

教育用計算機システム ECCS2012 の構成

丸山 一貴 関谷 貴之

東京大学 情報基盤センター
kazutaka@ecc.u-tokyo.ac.jp

概要

東京大学情報基盤センターでは 2012 年 3 月に教育用計算機システムを更新し、ECCS2012 の運用を開始した。前システムである ECCS2008 から (1) 端末管理方式の変更, (2) 端末へのリモートアクセスの提供, (3) 課金プリンタにおけるサービスの拡充, (4) ファイルサーバにおける自動階層化とレプリケーションの導入といった変化があった。本稿ではシステム全体の構成を概観するとともに、これら 4 点について導入意図と実現方式について述べる。

1 はじめに

東京大学情報基盤センターでは、東京大学の学生及び教職員が教育・研究のために利用する教育用計算機システム（以下、ECCS）を構築・運用している。これを 2012 年 3 月に更新し、ECCS2012 の運用を開始した。ECCS2012 は以下のサブシステムからなる。

- 利用者が授業や自習のために利用する端末システムと、その管理システム [1]
- 端末システムの利用者及びメールホスティングサービス [2] が利用するメールシステム
- 端末及びメールの各システムが利用するファイルサーバ
- プリンタシステム [3]
- 認証及びユーザ管理システム [4]
- これらを接続する基幹ネットワーク及びファイアウォール装置

本稿ではこれらのうち、第 2 章で端末管理システムについて、第 3 章でリモートアクセスシステムについて、第 4 章でプリンタシステムについて、第 5 章でファイルサーバについて、それぞれの導入意図と構成について述べる。

2 端末管理

ECCS2012 の端末では、1 台の端末で Unix としての Mac OS と Windows という 2 種類の OS を利用可能にしており、1300 台を超える端末が本郷・駒場・柏の各キャンパスにある教室や図書館等に分散して配置されている。本郷及び駒場で勤務する合計 6 名の常勤職員がメンテナンスに当たっているが、端末システムの専任ではないため、なるべく現地まで出向くことなく集中管理する仕組みが必要である。

ECCS2012 より以前は Unix 端末と Windows 端末を独立に設計し、それぞれを専用のネットワークブートシステム（以下、ネットブート）によって集中管理していた。ネットブートは少人数での集中的な管理に適したシステムであったが、ブートサーバ及びネットブートソフトウェアへの投資が必要なこと、利用する OS によって端末が異なり教室運用が効率的でなかったこと、ローカルブートに比べれば若干の遅延があること、ネットブートに固有のトラブルを特定するのが困難だったこと等から、ECCS2012 ではローカルかつデュアルブート方式に転換した。

ECCS2012 では端末管理に関して以下のような 3 種類の要件を想定し、それぞれを満たす管理ツールを導入することで、従来のネットブートと同様の利用感覚を保ちながら、日常的な OS 及びアプリケー

ションの更新が可能なシステムを実現した。

- 管理者の手元にあるマスター OS をイメージ化し、全ての端末に適用して同様に動作させること（以下、イメージ配信）。
- アプリケーションインストールや OS アップデートの適用といった、差分更新が可能であること（以下、パッチ適用）。
- 再起動によって元の状態に復帰すること（以下、環境復元）。

イメージ配信にはキヤノン IT ソリューションズの Total Manager for Mac（以下、TMM）を、パッチ適用にはカセヤジャパンの Kaseya を、環境復元には Faronics の Deep Freeze をそれぞれ利用している。

2.1 イメージ配信

イメージ配信は Service Pack のような大規模な更新を適用する場合や、修理対応により HDD が交換された端末を運用に戻す場合のように、パッチ適用による更新が困難なときに使用する管理方法である。

イメージ配信を実現する TMM は、1 台の TMM サーバと 11 台の TMM ブートサーバからなる（図 1）。TMM サーバでイメージ配信を実行すると、全端末は TMM ブートサーバと連携してディスクレス ネットブートを行い、解放された内蔵 HDD に対して Mac OS もしくは Windows の OS イメージを書き込む。ECCS2012 では書き込むべき OS イメージを、利用者のホームディレクトリがあるファイルサーバに配置している。

