

# 武蔵大学における仮想化基盤を活用した キャンパスネットワークの構築と運用

鍛冶秀紀<sup>1,a)</sup> 安東孝二<sup>2</sup> 小野成志<sup>1</sup>

**概要:** 武蔵大学では 2012 年度にキャンパス情報ネットワークの更新を行った。ソフトウェアルータ Vyatta をコアルータとして採用するなど、仮想化基盤を利用することにより、資源利用の最適化をはかるとともに、今後の拡張性を考慮したキャンパス情報ネットワークの構築を行った。本稿では、2012 年 5 月から運用を開始した武蔵大学キャンパス情報ネットワークの構築と運用および課題について紹介する。

**キーワード:** キャンパス情報ネットワーク, 仮想化基盤, ソフトウェアルータ, 無線 LAN

## Constructing and Management of Musashi University Campus Network with Utilizing Virtualization Platform

HIDEKI KAJI<sup>1,a)</sup> KOJI ANDO<sup>2</sup> SEISHI ONO<sup>1</sup>

**Abstract:** We replaced Musashi University campus information network in 2012 fiscal year. New campus information network utilizes a virtualization platform for optimization of using resources and expendability for future upgrades. Then we apply Vyatta that is open source routing software, as our campus network core router for reducing various costs of core network hardware. In this paper, we explain the management of our new campus information network and occurred problems on the network from beginning of operation on May 1<sup>st</sup>, 2012.

**Keywords:** Campus Information Network, Virtualization Platform, Software Router, Wireless LAN

### 1. はじめに

武蔵大学は、学生数約 4,500 人、教員数約 500 人、職員数約 250 人、経済学部、人文学部、社会学部の 3 つの学部と、経済学研究科、人文学研究科からなる文系の私立大学で、東京都練馬区豊玉上にある江古田キャンパスにすべての学生が集まる比較的小規模な大学である。

武蔵大学では、2012 年度にキャンパス情報ネットワークを更新し、2012 年 5 月から新しいキャンパス情報ネットワークの運用を開始した。今回のネットワーク更新では、古くなった基幹ネットワーク機器および建屋間の回線を一新することに加え、コアスイッチの設置場所および対外接続ポイントの変更を行い、ネットワーク構成を最適化するとともに、学内全体で利用可能な無線 LAN システムの構築を行った。新ネットワーク設計の際の目標は、ネットワークの高速化、セキュリティの強化、利便性の向上、運用管理の省力化とした。

また仮想化基盤を新たに構築し、ネットワークの利用に必要なサーバ群をその仮想化基盤上に配置することにより、ネットワークの現状に合わせつつ、今後の拡張性を考慮に入れたサーバ、ネットワークの構築を行った。大学においても仮想化基盤を用いたサービス基盤の構築は盛んに行わ

れており、大学全体でサーバ、クライアントを含めた大規模な仮想化を行うプライベートクラウドを構築した静岡大学 [1] を始め、学生・教職員のデスクトップ環境の仮想化を行った北陸先端科学技術大学院大学 [2] など多くの大学で仮想化基盤の導入が行われている。

特に、大学の規模や属性の問題から大きな予算を獲得することが難しく、かつ大規模なクラウドコンピュータへの必然性は薄い、資源の有効活用や災害時の柔軟な対応などを実現できる環境への訴求からスモールスタートで仮想化基盤を構築した東京藝術大学の例 [3] は、武蔵大学の状況とも合致する。武蔵大学においても ICT コストの削減、東日本大震災以降の電力不足への対応、災害時のサービスの継続性など様々な側面から新しい仮想化基盤構築の検討が行われていた。

本稿では、2012 年度に実施された武蔵大学キャンパス情報ネットワークの更新についてその設計や運用、これまでに発生した障害について報告する。

### 2. 武蔵大学キャンパス情報ネットワークの構成

更新前後の武蔵大学キャンパス情報ネットワークの物理構成を図 1 に示す。大きな変更点として、コアスイッチを配置する建屋の変更、建屋間ネットワークの高速化、対外接続ポイントの変更、仮想化環境の構築が挙げられる。以下でこれらの変更点の詳細を述べる。

