

CQL (*Cassandra Query Language*)

Apache Cassandra - Bases de datos II

Alberto Díaz Álvarez (<alberto.díaz@upm.es>)

Departamento de Sistemas Informáticos

Escuela Técnica superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos

License CC BY-NC-SA 4.0

Cassandra Query Language (CQL)

Es el lenguaje principal de comunicación con clústers de Cassandra

- Su sintaxis es muy intuitiva, similar a SQL
- Pero no tiene gramática para características relacionales, como los `join`

```
CREATE KEYSPACE nombre_del_keyspace ...
DROP KEYSPACE nombre_del_keyspace;
CREATE TABLE nombre_de_la_tabla ...
TRUNCATE TABLE nombre_de_la_tabla;
DROP TABLE nombre_de_la_tabla;
INSERT INTO nombre_de_la_tabla ...
UPDATE nombre_de_la_tabla SET ...
DELETE FROM nombre_de_la_tabla WHERE ...
// Y más ...
```

Características de CQL

Es case-insensitive; por ejemplo, `SELECT` es lo mismo que `select`

- Lo mismo con los identificadores
- De hecho da igual cómo los creemos, CQL los almacena en minúsculas
- **Excepto** en los identificadores que se enmarcan entre dobles comillas
 - `tabla` es igual que `TABLA`, pero `"tabla"` es diferente de `"TABLA"`

Los comentarios se preceden de `//`, `--` o `/* */`

¿Cómo ejecutamos queries?

Podemos ejecutarlas programáticamente desde un *driver* cliente

- Por ejemplo, desde Python o Java (Datastax Java Driver, el de por defecto)

También desde su *shell*, denominada cqlsh (*Cassandra Query Language Shell*)

- Viene de serie con cualquier paquete que instalemos de Cassandra
- Está desarrollado en Python
- Se conecta a un nodo del clúster y ejecuta las queries que le pasemos
 - Si no se especifica, se conecta al nodo local (el de por defecto)

Usar editores propietarios o de terceros

- Por ejemplo, [DataStax Studio](#)

cqlsh

```
$ cqlsh [options] [host [port]]
```

- `options` son opciones que incluyen, entre otras:
 - `--help` : La ayuda, que incluye todas las opciones disponibles
 - `--version` : La versión de `cqlsh`
 - `-u` y `-p` : El usuario y la contraseña
 - `-k` : El `keyspace` a usar
 - `-f` : El fichero de queries a ejecutar
 - `--request-timeout` : El timeout de las queries

Comandos especiales

- `CAPTURE` : Captura la salida de la query en un fichero (no sobrescribe, añade)
- `CONSISTENCY` : Muestra el nivel de consistencia y permite cambiarlo
- `COPY` : Importación y exportación de datos
- `DESCRIBE` : Muestra información sobre el clúster, `keyspace` , tablas, etc.
- `EXIT` : Sale de `cqlsh`
- `PAGING` : Activa o desactiva la paginación en los resultados de las consultas
- `TRACING` : Activa o desactiva las trazas de las consultas

Consistencia "ajustable"

`CONSISTENCY` permite "ajustar" el nivel de consistencia por operación

- **¿Cuántas réplicas** deben responder para aceptar una operación?
 - `ONE` , `TWO` y `THREE` : Al menos una, dos y tres réplicas, respectivamente
 - `QUORUM` : La mayoría de las réplicas del clúster
 - `ALL` : Todas las réplicas
 - `LOCAL_*` : Limita la respuesta a las réplicas del datacenter local

¿Y si existen inconsistencias entre réplicas? Se resuelven durante las lecturas

- **CUIDADO:** Una mayor consistencia afectará significativamente al rendimiento

Un proceso similar se realiza durante las **operaciones de escritura**

- **CUIDADO:** Si no se puede escribir en todas las réplicas, la operación fallará

Comando **COPY**

Permite importar datos desde ficheros CSV

```
COPY tabla (columna1, columna2, ...) FROM 'fichero.csv' WITH DELIMITER = ',' AND HEADER = TRUE;
```

También permite la exportación de datos a ficheros CSV

```
COPY tabla (columna1, columna2, ...) TO 'fichero.csv' WITH DELIMITER = ',' AND HEADER = TRUE;
```

CUIDADO: No es lo más recomendable para la carga o volcado de datos masivos

Identificadores, constantes y palabras clave

Identificadores

Se usan para nombrar objetos de la base de datos (tablas, columnas, etc.)

