**RAPORT CECBID – Robert Poenaru**

**Mai 2022**

**1.Implementarea unui serviciu de administrare si vizualizare a pachetelor pentru sistemele de calcul virtualizate (VM) dintr-o retea**

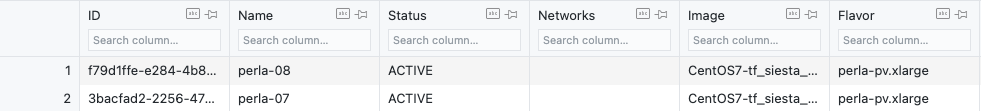
Scopul principal al acestui serviciu este de a putea asigura administratorulului unei retele de calcul (*computing*) dezvoltata pe infrastructura OpenStack [1] o interfata web care sa permita afisarea unor liste cu pachetele software instalate pe instantele de calcul virtualizate ce ruleaza in Openstack, dar si posibilitatea de a aduce fiecare pachet software la versiunea cea mai noua disponibila. Versiunea curenta a acestui servicu oferta functiile de vizualizare + verificare versiune software + update software pentru un utilizator cu statusul de *Administrator*, iar pentru un utilizator *normal* (i.e., fara drept de aministrare) se ofera doar functia de vizualizare. Un administrator se ocupa cu organizarea si mentinerea in functiune a unui cluster OpenStack, iar un utilizator normal se foloseste de aceasta retea pentru a executa diferite calcule si simluari care necesita resurse de calcul complexe. Practic, utilizatorului normal i se va pune la dispozitie un echipament de computing virtualizat ce este verificat si mentinut de catre administrator. In continuare, in cazul in care nu este precizat altfel, termenul de **utilizator** (sau ***user***) va face referire echivalenta pentru ambele situatii (admin/normal).

Pentru dezvoltarea sistemului, s-a folosit in mod principal modulul Flask [3]. Flask permite realizarea de aplicatii web prin intermediul limbajului de programare Python, ceea ce ofera un grad foarte mare de compatibilitate intre diferitele arhitecturi hardware dar si sisteme de operare. Aplicatia *principala* dezvoltata in cadrul proiectului contine mai multe functii, iar una dintre acestea este managementul de pachete de pe resursele de calcul, al carui mecanism de functionare va fi descris in cele ce urmeaza. Aceasta va rula in permanenta pe un *server principal*, i.e., un nod de calcul deschis pentru accesul web de catre public (in continuare se va utiliza doar denumirea de server pentru a se face referire la nodul pe care este dezvoltat serviciul web Flask).

In procesul vizualizare al pachetelor de pe VM-urile disponibile, exista atat o parte de *backend* (modul de executie al functiilor dezvoltate in Python) dar si *frontend* (interfata grafica efectiva pe care atministratorul o acceseaza/utilizeaza). La fiecare conectare, practic, se va putea vizualiza informatii care au fost create sau procesate in partea de backend, prin executarea unui intreg grup de functii si module Python.

*1.1 Backend*

Toate informatiile cu privire la masinile virtuale disponibile sunt preluate dintr-o baza de date ce exista in prealabil, pe unul din agentii principali ai retelei Openstack. Baza de date cu masinile virtuale a fost creata in cadrul unei implementari separate ce *interogheaza* constant infrastructura OpenStack, verificand ce resurse sunt atribuite unui *user normal* (altul decat administratorul retelei OpenStack). Dupa cum a fost mentionat, spre deosebire de administratori, un user normal va putea doar sa vizualizeze lista de pachete aferente unei masini virtuale asupra careia are drept de acces. Baza de date este obtinuta prin executarea a unei comenzi de tip terminal, iar rezultatul comenzii va fi captat, parsat si stocat in userID.openstack.VM.list.db. Numele bazei de date este configurat in asa fel incat sa se poata asigura o diferentiere a masinilor virtuale disponibile pe OpenStack si pentru ca interfata web sa acceseze fisierul corect. Modulul sqlite3 [4] asigura fluxul de citire/modificare a bazei de date, iar structura acesteia poate fi vazuta in figura de mai jos:



Campul ID contine un lant de caractere (numit *hash*) care va fi atribuit in mod unic fiecarei masini virtuale. Acest lucru va facilita controlul individual al fiecarui VM, intrucat user-ul va putea avea instante cu nume identic (campul Name din figura), insa ID-ul va fi diferit pentru fiecare.

