

Overlay Cloud で構成する Linux 講義・演習環境

横山 重俊^{†1†2} 浜元 信州^{†1}
政谷 好伸^{†2} 合田 憲人^{†2}

概要: 群馬大学では、授業などで利用する Linux サーバ専用に準備して運用している。このサーバに教育用端末 (Thin-Client) や学内から ssh クライアントを用いて利用できるし、教育用端末からは X ウィンドウ接続できる環境を持っている。授業の際には一斉にアクセスがあるための用意しているマシンは比較的大規模なものとなっている。しかし授業が無い多くの期間は部分的にしか使われていない状態になっておりリソースの有効活用の観点から課題がある。さらに、この環境をいくつかの講義で共用しているため、それぞれの講義に合わせたカスタマイズに手間がかかり、その管理・運用が難しくなっている。また、学生間でも環境を共有しているために思い切った実験ができないことも解決したい課題である。加えて構築した講義・演習環境を他の教員との間で流通させることも難しく、それぞれが個別に対応しなければならないことも課題である。本研究では、これらの課題を解決するためにクラウド基盤間の可搬性を持つクラウドアーキテクチャー Overlay Cloud を活用し、その仮想クラウド上に Linux 講義・演習環境を構築する手順書を Jupyter notebook で記述するという手法を提案する。くわえて群馬大学での講義に適用して実施している実験についても現状を報告する。

Linux Learning Environment with Overlay Cloud Architecture

Shigetoshi Yokoyama^{†1†2}, Nobukuni Hamamoto^{†1}
Yoshinobu Masatani^{†2}, Kento Aida^{†2}

Abstract: The Inter-Cloud is a promising approach for the distributed application demands in some of education applications, like Linux Learning Environment. However, building the Inter-Cloud environments requires IT expert knowledge. This paper presents an architecture called Overlay Cloud and Virtual Cloud Provider (VCP), which is a middle-ware to automatically build a set of virtual resources on the Inter-Cloud and ease the knowledge requirements. That aims to help to realize ubiquitous education environments.

1. はじめに

コンピュータネットワーク技術の普及とともに、コンピュータネットワーク技術者の育成が課題となって来ている。それに加えて利用者が急増しており、利用者教育の重要性も増して来ている。これらの要求を背景に多くの教育機関では、座学を中心としたコンピュータネットワーク教育が実施されている。座学を通じたコンピュータネットワーク技術の習得は、個々の技術要素を理論的に理解するためには必須な教育形態である。しかしながら、インターネットをはじめとする現実のコンピュータネットワークは様々な技術要素が複雑な構造を形成しており、コンピュータネットワーク全体としての挙動を座学だけで把握することが困難になって来ている。座学で習得した理論的な知識に加え、実践的な知識を身に付けるためには、実環境に近いコンピュータネットワーク上での演習を行う必要がある。実際、群馬大学総合情報メディアセンターでは全学に向けた教育用端末と UNIX サーバを用いた演習環境を提供している。

[1]

一方、国立情報学研究所 (以下、NII) では、アカデミックインテーククラウド構想[2]に基づきアカデミックコミュニティ向けクラウド基盤の構築を検討している。アカデミックコミュニティクラウド内のリソースだけではなく、プ

ライベートクラウド側のリソース、そしてパブリッククラウド側リソースに跨ったクラウド連携の方法として、Overlay Cloud アーキテクチャ[3]で構成する広域に分散した Virtual Cloud を提供する Virtual Cloud Provider の実現を目指している。本稿では、コンピュータネットワーク技術演習環境の例として Overlay Cloud アーキテクチャにもとづいて構成した Linux 講義・演習環境について紹介する。以下、第2章でコンピュータネットワーク技術演習環境に関連する背景について述べ、第3章で筆者らの提案するアプローチと今回構築した演習環境の実装例について説明する。第4章ではその環境を用いた実証実験内容とそれ通じた評価について報告し、第5章でまとめる。

2. 背景

2.1 アクティブ・ラーニング

近年、大学は教育の場としての質的転換を強く迫られている。平成24年度には、「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～ (答申)」がまとめられた (中央教育審議会, 2012)。この答申では、「アクティブ・ラーニング (能動的学修)」をキーワードとして、より具体的な形で大学教育の質的転換が唱えられた。この答申の「用語集」によると、「アクティブ・ラーニング」とは、“教員による一方向的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称”のこととされ、

