

VirtShell

Framework para aprovisionamiento de soluciones virtuales

Carlos Alberto Llano R.

Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad del Valle
Cali, Valle del Cauca
Email: carlos_llano@hotmail.com

John Alexander Sanabria

Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad del Valle
Cali, Valle del Cauca
Email: john.sanabria@correounivalle.edu.co

Resumen—En la actualidad, con la creciente adopción de modelos de computación como el *Cloud Computing*¹ y el *Grid Computing*², los ambientes computacionales se han tornado cada vez más sofisticados y complejos, requiriendo de soluciones que traten de manera integral el aprovisionamiento de diferentes servicios sobre ambientes virtuales capaces de atender la variable demanda computacional, a través del despliegue de infraestructuras elásticas de computación. Hoy en día, se encuentran diversas soluciones que abordan el problema de aprovisionamiento usando diferentes enfoques para el despliegue y orquestación de plataformas y servicios. Sin embargo, los enfoques actuales carecen de mecanismos de comunicación que permitan interoperar entre diferentes aplicaciones; En general, las soluciones actuales presentan dificultades para ser accedidas en una red, como internet y ejecutadas de manera remota. Este proyecto propone como objetivo principal, plantear el diseño de un framework orientado al web, cuyas partes permitan el eficiente aprovisionamiento de software de manera automática para ambientes virtualizados.

I. INTRODUCCIÓN

La aparición de ambientes de computación centrados en la nube, los cuales se caracterizan por ofrecer servicios bajo demanda, ha favorecido el desarrollo de diversas herramientas que apoyan los procesos de aprovisionamiento en demanda de servicios y ambientes de computación orientados al procesamiento de tareas de larga duración y manejo de grandes volúmenes de datos. Estos ambientes dinámicos de computación son desarrollados mayormente a través de técnicas de programación ágil las cuales se caracterizan por ofrecer rápidos resultados e integración a gran escala de componentes de software. Es así como los equipos de DevOps³ se convierten en un elemento fundamental ya

que potencia la estabilidad y uniformidad de los distintos ambientes de prueba y producción de modo que los procesos de integración y despliegue se hagan de forma automatizada.

Las herramientas de aprovisionamiento automático de infraestructura son el eje central de estos equipos ya que es a través de ellas que el personal de desarrollo y operaciones son capaces de hablar un mismo lenguaje y establecer los requerimientos y necesidades a satisfacer. Sin embargo, las herramientas actuales de aprovisionamiento adolecen de servicios que faciliten la especificación de infraestructura a través de un API⁴ estandarizado que posibilite la orquestación del despliegue de infraestructura a través de Internet.

En este artículo se presenta una herramienta de aprovisionamiento con orientación a servicios que permite el despliegue y orquestación de plataformas y servicios a través de un API RESTful⁵. Además de lo mencionado anteriormente, la artículo consta de 3 secciones.

La segunda sección introduce y elabora la arquitectura planteada en VirtShell. Se describe los requisitos que se tuvieron en cuenta para elaborar la estructura del framework, las alternativas estudiadas y las características que conforman a VirtShell.

Las tercera sección se encargan de describir cada uno de los módulos diseñados, ilustrando sus funcionalidades y la forma en que interactúan de manera conjunta para administrar la infraestructura y realizar el aprovisionamiento de los recursos virtualizados.

En la cuarta sección se indican los métodos HTTP con que cuenta cada módulo que permiten interactuar con el API.

¹conocida también como servicios en la nube, es un paradigma que permite ofrecer servicios de computación a través de una red, que usualmente es Internet.

²Un grid es un sistema de computación distribuido que permite coordinar computadoras de diferente hardware y software y cuyo fin es procesar una tarea que demanda una gran cantidad de recursos y poder de procesamiento.

³DevOps consiste en traer las prácticas del desarrollo ágil a la administración de sistema y el trabajo en conjunto entre desarrolladores y administradores de sistemas. DevOps no es una descripción de cargo o el uso de herramientas, sino un método de trabajo enfocado a resultados.

⁴API: Application Programming Interface, conjunto de subrutinas, funciones y procedimientos que ofrece un software para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

⁵RESTful hace referencia a un servicio web que implementa la arquitectura REST

Finalmente, la ultima sección se presentan las conclusiones.