- Cumplen la expresión regular:

```
[a-zA-Z][a-zA-Z0-9_]*
```

- Es decir, empiezan por letra y, siguen con letras, números o el guion bajo

Son case-insensitive, salvo que vayan entrecomillados (`quoted identifier`)

Constantes

CQL tiene las siguientes constantes:

- `String`: Secuencia de caracteres entre comillas simples

```
'Cantando bajo la lluvia'
```

CUIDADO: No confundir con los `quoted identifiers` que usan dobles comillas

- `Integer`, `float` y `boolean`
- `UUID` (Universally unique identifier)
- `Blob`: se escriben en hexadecimal empezando por `0x`
- `NULL` o ausencia de valor

Palabras clave o keywords

CQL distingue dos tipos:

- **Palabras reservadas:** No se pueden usar como identificadores
 - Eso sí, se pueden crear identificadores si usamos las dobles comillas

```
"AUTHORIZE" "SELECT" "TABLE" "ALTER" "CREATE" "DROP" "INSERT" "UPDATE" "USE"
```

- Las **palabras no reservadas** sí se pueden usar como identificadores sin comillas

Listado de palabras clave: [Documentación oficial de Cassandra - Apéndice A](#)

Términos

Un término es cualquier valor soportado por CQL

- Constante
- Literal
- Llamada a una función nativa o de usuario
- Operación aritmética entre términos
- `Type hint` : Tipo de datos esperado en una consulta CQL (opcional)
- Un `bind maker` usado en las prepared statements, que se representa con el símbolo `?`

Tipos de datos CQL

Tipos de datos

CQL es un lenguaje tipado y soporta diversos tipos de datos:

- Nativos: `INT` , `TEXT` , `VARCHAR` , `DATE` , etc.
- De colección: `map` , `set` y `list`
- Definidos por el usuario
- Tuplas

Los veremos a continuación con más detalle

Tipos nativos

Los **tipos nativos** son los tipos más básicos soportados en CQL

```
native_type ::= ASCII | BIGINT | BLOB | BOOLEAN | COUNTER | DATE  
| DECIMAL | DOUBLE | DURATION | FLOAT | INET | INT |  
SMALLINT | TEXT | TIME | TIMESTAMP | TIMEUUID | TINYINT |  
UUID | VARCHAR | VARINT
```


Tipos nativos: Cadenas de caracteres

- `ASCII` : Máx 65535 caracteres (ASCII)
- `INET` : Direcciones IPv4 o IPv6
- `VARCHAR` : Máx 65535 caracteres (UTF-8)
- `TEXT` : Máximo 2GB

Tanto `VARCHAR` como `TEXT` almacenan cadenas de longitud variable, pero el primero se usa para cadenas más pequeñas

Tipos nativos: Numéricos

- `TINYINT` , `SMALLINT` , `INT` , `BIGINT` : Enteros de diverso tamaño
- `VARINT`
- `FLOAT` , `DECIMAL`
- `COUNTER`

Tipos nativos: Booleanos

- `BOOLEAN` : Puede ser `true` o `false`

Tipos nativos: Fechas

- `DATE` : Fecha en formato 'YYYY-MM-DD'
- `TIME` : Horas, minutos, segundos y milisegundos
- `TIMESTAMP` : Milisegundos desde 01/01/1970
- `DURATION`

CUIDADO: No existe el tipo `DATETIME` como en SQL.

