

イントラネット環境構築システムの提案と実装

上原崇史^{†1} 齋藤孝道^{†2}

大学等の教育機関での利用を目的とした VCL (Virtual Computing Lab) というシステムがある。これは、アプリケーションが動作するデスクトップ環境の提供を行うデスクトップ仮想化システムである。VCL は、仮想マシンに接続するネットワークとして、予め用意されたネットワークのみを提供するので、複数の仮想マシン及びそれに付随する任意のネットワークを必要とする組織内ネットワーク環境の構築等には利用することが出来ない仕様となっている。そこで、本論文では、VCL を改変し、利用者の所望する任意のネットワーク構成を仮想マシン及び仮想スイッチを用いてイントラネット環境として構築し、提供するイントラネット環境仮想化システムの提案及び実装を行った。

Proposal and Implementation of An Intranet Environment Provisioning Cloud System

TAKAFUMI UEHARA^{†1} TAKAMICHI SAITO^{†2}

1. はじめに

近年、高速なイーサネット規格の標準化や仮想化技術の進展に伴い、クラウドコンピューティングと呼ばれる新しいコンピュータの利用形態が普及している。クラウドコンピューティングとは、仮想化技術によって集約されたコンピュータリソースをネットワーク越しにサービスとして利用するというものである。ハードウェアやソフトウェアリソースに縛られず、柔軟なサービスの利用が可能となるクラウドコンピューティングは、個人での利用に留まらず、企業等の組織においても支持されており、更なる普及の兆しを見せている。

クラウドコンピューティングは大学等の教育機関においても利用されている。その一つとして、Virtual Computing Lab [1][2] (以降、VCL と呼ぶ) と呼ばれるシステムがある。これは、アプリケーションが動作するデスクトップ環境 (2 節参照) をネットワーク越しに提供するデスクトップ仮想化システムである。具体的に VCL とは、OS 及びアプリケーションが導入されているデスクトップイメージ (2 節参照) をあらかじめ用意し、利用者の要求に応じたイメージを実行することで、利用者にデスクトップ環境を提供する。

VCL は、仮想マシンに接続するネットワークとして、予め用意されたネットワークのみを提供する。予め用意されたネットワークとは、利用者が仮想マシンに接続するためのネットワーク及び VCL が仮想マシンを運用、監視するためのネットワークである。このため、VCL は、複数の仮想マシン及びそれに付随する任意のネットワークを必要とする組織内ネットワーク環境の構築等には利用することが出

来ない仕様となっている。

そこで、本論文では、VCL を改変し、利用者の所望する任意のネットワーク構成を仮想マシン及び仮想スイッチを用いてイントラネット環境 [a] として構築し、提供するイントラネット環境仮想化システムの提案及び実装を行った。提案システムでは、利用者の所望するイントラネット環境を構築するために、そのイントラネット環境を示す XML 構成情報ファイル (2 節参照) を利用する。XML 構成情報ファイルの作成には、Network Visualizer (3.2 節参照) というソフトウェアを用いる。提案システムは、利用者から、所望のイントラネット環境を示す XML 構成情報ファイルを受け取ると、そこに記載された PC、ルータ及びスイッチを、PC として動作する仮想マシン、ルータとして動作する仮想マシン、仮想スイッチで対応させることで、利用者の所望するイントラネット環境を構築する。提案システムを利用することで、利用者は、所望のイントラネット環境を迅速に構築し、利用することができる。

2. 用語

本節では、本論文で扱う用語について示す。

● 利用者

Web インタフェース (後述) を利用してイントラネット仮想化環境 (後述) の要求を行い、これを利用する者を利用者と呼ぶ。利用者は、Web ブラウザを用いて提案システムが提供する Web インタフェースにアクセスし、イントラネット仮想化環境の要求を行う。

^{†1} 明治大学大学院

^{†2} 明治大学

a) 本論文におけるイントラネット環境とは、閉じたネットワークを構成する機器及び各機器上で動作するソフトウェアの設定を含めた全体を指す。

- デスクトップ環境

VCL が利用者に提供する、デスクトップイメージ（後述）及びそのイメージを実行するためのハードウェアリソースを合わせ、デスクトップ環境と呼ぶ。

- デスクトップイメージ

デスクトップ環境のうち、ハードウェアリソース上でデスクトップ OS やアプリケーションを稼働させるための仮想マシンの情報が含まれるファイルをデスクトップイメージと呼ぶ。

