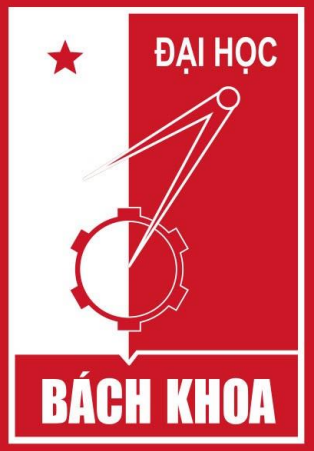


ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

Chương 3

Hệ thống tập tin phân tán Hadoop HDFS

Tổng quan về HDFS

- HDFS cung cấp khả năng lưu trữ tin cậy và chi phí hợp lý cho khối lượng dữ liệu lớn
- Tối ưu cho các tập tin kích thước lớn (từ vài trăm MB tới vài TB)
- HDFS có không gian cây thư mục phân cấp như UNIX (vd., /hust/soict/hello.txt)
  - Hỗ trợ cơ chế phân quyền và kiểm soát người dùng như của UNIX
- Khác biệt so với hệ thống tập tin trên UNIX
  - Chỉ hỗ trợ thao tác ghi thêm dữ liệu vào cuối tệp (APPEND)
  - Ghi một lần và đọc nhiều lần

Nguyên lý thiết kế cốt lõi của HDFS

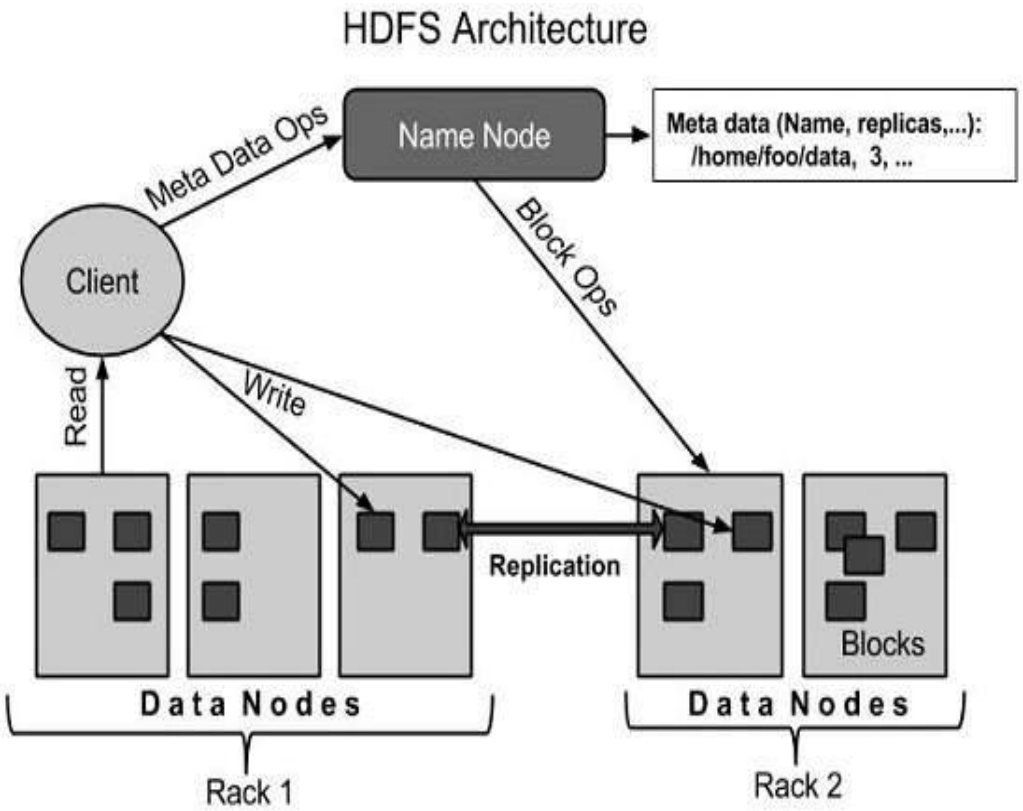
- I/O pattern
  - Chỉ ghi thêm (Append)→ giảm chi phí điều khiển tương tranh
- Phân tán dữ liệu
  - Tệp được chia thành các chunks lớn (64 MB)

  → Giảm kích thước metadata

  → Giảm chi phí truyền dữ liệu
- Nhân bản dữ liệu
  - Mỗi chunk thông thường được sao làm 3 nhân bản
- Cơ chế chịu lỗi
  - Data node: sử dụng cơ chế tái nhân bản
  - Name node
    - Sử dụng Secondary Name Node
    - SNN hỏi data nodes khi khởi động thay vì phải thực hiện cơ chế đồng bộ phức tạp với primary NN

Kiến trúc của HDFS

- Kiến trúc Master/Slave
- HDFS master: name node
  - Quản lý không gian tên và siêu dữ liệu ánh xạ tệp tin tới vị trí các chunks
  - Giám sát các data node
- HDFS slave: data node
  - Trực tiếp thao tác I/O các chunks



Vai trò của Name node

- Quản lý không gian tên, siêu dữ liệu của hệ thống tệp tin
  - Danh sách các tệp tin
  - Thuộc tính của tệp tin. Ví dụ: ngày tạo, hệ số nhân bản
  - Ánh xạ từ tên tệp tới tập hợp các chunks
  - Ánh xạ từ chunk tới Data nodes lưu trữ chunk đó
- Thông thường, các siêu dữ liệu (metadata) được lưu trữ ở bộ nhớ trong
  - Kích thước nhỏ, truy xuất nhanh chóng
- Quản lý và lưu trữ nhật ký các thao tác (transaction log)
  - Tạo, xoá tệp tin
- Quản lý cấu hình cụm máy chủ
- Thực hiện cơ chế nhân bản, tái nhân bản cho các chunk

