

仮想化技術を用いたサーバ集約と演習端末室の構築

Consolidation of Servers and Development of Educational Terminal System by Virtualization Technique

瀬川大勝，辻澤隆彦，辰己丈夫

Hirokatsu SEGAWA, Takahiko TSUJISAWA, Takeo TATSUMI

hiroka@cc.tuat.ac.jp, t-taka@cc.tuat.ac.jp, tttt@cc.tuat.ac.jp

東京農工大学総合情報メディアセンター
Information Media Center, Tokyo University of Agriculture and Technology

概要

東京農工大学における教育研究用情報システムは5年間のリース期間が2011年1月31日を以って終了することから、新システムへの移行を進めてきた。教育研究用情報システムは演習端末室システム、インターネット情報システム、統合管理運用システム、サーバファームシステム、図書館システムなど多岐にわたるサブシステムから構成されている。新システムでは仮想化システムを積極的に導入し、スペースの削減と消費電力の削減を目標に構築を進めてきた。本論文では、2011年4月から本格運用を開始した教育研究用情報システムの全体構成と演習端末室システムについて詳細に述べるとともに、Cisco SystemsのIAサーバ、EMCストレージ、VMwareの組み合わせによるプライベートクラウドの構築を通して明らかとなった有効性及び今後の課題について報告するものである。

キーワード

仮想化，VDI，サーバ集約，省エネルギー

1 はじめに

東京農工大学における教育研究用情報システムは5年間のリース期間が2011年1月31日を以って終了することから、新システムへの移行を進めてきた。教育研究用情報システムは教職員・学生約11000名が利用するシステムであり、演習端末室システム、インターネット情報システム、統合管理運用システム、サーバファームシステム、図書館システムなど多岐にわたるサブシステムから構成されている。従来システムでは、アプリケーションやサービス毎の管理が必要であったが、こうした管理上の負荷を軽減するため、新システムでは仮想化システムを積極的に導入した。具体的には、演習端末室システムやインターネット情報システム、図書館システム、統合管理運用システムなどの大学固有のシス

テムを仮想化技術によるプライベートクラウドシステムとして実現し、電子メールシステムをパブリッククラウドで実現する手法を採用した。プライベートクラウドシステムは、Cisco SystemsのIAサーバ、EMCストレージ、VMwareの組み合わせにより実現しており、個別の最適化から、プライベートクラウド全体の最適化を目標に構築を進めると同時に、スペースの削減と消費電力の削減を狙ったものとなっている。

一方、学生のPC所持率が高くなっていることが報告されており[4]、演習端末室システムの構築に当たっては学生或は教員が端末室にPCを持ち込んだ場合でも同じデスクトップ環境で利用できることを想定した設計が必要な時期に来ているものと考えられた。また、端末室だけの利用ではなく、自宅や図書館など、どこからでも同じデスクトップ環境を利用できることも重要になると

考えた。周知の通り、演習端末室システムについてはこれまでに種々の方式が適用されてきている [1, 2, 3]。本学においても前システムでは Mac OS X を OS としてのネットブート方式を採用していたが [5]、上述したように、持ち込み PC への対応や場所を意識しない利用に向けてはクライアント環境を仮想デスクトップとして VMware 上に集約した VDI (Virtual Desktop Infrastructure) 方式が適しているものと判断し [7]、VDI 方式による構築を進めた。

システムの更新に先立って行った要望調査からは Windows 演習環境の導入や、3次元 CAD の演習を可能とすることなどが必要であることが明らかになった。3次元 CAD 演習を想定した場合、サーバ1台当たりに動作する仮想 PC 台数が課題になるが、事前検証結果 [7] を基に、端末利用率を 50% と仮定することで、47 台として構築した。

既に述べた IA サーバ、EMC ストレージ、VMware を使った VDI 方式により Windows 環境を実現する場合、個人の私的利用を想定して作られてきた Windows システムとまったく同等の機能性を有することは極めて難しい。特に、ストレージの個人領域は十分な容量を確保するために NAS 領域に配置することから、本システムの構築に当たっては、利用者に対してどのように個人領域を見せていくかが課題となった。著者は、Windows の機能である移動プロファイル機能及びフォルダダイレクト機能を利用し個人領域を NAS 領域に配置する方式を採用した。そこでは、ドライブレターを個人領域に割り当て、ユーザの利便性確保や多種にわたるアプリケーションの動作検証を行っている。