II. ARQUITECTURA

VirtShell Framework es concebido como una plataforma que proporciona herramientas para la automatización y gestión de infraestructura, facilitando tareas como la creación, despliegue, mantenimiento y monitoreo tanto de recursos virtuales como físicos vía web. Así mismo, es pensada para que cualquier desarrollo de software con acceso a Internet (sitio web, aplicación móvil, etc.) pueda interactuar con la infraestructura virtual tan solo consumiendo un API de Internet.

Las motivaciones mencionadas conducen a los requisitos para una arquitectura destinada a separar claramente responsabilidades, usando protocolos abiertos, modificables, escalables, y al mismo tiempo adecuado para la creación rápida de nuevas acciones.

En la búsqueda del adecuado estilo arquitectural para el API de VirtShell, se evaluaron dos estilos de servicios web: el estilo *Remote Procedure Call* (RPC) y el estilo arquitectural REST (*Representational State Transfer*) [16]. La evaluación dio como resultado que el estilo arquitectural que mejor se acomodaba a los requisitos planteados era el estilo arquitectural REST, debido a que es un estilo nativo del Web, lo que hace que la información disponible esta regida por las mismas normas que rigen los sitios web, además, el estilo ofrece mejor escalabilidad, acoplamiento y rendimiento. Un detallado comparativo entre los dos estilos se encuentra en [22].

II-A. Características

VirtShell es un framework de código abierto y bajo la licencia BSD, que permite utilizarlo para proyectos de cualquier tipo, incluso comerciales, sus características principales son:

- *Programable*: VirtShell esta orientado a realizar el aprovisionamiento de sus instancias principalmente por medio de scripts escritos en shell, permitiendo aprovechar todas las estructuras y utilidades del lenguaje de programación. Sin embargo, el lenguaje de shell no es de uso obligatorio, el método de aprovisionamiento puede ser el de la preferencia del usuario.
- *Repetible*: VirtShell ofrece herramientas para que los scripts de aprovisionamiento sean configurables y puedan ser ejecutados varias veces en diferentes ambientes de desarrollo o producción.
- *Modular*: VirtShell es un framework organizado de forma modular. Los módulos se encuentran agrupados en categorías que ofrecen las herramientas necesarias para la administración y aprovisionamiento de múltiples recursos virtuales. De igual manera y dada las características de REST, los módulos están diseñados para que se puedan dividir en diferentes servidores obteniendo "micro APIs",

lo que permite dividir los procesos y atender diferentes tipos de operaciones del API.

- *Seguro*: VirtShell provee varias capacidades y servicios para aumentar la privacidad y el control de acceso a los diferentes recursos. Los servicios de seguridad permiten crear redes y controlar el acceso a las instancias creadas, así como definir y administrar políticas de acceso a usuarios y permisos sobre cualquier recurso del sistema como por ejemplo scripts de creación y aprovisionamiento.
- *Extensible*: Al ser VirtShell de código abierto, el API puede modificarse, crecer fácilmente y versionarse de diferentes maneras. Adicionalmente, VirtShell fue diseñado con la idea de cargar código dinámicamente, permitiendo extender el comportamiento del framework agregando plugins en tiempo de ejecución. Así mismo, VirtShell permite extender el comportamiento del shell desplegando comandos propios que proporcionan ahorro en tiempo y en complejidad.
- *Inyección de dependencias virtuales*: VirtShell adopta la idea del patrón de Inyección de Dependencias ⁶ [17] para conseguir scripts de aprovisionamiento mas desacoplados. De esta manera facilita la configuración de las dependencias que tiene un recurso virtual de otras máquinas virtuales. Para ello, el framework permite declarar el listado de dependencias de recursos virtuales que tiene un script de aprovisionamiento encargándose del correcto acople entre los diferentes recursos virtuales.
- *Interoperable*: Al seguir el estilo arquitectónico REST y contar con la documentación detallada sobre cada uno de los recursos y urls que expone el API de VirtShell, se logra una capacidad clave para la administración remota de la infraestructura virtual. Esta capacidad se refiere al hecho de poder desarrollar aplicaciones en cualquier plataforma y para cualquier dispositivo electrónico, lo que permite funcionar con otros productos o sistemas existentes o futuros.