- イントラネット仮想化環境

提案システムが利用者に提供する、PC やルータに対応する仮想マシン及びブイッチに対応する仮想スイッチ（後述）からなる全体をイントラネット仮想化環境と呼ぶ。

- 仮想マシンイメージ

イントラネット仮想化環境のうち、PC に対応する仮想マシンやルータに対応する仮想マシンを起動するためのファイルを仮想マシンイメージと呼ぶ。

- 仮想マシン構成ファイル

提案システムが利用者に提供する、イントラネット仮想化環境上の仮想マシンのハードウェア構成が記載されているファイルを仮想マシン構成ファイルと呼ぶ。具体的には、プロセッサ数、メモリ量や、NIC の接続先となる仮想スイッチ等が記載される。

- 仮想スイッチ

提案システムが、イントラネット仮想化環境上の仮想マシン同士を接続するために生成する L2 スイッチを仮想スイッチと呼ぶ。

- ネットワーク識別子

イントラネット仮想化環境上の仮想マシンに接続する仮想スイッチを特定するための識別子をネットワーク識別子と呼ぶ。

- Web インタフェース

利用者が、提案システムに対してイントラネット仮想化環境を要求するための Web サイトを Web インタフェースと呼ぶ。

- XML 構成情報ファイル

利用者の所望するイントラネット仮想化環境を示すファイルを XML 構成情報ファイルと呼ぶ。前述の通り、XML 構成情報ファイルの作成には、Network Visualizer を用いる。

- 環境構築リクエスト

利用者の所望するイントラネット仮想化環境を構築するために、提案システムが作成する情報群を環境構築リクエストと呼ぶ。環境構築リクエストは、Web インタフェースが利用者からイントラネット環境の要求を受け付けることによって、生成される。

3. 関連技術

3.1 VCL

VCLは、NCSU (North Carolina State University) が開発及び運用を行っている教育機関向けのデスクトップ仮想化システムである。現在、VCLのソフトウェアは、ASF (The Apache Software Foundation) [3]においてオープンソースソフトウェアとして公開されているので、ASFの定めるライセンスにもとづき自由に利用及び改変を行うことが可能である。

利用者は、Web ブラウザを用いて VCL が提供する Web インタフェースにアクセスし、デスクトップ環境（仮想マシン）を要求する。その後、利用者は、RDP (Remote Desktop Protocol) や SSH (Secure Shell) を用いて、所望したデスクトップ環境を利用する。

3.1.1 VCL の構成

本節では、VCL を構成する 5 つの主体及びその主な役割を図 1 と併せて説明する。

- Web Server

Web Server（以降、WS と呼ぶ）は、利用者が VCL に対してデスクトップ環境を要求するための Web インタフェースを提供する。利用者は、Web ブラウザを用いて Web インタフェースにアクセスし、VCL に対してデスクトップ環境を要求する。Web インタフェースは、利用者からデスクトップ環境の要求を受け付けると、その旨を Management Node（後述）に通知するために Database Management Server（後述）へアクセスし、必要なデータの読み込みや更新を行う。WS の構築には Apache 及び PHP を用いる。

- Database Management Server

Database Management Server（以降、DBMS と呼ぶ）は、VCL が動作する上で必要な情報を格納するデータベースを提供する。WS 及び Management Node（後述）は、直接データのやり取りを行わず、DBMS を介してデータの受け渡しを行う。DBMS の構築には MySQL を用いる。

- Management Node

Management Node（以降、MNode と呼ぶ）は、利用者の要求を検知し、Virtual Machine Host（後述）へのデスクト

ップイメージの送信を行う。また、DBMS 及び Virtual Machine Host 上で動作する仮想マシンの状態を一定間隔で監視する。MNode の構築には、Perl を用いる。

