Tema 2 – Introducción a Hadoop y HDFS – TCDM

T. Fernández, F. García, D. Sevilla

Máster en Tecnologías de Análisis de Datos Masivos: Big Data
Universidad de Murcia

2023

Índice

1. Introducción a Hadoop

Hadoop

Implementación open-source de MapReduce

- Procesamiento de enormes cantidades de datos en grandes clusters de hardware barato (*commodity clusters*)
  - Escala: petabytes de datos en miles de nodos

Características de Hadoop

Tres partes

- Almacenamiento distribuido: HDFS
- Planificación de tareas y negociación de recursos: YARN
- Procesamiento distribuido: MapReduce

Características de Hadoop

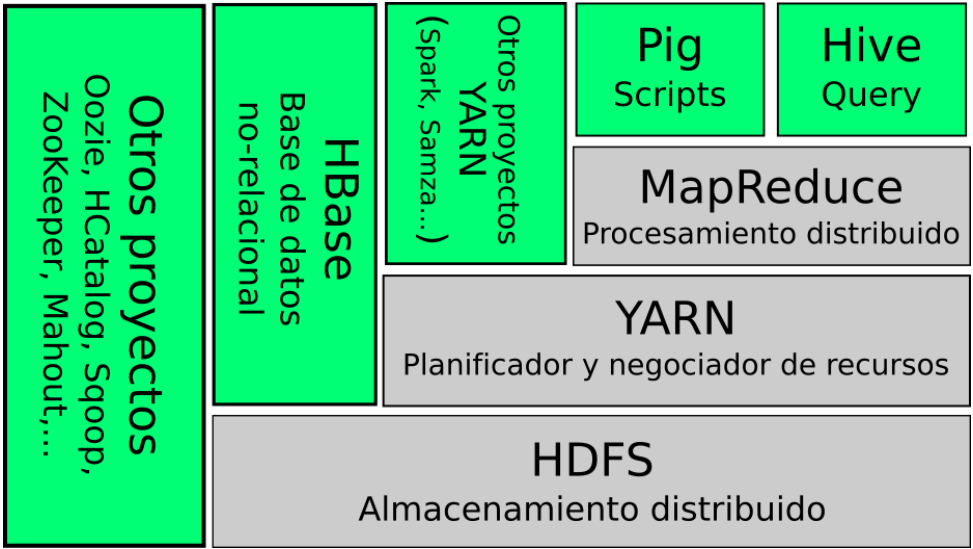
Tres partes

- Almacenamiento distribuido: HDFS
- Planificación de tareas y negociación de recursos: YARN
- Procesamiento distribuido: MapReduce

Ventajas

- Bajo coste: clusters baratos o cloud
- Facilidad de uso
- Tolerancia a fallos

Hadoop


Otros proyectos
Oozie, HCatalog, Sqoop,
ZooKeeper, Mahout,...
HBase
Base de datos
no-relacional
Otros proyectos
YARN
(Spark, Samza...)
Pig
Scripts
Hive
Query
MapReduce
Procesamiento distribuido
YARN
Planificador y negociador de recursos
HDFS
Almacenamiento distribuido

2. Instalación

Instalación

Instalación relativamente simple: aplicación Java

- Paquete fuente: hadoop.apache.org/releases.html
- Sistemas preconfigurados proporcionados por empresas como Cloudera/Hortonworks (www.cloudera.com/products/hdp.html)

Instalación

Instalación relativamente simple: aplicación Java

- Paquete fuente: hadoop.apache.org/releases.html
- Sistemas preconfigurados proporcionados por empresas como Cloudera/Hortonworks (www.cloudera.com/products/hdp.html)

Modos de funcionamiento:

- Standalone: todo en un nodo, para pruebas
- Pseudodistribuido: funciona como una instalación completa, pero en un solo nodo
- Totalmente distribuido

Ficheros de configuración

Principales ficheros de configuración:

- `core-site.xml`: parámetros de configuración general
- `hdfs-site.xml`: configuración del HDFS
- `yarn-site.xml`: configuración de YARN
- `mapred-site.xml`: configuración del MapReduce

Algunos parámetros generales

Fichero `core-site.xml`:

- `fs.defaultFS`: nombre del sistema de ficheros a usar (HDFS u otro), por defecto `file:///`
- `hadoop.tmp.dir`: directorio base para otros directorios temporales, valor por defecto `/tmp/hadoop-${user.name}`
- `hadoop.security.authentication`: indica el tipo de autenticación, puede ser `simple` (sin autenticación) o `kerberos`, por defecto `simple`
- `hadoop.security.authorization`: indica si está activada la autorización a nivel de servicio, por defecto `false`

3. Introducción a HDFS

HDFS: *Hadoop Distributed File System*

Hadoop puede acceder a diferentes tipos de filesystems (local, HDFS, KFS, S3, ...)

- Se recomienda HDFS: *Hadoop Distributed File System*

HDFS: *Hadoop Distributed File System*

Hadoop puede acceder a diferentes tipos de filesystems (local, HDFS, KFS, S3, ...)

- Se recomienda HDFS: *Hadoop Distributed File System*

HDFS: Ventajas

- Diseñado para almacenar ficheros muy grandes en *commodity hardware*
- Elevado ancho de banda
- Fiabilidad mediante replicación

HDFS: *Hadoop Distributed File System*

Hadoop puede acceder a diferentes tipos de filesystems (local, HDFS, KFS, S3, ...)

