

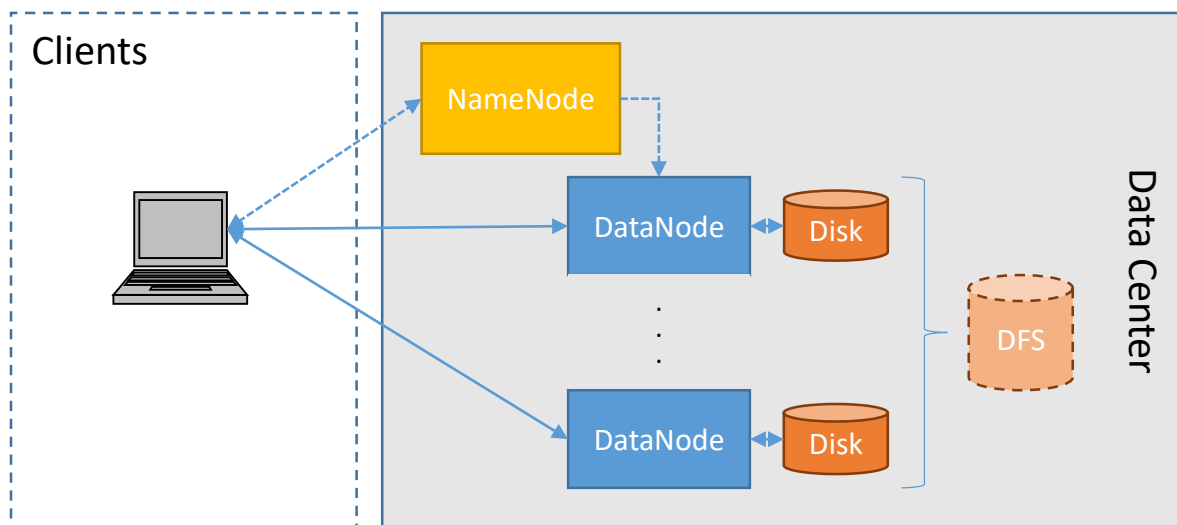
Sistemes de Fitxers Distribuïts

Data prevista: 19 de Maig de 2021 – 28 de Maig de 2021

Tot centre de processament de dades disposa d'un sistema per compartir i emmagatzemar dades, tant de forma temporal com de forma persistent. Una de les opcions per a poder aprofitar al màxim la capacitat de distribuir computació entre els recursos oferts al data-centre és usar sistemes de fitxers distribuïts, on diferents aplicacions, processos, plataformes i màquines poden compartir i modificar dades. Addicionalment, els sistemes distribuïts estan pensats per disposar de replicació i disponibilitat, en cas de que part del sistema distribuït quedi desconnectat, tant per fallades, desconnexions o altres inconvenients. Aquesta sessió estarà centrada en el funcionament i experimentació amb el sistema de fitxers distribuïts com ara Apache Hadoop (HDFS) o a sistemes basats en Distributed Hash Tables (DHT), com a “hands-on” de laboratori on podreu observar les diferents propietats del sistema distribuït.

Treball de laboratori

Al inici del laboratori farem una explicació de com funciona un sistema distribuït, així com de les diferents opcions i configuracions ens podem trobar, depenent dels nostres requeriments a l'hora de compartir o emmagatzemar dades en un data-centre. Veurem també com funcionen per tal de mantenir disponibilitat de dades i resiliència a fallades de disc i màquina.



En aquest laboratori treballarem amb **Ubuntu 18.04 LTS (64bits)** on instal·larem Hadoop, veurem com funciona el sistema de fitxers distribuïts en una i diverses màquines, i veurem els processos de sistema que tenen relació amb aquests sistemes gràcies a les eines de Unix/Linux.

Nota important: Compte amb fer “copy & paste”, ja que hi ha símbols com comes o guions que es poden copiar malament d'aquest document a consola. Si no us va una comanda,

0. Instruccions de la pràctica

Aquesta sessió de laboratori la farem usant Màquines Virtuals, per tal de tenir tots el mateix entorn independentment de on fem la pràctica. Tot i que ja heu fet la sessió de Màquines Virtuals, al primer punt de la sessió trobareu les instruccions per muntar VMs amb **Ubuntu** i fer la pràctica dins la VM, a més de que tots puguem treballar amb el mateix entorn i instal·lar correctament Docker, i poder fer “ps”, “ifconfig” i altres comandes Unix.