OS の大規模な更新を適用する場合は、この作業を深夜に自動実行するようスケジュールし、翌朝に適用状況を確認する運用としている。端末ハードウェアとして使用している Apple iMac は Wake-on-LAN が利用できないため、指定時刻に自動起動する仕組みを利用して無人による自動実行を実現した。なお、端末のほとんどは深夜利用ができない箇所に設置されているが、ごく一部の端末では該当時間帯に利用者がある場合もある。利用者が利用を継続していた場合は配信が失敗するが、翌日以降の深夜に改めて実行することでカバーしている。

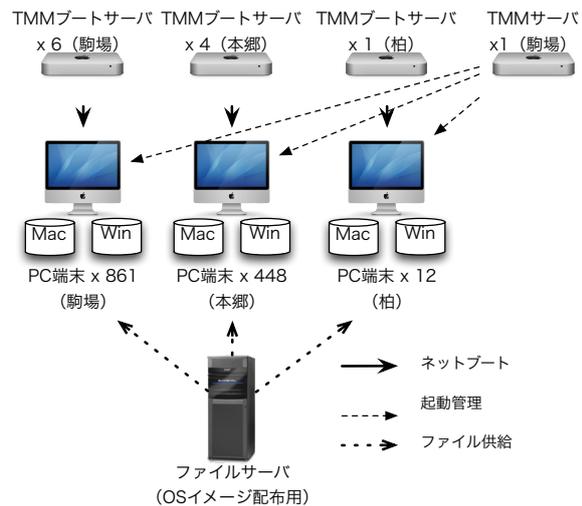


図 1: TMM サーバ群の構成

2.2 パッチ適用

ECCS では毎月の Windows Update や、ブラウザ等アプリケーションのセキュリティアップデートをできるだけタイムリーに適用する運用を行っている。しかし、1300 台を超える端末に対して毎月イメージ配信を行うのは現実的ではない。小規模なアップデートやアプリケーションの追加インストールのような更新は、イメージ全体を配信するのではなく該当する更新のみを適用する仕組みが必要である。ECCS2012 では、各端末自身が自律的に動作して、管理者によって指示されたパッチ等のインストール作業を実施することによりこれを実現した。

パッチ適用を実現する Kaseya は、1 台の Kaseya サーバと 1 台の Kaseya DB サーバからなる（図 2）。ファイルサーバに適用すべきパッチやアプリケーションのインストーラと、これらをリストアップしたファイルを配置した上で、Kaseya サーバでパッチ適用のワークフロー¹を実行すると、各端末が自律的にこれらのファイルを読み込み、指示された更新を実行する。なお、パッチ適用は OS ごとに行う必要があるため、Mac OS のパッチ適用を行う場合には予め Mac OS が起動するよう TMM を用いて設定している。Windows のパッチ適用も同様である。

¹Kaseya における一連の処理手順を言う。ECCS2012 では何種類かのワークフローを予め用意しておき、細かい動作についてはファイルサーバ上に配置するリストファイルで指定することで、新たなパッチ適用を設定する際の作業量を削減している。

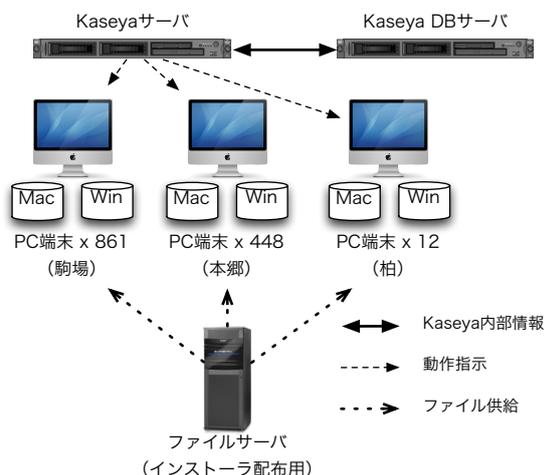


図 2: Kaseya サーバ群の構成

イメージ配信と同様、この作業も深夜に無人で自動実行する運用としている。深夜に自動起動する設定の投入と、起動 OS の管理には TMM を用いており、これらがスケジュールに従って連係動作することで一連の更新処理を完了するよう設計している。