- Se recomienda HDFS: *Hadoop Distributed File System*

HDFS: Ventajas

- Diseñado para almacenar ficheros muy grandes en *commodity hardware*
- Elevado ancho de banda
- Fiabilidad mediante replicación

HDFS: Inconvenientes

- Elevada latencia
- Poco eficiente con muchos ficheros pequeños
- Modificaciones siempre al final de los ficheros
- No permite múltiples escritores (modelo *single-writer, multiple-readers*)

Conceptos de HDFS

Namenode

Mantiene la información (metadatos) de los ficheros y bloques que residen en el HDFS

Datanodes

Mantienen los bloques de datos

- No tienen idea sobre los ficheros

Conceptos de HDFS (cont.)

Bloques

Por defecto 128 MB, tamaño configurable por fichero

- bloques pequeños aumentan el paralelismo (un bloque por Map)
- bloques más grandes reducen la carga del NameNode

Replicados a través del cluster

- Por defecto, 3 réplicas (configurable por fichero)

Backup/Checkpoint node

Mantiene backups y checkpoints del NameNode

- debería ejecutarse en un sistema con características similares al NameNode

HDFS: propiedades configurables (I)

Múltiples propiedades configurables (fichero `hdfs-site.xml`)

- `dfs.namenode.name.dir`: lista (separada por comas) de directorios donde el NameNode guarda sus metadatos (una copia en cada directorio), por defecto `file://${hadoop.tmp.dir}/dfs/name`
- `dfs.datanode.data.dir`: lista (separada por comas) de directorios donde los datanodes guardan los bloques de datos (cada bloque en sólo uno de los directorios), por defecto `file://${hadoop.tmp.dir}/dfs/data`
- `dfs.namenode.backup.address`: dirección y puerto de Backup node (por defecto, `0.0.0.0:50100`)

HDFS: propiedades configurables (II)

- `dfs.blocksize`: tamaño de bloque para nuevos ficheros, por defecto 128MB
- `dfs.replication`: nº de réplicas por bloque, por defecto 3
- `dfs.replication.max`: máximo nº de réplicas permitido por bloque, por defecto 512
- `dfs.namenode.replication.min`: mínimo nº de réplicas permitido por bloque, por defecto 1

Interfaz con HDFS

Varias interfaces:

1. Interfaz en línea de comandos: comando `hdfs dfs`
2. Interfaz web
3. Interfaz Java
4. Interfaz Python

Interfaz con HDFS

Varias interfaces:

1. Interfaz en línea de comandos: comando `hdfs dfs`
2. Interfaz web
3. Interfaz Java
4. Interfaz Python

Interfaz en línea de comandos:

- Permite cargar, descargar y acceder a los ficheros HDFS desde línea de comandos
- Ayuda: `hdfs dfs -help`

Más información: hadoop.apache.org/docs/stable3/hadoop-project-dist/hadoop-hdfs/HDFSCommands.html, hadoop.apache.org/docs/stable3/hadoop-project-dist/hadoop-common/FileSystemShell.html

4. YARN y MapReduce

YARN: *Yet Another Resource Negociator*

Se encarga de la gestión de recursos y job-scheduling/monitorización usando tres demonios:

- *Resource manager* (RM): planificador general
- *Node managers* (NM): monitorización, uno por nodo
- *Application masters* (AM): gestión de aplicaciones, uno por aplicación

YARN: *Yet Another Resource Negociator*

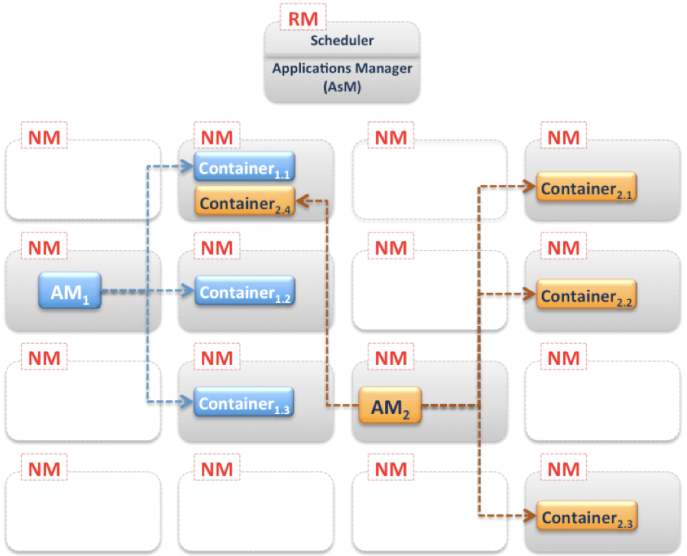
Se encarga de la gestión de recursos y job-scheduling/monitorización usando tres demonios:

- *Resource manager* (RM): planificador general
- *Node managers* (NM): monitorización, uno por nodo
- *Application masters* (AM): gestión de aplicaciones, uno por aplicación

Permite que diferentes tipos de aplicaciones (no sólo MapReduce) se ejecuten en el *cluster*

- Las aplicaciones se despliegan en contenedores (YARN JVMs)
- En Hadoop v3 se pueden usar contenedores Docker

Arquitectura YARN



Demonios YARN (I)

Resource manager

- Arbitra los recursos entre las aplicaciones en el sistema
- Demonio global, obtiene datos del estado del cluster de los node managers
- Dos componentes:
  - Scheduler: planifica aplicaciones en base a sus requerimientos de recusos
  - Applications Manager: acepta trabajos, negocia contenedores y gestiona fallos de los Application Masters