Vai trò của Data node

- Mỗi Data node là một máy chủ lưu trữ
  - Lưu dữ liệu trên hệ thống tệp tin cục bộ của máy chủ (vd, ext3)
  - Lưu các siêu dữ liệu gắn với các chunk (vd, CRC)
  - Phục vụ dữ liệu và siêu dữ liệu cho các clients
- Gửi báo các lưu trữ (Block Report)
  - Định kỳ gửi báo cáo tất cả các chunk đang lưu trữ cho Name node
- Cung cấp khả năng trung chuyển dữ liệu dạng đường ống (pipelining)
  - Chuyển tiếp dữ liệu tới các Data node phù hợp khác
- Gửi nhịp đập (heartbeat)
  - Data node định kỳ gửi heartbeat tới Name node
    - 3s một lần
  - Name node sử dụng heartbeat để phát hiện sự bất thường trên Data node

Nhân bản dữ liệu

- Chiến lược đặt chỗ
  - Chiến lược phổ thông
    - Một nhân bản trên máy chủ đích
    - Nhân bản thứ 2 khác tủ rack
    - Nhân bản thứ 3 cùng tủ rack
    - Các nhân bản khác có thể được đặt tại vị trí ngẫu nhiên
  - Client đọc từ nhân bản gần nó nhất
- Khi Name node phát hiện Data node có vấn đề không truy xuất được
  - Chọn Data node mới để nhân bản
    - Cân bằng không gian lưu trữ
    - Cân bằng số lượng kết nối tới các Data node

Tái nhân bản dữ liệu

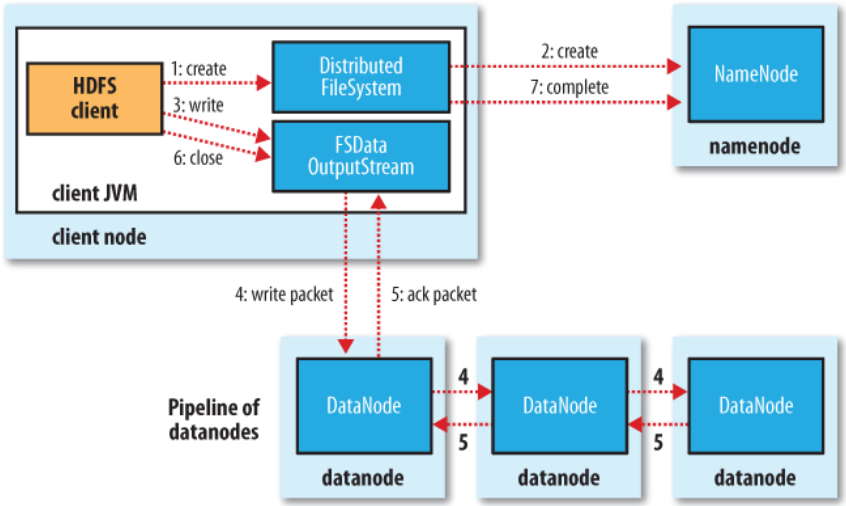
- Mục tiêu: tỉ lệ % lấp đầy ổ cứng ở các Data node nên đồng đều
  - Thường được thực hiện khi có một node mới tham gia vào cụm
  - Trong quá trình tái nhân bản, cụm vẫn hoạt động bình thường
  - Quá trình tái nhân bản có thể được điều chỉnh để tránh tắc nghẽn mạng
  - Có thể sử dụng công cụ dòng lệnh để kích hoạt tái nhân bản

Đảm bảo tính đúng đắn của dữ liệu

- Sử dụng checksum để xác nhận dữ liệu
  - CRC 32
- Tại thời điểm khởi tạo
  - Client tính toán checksum cho mỗi 512 bytes
  - Data node sẽ lưu lại các checksum này
- Tại thời điểm truy cập
  - Client nhận về dữ liệu và checksum từ data node
  - Nếu quá trình xác nhận dữ liệu không đạt, client sẽ thử lấy dữ liệu từ các nhân bản khác

