

仮想化システムを利用した演習端末室の構築

Construction of computer system for PC rooms for education using Virtualization Technology

浜元 信州 †, 井田 寿男, 齋藤 貴英, 酒井 秀晃, 小田切 貴志,
久米原 栄

Nobukuni HAMAMOTO, Hisao IDA, Takahide SAITOH, Hideaki SAKAI, Takashi OTAGIRI,
Sakae KUMEHARA

n.hamamoto@gunma-u.ac.jp†

群馬大学総合情報メディアセンター
Library and Information Technology Center, Gunma University

概要

群馬大学学術情報基盤システムは、2013年4月より新システムの稼働を開始し順調に稼働している。新システムは、データセンターを活用することによって、災害等にも配慮した運用継続性の高いシステムとなっている。また、仮想化技術を利用することで、物理サーバ数の少ない省電力・省スペースなサーバ群となった。複数キャンパスに分散していた35台の物理サーバは、5台の仮想化基盤サーバ上で動作する仮想マシンへと集約された。教育用端末には画面転送方式のシンクライアントを採用し、600台の教育用端末は12台の端末仮想化基盤サーバに集約された。これらの物理サーバ全てがデータセンターに設置されているため、災害時の継続運用も可能である。

本システムの教育用端末121台を利用して端末のセキュリティアップデートに要した時間は、2時間以内に収まった。また、2地区の教育用端末61台、121台を利用して一斉起動時間を測定したところ、平均して50秒以内であり、運用上問題のない時間に収まることが分かった。

Abstract

The Gunma university academic information infrastructure system replaced in april 2013 is working without serious troubles. Using the virtualization technology and the data center, we construct highly dependable system where the system does not stop in case of disasters. By using virtual servers, we aggregate 35 physical servers to 5 physical servers and 600 terminals for education is also aggregated to 12 physical servers. These physical servers are located in the data center, which enables us to run these servers in case of disasters.

We apply security patch of march 2013 for windows 7 to 121 terminals within 2 hours which indicates the update of terminals finish during night time. We simultaneously boot up 61 and 121 terminals with measuring boot up time of each terminals. The average of boot up time is less than 50 seconds which can be regard as reasonably short for using the terminals in the computer aided class of our university.

キーワード

災害対策, シンクライアント, 仮想化システム
Keywords

Disaster contingency planning, Thin client, Virtualization

1 はじめに

群馬大学は、4学部5研究科からなる国立大学法人であり、学生約6,500人、教職員約2,500人の構成員が在籍している。学部は、教育学部、社会情報学部、医学部、及び、理工学部の4学部、研究科は、教育学研究科、社会情報学研究科、医学系研究科、保健学研究科、及び、理工学部の5研究科から構成されている。全ての学部・研究科に理系分野を専門とする教員が在籍しているという意味で、理系系にやや偏った人員構成の大学である。大学は4キャンパスにわたる分散構成であり、教育学部、社会情報学部、及び、事務局本部が設置されている荒牧キャンパス、医学部、医学部附属病院が設置されている昭和キャンパス、理工学部の設置されている桐生キャンパス、及び、理工学部の一部研究室が設置されている太田キャンパスからなる。荒牧キャンパス、昭和キャンパスは、群馬県前橋市内にあり、直線距離でおよそ3km離れて位置している。桐生キャンパスは群馬県桐生市内にあり、昭和、荒牧キャンパスからの直線距離はそれぞれ25km、27kmである。太田キャンパスは群馬県太田市内にあり、桐生キャンパスからの直線距離が14km、荒牧キャンパスからの直線距離が33kmである。

群馬大学では、2013年4月の学術情報基盤システム更新を目指して、2011年頃より、次期システムのための検討を開始していたが、2011年3月に、東日本大震災が発生した。群馬大学では、幸いにも、地震そのものの影響による機器等の破損は無かったが、地震発生時の停電、その後の計画停電により、サーバ、及び、ネットワーク停止に至り、教育研究に与えた影響は小さいとは言えないものであった。また、情報基盤システムは頻繁な停電を想定したシステムではなかったことから、停電前の準備作業、停電後の復帰作業の負担は小さくはなかった。このため、次期の基盤システムでは災害時を想定したシステム運用を真剣に検討することとなった。

一方で、総合情報メディアセンターで提供するメールやウェブホスティング等のサービスを、キャンパス毎に配置されたサーバ上で行っていたことから、管理負担が大きという問題点があった。現在ではメール、ウェブ等のサービスは一般に普及し、キャンパスごとに特殊な運用を行う必然性が薄れてきているため、全てのサービスを全学統一の基準で運用する方向でサービスの変更を進めてきたが、情報基盤システムの更新は、全学でのサービス統一化を進める上で絶好の機会であった。