III. MÓDULOS

VirtShell Framework consiste de características organizadas en 13 módulos. Estos módulos son agrupados en Seguridad, Administración y Aprovisionamiento. Estos elementos se usan de manera separada pero trabajan juntos para proveer la información necesaria para que los agentes realicen su trabajo en los hosts que albergaran los recursos virtuales, como se muestra en la figura 1.

Las siguientes secciones detallan los módulos disponibles para cada característica.

III-A. Security

Seguridad consiste de los módulos de *users* (usuarios), *groups* (grupos) y el modulo *authenticator* (de autenticación). El control de los usuarios y grupos son elementos clave

⁶es un patrón de diseño orientado a objetos, en el que se suministran objetos a una clase en lugar de ser la propia clase quien cree el objeto. El término fue acuñado por primera vez por Martin Fowler.

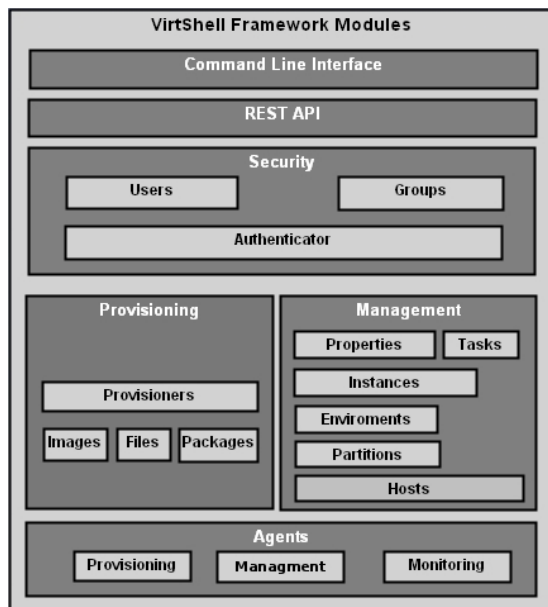


Figura 1: Visión general del framework de VirtShell

en la administración del framework. Los **Usuarios** pueden ser personas reales, es decir, cuentas ligadas a un usuario físico en particular o cuentas que existen para ser usadas por aplicaciones específicas.

Los **Grupos** son expresiones lógicas de organización, reuniendo usuarios para un propósito común. Los usuarios dentro de un mismo grupo pueden leer, escribir o ejecutar los recursos que pertenecen a ese grupo.

El módulo de **autenticación** soporta el proceso por el cual cuando un usuario se presenta a la aplicación puede validar su identidad. Este módulo es quien decide si el usuario tiene permiso para ingresar al sistema y el nivel de acceso a un recurso dado. En el capítulo 4 se detalla el proceso de autenticación y autorización.

III-B. Managment

Administración consiste de los módulos *hosts* (anfitriones), *partitions* (particiones), *enviroments* (ambientes), *instances* (instancias), *properties* (propiedades) y *tasks* (tareas).

El módulo de **anfitriones** lleva registro de nodos físicos, servidores o máquinas virtuales, que se encuentren conectados a la red y que permitan albergar instancias virtuales. Los anfitriones son clasificados de acuerdo a diferentes combinaciones de CPU, memoria, almacenamiento y capacidad de trabajo en red, dando flexibilidad para elegir la opción más adecuada para las necesidades de las aplicaciones destino. En otras palabras el tipo de anfitrión determina el hardware del nodo físico que será usado por los recursos virtuales.

El módulo de **particiones** permite dividir los anfitriones en secciones aisladas de disponibilidad. Cada partición puede ser usada para definir áreas geográficas separadas o simplemente para dividir los nodos físicos en subgrupos destinados a diferentes usos o equipos de trabajo o tipos de clientes.

El módulo de **ambientes** permite dividir lógicamente una partición en subredes de trabajo más pequeñas, con lo que se crean grupos más pequeños con diferentes fines. En los ambientes de trabajo se configuran los usuarios que tienen permiso para interactuar trabajar con el.

El módulo de **instancias** es un recurso virtual o máquina virtual o contenedor con parámetros y capacidades definidas en la cual se puede instalar el software deseado. Un usuario puede crear, aprovisionar, actualizar y finalizar instancias en VirtShell tanto como necesite dando la sensación de elasticidad ⁷ de la red.