Treball Previ

Mireu-vos el **vídeo d'introducció** que acompanya la pràctica. Aquí trobareu el context de la pràctica, i refrescareu conceptes vistos a classe.

Grups de Treball

Per a aquesta pràctica ens distribuïm en parelles (**grups de 2 persones**). Una recomanació és que us connecteu mitjançant alguna plataforma que us permeti fer vídeo-conferència alhora que compartir la pantalla, de tal forma que una persona del grup faci el rol d'executor i comparteixi la pantalla. L'altre membre del grup pot fer de secretari, i anar anotant les respostes del qüestionari que cal anar responnent.

Qüestionari de Laboratori

Durant la pràctica trobarem preguntes que cal anar contestant a mesura que avanceu per la pràctica. Aquestes formen el **qüestionari de laboratori** que cal omplir i entregar al final de la sessió. El qüestionari **el pujarem pel Racó**, on veureu una pràctica oberta per a “Sistemes de Fitxers Distribuïts”.

ENTREGA: Les respostes estaran en un document per grup indicant les preguntes amb les corresponents respostes (com si féssiu una memòria). Assegureu-vos de justificar bé les respostes, i suposeu al voltant d'una línia o dos per resposta, tampoc més. Donat que el Racó només permet entregues individuals, el “secretari” del grup pujarà la pràctica → Recordeu de posar els noms de tots els integrants del grup al document.

Temps de Dedicació

Aquesta pràctica ha estat dissenyada per a que la pugueu realitzar en **menys de dues hores**, més uns quinze minuts per veure el vídeo d'introducció, i per poder passar a net el qüestionari i pujar-ho al Racó. Hem tingut en compte el que es triga en descarregar el software i les imatges de Docker en una connexió a casa, així que no heu de patir per no tenir una connexió d'alta velocitat.

Períodes de Realització

Per a aquesta pràctica tindrem sessió síncrona el **19 de Maig**, en la que haureu de venir amb el vídeo d'introducció vist. Entre el 2 i el 9 de Desembre tindreu temps de fer la pràctica. El dia **26 de Maig** farem sessió síncrona per resoldre dubtes i comentaris, i tindreu dos dies més (fins el **28 de Maig**) per polir-la i entregar-la al Racó.

La pràctica estarà oberta **del 19 al 28 de Maig a les 23:59**. Eviteu entregar al darrer moment, per evitar possibles problemes tècnics, i per assegurar-vos de que heu pujat la pràctica correctament.

Avaluació

Donat que no podem avaluar l'assistència ni participació a classe, l'avaluació tindrà en compte el **qüestionari de laboratori**, usant la següent fórmula:

Nota = (Qüestionari de Laboratori) → $10 * (\text{Un punt per resposta correcta} / \text{total de preguntes})$

0. Preparació de l'entorn FORA del Laboratori (Màquina Virtual)

Primer, instal·larem VirtualBox (hypervisor) i Vagrant (gestor d'imatges de VMs). Si usem Ubuntu/Debian, podem instal·lar aquests programes usant el gestor de paquets. És possible que calgui reiniciar.

```
sudo apt-get install virtualbox vagrant
```

Si esteu usant MacOS, Windows, o teniu problemes amb Linux, podeu seguir les instruccions indicades a les pàgines de Com instal·lar VirtualBox <https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads> i Vagrant <https://www.vagrantup.com/downloads.html>

Preparant VM Ubuntu

Un cop tenim VirtualBox i Vagrant instal·lat, podem descarregar una VM amb Ubuntu pre-instal·lat. Les següents comandes funcionen tant per Linux, MacOS com Windows, des de la consola de comandes:

```
mkdir $HOME/vm_cpd4          # Create a working directory
cd $HOME/vm_cpd4              # Enter the directory
vagrant init ubuntu/bionic64   # Download the "VM descriptor"
```