1 学校法人根津育英会武蔵学園情報システム部  
Information System Division, Musashi Academy of Nezu Foundation.  
2 株式会社 mokha  
mokha Inc.  
a) kajji@musashi.jp

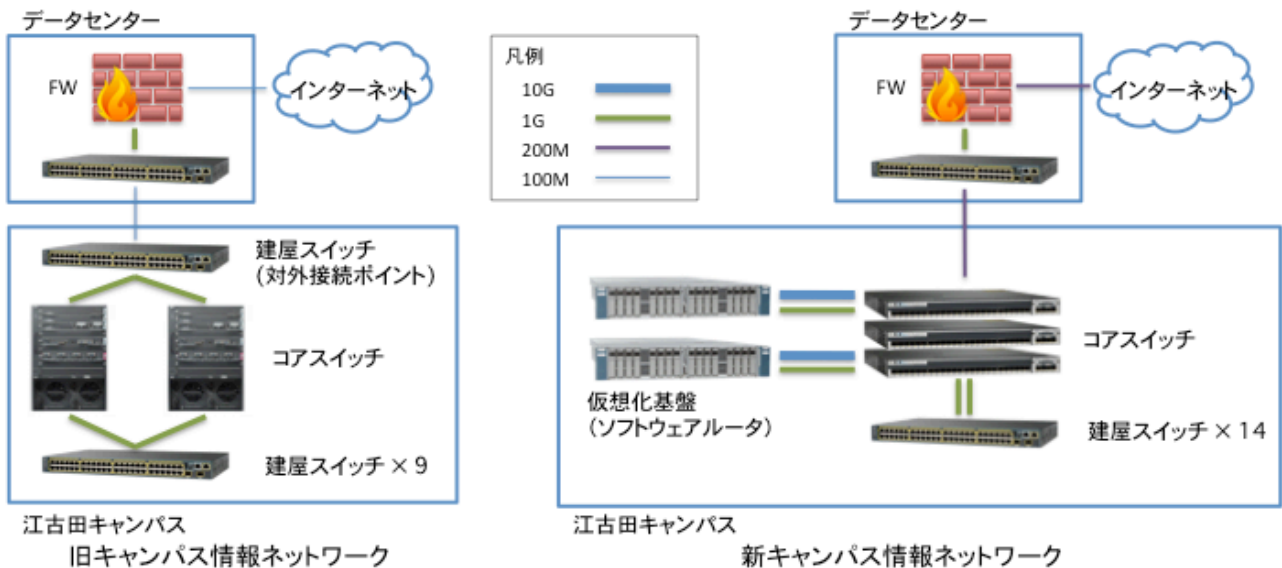


図 1 武蔵大学キャンパス情報ネットワーク構成図

(1) コアスイッチの配置建屋の変更

旧ネットワークにおいてコアスイッチが配置されている建屋について、老朽化による立て替えが過去に何度か提案されている経緯があり、建て替えが決定した際に不要な工事が発生することを避けるため、事前にコアスイッチを配置する建屋の変更を行うこととした。比較的小さなサーバ室に移ること、ネットワークの負荷状況から大型で高性能なスイッチは必要ないと判断し、シャーシ型の冗長化構成から、ボックス型のスタック構成へと変更されている。それに伴い、旧ネットワークではコアスイッチで行っていた学内ルーティングやアクセス制御を、後述の仮想化環境上に配置されたソフトウェアルータで行うこととした。

(2) 建屋間ネットワークの高速化

全学無線 LAN の構築により、スマートフォンなど持ち込み端末の接続増加が予測される上に、武蔵大学では学内内線電話の IP 電話化や、教室 PC へのネットブート端末の導入が計画されていたため、建屋間のネットワークは 2Gbps (1Gbps×2 回線) に増強し、必要に応じて 4Gbps (1Gbps×4 回線) まで増強可能な構成とした。また、一部 100Mbps となっていたフロアスイッチを 1Gbps 対応のものに交換した。