本論文では、2011 年 4 月から本格運用を開始した教育研究用情報システムの全体構成と演習端末室システムについての詳細を述べるとともに、Cisco Systems の IA サーバ、EMC ストレージ、VMware の組み合わせによるプライベートクラウドの構築を通して明らかとなった有効性及び今後の課題について報告するものである。

2 更新システムの設計と構成

2.1 設計の背景

大学における演習端末室システムには、多種多様な要求があり、限られた予算と人員で構築・運用してゆくことは非常に困難である [1]。本学は、2010 年度まで Mac OS X を中心に据えた Netboot を用いた演習端末室システムを運用してきた (以下、前システムと呼ぶ) [5]。前システムは、目標としていた管理コストの低減を達成するなど、一定の成果を挙げたが、いくつかの問題もあった。また、導入から五年間の運用を経て、時代の変

化とともに、利用者側と管理者側双方から新たな要求が出てきた。

前システムが抱えていた主要な問題は次の通りである。

起動時間の増大

パッチの適用やアプリケーションの追加などによりブートイメージのサイズが大きくなり、運用の終盤では端末の電源投入から利用可能になるまでに二分以上待たされることもあった。

Windows 専用アプリケーションの存在

クライアント環境として Mac OS X を採用したが、CAD に代表される専門的なアプリケーションの一部に、Windows 向けにのみ提供されているものがあった。そのため、別途 Windows 2003 Server をリモートデスクトップサーバとして用意し、端末室の iMac から RDP で接続することで利用していた。また、専門的なアプリケーションの中には、リモートデスクトップ上では、意図通りに動かないアプリケーションも存在し、それらの導入はあきらめざるを得なかった。

故障端末の増加

導入当初からロジックボードと液晶ディスプレイの故障が多発していた。予備機の増強により運用していたが、予想外に運用コストが増大した。

また、利用者と管理者からの主要な要求をまとめると次の通りである。

基本となる環境は Windows としたい (クライアント OS として、Windows を利用したい)

前システムの Mac OS X は、学生には抵抗なく受け入れられた感触があったが、教員側からはやはり Windows で講義・演習を行いたいという要望があった。

Windows 専用の専門的なソフトを利用したい

前システムにおいて、リモートデスクトップサーバで提供されていたアプリケーションは、引き続き利用したいという要望があった。加えて、前システムで、リモートデスクトップの制約で動作しなかったアプリケーションも利用したいという要望もあった。

前システムに引き続き、異なる端末でも個々の環境 (Windows であればデスクトップ環境など) を再現して欲しい

個人領域の提供はもちろん、ある程度のカスタマイズが許された個人環境を提供して欲しいという要望があった。

図書館の端末室コーナーに代表される自習環境を充実させたい

前システムで導入した図書館の端末室コーナーが好評であり、空席待ちとなることが度々あったので、そのような環境を充実させる要求があった。また、それらをさらに発展させて、講義室や研究室などからも環境を利用したいという要求や、将来に向けて、教育用だけでなく、いわゆる事務部門にも端末を展開できると良いという要求もあった。

持ち込み PC を利用できるようにしたい

これまでは、端末の配置は固定的であり、端末室に代表される物理的な場所に束縛されていた。このため、特別講義や一時的な再履修者の増加などによる利用者増加への対応が難しかった。また、管理上、あらかじめ用意された端末以外からのリソースの利用は積極的に禁止していたが¹、自宅や研究室のマシンで作成した資料やプログラムなどが、端末室に導入されているソフトウェアとの些細なバージョンの違いで意図通りに動作しないなど、データのやり取りに問題が出る場合があった。さらに、1章で述べたように、PC の普及率の増加から、自宅や研究室などのマシンで端末室環境を利用できるようにしたいとの要求も出てきた。この要求は、前項の自習環境の充実の問題とも関連が深く、端末室に拘らずに「いつでも・どこからでも」リソースや環境が利用できるようになることを理想として、解決が求められた。

