

## ディスクレス Windows<sup>TM</sup> 端末起動時の所要時間の評価

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

教育用の大規模な計算機システムを導入するに当り、Windows 環境を利用したいとの教職員・学生の要望は無視できない状況になっている。しかし、Unix 系の OS による、NFS を用いたディスクレスの端末や X 端末を用いたシステムに比べて、Windows PC を用いたシステムでは多数の端末を常に同じ状態で管理することが困難であった。一方、ミントウェーブ社の VID (Virtual Image Distributor) は、ディスクレスによる Windows の端末環境を実現し、Window ベースのシステムの管理・運用コストを大きく削減する可能性を持っている。我々は、この VID を本学の教育用計算機システムとして運用可能かを判断するための基礎的な実験として、各種の条件を変えて、起動時間などを測定した。そこで、この実験結果について報告する。

## Evaluation of Required Time for Booting up Diskless Windows PC

TAKAYUKI SEKIYA,<sup>†</sup> KOJI ANDO,<sup>†</sup> HITOSHI NAKAYAMA,<sup>†</sup>  
MITSUNORI MAEDA,<sup>†</sup> SUSUMU YOSHIDA<sup>††</sup> and HIROKAZU YOSHINO<sup>††</sup>

Even in the universities we cannot escape from the professors' and students' requests for MS Windows Desktop. Indeed it is more difficult to manage Windows PC stably rather than UNIX-based PC. However, VID (Virtual Image Distributor) of MintWave CO.,LTD. made it possible to manage a lot of Windows PC with a few servers. This means it reduces the TCO of large Windows-PC-based computer system which includes the administration cost. We did some experiments and measured required time for booting up PCs under variety of conditions in order to determine whether VID is really suitable for our system. This paper reports the result.

### 1. はじめに

大学において教育用の大規模な計算機システムを導入するに当り、Windows<sup>TM</sup> 環境を利用したいとの教職員や学生の要望は次第に無視できない状況になっている。しかし、Unix 系の OS による、NFS を用いたディスクレスの端末や X 端末を用いたシステムに比べると、Windows PC を用いたシステムでは、講義に備えて、多数の端末を常に同じ状態に維持することが難しく、端末故障時の復旧に時間がかかるなどの問題があり、管理が困難であった。一方、ミントウェーブ社の VID (Virtual Image Distributor) は、ディスクレスによる Windows の端末環境を実現し、Window

ベースのシステムの管理・運用コストを大きく削減する可能性を持っている。

本報告では、最初に教育用の計算機システムにおける Windows 環境の必要性やその実現に必要な条件などについて検討する。次に、Windows 環境を実現する方法の一つである VID が、本学の教育用計算機システムとして相応しいかを判断するために、予備的な実験として行った各種の条件下で端末の起動に要する時間を計測した結果について報告する。

### 2. 教育用計算機システムにおける Windows

#### 2.1 教育用計算機システムの必用条件

本学では平成 15 年度末に教育用計算機システムの更新を控えており、現在システムの要求仕様を検討している。教育用計算機システムでは、一般教養教育としてのコンピュータリテラシーやプログラミングの講義を行うに当たり、数百台の端末で様な環境を提供する必要がある。一方システムの管理を行うスタッフの数は限られているため、如何に管理コストを削減す

<sup>†</sup> 東京大学情報基盤センター  
Information Technology Center, The University of Tokyo  
<sup>††</sup> 株式会社ミントウェーブ  
MINTWAVE CO.,LTD.  
Windows は Microsoft Corporation の登録商標である。

るかは大きな問題である。特に法人化を間近に控えている状況では、以前にも増して大学においても TCO の削減が強く求められている。

また、市場を出回る計算機のソフトウェアやハードウェアが急速に進歩するのに対して、教育用計算機システムは、4,5年に一度しか更新出来ない。従って、少なくともシステムの導入時には、出来るだけ長期利用に耐える高性能な計算機を用意することが求められる。

これらを実現するには種々の工夫が考えられるが、これまでの教育用計算機システムの運用の経験<sup>2),3)</sup>等から、次の事項が必要条件であると我々は考えている。

#### (1) 端末をディスクレスにすること

計算機に限らず、機械的に動作する部品の故障率は、それ以外の部品に比べて大きいことが経験的に分かっている。具体的には計算機では HDD や FDD などの部品である。本学の教育用計算機システムは 1,000 台以上の端末で構成され、これがキャンパス内の各所に分散して配置されている。従って、端末の故障率を極力小さくして、障害発生の可能性を減らすと共に、たとえ故障した場合もその復旧が容易にする必要がある。これを実現するには、HDD を無くして、個々の端末には設定情報などを保持しない端末を用いることが必須であると考えている。