Data pipelining

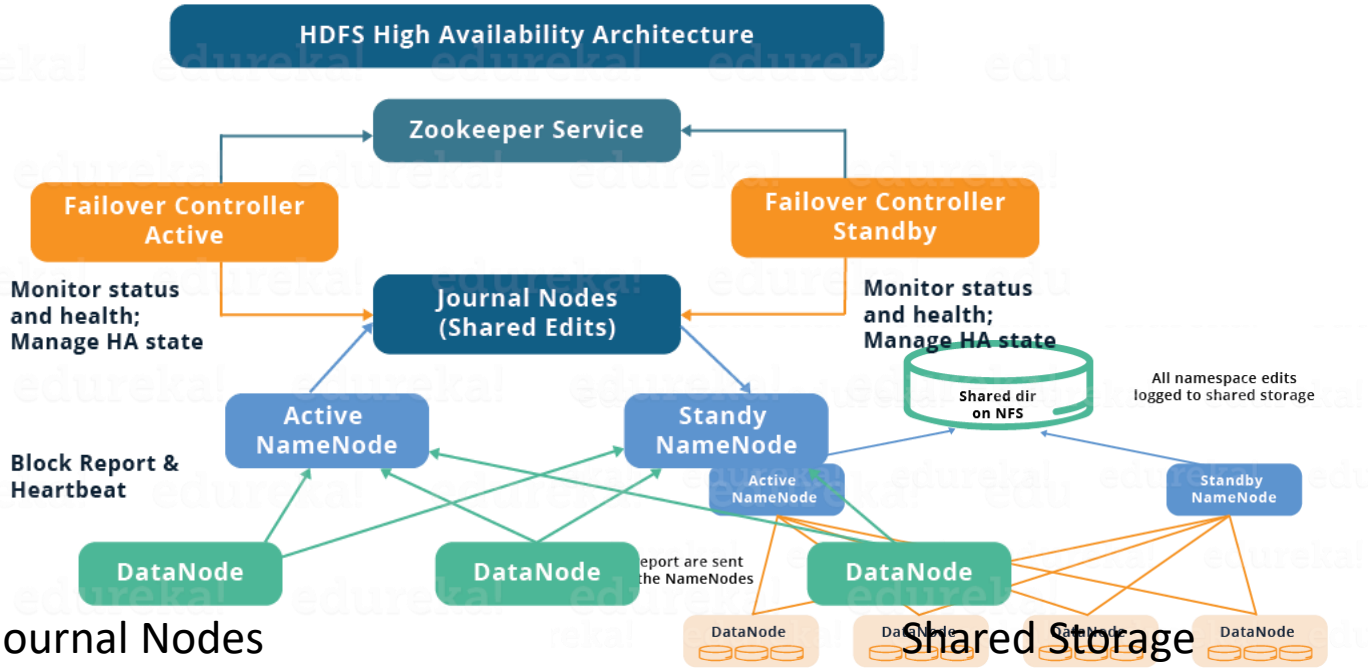
- Client retrieves a list of Datanodes on which to place replicas of a block
- Client writes block to the first Datanode
- The first Datanode forwards the data to the next node in the Pipeline
- When all replicas are written, the Client moves on to write the next block in file



Secondary Name node

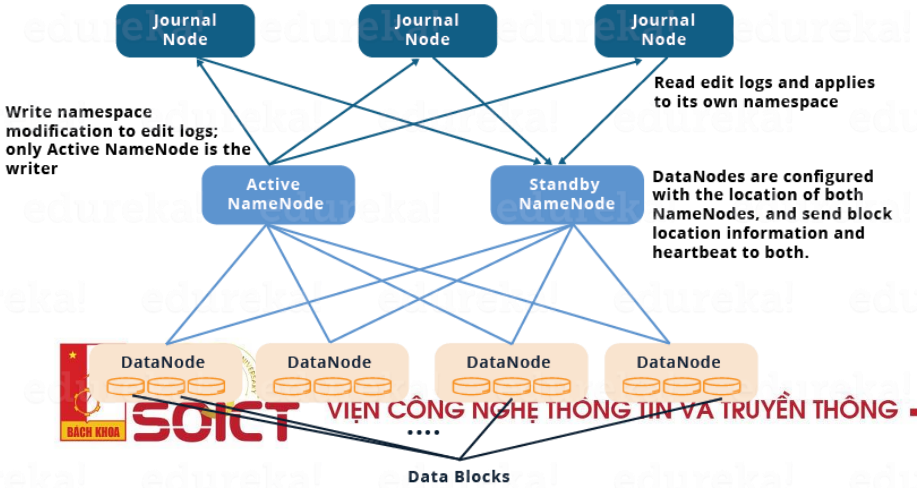
- Namenode is a single point of failure
- Secondary Namenode
  - Checkpointing latest copy of the FsImage and the Transaction Log files.
    - Copies FsImage and Transaction Log from Namenode to a temporary directory
- When Namenode restarted
  - Merges FSImage and Transaction Log into a new FSImage in temporary directory
  - Uploads new FSImage to the Namenode
    - Transaction Log on Namenode is purged

Namenode high availability (HA)



Quorum Journal Nodes

Shared Storage



HDFS command-line interface

List Files	
hdfs dfs -ls /	List all the files/directories for the given hdfs destination path.
hdfs dfs -ls -d /hadoop	Directories are listed as plain files. In this case, this command will list the details of hadoop folder.
hdfs dfs -ls -h /data	Format file sizes in a human-readable fashion (eg 64.0m instead of 67108864).
hdfs dfs -ls -R /hadoop	Recursively list all files in hadoop directory and all subdirectories in hadoop directory.
hdfs dfs -ls /hadoop/dat*	List all the files matching the pattern. In this case, it will list all the files inside hadoop directory which starts with 'dat'.

Read/Write Files	
hdfs dfs -text /hadoop/derby.log	HDFS Command that takes a source file and outputs the file in text format on the terminal. The allowed formats are zip and TextRecordInputStream.
hdfs dfs -cat /hadoop/test	This command will display the content of the HDFS file test on your stdout .
hdfs dfs -appendToFile /home/ubuntu/test1 /hadoop/text2	Appends the content of a local file test1 to a hdfs file test2.

Upload, download files

Upload/Download Files	
hdfs dfs -put /home/ubuntu/sample /hadoop	Copies the file from local file system to HDFS.
hdfs dfs -put -f /home/ubuntu/sample /hadoop	Copies the file from local file system to HDFS, and in case the local already exits in the given destination path, using -f option with put command will overwrite it.
hdfs dfs -put -l /home/ubuntu/sample /hadoop	Copies the file from local file system to HDFS. Allow DataNode to lazily persist the file to disk. Forces replication factor of 1.
hdfs dfs -put -p /home/ubuntu/sample /hadoop	Copies the file from local file system to HDFS. Passing -p preserves access and modification times, ownership and the mode.
hdfs dfs -get /newfile /home/ubuntu/	Copies the file from HDFS to local file system.
hdfs dfs -get -p /newfile /home/ubuntu/	Copies the file from HDFS to local file system. Passing -p preserves access and modification times, ownership and the mode.
hdfs dfs -get /hadoop/*.txt /home/ubuntu/	Copies all the files matching the pattern from local file system to HDFS.
hdfs dfs -copyFromLocal /home/ubuntu/sample /hadoop	Works similarly to the put command, except that the source is restricted to a local file reference.
hdfs dfs -copyToLocal /newfile /home/ubuntu/	Works similarly to the put command, except that the destination is restricted to a local file reference.
hdfs dfs -moveFromLocal /home/ubuntu/sample /hadoop	Works similarly to the put command, except that the source is deleted after it's copied.