(3) 対外接続ポイントの変更

旧ネットワークで対外線が引き込まれていた場所は、新旧どちらのネットワークのコアスイッチからも離れた建屋にありインターネット接続やデータセンターの利用において単一障害点を増やすことにつながっていたため、新ネットワークでは、コアスイッチのある建屋への引き込みを行うとともに、契約を変更し速度を 100Mbps から 200Mbps に増強した。

(4) 仮想化基盤の構築

新ネットワークではコアスイッチに接続する形で仮想化

基盤を配置し、ネットワークの利用に必要なサーバ群を配置することとした。仮想化基盤とコアスイッチ間は 10Gbps で接続される。

3. 仮想化基盤の構築

今回のネットワーク更新に合わせて新規に仮想化基盤を構築することで、これまで個別のハードウェアで実行されていたサーバを仮想化し、故障による障害リスクの低減、管理コストの削減をはかるとともに、今後予定されているサービスの受け皿として利用する。

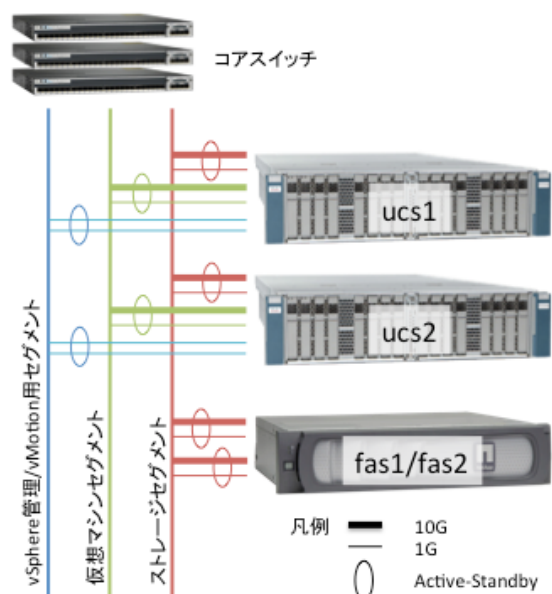


図 2 武蔵大学キャンパス情報ネットワーク  
 仮想化基盤の機器構成

仮想化ハイパーバイザとして、すでに運用の経験があり、サーバ運用業務の委託先でも実績のある VMware vSphere 5.0 を選択、物理サーバは Cisco 社の UCS260M2 2 台による冗長構成とし、ストレージとして NetApp 社の FAS2240A-2 を採用した。FAS はコントローラを二重化することで耐障害性を高めている (図 2 参照)。仮想サーバ用のデータストアは 560GB SAS HDD ×9 の RAID-DP 構成で約 1.9TB の容量を確保、NFS を用いて vSphere に接続される。UCS スペックを以下に示す。

- CPU: Xeon E7-2860 2.26 GHz (2CPU)
- メモリ: 200G
- HDD: 147G 15000rpm SAS × 2 RAID1

構築された仮想化環境には、ネットワークの利用に必要な DNS, DHCP に加え、後述するキャンパス情報ネットワークのコアルータ、および無線 LAN でのネットワーク認証のための認証局, Radius サーバなどのサーバ群を配置した。2012 年 5 月の運用開始時に UCS 上で稼働していたサーバを以下に示す。

- キャンパス情報ネットワークコアルータ Active (Vyatta)
- キャンパス情報ネットワークコアルータ Standby (Vyatta)
- 学内用 DNS プライマリサーバ
- 学内用 DNS セカンダリサーバ
- 無線 LAN 認証用仮想化アプライアンス (Meru Identity Manager)
- 認証局 兼 Radius サーバ
- 作業用 Linux サーバ
- DHCP サーバ
- システム通知用 SMTP サーバ
- システム監視用 Zabbix サーバ
- Syslog サーバ

仮想基盤上に存在するサーバは、Vyatta を除きすべて ucs1 の上で実行され、ucs1 の障害時には VMware HA によって自動的に ucs2 に上で起動される (図 2 参照)。Vyatta に限り 2 台の UCS 上でそれぞれ稼働し VRRP によって経路切り替えることで仮想化基盤のハードウェア障害に対応する。VMware HA では、障害時に稼働中のサーバが停止することが避けられないため、停止の影響の大きいルータに限りこのような構成とした。

