

# ネットブート型シンクライアントを用いた 大規模情報処理教育環境の運用について

藤村 丞, 奥村 勝

福岡大学

総合情報処理センター

{fujimura, okkun}@fukuoka-u.ac.jp

概要： 福岡大学では、平成 17 年 10 月より運用してきた教育研究システム FUTURE (Fukuoka University Telecommunication Utilities for Research and Education) を、平成 22 年 9 月に更改した。第 4 世代目となる教育研究システム (FUTURE4) では、ネットワーク認証・検疫システムの新規導入をはじめとして、学内 LAN やクライアント PC 環境 (PC 教室・オープン端末室)、サーバ環境など学内の教育研究環境をすべてを同時に一新した。本発表ではその中でも、情報処理教育環境のクライアント PC がすべてシンクライアント (ネットブート方式) となっていることに重点をおき、Windows7 におけるシンクライアントの運用方法、システム構成、ディスクイメージの管理、Windows7 および Windows8 における性能評価、Windows8 の取り組みなどについて述べる。

## 1 はじめに

福岡大学は福岡県福岡市に所在地を置き、9 学部 31 学科、10 研究科 33 専攻、学生数約 21,000 名、大学病院 2 病院、附属高校 2 校、中学校 1 校を有する私立の総合大学である。

福岡大学では、平成 17 年 10 月より運用してきた教育研究システム FUTURE<sup>1</sup> を、平成 22 年 9 月に更改した。第 4 世代目となる教育研究システム (FUTURE4: FUTURE Ver.4) では、ネットワーク認証・検疫システムの新規導入をはじめとして、学内 LAN やクライアント PC 環境 (PC 教室・オープン端末室)、サーバ環境など学内の教育研究環境をすべてを同時に一新した。また、PC 教室においては、これまでの PC 教室とは違った集合型教育ではない環境も導入し、ノート型のタブレット PC を用いて文書を数人で共有して作成・編集などのグループ学習ができる先進的な PC 教室を新たに 2 教室設置した。

このようにさまざまな取り組みを行った新教育研究システムであるが、システムの特徴の一つとして、PC 教室・オープン端末室のクライアント PC<sup>2</sup> にすべてネットブート方式のシンクライアントを採用したことである。学内には合計で 1,424 台のクライアント PC 端末を設置しており、OS として Microsoft 社製 Windows7 Enterprise (32 ビット版) が起動

する。UNIX 環境については、仮想デスクトップ環境を Windows 上で提供している。専用ソフトウェアにより UNIX サーバに接続して、UNIX サーバのデスクトップ環境を GUI にて操作することができるようになっている。

## 2 シンクライアント導入経緯とディスクイメージ

### 2.1 シンクライアント採用理由

今回の教育研究システム (FUTURE4) はネットブート方式のシンクライアントを採用したが、前システムの FUTURE3 (平成 17 年 10 月～平成 22 年 9 月) もネットブート方式のシンクライアントを採用していた。FUTURE3、FUTURE4 と二世代にわたりネットブート方式のシンクライアントを採用するきっかけとなったのは、第 2 世代目 (二世代前) の教育研究システム (FUTURE2: 平成 12 年 10 月～平成 17 年 9 月) にさまざまな問題点があったからである。

第 2 世代目 (二世代前) の FUTURE2 の教育研究システムでは、約 800 台のクライアント PC (ローカルブート方式) を導入していた。これらクライアント PC のディスクイメージ更新は、年 2 回の新規ソフトウェア導入時もしくはセキュリティパッチ適用時であり、動作確認ならびにディスクイメージ更新手順書を作成後、その手順書に基づき職員が手分けして各教室のディスクイメージの更新を行って

<sup>1</sup>Fukuoka University Telecommunication Utilities for Research and Education

