

PAC 2: Distribució de dades i Map Reduce

**¿Com gestionen les dades distribuïdes les bases
de dades NoSQL?**

Nom: Marc Bracons Cucó

Exercici 1

1. OpenAI ha encomanat al nostre equip la tasca de desenvolupar una base de dades per emmagatzemar les interaccions dels usuaris amb els seus diversos models d'intel·ligència artificial, com ara GPT-4, ChatGPT, entre d'altres. La raó darrere d'aquesta sol·licitud és l'escassetat de conjunts de dades de converses, que són fonamentals per a l'adaptació i la millora dels models de llenguatge.

Adicionalment, OpenAI ens ha sol·licitat la creació d'una API REST que permeti als usuaris accedir a aquesta base de dades i extreure'n les converses emmagatzemades. Això brindarà als usuaris la capacitat de generar els seus propis conjunts de dades de converses utilitzant aquesta informació.

És important destacar que OpenAI té models d'intel·ligència artificial desplegats a diferents regions (per exemple, Espanya). A més, les consultes s'adrecen normalment a recuperar converses d'una regió en concret. D'aquesta manera, l'usuari s'assegura certament que la majoria de converses estan en el mateix idioma.

S'espera que el nombre d'escriptures superi el de lectures, ja que: en primer lloc, els models d' OpenAI han guanyat una àmplia notorietat des de la introducció de ChatGPT, i pràcticament són utilitzats per tot el món; i en segon lloc, els usuaris que accedeixen a la base de dades són principalment enginyers especialitzats en intel·ligència artificial, un públic força reduït. Així mateix, es reconeix que l'ús principal de les lectures és la creació de conjunts de dades amb milers de converses, per la qual cosa la pèrdua ocasional d'alguna conversa no és crítica.

1.1 A causa de la naturalesa del projecte, s'espera que el nombre d'escriptures sigui superior al de lectures. A més, les lectures són per regió, facilitant la coherència de l'idioma. Un model de base de dades NoSQL és ideal per treballar amb grans volums de dades d'escriptura y on l'estructura de dades no és uniforme i pot variar. Més concretament una base de dades NoSQL distribuïda, ja que permet l'escalabilitat, flexibilitat i un processament eficient de grans volums de dades no estructurats, com és el cas de les interaccions de text amb els models de IA.

1.2 La fragmentació ha de ser considerada de forma que les dades siguin accessibles de manera eficient i localitzada. És per això que una partició per regió seria ideal (hash per regió), permetent guardar les dades prop d'on es generen i es consulten, millorant el rendiment i reduït el temps de resposta.

1.3 Pel que fa a la replicació, la seva transparència ajuda a millorar la disponibilitat i la robustesa als errors. Per tant, ens interessa una estratègia que aportï coherència i disponibilitat, com pot ser el hashing consistent

En aquest projecte, un model transaccional BASE (Basic Availability, Soft-State, Eventual consistency) és més adequat que el model ACID tradicional, ja que ofereix més flexibilitat i escalabilitat pel nostre gran volum d'escriptures amb un sistema geogràficament distribuït. Hem de tindre en compte que la consistència eventual serà suficient, ja que la pèrdua ocasional d'alguna conversa no és un problema crític i la funció principal es l'acumulació de grans volums de dades (per sobre d'un estat de les dades perfecte, a temps real).

1.4 Per a un sistema de quòrums és necessari que la suma de W i R sigui major que N (5 en el nostre cas). Es podria buscar un escenari equilibrat amb $W=3$ i $R=3$. Això ens assegura que almenys tres rèpliques han de confirmar l'escriptura o la lectura, proporcionant una bona tolerància als errors però sense sacrificar molt de rendiment.

Exercici 2

1. Dues transaccions concurrents T1 i T2, que només realitzen operacions de lectura, mai provocaran interferències a la Base de dades, tot i accedint a les mateixes dades.

Cert. Tenint en compte els principis del model ACID i el control de concurrència és necessari assegurar el correcte aïllament de les transaccions, és a dir, una transacció no es pot veure afectada per cap altra transacció que 'estigui executant de forma concurrent amb ella [1.1]. A més, al no haver-hi operacions d'escriptura, mai s'hi produiran interferències [1.2].