2.3 環境復元

ECCS では 2004 年からネットブートを採用しており、管理者は端末を再起動することで状態が復元するという運用に慣れ親しんでいる。問題が起こったとき、端末を管理者が更新した直後の状態に容易に戻して切り分けができる利点を考慮して、Mac OS 及び Windows とも環境復元を実現するソフトウェアを導入することとした。双方の OS に対応していることから、ECCS2012 では Deep Freeze を利用している。

環境復元は前述のイメージ配信及びパッチ適用の際に解除及び再設定が必要となる。イメージ配信では、予め環境復元を解除した状態でイメージを作成しておき、配信終了後に再設定及び再起動を実施する。パッチ適用では適用前に解除及び再起動を実施し、適用後に再設定及び再起動を実施する。

3 リモートアクセス

ECCS 端末には講義で利用するアプリケーションがインストールされており、また、ごく一般的な市販

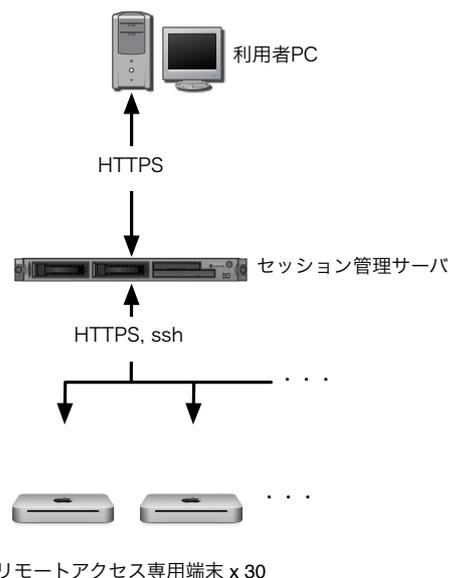


図 3: リモートアクセスシステムの構成

PC とは環境が若干異なることから、学生が自習目的で研究室や自宅から、非常勤講師が講義準備のために学外のオフィス等から ECCS 端末を利用できるようにすることが重要であると考えた。ECCS2012 ではリモートアクセスシステムと呼ぶサブシステムを構成し、システム外からの接続専用として 30 台の端末を配置して、ネットワーク経由でサービスを提供している。

図 3 に本システムの構成を示す。リモートアクセス専用端末はサーバ室内に設置し、コンソールを常時持つ必要がないため、ハードウェアとして Mac mini を利用している。各端末には、HTML5 ベースで実装され、Web ブラウザ経由でリモートデスクトップの機能を提供する Guacamole[5] を導入することで、利用者は特別なクライアントをインストールすることなくサービスを利用できる。セッション管理サーバは利用者の認証を行うとともに、バックエンドにあるリモートアクセス専用端末をプールとして管理しており、新たな接続要求があればプールから 1 台を利用者に割り当て、利用終了した端末があればこれを再起動して再びプールに戻して利用可能にする。

利用者は各自の PC で HTML5 に対応した Web ブラウザを起動し、セッション管理サーバが提供する Web ページに接続する。当該ページでは各自の通信帯域に応じて適切な解像度を選択し、システムのア

カウントによりログインするとプールから1台が割り当てられ、当該端末が提供する Guacamole のログイン画面が表示される。再度ログインを行うと、通常端末利用時と同じデスクトップ²が表示され、講義用アプリケーションの利用やホームディレクトリ内のファイルを使用した作業が可能となる。本稿執筆時点では、HTML5 対応ブラウザの中で Firefox または Chrome のパフォーマンスが優れている。