Node managers

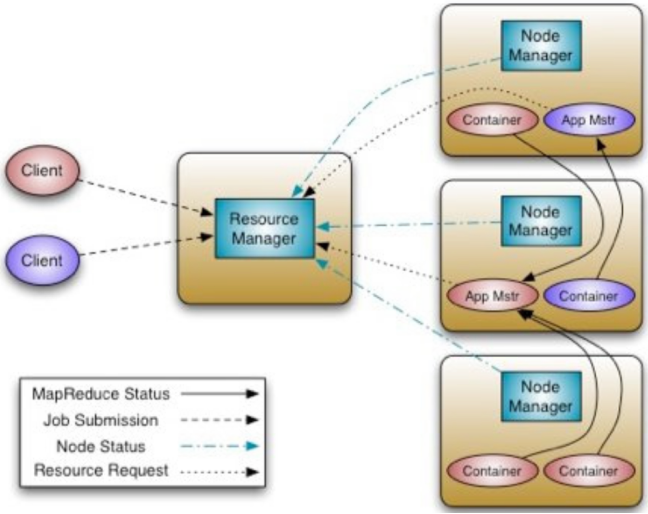
- Uno por nodo
- Monitorizan los recursos del cluster

Demonios YARN (II)

Application masters

- Uno por aplicación, se encarga de gestionar el ciclo de vida de la aplicación
- Solicita recursos (*contenedores*) al Resource manager y ejecuta la aplicación en esos contenedores
  - en una aplicación MapReduce en un contenedor se ejecutan tareas Map o Reduce
  - el AM se ejecuta en su propio contenedor
- Trabaja con los Node managers para ejecutar y monitorizar las tareas

Elementos de control YARN



Fuente: A. Murthy, V. Vavilapalli, "Apache Hadoop YARN", Addison-Wesley, marzo 2014.

YARN: propiedades configurables (I)

Múltiples propiedades configurables (fichero `yarn-site.xml`)

- `yarn.resourcemanager.hostname`: el *host* ejecutando el ResourceManager
- `yarn.scheduler.maximum-allocation-vcores`, `yarn.scheduler.minimum-allocation-vcores`: nº máximo y mínimo de cores virtuales (threads) que pueden ser concedidos a un contenedor
- `yarn.scheduler.maximum-allocation-mb`, `yarn.scheduler.minimum-allocation-mb`: memoria máxima y mínima que puede ser concedida a un contenedor (la memoria solicitada se redondea a un múltiplo del mínimo)

YARN: propiedades configurables (II)

- `yarn.nodemanager.aux-services`: lista de servicios auxiliares que deben implementar los NodeManagers (uno de ellos, el barajado MapReduce)
- `yarn.nodemanager.resource.memory-mb`: cantidad de memoria que puede reservarse para contenedores YARN en un nodo (si `-1` se determina automáticamente, si la detección está habilitada)

Comando `yarn`

Permite lanzar y gestionar trabajos en YARN:

- **`yarn jar`**: ejecuta un fichero jar
- **`yarn application`**: información sobre las aplicaciones ejecutándose en YARN
- **`yarn container`**: información sobre los contenedores
- **`yarn node`**: información sobre los nodos
- **`yarn top`**: información sobre el uso del cluster
- **`yarn rmadmin`**: comandos para la administración del cluster

Más información: hadoop.apache.org/docs/stable3/hadoop-yarn/hadoop-yarn-site/YarnCommands.html

Mapreduce en Hadoop

Hadoop incorpora una implementación de MapReduce

- Programable en Java
- Uso de otros lenguajes mediante sockets (C++) o Streaming (Python, Ruby, etc.)

Mapreduce en Hadoop

Múltiples propiedades configurables (fichero `mapred-site.xml`)

- `yarn.app.mapreduce.am.resource.cpu-vcores`: cores virtuales usados por el AM
- `yarn.app.mapreduce.am.resource.mb`: cantidad de memoria requerida para el AM
- `yarn.app.mapreduce.am.command-opts`: opciones Java para el AM
- `mapreduce.{map,reduce}.cpu.vcores`: cores solicitados al scheduler para cada tarea map/reduce
- `mapreduce.{map,reduce}.memory.mb`: memoria solicitada al scheduler para cada tarea map/reduce
- `mapreduce.{map,reduce}.java.opts`: opciones Java para los contenedores

Comando mapred

Permite gestionar trabajos MapReduce:

- `mapred job`: interactúa con trabajos MapReduce
- `mapred archive`: crea archivos .har (más información en la *Hadoop Archives Guide*)
- `mapred streaming`: Permite el uso de otros lenguajes de programación para programar tareas Map y Reduce (se verá después) *Hadoop Streaming*
- `mapred distcp`: copia recursiva entre clusters Hadoop (más información en la *Hadoop DistCp Guide*)

Más información: hadoop.apache.org/docs/stable3/hadoop-mapreduce-client/hadoop-mapreduce-client-core/MapredCommands.html