このような事情から、基盤システムでは、ほぼ全てのサーバを一カ所に集中させ、統一した設定でのサービス提供、管理を行うこととした。また、災害対策を考慮し、サーバは原則として、群馬大学学術情報基盤データセンター（以下、基盤DC）1カ所に集中させることとした。分散キャンパスの利点を生かし、複数キャンパス

へサービスを分散させるという可能性もあったが、複数キャンパスのサーバ室等の整備にかかる経費や管理負担を考慮すると、1カ所の強固な拠点を作ることによって、サービスの安定性、可用性を高める方がよいとの結論となった。このため、今回は、図1に示すように、荒牧キャンパスと群馬県SINETノードである前橋DC間は10Gbpsで接続し、昭和キャンパス、桐生キャンパスと前橋DCの間は1Gbpsで接続を行った。各キャンパス間でL2VPN接続することによって、キャンパス間接続を行っている。各キャンパスに加えて、基盤DCもSINETと10Gbpsで接続し、各キャンパスとL2VPN接続を行うことによりキャンパス間ネットワークを構築した。

次節以降では、このような経緯で導入された群馬大学学術情報基盤システムの概要を述べ、VMWare Viewを利用して端末仮想化を行った教育用端末について、その詳細と運用状況を述べる。

2 システム概要

群馬大学学術情報基盤システムは、全学ネットワークシステム、仮想化基盤システム、教育システム、認証システム、ネットワークサービス運用システム、図書館情報システムからなり、群馬大学総合情報メディアセンターが中心となって構築、運用を行う、群馬大学の情報基盤となるシステムである。

全学ネットワークシステムは4キャンパスとデータセンターを結ぶコアスイッチ部分を構成し、その他のフロアスイッチ等は、本システムには含まない。仮想化基盤システムは、仮想化基盤サーバ5台、ファイルサーバ等からなる、仮想化されたサーバを運用するために必要なシステムである。教育システムは、教育用端末、プリンタ等であり、各キャンパスの演習室、及び、図書館に設置され、コンピュータを利用した授業や自習のために用いられる。認証システムは、教育用端末の他、本学の18の情報システムで利用されている全学認証アカウントのための認証システムである。ネットワークサービス運用システムは、仮想ドメインを利用したウェブホスティングサービス、メールサービス、DNS、全学Moodle等のネットワークを介して利用するサービスである。図書館情報システムは、OPAC等の図書館情報を管理するためのシステムであり、図書館部門で運用されているが、認証連携などをスムーズに行うため、一括しての調達を行っている。

2.1 仮想化基盤システム

仮想化基盤システムは、仮想化基盤サーバ5台、ファイルサーバ等からなる、仮想化されたサーバを運用する

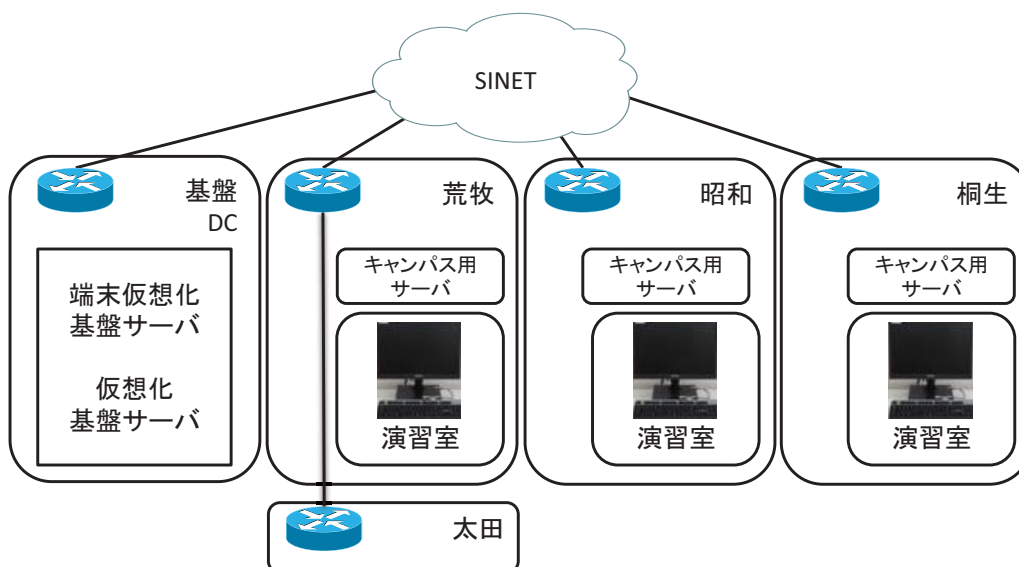


図- 1: 群馬大学学術情報基盤システム概要図

ために必要なシステムである。表 1 に、新システムでのサーバの配置を示す。太字で示した数字は、物理サーバの台数であり、荒牧キャンパスに 2 台、昭和キャンパスに 7 台、桐生キャンパスに 5 台の物理サーバを導入した。括弧付きの数値は、本仮想化基盤サーバとは別の物理サーバ上で稼働している仮想サーバの台数である。その他の数値は、本システムで導入した仮想化基盤サーバを 5 台の上で動作している仮想サーバの台数である。

