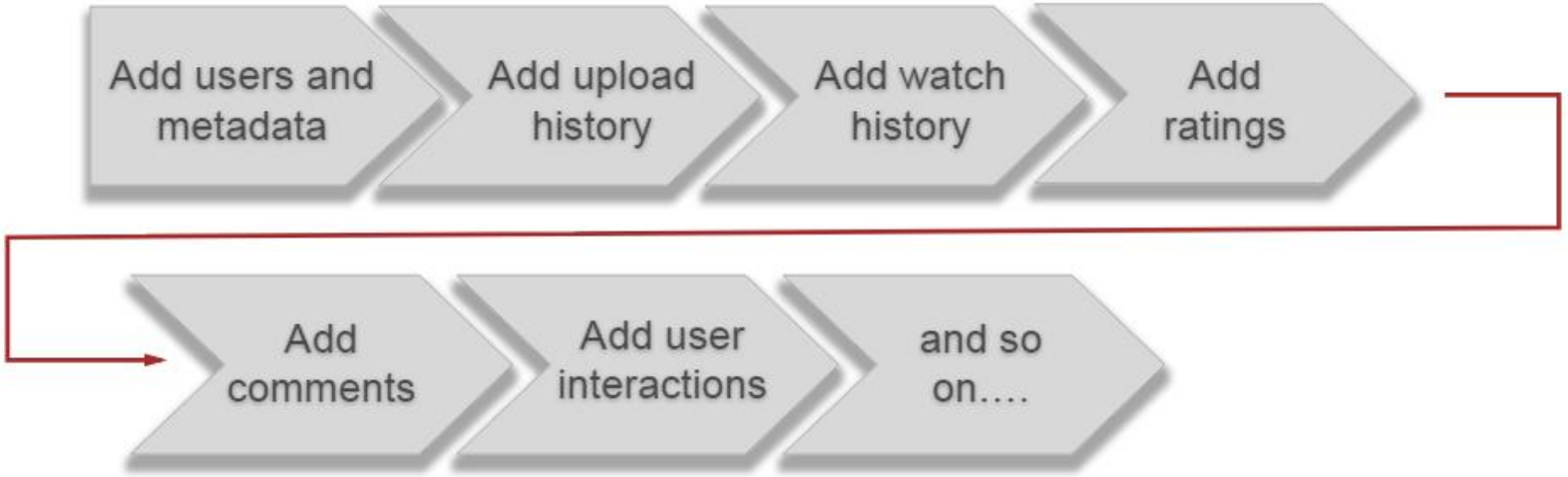
Apache Cassandra

A COLUMN-BASED NOSQL DATABASE

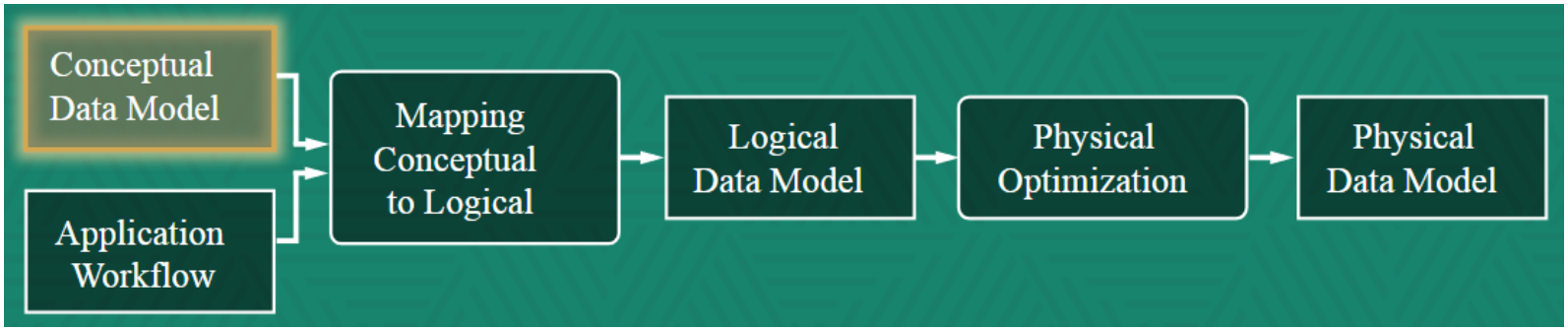
Progettazione

Abbiamo visto come modellare alcune tabelle per rispondere a specifiche query…

… ma come progettare la modellazione di un intero database?