Ara, hem de modificar el descriptor de la VM, per donar-li més RAM, obrir ports per tenir-los disponibles i accedir, i donar-li un nom a la VM. Obrim el fitxer "Vagrantfile", i afegim les següents línies entre els tags de "config":

```
config.vm.provider "virtualbox" do |vb|
  vb.memory = "1024"
  vb.name = "hdfs_1"
end
```

Ara, la nostra VM està llesta per ser descarregada (el primer cop) i per iniciar-se:

```
vagrant up          # Descarrega (1er cop) i Inicia la VM
```

Entrant a la VM

Ara podem entrar a la VM usant SSH directament:

```
vagrant ssh          # Obrir una sessió de Secure-Shell
```

Ara entrarem a la màquina virtual, i instal·larem tot el que faci falta. Per sortir només hem de fer "exit", i per aturar la VM podem fer "vagrant halt" des de fora. Per iniciar-la de nou, només ens cal fer "vagrant up". Si volem esborrar la VM, podem fer "vagrant destroy", i fent "vagrant up" després tornarem a descarregar la imatge nova.

A partir d'aquí, ho farem tot **DINS LA VM** si hem triat aquesta opció.

1. Desplegament del Hadoop Distributed File System

Ara prepararem el sistema per tal d'instal·lar i provar el sistema distribuït.

Instal·lar Java

Hadoop està implementat en Java, i per tant usarem Java 1.8 com a versió totalment compatible. Després de la instal·lació comprovarem que s'ha instal·lat correctament:

```
sudo apt-get update
sudo apt-get install default-jdk
java -version
```

```
openjdk version "XX.X.X" 2020-07-14
OpenJDK Runtime Environment (build 11.0.8+10-post-Ubuntu-
0ubuntu118.04.1)
OpenJDK 64-Bit Server VM (build 11.0.8+10-post-Ubuntu-0ubuntu118.04.1,
mixed mode, sharing)
```

Afegint nous usuaris a HDFS

Ara ens cal crear un grup a UNIX anomenat "hadoop", i afegirem el nostre usuari (vagrant) a aquest grup. D'aquesta forma podrem accedir als fitxers del HDFS:

```
sudo addgroup hadoop
sudo usermod -a -G hadoop <USUARI>
```

Configurant SSH

HDFS requereix SSH per tal de comunicar-se amb tots els seus nodes. Per a un simple node de Hadoop necessitarem configurar SSH per poder accedir a "localhost" dins el nostre servidor:

```
sudo apt-get install openssh-client openssh-server
```

I ara creem una parella de claus RSA per poder establir connexió segura, tot i que sigui de la nostra màquina a nosaltres mateixos:

```
ssh-keygen -t rsa -P ""
cat ~/.ssh/id_rsa.pub >> ~/.ssh/authorized_keys
```

Ara podrem provar si ens podem connectar amb nosaltres mateixos:

```
ssh localhost
```

El primer cop que ens connectem haurem de validar que Sí confiem en la nostra màquina. A partir d'aquí, la connexió serà automàtica i sense password. **Recordeu de fer "exit" per sortir d'aquesta connexió.**

Descarregar Apache Hadoop

Ara ens podem descarregar Apache Hadoop v3.2 a partir del següent enllaç. L'extraurem a un directori on puguem accedir fàcilment, per exemple "/opt/hadoop":

```
cd /opt/  
sudo wget https://bit.ly/2TUK3Pk -O hadoop-3.2.1.tar.gz  
sudo tar xvzf hadoop-3.2.1.tar.gz  
sudo ln -s hadoop-3.2.1 hadoop  
sudo chown -R <USUARI>:hadoop hadoop-3.2.1 hadoop
```

Actualitzant .bashrc

Hem d'indicar al sistema on trobar els binaris de Hadoop, així que afegirem les següents línies al final de **~/bashrc** (al directori "home" del vostre usuari):

```
# Set Hadoop-related environment variables  
export HADOOP_HOME=/opt/hadoop  
  
# Set JAVA_HOME (we will also configure it later on Hadoop)  
export JAVA_HOME=/usr/lib/jvm/default-java  
  
# Add Hadoop bin/ directory to PATH  
export PATH=$PATH:$HADOOP_HOME/bin
```

Ara el recarreguem des del terminal:

```
source ~/.bashrc  
echo $JAVA_HOME  
echo $HADOOP_HOME
```