個人領域（いわゆるホームディレクトリ）の容量を増やして欲しい

アプリケーションデータや講義資料などの容量は年々増加していて、不足気味になっていた。また、いわゆるリッチコンテンツの増加により、キャッシュなどの一時的な使用容量も無視できない大きさになってきた。

管理コスト軽減のために多種多様なサーバを集約したい

これまで、サーバはアプリケーションやサービスごとに存在していたが、できるだけ集約することで管理コストの軽減を図りたい。また、単純に集約するだけでなく、リース期間（五年間）中のさまざまな変化に対応すべく、仮想化技術を積極的に用いて、物理サーバに束縛されない、柔軟な構成をとりたい。ただし、集約化することで、万が一の故障などでサービスが全滅することは避けたい

ので、必要に応じてパブリッククラウドの利用も検討する。

設置空間の削減を図りたい

近年では各部局からの要求で空調と非常用発電機を備えているサーバ室の利用ニーズが高まっている。また、教育システム以外の自前の運用および実験システムも多種多様なものがあり、恒常的に手狭な状態となっているが、サーバ室の改築は困難である。さらに、機器を効率的に配置することで発熱量を押さえ、空調を含めた消費電力の削減を図りたい。

2.2 設計方針

削減され続ける予算の中で、前節で述べた課題をできるだけ解決するために、新しい演習端末室システムは、次のような設計方針とした [7]。

端末室には、シンクライアントを配置し、VDI を用いてクライアント環境（Windows 環境）をサーバ上の仮想環境に集約する。つまり、利用者が操作するのは、シンクライアントであるが、実際には、サーバ上の仮想化された OS にネットワークを通じて接続し、それを利用する。OS やアプリケーションの実行はサーバ上の仮想環境上で行われ、利用者にはその画面が転送されることから画面転送型シンクライアントシステムとも呼ばれる（図 1）[6]。

さらに、端末室に設置されたシンクライアントだけでなく、個人が持ち込んだ PC が仮想マシン上のクライアント環境へアクセスすることを念頭に置いている。このことが従来の演習端末室システムとは異なり、特徴的である。

具体的には、ネットワークの入口として、演習端末室システム専用の Firewall と VPN 装置を用意し、VPN 接続できるようにしている。また、持ち込み PC 専用の仮想リソースプール（仮想マシンの集合）を用意し、それに対して適切な設定を施すことで、ライセンスやサーバリソースなどを制御することとした。

演習端末室システムには、端末利用者の目に見えるデスクトップ環境以外にもさまざまなサービスが必要とされる。それらについても、可能なものは積極的にサーバ上の仮想環境を利用する設計とした。