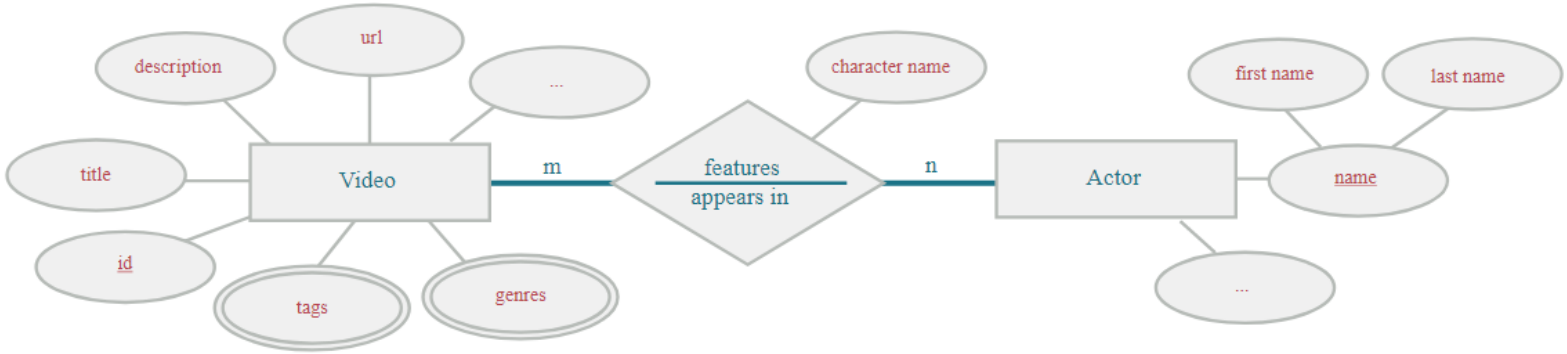
Metodologia



Modellazione concettuale

Modello quasi-ER

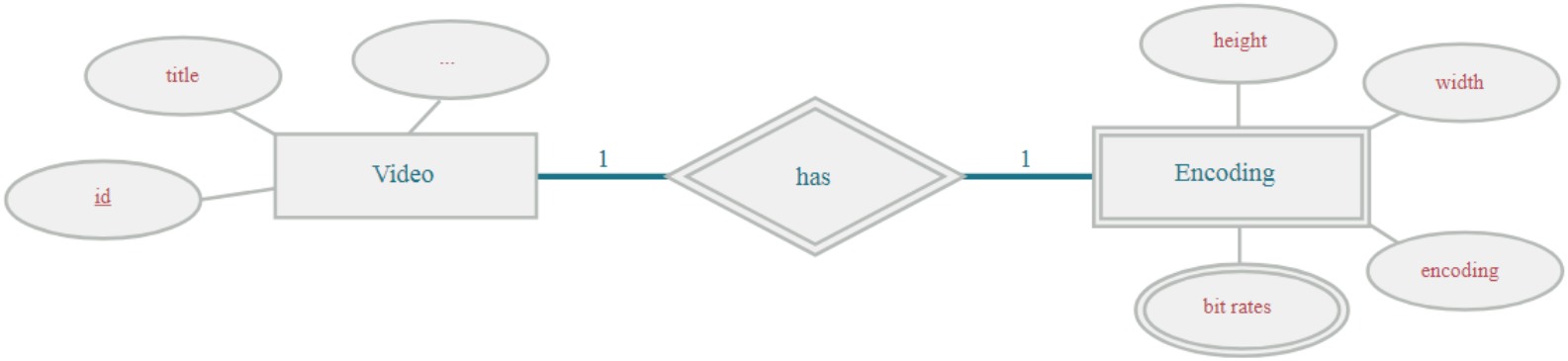
- Le cardinalità sugli archi sono cardinalità massime
- Gli attributi sottolineati sono chiavi primarie
- Gli attributi con un doppio ovale rappresentano collezioni