仮想化基盤サーバの主なスペックを表 2 に示す。また、仮想化基盤サーバ上で仮想マシンを稼働させ、管理するためのソフトウェアは、VMWare 社製 vSphere 5.0.0 Standard Edition を導入した。

各仮想サーバに割り当てる CPU は 2 コア、メモリは 4GB を基本とし、サーバの機能に応じて割り当てるリソースを上下させている。サーバ仮想化を利用しない場合には物理サーバ 35 台が必要となるが、これらのサーバを 5 台の物理サーバに集約することでサーバ設置スペースが削減できた。基盤 DC の料金体系はラック当たりの価格であるため、設置スペースの削減により、データセンタ借り上げ料を削減していることになる。また、サーバ集約により、消費電力も削減していると思われる。更に消費電力の削減を行うため、仮想基盤サーバを夜間等に定期的に停止することにより電力を削減する試み [1] もあるが、本システムでは、電気料金が定額のデータセンタを利用したため、停止は行わなかった。

2.1.1 ファイルサーバ

ファイルサーバは、仮想マシンのディスクイメージを保存するために利用される他に、教育用端末を利用するユーザのユーザ用保存領域や、全学 Moodle サーバのコ

ンテンツ領域としても利用される。ユーザ用保存領域は、1 ユーザ当たり 250MB を確保している。ファイルサーバの主要スペックを表 3 に示す。

ファイルサーバはコントローラを 2 つ有したアクティブ/アクティブ構成であり、各コントローラに対して、メモリ 16GB、SSD 512GB を有している。SSD はディスクキャッシュ領域として利用し、仮想マシンイメージ等の頻繁にアクセスするデータに対する応答性を高めている。HDD17 台を用いた RAID6 の RAID グループを合計 4 つ構成し、4 台はスペアディスクとして、HDD 故障時の復旧に利用している。

2.2 教育システム

大学の教育用システムでは、多数の端末を統一した設定で管理するための簡便な方法なしでは運用はできないといってよい。平成 17 年に群馬大学で導入した 2 世代前の教育用端末では、ネットワークブート方式を採用していた。ネットブート方式は起動の度に必要なイメージを端末に配信する方式である。端末の設定を最新のものに保つことは可能だが、当時のネットワークブート方式では、多数の端末が同時起動した際のパフォーマンスが非常に悪いという問題があった。このため、前システムの教育用端末（平成 21 年導入）ではイメージ配信方式を採用した。この方式では、管理サーバで作成した端末共通イメージが、ネットワークを介して各端末に配信、保存され、起動時には各端末の HDD からの読み込みを行うため、起動の遅さは幾分か改善されたが、十分ではなかった。これは、Windows Vista 自身が起動が遅かったことに加え、起動時に設定を初期化するためのプログラム（Windows Steady State）の動作が遅かった

表- 1: 新システムでのサーバ配置

サーバ名	DC	荒牧	昭和	桐生
仮想化管理	1			
接続管理	3			
印刷	1	1	1	1
更新プログラム管理	1			
シンクライアント管理	1			
認証情報管理	1			
認証情報管理ウェブ	1			
全学認証メタ LDAP	2			
SSO/SAML 認証	2			
認証連携サーバ	1			
教育用 AD	1,1			
全学メール用 LDAP	2			
キャンパス用 LDAP		1	1	1
ウイルス対策	3			
中継用メール	3			
DHCP	1	(2)	1,(1)	1,(1)
プロキシ	2		2	
DNS	2	(2)	2	2
全学 Moodle	3			
バックアップ管理	4			
合計	35,1	2,(4)	7,(1)	5,(1)

表- 2: 仮想化基盤サーバの主要諸元

機種	IBM 社製 System x3550 M4
CPU	Intel Xeon E5-2620 2.0GHz (6core) × 2
メモリ	48GB
HDD	6Gbps SAS 146GB × 2 (RAID1)
NIC	Gigabit Ethernet × 8 ポート

表- 3: ファイルサーバの主要諸元

機種	NetApp 社製 FAS3270
CPU	Intel Xeon E5240 3.0GHz × 2
メモリ	16GB × 2
SSD	512GB × 2
HDD	3Gbps SAS 600GB@15000rpm 12 台 × 2 3Gbps SAS 600GB@15000rpm 24 台 × 4
NIC	Gigabit Ethernet 8 ポート × 2 10Gbps Ethernet 2 ポート × 2