File management

File Management	
hdfs dfs -cp /hadoop/file1 /hadoop1	Copies file from source to destination on HDFS. In this case, copying file1 from hadoop directory to hadoop1 directory.
hdfs dfs -cp -p /hadoop/file1 /hadoop1	Copies file from source to destination on HDFS. Passing -p preserves access and modification times, ownership and the mode.
hdfs dfs -cp -f /hadoop/file1 /hadoop1	Copies file from source to destination on HDFS. Passing -f overwrites the destination if it already exists.
hdfs dfs -mv /hadoop/file1 /hadoop1	Move files that match the specified file pattern <src> to a destination <dst>. When moving multiple files, the destination must be a directory.
hdfs dfs -rm /hadoop/file1	Deletes the file (sends it to the trash).
hdfs dfs -rm -r /hadoop hdfs dfs -rm -R /hadoop hdfs dfs -rmr /hadoop	Deletes the directory and any content under it recursively.
hdfs dfs -rm -skipTrash /hadoop	The -skipTrash option will bypass trash, if enabled, and delete the specified file(s) immediately.
hdfs dfs -rm -f /hadoop	If the file does not exist, do not display a diagnostic message or modify the exit status to reflect an error.
hdfs dfs -rmdir /hadoop1	Delete a directory.
hdfs dfs -mkdir /hadoop2	Create a directory in specified HDFS location.
hdfs dfs -mkdir -f /hadoop2	Create a directory in specified HDFS location. This command does not fail even if the directory already exists.
hdfs dfs -touchz /hadoop3	Creates a file of zero length at <path> with current time as the timestamp of that <path>.