Parámetros de configuración de YARN y MapReduce

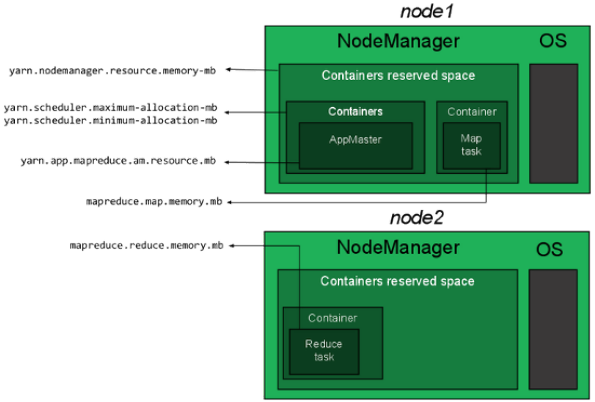
Necesitamos balancear el uso de RAM, cores y discos

- Ajustar los parámetros de Hadoop al hardware disponible

Los parámetros más sensibles son los referidos a la memoria

- `yarn.scheduler.maximum-allocation-mb`, `yarn.scheduler.minimum-allocation-mb`, `yarn.nodemanager.resource.memory-mb`
- `yarn.app.mapreduce.am.resource.mb`, `yarn.app.mapreduce.am.command-opts`, `mapreduce.map.memory.mb`, `mapreduce.reduce.memory.mb`, `mapreduce.map.java.opts`, `mapreduce.reduce.java.opts`

Memoria en YARN y MapReduce



Hadoop puede seleccionar el valor `yarn.nodemanager.resource.memory-mb` de forma automática.

Fuente: https://docs.deistercloud.com/Technology.50/Hadoop/Hadoop cluster.20.xml

Estimación de los valores

No existe una fórmula mágica para determinar los mejores valores

- Diferentes ajustes para diferentes cargas de trabajo
- Aproximaciones heurísticas como la presentada por Hortonworks
- Parte de:
  - Memoria disponible por nodo
  - Número de cores por nodo
  - Número de discos por nodo

Memoria disponible por nodo

Memoria total menos la reservada para el sistema

- La reservada será un porcentaje de la total
- Una aproximación es la de la tabla

Memoria total por nodo	Memoria para el sistema
< 8GB	1 GB
8GB - 16 GB	2 GB
24 GB	4 GB
48 GB	6 GB
64 GB - 72 GB	8 GB
96 GB	12 GB
128 GB	24 GB
> 128 GB	MemTotal/8

Número de contenedores por nodo

Función de la memoria disponible, nº de cores y nº de discos:

$$\begin{aligned} N\text{contenedores} = \min(&2 \times N\text{cores}, \\ &1.8 \times N\text{discos}, \\ &\text{RAMdisponible}/\text{TamañoMínimoContenedor}) \end{aligned}$$

Memoria por contenedor

La memoria mínima por contenedor va a depender:

- De la memoria total del nodo y la memoria disponible
- Del número de contenedores por nodo

Memoria total por nodo	Tamaño Mínimo por Contenedor
< 4GB	256 MB
4 GB - 8 GB	512 MB
8 GB - 24 GB	1024 MB
> 24 GB	2048 MB

RAMporcontenedor = max(TamañoMínimoContenedor, RAMdisponible/Ncontenedores)

Valores de los parámetros

Parámetro	Valor
yarn.nodemanager.resource.memory-mb	Ncontenedores × RAMporcontenedor
yarn.scheduler.minimum-allocation-mb	RAMporcontenedor
yarn.scheduler.maximum-allocation-mb	Ncontenedores × RAMporcontenedor
mapreduce.map.memory.mb	RAMporcontenedor
mapreduce.reduce.memory.mb	2 × RAMporcontenedor
mapreduce.map.java.opts	0.8 × RAMporcontenedor
mapreduce.reduce.java.opts	0.8 × 2 × RAMporcontenedor
yarn.app.mapreduce.am.resource.mb	2 × RAMporcontenedor
yarn.app.mapreduce.am.command-opts	0.8 × 2 × RAMporcontenedor

Ejemplo

Cada nodo del cluster tiene: 12 cores, 48 GB RAM y 12 discos

- RAMdisponible = 48 GB $-$ 6 GB = 42 GB
- TamañoMínimoContenedor = 2048 MB = 2 GB
- Ncontenedores = min(2$\times$12, 1.8$\times$12, 42/2) = 21
- RAMporcontenedor = max(2, 42/21) = 2 GB

Ejemplo: valores de los parámetros

Parámetro	Valor
yarn.nodemanager.resource.memory-mb	43008
yarn.scheduler.minimum-allocation-mb	2048
yarn.scheduler.maximum-allocation-mb	43008
mapreduce.map.memory.mb	2048
mapreduce.reduce.memory.mb	4096
mapreduce.map.java.opts	-Xmx1638m
mapreduce.reduce.java.opts	-Xmx3276m
yarn.app.mapreduce.am.resource.mb	4096
yarn.app.mapreduce.am.command-opts	-Xmx3276m

Memoria virtual/física

Propiedades en el `yarn-site.xml`:

- `yarn.nodemanager.{vmem,pmem}-check-enabled`: si *true*, se chequea el uso de la memoria virtual/física
- `yarn.nodemanager.vmem-pmem-ratio`: ratio memoria virtual/física que pueden usar los contenedores

El NodeManager puede chequear el uso de la memoria virtual/física del contenedor, matándolo si:

- Su memoria física excede "`mapreduce.{map,reduce}.memory.mb`"
- Su memoria virtual excede "`yarn.nodemanager.vmem-pmem-ratio`" veces el valor "`mapreduce.{map,reduce}.memory.mb`"