^{†1} 群馬大学 Gunma University

^{†2} 国立情報学研究所 National Institute of Informatics

双方向の講義，演習，実験等の授業形態への転換が推奨されている．この答申は，既に行われてきた実践を含む「アクティブ・ラーニング」について，学生の学びという視点から改めて検討し，発展させることを迫るものと言える．

[4]

2.2 群馬大学教育システム

座学で習得した理論的な知識に加え，実践的な知識を身に付けるために群馬大学総合情報メディアセンターでは全学に向けた教育用端末と UNIX サーバを用いた演習環境を提供している．

(1) 教育用端末

Windows7 のパソコン環境が，図書館や演習室に設置された教育用シンクライアントを介して利用できる．図 1 の写真のパソコンは学生用端末である．ディスプレイと本体の一体型になっており，学生と一部の教師用端末として設置している．また，Windows 7 環境上の Xming や Tera Term などのソフトウェアを介して Linux 環境も利用できる．全学認証アカウントの ID とパスワードを入力することで利用が開始する．また，学内外の PC からリモートアクセス可能な教育用端末（リモート演習用端末）も準備されている．本端末を利用することによって，教育用端末と同一の環境へ，研究室や自宅の PC から VPN 接続経由でアクセスできる．



図 1. 教育用端末

CPU: Intel Xeon E5-2620 2.0GHz (500MHz 割り当て)

メモリ: 1.5GB

USB: USB1.1×4

ネットワーク: GigabitEthernet (1Gbps)

画面解像度: 1440x900

OS: Windows 7 Enterprise

個人用保存領域: 250MB

(2) Linux 環境利用

授業などで利用する UNIX サーバを 2 台準備している．教育用端末や学内から Teraterm などで SSH 接続して利用できる．教育用端末から Xming を利用した X11 接続もできるほか

Linux 環境を利用しているユーザは，Windows7 上から Linux のホームフォルダへもアクセス可能である．

機種: IBM System x3850 2 台

CPU: Xeon E7-4830 2.13GHz (Score) 4 個/台

メモリ: 128GB

共通ソフトウェア:

PDF リーダー Adobe Reader 9

ブラウザ Mozilla Firefox

メール Mozilla Thunderbird

文書作成 TexLive

画像処理 GIMP

エディタ Emacs, vi

開発 Java JDK, Eclipse, Perl, gcc, gcc-c++, ...

グラフ gnuplot

2.3 クラウドコンピューティング環境の普及

クラウドコンピューティングはアカデミックコミュニティでは，大規模なクラウドサービスが始まって久しい．国立情報学研究所，北海道大学，九州大学等ではアカデミッククラウドのサービスが始まっている．また，Amazon Web Services，さくらインターネット，GMO インターネット等による商用クラウドサービスの教育環境浸透も始まっている．一方，大学内といった限られた使用を目的とした小規模のプライベートクラウドの活用はまだ十分とは言えない．クラウドコンピューティングは多くのモジュール/サブシステムの集合体であり，関連技術が多岐に渡る．クラウド構築利用のための指針が必要となる．[5]

2.4 課題

例えば群馬大学教育演習システムの場合，教育用端末を管理するためのシステム，さらには UNIX システムを専用に構築して運用管理している．実際のそれぞれのシステム利用は年間のうち一部の集中利用時期を除いては図書館などからの低頻度な利用を支えている運用になっている．固定的に年間のピーク利用に合わせた規模のシステムを運用管理している非効率性が課題と言える．こういう状況は特に群馬大学固有の問題ではなく大学の一般的な教育環境の持つ課題であると考えられる．こういう課題を解決することを目指したシステムは，高度な専門教育用の環境はすでに構築例[6]がある．しかしながら初学年の情報講義などで使えるより簡易環境について検討が必要な状況である．

この課題を解決するアプローチとして，前節に説明したようなクラウドコンピューティング普及の波に乗りクラウド基盤上で講義・演習環境を構築することによりシステム運用の非効率性を克服するものが考えられる．さらに，クラウドコンピューティング新規システム調達の度に必要となる手間も無くなるメリットを享受できる可能性がある．