<sup>2</sup>デスクトップ PC とノート型のタブレット PC

いた。ところが、ディスクイメージが約 30 種類もあったため、ディスクイメージ更新手順書の作成にも時間がかかっていたが、配信するためのディスクイメージの作成ならびに動作確認におおよそ 1 週間、実際の配信ではその仕組み上、各教室の 20～30 台ずつしか配信できなかったため全台（約 800 台）の配信および動作確認におおよそ 2 週間の合計約 3 週間もかかっていた。このため、ディスクイメージの配信と設定に多くの人と時間（コスト）がかかっていた。また、ディスクイメージ数が約 30 種類とあまりにも多く、メンテナンスなどの運用面に支障が出たり、同じ教室の中でも前方しか使えないソフトウェアがあったり、ある教室でないと使えないソフトウェアがあってその教室がほとんど講義で利用中であつたりと著しく利用者の利便性を損なう事になっていた。

この様な背景から、まずディスクイメージ数を減らすことに重点をおくとともに、ディスクイメージ更新に膨大な時間がかからないような仕組みを整え、なおかつ利用者の利便性や管理者のメンテナンス性を向上させるために、FUTURE3 ではシンクライアントを採用することとなった。

FUTURE4 のシンクライアント導入については、FUTURE3 においてネットブート方式のシンクライアントを採用していたことによるメリットを引き継ぐこと、利用者の利便性向上と運用面での安定性、管理面でのメンテナンス性に対してこれまで以上の効果が期待できること、運用上特に大きな問題はなかったことなどから、引き続き今回も同じネットブート方式のシンクライアントを採用することにした。

## 2.2 ディスクイメージ数の削減

今回稼働させた FUTURE4 では FUTURE3 と同じくディスクイメージ数の削減を行った。この削減の目的は、利用者にとって、どこの PC 教室・オープン端末室でも同じ環境を利用することができるため利便性の向上になることと、運用面での単純化と管理面でのメンテナンス性の効率化である。

ディスクイメージ数の削減を行う前の FUTURE2 では、ディスクイメージが約 30 もあったため、さまざまな問題が生じていた。これらを改善するために FUTURE2 から FUTURE3 の時に以下のようなことを行っており、FUTURE4 もこれを引き継いでいる。

FUTURE2 時代のディスクイメージ数増大の要因として、導入ソフトウェアのインストール基準が

曖昧であったことが大きな原因の一つである。そのため、PC 教室ごとにインストールしているソフトウェアが違ったり、教室単位でも前方と後方でインストールしているソフトウェアの種類が違うことなどによりディスクイメージ数が増大し、結果として利用面からも管理運用面からも非常に使い勝手が悪く手間がかかるシステムであった。これらを改善するために、一部の教室のみに対してのソフトウェアの導入はできないように関連規則の修正を行った。結果として導入ソフトウェアはすべてのディスクイメージに導入するか、費用などの理由などから全部分のライセンスが用意できないものについてはライセンスサーバにてライセンス管理を行うなど、ディスクイメージが分割されてしまうようなインストール形態はとれないこととした。

先に述べたように FUTURE4 ではこれらの改善点を引き継ぎ、シンクライアントの強みを最大限引き出すことでディスクイメージの削減を行った。その結果、今回のディスクイメージは以下のような 5 種類とすることができた。

1. 各 PC 教室（学生機、先生機）など
2. 先進 PC 教室（タブレット PC）
3. CALL システム（学生用）
4. CALL システム（教員用）
5. 入出力システム（B0 プリンタやスキャナ、動画編集など）

このような最小数化を行うことにより、利用者の利便性が向上することはもとより、運用面に対してもさらなる効率化を行うことが可能となった。

## 3 システム構成

講義などにおける一斉起動については、サーバやネットワークへの負荷が大きくなり、クライアント PC の起動時間においても、数台起動時より多くの時間が必要になってくる。結果として、講義時間を十分に確保できないため、今回の FUTURE4 の設計にあたっては、講義開始までの時間の短縮（PC 起動時間の短縮）を可能な限り行う設計とした。