5. Ejemplo de programa MapReduce

Ejemplo MapReduce: WordCount

El programa WordCount es el ejemplo canónico de MapReduce

- Veremos una implementación muy simple

Ejemplo MapReduce: WordCount

El programa WordCount es el ejemplo canónico de MapReduce

- Veremos una implementación muy simple

Definimos tres clases Java

- Una clase para la operación Map (`WordCountMapper`)
- Una clase para la operación Reduce (`WordCountReducer`)
- Una clase de control, para inicializar y lanzar el trabajo MapReduce (`WordCountDriver`)

Mapper

```
public class WordCountMapper
  extends Mapper<LongWritable, Text, Text, IntWritable> {
  @Override
  public void map(LongWritable key, Text value, Context ctxt)
         throws IOException, InterruptedException {
      Matcher matcher = pat.matcher(value.toString());
      while (matcher.find()) {
          word.set(matcher.group().toLowerCase());
          ctxt.write(word, one);
      }
  }
  private Text word = new Text();
  private final static IntWritable one = new IntWritable(1);
  private Pattern pat =
          Pattern.compile("\\b[a-zA-Z\\u00C0-\\uFFFF]+\\b");
}
```

Reducer

```
public class WordCountReducer
  extends Reducer<Text, IntWritable, Text, IntWritable> {
  @Override
  public void reduce(Text key, Iterable<IntWritable> values,
     Context ctxt) throws IOException, InterruptedException {
      int sum = 0;
      for (IntWritable value : values) {
          sum += value.get();
      }
      ctxt.write(key, new IntWritable(sum));
  }
}
```

Driver (I)

```
public class WordCountDriver
       extends Configured implements Tool {
  public int run(String[] arg0) throws Exception {
    if (arg0.length != 2) {
      System.err.printf("Usar: %s [ops] <entrada> <salida>\n",
            getClass().getSimpleName());
      ToolRunner.printGenericCommandUsage(System.err);
      return -1;
    }
    Configuration conf = getConf();
    Job job = Job.getInstance(conf);
    job.setJobName("Word Count");
    job.setJarByClass(getClass());
    FileInputFormat.addInputPath(job, new Path(arg0[0]));
    FileOutputFormat.setOutputPath(job, new Path(arg0[1]));
```

Driver (II)

```
    job.setOutputKeyClass(Text.class);
    job.setOutputValueClass(IntWritable.class);

    job.setNumReduceTasks(1);

    job.setMapperClass(WordCountMapper.class);
    job.setCombinerClass(WordCountReducer.class);
    job.setReducerClass(WordCountReducer.class);

    return (job.waitForCompletion(true) ? 0 : -1);
  }
  public static void main(String[] args) throws Exception {
   int exitCode = ToolRunner.run(new WordCountDriver(), args);
   System.exit(exitCode);
  }
}
```

Compilación y ejecución

Aspectos a tener en cuenta:

1. La nueva API (desde 0.20.0) se encuentra en `org.apache.hadoop.mapreduce` (la antigua en `org.apache.hadoop.mapred`)
2. Preferiblemente, crear un jar y ejecutarlo con:

```
yarn jar fichero.jar [opciones]
```

   - Para gestionar las aplicaciones, utilizad:
     - en general, la opción `application` del comando `yarn` (`yarn application -help` para ver las opciones)
     - para trabajos MapReduce, la opción `job` del comando `mapred` (`mapred job -help` para ver las opciones)
   - Más información en
     - hadoop.apache.org/docs/stable3/hadoop-yarn/hadoop-yarn-site/YarnCommands.html
     - hadoop.apache.org/docs/stable3/hadoop-mapreduce-client/hadoop-mapreduce-client-core/MapredCommands.html

Alternativas a Java

Hadoop Streaming

- API que permite crear códigos map-reduce en otros lenguajes
- Utiliza streams Unix como interfaz entre Hadoop y el código
- Permite usar cualquier lenguaje que pueda leer de la entrada estándar y escribir en la salida estándar (Python, Ruby, etc.)

Alternativas a Java

Hadoop Streaming

- API que permite crear códigos map-reduce en otros lenguajes
- Utiliza streams Unix como interfaz entre Hadoop y el código
- Permite usar cualquier lenguaje que pueda leer de la entrada estándar y escribir en la salida estándar (Python, Ruby, etc.)

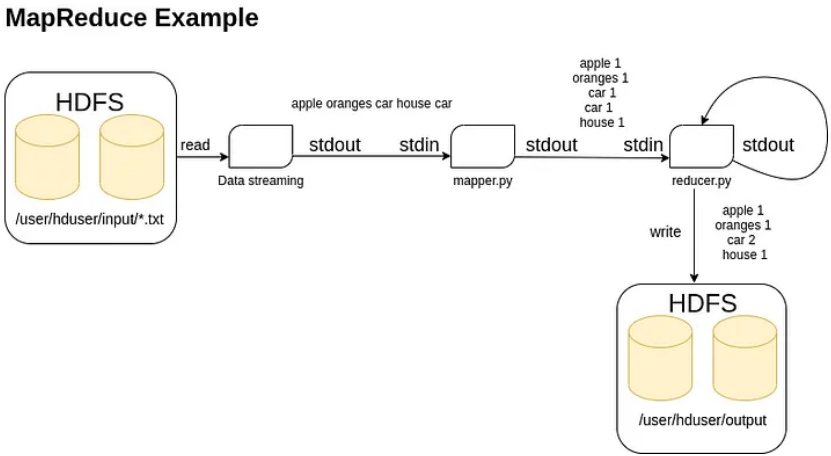
Hadoop Pipes

- Interfaz C++ a Hadoop MapReduce
- Usa sockets como canal de comunicación entre el NodeManager y el proceso C++ que ejecuta el map o el reduce

MapReduce en Python

- Como se ha visto, Hadoop ofrece alternativas para programar en otros lenguajes de programación
- Utilizaremos dos alternativas:
  1. Hadoop Streaming directamente
  2. Librerías, como MrJob, que también usan el interfaz de Streaming, pero ofrecen más abstracciones y permiten por ejemplo lanzar trabajos en otras arquitecturas (EMR, Spark, etc.)