しかしながらクラウド化によるアプローチを取ったとしても以下の課題が依然残っている．

(1) クラウド環境上への講義・演習環境構築の手間

- (2) 講義・演習環境毎の構築を各管理者が独自解決
- (3) クラウド基盤毎のロックイン

3. 提案アプローチ

前章で述べたクラウド化によるアプローチに残る課題を解消するために、筆者らは通常のクラウド基盤の上にミドルウェア Virtual Cloud Provider を使って構築した仮想クラウドを作りだす Overlay Cloud 上に講義・演習環境を作るアプローチを提案する。これでクラウド環境上への講義・演習環境構築の手間を軽減すると同時に個別のクラウド基盤へのロックインを回避することができる。

講義・演習環境構築の手順としては、まずクラウド基盤内に必要なリソースを確保し、それを使って講義・演習環境用の仮想クラウドを構成する。最後にその仮想クラウド上に講義・演習環境構築を構築する。この手順のうち前の二つの段階は VCP への依頼により実施し、最後の手順はインタラクティブなコード実行環境の一つである Jupyter Notebook を利用して記述することとする。ただし、手順の前半の VCP への依頼自身も Notebook 内に記述することで講義・演習環境構築全体の手順を Notebook 化する。

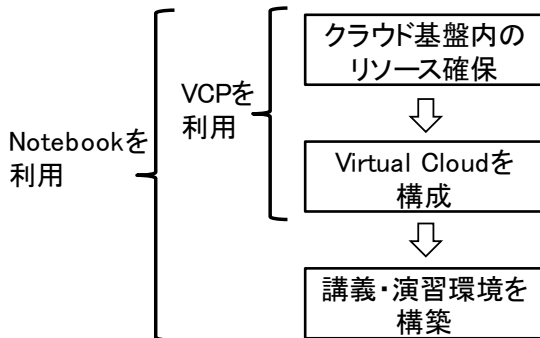


図 2. 講義・演習環境構築の手順

構築された講義・演習環境を既存の講義・演習環境と同様にネットワーク構成上校内施設と同様に扱うため最近サービスが始まった SINET 仮想大学 LAN を利用し、クラウド基盤との間のネットワークを構成することとする。

3.1 Overlay Cloud と VCP(Virtual Cloud Provider)

インタークラウドを実現するアーキテクチャの一つでインタークラウドの構成要素となる既存のクラウドプロバイダ(Real Cloud Provider と呼ぶ)からマシンリソース(仮想マシンや物理マシン)やネットワークリソースをそれらプロバイダ毎に決められた利用方法に従って提供してもらい、それらを SINET[7]等の広域網で接続する。それぞれのマシンリソースの上に docker のようなコンテナ実行環境と overlay network 環境を予め組み込んでおくことで、それらの上にクラウドをまたがる様々な種類の仮想クラウドを容

易に構築することができる。このようなことが可能となるのはどのクラウドプロバイダでも docker 実行環境を持っているマシンイメージが起動可能であり、その上で共通の docker コンテナイメージが実行可能であるという前提が成立しているからである。また、それに付随して Linux の持つネットワーク機能を使ってクラウドをまたがって overlay network が構築可能であるから事前のクラウドプロバイダ間の調整など必要なく、対象とするクラウドを選ばずにコンテナを結んだクラスタが構築可能にある。このため、図 3 に示すオンデマンドにクラウドをまたがったコンテナで構成されるクラスタの提供者である Virtual Cloud Provider を開発できる。ここで提供されるコンテナにアプリケーションを直に入れることはもちろんできるけれど、筆者らはこのレベルのコンテナをベースコンテナと呼び、仮想クラウドを構成するノードを格納するアーキテクチャを提案していくつかのユースケースに沿った実験を行っている。[8,9] 実際のアプリケーションが入るコンテナは、アプリケーションレベルのコンテナ(アプリケーションコンテナと呼んでいる)にアプリケーションを格納し実行することとなる。これを(1)クラウド環境上への講義・演習環境構築の手間と課題(3)クラウド基盤毎のロックインを回避する手段として利用する。

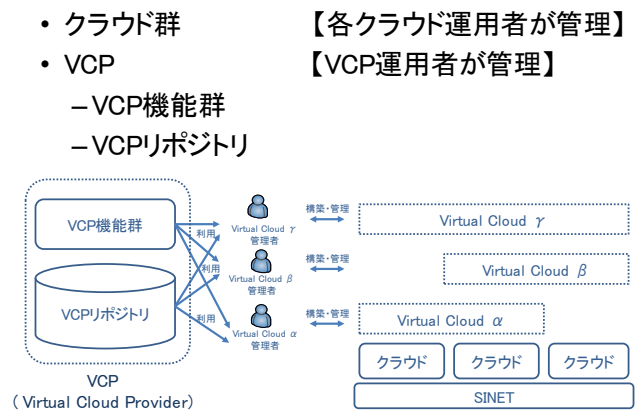


図 3. VCP (Virtual Cloud Provider)