因みに、現行の教育用計算機システムではディスクレスの端末が 1,600 台ある。導入後 4 年を経た現在までに故障した端末の累計台数は、システム導入時の初期故障を除けば、10 台未満に過ぎない。

#### (2) 端末自体を高性能にすること

先の条件 (1) を実現する具体的手段としては、例えば X 端末のように端末上では X Server が動作するだけで、実際のアプリケーションはサーバ上で動作させるものがある。しかし、このサーバ上で多数の端末のプロセスを実行して、端末の利用者が満足出来る環境を実現するには、非常に高速な CPU や大量のメモリを用意する必要がある。単純化すれば、1 台の端末の性能アップ分に、1 サーバが面倒を見る端末の台数をかけただけの性能アップを、サーバ上で実現しなければならない。

一方現在では、家庭用の一般の PC でも、サーバ機と比較しても遜色ないような性能を持つ、高速な CPU や大容量のメモリが利用されており、なおかつそれが比較的安価に入手できる。このような現状では、個々の端末の性能アップを図った方が、サーバの性能アップよりも安価に実現でき、端末のアプリケーションはサーバ上ではなく、各端末のハードウェアの上で動作させるべきだと我々は考えている。

#### (3) サーバの数を減らすこと

何らかの技術を用いて個々の端末の管理コストを小さくしても、その技術の実現に多数のサーバを運用する必要があっては、結局サーバの管理コストが大きくなり意味がない。サーバ自体の運用コストを削減する手法も各種考えられるが、1 つのサーバに依存する端末の数を増やして、サーバの数を減らすことが肝要である。

このサーバとクライアントの台数比について、特に目安はないが、本学の現在の教育用計算機システムでは、1,600 台の端末に対して Windows NT TSE が動作するサーバが 25 台で、次期システムでは Windows のサーバの数を現状と同数程度に出来ることが望ましいと考えている。因に、現在の教育用計算機システム的设计時には、担当のスタッフが管理できるサーバの数は、経験則から 100 台以下と見積もり、ファイルサーバや Web サーバなどを含めて約 100 台程度のサーバでシステムを構成している。

#### 2.2 Windows の必要性

本学の教育用計算機システムでは、コンピュータリテラシーなどの講義が UNIX ベースで行われることや、システムの管理者自身が UNIX に慣れ親しんできた等の理由から、主に UNIX を中心とするシステムを構築・運用してきた。

一方、システムの利用者たる学生や教官に、どのような端末が必要かとの意見をアンケートなどで聞くと、Windows 環境が欲しいとの要望が多い。これには二つの理由が考えられる。一つには、利用者の多くが家庭で Windows を使っており、大学においても同じ環境を利用したいということ。もう一つは、Windows でしか動かないソフトを使いたいというものである。

システムを管理・運用する立場としては、個人が所有する PC と同じ環境を、大規模なシステムで実現することは出来ないとか、UNIX でも Windows 上のアプリケーションと同様の機能を実現するソフトは存在する、などと主張したいところではある。しかし、Windows など特定の OS でしか動作しない商用のアプリケーションが存在するなど、利用者の意見にも尤もなところはあり、学内にサービスを提供する立場でもある以上、ある程度要望に応えざるを得ない。従って、Windows を如何に効率的かつ安全に運用するかは、教育用計算機システム的设计において重要な問題となっている。

同時に TSE を利用可能なクライアントは全体で 1,000 台である。

### 2.3 Windows 環境の比較

このような背景の下で、Windows 環境を教育用計算機システムとして実現するには、次のような方法が考えられる。

#### (1) Terminal Services

Windows 2000 Server をサーバとして、専用のクライアントソフトで接続することで、サーバ上でアプリケーションを実行可能にする仕組みである。本学の現在の教育用計算機システムでは、旧バージョンに相当する Windows NT Server 4.0 Terminal Server Edition(TSE) を利用している。現行の Terminal Services を利用していないため、正当な評価が出来ないが、TSE では通常の Windows で動作する一部のアプリケーションが動作しないなどの問題があった。

また、アプリケーションがサーバ上で動作することや、1 サーバ当りのクライアントの台数が限定される等から、2.1 節の (2),(3) の要件を充たすものではない。