### 3.1 マシンスペック

FUTURE4 で導入したクライアント PC（1,424 台）はネットブート方式のシンクライアントとして動作し、そのスペックは以下の通りである。

- 本体:DELL Optiplex 780 をベースとした福岡大学専用モデル<sup>3</sup>

<sup>3</sup>起動時に福岡大学の文字と校章が表示される

- CPU: Intel Core2Quad ( Q9550 ) /2.83GHz
- メインメモリ: 4GB ( 2 スロット空き )
- HDD: 1TB ( シンクライアントシステムに対する C ドライブ変更一時格納領域として利用 )
- ネットワーク: 1000BASE-T
- OS: Microsoft Windows7 Enterprise 32 ビット版 ( UNIX 環境は Windows 上から専用ソフトウェアにより接続 )
- Office: Microsoft Office 2010 Professional Plus

また、シンクライアントを運用するためのサーバ群としては、ディスクイメージの管理 ( 割り当てなど ) やクライアント PC にディスクイメージを配信する役割を持つディスクイメージ配信サーバと、その配信サーバを統括するディスクイメージ管理サーバから構成される。ディスクイメージ配信サーバの構成は、以下の通りである。

- 本体 : HP BL460c ( ブレードサーバ )
- CPU: Intel Xeon L5520 2.26GHz x2
- メインメモリ: 8GB
- HDD: 無し ( ファイバーチャネル、SAN ブート構成 )
- ネットワーク: 10Gbps
- OS: Microsoft Windows Server 2008 Standard Edition 64 ビット版

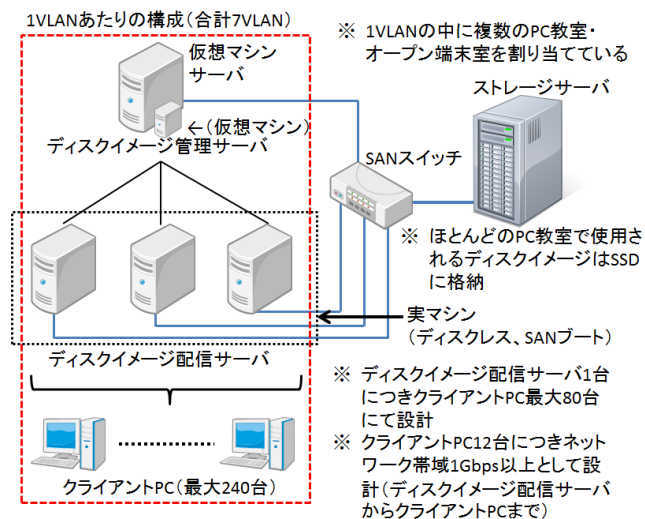


図 1: シンクライアントサーバ構成

システムとしての構成は図 1 のようになっており、1VLAN あたりディスクイメージ管理サーバが 1 台、ディスクイメージ配信サーバが 3 台であり、この構成が合計 7VLAN ある。ディスクイメージ配信サーバについては、自動負荷分散機能が含まれて

おり、サーバの負荷に応じて自動的にクライアント PC を割り振ってくれる。

設計にあったっては、クライアント PC の起動時間やメーカー推奨値などすべてを総合的に判断して、ディスクイメージ配信サーバ 1 台あたりクライアント PC は最大 80 台としており、ディスクイメージ配信サーバからクライアント PC までは、クライアント PC12 台あたりネットワーク帯域 1Gbps 以上を確保することとした。

### 3.2 キャッシュ (変更差分) 領域

FUTURE3 では、クライアント PC にハードディスクを搭載せず、ディスクレスシンクライアントとして稼働をしていたが、今回の FUTURE4 ではクライアント PC にハードディスクを搭載した。これは、FUTURE3 ではメインメモリを 1,536MB 搭載してこの半分 ( 768MB ) を OS から使用可能な状態で運用を行っていた。残り半分 ( 768MB ) は、C ドライブの変更差分を格納する領域として使用していたため、C ドライブに対してこの変更差分格納領域 ( 768MB ) を超えて変更を行うと、クライアント PC の動作が停止していた。