リモートアクセスシステムは、本来は教室設置の通常端末と完全に同等の機能を提供するべきであったが、現在は Mac OS の環境のみを、Microsoft Office を除いた上で提供している。ECCS2012 を利用する4万人規模のライセンスを整備することで、Office を含む Mac OS 環境と Windows 環境の提供が可能である。

4 プリントシステム

ECCS では 2004 年 3 月から、オンデマンド型の課金プリントと運用のアウトソースを実現している [6]。ECCS2012 ではプリンタ台数の削減を行うこととしていたため、それを補完する形で利便性を向上させるべく以下のような新たな取り組みを行った。

1. 学外で印刷可能とする仕組み
2. 交通系電子マネーによる課金
3. 研究室や自宅等、システム外からの印刷ジョブ送信
4. USB メモリに保存した Microsoft Office ファイルのプレビュー印刷
5. プリンタの自動原稿送り装置を用いた OCR 機能付きスキャン

これらのうち、第1と第3は、図4に示す学外印刷用プリントポータルを介してシステム内外にプリントジョブを流通させることで実現している。ECCS 端末と、第3の機能を利用するシステム外クライアント（利用者の研究室や自宅にある PC）にはネットプリント用仮想プリンタを設定しておき、これに印刷ジョブを送信するとプリントポータルへ送られ

²解像度の違いにより、アイコンの配置等は変わる。

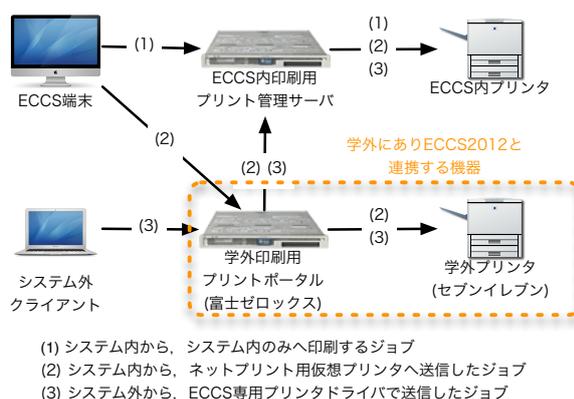


図 4: ECCS2012 におけるプリントジョブの流れ

る仕組みである³。学外で印刷する場合は、富士ゼロックスが運営するネットプリントのアカウントを利用者自身が取得し、セブンイレブン店頭のマルチコピー機で操作することにより出力が可能である。

従来の課金プリントでは、プリペイドカードに1000円のものしかなく使いにくいとの声があったため、商業施設でも利用可能な一般的な決済手段である交通系電子マネーを導入した。電子マネーへのチャージはキャンパス近隣の駅やバスで行うこととし、また、JR 東日本との Suica 電子マネー利用加盟店契約は大学生協東京事業連合に委託している。

USB メモリに保存されたファイルの印刷では、ECCS2012 から新たに Microsoft Office ファイルにも対応した。Excel の場合や、Office のバージョン違いなどから期待通りの出力とされない可能性があるため、プリンタ横に設置するジョブ操作機⁴でプレビューを表示し、利用者が確認した上で印刷する仕組みとした。

ECCS2012 のプリンタには複合機が導入されており、紙媒体で配布された講義資料等を電子化するために、原稿台や自動原稿送り装置による OCR 機能を用いたスキャンが利用できる。スキャンしたデータはジョブ操作機に接続した USB メモリに転送される。なお、USB メモリを持たない利用者のために、一部の端末にはフラットベッドスキャナを接続して、

³ECCS 端末では、プリントポータル送信後に ECCS 内プリンタでの印刷に変更する場合を考慮して、ECCS 内プリンタへも同時送信可能な設計となっている (図中の (2))。

⁴ECCS アカウントでログインして利用する、Windows PC。オンデマンド印刷の場合はプリンタで印刷したいジョブを選択し、USB メモリ印刷の場合は印刷するファイルを選択する。