El módulo de **propiedades** permite consultar información de sistema, de las instancias o de los anfitriones físicos. La información que puede ser consultada es toda aquella que el sistema tenga disponible o que se pueda consultar por medio de comandos de sistema o comandos propios de VirtShell. Ejemplos de información que se puede consultar por medio de las propiedades es porcentajes de memoria y cpu usada, número de procesos en ejecución, etc. Las propiedades pueden ser consultadas en una sola máquina, o simultáneamente en varias máquinas, o a un conjunto de máquinas de acuerdo a prefijos en su nombre.

Finalmente, el módulo de **tareas** da la información y estado sobre las diferentes tareas o trabajos ejecutados en el sistema. Debido a que el medio para interactuar con los módulos de VirtShell es a través de un API REST, una petición de creación de un nuevo recurso virtual, puede ser largo si el aprovisionamiento involucra varias máquinas. Para evitar, tener una petición esperando respuesta, VirtShell crea una tarea que será ejecutada de manera asíncronica, dando como respuesta, un identificador de la tarea, para que esta pueda ser consultada posteriormente y conocer el estado de la petición.

III-C. Provisioning

Aprovisionamiento consiste de los módulos *provisioners* (aprovisionadores), *images* (imágenes), *files* (archivos) y *packages* (paquetes).

El módulo de **aprovisionadores** define un marco de aprovisionamiento de un recurso virtual y contiene las configuraciones necesarias para apoyar ese marco. La configuración fundamental de un aprovisionador, es la ruta

⁷La elasticidad es una de las propiedades fundamentales de la nube. La elasticidad consiste en la potencia de escalar los recursos informáticos ampliándolos y reduciéndolos dinámicamente.

del repositorio git ⁸, donde se encuentran los scripts y archivos necesarios para realizar el aprovisionamiento. Del mismo modo la forma de ejecutar los scripts, hace parte de la configuración básica. Para ser mas ligero a VirtShell, los scripts de aprovisionamiento, deben estar registrados en un repositorio git público. VirtShell se encarga de descargar el repositorio y de ejecutar los scripts de aprovisionamiento, de acuerdo a la configuración especificada.

Adicionalmente, los aprovisionadores cuentan con una manera de especificar las dependencias del nuevo recurso virtual. VirtShell se encarga de resolver las dependencias antes de realizar el aprovisionamiento del nuevo recurso, a su vez, suministra información de ellas a los scripts de aprovisionamiento si estos lo requieren.

VirtShell utiliza como lenguaje de referencia, para la creación de scripts de aprovisionamiento, el lenguaje shell. Este cuenta con los recursos suficientes para interactuar con los diferentes sistemas operativos de las instancias. Sin embargo estos comandos se pueden extender usando el paquete de comandos propios de VirtShell, los cuales pueden abstraer muchas de las operaciones del shell. Esto facilita la escritura de los mismos o permite hacerlos independientes del sistema operativo en el cual van a ejecutarse.

El módulo de **imágenes** proporciona la información necesaria de las imágenes que se encuentran registradas en el sistema. Cada vez que se crea un nuevo recurso virtual en un anfitrión, se especifica el nombre de la imagen almacenada en el sistema que sera usada, de una de las que se encuentra en el sistema.

Las imágenes que se manejan en VirtShell son de dos tipos: ISO ⁹ y para contenedores. Las de tipo ISO, se encuentran guardadas en el repositorio de VirtShell, y su uso se enfoca a maquinas virtuales que interactuan con hypervisors. Las imágenes de tipo contenedor, se emplean para tecnologías de visualización de sistema operativo como LXC ¹⁰ [19] y Docker ¹¹ [21]. Estas son descargadas automáticamente de los repositorios de dominio público de los diferentes proveedores.

El módulo de imágenes cuenta también, con la característica de crear automáticamente nuevas imágenes de tipo ISO a partir de las *releases* (liberaciones) base de las diferentes distribuciones de sistemas operativos linux. Una vez creada

⁸git es un software de control de versiones diseñado por Linus Torvalds

⁹Una imagen ISO es un archivo informático donde se almacena una copia o imagen exacta de un sistema de archivos o ficheros de un disco óptico, normalmente un disco compacto (CD) o un disco versátil digital (DVD).

¹⁰LXC (Linux Containers) es una tecnología de virtualización a nivel de sistema operativo (SO) para Linux.