FUTURE4 では OS が Windows7 になるため起動時の変更量が多く C ドライブの変更量をメインメモリで補うことができなくなったため、ハードディスクを搭載してここに C ドライブの変更差分を格納することとした。また、導入当初、変更差分は暗号化して格納することとしていたが、非暗号化の方がパフォーマンスが良かったため、現在では変更差分を非暗号化にてハードディスクに格納している。

### 3.3 UNIX 環境の起動時間

前教育研究システムの FUTURE3 までは Windows と UNIX 環境のデュアルブート構成をとっていたが、今回は利便性と管理面、コスト面から、Windows 上から UNIX 環境を利用する仮想デスクトップ構成とした。設計をする上では、Windows 上で仮想マシンを利用して UNIX 環境を利用する構成も考えたが、Windows を起動してログオンし、そこから UNIX 環境を起動してログインするとなると、講義開始準備に多くの時間がかかってしまい、結果的に講義開始時刻が遅れると考えた。

そのため、今回の FUTURE4 では UNIX 環境を Windows 上の仮想マシンで利用するのではなく、専用ソフトウェアにて UNIX サーバに接続し、デスクトップ環境 ( GUI ) を Windows 上に呼び出す構成とした。よって、講義開始までの時間をできるだ

け短くすることができ、結果として講義時間を十分に確保することが可能になった。

UNIX 環境の OS は Linux (RedHat) で、実サーバ 6 台の自動負荷分散で運用を行っている。専用のソフトウェアは同時接続ライセンスのため、研究室や持ち込みのパソコンからでも利用が可能である。なお、専用ソフトウェアは再配布可能であるため、利用者向けに Web 経由でダウンロードできるようにしている。

### 3.4 ディスクイメージの複製

ディスクイメージ更新運用として一週間に一度、全ディスクイメージ配信サーバに対してディスクイメージの更新処理（最新ディスクイメージの複製）を全自動で行う仕組みを設けている。これは、ウイルス対策ソフトウェアのパターンファイルのアップデート（クライアント PC 起動時にはその時の最新パターンに自動的にアップデートされるが、アップデートの差分を少なくし起動時間短縮を行うため）や OS などの更新パッチ適用時など、ディスクイメージ更新を行うにあたって作業の単純化と確実性のためにこの仕組みをとっている。

前システムの FUTURE3 ではディスクイメージ複製の方法として、最新ディスクイメージが格納された 1 台目のサーバから 2 台目にコピーをして、その後続けて 4 台、8 台とコピーを行っていた（図 2）。だが、コピーそのものが失敗することが時々発生していたため、その都度手で夜間にコピーのやり直しを行っていた。また、ディスクイメージの自動コ

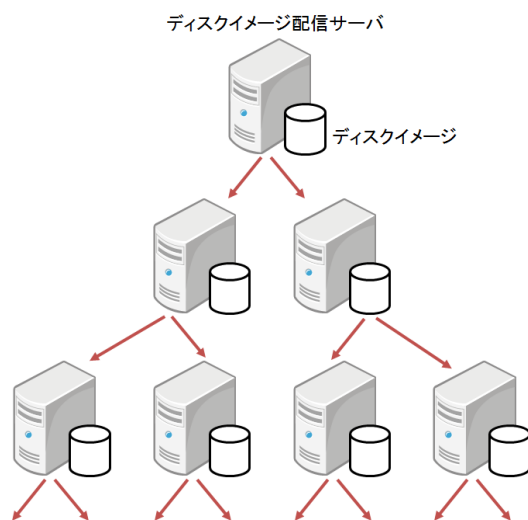


図 2: FUTURE3 でのディスクイメージの複製

ピーは夜間行っていたが、それには夜間 2 回分（午後 11 時から翌朝 7 時までを 2 回）が必要であった。

今回の FUTURE4 では複製方法の見直しを行い、複製の確実化と時間の短縮を行った。FUTURE3 ではサーバ間で OS の機能を用いて複製を行っていたが、FUTURE4 ではディスクイメージをすべてストレージサーバ上に格納し、ストレージシステムの機能（スナップショット）を用い複製（図 3）を行っている。