- Image Repository

Image Repository（以降、IRepository と呼ぶ）は、デスクトップイメージを保持しておくためのストレージである。MNode は、利用者の要求を検知すると、IRepository からデスクトップイメージを読み込み、Virtual Machine Host へ送信する。Image Repository には、Perl を用いる。

- Virtual Machine Host

Virtual Machine Host（以降、VMHost と呼ぶ）は、MNode から送信されたデスクトップイメージを受信し、実行する。一度受信したデスクトップイメージは、VMHost 内でキャッシュとして保持される。デスクトップイメージをキャッシュとして保持している場合には、Image Repository からデスクトップイメージの転送は行わない。VMHost の構築には、VMware ESXi や VMware Server を用いる。

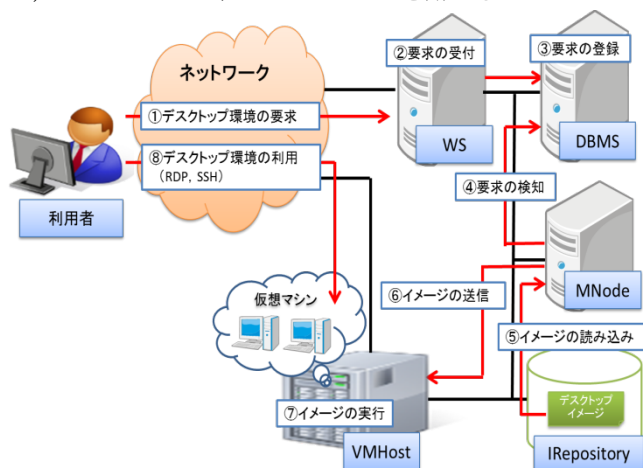


図1 VCLの構成及び動作概要

3.1.2 システム構成

以下は、本論文が想定するVCLのシステム構成である。本論文では、3台のサーバに（1～3）、以下に示す役割を当ててVCLを構成する。

サーバ1) WS, DBMS

- 動作するOS
CentOS release 5. X
- 導入する主なソフトウェア
Apache 2. X, PHP 5. X, MySQL Server 5. X

サーバ2) MNode, IRepository

- 動作するOS
CentOS release 5. X
- 導入する主なソフトウェア

Perl 5. X

サーバ3) VMHost

- 動作する仮想化ソフトウェア
VMware ESXi 5.0

3.2 Network Visualizer

Network Visualizer[4]は、RouterSim社が開発したネットワーク構築のシミュレーションを行えるソフトウェアである。Network Visualizerは、GUIを用いて画面上にPC、ルータや、スイッチを配置し、機器間のケーブルの配線や、各機器の動作設定を行えるので、画面上で視覚的にネットワークの構築を行うことができる（図2参照）。また、画面上で構築したネットワークの構成は、XMLファイルに出力する事が出来る（図3参照）。

提案システムでは、このXMLファイルを、XML構成情報ファイルと呼び、利用者の所望するイントラネット仮想化環境を示すファイルとして利用する。

3.3 Quagga

Quagga[5]は、OSPFv2, OSPFv3, RIP v1, RIP v2, RIPngや、BGP-4などのルーティングプロトコルが実装されているルータソフトウェアであり、UNIX系OS上で動作する。Quaggaを用いて、UNIXマシンをソフトウェアルータとして動作させることが可能になる。

提案システムでは、Quaggaが稼働する仮想マシンイメージを利用することで、イントラネット環境におけるルータを、ソフトウェアルータとして動作する仮想マシンに対応させる。また、Quaggaが稼働する仮想マシンイメージを利用することで、ソフトウェアルータとして動作する仮想マシンは、静的ルーティング及び動的ルーティングに対応する。