¹¹Docker es un proyecto de código abierto que automatiza el despliegue de aplicaciones dentro de contenedores de software, proporcionando una capa adicional de abstracción y automatización de Virtualización a nivel de sistema operativo en Linux.

la nueva ISO esta sera guardada en el repositorio interno para su posterior uso.

El módulo de **archivos** proporciona una manera de almacenar archivos en VirtShell, los cuales pueden ser usados para almacenar

El módulo de **archivos** proporciona una manera de almacenar archivos en VirtShell, los cuales pueden ser usados para almacenar información necesaria para crear imágenes o para enviarlos a uno o mas recursos virtuales de manera simultánea en un directorio especificado. Adicionalmente, permite especificar los permisos que tendrán los archivos.

El módulo de **paquetes** facilita realizar funciones tales como la instalación de nuevos paquetes de software y actualización de paquetes existentes en uno o mas recursos virtuales de manera simultanea.

III-D. Agents

Los Agentes son servicios que se ejecutan localmente en cada anfitrión, y que se encuentra bajo la gestión de VirtShell. Estos son instalados y configurados en cada anfitrión de manera automática. Los agentes actúan con un cierto grado de autonomía con el fin de completar tareas en nombre del servidor.

IV. API

API significa "Application Programming Interface", y como término, especifica cómo debe interactuar el software.

En términos generales, cuando nos referimos a las API de hoy, nos referimos más concretamente a las API web, que son manejadas a través del protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP). Para este caso específico, entonces, una API especifica cómo un consumidor puede consumir el servicio que el API expone: cuales URI están disponibles, qué métodos HTTP puede utilizarse con cada URI, que parámetros de consulta se acepta, lo que los datos que pueden ser enviados en el cuerpo de la petición, y lo que el consumidor puede esperar como respuesta.

En el VirtShell API REST un usuario envía una solicitud al servidor para realizar una acción determinada (como la creación, recuperación, actualización o eliminación de un recurso virtual), y el servidor realiza la acción y envía una respuesta, a menudo en la forma de una representación del recurso especificado.

En el VirtShell API, el usuario especifica una acción con un verbo HTTP como POST, GET, PUT o DELETE. Especificando un recurso por un URI único global de la siguiente forma:

`https://[host]:[port]/virtshell/api/v1/resourcePath?parameters`

Debido a que todos los recursos del API tienen una única URI HTTP accesible, REST permite el almacenamiento en cache de datos y esta optimizado para trabajar con una infraestructura distribuida de la web.

En esta sección se detalla los recursos y operaciones que puede realizar un usuario del API para realizar aprovisionamientos automáticos desde cualquier plataforma de desarrollo. El VirtShell API provee acceso a los objetos en el VirtShell Server, esto incluye los hosts, imágenes, archivos, templates, aprovisionadores, instancias, grupos y usuarios. Por medio del API podrá crear ambientes, maquinas virtuales y contenedores personalizados, realizar configuraciones y administrar los recursos físicos y virtuales de manera programática.

IV-A. Formato de entrada y salida

JSON (JavaScript Object Notation) es un formato de datos común, independiente del lenguaje que proporciona una representación de texto simple de estructuras de datos arbitrarias. Para obtener mas información, ver json.org.

El VirtShell API solo soporta el formato json para intercambio de información. Cualquier solicitud que no se encuentre en formato json resultara en un error con código 406 (Content Not Acceptable Error).

Las siguientes secciones muestran los métodos disponibles para cada módulo.

IV-B. Groups

Representan los grupos registrados en VirtShell. Los métodos soportados son:

Cuadro I: Métodos HTTP para groups

Método	Solicitud	Descripción
GET	/groups/:name	Gets one group by ID.
GET	/groups	Gets the list of groups.
POST	/groups/	creates a new group.
DELETE	/groups/:name	Deletes an existing group.

IV-C. Users

Representan los usuarios registrados en VirtShell. Los métodos soportados son:

Cuadro II: Métodos HTTP para users

Método	Solicitud	Descripción
GET	/users/:name	Gets one user by ID.
POST	/users/	creates a new user.
GET	/users	Gets the list of users.
DELETE	/users/:name	Deletes an existing user.
PUT	/users/:name	Updates an existing user.