MapReduce en Python (cont.)



(fuente: `https://rancavil.medium.com/mapreduce-example-with-python-b435a9858718`)

MapReduce en Python: Hadoop Streaming – Mapper

El programa en Mapper Python correspondiente al programa visto en Java es el siguiente, para WordCount:

```
#!/usr/bin/env python3
import sys

for line in sys.stdin:    # Input is read from STDIN
    line = line.strip()   # remove leading and trailing whitespace
    words = line.split()  # split the line into words

    for word in words:
        # Output is written to STDOUT, key, 1, separated by a tab (\t)
        print ('%s\t%s' % (word, 1))
```

- Nótese que:
  - Es un programa completo en Python (se puede ejecutar directamente para probar)
  - Recibe el fichero de entrada por la entrada estándar
  - Si recibe un conjunto de pares clave-valor normalmente están separados por tabulador ('\t') (en este caso se procesa la línea completamente)
  - La salida se produce a STDOUT, y de forma estándar separa con tabulador

MapReduce en Python: Hadoop Streaming – Reducer

El programa en Reducer Python correspondiente al programa visto en Java es el siguiente, para WordCount:

```
import sys

current_word = None
current_count = 0
word = None

for line in sys.stdin:    # input comes from STDIN
    line = line.strip()    # remove leading and trailing whitespace

    word, count = line.split('\t', 1)    # split the input from mapper by a tab

    try:
        count = int(count)     # convert count from string to int
    except ValueError:
        continue        # Upon error, discard the line
```

MapReduce en Python: Hadoop Streaming – Reducer (cont.)

```
    # comparing the current word with the previous word
    # (since they are ordered by key (word))
    if current_word == word:
        current_count += count
    else:
        if current_word:
            # write result to STDOUT
            print ('%s\t%s' % (current_word, current_count))
        current_count = count
        current_word = word

if current_word:    # do not forget to output the last word if needed!
    print ('%s\t%s' % (current_word, current_count))
```

MapReduce en Python: Hadoop Streaming – Reducer (cont.)

- Nótese que:
  - Es un programa completo en Python (se puede ejecutar directamente para probar)
  - Recibe los datos de entrada por la entrada estándar
  - Recibe las salidas de los distintos mapper, en este caso, pares clave-valor separadas por tabulador:

    ```
    aaa\t1
    aaa\t1
    bbb\t1
    ccc\t1
    ```

  - **OJO**: La fase de *Shuffle&Sort* efectivamente ordena las claves
  - El programa tiene que ir comparando cada clave con la clave de la línea anterior para ir reconstruyendo la cuenta, ya que recibe todos los pares en orden
  - La salida se produce a STDOUT, y de forma estándar separa con tabulador

MapReduce en Python: Hadoop Streaming – Reducer (cont.)

Ejecución:

```
mapred streaming -file wordcound-mapper.py -mapper wordcount-mapper.py \
  -file wordcount-reducer.py \
  -reducer wordcount-reducer.py \
  -input <FICHERO EN HDFS (puede haber varios input)> \
  -output <DIRECTORIO EN HDFS>
```

- Los parámetros **`-file`** especifican los ficheros a enviar a cada uno de los contenedores de computación (se incluye el fichero mapper y reducer y los ficheros de código o datos que se necesiten)
- Se especifica el mapper y el reducen con sus correspondientes parámetros
- Puede haber varios input
- Se puede usar un único parámetro **`-files`** con los ficheros separados por comas

MapReduce en Python: MrJob

- MrJob es una biblioteca que permite escribir programas MapReduce en Python
- Permite ejecutar los programas en Hadoop, EMR, etc.
- En el caso de WordCount, el código sería:

```
from mrjob.job import MRJob

class MRWordFrequencyCount(MRJob):

    def mapper(self, _, line):
        line = line.strip()
        for word in line.split():
            yield word, 1

    def reducer(self, key, values):
        yield key, sum(values)

if __name__ == '__main__':
    MRWordFrequencyCount.run()
```

MapReduce en Python: MrJob (cont.)

- El programa hereda de la clase **`MRJob`**
- Incluye una función **`mapper`** y una función **`reducer`**, que son generadores
- Devuelven pares clave-valor a través de la construcción **`yield`**
  - **`yield`** devuelve un valor a la función que lo pide (normalmente un bucle **`for`** o una *comprehension*), y queda suspendida hasta que se le vuelva a pedir un nuevo valor
- La infraestructura de MrJob se encarga de leer los datos de entrada y de imprimir los resultados
- En las prácticas 2 y 3 veremos los distintos parámetros que pueden aceptar los trabajos de MrJob

MapReduce en Python: MrJob (cont.)