### 3.1 ソフトウェアルータ Vyatta の採用

文系小規模でシングルキャンパスという大学の属性が示す通り、キャンパス情報ネットワーク内のトラフィックは少なく、ネットワークトポロジーもコアスイッチを中心とした単純なスター型の配置で対外接続も 1 系統のみである。このようなネットワークの現状を考えると何でもできる高価なルータよりも、適切な性能をもちながら状況に合わせた拡張性を持ち、今後の増えて行くと思われるサービスのアウトソーシング、外部 iDC, SaaS などの利用を意識した柔軟性の高いネットワークの構築を実現できるオープンソーススペースのソフトウェアルータ Vyatta を採用すること

とした。

仮想化基盤上にデプロイされた Vyatta には 4 つの仮想 CPU と 4GB のメモリが割り当てられている。図 3 は武蔵大学の標準的な一週間のルータのネットワーク通信量を表している、昼間の学生がいる時間でも平均して 2Mbps 程度、夜間のバックアップ実行時でも 7Mbps 程度の通信量である。図 4 は同じ期間の CPU 使用率を表したもので、通信量に応じて使用率が上下するが、ほぼ 10%程度を推移しており現在のリソース割り当てで十分に機能していることがうかがえる。

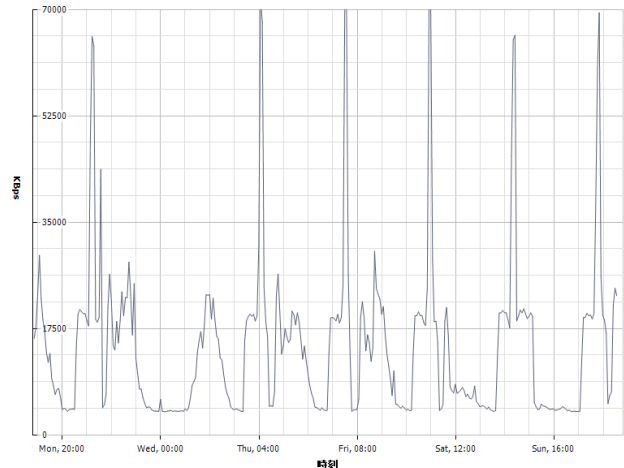


図 3 武蔵大学での標準的な 1 週間における  
コアルータの通信量の推移

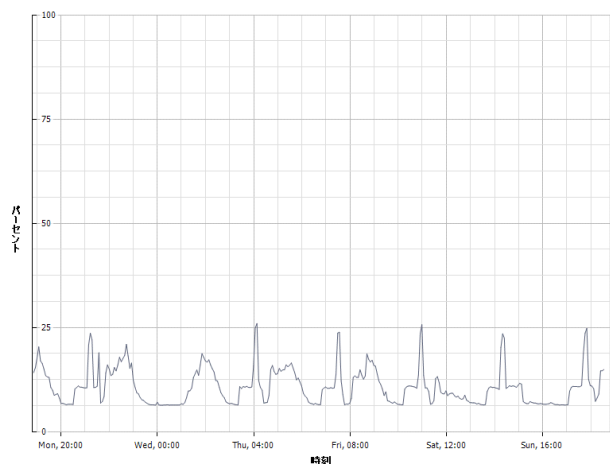


図 4 武蔵大学での標準的な 1 週間における  
コアルータの CPU 使用率の推移

## 4. 全学無線 LAN の構築

以前の武蔵大学キャンパス情報ネットワークでは持ち込み機器への対応として、図書館等一部のエリアに設置された情報コンセントによる有線接続および、キャンパス内の 2 か所に設置された無線 LAN を利用していた。どちらも接続すると認証用の Web サイトに誘導され、認証を受ける

ことで外部利用者はインターネットへの接続のみ、学内者はキャンパス情報ネットワークへの接続が可能となっていた。この方式では、持ち込み端末を利用できる場所が大きく制限される。特に無線接続しかできないスマートフォンやタブレット端末は、その携帯性を活かさない状況であった。また接続のたびに Web サイトを開き ID とパスワードを入力する必要があることも文字入力に手間がかかる端末では利用をためらわせる要因になると考えられた。