Configurar els fitxers i entorn de Hadoop

La nostra configuració inicial només tindrà una màquina per ara, i hem d'indicar a quin directori tindrem els fitxers del sistema de fitxers (ex. /app/hadoop/tmp):

```
sudo mkdir -p /app/hadoop/tmp  
sudo chown <USUARI>:hadoop /app/hadoop/tmp  
sudo chmod 750 /app/hadoop/tmp
```

A continuació toca configurar Hadoop, i indicar on es desaran els fitxers del sistema, quins ports escoltarà, etc. Per això ens cal modificar els següents fitxers de configuració de Hadoop:

[\\$HADOOP_HOME/etc/hadoop/hadoop-env.sh](#)

```
# The java implementation to use. Required.  
export JAVA_HOME=/usr/lib/jvm/default-java  
  
# Deshabilitar IPv6  
export HADOOP_OPTS=-Djava.net.preferIPv4Stack=true
```

Ara afegim **entre els elements <configuration> ... </configuration>** en cadascun dels fitxers següents:

[\\$HADOOP_HOME/etc/hadoop/core-site.xml](#)

```
<property>
  <name>hadoop.tmp.dir</name>
  <value>/app/hadoop/tmp</value>
  <description>A base for other temporary directories.</description>
</property>
<property>
  <name>fs.default.name</name>
  <value>hdfs://localhost:54310</value>
  <description>Location for the default file system.</description>
</property>
```

[\\$HADOOP_HOME/etc/hadoop/mapred-site.xml](#)

```
<property>
  <name>mapred.job.tracker</name>
  <value>localhost:54311</value>
  <description>The host and port that the MapReduce job tracker runs
at.</description>
</property>
```

[\\$HADOOP_HOME/etc/hadoop/hdfs-site.xml](#)

```
<property>
  <name>dfs.replication</name>
  <value>1</value>
  <description>Default block replication.</description>
</property>
```

Formatem el HDFS mitjançant el NameNode

El primer pas és formatar el HDFS, implementat sobre un conjunt de fitxers al sistema de fitxers de les màquines del clúster. Això ho hem de fer el primer com que usem el sistema de fitxers. Per donar format (que inicialitza el directori que hem indicat com “fs.name.dir”) podem usar:

```
$HADOOP_HOME/bin/hadoop namenode -format
```

Iniciem el HDFS

Ara podem iniciar el sistema de fitxers amb la comanda:

```
$HADOOP_HOME/sbin/start-dfs.sh
```

Això iniciarà el dimoni que actuarà com a NameNode, el DataNode, el JobTracker i taskTracker. Si no hi ha errors, podrem veure el nostre sistema de fitxers distribuït fent un “ls” amb l’aplicació de HDFS “hdfs dfs”:

cd	# Tornar a "Home"
touch example_file.txt	# Crear un fitxer local
hdfs dfs -ls /	# Al principi no hi ha res
hdfs dfs -mkdir /test_dir	# Crear un directori
hdfs dfs -put example_file.txt /test_dir/	# Pujar un fitxer
hdfs dfs -ls /test_dir	# Llistar el directori

Dins de “hdfs” tenim la majoria de comandes bàsiques per llistar fitxers, a més de “put” i “get” per pujar i baixar fitxers. També hi ha permisos d’usuari a tenir en compte (“chmod”).

Ara que ja tenim l’entorn instal·lat, contesteu les següents preguntes sobre el que podem fer amb el DFS.

PREGUNTES: Amb el sistema de fitxers distribuït en marxa:

- A) Si pugem diversos fitxers al HDFS, on s’emmagatzemen físicament? Puc veure’ls directament des del sistema de fitxers local? Què necessito per veure’ls i accedir?

PREGUNTES: Provem d’accedir al HDFS usant la ruta completa “hdfs://localhost:<PORT>/”, usant “hdfs dfs -ls” sobre la ruta:

- B) On podem trobar el port al que HDFS està escoltant? Podem accedir sense indicar el port?