Duration

Se utiliza para almacenar una cantidad de tiempo, como la duración de un evento, un concierto, etc.

Formato `PTnHnMnS` donde

- `P` indica que se trata de un período de tiempo
- `T` inicio de la parte del tiempo (hora, minuto, segundo)
- `H` indica las horas
- `M` indica los minutos
- `S` indica los segundos.

`PT1H30M` representa una duración de 1h y 30 minutos

`PT30S` representa una duración de treinta segundos

Otros tipos nativos

- `blob` Bytes
- `timeuuid` Versión 1 de UUID. Se ordenan primero por sus componentes temporales y luego por bytes
- `uuid`: Identificador único universal, de cualquier versión. Se ordenan primero por versión y si ambas son de versión 1, como un `timeuuid`

Habitualmente los `uuid` se usan como clave primaria, valiéndose de la función nativa `uuid()` para generar valores únicos

Definición de datos (DDL)

Keyspaces y tablas

Un **Keyspace** es la unidad de organización lógica de más alto nivel

- Es análogo a una base de datos en sistemas relacionales
- Se definen opciones para todas sus tablas

Los datos están organizados en **tablas** cuya definición indica los datos que van a albergar y sus tipos

- La creación es muy similar a un modelo relacional

Creación de Keyspaces

```
CREATE KEYSPACE [ IF NOT EXISTS ] keyspace_name  
WITH options
```

Options:

- **replication**: Estrategia de replicación. Parámetro obligatorio.
- **durable_writes**: Si se establece a `true` se guardarán las escrituras en el registro de transacciones. Por defecto a `true`. Parámetro opcional.

Creación de **Keyspaces** : Replication (I)

Este campo especifica cómo se replicarán los datos entre los diferentes nodos de un clúster de Cassandra.

Existen varias estrategias:

- **SimpleStrategy**: Para clústeres con un único centro de datos. No se recomienda para producción.
- **NetworkTopologyStrategy**: Más avanzada, donde se tienen más centros de datos en cada nodo.

Creación de **Keyspaces** : Replication (II)

En ambas estrategias existe el campo `replication_factor` que indica cuántas copias se deben hacer en cada clúster. Se comporta de diferente manera en ambas estrategias:

- `SimpleStrategy`, cuántas réplicas de cada fragmento de datos se deben crear en todo el clúster

```
CREATE KEYSPACE ventas  
WITH replication = {'class': 'SimpleStrategy', 'replication_factor' : 3};
```

Cada réplica se almacenará en tres nodos diferentes

Creación de **Keyspaces** : Replication (y III)

- NetworkTopologyStrategy

```
CREATE KEYSPACE ventas  
  WITH replication = {'class': 'NetworkTopologyStrategy', 'replication_factor' : 3};
```

Si tuviera dos centros de datos: *data1* y *data2*, se crearían 3 réplicas en cada uno

```
CREATE KEYSPACE ventas  
  WITH replication = {'class': 'NetworkTopologyStrategy', 'replication_factor' : 3, 'data2': 2};
```

Si se ejecuta `DESCRIBE KEYSPACE ventas;` se puede observar que *data1* tendrá un valor de 3 y *data2* un valor de 2

CUIDADO: Crear un factor de replicación mayor al número de nodos provoca un aviso

USE `keyspace`

Tras haber creado un `keyspace` se puede usar la sentencia `USE` para cambiar el espacio de trabajo

```
USE ventas;
```

Esto hará que se pueda trabajar con los objetos pertenecientes a ese `keyspace` :
tablas, funciones, etc.