2. Les bases de dades orientades a documents només admeten replicació, resultant impossible les tècniques de distribució com a sharding.

Fals. Les bases de dades NoSQL (incloses les orientades a documents) no només admeten replicació, sinó també tècniques de distribució com el sharding. Això es pot fer aplicant tècniques de hash o bé a partir del valor que prenen certs atributs que sempre estan presents a l'agregat o document. Un exemple seria MongoDB [2.1].

3. Un model de replicació peer to peer tindrà els mateixos problemes de rendiment i disponibilitat associats a la replicació master-slave.

Fals. Les polítiques de replicació en bases de dades poden variar en funció de dos dimensions principals; si la consistència entre les rèpliques es manté de forma síncrona o asíncrona, i si existeix una rèplica primària que mana per sobre la propagació de canvis o si totes elles son tractades de la mateixa forma. Això afecta com es tracta el rendiment i la disponibilitat en diferents configuracions de rèplica, como la replicació master-slave i la peer-to-peer [2.2].

4. Un avantatge del model master-slave asíncron davant del model master-slave síncron és que en el model asíncron el node que conté la rèplica primària deixa de ser un col·l d'ampolla a efectes de rendiment i disponibilitat.

Cert. En la replicació asíncrona, els canvis realitzats sobre una rèplica no es propaguen de forma immediata, això implica que el node amb la rèplica primària no necessita esperar confirmacions dels nodes esclaus per continuar processant noves operacions. Aquesta configuració permet que el node master

processi de manera més fluida sense el delay addicional d'esperar les respostes dels nodes esclaus, reduint així el coll d'ampolla a efectes de rendiment i disponibilitat [2.2].

5. El desenvolupament de bases de dades distribuïdes no enfronta cap dificultat extra en comparació del de base de dades centralitzades.

Fals. El desenvolupament de bases de dades distribuïdes afronta dificultats que no es presenten en el cas de les bases de dades centralitzades. Aquestes son associades al seu disseny i manipulació. Com és el cas de la fragmentació, que pot implicar un pitjor rendiment quan s'ha d'accedir a fragments que estan en diferents nodes. O en la gestió de la consistència i la replicació, que complica les operacions d'inserció, esborrament i modificació de les dades [2.2].

Exercici 3

Considereu les dades de clients d'una petita companyia telefònica. D'una banda, es disposa d'informació personal de cada client, identificat de manera única pel DNI.

D'altra banda, es compta amb el registre de totes les factures de cobrament mensual del 2023 als clients.

Es vol identificar, el client resident a València que ha gastat més l'abril del 2023. La sortida haurà d'indicar el nom i els cognoms del client i la despesa del mes d'abril del 2023.

Primera passada map-reduce:

Fase Map

- **Input:** dades de facturació de tots els clients per al mes d'abril del 2023.

DNI	MES	CANTIDAD FACTURADA	DESCUENTO %
23456789B	abril	200 €	15
34567890C	abril	150 €	5
45678901D	abril	250 €	0
67890123F	abril	110 €	0
90123456I	abril	140 €	5

- **Acció:** Per a cada entrada, calculem el valor final de la factura descomptant el percentatge de descompte aplicat (només per el mes d'abril). No tenim en compte si estan o no pagades, ja que això no afecta la despesa. La clau és el DNI i el valor es aquesta quantitat calculada.

$$cantidad_{ajustada} = cantidad_{facturada} \times \left(1 - \frac{descuento[\%]}{100} \right)$$

- **Output:** Parelles clau-valor amb DNI i factura ajustada

DNI	CANTIDAD_AJUSTADA
23456789B	170
34567890C	142.5
45678901D	250
67890123F	110
90123456I	133

Shuffle & Sort

- **Acció:** Agrupar les dades per DNI. Com que cada factura ja està associada a un DNI únic per a abril, el output es manté igual.

-

Reduce

- **Acció:** Determinar el total gastat per a cada DNI. Com que no tenim múltiples entrades per a un mateix DNI, passem simplement el output.