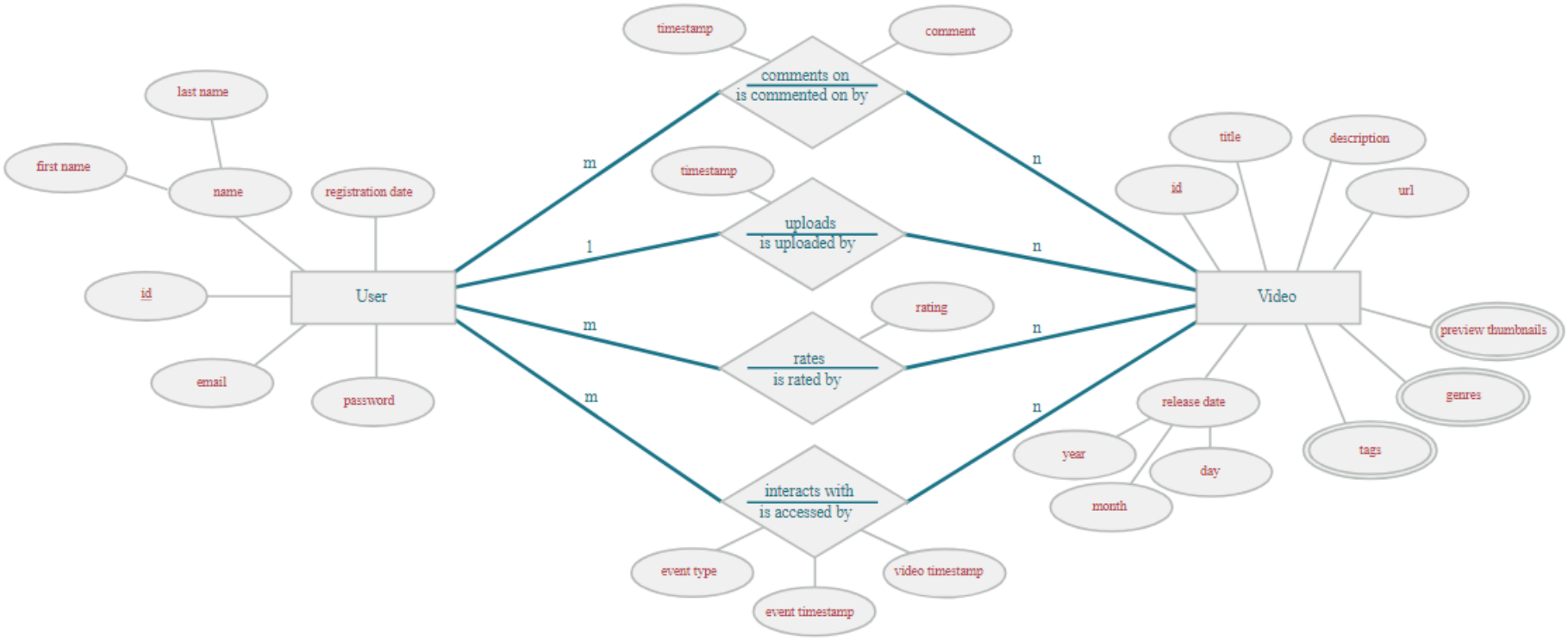
Modello quasi-ER

Entità e relazioni con doppio rettangolo e doppio rombo rappresentanto relazioni *part-of*