3.2 Literate Computing for Reproducible Infrastructure

クラウドサービスの浸透により、サービスの構築・再構築の機会が増加するのに伴って、作業手順をすべて Code として記述する Infrastructures as Code というアプローチが着目されている。ここでの“as Code”は作業手順の正当性がプログラムコードのように、また実行結果も機械的に検証可能であるという意味合いで捉えられがちであるが、むしろ個々の作業の再現性を保証し、その上で作業をカスタマイズ・再利用すると言ったプロセス自体を、Code として見える化し、伝達可能にすることにこそ意義がある。DevOps に於いては、実際に自動構築したり構築を機械化したりす

るだけではなく、設計情報、運用状態を伝達・共有できるようにすることが重要である。このような観点から、ワークフローと実行結果を一体としてドキュメント化できる Jupyter Notebook を基盤の構築、運用に活用している実践、国立情報学研究所 (NII) において研究者向けに提供しているクラウド運用で活用している手法である。[10] これを(1)クラウド環境上への講義・演習環境構築の手間と課題(2)講義・演習環境毎の構築を各管理者が独自解決を回避する手段として利用する。

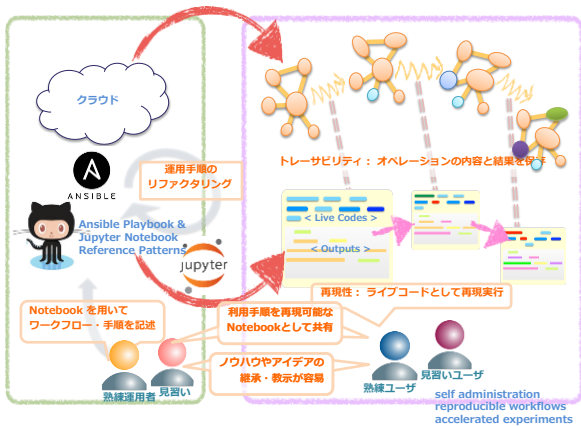


図 4. Literate Computing for Reproducible Infrastructure

3.3 SINET 仮想大学 LAN

SINET 上で大学 LAN を自由に拡張してマルチキャンパスやクラウド接続を実現するサービスとして2016年4月より SINET 仮想大学 LAN サービスが提供されている。

- ・ ユーザ側：仮想大学 LAN サービスでキャンパス間あるいはクラウドサービスとの間で利用する VLAN-ID の範囲を指定する。この際、SINET 利用時の VLAN 数の制限がないためキャンパスをまたがった VLAN の構築・管理が簡便化する。
- ・ SINET 側：SINET ノードで VLAN-ID を自動認識して自動的に多地点間を接続を行う。これを学内とクラウドをセキュアに接続する手段として活用する。

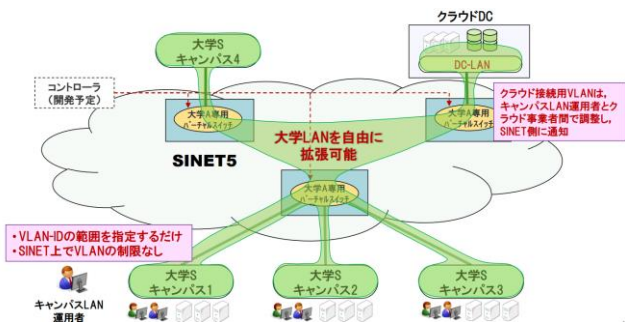


図 5 SINET 仮想大学 LAN サービス

3.4 Overlay Cloud で構成する Linux 講義・演習環境

クラウド基盤上に Overlay Cloud により構成された仮想クラウドの上に Linux 講義・演習環境に必要なアプリケーションコンテナクラスタを構成する。これらのアプリケーションコンテナを各学生あるいはグループ毎に作成し、それぞれのコンテナに各学生が直接ログインして Linux の講義・演習に参加する図 6 に示す構成とする。