2.3 更新システムの構成

初めに更新システムの全体概要を図 2 として示す。本節ではこの中の演習端末室システムを中心に述べる。

システムの中核をなすサーバは、Cisco UCS 5108 シャーシに搭載された 30 台の B200M2 ブレードサーバ

¹一部、資料の提示などのために教員が個人 PC を持ち込むことはあったが、それらは、プロジェクトの利用などに限られていて、設置端末とは明確に区別されていた。

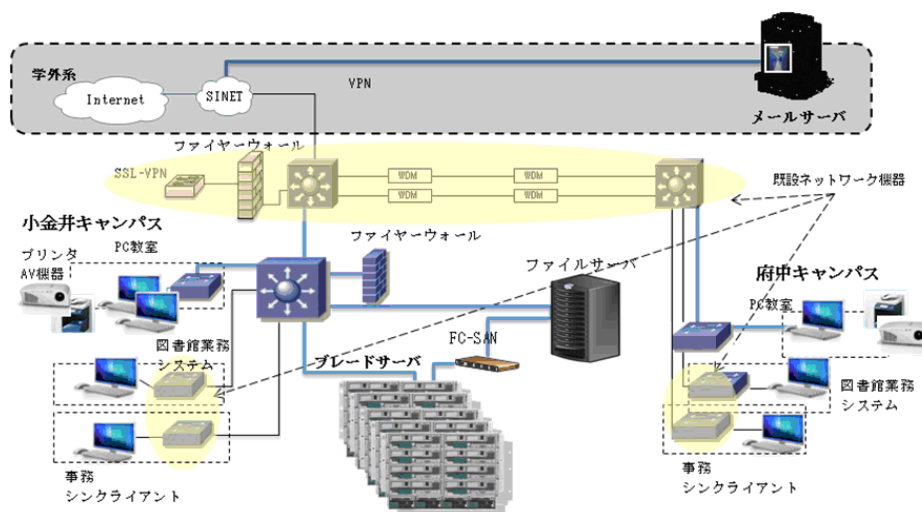


図- 2: 更新システムの全体概要図

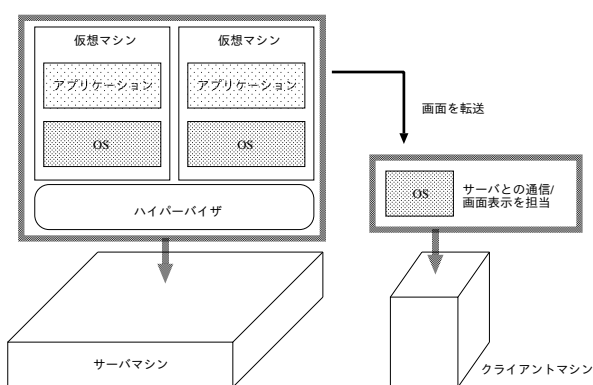


図- 1: VDI の概念図

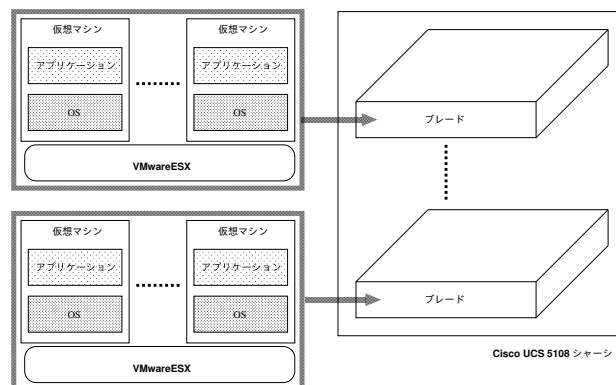


図- 3: ブレードサーバと ESX サーバの関係

群からなる。提供するサービスの性質に応じて、ブレードサーバ一枚をそのまま物理サーバ台として用いる場合とブレードサーバ内に複数の仮想マシンを構築する場合で使い分けている。

後者の仮想マシンの構築には、VMware ESX を用いている（図 1 のハイパーバイザに対応する）。本稿では、こちらを物理サーバに対応して、ESX サーバと呼ぶ（図 3）。演習端末室システムには、12 台のブレードサーバを割り当て、530 台のクライアントをホストしている。

なお、ブレードサーバ B200M2 は、いわゆる IA サーバであり、目的に応じて仕様の異なる三種類が混在している。物理サーバ用の仕様を表 1（ブレードタイプ A：11 台）、演習端末室システム用以外の ESX サーバの仕様を表 2（ブレードタイプ B：7 台）、演習端末室システム用の ESX サーバの仕様を表 3（ブレードタイプ C：12 台）として示す。さらに、これら三種類のブレードサーバ構成の概念図を図 4 として示す。

また、ストレージシステムについてであるが、演習端

末室環境における個人領域を初めとして、さまざまなシステムのデータを収納するので、高性能と高信頼性の両立が必須となる。さらに、複数のプロトコルでのアクセスに対応している必要がある。

更新システムでは、ストレージシステム EMC Celerra NS-480 をブレードサーバと Fibre Channel で接続し、SAN (Storage Area Network) を構成した（図 2 の FC-SAN）。また、通常のネットワークを用いて、NAS (Network Attached Storage) としても振舞うことができる構成となっている。表 4 にストレージシステムの仕様を示す。