#### (2) vmware™ (1)

仮想マシン技術によって、インテルアーキテクチャの PC 上に、異なる OS を動作可能にする製品で、Linux が動作する PC 上で Windows が利用可能になる。個々の端末の上で vmware を動作させることで、Windows のサーバを必要とせず、2.1 節の (3) の要件を充たすと共に、近年 vmware の性能の改良が進められ、2.1 節の (2) の要件もある程度充たしつつある。しかし、大きなサイズの仮想マシンのイメージファイルを用いて、ディスクレスの端末上で vmware を動作させることに懸念があり、2.1 節の (1) の要件を完全に充たすとは言い難い、また、全体的に性能が向上したとはいえ、PC 上で直接 Windows を動作させる場合に比べると、グラフィック性能などが悪くなるのは否めない。

#### (3) VID

本報告で取り上げる VID の場合、Windows はディスクレスの端末上で動作し、2.1 節の (1), (2) の要件を充たすと考えられる。但し、2.1 節の (3) の要件については、1 サーバに対して 30 台程度のクライアントを接続した環境での実績が既にあるが、クライアントの数を増やせないかの検証が必要である。

そこで、VID が本学の教育用計算機システムとして相応しいかを判断するための予備的な実験として、各

---

本学の教育用計算機システムでは、1 サーバで 25 クライアントの接続を許しているが、SAS などの大きなアプリケーションを、クライアント上で一斉に動かすと、OS がハングアップして reboot しなければならなくなる障害が度々起きている。

vmware は VMware, Inc. の登録商標である。

種の条件下で端末の起動に要する時間を計測することとした。

### 3. VID の概要

ここで、改めて VID の特徴について触れ、特に本報告で注目した起動時の挙動に関連して、起動プロセスについて説明する。

#### 3.1 特徴

VID は、通常の Windows PC ではローカルの HDD に入っている OS やアプリケーションなどのデータを、Vdisk と呼ぶ一つのファイルとして、予めサーバ上に作成し、必要に応じてこのファイル上のデータをクライアントとやりとりすることで、クライアント上で TSE ではない通常の Windows を動作可能にする仕組みである。その特徴としては以下のものが挙げられる。

##### (1) 通常の Windows PC と同様利用可能

ユーザにとっては、通常の Windows で動作するアプリケーションやデバイスを利用可能である。

##### (2) 端末の管理が容易

Vdisk の中にあるファイルを端末上で編集しても、端末の電源の再投入で元の状態に戻せるため、OS などの環境を常に同じ状態に保つことが可能である。

##### (3) 端末の障害復旧が容易

端末上に HDD が不要で故障率を減らせると共に障害時の復旧が容易である。

#### 3.2 起動プロセス

VID では、端末の起動に必要な OS の一部などのデータとして、サーバからクライアントに 50-80MB のデータを送信する必要があり、起動時のトラフィックは一時的に数十 Mbps になる。データの送信方法には、“NormalBoot” と呼ぶ IP unicast を用いるものと、“HyperBoot” と呼ぶ IP multicast を用いるものがある。NormalBoot では先に述べたトラフィックが、個々の端末とサーバとの間で流れるため、複数の端末を同時に起動するような場合は、サーバやネットワークに大きな負荷がかかるが、HyperBoot では、同じタイミングで起動する限りにおいては、トラフィックを大きく削減できると期待される。以下では両方式の違いに触れながら、VID の起動プロセスについて説明する。

(1) 電源投入後、端末は DHCP によって IP アドレスと PXE ドライバを取得する。

(2) PXE ブートした端末は、Vdisk に関する情報などを管理するサーバ (Login サーバ) から、次段階に必要な情報である Windows 起動用 BootStrap を取得する。この通信のプロトコ

- ルは TFTP, MFTFTP のいずれかを選択でき, MFTFTP を使うことが推奨されている.
- (3) 次に Login サーバから, Vdisk の本体を提供するサーバ (I/O サーバ) の情報などを取得する. このプロセスでは, VID の独自プロトコルを用いており, IP unicast で通信が行われる.
  - (4) 最後に起動に必要な Vdisk を I/O サーバから取得する. Vdisk は, 起動プロセスで送られるデータの中で最も大きい. この段階では, 前段階と同様に独自プロトコルを用いているが, HyperBoot では IP multicast によって通信が行われる. また, HyperBoot では, 1 台の端末が Vdisk を要求すると, 一定時間返答を保留してから Vdisk を IP multicast で送信する. これによって, この一定時間の間に Vdisk を要求した他の端末も同時に Vdisk を受け取る.
  - (5) 端末上で Windows が起動する.