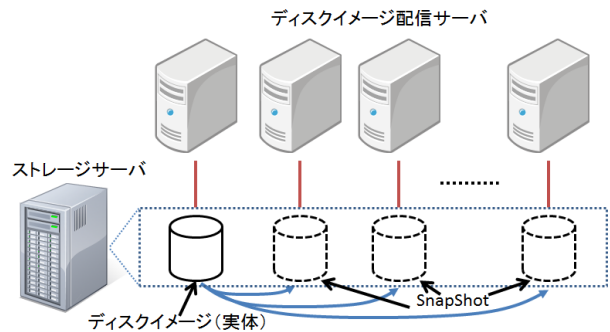


図 3: FUTURE4 でのディスクイメージの複製

これにより、複製に失敗することはなくなり、また、複製にかかる全行程についても約 4 時間ほどで完了する仕組みをとることができ、安定した運用を行うことが可能となった。

## 4 性能評価（一斉起動時間）

このように、講義の時間を十分に確保したい設計としたが、実際のアプリケーションを組み込んだディスクイメージと PC 教室でどこまで短縮できたか一斉起動時間の性能評価を行った。ただし起動時間とは、PC 本体の電源を入れてから OS のログイン画面が出てくるまでの時間としている。

### 4.1 一斉起動時間

今回の FUTURE4 では可能な限り起動時間を短くする構成をとった。その構成が図 1 である。もっとも負荷のかかるディスクイメージ配信サーバは、ブレードサーバ、SAN ブートとし、ディスクイメージはすべてストレージサーバ上に格納した。5 つあるディスクイメージのうち学生機、教員機用のディスクイメージ（ほとんどの PC 教室・オープン端末室で利用）は、ストレージサーバの FC ディスクではなく SSD 上に格納して、さらなる起動時間短縮を行った。これらの構成で、クライアント PC 94 台を設置している PC 教室にて現在運用中のディスクイメージを用いて一斉起動実験（Microsoft 社製 Windows 7 + Service Pack 1 32 ビット版）を行った結果が表 1 の「現行運用イメージ」である。ただ

し、現行運用イメージにはウイルス対策ソフトウェアがインストールされているが、起動時間短縮のためこのソフトウェアを OS 起動後時間差で起動するように設定している。また、参考までに、アプリケーションをインストールしていない Windows7 のみのディスクイメージで起動したときの時間を ” Windows7 のみ ” に示す。

FUTURE4 における PC 起動時間		
起動台数	現行運用イメージ	Windows7 のみ
10 台	約 62 秒	約 57 秒
30 台	約 71 秒	約 52 秒
50 台	約 92 秒	約 54 秒
70 台	約 104 秒	約 58 秒
94 台	約 106 秒	約 64 秒

表 1: FUTURE4 における PC 起動時間

平成 22 年 7 月、運用中の FUTURE3 において 94 台で一斉起動した場合、約 448 秒であった。よって、FUTURE4 では FUTURE3 の時と比較して、最大同時起動台数において起動時間は最大約 23%ほどになっており、講義開始までの時間を短縮して講義時間をより確保することが可能になった。

#### 4.2 ネットワーク帯域

94 台の一斉起動実験を行った際のネットワーク流量を計測した。その結果が図 4 である（2 回起動実験を行った結果である）。1 回につき流量が別れているのは、OS 起動後時間差でウイルス対策ソフトウェアが起動するように設定しているためである。これは、OS 起動後直ちにウイルス対策ソフトウェアを起動させた場合、起動に時間を要するため、時間差で起動するように設定している。