In momentul in care utilizatorul va accesa pagina de management de pachete din cadrul aplicatiei principale Flask, va avea la dispozitie un buton prin care poate vizualiza intreaga lista de VM-uri (aceasta listava fi prezentata la partea de frontend). Prin apasarea butonului se va interoga baza de date userID.openstack.VM.list.db , proces realizat cu ajutorul functiei refresh\_instances().

Legatura (i.e., modul de comunicare) dintre client (partea de interfata grafica) si server (functionalitatea cu modulele Pyhton) se realizeaza prin schimbul constant de evenimente asigurat de serviciul socketIO [5]. Acest modul este necesar atat pe aplicatia Flask:

from flask\_socketio import SocketIO

from flask\_socketio import emit

from flask import Flask, render\_template

cat si pe interfata web (HTML + JavaScript + CSS):

<!-- use socketIO -->

<script

src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/socket.io/4.0.1/socket.io.js"

crossorigin="anonymous">

</script>

Un eveniment socketIO definit in interfata web fi configurat sa trasmita (denumirea tehnica este de a *emite*) o anumita comanda catre server, dar si viceversa. Astfel, prin apasarea butonului „instance-refresher”, un eveniment cu comanda „refresh\_instances” va fi emis catre server:

$("#instance-refresher").click(() => {

console.log("Refreshing instances");

sio.emit("refresh\_instances");

});

Serverul va raspunde acestui mesaj tot prin intermediul unui eveniment socketIO, executand un set de instructiuni in cadrul functiei refresh\_instances()si finalizand cu transmiterea raspunsului catre client (aplicatia web):

@socketio.event

def refresh\_instances():

print('User requested VM list')

active\_vms = [(vm[0], vm[1]) for vm in vm\_db.get\_user\_vms(VM\_DB)]

emit('instances', {'vms': active\_vms})

In codul de mai sus, variabilele vm[0] si vm[1] reprezinta ID-ul si numele masinilor virtuale ce sunt preluate din baza de date. Lista de VM-uri se transmite catre interfata web cu ajutorul comenzii *emit* din modulul socketIO. Odata ce lista este primita, aceasta va fi redata ca si continut HTML pe pagina activa. Intrucat editarea continua a sursei .html nu este o metoda eficienta, se va folosi pachetul jQuery [6]:

<!-- use jQuery -->

<script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.3.1/jquery.min.js">

</script>

Acesta vine ca un pachet aditional limbajului JavaScript si permite accesarea doar anumitor campuri (tehnic acestea sunt numite tag-uri) din pagina HTML. In cazul afisarii masinilor virtuale, acestea vor fi asezate sub forma unei liste selectabile (i.e., *dropdown-list*) in momentul in care instantele VM sunt primite de la serverul principal:

//save the instances list from the server as an array

sio.on("instances", (data) => {

$("#vm-drp-list").empty();

data.vms.forEach((element) => {

let vm\_name = element[1];

let vm\_id = element[0];

$("#vm-drp-list").append(

'<a class="dropdown-item" href="#">' + vm\_name + "</a>"

);

vm\_id\_list.push(vm\_id);

vm\_name\_list.push(vm\_name);

});

});

In codul de mai sus, prima comanda se asigura ca tabelul este gol inainte de initializare, iar variabilele vm\_id\_list, vm\_name\_list sunt utilizate pentru memorarea fiecarui ID si nume de VM, oferind posibilitatea de utilizare ulterioara a acestora. Prin comanda „append” (specifica JavaScript / jQuery) se adauga in dropdown-list numele ficarei masini virtuale, iar prin tagul HTML „<a>” elementul devine selectabil in pagina. Mai departe, utilizatorul va putea selecta din lista de VM-uri una specifica (afisarea se face pe baza campului Name din baza de date initiala). Selectarea prorpiu-zisa a unei masini virtuale este pasul necesar pentru afisarea listei de pachete instalate pe acel sistem. Deoarece intregul set de pachete ce sunt instalate in mod standard (*by default*) pe o masina virtuala tip Linux (mai precis cele de tip RHEL [7]) contine si multe servicii care nu sunt de interes utilizatorului, aplicatia va selecta doar acele pachete de dezvoltare (*development tools*) cu care se pot executa calcule si simulari fizice, matematice, etc. Codul de mai jos este responsabil cu selectarea unui VM din dropdown:

//actions when the user selects an item from vm-drp-list

$("#vm-drp-list").on("click", "a", (e) => {

selected\_vm = e.target.text;

let selected\_vm\_index = $("#vm-drp-list a").index(e.target) + 1;

sio.emit("vm\_selected", {

vm\_id: vm\_id\_list[selected\_vm\_index - 1],

vm\_name: vm\_name\_list[selected\_vm\_index - 1],

});

Alegerea de catre utilizator a unui VM specific din lista se face dupa numele acestei masini, insa aplicatia va identifica automat si ID-ul (prin cele doua variabile de tip vector despre care s-a discutat mai sus: vm\_id\_list, vm\_name\_list). In momentul selectarii propriu-zise a unui element din lista, un alt eveniment socketIO va fi emis catre server, prin care se va cere (sau in termeni tehnici *request*) informatia cu privire la pachetele masinii respective. Evenimentul „vm\_selected” din codul de mai sus va trimite catre server un mesaj care va contine numele si ID-ul masinii, iar functia „sio.emit” este responsabila de crearea acestui eveniment. Ulterior, serverul va raspunde evenimentului prin functia urmatoare:

@socketio.event

def vm\_selected(data):

vm\_id = data['vm\_id']

vm\_name = data['vm\_name']

vm\_packages = pack.get\_vm\_packages(USER\_ID, vm\_id) <--- sends command to VM for package retrieval

...

Odata ce serverul primeste informatiile cu privire la masina virtuala, prin intermediul protocolului (modulului) MQTT [8] va fi transmisa o comanda de tip terminal pe un canal (sau topic) unic de comunicare intre serverul principal si VM. In mod normal, un canal de comunicare mqtt are forma „nume\_canal\_principal/nume\_canal\_secundar/...”. Comanda de terminal ce va fi executata are forma urmatoare: yum list --installed | more | grep devel, iar canalul mqtt este creat special pentru acel utilizator si acea masina virtuala. Un exemplu test de topic mqtt pentru un utilizator denumit „user69” si pentru un VM selectat va fi:

/openstack/cloudifin/servers/user69/f79d1ffe-e284-4b86-926a-c6a6b23859d1

cu structura (retea openstack)/(ID-ul unic al utilizatorului)/(ID-ul masinii virtuale). In final, masina virtuala va primi un mesaj (sub forma unui strig binar ce va fi decodat in format UTF-8) care contine comanda de terminal. VM-ul va executa aceasta comanda, iar rezultatul din terminal va fi re-trimis catre serverul principal tot prin mqtt (via un topic diferit). Serverul va stoca mesajul (dupa decodarea si parsarea acestuia) intr-un fisier de tip „.db”. Structura fisierului se poate vedea in schema de mai jos:

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

Aceste coloane reprezinta de fapt: numele pachetului instalat, versiunea curenta, si detalii suplimentare cu privire la acesta (daca este cazul). Tot acest fir de executie este implementat in functia vm\_packages = pack.get\_vm\_packages(USER\_ID, vm\_id) din codul sursa. Din baza de date cu pachete disponibile pe VM, urmeaza sa fie emis de catre server un eveniment socketIO cu intreg continutul acesteia (ca si raspuns la request-ul initial vm\_selected primit de la client):

vm\_packages = pack.get\_vm\_packages(USER\_ID, vm\_id)

emit('vm\_packages', {'vm\_packages': vm\_packages})

Mai departe, clientul va primi lista de pachete si o va afisa sub forma unui tabel HTML. Implementarea pe partea de client care asigura acest procedeu este schitata mai jos:

//wait for the server to send the packages on the VM that was previously selected

sio.on("vm\_packages", (data) => {

// tuple list which contains the packages

vm\_packages = data["vm\_packages"];

$("#vm-name-title").html(vm\_name\_list[selected\_vm\_index - 1]);

$("#vm-id-title").html(vm\_id\_list[selected\_vm\_index - 1]);

//make the table visible

$("#vm-table").css("display", "block");

for (let i = 0; i < vm\_packages.length; i++) {

$("#vm-table > tbody").append(...)