RAID 6 構成を採用し、SAN 上にシステム領域として約 46 TB、NAS 上にデータ領域として約 43 TB の容量を確保した。これにより、演習端末室環境における個人領域は、前システムの三倍である一人当たり 300MB を提供できることになった。

加えて、前システムでは独立していた学習用 LMS (moodle) や Web サーバのデータ領域などを集約することができた。また、事務部門のための共有ストレージ

表- 1: 物理サーバ (ブレードタイプ A)

プロセッサ	Xeon E5540 2.53GHz 1P/4C × 2
メモリ容量	8GB
ディスク容量	内蔵ディスクなし (SAN 領域にディスク容量確保)
NIC	UCS M81KR Virtual Interface Card/PCIe/2-port 10Gb

表- 2: ESX サーバ (ブレードタイプ B)

プロセッサ	Xeon E5540 2.53GHz 1P/4C × 2
メモリ容量	24GB
ディスク容量	内蔵ディスクなし (SAN 領域にディスク容量確保)
NIC	UCS M81KR Virtual Interface Card/PCIe/2-port 10Gb

表- 4: ストレージシステム (EMC Celerra NS-480)

シェルフ	NS4-4PDAE × 16
プロセッサ	Xeon 2.8GHz × 2
メモリ容量	8GB × 2 (SP あたり 8GB)
ディスク搭載数	FC 148GB × 5, FC 600GB × 189, SATA 1TB × 2
I/F	10GbE NIC × 4, FC Port × 2
入力電力	100 ~ 240 VAC 単相電源
高さ	53U (基本筐体 8U, シェルフ 3U × 15)

表- 5: NAS ストレージの容量設定

教育用端末	事務部門共有	Web サーバ
16TB	8TB	1TB
LMS	教職員用	その他
10TB	3TB	5TB

サービスを新たに提供することが可能となった。表 5 に NAS ストレージの容量設定を示す。

2.4 ラック構成と消費電力

ブレードサーバ群とストレージシステムを中心とする更新システムの基幹部分は、本学総合情報メディアセンター内にあるサーバ室に設置されている。サーバ室の耐荷重は 400 Kg/m² であるため、8 本のラックに分散して配置した。

ブレードサーバの採用が設置空間の削減につながり、前システムと比較してラック当りの実装密度が下がり、熱的に有利な構成となった。ラック構成を図 5 として示す。

更新システムに対する要求の一つとして消費電力の削減があるが、定格消費電力合計 (最大想定) を 22,254 W として構築し、UPS の負荷率から計測した実際の消費電力合計は 10,510 VA であることが確認できた。前システムではメールサーバやそのための負荷分散装置もサーバ室内に設置していたため、一概に消費電力の比較は残念ながらできないが、前システムの消費電力は設計上 35,430 W (内メールサーバ関連 1,880 W) であり、

表- 3: ESX サーバ (ブレードタイプ C)

プロセッサ	Xeon X5650 2.66GHz 1P/6C × 2
メモリ容量	96GB
ディスク容量	内蔵ディスクなし (SAN 領域にディスク容量確保)
NIC	UCS M81KR Virtual Interface Card/PCIe/2-port 10Gb

メールサーバ分を除いた場合を比較すると 33% 程度の低消費電力化 (設計値比較) ができているものと考えている。

2.5 シンククライアント

端末室に配置されるシンククライアント Wyse C90LEW ThinClient (以下、Wyse 端末と呼ぶ) の仕様を表 6 として示す。

Wyse 端末上では、Windows Embedded Standard (Windows XPe) が利用者には書き換え不可能な状態で動作して、通常は、制限されたユーザですでにログインされた状態で起動している。ここで、仮想マシンに接続するためのソフトである VMware View Client を起動し、認証を経て仮想マシン上で動作する Windows 7 に接続される。なお、Windows XPe の機能である FBWF (File-Based Write Filter) を積極的に用いることで、Wyse 端末上でもいくつかのアプリケーションを動作させることが可能であるが、現在は VMware View Client のみを利用している。

Wyse 端末の Windows XPe は、20 秒ほどで起動し、およそ一分弱で仮想マシン上の Windows 7 が利用可能になる。ネットブートを用いた前システムと比較して、30 秒程度短縮されている。今のところ、利用者から強い不満の声は挙がっていない。