スキャンしたデータをホームディレクトリに保存することもできるようにしている。

5 ファイルサーバ

ECSS2012では、端末システムとメールシステムそれぞれにNASを必要とする構成になっている。端末システムでは利用者の個人ファイルを保存するホームディレクトリとして、Mac OSからはNFSで、WindowsからはCIFSでマウントする。メールシステムでは負荷分散された8台のメールサーバが、利用者の設定情報やメールスプールの保存先としてNFSでマウントする。従来は中規模のファイルサーバをホーム用に2式、メール用に1式用意して運用していたが、ECSS2012では大型のファイルサーバ1式に集約することとした。

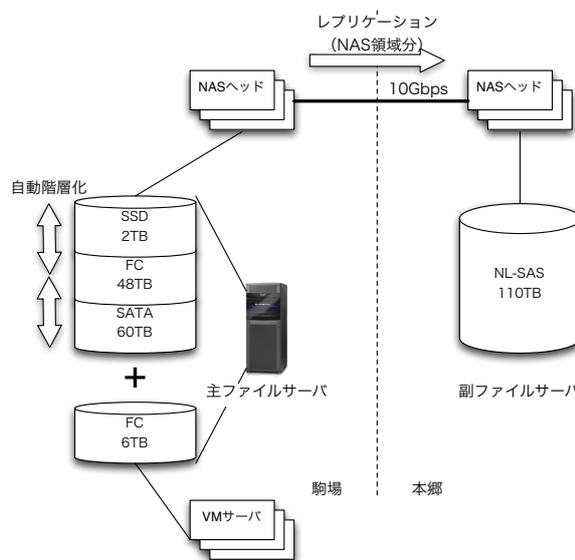


図 5: ファイルサーバの構成

5.1 ストレージプールによる柔軟な運用

ファイルサーバ集約の大きな目的の1つは、搭載するドライブを単一のストレージプールとして構成し、ホームとメールに柔軟に容量を割り当てることである。ホームディレクトリに必要となる総容量は利用者の数とquotaで決まるが、利用者数は学生数によってほぼ決まるものであり、システム運用中に大きく変わることはない。quotaは管理側が設定できるものであり、ホームの使用量に関して不確定要素はほとんどない。一方で、メールシステムはメールホスティングサービスを含んでおり、利用負担金に応じてディスクの割当量を追加したり、学科や研究所という単位で新規ユーザが追加されることがあり、ディスクの総使用量を見積もることが難しい。

そこで、搭載ドライブ全体を単一のストレージプールに構成し、運用開始時点では未使用領域を残した状態にしておき、ホーム及びメールの使用率を見定めながら、不足したシステムの方に容量を追加する(ファイルシステムを拡張する)ことが可能な設計とした。

ファイルサーバの構成を図5に示す。駒場に設置した主ファイルサーバはEMC Symmetrix VMAXを、NASヘッドとして同VG8を利用している。主ファイルサーバには3種類のドライブで合計116TBを搭載し、このうちFCドライブ6TBを仮想マシン

サーバにFC接続で供給している。NASヘッドの配下にあるのは残りの110TBであり、これを単一のストレージプールとして構成した。本稿執筆時点で、ホームには合計32TBを、メールには合計30TBを割り当てている⁵。

5.2 自動階層化

主ファイルサーバのNASヘッド配下にある領域は、単一のプールであるだけでなくEMCのFAST VPを用いた自動階層化も有効化している。この機能は、主ファイルサーバのストレージコントローラがブロックデバイス単位でアクセス統計を取り、利用頻度の高いブロックをより高速なドライブに割り当てるものである。従って、頻繁にアクセスされるデータはSSDに割り当てられ、ほとんどアクセスされないデータはSATAに移動することとなる。この機能を利用した目的は、以下が挙げられる。

- 従来システムより容量を拡張するために、低価格・大容量なドライブを活用すること。
- 大容量ドライブの導入でスピンドル数を減らすことにより、消費電力を抑えること。