Segona passada map-reduce:

Fase Map

- **Input:** Dades personals dels clients i les factures ajustades del primer reduce, filtrant només els que resideixen a València.

DNI	NOMBRE	APELLDIO1	APELLDIO2	FECHA NAC.	RESIDENTE EN	CANTIDAD AJUSTADA
23456789B	Laura	Martínez	Sánchez	02/02/1981	Barcelona	170
34567890C	David	López	González	03/03/1982	Valencia	142.5
45678901D	Marta	Fernández	Moreno	04/04/1983	Sevilla	250
67890123F	Jose	Gómez	Ruid	06/06/1985	Màlaga	110
90123456I	Carmen	Ramos	Navarro	09/09/1988	Valencia	133

- **Acció:** Emissió de les dades de nom complet i total gastat

- **Output:** Nom complet i despesa per als residents de València

Nombre completo	CANTIDAD AJUSTADA
David López González	142.5
Carmen Ramos Navarro	133

Shuffle & Sort

- **Acció:** Agrupar per nom complet, en aquest cas no és necessari.

Reduce

- **Acció:** Identificat el client amb la major despesa
- **Output:**

Nombre completo	CANTIDAD AJUSTADA
David López González	142.5

Exercici 4

Considerar els sistemes següents:

- A. Un sistema de sensors per analitzar la qualitat de l'aire d'una ciutat (consistència final en el temps, escriptures més freqüents que lectures)**
- B. Un diari en línia que és visitat per lectors de diferents llocs d'un país (consistència final en el temps, lectures més freqüents que escriptures)**
- C. Un sistema de control aeri (consistència forta, escriptures i lectures de la mateixa importància)**
- D. Àrea de clients d'un banc (consistència forta, lectures més freqüents que escriptures)**

Es demana argumentar quines configuracions dels valors W, R i N encaixen millor amb cada cas pel que fa al tipus de consistència (fort/final en el temps) i al tipus de lectures i escriptures que cal realitzar (lectures més freqüents que escriptures, escriptures més freqüents que lectures o lectures i lectures de la mateixa importància).

- C1: N=9, W=3, R=4
- C2: N=7, W=4, R=5
- C3: N=7, W=7, R=7
- C4: N=7, R=3, W=9
- C5: N=9, R=11, W=4
- C6: N=9, W=6, R=4
- C7: N=7, W=4, R=1

Per resoldre'l:

- 1. Per a cada configuració, identificar i raonar tipus de consistència, i tipus de lectures i escriptures.**
- 2. A continuació, analitzar quina de les configuracions donades encaixa amb cadascun dels sistemes proposats.**

Abans de començar la resolució, definim els conceptes a tractar [3]:

- La W (Write) diu el nombre de nodes que han de confirmar una escriptura.
- La R (Read) especifica el nombre de nodes que han de confirmar una lectura.
- La N especifica el nombre total de nodes que té el clúster.

Definim consistència forta aquella en que la relació entre W , R i N compleix:

$$W > \frac{N}{2} \quad \text{i} \quad W + R > N$$

Definim consistència final en temps aquella en la que es compleix:

$$W + R \leq N$$

Per a cada configuració mirarem si es compleixen les condicions i en farem un comentari en cas de ser necessari. Posteriorment veurem quin és el cas adequat per a cada escenari.