### 3.3 検討事項

VID を教育用計算機システムに導入を検討するに当たり, 次の点を確認する必要がある.

#### (1) 通常の Windows と同様の性能を示すか

2.1 節の (2) を充たすためには, VID がローカルの HDD を用いる通常の PC と同様の性能を示すかを確認しなければならない. 特に講義の開始時のように, 端末を一齐に起動する場合には, サーバ・クライアント間の通信量が多くなり, 通常の PC よりも起動に時間がかかるのではないかと懸念がある

#### (2) サーバやネットワーク機器は容易に調達・運用可能か

2.1 節の (2) や (3) を充たすには, VID のシステムを運用するために, サーバが多数必要であったり, 特殊なネットワーク環境が必要でないかを確認しなければならない.

## 4. 実験

以下では, 各種の条件下で行った端末の起動時間等を計測する実験について結果を報告する. 尚, 端末の電源投入と Windows の起動は, サーバ上で動作する VID 専用の管理ツールを用いて, クライアントに起動用のマジックパケットを送信して行った. また, 端末上の Windows は自動的に特定のユーザでログオンする設定にしておき, デスクトップ画面が表示された時点で起動完了と見なした. マジックパケットを送ってから, 目視でデスクトップが表示されたことを確認出来た時点までを, ストップウォッチで計測して起動時間とした.

### 4.1 VDISK と通常の HDD 起動との比較

3.3 節の (1) を確認するために, CPU, メモリなどのハードウェア構成を同一にして, VID のクライアントとして起動した場合と, ローカルの HDD で起動した場合の, 起動時間の比較を行った. サーバとクライアントの詳しいハードウェアスペックを表 1 にまとめた. 尚, サーバは DHCP サーバ, Login サーバと I/O サーバを兼ねている.

表 1 HDD 起動との比較実験の構成表

サーバ	
OS	Windows 2000 Server SP2
CPU	Pentium III 1.13GHz FSB133 512KB L2 Cache
RAM	SDRAM 512MB
HDD	SCSI Ultra 160 18GB 15,000 rpm
NIC	100Base-TX
クライアント	
OS	Windows XP Professional
CPU	Pentium 4 2.4GHz
RAM	SODIMM 256MB (133MHz)
HDD	Ultra ATA EIDE 10GB 10,000 rpm (HDD 起動時に利用)
NIC	100Base-TX

本実験での起動時間を 2 にまとめた. 実験 1-a は, ローカルの HDD で起動した場合, 実験 1-b は実験 1-a で用いた HDD から作成した Vdisk を用いて起動した場合, 実験 1-c は Windows XP のライトフィルタ (差分蓄積機能) を使わずに Vdisk を起動した場合を示している.

表 2 HDD 起動との比較実験の結果

条件	起動時間 (秒)
1-a	37
1-b	83
1-c	38

実験結果から, 少なくともサーバ 1 台, クライアント 1 台という環境では, VID は通常の PC と同程度の速さで起動することが分かる.

### 4.2 端末の一齐起動時の起動時間

3.3 節の (2) を確認するために, 各種の条件下で端末の一齐起動にかかる時間を測定した. 比較のために変更した条件は次の 2 点である.

#### (1) VID の起動方法

NormalBoot(サーバ・クライアント間の通信が IP unicast) と HyperBoot (サーバ・クライアント間の一部の通信が IP multicast) との違い.

#### (2) サーバの NIC

100Base-TX と 1000Base-T .

実験は図 1 に示すように、DHCP サーバ、Login サーバ、I/O サーバを動作させる 1 台のサーバと、VID のクライアントとなる端末 47 台を一つのスイッチに接続した単純な構成で行った。ハードウェア構成などについて詳しくは表 3 にまとめた。

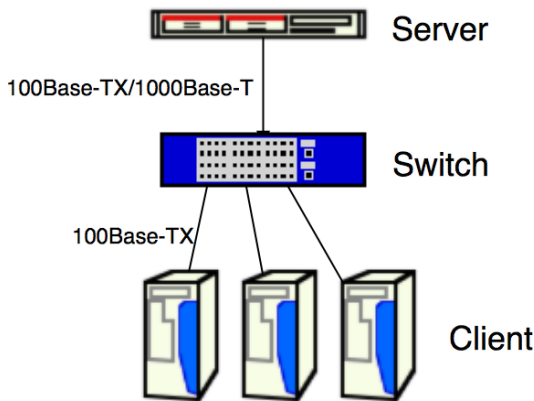


図 1 実験環境の機器構成図

表 3 HDD 起動との比較実験の構成表

サーバ	
OS	Windows 2000 Server SP2
CPU	Pentium III 1.26GHz x 2
RAM	SDRAM 1024MB
HDD	SCSI Ultra 320 36GB 10,000 rpm
NIC	100Base-TX/1000Base-T
クライアント	
OS	Windows 2000
機種	ridotto 2
CPU	Pentium III 1GHz
RAM	SDRAM 512MB
HDD	-
NIC	100Base-TX
スイッチ	
機種	NETGEAR FSM750S
Port	1Gbps x 2, 10/100Base-TX x 48