IV-D. Partitions

Las particones permiten organizar las máquinas que albergaran recursos virtuales en partes aisladas de las demás. Los métodos soportados son:

Cuadro III: Métodos HTTP para partitions

Método	Solicitud	Descripción
GET	/partitions/:name	Gets one partition.
GET	/partitions	Gets the list of partitions.
POST	/partitions/	Inserts a new partition.
DELETE	/partitions/:name	Deletes a partition.
PUT	/partitions/:name/ host/:hostname	Add a host to partition.

IV-E. Hosts

Representan las maquinas físicas; un host es un anfitrión de maquinas virtuales o contenedores. Los métodos soportados son:

Cuadro IV: Métodos HTTP para hosts

Método	Solicitud	Descripción
GET	/hosts/:name	Gets one host by name.
GET	/hosts	Gets the list of hosts.
POST	/hosts/	Inserts a new host.
DELETE	/hosts/:name	Deletes an existing host.
PUT	/hosts/:name	Updates an existing host.

IV-F. Instances

Representan las instancias de las máquinas virtuales o los contenedores. Los métodos soportados son:

Cuadro V: Métodos HTTP para instances

Método	Solicitud	Descripción
GET	/provisioners/:name	Gets one provisioner by ID.
GET	/provisioners	Gets the list of provisioners.
POST	/provisioners/	Creates a new provisioner.
DELETE	/provisioners/:name	Deletes an existing host.

IV-G. Tasks

Representan una tarea en VirtShell. Los métodos soportados son:

Cuadro VI: Métodos HTTP para tasks

Método	Solicitud	Descripción
GET	/tasks/:id	Gets one task by ID.
GET	/tasks	Gets the list of tasks.
GET	/tasks/status	Gets all task by status.
POST	/tasks/	Creates a new task
PUT	/tasks/:id	Updates an existing task.

IV-H. Properties

Representan propiedades de configuración de las máquinas virtuales o contenedores. Los métodos soportados son:

Cuadro VII: Métodos HTTP para properties

Método	Solicitud	Descripción
GET	/properties/	Install one or more packages.

IV-I. Provisioners

Representan los scripts que aprovisionan las máquinas virtuales o los contenedores. Los métodos soportados son:

Cuadro VIII: Métodos HTTP para provisioners

Método	Solicitud	Descripción
GET	/provisioners/:name	Gets one provisioner by ID.
GET	/provisioners	Gets the list of provisioners.
POST	/provisioners/	Creates a new provisioner.
DELETE	/provisioners/:name	Deletes an provisioner.
PUT	/provisioners/:name	Updates a provisioner.

IV-J. Images

Representan imagenes de máquinas virtuales o contenedores. Los métodos soportados son:

Cuadro IX: Métodos HTTP para images

Método	Solicitud	Descripción
GET	/images/:name	Gets one image by name.
GET	/images	Retrieves the list of images.
POST	/images/	Inserts a new image.
DELETE	/images/:name	Deletes an existing image.

IV-K. Packages

Representan paquetes de software que se ejecutan en las máquinas virtuales o contenedores. Los métodos soportados son:

Cuadro X: Métodos HTTP para packages

Método	Solicitud	Descripción
POST	/install_packages/	Install one or more packages.
POST	/upgrade_packages/	Upgrade one or more packages.
POST	/remove_packages/	Remove one or more packages.

IV-L. Files

Representan toda clase de archivos que se requieran para crear o aprovisionar máquinas virtuales o contenedores. Los métodos soportados son:

Cuadro XI: Métodos HTTP para files

Método	Solicitud	Descripción
GET	/files/:id	Gets one file by ID.
POST	/files/	upload a new file.
DELETE	/files/:id	Deletes an existing file.
PUT	/files/:id	Updates an existing file.

IV-M. API Calls

Representan las acciones que no encajan en las operaciones CRUD ¹²de cada uno de los módulos.

Cuadro XII: Métodos HTTP para API Calls

Método	Solicitud	Descripción
POST	instances/start_instance/:id	Start instance.
POST	instances/stop_instance/:id	Stop instance.
POST	instances/restart_instance/:id	Restart instance.
POST	instances/clone_instance/:id	Clone instance.
POST	instances/execute_command	Exec. commands.
POST	instances/copy_files	Copy files.

V. CONCLUSION

Como resultado del presente artículo, se concluye que el diseño de VirtShell framework permite administrar y aprovisionar servicios de infraestructura de TI, debido a que se apoya en las actuales tecnologías de virtualización, permitiendo utilizar diferentes sistemas operativos a través de su interfaz web, personalizarlos, gestionar sus permisos y crear tantos como se requiera.