Anàlisi de configuracions

- **C1: N=9, W=3, R=4**

- forta: no

$$W > \frac{N}{2} \rightarrow 3 > 4.5 \quad \text{(Fals)}$$

$$W + R > N \rightarrow 3 + 4 > 9 \quad \text{(Fals)}$$

- final en temps: si

$$W + R \leq N \rightarrow 3 + 4 \leq 9 \quad \text{(Cert)}$$

- Resultat: Final en temps amb $R > W$

- **C2: N=7, W=4, R=5**

- forta: si

$$W > \frac{N}{2} \rightarrow 4 > 3.5 \quad \text{(Cert)}$$

$$W + R > N \rightarrow 4 + 5 > 7 \quad \text{(Cert)}$$

- final en temps: no

$$W + R \leq N \rightarrow 4 + 5 \leq 7 \quad \text{(Fals)}$$

- Resultat: Forta amb $R > W$

- **C3: N=7, W=7, R=7**

- forta: si

$$W > \frac{N}{2} \rightarrow 7 > 3.5 \text{ (Cert)}$$

$$W + R > N \rightarrow 7 + 7 > 7 \text{ (Cert)}$$

- final en temps: no

$$W + R \leq N \rightarrow 7 + 7 \leq 7 \text{ (Fals)}$$

- Resultat: Forta amb $N = R = N$, equilibri, revisa tots els nodes per R i W.

- **C4: N=7, W=3, R=9**

- Resultat: $W > N$, això no és possible, ja que no podem confirmar més nodes dels que hi ha.

- **C5: N=9, R=11, W=4**

- Resultat: $R > N$, això no és possible, ja que no podem confirmar més nodes dels que hi ha.

- **C6: N=9, W=6, R=4**

- forta: si

$$W > \frac{N}{2} \rightarrow 6 > 4.5 \text{ (Cert)}$$

$$W + R > N \rightarrow 6 + 4 > 9 \text{ (Cert)}$$

- final en temps: no

$$W + R \leq N \rightarrow 6 + 4 \leq 9 \text{ (Fals)}$$

- Resultat: Forta amb $W > R$

- **C7: N=7, W=4, R=1**

- forta: no

$$W > \frac{N}{2} \rightarrow 4 > 3.5 \quad (\text{Cert})$$

$$W + R > N \rightarrow 4 + 1 > 7 \quad (\text{Fals})$$

- final en temps: no

$$W + R \leq N \rightarrow 4 + 1 \leq 7 \quad (\text{Cert})$$

- Resultat: Final en temps amb amb $W > R$

Anàlisi d'escenaris

A. Un sistema de sensors per analitzar la qualitat de l'aire d'una ciutat
(consistència final en el temps, escriptures més freqüents que lectures)

- Cas adequat: **C7 (N=7, W=4, R=1)**

Ofereix consistència final amb temps i un enfocament més centrat en les escriptures en comparació de les lectures.

B. Un diari en línia que és visitat per lectors de diferents llocs d'un país
(consistència final en el temps, lectures més freqüents que escriptures)

- Cas adequat: **C1 (N=9, W=3, R=4)**

Ofereix consistència final en temps i un enfocament més centrat en les lectures, adequat per a un servei on la consistència immediata no és tan crítica però la capacitat de llegir contingut actualitzat és més freqüent.

C. Un sistema de control aeri (consistència forta, escriptures i lectures de la mateixa importància)

- Cas adequat: **C3 (N=7, W=7, R=7)**

En aquest escenari tant les escriptures com les lectures són igual d'important i han de ser confirmades per tots els nodes, obtenint així la consistència més forta possible.

D. Àrea de clients d'un banc (consistència forta, lectures més freqüents que escriptures)

- Cas adequat: **C2 (N=7, W=4, R=5)**

Ofereix consistència forta i dona més importància a les lectures, cosa que és necessària per assegurar que els clients poden accedir a la informació precisa i actualitzada de les seves comptes i transaccions.

Citacions

Apunts de l'assignatura Architectures de bases de dades no tradicionals de La universitat Oberta de Catalunya, curs 2023-2024.

[1] Bases de datos distribuïdes, Modelo ACID. M. Elena Rodríguez González i Jordi Conesa i Caralt. B3_T6_BDD_ACID.

1. Transacciones y propiedades ACID, pàgina 7.
2. Interferencias, pàgina 9.

[2] Bases de datos distribuïdes, Diseño. M. Elena Rodríguez González i Jordi Conesa i Caralt. B3_T5_3_BDD_diseño.

1. Diseño de BD distribuidas: BD NoSQL, pàgina 14.
2. Estrategias de distribución, pàgina 7.

[3] M2.989 - Architectures de bases de dades no relacionals - Aula 1, Fòrums, PAC 2. Marc Cortada Bertomeu, 1 Maig 2024.