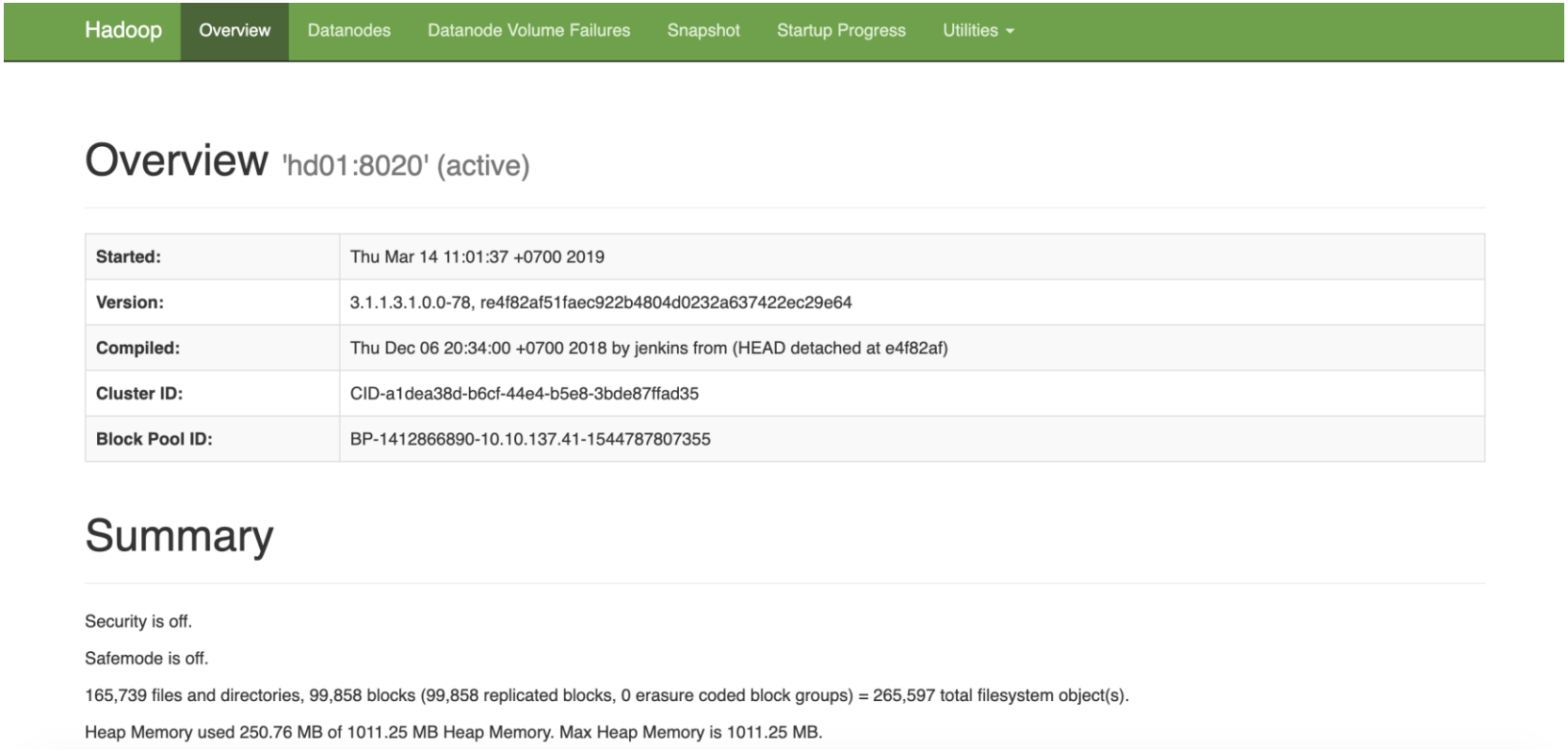
Ownership and validation

Ownership and Validation	
hdfs dfs -checksum /hadoop/file1	Dump checksum information for files that match the file pattern <src> to stdout.
hdfs dfs -chmod 755 /hadoop/file1	Changes permissions of the file.
hdfs dfs -chmod -R 755 /hadoop	Changes permissions of the files recursively.
hdfs dfs -chown ubuntu:ubuntu /hadoop	Changes owner of the file. 1st ubuntu in the command is owner and 2nd one is group.
hdfs dfs -chown -R ubuntu:ubuntu /hadoop	Changes owner of the files recursively.
hdfs dfs -chgrp ubuntu /hadoop	Changes group association of the file.
hdfs dfs -chgrp -R ubuntu /hadoop	Changes group association of the files recursively.
Filesystem	
hdfs dfs -df /hadoop	Shows the capacity, free and used space of the filesystem.
hdfs dfs -df -h /hadoop	Shows the capacity, free and used space of the filesystem. -h parameter Formats the sizes of files in a human-readable fashion.
hdfs dfs -du /hadoop/file	Show the amount of space, in bytes, used by the files that match the specified file pattern.
hdfs dfs -du -s /hadoop/file	Rather than showing the size of each individual file that matches the pattern, shows the total (summary) size.
hdfs dfs -du -h /hadoop/file	Show the amount of space, in bytes, used by the files that match the specified file pattern. Formats the sizes of files in a human-readable fashion.

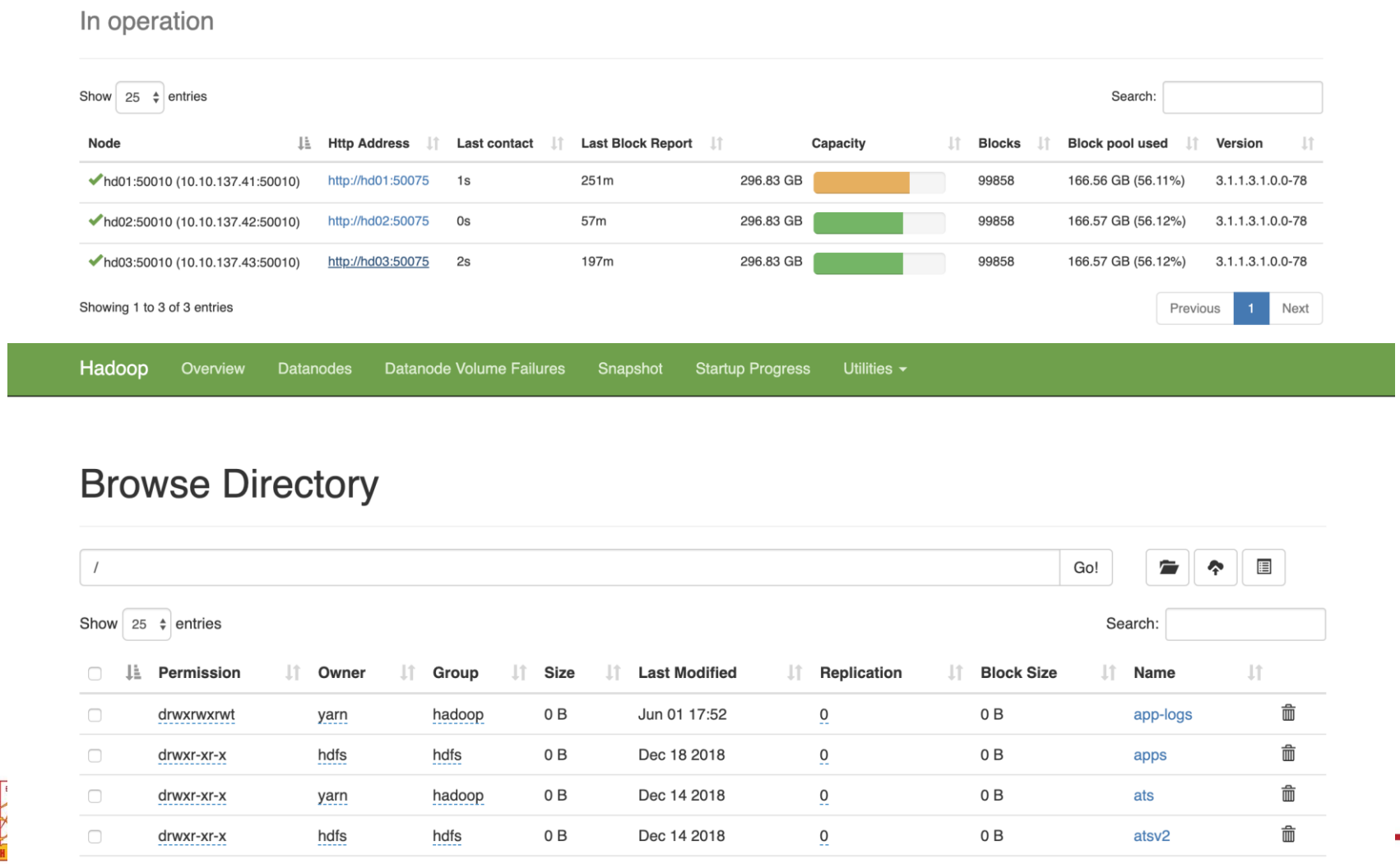
Administration

Administration	
hdfs balancer -threshold 30	Runs a cluster balancing utility. Percentage of disk capacity. This overwrites the default threshold.
hadoop version	To check the vesrion of Hadoop.
hdfs fsck /	It checks the health of the Hadoop file system.
hdfs dfsadmin -safemode leave	The command to turn off the safemode of NameNode.
hdfs dfsadmin -refreshNodes	Re-read the hosts and exclude files to update the set of Datanodes that are allowed to connect to the Namenode and those that should be decommissioned or recommissioned.
hdfs namenode -format	Formats the NameNode.