Remarcabil in versiunea curenta a serviciului este faptul ca fiecare element din tabel este selectabil, iar daca in plus utilizatorul este si administrator va putea vedea (per fiecare pachet) pe langa detaliile din baza de date afisata mai sus, inca doua optiuni suplimentare:

1) Verificarea existentei unei versiuni de software mai noua decat cea curenta

2) Actualizarea unui pachet software la versiunea cea mai noua disponibila din biblioteca de pachete RHEL oficiala.

Cele doua functii se asigura prin intermediul a doua coloane aditionale la tabelul ce contine lista de pachete, mai exact un buton “Check” si un buton “Update”. Prin selectarea celor doua butoane de catre utilizator, doua evenimente declansatoare socketIO pot fi transmise catre serverul principal:

//check when the user clicks on the "check-button"

$("#vm-table").on("click", "#check-update-button", (e) => {

sio.emit("check\_update", { vm\_id: vm\_id, package: package\_name });

});

//check when the user clicks on the "update-button"

$("#vm-table").on("click", "#update-button", (e) => {

sio.emit("update", { vm\_id: vm\_id, package: package\_name });

});

Ca si pas urmator, serverul va comunica prin mqtt doua posibile comenzi de tip terminal ce vor ajunge sa fie executate pe VM-ul respectiv:

def execute\_check\_update(userID, vm\_id, package\_name):

print(f'From: {userID}')

print(f'will check update for {package\_name} on VM: {vm\_id}')

# shell command to be executed on the selected VM

command = f'yum check-update | grep {package\_name}'

publish\_command(userID, vm\_id, command)

sau:

def execute\_update(userID, vm\_id, package\_name):

print(f'From: {userID}')

print(f'will update {package\_name} on VM: {vm\_id}')

# shell command to be executed on the selected VM

command = f'yum update {package\_name}'

publish\_command(userID, vm\_id, command)

unde functia „publish\_command()” este implementarea mqtt ce va transmite fie comanda „f'yum check-update | grep {package\_name}'” sau „f'yum update {package\_name}'“, inspre a fi rulate pe masina virtuala. Aceste comenzi vor verifica starea unui anume pachet sau vor porni un procedeu de actualizare tipic sistemului de operare Linux.

Intregul proces de executie si comunicare dintre partea de client si server descrisa mai sus poate fi encapsulata sub forma unei diagrame precum cea de mai jos:

Graphical user interface, website

Description automatically generated

A se tine cont de faptul ca fluxul de operatii descris in diagrama de mai sus contine si pasii de *administrare* (i.e. , verificare + actualizare pachete software), lucru care nu este posibil si pentru un user normal. Intradevar, unui user normal ii va corespunde doar partea de listare VM-uri, oferite prin evenimentele „refresh\_instances” (client) si „instances\_stats” (server).

*1.2 Frontend*

Interfata grafica pe care utilizatorul o acceseaza este realizata (dupa cum a fost mentionat mai sus) sub forma unei aplicatii web Flask. In continuare, vor fi prezentate elementele cu care utilizatorii serviciului pot interactiona. In figura de mai jos este prezentata pagina principala a componentei ce se ocupa doar cu vizualizarea pachetelor de pe masinile virtuale.

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

Pentru situatia in care utilizatorul are si drept de administrator pe reteaua OpenStack, pagina principala va avea un continut similar, insa i se va putea oferi si cele doua funtii aditionale pentru pachete. Situatia mentionata se poate vedea in figura de mai jos.

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

La accesarea paginii web denumita „Package Management”, se va afisa numele utilizatorului impreuna cu butonul „Refresh Instances”. Conform descrierii, prin apasrea butonului se declanseaza mecanismul prin care evenimentul „refresh\_instances” este emis de la client catre server. Serverul va raspunde (prin evenimentul „instances”) cu lista de masini virtuale, iar aceasta se va vizualiza in meniul dropdown conform schemei de mai jos:

Graphical user interface, application

Description automatically generated

iar in serverul principal, va aparea in terminal mesajul urmator (util pentru dezvoltatorii aplicatiei web):