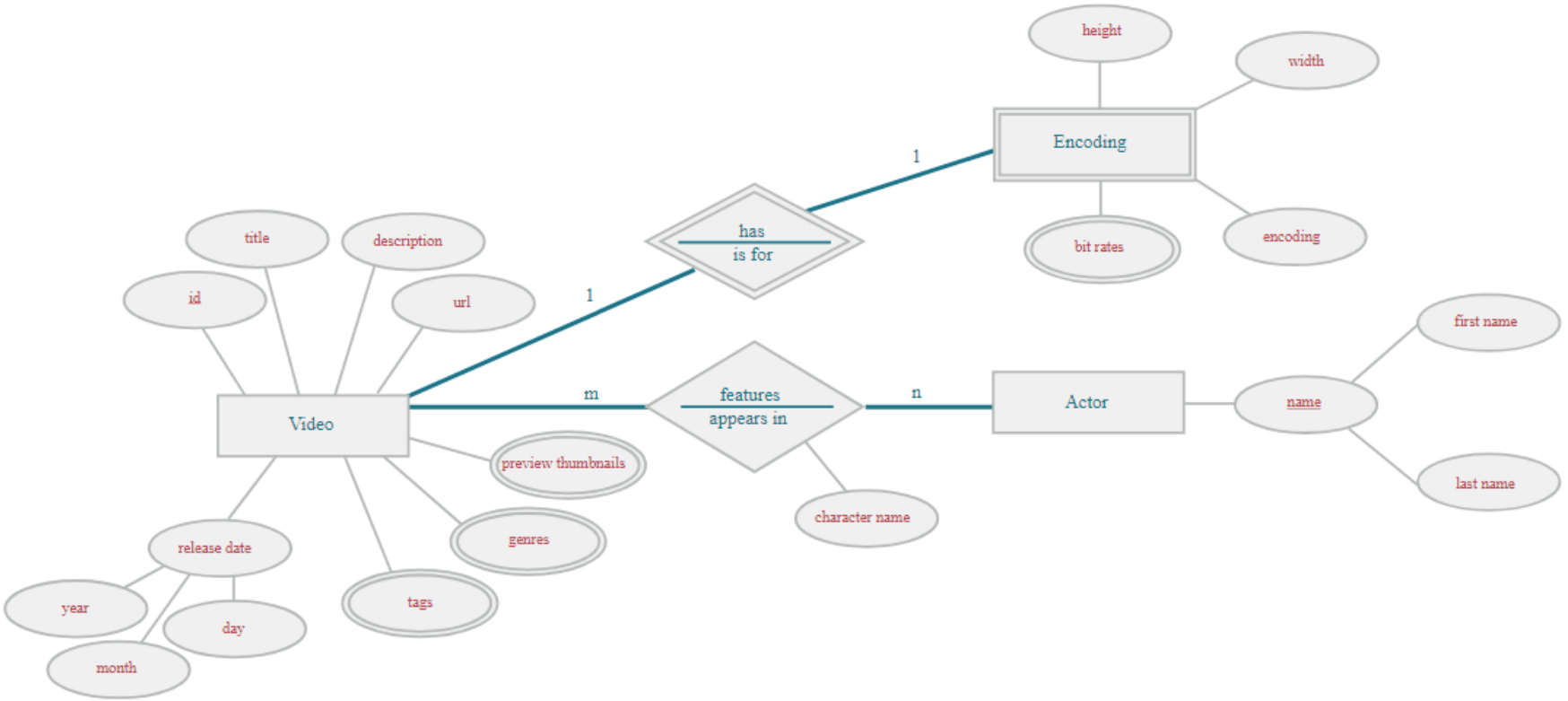
- Un'istanza di encoding non può esistere senza un'istanza di video ad essa associata