- Para ejecutar el programa, se puede hacer en local:

```
python3 wordcount.py <fichero>
```

  Esto permite comprobar localmente si la salida es correcta

- En el caso de querer ejecutarlo en Hadoop, se tiene que utilizar la opción **`-r hadoop`**:

```
python3 wordcount.py -r hadoop hdfs:///ruta/al/fichero
```

6. Filesystems en Hadoop

Filesystems en Hadoop

Hadoop tiene una noción abstracta de los filesystems

- HDFS es un caso particular de filesystem

Algunos filesystems soportados:

FS	URI	Descripción
`Local`	*file*	Disco local
`HDFS`	*hdfs*	Sistema HDFS
`HFTP`	*hftp*	RO acceso a HDFS sobre HTTP
`HSFTP`	*hsftp*	RO acceso a HDFS sobre HTTPS
`WebHDFS`	*webhdfs*	RW acceso a HDFS sobre HTTP
`S3` (nativo)	*s3n*	Acceso a S3 nativo
`S3` (block)	*s3*	Acceso a S3 en bloques

Ejemplo:

- `hadoop fs -ls file:///home/pepe`

Para usar con HDFS se recomienda el comando `hdfs dfs`:

- `hdfs dfs -help`

Interactuar con HDFS

Tres modos principales:

1. Usando línea de comandos: comando `hdfs dfs`
   - Permite cargar, descargar y acceder a los ficheros desde línea de comandos
   - Vale para todos los filesystems soportados
2. Usando el interfaz web
3. Programáticamente: API Java/Python
4. Mediante otras interfaces: WebHDFS, HFTP, HDFS NFS Gateway

7. Interfaz en línea de comandos

Interfaz en línea de comandos (I)

Algunos comandos de manejo de ficheros

Comando	Significado
`hdfs dfs -ls <path>`	Lista ficheros
`hdfs dfs -ls -R <path>`	Lista recursivamente
`hdfs dfs -cp <src> <dst>`	Copia ficheros HDFS a HDFS
`hdfs dfs -mv <src> <dst>`	Mueve ficheros HDFS a HDFS
`hdfs dfs -rm <path>`	Borra ficheros en HDFS
`hdfs dfs -rm -r <path>`	Borra recursivamente
`hdfs dfs -cat <path>`	Muestra fichero en HDFS
`hdfs dfs -tail <path>`	Muestra el final del fichero
`hdfs dfs -stat <path>`	Muestra estadísticas del fichero
`hdfs dfs -mkdir <path>`	Crea directorio en HDFS
`hdfs dfs -chmod ...`	Cambia permisos de fichero
`hdfs dfs -chown ...`	Cambia propietario/grupo de fichero
`hdfs dfs -du <path>`	Espacio en bytes ocupado por ficheros
`hdfs dfs -du -s <path>`	Espacio ocupado acumulado
`hdfs dfs -count <paths>`	Cuenta nº dirs/ficheros/bytes

Interfaz en línea de comandos (II)

Movimiento de ficheros del sistema local al HDFS:

Comando	Significado
`hdfs dfs -put <local> <dst>`	Copia de local a HDFS
`hdfs dfs -copyFromLocal ...`	Igual que -put
`hdfs dfs -moveFromLocal ...`	Mueve de local a HDFS
`hdfs dfs -get <src> <loc>`	Copia de HDFS a local
`hdfs dfs -copyToLocal ...`	Copia de HDFS a local
`hdfs dfs -getmerge ...`	Copia y concatena de HDFS a local
`hdfs dfs -text <path>`	Muestra el fichero en texto

Interfaz en línea de comandos (III)

Otros comandos:

Comando	**Significado**
`hdfs dfs -setrep <path>`	Cambia el nivel de replicación
`hdfs dfs -test -[defsz] <path>`	Tests sobre el fichero
`hdfs dfs -touchz <path>`	Crea fichero vacío
`hdfs dfs -expunge`	Vacía la papelera
`hdfs dfs -usage [cmd]`	Ayuda uso de comandos

Más información: http://hadoop.apache.org/docs/stable/hadoop-project-dist/hadoop-common/FileSystemShell.html

8. Interfaz Java

Interfaz Java

API que permite interactuar con los filesystems soportados por Hadoop

- Utiliza la clase abstracta `org.apache.hadoop.fs.FileSystem`

Otras clases de interés en `org.apache.hadoop.fs` y `org.apache.hadoop.io`

- `Path`: representa a un fichero en un FileSystem
- `FileStatus`: información del fichero
- `FSDataInputStream`: stream de entrada de datos para un fichero, con acceso aleatorio
- `FSDataOutputStream`: stream de salida de datos para un fichero
- `IOUtils`: Funcionalidades para I/O

Ejemplo: lectura de un fichero en HDFS

```
public class FileSystemCat {
    public static void main(String[] args) throws Exception {
        String uri = args[0];
        // Configuracion por defecto
        Configuration conf = new Configuration();
        // Objeto para acceder al filesystem HDFS
        FileSystem fs = FileSystem.get(URI.create(uri), conf);
        // InputStream
        FSDataInputStream in = null;
        try {
            // Abre el FSDataInputStream con el PATH indicado
            in = fs.open(new Path(uri));
            // Copia con un buffer de 4096 bytes
            // No cierra los buffers al terminar (false)
            IOUtils.copyBytes(in, System.out, 4096, false);
        } finally {
            IOUtils.closeStream(in);
        }}}
```