新しいネットワークでは教室に設置された教卓用のものを除き情報コンセントを廃止し、無線 LAN への接続のみで持ち込み機器への対応を行うこととした。利用者認証には Meru Identity Manager を利用し、学内利用者には IEEE 802.1X による認証を、ゲストには一時アカウントと Web 認証を用いた接続を提供することとした。認証を受けた利用者は、その属性に応じて以下の 4 つのカテゴリのネットワークに割り当てられる。

- 教員用ネットワーク  
教員の研究室と外部公開サーバ、インターネットに接続可能
- 職員用ネットワーク  
事務系のサーバと外部公開サーバ、インターネットに接続可能
- 学生用ネットワーク  
教育系のサーバと外部公開サーバ、インターネットに接続可能
- ゲスト用ネットワーク  
外部公開サーバとインターネットのみ接続可能

それぞれの属性に応じたアクセス権が与えられるため、持ち込みデバイスにおいても普段利用している学内の PC と同じように利用することができる。

Identity Manager では、Smart Connect 機能を用いて IEEE802.1X に必要な証明書の導入や各種設定を、機器や OS に合わせて自動で行う。これにより利用者が複雑な操作をすること無く持ち込み機器を無線 LAN に接続でき、無線 LAN アクセスのために何度も ID とパスワードを入力する必要のない環境となった。

一方ゲストの利用において、これまではゲスト認証で入力されたメールアドレスのチェックは行われていなかったため、ほぼ WEP キーのみで接続を制限している状況であった。そのため WEP キーさえ分かれば誰でもインターネットに接続できた。新しい無線 LAN では Identity Manager に登録されたゲストアカウントのみが接続可能となり、そのアカウントの有効期限やパスワードなども柔軟に設定となった。その分アカウントの管理などの作業が必要となるが、ゲストへのアカウント発行は月に数件程度であること、一括登録やメールによる通知機能など様々な設定を Web UI から行うことができるなどから管理上の手間の増加は許容できる範囲であった。

## 5. 運用における問題点とネットワーク障害

ここでは新キャンパス情報ネットワーク運用開始後に、いくつか上がった問題点と、実際に通信が阻害された障害について紹介する。

### 5.1 運用上の問題点

#### (1) システム遮断の煩雑さ

ルータが仮想化してしまったことにより、ネットワーク経路でのシステム遮断をできる場所が限定されることとなった。仮想ゲストである Vyatta を停止すると、VLAN をまたいだ通信はできなくなるため、今回のネットワーク構成では UCS や NetApp を遮断するために物理サーバの前で作業をする必要がある。通常このような作業をリモートで行うことは無いと考えられるが、手段は用意しておくべきだと考えている。

#### (2) ブロードキャストのルーティング

新ネットワークの運用開始後に、教室 PC としてネットブート端末の導入が行われた。このとき環境配布のために Wake on LAN でクライアントを起動することを計画したが、Vyatta は DHCP パケットを除くブロードキャストのルーティングを行う機能がなかったため VLAN をまたいで Wake on LAN を実行することができなかった。このため一部教室ではこの機能を利用することができないことが判明したが、幸いにもそれらの教室の PC へのネットブート端末の導入が見送られたため大きな問題とはならなかった。その後 Vyatta6.5 にてブロードキャストルーティングへの対応が行われたため、バージョンアップで対応可能となった。

#### (3) 機種毎の Smart Connect の対応のばらつき

無線 LAN において、持ち込み機器に対し IEEE 802.1X の設定を行う Smart Connect だが、機種よって OS には対応済みと言われるものであってもうまく機能せず無線 LAN に接続できない場合があった。特に Android 端末は端末毎のカスタマイズのためうまく Smart Connect が機能しないものも多く見られる。対応策として Identity Manager 上で学内者の持つ Active Directory のアカウントを使用してゲスト用ネットワークに接続できるように設定し、手持ちの端末が Smart Connect に対応しない場合はゲストとしてインターネットのみを利用可能とする処置を行っている。