FUTURE3 の時のネットワーク流量は 2Gbps にも満たないものであったが、この図から分かる通り、FUTURE4 の構成では最大で約 4.5Gbps の流量があることが確認できた。OS を最新にしたことで、起動のための読み込み量が多くなっていると思われる。また、サーバやネットワーク機器の性能が上がったことや、それらを最大限発揮できる構成としたことなども、流量増加の要因と考えられる。なお、クライアント PC12 台あたりネットワーク帯域 1Gbps 以上を確保することとした設計であるため、ディスクイメージ配信サーバからクライアント PC までのどこかでネットワーク帯域に対するボトルネックが発生する事象は見られなかった。

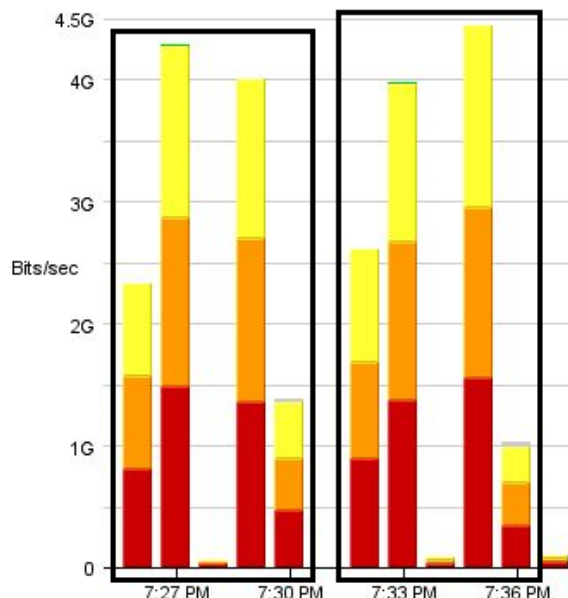


図 4: 一斉起動時のネットワーク帯域

## 5 Windows8 への取り組み

Windows8 については発売されて間もない時期であるため、現在導入しているネットブート関連のサーバは、公式には Windows8 がサポートされていない状態である。だが、一部タブレットを導入している教室があることや、最新の OS に触れる事ができる環境をなるべく早く提供したいため、現在のシステムで Windows8 の稼働実験を行っているところである。その際の性能評価を以下に示す。

### 5.1 一斉起動時間

第 4.1 節の Windows7 と同じように、一斉起動実験を行った。ただし、Windows8 には ”高速スタートアップ ” という機能があるので、これらを使用した時と使用しない時での起動時間やネットワーク流量の違いを比較したいため、この 2 種類において一斉起動実験を行った。その結果が、表 2 である。なお、Windows8 にはまだアプリケーションなど一切インストールしておらず、新規インストール直後の状態である。

結果としては、高速スタートアップあり、なしに関わらず、起動時間はほとんど変わらなかった。

### 5.2 ネットワーク帯域

ただし、ネットワーク帯域としては、多少ではあるが差が見られた。図 5 は、高速スタートアップありの場合、図 6 は、高速スタートアップなしの状態である。両方の図共に、94 台の同時起動をそれぞれ 4 回ずつ行った結果である。

Windows8 における PC 起動時間		
起動台数	高速スタートアップあり	なし
10 台	約 71 秒	約 69 秒
30 台	約 66 秒	約 66 秒
50 台	約 84 秒	約 77 秒
70 台	約 89 秒	約 92 秒
94 台	約 93 秒	約 93 秒

表 2: Windows8 における PC 起動時間

第 5.1 節の結果の通り、これら 2 つの設定は起動時間にほぼ依存しないということが分かるが、ネットワーク帯域として見たときは、高速スタートアップなしの方が有りの場合と比べて多少ではあるが流量が多くなっていることが分かる。

