである。二点目は、Linux OSのサーバ上で稼動するVIDソフトを開発することである。Windows OSのサーバでは、WindowsのOSの構造上、常に余計なサービスが並行して動作しており、I/Oサーバの性能を向上させるのが困難であった。しかし、Linux OSであれば、OSのカスタマイズが可能なこと、LinuxやUNIXの世界では複数台のサーバを管理するための便利なツールやノウハウが蓄積されていることから、1台のサーバでより多くの端末が処理可能となり、サーバの管理もより容易になるのではないかと期待される。また、VIDクライアントをディスクレスWindowsとディスクレスLinuxとしてデュアルブートで使用する場合、現状Windows OSのサーバとLinux OSと二つのサーバが必要である。しかし、Linux OSのサーバでディスクレスWindowsが処理されれば、デュアルブートであってもLinux OSのサーバ一つで済むことになる。

サーバ管理がさらに低減される“手間が掛からないシステム”を追い求めていきたいと考える。

参考文献

- 1) 江藤 博文, 田中 芳雄, 松原 義継, 只木 進一, 渡辺 健次, 渡辺 義明: ディスクレス Windows 端末による演習室端末群の安定運用, 情報処理学会研究報告 vol2003, No38, pp. 19 - 24 (2003)
- 2) 関谷 貴之, 安東 孝二, 中山 仁史, 前田 光教, 吉田 進, 吉野 宏一: ディスクレス Windows™ 端末起動時の所要時間の評価, 情報処理学会研究報告 vol2003, No38, pp. 25 - 30 (2003).
- 3) Intel Corporation, <http://www.intel.com/>, (2003)