ことが原因と思われる。また、イメージを全ての端末に配信する必要があることから、配信に時間がかかり、頻繁にソフトウェアをインストールできないことが問題となった。

上記の反省を踏まえて、新システムでは、画面転送方式を採用することとなった。画面転送方式では、教室には通常のパソコンではなく、画面表示機能を中心に機能を絞ったシンクライアントが設置される。実際の端末は端末仮想化基盤サーバ上の仮想マシンで仮想化された教育用端末として動作し、シンクライアントでは仮想化された教育用端末の画面、キーボード、音声等の入出力を、画面転送プロトコルを介して表示する。本方式では端末がサーバ上に集中化されているため、イメージ更新をネットワークを介して行う必要がない。また、端末は常に起動しているため、起動時間も原理的に短くできる。また、シンクライアントのみならず、パソコン用の画面転送ソフトウェアを利用すれば、パソコンからも演習室環境を利用するよう設計可能である。一方で、画面転送のパフォーマンスなどを不安視する声もあったが、事前検証の結果、問題ないと判断され、画面転送型の教育用端末を採用することとなった。

近年では、ネットワークブートシステムでも、各端末にディスクイメージをあらかじめ保存したり、ネットワーク構成を見直す等の方法により、起動時間に関しては格段に改善している [2, 3, 4]。しかしながら、災害時等を考慮し、サーバを DC に集中化させる方針を取ったことや、分散キャンパスのため、イメージ配布のためのネットワークを高速化することが難しいこともあり、画面転送型を選択することとなった。画面転送方式は、佐賀大学 [5]、東京農工大学 [6] などでの導入事例があるが、ネットワークブート方式等に比べて導入事例は多くはない。本学では、画面転送型のシステムを実現するための、仮想化端末管理システムとして VMWare 社製の VMWare view を利用した。

2.2.1 端末仮想化基盤サーバ

画面転送型の教育用端末は、サーバ上で全ての教育用端末を動作させるため、十分な性能を持った端末仮想化基盤サーバを準備する必要がある。本学の端末仮想化基盤サーバの主な性能は、表 4 の通りである。端末仮想化基盤サーバは 12 台だが、今回導入した VMWare view の仕様により、VMWare の端末仮想化基盤サーバの管理単位であるクラスタに所属できるサーバの最大数が 8 台に制限されている。このため、12 台のサーバを 7 台のクラスタ A と 5 台のクラスタ B の 2 つに分けて構築した。教育用端末のディスクイメージは、仮想化基盤システムのファイルサーバ上に作成したディスクイメージを端末仮想化基盤サーバから iSCSI マウントしたもの

表- 4: 端末仮想化基盤サーバの主要諸元

機種	IBM 社製 System x3550 M4
CPU	Intel Xeon E5-2620 2.0GHz (6core) × 2
メモリ	128GB
HDD	6Gbps SAS 146GB × 2 (RAID1)
NIC	Gigabit Ethernet × 8 ポート

表- 5: 教育用シンクライアントの配置

地区	設置室	台数	クラス
荒牧	中央図書館	51	B
荒牧	教養教育棟 GB201	61	B
荒牧	教育学部 C 棟	31	B
荒牧	教育学部 N 棟	61	B
荒牧	社会情報学部棟 612	25	B
昭和	医学図書館	15	A
昭和	医学部演習室 A	93	A
昭和	医学部演習室 B	48	A
桐生	理工学図書館	20	A
桐生	理工学図書館演習室 A	121	A
桐生	理工学図書館演習室 B	61	A
	学外接続	13	B

である。

クラス A では、教育用端末合計 358 台を、クラス B では教育用端末 242 台を稼働させ、端末仮想化基盤サーバ 1 台が故障した場合には、最大 60 台の教育用端末が 1 つの端末仮想化基盤サーバ上で稼働する構成とした。仮想化された教育用端末 1 台から利用できるメモリは 1.5GB、CPU0.25 コア (500MHz) とした。端末仮想化基盤サーバは全て基盤 DC に設置した。このため、電源供給が切れることは無いという想定で、教育用端末はシャットダウンすることなく常に起動状態として運用している。

2.2.2 シンクライアント

画面転送型のシステムでは、教室には通常のパソコンではなく、画面表示機能を持つシンクライアントが設置される。表 5 にシンクライアントの設置場所と台数を示す。シンクライアントは、端末仮想化基盤サーバ上で動作している教育用端末に接続する。接続先の教育用端末が稼働するクラスを合わせて示す。シンクライアントでは、仮想化された教育用端末の画面、キーボード、音声等の入出力を、画面転送プロトコルを介して表示する。その際に利用する画面転送プロトコルとしては、Windows 標準の RDP 等があるが、VMWare view の場