Wyse 端末の仕様上の平均消費電力は、7 W であり (表 6)、前システム iMac G5 (M9844J/A) の 80 W と比較すると²大幅な削減となった。

²iMac G5 の仕様上の最大消費電力 (連続使用時) は、180 W である。

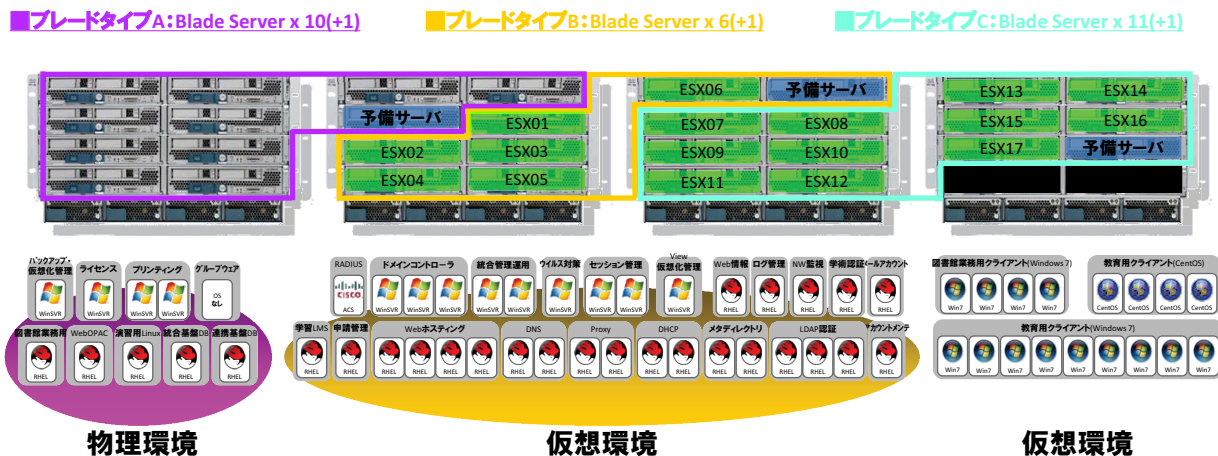


図- 4: ブレードサーバ構成概念図

表- 6: Wyse 端末の仕様

プロセッサ	Via C7 ULV 1.0GHz
メモリ容量	2GB Flash / 1GB DDR2 RAM
USB ポート	USB 2.0 ポート × 4
NIC	10/100/1000 Base-T
外形寸法	177 × 121 × 34mm
重量	約 612g
平均消費電力	7W