Si se quieren listar todos los `keyspaces` del sistema, se usa

```
DESCRIBE keyspaces;
```

ALTER keyspace

Se pueden modificar las opciones de un `keyspace` ya existente

```
ALTER KEYSPACE IF EXISTS ventas  
  WITH replication = {'class': 'SimpleStrategy', 'replication_factor' : 5};
```

`IF EXISTS` evita que se devuelva un error si no existe el `keyspace`

OJO: No se puede cambiar el nombre de un `keyspace` con esta sentencia

DROP keyspace

Por supuesto podremos borrar un `keyspace` que no queramos utilizar más

```
DROP KEYSPACE IF EXISTS ventas;
```

CUIDADO: Esto hará que se borren también todas las tablas, funciones y datos introducidos de manera irreversible

CREATE table (I)

Para poder guardar datos en un `keyspace` es necesario una nueva estructura llamada **tabla**.

Su creación es muy similar a como lo haríamos con SQL en un sistema relacional:

```
CREATE TABLE [ IF NOT EXISTS ] nombre_tabla (  
    column_definition (, column_definition )*  
    [ PRIMARY KEY (primary_key) ]  
)  
[ WITH table_options ]
```

CREATE table (II)

Un ejemplo de una tabla de personajes para un MMORPG.

```
CREATE TABLE personajes (  
  uuid UUID PRIMARY KEY,  
  nombre text,  
  nivel int,  
  creado timestamp,  
  tiempo_jugado duration,  
  clase text,  
  raza text,  
  ultima_conexion timestamp,  
  logros set<text>,  
  equipo list<text>  
);
```


CREATE table (y III)

En el ejemplo anterior hemos visto algunos tipos de datos simples ya conocidos y algunos como `set` y `list` que se verán más adelante.

- `PRIMARY KEY`. Identifica una fila. Se puede poner en la misma columna o después de los campos
- Si se pone `STATIC` en una columna, todas las filas de una partición tendrán el mismo valor para ese campo
 - Una columna `STATIC` no puede ser `PRIMARY KEY`

```
CREATE TABLE clientes (  
  nombre TEXT,  
  apellidos TEXT,  
  email TEXT STATIC,  
  PRIMARY KEY (nombre, apellidos)  
);
```

Partition key y clustering key

Una clave primaria o `PRIMARY KEY` tiene dos partes:

- **Partition key** que es obligatoria. Determina el nodo que almacenará la fila.
- **Clustering key** que es opcional y determina la ordenación de los datos en la partición.

```
PRIMARY KEY(partition_key, clustering_key, ck2, ck3)
```

La `partition key` puede tener varias columnas. Lo vemos a continuación

Particiones en tablas y **STATIC** (I)

```
CREATE TABLE particiones (  
    k1 INT,  
    k2 INT,  
    c1 INT,  
    s1 INT STATIC,  
    PRIMARY KEY ((k1, k2), c1)  
);
```

Si insertamos los siguientes valores

```
INSERT INTO particiones (k1, k2, c1, s1) VALUES (1, 2, 3, 4);  
INSERT INTO particiones (k1, k2, c1, s1) VALUES (1, 2, 7, 99);  
INSERT INTO particiones (k1, k2, c1, s1) VALUES (3, 4, 5, 8);
```

Particiones en tablas y **STATIC** (y II)

```
SELECT * FROM particiones;
```

k1	k2	c1	s1
3	4	5	8
1	2	3	99
1	2	7	99

Se puede observar como (k1, k2) forman la **partition key** y, por lo tanto, cada valor distinto de esa tupla estará en una partición distinta.

El valor de **s1** se comparte cuando (k1, k2) son iguales.