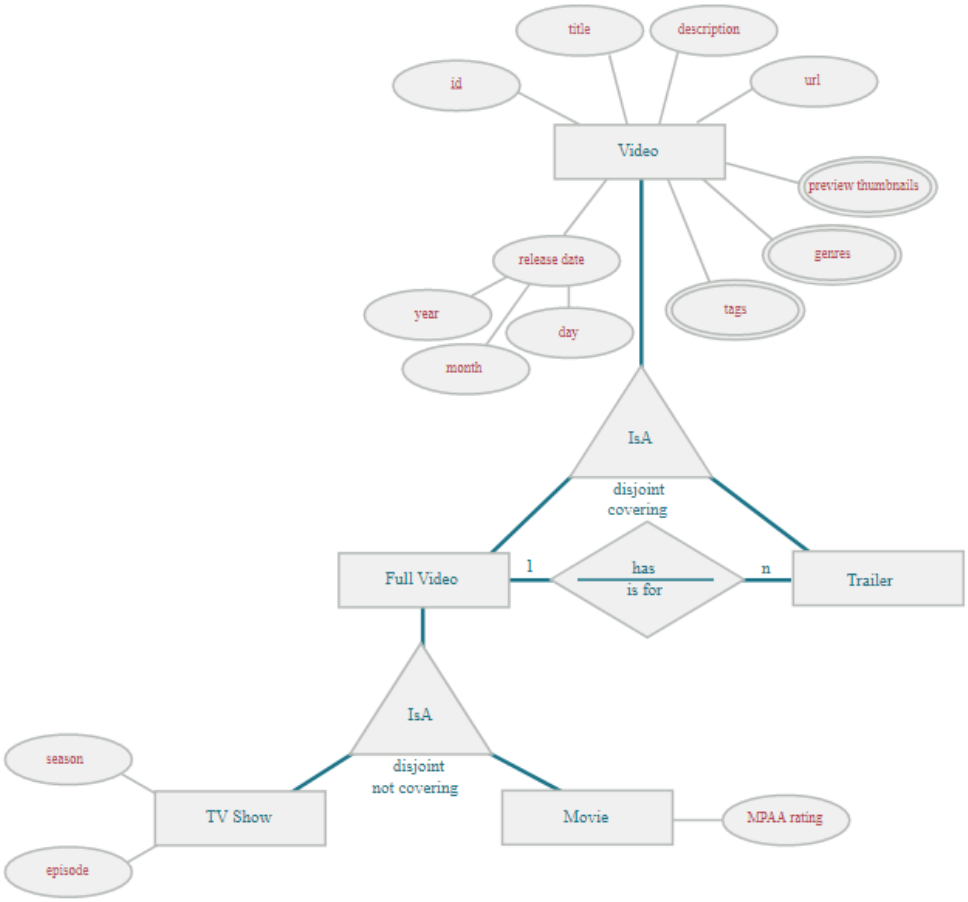
Video e utenti



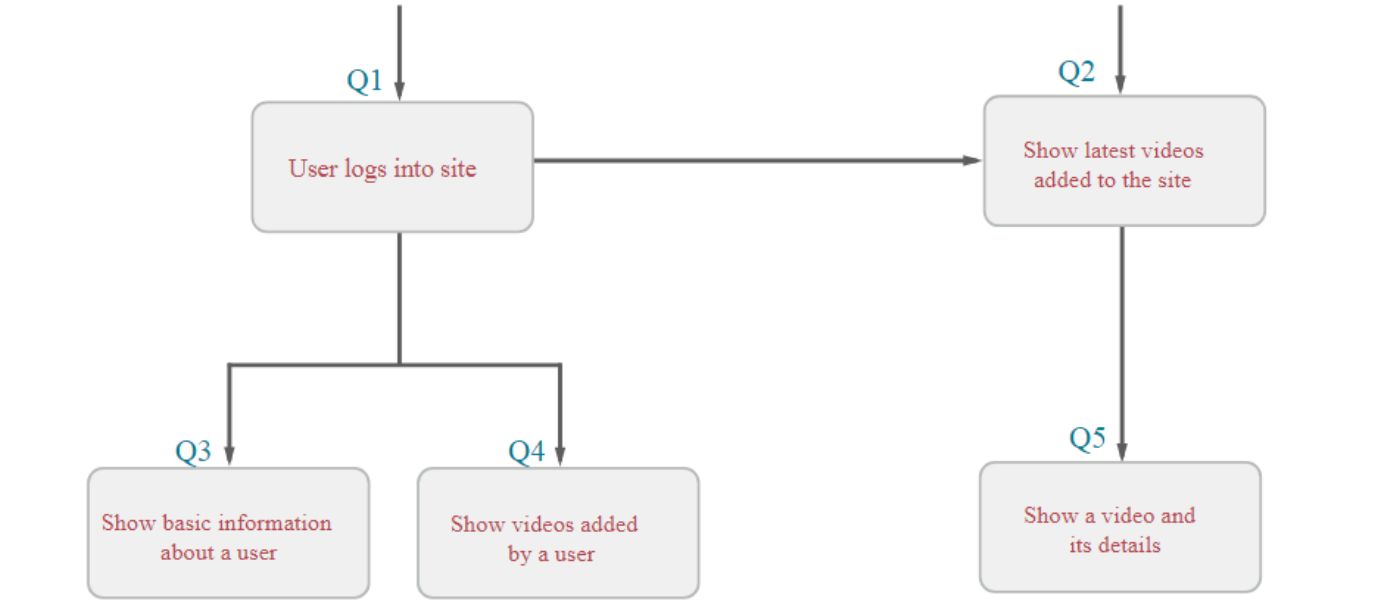
Video, codifiche e attori



Classificazione dei video



Application workflow



ACCESS PATTERNS

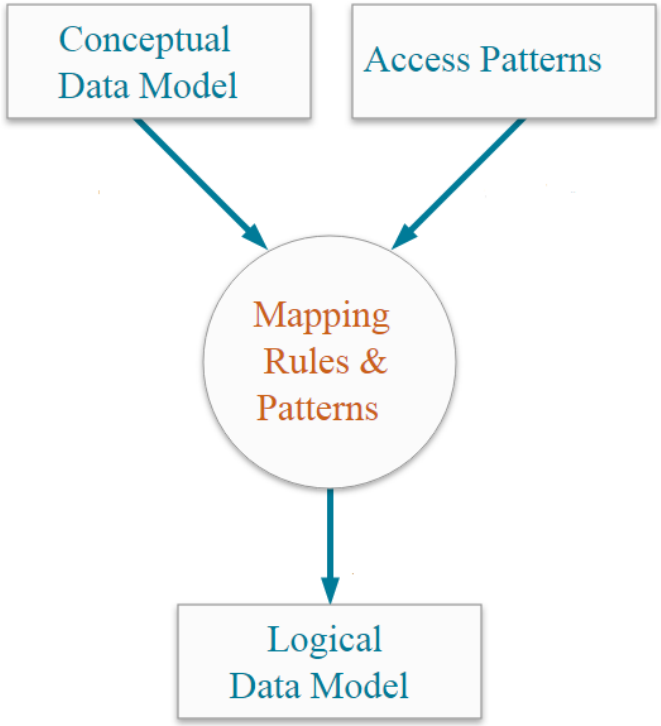
Q1: Find a user with a **specified email**
Q2: Find most recently uploaded **videos**
Q3: Find a **user with a specified id**
Q4: Find videos uploaded by a **user with a known id** (show most recently uploaded videos first)
Q5: Find a video with a **specified video id**

Modellazione logica

Approccio query-driven

Dati il modello concettuale ed il workflow dell'applicazione, il modello logico può essere ricavato seguendo un approccio query-driven

- Regole di mapping garantiscono la correttezza del modello logico
- Ad ogni query la sua tabella
- Le tabelle vengono progettate per garantire una corretta esecuzione delle query
- Le tabelle restituiscono i dati nell'ordine corretto