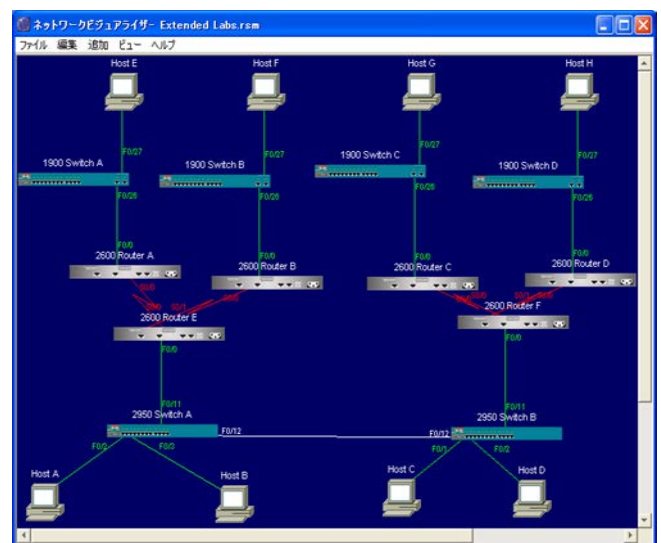


図2 Network Visualizerの画面

```

<devices>
  <host id="A" type="Host">...</host>
  <host id="B" type="Host">...</host>
  <host id="C" type="Host">
    <point x="150" y="410"/>
    <changed>true</changed>
    <macAddress>17d4.934e.e63c</macAddress>
    <runningConfig>
      <params>
        <param name="IS_DHCP_SEARCH_RUNNING" type="boolean">>false</param>
        <param name="OBTAIN_IP_ADDRESS_AUTO" type="boolean">>false</param>
      </params>
    </runningConfig>
    <runningInterfaces>
      <ethernet cdpEnabled="true" isisEnabled="false" shutdown="false" type="E0/0"/>
    </runningInterfaces>
  </host>
  <host id="D" type="Host">...</host>
  <host id="E" type="Host">...</host>
  <host id="F" type="Host">...</host>
  <router2600 id="A" type="2621 Router">...</router2600>
  <router2600 id="B" type="2621 Router">...</router2600>
  <router2800 id="A" type="2811 Router">...</router2800>
  <switch2950 id="A" type="2950 Switch">...</switch2950>
  <switch2960 id="A" type="2960 Switch">...</switch2960>
  <switch3550 id="A" type="3550 Switch">...</switch3550>
  <switch3560 id="A" type="3560 Switch">...</switch3560>
</devices>
<connections>
  <connection color="white" name="3550 SwitchAF0/3">...</connection>
  <connection color="green" name="2960 SwitchAF0/1">...</connection>
  <connection color="green" name="2811 RouterAF0/0">...</connection>
  <connection color="green" name="2621 RouterAF0/0">
    <initiatingDevice id="A" interface="F0/0" type="2621 Router"/>
    <destinationDevice id="A" interface="F0/9" type="2950 Switch"/>
  </connection>
  <connection color="red" name="2811 RouterAS0/0/1">...</connection>
  <connection color="green" name="HostE0/0">...</connection>
  <connection color="green" name="HostD0/0">...</connection>
  <connection color="green" name="HostC0/0">...</connection>
  <connection color="green" name="HostB0/0">...</connection>
  <connection color="red" name="2811 RouterAS0/1/1">...</connection>
  <connection color="green" name="HostA0/0">...</connection>
  <connection color="green" name="HostF0/0">...</connection>
</connections>

```

図3 XMLファイルに出力されたネットワーク構成

4. 提案システム

4.1 概要

提案システムは、VCLに改変を加えることによって、複数台の仮想マシン及び仮想スイッチからなるイントラネット仮想化環境を構築し、それらを一括して利用者に提供する。利用者の所望するイントラネット環境の構築に際しては、そのイントラネット仮想化環境を示すXML構成情報ファイルを提案システムの入力とする。前述の通り、XML構成情報ファイルの作成には、Network Visualizerというソフトウェアを用いる。提案システムは、利用者が作成したXML構成情報ファイルを、Webインタフェースを介して受け取ると、そこに記載されたイントラネット環境を構築し、提供する。

提案システムでは、イントラネット仮想化環境において、XML構成情報ファイルに記載されたPC、ルータ及びスイッチを、PCとして動作する仮想マシン、ソフトウェアルータとして動作する仮想マシン、仮想スイッチで対応させる。

4.2 システム構成

提案システムは、3台のサーバ(1~3)に、以下に示す役割を当てて構成する。また、その構成図を図4に示す。

サーバ1) WS, DBMS

- 使用した OS
CentOS release 5.6 (Kernel 2.6.18-238.19.1.el5)
- 導入した主なソフトウェア
Apache 2.2.3, PHP 5.1.6, MySQL Server 5.0.95