表- 6: シンクライアントの主要諸元

機種	サムソン社製 SyncMaster NS190
PCoIP チップ	Teradici Tera1100
バッファメモリ	XDR DRAM 128MB
搭載クライアント	VMWare View Client
USB	USB1.1 × 4
NIC	FastEthernet
外形寸法	443.0x301.9x227.0mm
画面解像度	1440x900
重量	4.42kg
消費電力	50W

合には画面転送プロトコルとして PCoIP (PC over IP) を利用している。

新システムでのシンクライアントは、ディスプレイ一体型のサムソン社製 SyncMaster NS190 である。本シンクライアントはゼロクライアントと呼ばれているもので、Windows Embedded 等の汎用的な OS を搭載せず、画面転送プロトコル機能等の最小限の機能のみを搭載した専用 OS を搭載している。このため、OS のメンテナンス等を行う必要はほとんどない。PCoIP 機能の実現には、ハードウェアアクセラレータを搭載している点が特徴的である。主な仕様を表 6 に示す。音声に関してほとんど利用がないことから、導入したシンクライアントはスピーカのないモデルとなった。

2.2.3 接続管理サーバ

接続管理サーバは、シンクライアントと仮想化された教育用端末の対応を管理するためのサーバであり、仮想マシン 3 台で構成されている。このうち 2 台はロードバランス配下に接続し冗長性を確保している。残りの 1 台は端末室以外から接続可能であり、ユーザに対して、端末室外からの教育用端末環境を試験的に提供している。この接続サーバからは演習室とは別の 13 台の教育用端末が利用可能である。長期休暇などで演習室の利用が少ないと思われる場合には、設定変更により演習室の教育用端末を学外から利用することも可能となるため、今後のサービスを予定している。

3 教育用端末の性能評価

本学では、更新前のシステムでは起動が遅く、年度始め等には起動時間に関する苦情が多く寄せられていた。このため起動時間の短縮は、今回のシステム更新での重要課題の 1 つであった。また、多くの台数の教育用端末

を効率的に管理するためにはイメージ更新時間を短くすることが重要である。本節では、起動時間、更新時間に着目した性能評価を実施した結果を報告する。

3.1 起動/ログイン時間

本学で導入した画面転送型端末のシステムでは、教育用端末を常時稼働させる方策を取ったため、Windows OS の起動にかかる時間は、ユーザから見た場合には、起動時間として認識されることはなくなった。画面転送方式で、ユーザがシンクライアントを利用可能になるまでのプロセスの概略と起動試験の概要を以下に示す。

起動プロセス

1. ユーザがシンクライアントの電源ボタンを押して、シンクライアントの電源を入れる。
2. シンクライアントは、DHCP サーバから IP を取得し、ログイン画面を表示する。
3. ユーザは、表示されたログイン画面に、ユーザ名とパスワードを入力する。
4. シンクライアントは、認証サーバへ接続し、ユーザ名とパスワードを用いて認証を行う。
5. 認証が許可された場合には、シンクライアントは接続管理サーバへ接続し、今回の接続で利用する教育用端末の割当を受ける。
6. シンクライアントは教育用端末に接続し、画面転送を開始する。

起動試験は、本学荒牧キャンパス教養教育 B 棟 GB201 教室に設置された 61 台の教育用シンクライアント、及び、本学理工学図書館演習室 A に設置された 121 台の教育用シンクライアントを利用して行った。教育用端末は、基盤 DC に設置された端末仮想化基盤サーバ上で稼働している。

各教育用端末は、自動的に特定のユーザ名でログインを行うようあらかじめ設定されており、ログイン後、Internet Explorer を自動起動し、総合情報メディアセンターのウェブページを表示するよう設定した。通常運用では、教育用端末は、各クラス内の端末仮想化基盤サーバに分散して配置しているが、今回は、試験のため、GB201 教室では、端末仮想化基盤サーバ 1 台を利用し、教育用端末 61 台を配置した。演習室 A では、端末仮想化基盤サーバ 2 台に、教育用端末 60 台、61 台をそれぞれ配置した。