#### (4) 無線 LAN における周波数帯間のばたつき

全学無線 LAN の運用が始まった後、無線接続が頻繁に切断-接続を繰り返す現象が発生した。無線コントローラのログを確認した結果、IEEE 802.11n を使用して無線 LAN に接続した際に、2.4GHz 帯のチャネルへの接続と、5GHz 帯のチャネルへの接続を 30 秒程度の間隔を置いて交互に繰り返す現象の発生が確認された。この現象は Windows 端末および Linux 端末において顕著であった。特に問題に

なったのが2012年10月に武蔵大学で導入したノート型パソコン運用システムV-Bootでの無線LANへの接続である。V-BootではLinuxホスト上に仮想化したWindowsを実行するシステムのため、ホストのLinux側で接続が切れた際に、ゲスト側に「ネットワーク接続無し」と通知されネットワークが利用できなくなるため利用者の混乱を招く結果となった。対処方法として無線LANのAP側でどちらかの周波数帯の電波を停める、あるいはクライアント側で、無線で利用する周波数帯を固定する作業を行う、の2つの方法が考えられた。通常のWindows端末では端末毎に周波数帯を2.4GHzに固定するように利用者に依頼しているが、V-Bootではクライアント側での調整が難しかったため、V-Boot端末を無線で利用する必要のある教室では5GHz帯の電波を停止することとした。

## 5.2 学内全体のネットワーク障害

運用開始から半年ほど大きな障害は発生していなかったが、2012年11月に入り、火曜日の13時を過ぎると全学的に学内の様々なサーバへ通信できなくなる、インターネットへの接続できなくなるなどの障害が発生する。あるサーバへの接続障害やインターネットへの接続障害は5分程度で回復するが、次は別のサーバへの接続ができなくなるという障害が断続的に16時あたりまでつづいていた。この現象の原因は、VyattaのARPキャッシュテーブルの容量不足であった。2012年10月から新たに稼働を始めたV-Bootを利用している教室PCがIPアドレスを複数必要とすることと、卒業論文などでネットワークに接続する情報機器が増えたことにより、授業でのPC利用がもっとも多い火曜日の午後になるとVyattaのARPキャッシュテーブルが溢れていた。導入時のVyattaのARPキャッシュテーブルの最大サイズは、VyattaのベースとなっているLinuxで一般的なデフォルト値である1024に設定されていた。そこで、この設定を十分な数値に変更することで障害は解消された。

## 6. おわりに

本稿では2012年5月に更新した武蔵大学キャンパスネットワークの構築と運用上の問題点について紹介した。仮想化基盤を積極的にネットワークコアに利用することにより資源利用の最適化をはかりつつ将来の拡張性を考慮したサーバ、ネットワーク環境が構築可能であることを示した。

今後の予定としては、まず、仮想化基盤には十分なリソースが残っているため、まだ集約が終わっていないLDAPやActive Directoryサーバ、プリントサーバなどの移行が挙げられる。また、すでに持っている首都圏から離れた場所にある外部iDCのラック上に、災害時のBCPなどを念頭にキャンパス外の仮想化基盤の構築を行い、柔軟なサービスの移行を継続が可能な基盤作りを行いたいと考えている。

**謝辞** 本システム構築にご協力いただきました株式会社インターネットイニシアティブ、伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、住友電設株式会社に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 坂田智之, 長谷川孝博, 水野信也, 永田正樹, 井上春樹: 情報セキュリティの観点からみた静岡大学の全面クラウド化, 情報処理学会研究報告, 2011-IOT-14, Vol.7, pp.1 (2011).
- [2] 宮下夏苗, 上埜元嗣, 宇多仁, 敷田幹文: 大学におけるプライベートクラウド環境の構築と利用, 第3回インターネットと運用技術シンポジウム, pp.17-24 (2010).
- [3] 柏崎礼生: スモールスタートで始める大学の仮想化基盤の構築と運用の実情, 第5回インターネットと運用技術シンポジウム, pp.94-101 (2012).