サーバ2) MNode, IRepository

- 使用した OS
CentOS release 5.6 (Kernel 2.6.18-238.19.1.el5)
- 導入した主なソフトウェア
Perl 5.8

サーバ3) VMHost

- 使用した仮想化ソフトウェア
VMware ESXi 5.0

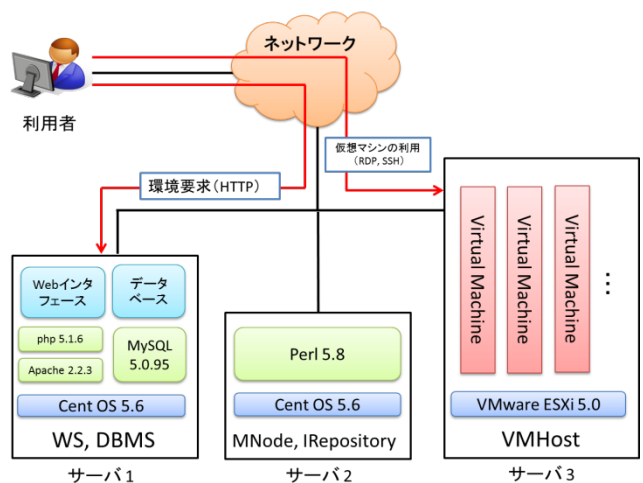


図4 システム構成図

4.3 動作

本節では、提案システムの動作について図5を用いて説明する。ただし、提案システムは、以下の準備を前提に動作する。

(準備1) 利用者は、提案システムを利用するために、Network Visualizerを用いて所望のイントラネット環境を作成し、XML構成情報ファイルを用意しておく。

(準備2) 提案システムは、利用者のシステムの利用に先立ち、イントラネット環境におけるPC及びルータに対応する仮想マシンを起動するための仮想マシンイメージを用意しておく。PCに対応する仮想マシンを起動するための仮想マシンイメージは、デスクトップOSとしてWindows 7が稼働する仮想マシンイメージである。ルータに対応する仮想マシンを起動するための仮想マシンイメージは、CentOS 5.8が稼働し、そこで、Quaggaが稼働する仮想マシンイメージである。

- ① 利用者は、提案システムの利用にあたり、WS が提供する Web インタフェースにアクセスし、準備 1 で作成した XML 構成情報ファイルを WS に送信する。また、その際にイントラネット環境における PC 及びルータに対応する仮想マシンを起動するための仮想マシンイメージとして、準備 2 で用意した仮想マシンイメージを選択する。
- ② WS は、利用者から送信された XML 構成情報ファイルを受信し、そこに記載された全ての PC 及びルータに設定された情報を読み込む。そして、PC 及びルータ毎に環境構築リクエストを作成する。その後、WS は、生成した各環境構築リクエストを DBMS に登録する。環境構築リクエストには、以下の情報が含まれる。
- 機器情報（PC またはルータ）
 - 機器に設定されているネットワーク情報
 - 当該機器に割り当てられる IP アドレス
 - デフォルトゲートウェイ（当該機器が PC の場合、環境構築リクエストに含める）
 - 機器に設定されているルーティング情報（当該機器がルータの場合、環境構築リクエストに含める）
 - 機器に設定されているネットワークアドレスを抽象化したネットワーク識別子
- ③ DBMS を一定間隔で監視する MNode が、②で登録された各環境構築リクエストを検知する。以降、MNode は、これをもとにイントラネット仮想化環境上の各仮想マシンを構築する。
- ④ MNode は、準備 2 で用意した仮想マシンイメージを IRepository から読み込む。
- ⑤ MNode は、利用者のリクエストに応じて、仮想マシンイメージの実行に必要な仮想マシン構成ファイルを生成する。この際に、MNode は、環境構築リクエストに含まれるネットワーク識別子を利用し、NIC の接続先となる仮想スイッチを指定する。
- ⑥ MNode は、④で IRepository から読み込んだ仮想マシンイメージを VMHost へファイルコピーする。その後、MNode は、⑤で生成した仮想マシン構成ファイルを VMHost へ送信する。仮想マシンイメージのファイルコピーには、SCP(Secure Copy)が用いられる。
- ⑦ VMHost への仮想マシンイメージのファイルコピー及び仮想マシン構成ファイルの送信が完了した後、MNode は、SSH を用いて VMHost に接続し、仮想マシンを起動する。