演習室 A 及び、GB201 教室と基盤 DC 間のネットワーク構成を図 2 に示す。演習室 A 及び GB201 教室に

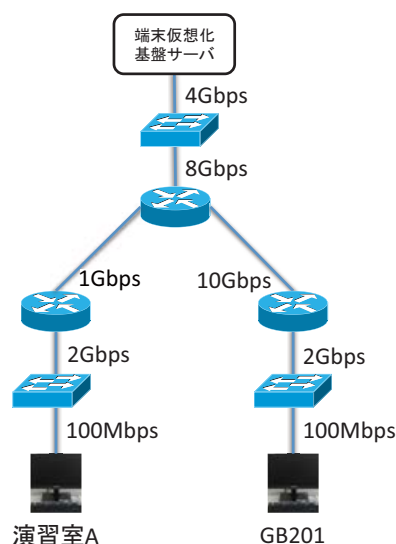


図- 2: 演習室と基盤 DC 間のネットワーク構成

配置されたシンクライアントと同室近くのシンクライアント接続用 L2 スイッチ間は 100Mbps で接続されている。シンクライアント接続用 L2 スイッチから、基盤 DC に設置されたサーバまでの間は、複数の L2 スイッチ、ルータを介して接続されており、各機器間の接続は 1Gbps 以上である。演習室 A のシンクライアントから基盤 DC にある教育用端末へ ping を 10 回行った結果、ラウンドトリップタイムは最短 0.895ms, 最長 1.207ms, 平均 1.076ms となり、GB201 教室のシンクライアントから同様の計測を行うと、ラウンドトリップタイムは最短 0.633ms, 最長 0.950ms, 平均 0.813ms となった。

起動試験を行う際には、シンクライアントの電源ボタンを同時に押すことが難しいため、シンクライアントの管理ソフトウェアを用いてシンクライアントの一斉再起動を行った。今回の計測では、ログイン時間と起動時間を計測するため、シンクライアント管理ソフトウェアで再起動を指示した時刻（以下 T_0 とする）を記録した。この時刻の後に、シンクライアント管理用ソフトウェアは再起動信号を送るが、一定間隔でシンクライアントに再起動信号を送るため同時再起動とはならない。信号受信後、シンクライアントはシャットダウンし、その直後に起動を開始する（起動プロセス 1 に対応）。シンクライアントは起動プロセスの順通りに起動を開始し、起動プロセス 5 で、接続管理サーバから端末の割当を受けるが、この時刻を、接続管理サーバのログから同定した。（以下 T_1 とする）。起動プロセス 6 を経た後、最終的に、各々の教育用端末上のウェブブラウザが、総合情報メディアセンターのウェブサーバにアクセスし、ウェブページを表示する。起動試験では、総合情報メディアセンターウェブサーバにアクセスした時刻をログから同定した（以下 T_2 とする）。以上の時刻を用いて、起動時

間 T_{boot} , ログイン時間 T_{login} を以下の式で定義する。

$$T_{boot} = T_2 - T_0 \quad (1)$$

$$T_{login} = T_2 - T_1 \quad (2)$$

表7に3回の起動試験の結果を示す。GB201教室での2度目の試験のみシンクライアントへの再起動信号を指示した時刻を記録したため、平均起動時間の計測結果はGB201(2)のみの記載となっている。試験結果から、平均起動時間は48.6秒に対して、ログイン時間は5秒以内にとどまっていることがわかる。これは非常に高速だが、実環境では、ログイン時間は移動プロファイルの容量に左右されるため、実環境でのログイン時間とは大きく異なる結果となってしまった。今回の試験では、移動プロファイルの容量が多くなかったことや、同一ユーザでの一斉ログインだった点が実環境と異なっている。実際の運用では、ログイン時間は30秒から50秒程度という状況である。

3.2 仮想化端末の更新時間

画面転送型の教育用システムの場合には、教育用端末が仮想化された端末仮想化基盤サーバ上にあることから、仮想化基盤サーバの教育用端末のディスクイメージ全てを更新することになるが、このために必要な時間があまりにも長い場合には、実運用でWindows Updateやソフトウェア構成の変更が行えなくなる可能性がある。このため、今回導入した端末仮想化システムを用いて、ディスクイメージを更新するために必要な時間を計測した結果を報告する。

VMware viewでは、教育用端末用のディスクイメージのような、構成が同様の多数のディスクイメージを管理するため、各端末共通のマスタイメージを利用する。各端末のディスクイメージは、リンククローンと呼ばれ、マスタイメージを複製した読み取り専用イメージであるレプリカと、レプリカからの差分からなる。レプリカからの差分には、個々のリンククローンに特有な設定(コンピュータ名の変更、ドメイン参加など)が保存されている。Windows Update等を行う際には、マスタイメージにWindows Updateを行い、マスタイメージから、再度、リンククローンを生成するための再構成と呼ばれる作業を行う必要がある。今回の計測では、演習室Aの121台の教育用端末に対して、2013年3月のWindows 7に対するWindows Updateを行い、再構成を行った時間を計測する。