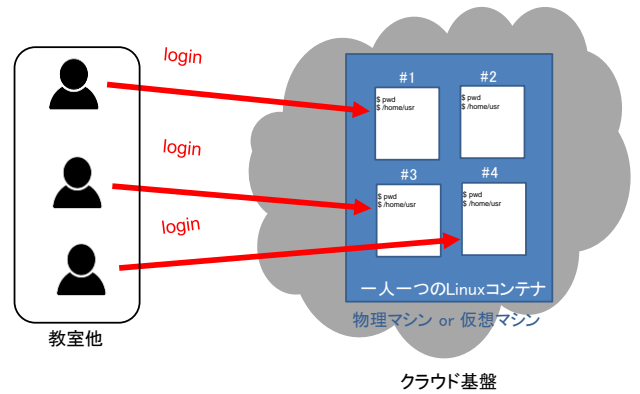


図 6 Overlay Cloud で構成する Linux 講義・演習環境

(1) ネットワーク構成

群馬大学のネットワーク構成を図 7 に示す。教育用端末の VDI サーバが配備されているデータセンターから、それぞれの教育用端末用 Windows 仮想マシンが接続されているネットワークを SINET 仮想大学 LAN 経由でクラウド基盤へ L2VPN 接続する。

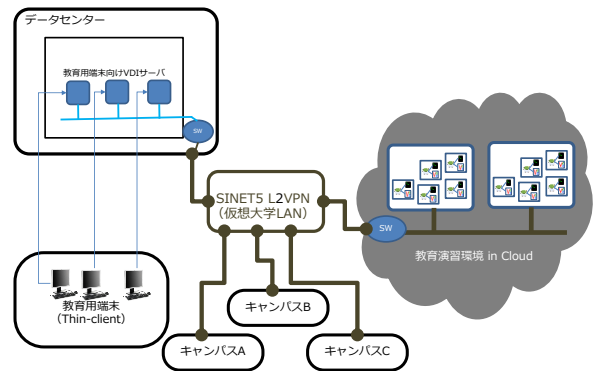


図 7 ネットワーク・システム構成例

(2) Notebook

この L2VPN 内にあるクラウド基盤内のターゲットマシンにアクセス可能なサーバに Jupyter サーバ類を配備し、そこに図 8 に示すような notebook を流し込む。これは 3 章で説明した構築手順をそのまま notebook 化したものであり図 2 に示した講義・演習環境構築手順にしたがって実行される。



図 8 Linux 講義演習環境を構築する notebook (一部)

4. 実験

4.1 実験環境

(1) 講義

今回構築した講義・演習環境を使って実施している講義は主に初年時の学生を対象とした以下の教養教育科目 2 講義（「コンピュータネットワークとセキュリティ」、「情報」）である。どちらも著者の一人が担当している講義で前者は 1 クラス（21 名受講）、後者は 2 クラス（104 名受講）である。Linux 講義・演習環境は以下の用途でそれぞれ用いている。

（コンピュータネットワークとセキュリティ）

- Linux の基本操作の経験
- Linux セキュリティ基本操作
- Linux ネットワーク基本操作
- ネットワークトラフィック観察（情報）
- Linux の基本操作の経験

(2) システム

Guacamole[11] は、VNC や RDP のようなリモートデスクトッププロトコルを使って、デスクトップ環境へのアクセスを提供する HTML5 ウェブアプリケーションである。サーバーはトンネルおよびプロキシとして動作し、ウェブブラウザから複数のデスクトップにアクセスできる。クライアント側には HTML5 と AJAX をサポートしているウェブブラウザがあれば動作する。

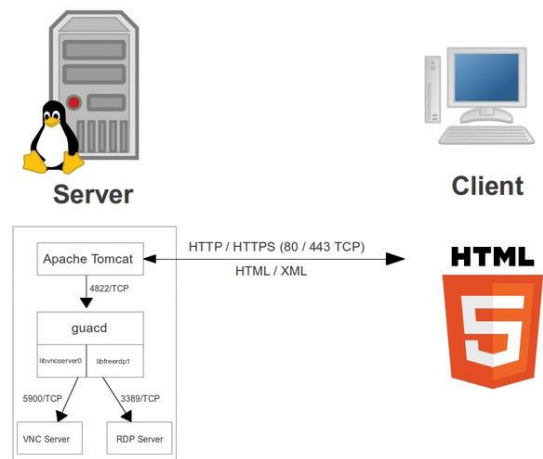


図 9 guacamole

Guacamole の背後には VNC サーバや ssh サーバを含むアプリケーションコンテナを立上げ、それらをフロントの Guacamole サーバを含むアプリケーションコンテナと docker でリンクして各講義・演習環境を構築する。