また、参考までに、Windows8 に高速スタートアップありの設定でウイルス対策ソフトウェアをインストールして一斉起動したときの流量を示した図が、図 7 である。ただし、第 4.2 節とは異なり、ウイルス対策ソフトウェアを時間差で起動するようには設定していない。そのため、図 5 と比べると、短時間により多くのネットワーク流量があることが分かる。

## 6 最後に

約 7 年間ネットブート型シンクライアントを運用してきた経験を生かして、これまでかかえていた問題点などを多くの部分で解決することができた。だが、まだ少し OS やネットブートシステム自体の動作の不安定なことやログオン時間が多少長いことなど、その他いくつかの課題がまだ残っている。今後はこれらの課題を解決しつつ、さらなる利用者の利便性の向上と管理運用面の安定化を行っていきたいと考えている。

## 参考文献

- [1] 藤村 丞、奥村 勝、西原 孝彦、「ディスクレス PC による情報処理教育環境の構築」、情報処理研究集会、pp.131-134、2005 年
- [2] 奥村 勝、藤村 丞「1000 台規模のディスクレス PC システムの構築と運用」、情報処理学会インターネットと運用技術研究会 (IOT) pp.61-66、2008 年 3 月
- [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、pp.111-114、2010 年

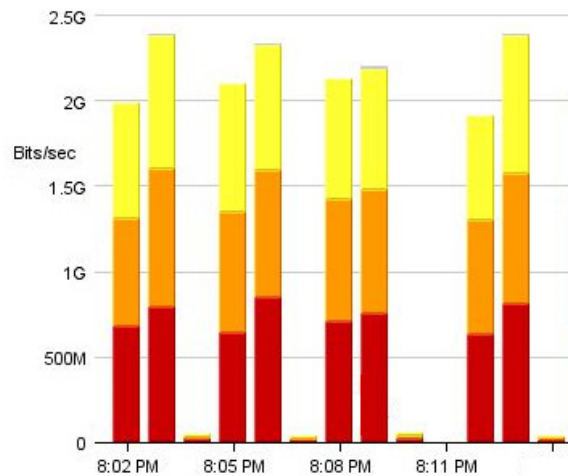


図 5: 一斉起動時のネットワーク帯域 (高速スタートアップあり)

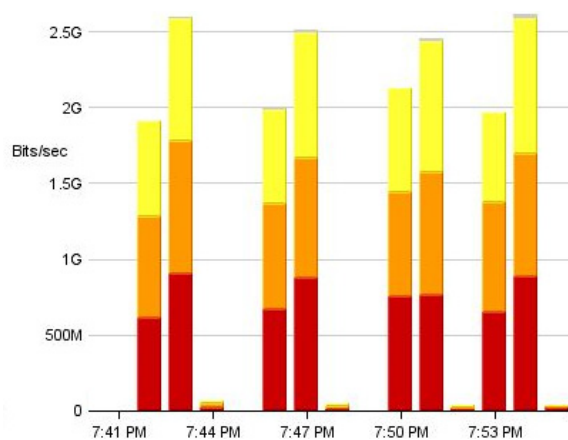


図 6: 一斉起動時のネットワーク帯域 (高速スタートアップなし)

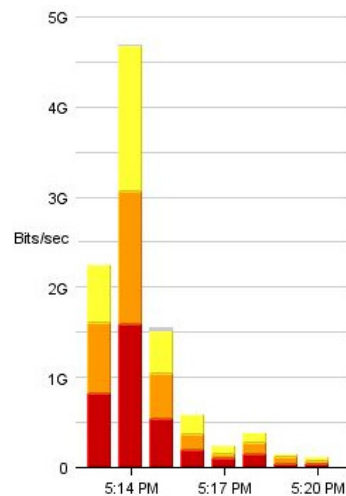


図 7: 一斉起動時のネットワーク帯域 (高速スタートアップあり+ウイルス対策ソフトウェアあり)