再構成はおおよそ下記の手順で行われる。

1. VMware viewの管理用ソフトウェアであるView administrator 5.1.2で再構成を指示する。 (t_1)

2. 新しいマスタイメージに対するレプリカ(読み取り専用イメージ)作成を開始する。
3. 全ての教育用端末に対して以下の再構成手順を繰り返す。
 - (a) リンククローンを利用して作成されている教育用端末 n に対して、強制ユーザログアウトを指示し、シャットダウンを指示する。 $(t_2(n))$
 - (b) リンククローンにのマスタイメージ部分を、古いレプリカから新しいレプリカに付け替え、新しいリンククローンを生成する。 $(t_3(n))$
 - (c) 新しいリンククローンに端末固有の設定を行い、スナップショットを生成する。
 - (d) View administratorが教育用端末に対して順次起動指示を出す。 $(t_4(n))$

今回の計測では、 t_1 を定めて開始操作を行い、その他の時刻 $(t_2(n), t_3(n), t_4(n))$ をログ上に記録し、再構成に要した時間を計測した。再構成所要時間 $\Delta T_{recompose}$ を以下のように定義する。

$$\Delta T_{recompose} = \text{Max}(t_4(n)) - t_1 \quad (3)$$

今回の測定結果を図3に示す。横軸は各端末に対して割り振った連番を示し、縦軸は、 t_1 からの経過時間を示している。最初の12台については、リンククローンの再構成に50分程度の時間がかかっているが、これは、マスタイメージのレプリカ作成を完了するまでリンククローン生成ができないためである。各々のリンククローンで、13台目以降の端末についてはリンククローン生成までに要する時間 $(\Delta t_{23}(n) = t_3(n) - t_2(n))$ は、最大でも5分49秒、平均では39秒である。新リンククローンの設定時間 $(\Delta t_{34}(n) = t_4(n) - t_3(n))$ はおおむね10分以内には終了しているが、2台の端末では、リンククローン設定時にエラーが発生し、再設定を自動的に繰り返していたため、生成にはそれぞれ53分38秒、54分21秒かかる結果となってしまった。これら2台を除いた新クローン設定時間の平均は6分23秒である。全体の再構成時間は、表8に示すように、1時間55分29秒であることが分かった。おおよそ2時間程度なので、教育用端末の更新を夜間に行えば、問題なく更新が行える範囲の時間となった。2台のエラーについては現在も調整中だが、実際に、2013年4月のWindows Updateの処理も、3夜に分けて教室毎に行った結果、600台全てに対して問題なく終了し、現在のところ、運用に乗っていると言える。

3.3 運用状況

最後に、教育用端末のこれまでの運用状況について述べ、本システムを導入した際の利点、及び、問題点

表- 7: 教育用端末の起動時間

教室名	端末台数	平均ログイン時間	平均起動時間
GB201 教室 (1)	61	4.6 秒	N/A
GB201 教室 (2)	61	4.6 秒	48.6 秒
演習室 A	121	4.3 秒	N/A

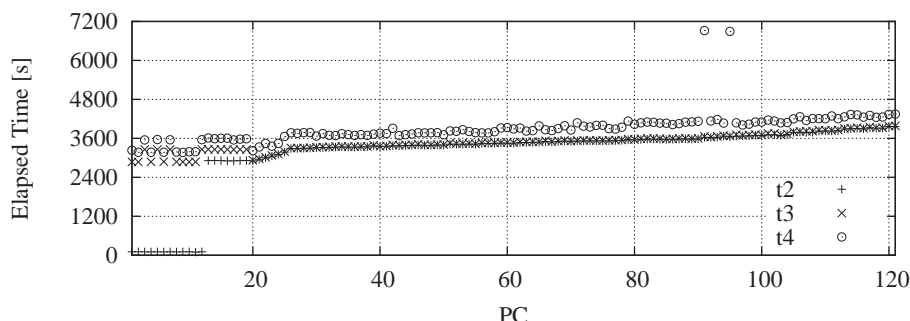


図- 3: 演習室 A での再構成時間計測結果

表- 8: 演習室 A での再構成時間計測結果

	記録時刻
t_1	10 時 51 分 00 秒
$\text{Max}(t_4(n))$	12 時 48 分 19 秒
$\Delta T_{\text{recompose}}$	1 時間 55 分 29 秒