Aturem HDFS

Per aturar el sistema de fitxers, usem la comanda:

```
$HADOOP_HOME/sbin/stop-dfs.sh
```

2. Accedint al Sistema de Fitxers

Creem **una altra Màquina Virtual** “hdfs_2” (a “vm_cpd5” amb “ubuntu/bionic64”), i configurem les dues per a que es vegin l’una amb l’altra (p.e. amb una xarxa privada). La màquina on tenim HDFS instal·lat serà la màquina SERVIDOR, i la nova màquina serà la màquina CLIENT.

El Client necessitarà la comanda “hdfs” per llegir el DFS. Repetiu la instal·lació de Hadoop des de “java” fins a “bashrc” inclòs (secció anterior) per tal de tenir Hadoop només com a client.

PREGUNTES: Ara, des de la VM client, volem accedir al HDFS de l’altra VM:

- C) Quines dades ens cal saber per accedir a HDFS des del Client? Podem accedir ara mateix?

Apaguem HDFS i modifiquem la configuració del servidor, per tal de canviar “localhost” per la IP de la nostra xarxa privada (e.g. “10.99.0.1”). Després tornem a encendre HDFS.

[\\$HADOOP_HOME/etc/hadoop/core-site.xml](#)

```
...
<property>
  <name>fs.default.name</name>
  <value>hdfs://10.99.0.1:54310</value>
  <description>Location for the default file system.</description>
</property>
```

PREGUNTES: Tornem a intentar accedir al HDFS des del Client:

- D) Quina comanda hem fet servir per llistar el directori arrel del HDFS des del Client?

PREGUNTES: Creem un fitxer buit al client (p.e. usant “touch”) i el pugem al HDFS:

- E) Quina comanda hem fet servir? Podem veure el fitxer si accedim des del Servidor?

3. Sistema de Fitxers Distribuït

Apaguem el HDFS de la màquina Servidor. Ara farem que el DFS estigui distribuït entre els dos servidors. Servidor farà de màster (NameNode + DataNode), i Client farà de servent (DataNode).

Acabem el procés de “Configurar els fitxers i entorn de Hadoop” (veure apartat anterior) al Client, i quan configurem els fitxers XML (“core-site.xml”, “mapreduce-site.xml”, “hdfs-site.xml”...) indicarem la IP de la màquina Servidor. Els **fitxers de configuració de Client han de ser IGUALS als de Servidor** (amb les IPs de Servidor sempre).

També afegirem el següent a “hdfs-site.xml”, per tal de que accepti “DataNodes” al vol:

[\\$HADOOP_HOME/etc/hadoop/hdfs-site.xml](#)

```
...
<property>
  <name>dfs.namenode.datanode.registration.ip-hostname-
check</name>
  <value>>false</value>
</property>
```

També caldrà que les màquines vinculades comparteixin les claus RSA públiques. Afegim el contingut dels fitxers “~/ssh/id_rsa.pub” de cada VM al fitxer “~/ssh/authorized_keys” de l'altra màquina. **El nom d'usuari hauria de ser el mateix a les dues màquines** (i.e. vagrant). Ara, les dues màquines haurien de poder-se veure i fer sense necessitar contrasenyes:

```
ssh <IP>
```

Connecteu-vos d'una a l'altra per ssh per comprovar-ho i confirmar manualment les claus ECDSA. (Recordeu de sortir per tornar a la corresponent VM.)

Ara iniciem el Servidor (“start-hdfs.sh”), i un cop estigui en marxa iniciem el DataNode al Client:

```
hdfs datanode
```

Ara podem anar al Servidor i veure que el nostre sistema HDFS té dues màquines servint dades, on tant Servidor com Client apareixen a la llista de màquines hostatjant blocs del DFS:

```
hadoop dfsadmin -report
```

PREGUNTES: En el report de DataNodes:

F) Quant espai s’ha usat a cada Data Node ara mateix? (“DFS Used”)

Per acabar, “matem” el datanode (Client) fent CTRL+C i tancant el procés, i fem “stop-dfs.sh” al NameNode (Servidor). Sortim de les VMs (“exit”) i les tanquem (“vagrant halt”).

Final de la Pràctica

Abans d'acabar: Recordeu entregar el qüestionari al final de la sessió! Responen les PREGUNTES de forma breu (al voltant d'una línia per resposta màxim), i **entregueu el qüestionari** conforme heu anat fent la sessió.