Modello logico

Dati il modello logico ed il workflow dell'applicazione, il modello logico può essere ricavato applicando **in ordine** le seguenti 5 regole che riguardano, rispettivamente:

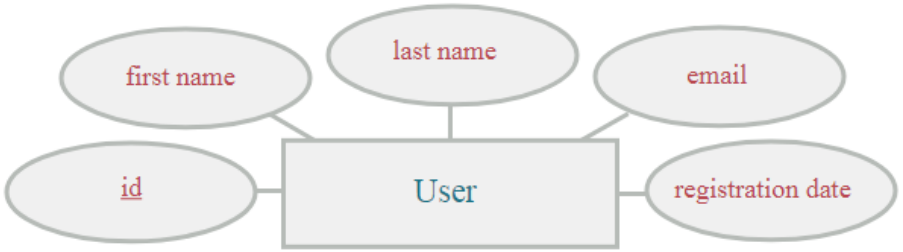
1. Entità e relazioni
2. Attributi per ricerche esatte
3. Attributi per ricerche inesatte
4. Attributi per ordinamento
5. Attributi chiave

Regola 1
Entità e relazioni

Traduzione di entità

- Una tabella per ogni entità
- Una colonna per ogni attributo

Conceptual Model



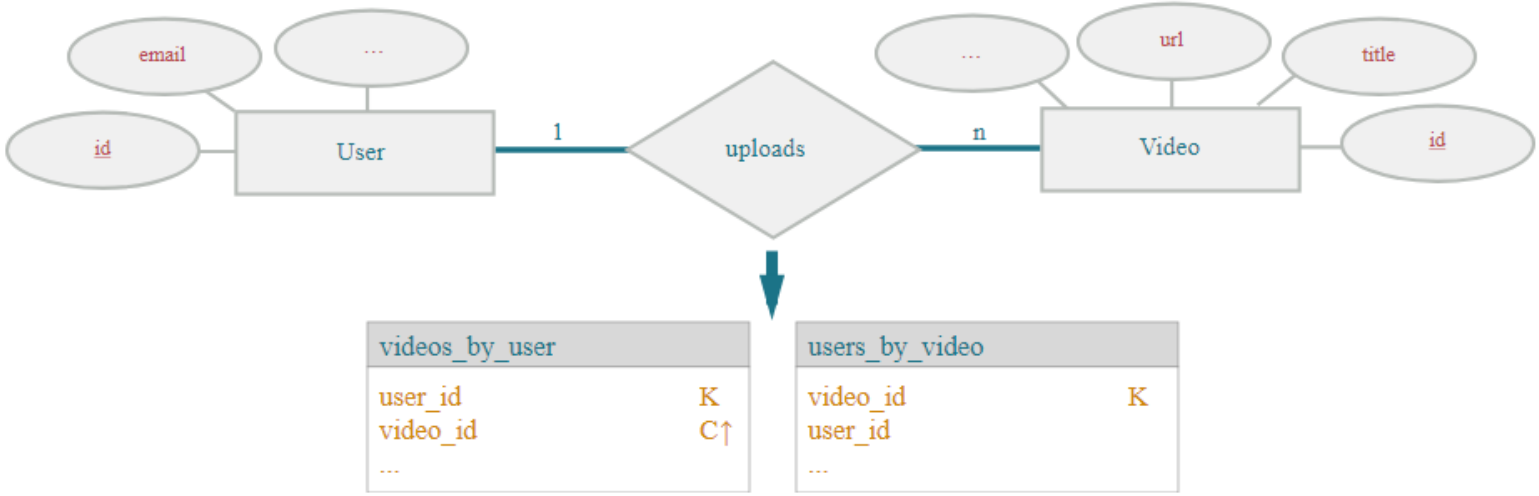
Logical Model

users	
user_id	K
email	
first_name	
last_name	
registration_date	

Regola 1
Entità e relazioni

Traduzione di relazioni

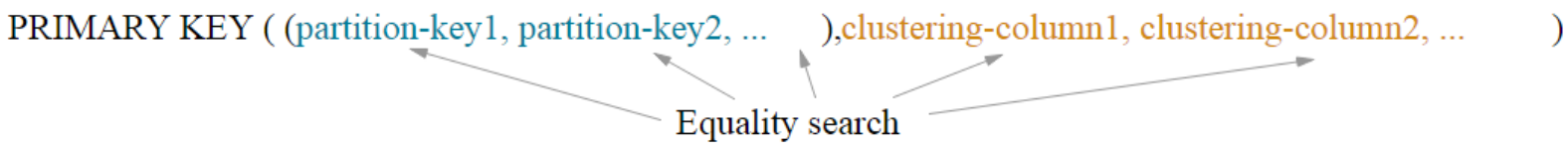
- Una tabella per ogni relazione