Ejecución del código anterior

Definir correctamente la variable HADOOP_CLASSPATH y usar el comando **hdfs** para lanzar el fichero **class**

```
$ export HADOOP_CLASSPATH="."
$ hdfs mipaquete.FileSystemCat fichero_en_HDFS
```

También es posible obtener el fichero jar y ejecutarlo con **hadoop jar** (no es una aplicación YARN)

FSDataInputStream

Interfaces implementadas por `FSDataInputStream`:

1. `Seekable`: permite movernos a una posición en el fichero (método `seek`)
2. `PositionedReadable`: permite copiar a un buffer partes de un fichero

Escritura de ficheros

Dos métodos de `FileSystem` para abrir los ficheros para escritura:

1. `create`: crea un fichero para escritura (crea los directorios padre, si es preciso)
2. `append`: abre un fichero para añadir datos

Ambos métodos devuelven un `FSDataOutputStream`

- `FSDataOutputStream` no permite seek (solo escritura al final del fichero)
- El método `hflush()` garantiza coherencia, los datos son visibles para nuevos lectores
- El método `hsync()` garantiza que los datos se mandan a disco (pero pueden estar en la caché del disco)

Otras operaciones con ficheros y directorios

Crear un directorio:

- Método `mkdirs` de `FileSystem`

Información sobre ficheros y directorios:

- Métodos `getFileStatus` y `listStatus` de `FileSystem`
- Clase `FileStatus`

Patrones de nombres de ficheros (*globbing*)

- Método `globStatus` de `FileSystem`
- Interfaz `PathFilter`, para filtrar con expresiones regulares

Borrar ficheros o directorios, de forma recursiva o no:

- Método `delete` de `FileSystem`

9. Interfaz Python

Interfaz Python

- El interfaz Python depende de la librería usada
- Existen varias, pero la más reciente y utilizada es `pyarrow`
- Esta librería tiene una abstracción que permite tratar de la misma forma varios tipos de sistemas de ficheros (cloud, local, HDFS, etc.)
- El interfaz es parecido al que hemos visto para Java, y veremos algunos ejemplos
- **OJO**: `pyarrow` necesita encontrar todas las librerías de HDFS, por lo que hay que establecer primero:

```
export CLASSPATH=‘hdfs classpath --glob‘
```

Acceder a un sistema de ficheros HDFS

`pyarrow` tiene el tipo específico `pyarrow.fs.HadoopFileSystem`:

```
from pyarrow import fs
from pyarrow.fs import HadoopFileSystem

hdfs = HadoopFileSystem("hdfs://namenode", port=9000, user='luser')
```

Acceder a un sistema de ficheros HDFS (cont.)

Los métodos son los heredados de la clase abstracta `pyarrow.fs.FileSystem`. Aquí los métodos para tratar con los metadatos, creación, información y borrado de ficheros y directorios:

- `copy_file(self, src, dest)` – Copy a file.
- `create_dir(self, path, *, bool recursive=True)` – Create a directory and subdirectories.
- `delete_dir(self, path)` – Delete a directory and its contents, recursively.
- `delete_dir_contents(self, path, *, ...)` – Delete a directory's contents, recursively.
- `delete_file(self, path)` – Delete a file.
- `equals(self, FileSystem other)`
- `from_uri(uri)` – Instantiate `HadoopFileSystem` object from an URI string.
- `get_file_info(self, paths_or_selector)` – Get info for the given files.
- `move(self, src, dest)` – Move / rename a file or directory.
- `normalize_path(self, path)` – Normalize filesystem path.

Acceder a un sistema de ficheros HDFS (cont.)

- Para listar el contenido de un directorio, hay que hacer uso de la clase `pyarrow.fs.FileSelector`. En ella se especifica un *path* padre y si se quiere entrar recursivamente en subdirectorios
- El listado serán elementos `pyarrow.fs.FileInfo`:

```
from pyarrow.fs import FileSelector

file_selector = FileSelector('patentes-mini')
for file_info in hdfs.get_file_info(file_selector, recursive=False):
    print(file_info)
```

Y la salida:

```
<FileInfo for 'patentes-mini/apat63_99.txt': type=FileType.File, size=1570472>
<FileInfo for 'patentes-mini/cite75_99.txt': type=FileType.File, size=132243>
<FileInfo for 'patentes-mini/country_codes.txt': type=FileType.File, size=3637>
```

Acceder a un sistema de ficheros HDFS (cont.)

Operaciones para *streams* de ficheros. Los *streams* se tratan como la abstracción `file` de Python:

- `open_append_stream(self, path[, ...])` – Open an output stream for appending.
- `open_input_file(self, path)` – Open an input file for random access reading.
- `open_input_stream(self, path[, compression, ...])` – Open an input stream for sequential reading.
- `open_output_stream(self, path[, ...])` – Open an output stream for sequential writing.

Acceder a un sistema de ficheros HDFS (cont.)

- Creación de un fichero y escritura **secuencial**:

```
with hdfs.open_output_stream('fichero') as stream:
    stream.write(b'data')
```

- Apertura para lectura secuencial:

```
import sys
import shutil

with hdfs.open_input_stream('fichero') as stream:
    data: binary = stream.read(4096)
```

- Apertura para escritura al final (*append*):

```
with hdfs.open_append_stream('fichero') as stream:
   stream.write(b'data')
```