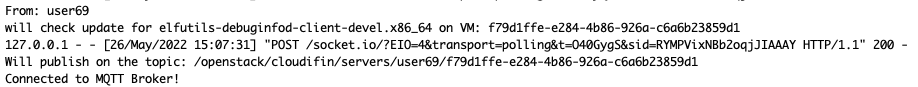
Mai departe, prin selectarea unei anumite masini virtuale, se va trimite catre server evenimemtul „vm\_selected” ce va transmite inapoi catre client lista de pachete de pe masina corespunzatoare (via „vm\_packages”). Ca si procedura de test (cu scop ilustrativ), presupunand ca un utilizator cu drept de admin va selecta prima masina virtuala din acea lista, interfata se va modifica in urmatorul mod:

Table

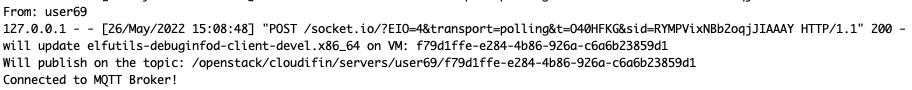
Description automatically generated

Primele doua linii contin numele si ID-ul masinii virtuale selectate. In continuare, apare tabelul cu detalii si functiile de verificare/update software. Fiecare pachet dispune in mod separat de aceasta functionalitate. Evident, un utilizator normal va putea sa vada doar lista de pachete fara coloanele „Check for Update” si „Update”.

La apasarea celor doua butoane, pe serverul principal vor aparea mesajele:



sau:



In functie de ce procedura a fost selectata (i.e., verificare sau actualizare). Ultima linie din cele doua mesaje semnifica faptul ca o conexiune MQTT a fost creata catre masina virtuala, si ca se va publica pe topicul „/openstack/cloudifin/servers/user69/f79d1ffe-e284-4b86-926a-c6a6b23859d1” una dintre comenzile:

yum check-update | grep elfutils-debuginfod-client-devel.x86\_64

yum update elfutils-debuginfod-client-devel.x86\_64

**2. Implementarea unui serviciu de verificare/monitorizare a statisticilor de utilizare al unui sistem de calcul virtualizat**

Scopul implementarii a fost acela de a asigura un mod de vizualizare *unificat* pentru toti parametrii relevanti cu privire la gradul de utilizare al unei instante virtualizate ce ruleaza pe o infrastructura OpenStack. Informatiile de sistem sunt prezentate sub forma grafica prin intermediul unor *casete* (box-uri) HTML ce contin ilustratiil cu procentajul ocupare al memoriei de stocare, procentaje de utilizare al procesoarelor instantei.

Acest serviciu a fost dezvoltat in partea de backend cu ajutorul modulului Flask din Python si modulul psutil ce extrage informatii de sistem de pe o masina de calcul (i.e., utilizare CPU, utilizare memorie RAM, memorie de stocare, retea, etc.). Tot in backend s-a utilizat si pachetul matplotlib, care permite efectuarea de plot-uri cu parametrii de sistem. Aceste ploturi sunt afisate in browser sub forma unor obiecte de tip „buffer temporar”:

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

Pe partea de frontend s-a utilizat HTML+CSS+JavaScript. Modulul flexbox din HTML ofera optiunea de pozitionare relativa automata in pagina web a tuturor elementelor grafice, in functie de dimensiunea efectiva a ferestrei browser-ului. Informatiile de sistem are unei masini virtuale pot fi verificate in mod similar atat de catre un administrator cat si de un utilizator cu statut normal de acces pe reteaua de calcul

Spre deosebire de implementarea de la punctul precedent, nu exista o deosebire intre cele doua tipuri de *utilizatori*. Parametrii urmariti/monitorizati in versiunea curenta sunt (denumire tehnica in engleza):

**DISK**

The current disk usage of the system.

**SWAP**

The current swap memory stats of the system.

**VIRTUAL MEMORY**

The current virtual memory stats of the system.

**Processing Unit**

The average CPU load of the system.

**System Information**

* **System**
* **Node**
* **Release**
* **Version**
* **Machine**
* **Processor**

Statisticile sunt afisate per masina virtuala in momentul in care utilizatorul va selecta o masina disponibila, conform figurilor de mai jos.

Graphical user interface, text, application, email, website

Description automatically generated

Graphical user interface

Description automatically generated

Graphical user interface, application

Description automatically generated