- ⑧ MNode は、仮想マシンが正常に起動したことを確認した後、SSH を用いて仮想マシンに接続する。その後、MNode は、環境構築リクエストに含まれるアドレス情報やルーティング情報に基づき、仮想マシン上で動作する OS のネットワークに関する設定を行う。すなわち、SSH による接続先の仮想マシンが、PC に対応する仮想マシンの場合、Windows におけるネットワーク制御コマンド netsh を用いて、IP アドレス及びデフォルトゲートウェイを設定する。ルータに対応する仮想マシンの場合、Linux OS におけるネットワーク制御コマンド ifconfig を用いて、IP アドレスを設定する。また、環境構築リクエストに含まれるルーティング情報が、静的ルーティングである場合、route コマンドを用いて、ルーティングテーブルの内容を設定し、動的ルーティングである場合、service コマンドを用いて、Quagga を起動させる。
- ⑨ MNode は、イントラネット仮想化環境の構築が完了した旨を DBMS に登録する。
- ⑩ DBMS を一定間隔で監視する WS は、イントラネット仮想化環境の構築が完了したことを検知すると、Web インタフェースを介して、イントラネット仮想化環境の利用が可能である旨やイントラネット仮想化環境上の各仮想マシンに接続するための IP アドレスを利用者に通知する。

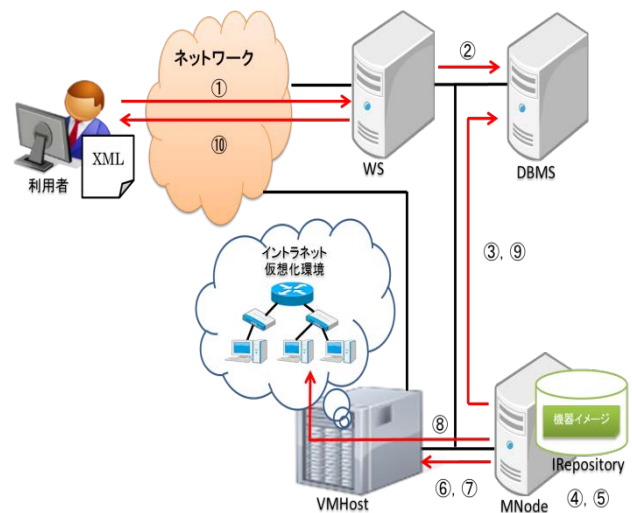


図5 提案システムの動作

提案システムが上記の処理を行った後、利用者は、Web インタフェースを介して通知された IP アドレスをもとに、RDP や SSH を用いて、イントラネット仮想化環境上の仮想マシンに接続することで、所望のイントラネット環境を利用することができる。

5. まとめ

本論文では、利用者の所望するイントラネット仮想化環境を構築し、提供するシステムの提案及び実装について示した。

提案システムは、利用者が Network Visualizer を用いて作成した XML 構成情報ファイルを受け取ると、そこに記載されたイントラネット仮想化環境を構築し、提供する。

現状の提案システムは、RIP v1 及び RIP v2 以外のルーティングプロトコルは適用させることができない。そこで、今後の課題として、他のルーティングプロトコルも適用できるようにすることが考えられる。

参考文献

- 1) Vouk, M., Averitt, S., Bugaev, M., et al.: “Powered by VCL” - Using Virtual Computing Laboratory (VCL) Technology to Power Cloud Computing, Proc. 2nd International Conference on Virtual Computing (ICVCI), pp.1-10, (2008).
- 2) Virtual Computing Lab
<http://vcl.ncsu.edu/>
- 3) The Apache Software Foundation
<http://www.apache.org/>
- 4) Network Visualizer
<http://www.lvi.co.jp/Cisco/NV6/index.html>
- 5) Quagga
<http://www.nongnu.org/quagga/>