実験結果を表 4 に示す。トラフィックは、スイッチのユーティリティで 10 秒毎に更新される値のうち、起動プロセスの間で最も大きな値である。端末は一齐に電源を投入するが、起動に要する時間にはばらつきがある。表 4 の起動時間は、最後の端末が Windows のデスクトップを表示するまでに要する時間を示している。

この実験からは、サーバ側の NIC が 1000Base-T の場合は、NormalBoot でも HyperBoot でも違いが少ないが、100Base-TX の場合は、HyperBoot によ

表 4 HDD 起動との比較実験の結果

実験	起動方法	サーバ側 NIC	トラフィック (Mbps)	起動時間 (秒)
2-a	HyperBoot	1000Base-T	約 100	約 170
2-b	HyperBoot	100Base-TX	約 100	約 240
2-c	NormalBoot	1000Base-T	約 320	約 158
2-d	NormalBoot	100Base-TX	約 100	約 380

て端末の起動時間が 2 分以上短縮され、1000Base-T での起動時間とも 1 分程度しか変わらないことが分かった。但し HyperBoot では、1,2 台の端末が起動プロセスの途中でタイムアウトとなり停止することがあった。

## 5. 考 察

4.1 節の実験で、端末のローカルの HDD で起動した場合と、VID で起動した場合とで、起動時間に大きな違いがないことから、少なくとも起動時の性能に関しては通常の Windows と比較して遜色なく利用可能であることが分かった。本報告では対象としていないが、Web ブラウザや Office ツールなどのソフトもほぼ通常通り動作することを確認している。従って、3.3 節の(1)で述べた点に関しては、VID は通常の Windows と同等の性能を示し、ユーザにとっては特殊なシステムと認識されることはないと期待される。

4.2 節の実験では、サーバ側の NIC は 100Base-TX であっても、HyperBoot を使えば起動時間を大きく短縮でき、サーバ側の NIC5 を 1000Base-T の 1.5 倍以内の時間で起動できることが分かった。本学の教育用計算機システムで VID を運用することを想定すると、VID のサーバをセンターのサーバ室に設置し、端末をキャンパス内のセンターから離れた教室に設置する場合、教室とセンターとの間のネットワークの帯域が 100Mbps であっても、さほど長くない時間で一齐起動が可能であることが分かった。

HyperBoot で、一部の端末が起動プロセスの途中で停止する原因としては、多くの端末が同時に起動した時に、出遅れた端末が起動プロセスの中で必要なデータの取得がタイムアウトで失敗し、定められたリトライの回数を繰り返してもデータが得られないことにある。サーバが完全にハングアップするわけではないので、タイムアウトの時間やリトライの回数を調整すれば問題は解決可能だが、いずれにしても当該端末の起動は他の端末に比べて大きく遅れてしまう。根本的にはサーバの性能を上げる必要があるだろう。

## 6. 終 り に

我々は、VID を本学の教育用計算機システムとして

運用可能かを判断するための基礎的な実験として、各種の条件を変えて、起動時間などを測定した。結果として、少なくとも起動時に関しては、1 サーバに対して 50 台程度のクライアントを割り当てても、ほぼ問題なく動作することが分かった。

今後は起動時だけではなく実際に Windows を利用している状況でのレスポンスの評価などを行いたいと考えている。

#### 参 考 文 献

- 1) VMware, Inc., <http://www.vmware.com/>, (2003).
- 2) 吉岡 顕, 田中 哲朗, 安東 孝二: 低 TCO を目指した大規模教育用システムの設計, 情報処理学会分散システム/インターネット運用技術シンポジウム 2000 論文集, pp. 1-6 (2000).
- 3) 吉岡 顕, 田中 哲朗, 安東 孝二: 1,600 台のインターネット端末をつないだ - 東京大学教育用計算機システム (ECCS) -, 情報処理, Vol. 41, No. 10, pp. 1122 - 1177, (2000).