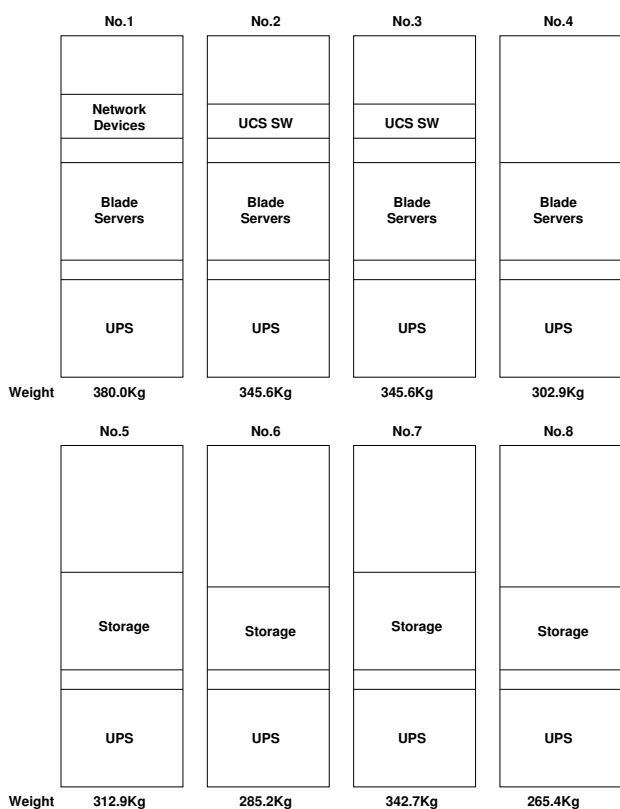


図- 5: ラック毎のシステム構成

画面転送型シンクライアントシステムは、一般に動画再生などの高い描画能力を要求される処理が苦手とされていたが [6]、最近では、その問題を緩和するための支援機能が利用できることがある。採用した Wyse 端末では、Wyse TCX Multimedia (動画再生) や Wyse TCX Flash Acceleration (Flash 動画高速化) と呼ばれるものがあり、今のところ、懸念していた CAD ソフトの利用などで、大きな不満の声は出ていない。

Wyse 端末では、Wyse TCX USB Virtualizer と呼ばれる、USB 機器が直接仮想マシンに接続されているように見せかける機能 (仮想 USB) を持っている。今のところ USB 機器の利用に対して特別な制限は設けていないので、仮想マシンの Windows 7 上にドライバが用意されていれば、一般ユーザでも利用可能である。実際には、仮想マシンにログインした状態で仮想 USB の機能を有効にする操作が必要であるが (有効にするボタンをクリックすることで機器が認識される)、特に不満なく受け入れられているようである。

3 個人環境・個人領域の提供

Windows 7 システムでは、ユーザの個人領域となるホームディレクトリ（ホームフォルダ）がシステムと完全には分離されておらず、標準構成では C:\Users\<ユーザ名> に配置される。ここにユーザが作成したデータとともに、プロファイルと呼ばれる環境設定が保存される。このままではホームディレクトリが仮想マシンに依存してしまい、多数の仮想マシンを利用する演習端末室環境には向いていない。

なお、仮想マシンを採用したことで、理論的には、ユーザ毎に専用の仮想マシンを容易することも可能である。しかし、入学や卒業に伴うユーザの入れ替わりや障害時の復旧、OS のライセンスの管理などの問題があり、現実的ではではない。したがって、VMware View Client からの接続要求があると、VMware View Connection Server と呼ばれるセッション管理サーバが適切な仮想マシンを選択し、そこに接続する方式を取っている。つまり、ユーザは接続する仮想マシンを選ぶことができないので、個人領域をシステムから分離する必要がある。

仮想化の有無に関わらず、演習端末室環境では、容量を十分に確保しつつ管理を容易にするために、個人領域を NAS 上に配置することが一般的である。しかし、Windows システムの場合は、主として個人の私的利用を想定して作られているアプリケーションが多数存在し、それらは標準構成以外では意図通りに動作しない。つまり、単純に分離しただけでは、問題が起こることがあり、ユーザデータとプロファイルの配置は、少なくとも見かけ上は Windows の標準構成に準拠している必要がある。

また、Windows システムが一般に広く普及した結果、演習端末室環境においても、家庭や研究室で慣れ親しんだ標準の構成であることが利用者から求められている。

このような前提を踏まえて、いくつかの方法を検討した結果、移動プロファイルとフォルダリダイレクトを組み合わせた方式を採用することとした。検討した個人領域の提供方法を表 7 として示す。具体的には、Windows が提供する移動プロファイルの機能を用いて個人領域をシステムから分離する。しかし、それだけでは、ログインとログオフ時に NAS と仮想マシンの間で大量のデータがやりとりされることになるので、デスクトップなどのユーザデータ部分については、フォルダリダイレクトを用いて直接 NAS にアクセスすることとした。

ただし、この方式では、フォルダリダイレクトを用いた部分をリダイレクト前の C:\Users\<ユーザ名> ではなく、リダイレクト後の NAS 上を指す UNC (Universal Naming Convention) パスで認識してしまうアプリケーションがあり、ユーザが混乱することが懸念された。また、そのようなアプリケーションの中には、意図通り動

作しないものもあった。そこで、この部分に改めてドライブレータを割り振った。使用可能な任意の文字で良いが、更新システムでは Y ドライブとし、ユーザデータがそこからアクセス可能であることを周知している。事前にこの措置を取ったことにより、今のところ大きな混乱は起きていない。