Opciones de tabla (I)

Al crear una tabla se le pueden poner una serie de opciones, siempre después de la palabra `WITH`

- `CLUSTERING ORDER BY` listado separado por comas de las columnas pertenecientes a `clustering key`, seguidas por `ASC` o `DESC`

```
CREATE TABLE personajes (  
  id UUID,  
  puntos int,  
  nombre text,  
  PRIMARY KEY (id, puntos))  
WITH CLUSTERING ORDER BY (puntos DESC);
```

- Se usará siempre que se quiera alterar el orden de creación por defecto: Orden de columnas y `ASC`

Opciones de tabla (y II)

Existen muchas más opciones de tabla

- `comment` : Descripción de la tabla
- `caching` : Para optimizar el uso de la memoria caché

```
caching = {  
  'keys' = 'ALL | NONE',  
  'rows_per_partition' = 'ALL' | 'NONE' | N }
```

- `ALL` : Todas las claves primarias o filas
- `NONE` : Ninguna
- `N` : Número de filas que serán cacheadas

Existen otras muchas opciones que se pueden consultar en el manual

ALTER table (I)

Se puede modificar una tabla con el comando `ALTER`

- Añadir una nueva columna con `ADD` . No puede formar parte de la clave primaria
- Borrar una columna con `DROP` , se borrará también todo su contenido
- `RENAME` permite cambiar el nombre de una clave primaria

Además se puede utilizar `WITH` al final del comando, igual que en la creación

ALTER table (y II)

Si partimos de la tabla `clientes` que creamos anteriormente, podríamos modificarla con las siguientes sentencias:

```
ALTER TABLE clientes ADD telefono TEXT;
```

```
ALTER TABLE clientes DROP email;
```

```
ALTER TABLE clientes RENAME nombre TO name;
```

A partir de Cassandra 3.0 **no se permite modificar tipos de datos de columnas**

DROP table

```
DROP TABLE [ IF EXISTS ] nombre;
```

Permite borrar una tabla existente y todo su contenido.

Si la tabla no existe dará error, salvo si se pone **IF EXISTS**

TRUNCATE table

```
TRUNCATE [ TABLE ] nombre;
```

El comando `TRUNCATE` vacía una tabla sin borrarla. Es decir, sólo elimina el contenido.

- `TABLE` se puede omitir.

Manipulación de datos (DML)

DML

Todas las operaciones que se pueden hacer dentro del Lenguaje de Manipulación de Datos o DML son similares a las que se pueden hacer en SQL.

- `SELECT` para consultar datos
- `INSERT` para insertar datos
- `UPDATE` para modificaciones
- `DELETE` para borrados

SELECT (I)

Las consultas o queries se hacen con la sentencia **SELECT**

```
SELECT nombre, apellidos  
FROM clientes  
WHERE nombre = 'Pepa';
```

- En CQL no existen subconsultas ni el uso de **JOIN**
- Solo se pueden hacer consultas a una tabla

SELECT (y II)

CQL puede devolver los resultados como JSON, en lugar de como una tabla.

```
SELECT JSON nombre, apellidos FROM clientes;
```

Devolvería algo similar a

```
[json]
```

```
-----  
{ "nombre": "Luisa", "apellidos": "Martínez" }  
{ "nombre": "Pepa", "apellidos": "Gómez" }
```

Claúsula **WHERE**

Filtra la filas por las que buscar

- **Sólo** se permiten **columnas** que forman parte de la **clave primaria o índice secundario**
- Si quisiéramos usar **otras columnas** se puede usar **ALLOW FILTERING** pero es **muy ineficiente**
- No es tan potente como en una base de datos relacional

ALLOW FILTERING

```
CREATE TABLE personas (  
  uuid UUID,  
  nombre TEXT,  
  PRIMARY KEY(uuid)  
);
```

Si intentamos filtrar por el campo nombre, nos daría el siguiente error:

```
Cannot execute this query as it might involve data filtering may have  
unpredictable performance.  
If you want to execute this query despite the performance unpredictability,  
use ALLOW FILTERING
```

Bastaría con ponerlo al final de la sentencia

```
SELECT * FROM personas WHERE nombre = 'Ana' ALLOW FILTERING;
```


Índice secundario

Para poder filtrar por columnas que no forman parte de la clave con `WHERE` se deben crear índices secundarios.