Por otro lado al comparar VirtShell contra las soluciones de virtualización actuales, se observa que el API REST proporciona todas las funcionalidades requeridas para controlar completamente los recursos físicos y virtuales reduciendo el tiempo necesario para crear e iniciar instancias. Así mismo, al adoptar el estilo arquitectural REST, se heredan nada menos que las propiedades del World Wide Web, las cuales ofrecen mayores ventajas sobre las demás soluciones, estas se explican a continuación:

- **Rendimiento:** Se puede soportar usando caches que permitan mantener la información cerca del procesamiento. Esto puede ayudar aún más, reduciendo la sobrecarga asociada con la creación de solicitudes complejas.
- **Escalabilidad:** Si el aumento de la demanda exige aumentar el número de servidores de VirtShell, esto puede hacerse sin preocuparse por la sincronización entre los mismos, debido a que los datos de la sesión están contenidos en cada petición.
- **Simplicidad:** REST es un estilo de arquitectura orientado a la simpleza. El argumento central de esta propiedad es el HTTP mismo, con su conjunto mínimo de métodos y su semántica simplísima, es suficientemente general para modelar el dominio de VirtShell.
- **Visibilidad:** Rest está diseñado para ser visible y simple, lo que significa que cada aspecto del servicio debe ser auto-descriptivo siguiendo las normas HTTP.
- **Portabilidad:** Un Software es portable si el puede correr en diferentes ambientes, el estilo arquitectural REST permite separar las preocupaciones de interfaz de usuario

¹²En computación CRUD es el acrónimo de Crear, Leer, Actualizar y Borrar (del original en inglés: Create, Read, Update and Delete). Se usa para referirse a las funciones básicas en bases de datos o la capa de persistencia en un software.

de las preocupaciones de almacenamiento de datos, mejorando la portabilidad. Adicionalmente el World Wide Web es altamente portable debido a su nivel de estandarización.

Por lo anterior se concluye que la principal fortaleza de VirtShell y su diferencia frente a las demás soluciones de virtualización consiste en exponer sus funcionalidades por medio de un API REST, lo que le concede además capacidades de integración con diferentes plataformas de desarrollo.

REFERENCIAS

- [1] ACM Symposium on Cloud Computing 2015, <http://acmsoc.github.io/2015>, 2015.
- [2] Andrew S. Tanenbaum, Modern Operating Systems 4th Edition, 2014.
- [3] Fabric, <http://www.fabfile.org/>, 2016.
- [4] Ubuntu Juju, <http://www.ubuntu.com/cloud/juju>, 2016.
- [5] Docker Composer, <https://docs.docker.com/compose>, 2016.
- [6] SmartFrog, <http://smartfrog.org/display/sf/SmartFrog+Home>, 2009.
- [7] Ansible, <https://www.ansible.com>, 2016.
- [8] Amazon EC2, <https://aws.amazon.com/ec2>, 2016.
- [9] Chef, <https://docs.chef.io>, 2015.
- [10] Puppet, <http://projects.puppetlabs.com/projects/puppet>, 2015.
- [11] Cfengine, <https://www.gnu.org/software/cfengine>, 2001.
- [12] Bdfg2, <http://bcfg2.org>, 2015.
- [13] Cobbler, <https://cobbler.github.io>, 2016.
- [14] Vagrant, <https://www.vagrantup.com>, 2016.
- [15] SaltStack, <http://saltstack.com/community>, 2016.
- [16] Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures, <https://www.ics.uci.edu/fielding/pubs/dissertation/top.htm>, 2000.
- [17] Inversion of Control Containers and the Dependency Injection pattern, <http://martinfowler.com/articles/injection.html>, 2004.
- [18] HMAC: Keyed-Hashing for Message Authentication, <https://www.ietf.org/rfc/rfc2104.txt>, 1997.
- [19] Linux Containers, <https://linuxcontainers.org>, 2016..
- [20] LXC Templates Documentation, <https://help.ubuntu.com/lts/serverguide/lxc.html>, 2016.
- [21] Docker, <https://docker.com>, 2016.
- [22] REST - An Alternative to RPC for Web Services Architecture, http://web.uvic.ca/erikj/seng422/resources/rest_paper.pdf, 2009.