実験は図 10 に示す通り 3 フェーズに分けて実施した。

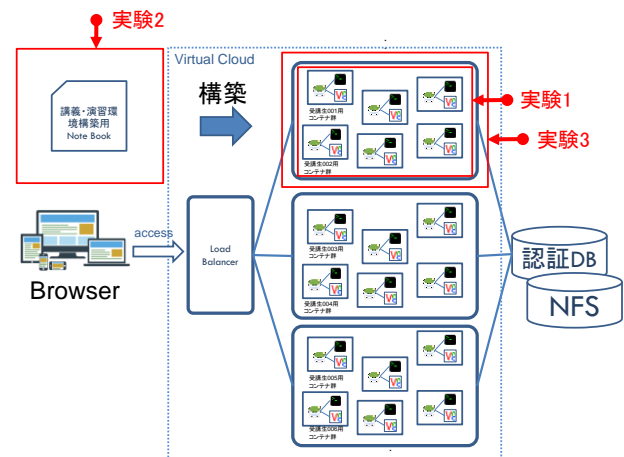


図 10 実験内容

4.2 実験 1：手動による講義・演習環境構築

NII ベアメタルクラウド基盤（Academic Inter-Cloud）内の 1 物理サーバ内にすべてのアプリケーションコンテナを手動で立ち上げ、必要な guacamole 設定によりそれらをリンクし、図 11 にしめすような Linux 講義・演習環境を構築した。筆者のうちの一人がおおよそ 4 時間で実行可能であった。

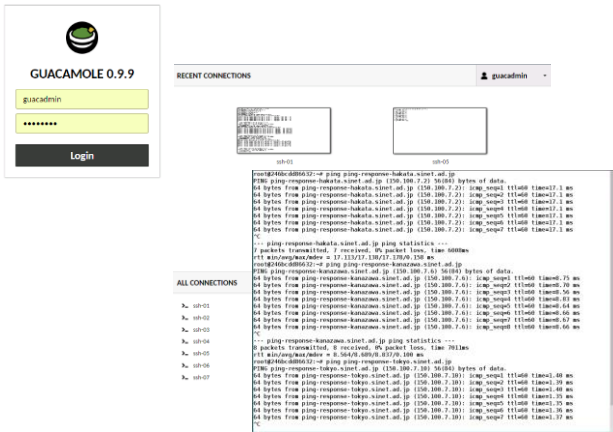


図 11 Linux 講義・演習環境の利用イメージ

4.3 実験 2：構築手順の Notebook 化

次に実験 1 で手動で行った構築作業を図 12 に示すように notebook 化した。

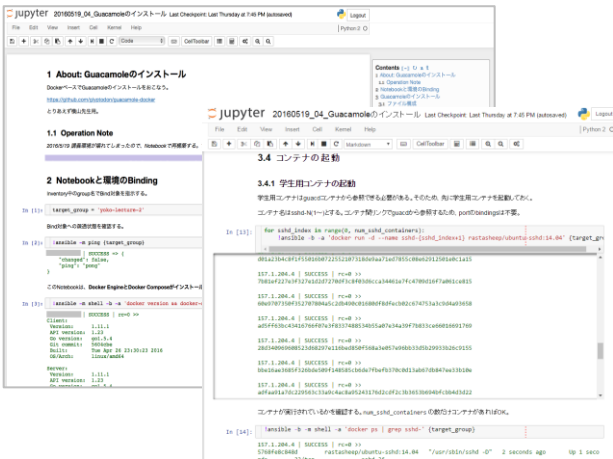


図 12 Linux 講義・演習環境構築 notebook

4.4 実験 3：Overlay Cloud の利用

実験 1, 2 で NII ベアメタルクラウド基盤 (Academic Inter-Cloud) の OpenStack 準拠の API を用いて Linux 講義・演習環境用アプリケーションコンテナをベアメタルサーバに直接デプロイしていた部分を VCP を活用して Overlay Cloud 上に構築するよう実験 2 の notebook のリソース獲得部分を変更することで実現した。