- Esta manera es más eficiente que con `ALLOW FILTERING`

```
CREATE INDEX nombre_indice ON Tabla (columna);
```

Agrupando resultados

Con el comando `GROUP BY` se pueden agrupar filas cuyas columnas tengan los mismos valores

- Sólo se puede usar con columnas que se hayan definido como `PRIMARY KEY` (partition keys o clustering)

```
SELECT ciudad, count(*)  
FROM clientes  
GROUP BY nombre;
```

Ordenando y limitando resultados

`ORDER BY` permite ordenar el resultado por una o varias columnas

- Esas columnas deben pertenecer a la `clustering key`

`LIMIT` limita los resultado a un número de filas especificado

```
SELECT * FROM clientes LIMIT 10;
```

INSERT (I)

Permite insertar filas de una forma similar a SQL o con JSON.

- Es necesario poner todas las columnas de la PRIMARY KEY
- El resto de columnas se pueden omitir

```
INSERT INTO clientes (nombre, apellidos) VALUES ('Lisa', 'Smith')  
IF NOT EXISTS  
USING TTL 10;
```

- Con IF NOT EXISTS se comprueban duplicados. Opcional
- TTL (Time-to-live) indica los segundos que permanecerá esa fila insertada. Tras esos segundos se borrará. Opcional

INSERT (II)

Se puede marcar el momento en el que se insertó una fila con el parámetro `USING TIMESTAMP` (microsegundos desde epoch)

```
INSERT INTO tabla (pk1, pk2, col1, col2) VALUES (1, 2, 'val1', 'val2')  
USING TIMESTAMP 1679826621;
```

Si no se especifica este parámetro, se usará el momento actual

- No se puede poner `IF NOT EXISTS` y `USING TIMESTAMP` en la misma inserción
- Se puede usar `USING TTL 10 AND TIMESTAMP 1234` juntos

INSERT (y III)

Se puede usar objetos JSON en lugar de sintaxis SQL para insertar datos

```
INSERT INTO clientes JSON
'{
  "nombre": "Julia",
  "apellidos": "Sanz Pérez",
  "ciudad": "Lugo",
  "email": "julia@lugo.es"
}';
```

- OJO con las comillas simples que rodean al JSON

UPDATE

Actualiza las filas que cumplan el filtrado `WHERE` poniendo los valores insertados en `SET` de una forma similar a SQL

```
UPDATE clientes
  SET email = 'nuevo@email.com',
      ciudad = 'Granada'
  WHERE nombre = 'Ana' AND apellidos = 'Sanz'
  IF EXISTS;
```

- `WHERE` debe incluir todas las columnas de la `PRIMARY KEY`
- Se puede usar `USING TTL` y `USING TIMESTAMP` como en `INSERT`

DELETE FROM

Borra las filas o partes de filas que cumplen el filtrado **WHERE**

```
DELETE FROM clientes  
WHERE nombre = 'Ana';
```

- **IF EXISTS** dará error si no se borra nada (si no coincide con ningún dato para borrar)
- Se pueden borrar solo algunas columnas, lo que hará que se sustituyan por el valor **null**

```
DELETE email FROM clientes  
WHERE nombre = 'Julia';
```


BATCH

Se pueden agrupar sentencias `INSERT`, `UPDATE` y `DELETE` con la sentencia `BATCH`

```
BEGIN BATCH USING TIMESTAMP microsegundos
  INSERT_UPDATE_DELETE;
  INSERT_UPDATE_DELETE USING TIMESTAMP microsegundos;
  INSERT_UPDATE_DELETE;
APPLY BATCH;
```

- Si se omite `USING TIMESTAMP` se aplicará el momento actual
- Todas las sentencias tendrán el mismo `TIMESTAMP` salvo que se indique uno específico
- No son transacciones

Funciones

Funciones definidas por el usuario

Colecciones

Tipos de datos definidos por el usuario

Comandos shell

Seguridad y roles

Gracias