を議論する。前節までに述べた起動時間に対してのクレームはなく、利用者にとっても満足いく起動時間に収まっていると思われる。当初、シンクライアントの OS は Windows 等と比べるとその容量は小さいはずなので、起動時間も圧倒的に早いと予想していたが、実際には、単体の Windows を起動する時間とおおむね変わらないという結果となっていた。実際に、GB201 教室でシンクライアント単体で再起動時間を 3 回測定した結果、ログイン開始までの時間 ($T_{\text{boot}} - T_{\text{login}}$) の平均は 34 秒であった。この計測を行った際には、DHCP サーバでの IP 割当時間、認証サーバでの認証時間、接続サーバでの教育用端末の割当時間は全て 1 秒以内であり、測定結果は、おおむねシンクライアント自身の起動処理にかかる時間と思われる。3.2 節での計測結果からは、61 台の一斉起動では、ログイン開始までの時間 ($T_{\text{boot}} - T_{\text{login}}$) は 44 秒である。この時間には、DHCP サーバでの IP 割当時間や、管理ソフトウェア上で再起動指示をしてから、実際に再起動指示が出るまでのタイムラグが含まれ、44 秒中、約 34 秒以上はシンクライアント自身の処理で占められていると考えられる。このため、現状よりも、更に起動時間を短くするためには、シンクライアント自身の起動時間が短い機種を選定することも重要になるとと思われる。

画面転送型のシンクライアントシステムでは、ネットワークを介して教育用端末を操作することから、動画、音声、マウス、キーボード入力時のレスポンス等が遅れる可能性がある。導入後の運用状況では、動画、マウス、キーボードのレスポンスについてはクレーム等は一切無く、教育用端末としては満足いくものであったと思われる。平成 25 年 7 月 1 日までは、前期授業等を実施している平日昼でも、仮想化基盤サーバ 1 台あたりの利用ネットワーク帯域は 500Mbps 以内に収まっている。また、本学では高度な計算ソフトウェア等の利用がほとんどないこともあり、サーバ当たりの CPU 負荷も 50% 以下である。しかしながら、一部ユーザから、教育用端末を利用したリスニング学習中に、音声が、途切れることがあるとの苦情を頂いている。本学では情報倫理 e ラーニングでも音声を利用しているが、こちらに関しては苦情がない。英語音声のようなユーザにとって聞き取りが難しい場合については、音声再生について十分な配慮が必要であり、今後の課題の 1 つとなった。

4 おわりに

2013 年 4 月より運用を開始した群馬大学学術用システムの概要を、教育用端末を中心に述べた。本システムでは、仮想化技術を利用することで、サーバ数を削減するとともに、削減したサーバをデータセンターに設置することで、災害時の継続運用性を高めたシステムを構築することができた。

今回導入された画面転送方式の教育用端末 121 台を利用して、端末のセキュリティアップデートに要した時間は 2 時間以内に収まった。また、2 地区の教育用端末

61 台, 121 台を利用して一斉起動時間を測定したところ, 平均して 50 秒以内であり, 運用上問題のない時間に収まることが分かった。実際に運用においても, 音声出力などについては苦情があったが, 起動時間, 画面描画, キーボード, マウスの入力に関する苦情はこれまででなく, 順調に稼働していると言える。端末室外からのアクセスも可能となることから, 今後は, 長期休暇中など, 学内の教育用端末の利用が低い状況での学外利用などを行い, 教育用端末の, 活用場面を広げつつ, 安定な運用を継続していけると思われる。

5 謝辞

本システム構築に多大なご協力を賜りました東日本電信電話株式会社に感謝の意を申し上げます。

参考文献

- [1] 浜元 信州, 三河 賢治, 青山 茂義, ”夜間自動縮退による新潟大学コンピュータシステムの省エネルギー運用”, インターネットと運用技術シンポジウム 2012, IOTS2012 pp 55 – 62 (2012)
- [2] 浜元 信州, 三河 賢治, 青山 茂義, ”教育用パソコンのネットワークブート起動時間に影響を与える要因の評価”, 学術情報処理研究 No.15, pp46 – 52, (2011)
- [3] 藤村 丞, ”ネットブート型 PC による大規模情報処理教育環境の構築”, 情報教育研究集会講演論文集 (CD-ROM 版), B1-3, 京都, Dec. 2010.
- [4] 上田 浩, 喜多 一, 石井 良和, 外村 孝太郎, 植木 徹, 上原 哲太郎, 梶田 将司, ”ネットブートとデスクトップ仮想化を採用した京都大学の教育用端末系の構築: TCO 削減を目指して”, インターネットと運用技術シンポジウム 2012, IOTS2012 pp 47 – 54 (2012)
- [5] 只木 進一, 田中 芳雄, 松原 義継, 日永田 泰啓, 江藤 博文, 渡辺 健次, ”仮想デスクトップ・画面転送型シンクライアントによる演習室端末システム (佐賀大学の新しいシステム紹介)”, 情報処理学会研究報告, インターネットと運用技術 (IOT), Vol. 2010-IOT-11, No. 3, pp. 1 – 5 (2010)
- [6] 瀬川大勝, 辻澤隆彦, 辰己丈夫: 仮想化技術を用いたサーバ集約と演習端末室の構築, 学術情報処理研究 No.15, pp134 – 141, (2011)