⁵これらとは別に、端末に供給するライブラリ等の領域や、端末管理システムのための領域などに約6TBを割り当てている。

- SSD や FC といった高速なドライブを効果的に利用し、大容量ドライブによるアクセス性能低下を補うこと。

本機能の効果を測るには長期間にわたる評価が必要であり、現時点では客観的な指標を示すことができない。効果を示す傍証となり得るのは、1つはSSDの使用量が常に高い値を示して高速なドライブを活用できていると考えられることと、もう1つは前システムで発生していたホームディレクトリの応答遅延がECCS2012では発生していないことである。

5.3 レプリケーション

従来のシステムではバックアップ専用のサーバを設け、夜間・週末に差分・フルバックアップをスケジュール実行していたが、対象容量が大きく講義利用のある日中になってもバックアップジョブが実行されていた。我々の運用では、ファイルサーバに保存するユーザデータについて、利用者の都合による管理者作業としてのリストアは実行していない。このためバックアップの世代管理は不要であり、最新データのバックアップを高速にリストアできることが重要であると考えた。また、バックアップサーバはファイルサーバと同一のサーバ室に設置してあったため、火災等の事故に対する耐障害性を向上させることも検討した。

ECCS2012では、主ファイルサーバを駒場キャンパスに、副ファイルサーバを本郷キャンパスに設置し、主から副へのレプリケーションを行う構成とした。副ファイルサーバにはEMC VNX 5700を利用している。レプリケーションはNASヘッ드의機能として実装されており、標準では10分間隔の静止点が設定されるようにデータ転送が行われる⁶。10分間の差分が大きく転送量も大きくなる場合にはこの間隔が自動で調整されるが、この間隔が10分に戻らずレプリケーションに失敗するという状況は起こっておらず、問題なくバックアップを取得できている。

なお、利用者が操作を誤ってホームディレクトリのファイルを削除してしまった場合は、毎日の定時スナップショットから利用者自身の操作で復旧できるように設定してある⁷。

⁶静止点の時点でリストアできることが保証されている。

⁷本稿執筆時点では、スナップショットは2週間分を保持する

6 まとめ

本論文では教育用計算機システムECCS2012の概要について述べるとともに、新たに導入したサービスや機能に関して、導入の意図と構成方法について述べた。特にリモートアクセスとプリンタについては利用者向けのサービスを拡充させた結果、運用管理のコストが上昇してしまっている。今後、1年から2年の運用を経て各機能の利用状況や導入効果について測定し、運用管理のコストも含め報告を行っていく計画である。

参考文献

- [1] 丸山 一貴, 関谷 貴之, 妹川 竜雄, 和田 佳久: 教育用計算機システムにおけるエージェント方式によるデュアルブート端末管理, 情報処理学会 第5回インターネットと運用技術シンポジウム (IOTS2012), 2012(掲載決定).
- [2] 秋田 英範, 丸山 一貴, 関谷 貴之, 佐々木 馨, 増田 均: 学内向けメールサービスの運用と稼働状況について, 平成 21 年度情報教育研究集会 報告集, pp.437-440, 2009.
- [3] 丸山 一貴, 関谷 貴之: 学外システム連携による教育用計算機システムプリントサービス, 情報処理学会研究報告, Vol.2012-IOT-16, No.9, 2012.
- [4] 安部 達巳, 田中 哲朗, 関谷 貴之, 丸山 一貴, 前田 光教, 有賀 浩: 教育用計算機ユーザ管理システムの改善と運用評価, 大学 ICT 推進協議会 2012 年度年次大会, 2012(掲載決定).
- [5] Guacamole - HTML5 Clientless Remote Desktop, <http://guac-dev.org/>, 2012.11.16 取得.
- [6] 安東 孝二, 関谷 貴之: 大学における印刷管理の新しい試み, 情報処理学会研究報告, Vol.2005, No.83(2005-DSM-038), pp.13-16, 2005.

設定をとしている。