4 おわりに

本論文では 2011 年 4 月から本格運用を開始した教育研究用情報システムの全体構成についてと、演習端末室システムの構築について述べた。

更新システム導入の基本的な方針は、スペースの削減と消費電力の削減にあり、仮想化技術を積極的に導入した。前システムとの完全な比較はできないが、消費電力としては前システムに比べ約 33%（設計値比較）の低下となっている。

演習端末室システムの構築では、システム構築に先立って行った調査から、クライアント OS として Windows の利用要望が多く、端末室にシンクライアントを配置した VDI 方式を採用した。仮想マシン上に集約された Windows 環境では、システム部分から個人領域を分離するために移動プロファイルを用いる必要があったが、ファイルサーバやネットワークへの負荷を考慮して、フォルダリダイレクトを併用した。これにより、どの仮想マシンにログインしても同一のプロファイルが利用可能であり、仮想マシン毎に全ユーザのプロファイルを置かなくて済むようになった。さらに、リダイレクト先の領域に改めてドライブレータを割り振ることで、パスの認識に問題があった一部のアプリケーションの対応した。導入したシンクライアントシステムの平均消費電力は 7W であり、端末単体としての低消費電力化も達成できたものと考えている。

今後、持ち込み PC による演習端末室環境（クライアント環境）利用の本格展開を検討している。これにより、教材準備や自習環境の充実などの利便性の向上に加えて、これまで対応が難しかった、突発的な受講者増加に対する有力な解決手段となることが期待される。そのためには、PC の必携化を前提にライセンス管理方式を明確化することと、利用者教育や利用時間拡大に伴うメンテナンス体制の見直しなどのいくつかの運用上の問題を解決する必要があるが、それらは今後の課題としたい。

参考文献

- [1] 榎田秀夫ほか：特集 大規模分散ネットワーク環境における教育用計算機システム、情報処理、情報処理

表- 7: 個人領域の提供方法

フォルダリダイレクト		移動プロファイル				ローカル プロファ イル
		個別プロファイル		共通プロファイル		
		使用	未使用	使用	未使用	
保存場所	設定	NAS	NAS	保存不可能	保存不可能	仮想マシン
	ユーザデータ	NAS	NAS	NAS	保存不可能	仮想マシン
負荷		低い	高い	低い	低い	低い
個人設定の保存		可能	可能	不可能	不可能	可能
複数の仮想マシンからの利用		可能	可能	可能	可能	不可能

学会, Vol. 45, No. 3, pp. 225-281 (2004).

- [2] 丸山伸, 最田健一, 小塚真啓, 石橋由子, 池田心, 森幹彦, 喜多一: Virtual Machine を活用した大規模教育用計算機システムの構築技術と考察, 情報処理学会論文誌, 情報処理学会, Vol. 46, No. 4, pp. 949-964 (2005).
- [3] 関谷貴之, 安東考二, 尾上能之, 田中哲郎, 山口和紀: NetBoot による端末を用いた教育用計算機システムの開発と評価, 情報処理学会論文誌, 情報処理学会, Vol. 48, No. 4, pp. 1651-1664 (2007).
- [4] 三菱総合研究所: 大学生等への消費者啓発方法に関する調査研究, 平成 18 年度内閣府請負事業, 資料 4, p. 10, <<http://www.consumer.go.jp/seisaku/caa/shohishakyouiku/kyouikukaigi2/file/shiryo4-1.pdf>> (2007).
- [5] 瀬川大勝, 櫻田武嗣, 萩原洋一, 川島幸之助: Mac OS X による Netboot を用いた端末室環境の運用, 第 12 回学術情報処理研究集会, 学術情報処理研究集会, Vol. 12, pp. 81-85 (2008).
- [6] 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).
- [7] 櫻田武嗣, 萩原洋一: シンクライアントと持ち込みノート PC による端末室デスクトップ環境の設計, 情報処理学会研究報告, インターネットと運用技術 (IOT), Vol. 2011-IOT-13, No. 18, pp. 1-6 (2011).