HDFS Name node UI



HDFS Name node UI (2)



In operation

Show 25 entries

Search:

Node	Http Address	Last contact	Last Block Report	Capacity	Blocks	Block pool used	Version
hd01:50010 (10.10.137.41:50010)	http://hd01:50075	1s	251m	296.83 GB	99858	166.56 GB (56.11%)	3.1.1.3.1.0.0-78
hd02:50010 (10.10.137.42:50010)	http://hd02:50075	0s	57m	296.83 GB	99858	166.57 GB (56.12%)	3.1.1.3.1.0.0-78
hd03:50010 (10.10.137.43:50010)	http://hd03:50075	2s	197m	296.83 GB	99858	166.57 GB (56.12%)	3.1.1.3.1.0.0-78

Showing 1 to 3 of 3 entries

Previous 1 Next

Hadoop Overview Datanodes Datanode Volume Failures Snapshot Startup Progress Utilities

Browse Directory

/ Go!

Show 25 entries

Search:

Permission	Owner	Group	Size	Last Modified	Replication	Block Size	Name
drwxrwxrwt	yarn	hadoop	0 B	Jun 01 17:52	0	0 B	app-logs
drwxr-xr-x	hdfs	hdfs	0 B	Dec 18 2018	0	0 B	apps
drwxr-xr-x	yarn	hadoop	0 B	Dec 14 2018	0	0 B	ats
drwxr-xr-x	hdfs	hdfs	0 B	Dec 14 2018	0	0 B	atsv2

Other HDFS interfaces

- Java API
- Thrift API
- Fuse
- WebDAV

HDFS data format

Text

Sequence file

Avro

Parquet

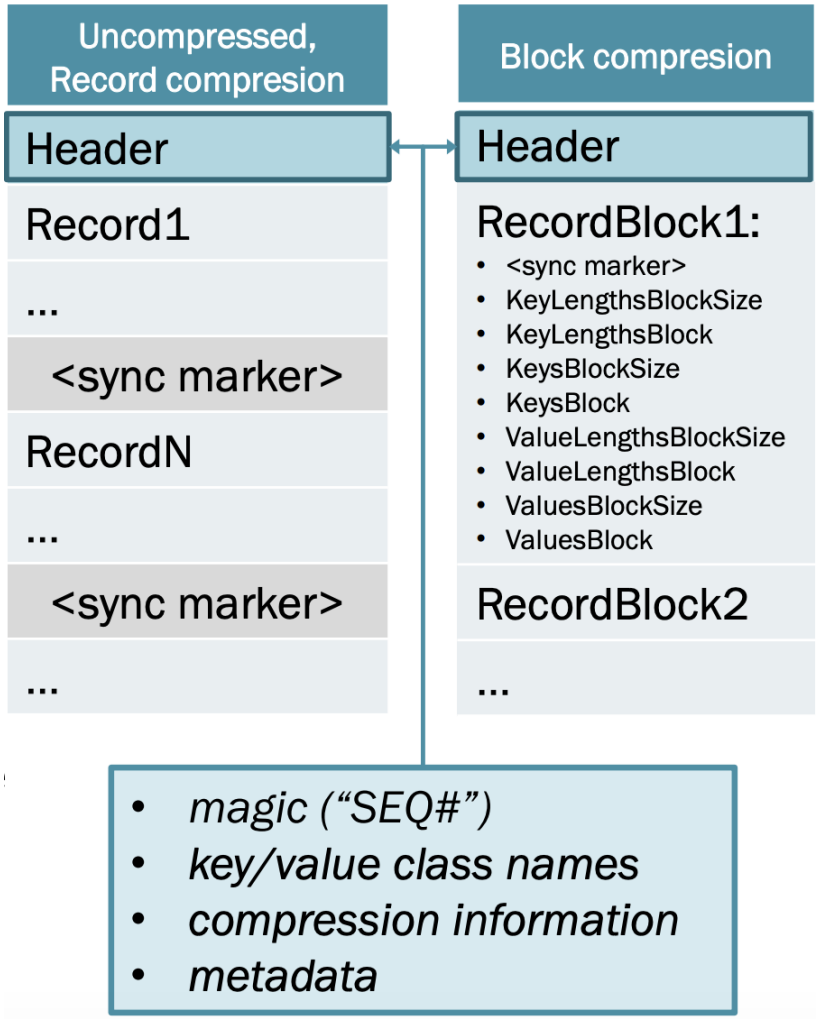
Optimized Row Columnar (ORC)

Text file

- CSV, TSV, Json records
- Convenient format to use to exchange between applications or scripts
- Human readable and parsable
- Do not support block compression
- Not as efficient to query
- Good for the beginning, but not good enough for real life.