4.5 評価

現時点で以下のことが主張できる。実験 1 で構築した環境を講義の前日に消失する事故があり急遽再構築の必要があった。この際 notebook 作成に半日および再構築に数分で実施できたことから notebook 化の効果を実感できている。

さらに、構築した講義・演習環境を最大で同時に 50 人以上の学生が利用しているけれど、現在までの利用状況では特に性能上の問題は出ていない。付け加えると実際の講義演習時には今のところ TA などの補助者は必要なく教師一人で講義・演習を運用できている。

5. まとめ

既存環境の置き換えに関する見直しについては、認証部分とストレージに関して解決し、流通性について見通しが付けば UNIX 環境については置き換え可能ではないかという感触を得ている。特に講義・演習環境部分については本講義のような形態の Linux で対応できるものであれば VNC などの環境提供により置き換えが可能であると考えられる。ただし、引き続き現在の講義での利用を進めると同時に他の講義への適用も進め、評価を続けたい。また、認証連携、ストレージ連携やセキュリティ向上、自動スケール、それと NSF Cloud などとの接続によるインタークラウドを利用した広域ネットワーク演習環境の構築などへの拡張が考えてさらに実用的な要素を付加して行きたい。ただ、Windows 上のアプリケーションを使った授業を始め、Windows 環境が必要な場合への対応についてはさらに検討と検証が必要である。

謝辞 Overlay Cloud の評価環境構築、Linux 教育・演習環境用 Notebook 作成にご協力頂いたアスケード社的那須野淳氏、e-ambition 社 谷沢智史氏に謹んで感謝の意を表す。なお、本研究の一部は、JST CREST の支援を受けたものである。

参考文献

- 群馬大学総合情報メディアセンター 演習室利用案内 <https://www.media.gunma-u.ac.jp/guide/itc/pc-room/>
- 合田 憲人, 横山 重俊, 吉岡 信和: アカデミックインタークラウドの構想, 電子情報通信学会 サービスコンピューティング研究会, 信学技報 113(376) 1-6, 2014 年 1 月
- 横山重俊, 政谷好伸, 吉岡信和, 合田憲人: Overlay Cloud で構成するインタークラウド環境, 電子情報通信学会 サービスコンピューティング研究会, 信学技報 115(72) 1-6, 2015 年 6 月
- 中山留美子: アクティブ・ラーナーを育てる能動的学修の推進における PBL 教育の意義と導入の工夫, 21 世紀教育フォーラム 第 8 号 (2013 年 3 月)
- 金西 計英, 松浦 健二, 高橋 暁子, 戸川 聡: 高等教育機関におけるクラウドを活用した教育環境の活用, 教育システム情報学会第 40 回全国大会
- 宮地 利幸, 三輪 信介, 長谷川 忍, 丹 康雄, 篠田 陽一: StarBED を利用したネットワーク体験演習環境の構築, 日本教育工学会論文誌, 34(3), 2010, 235-248.
- Shigeo URUSHIDANI, Shunji ABE, Kenjiro YAMANAKA, Kento AIDA, Shigetoshi YOKOYAMA, Hiroshi YAMADA, Motonori NAKAMURA, Kensuke FUKUDA, Michihiro KOIBUCHI, and Shigeki YAMADA, New Directions for a Japanese Academic Backbone Network, IEICE TRANS. INF. & SYST. E-98-D(3) Mar 2015.
- 横山重俊, 政谷好伸, 吉岡信和, 合田憲人: Overlay Cloud で構成する Web サービスバックアップサイト構築例, 情報処理学会研究報告 2015(IOT-30), pp.1-8.
- 横山重俊, 政谷好伸, 小笠原理, 大田達郎, 吉岡信和, 合田憲人: Overlay Cloud で構成する論文再現環境, 情報処理学会研究報告 2015(IOT-31), pp.1-8.
- 政谷好伸, 谷沢智史, 横山重俊, 吉岡信和, 合田憲人, インフラ・コード化の実践における IPython notebook の適用, 信学技報 115(72), 27-32, 2015-06-05.
- Literate Computing for Infrastructure: <http://www.slideshare.net/nobu758/literate-computing-for-infrastructure-ipython-jupyter-notebook>
- Guacamole: <http://guacamole.incubator.apache.org/>