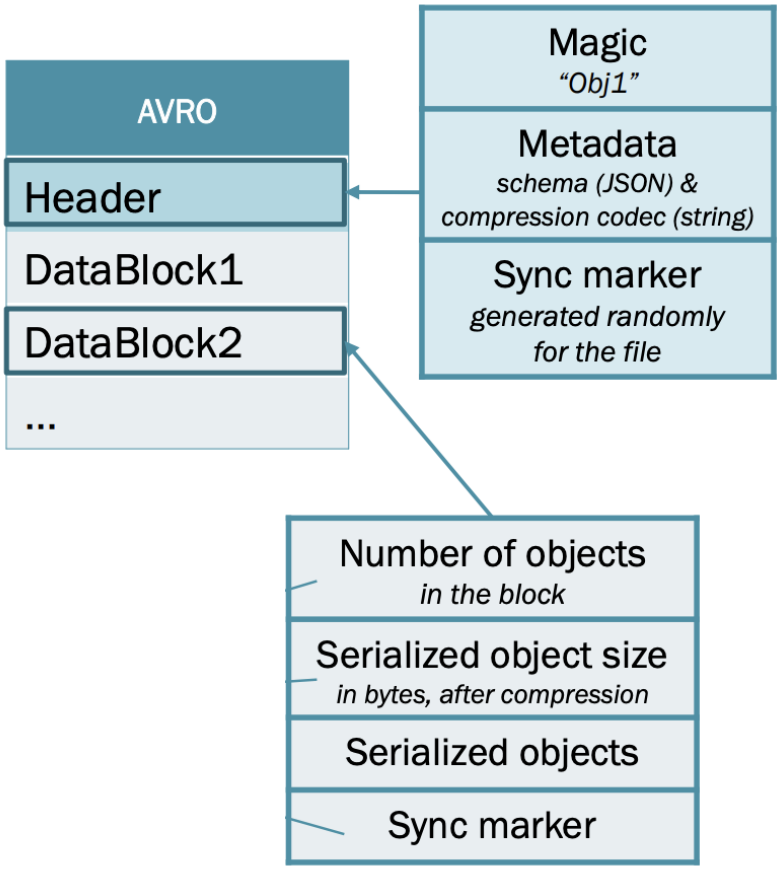
Sequence file

- Provides a persistent data structure for binary key-value pairs
- Commonly used to transfer data between Map Reduce jobs
- Can be used as an archive to pack small files in Hadoop
- Row-based
- Compression
- Splittable
  - Support splitting even when the data is compressed



Avro

- Row based
- Supports (object) compression and splitting
- Flexible data scheme
  - Schema (JSON) included to the file
- Data types
  - primitive: null, boolean, int, long, ...
  - complex: records, arrays, maps, ...
- Binary and JSON data serialization
- Data corruption detection

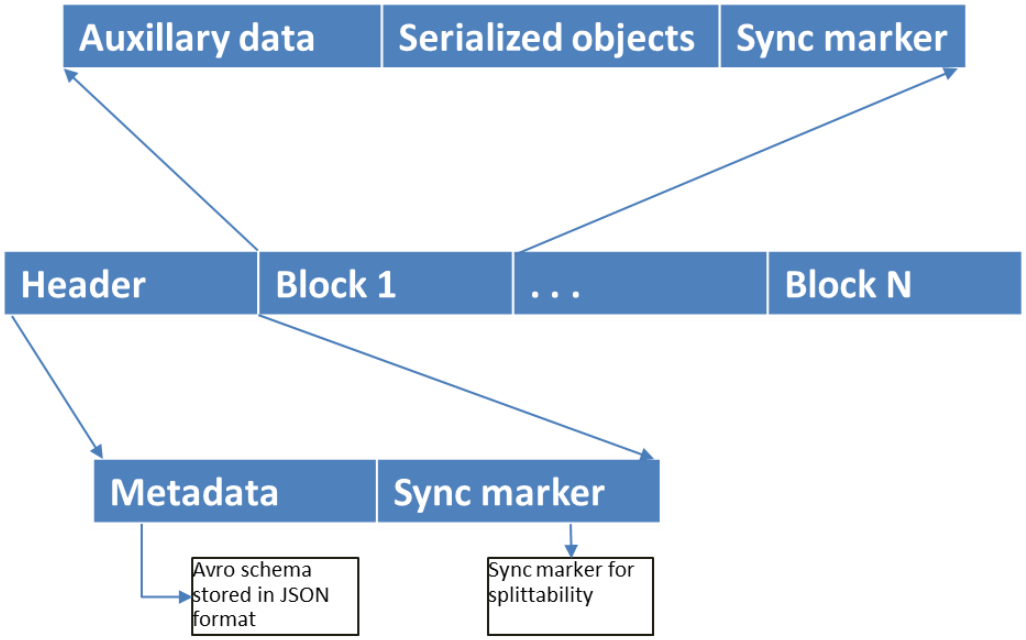


Avro – File structure and example

Sample AVRO schema in JSON format

```
{
  "type" : "record",
  "name" : "tweets",
  "fields" : [ {
    "name" : "username",
    "type" : "string",
}, {
    "name" : "tweet",
    "type" : "string",
}, {
    "name" : "timestamp",
    "type" : "long",
} ],
  "doc:" : “schema for storing tweets"
}
```

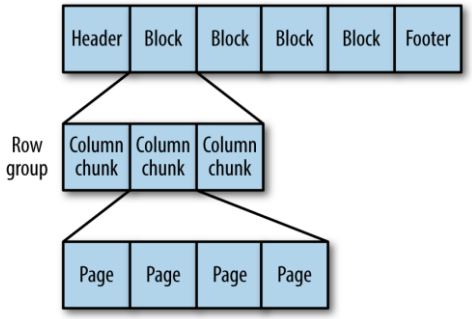
Avro file structure



Parquet

- Column-oriented binary file format
- Efficient in terms of disk I/O when specific columns need to be queried
- Supports (page) compression and splitting
- Supports nested columns (Dremel encoding)

Internal structure of parquet file



Nested schema

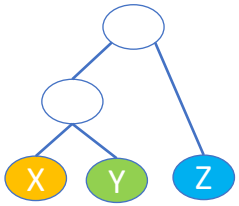
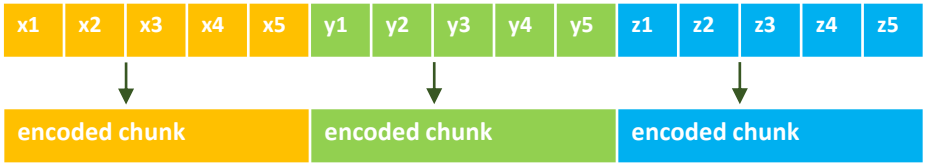


Table representation

X	Y	Z
x1	y1	z1
x2	y2	z2
x3	y3	z3
x4	y4	z4
x5	Y5	z5

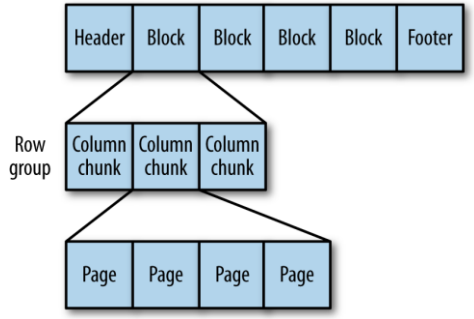
Row format

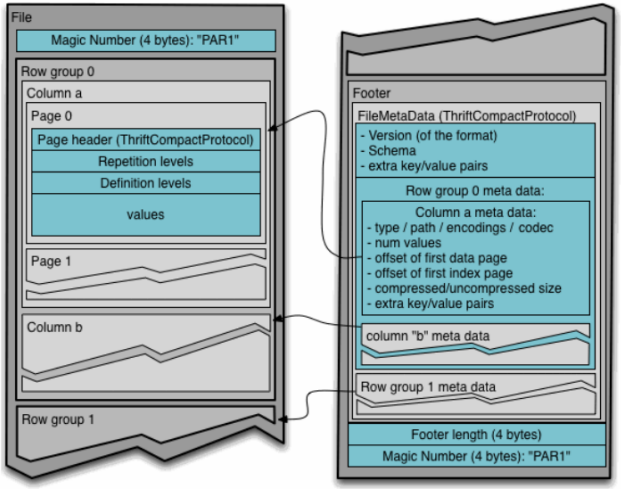
Columnar format



Parquet file structure & configuration

Internal structure of parquet file





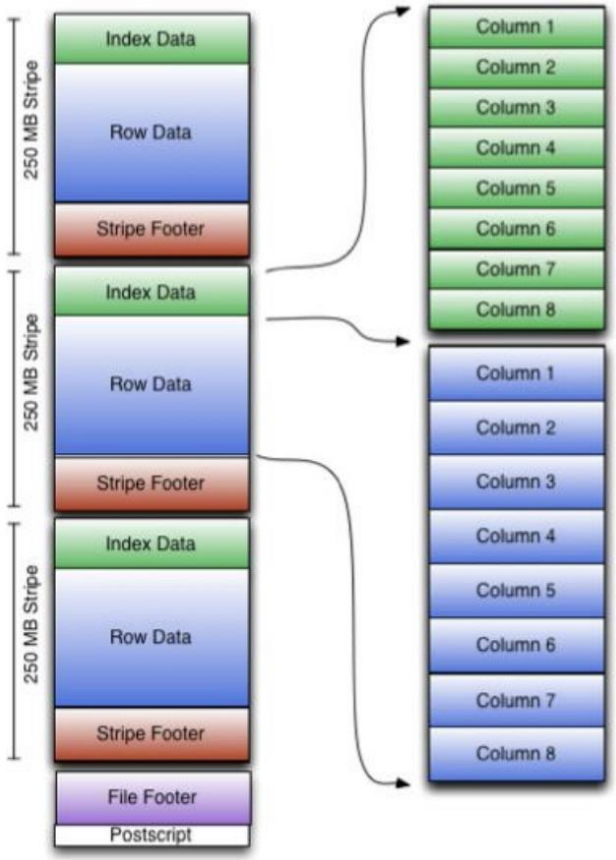
Configurable parquet parameters

Property name	Default value	Description
parquet.block.size	128 MB	The size in bytes of a block (row group).
parquet.page.size	1MB	The size in bytes of a page.
parquet.dictionary.page.size	1MB	The maximum allowed size in bytes of a dictionary before falling back to plain encoding for a page.
parquet.enable.dictionary	true	Whether to use dictionary encoding.
parquet.compression	UNCOMPRESSED	The type of compression: UNCOMPRESSED, SNAPPY, GZIP & LZO

Parquet is optimized for high compression and high scan efficiency

Optimized row columnar (ORC)

- RCFile
  - Every column is compressed individually within the row group
- ORC File
  - Block-mode compression
  - Data type support
  - Ordered data store (within one stripe)
- Stores collections of rows and within the collection the row data is stored in columnar format
- Introduces a lightweight indexing that enables skipping of irrelevant blocks of rows
- Splittable: allows parallel processing of row collections
- Indices with column-level aggregated values (min, max, sum and count)



ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

25 YEARS ANNIVERSARY SOICT

VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

SCHOOL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY

Chân thành cảm ơn!!!