- Attenzione: possono esistere soluzioni diverse
- La scelta su quale implementare dipende dalla cardinalità della relazione e dal carico di lavoro



Regola 2
Attributi per ricerche esatte

Attributi su cui effettuare ricerche esatte

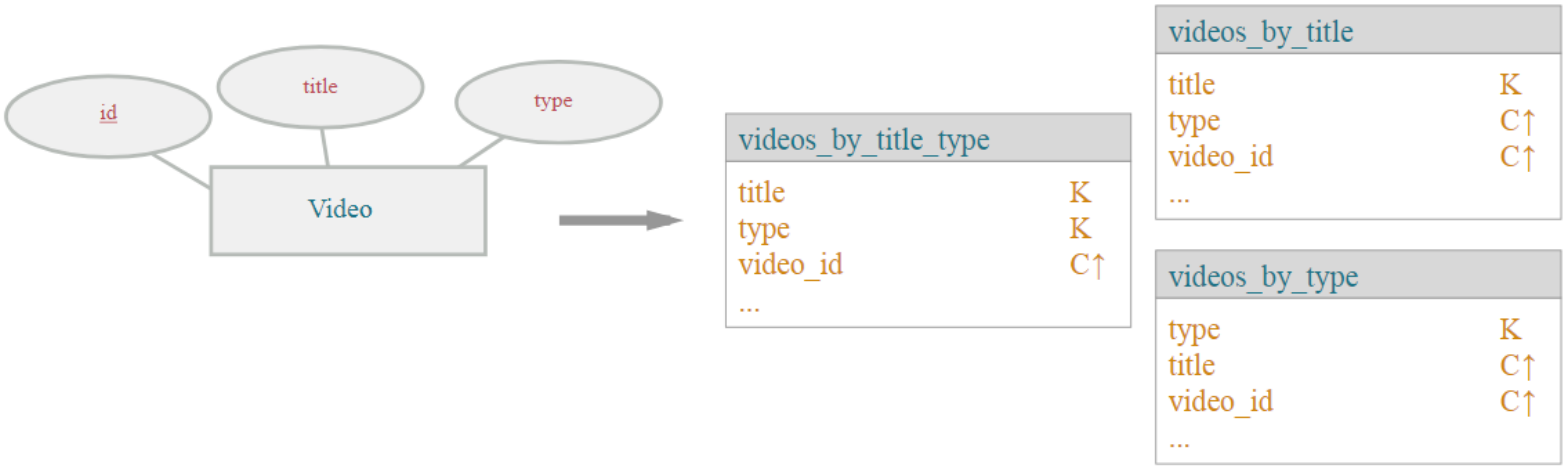
- La chiave primaria è un insieme ordinato di colonne, costituito da chiave di partizionamento e colonne di raggruppamento
- La chiave di partizionamento è formato da una (o più) delle prime colonne dichiarate nella chiave primaria
- Le query devono sempre includere le colonne della chiave di partizionamento



Regola 2
Attributi per ricerche esatte

Gli attributi su cui effettuare ricerche esatte devono essere le prime colonne della chiave primaria

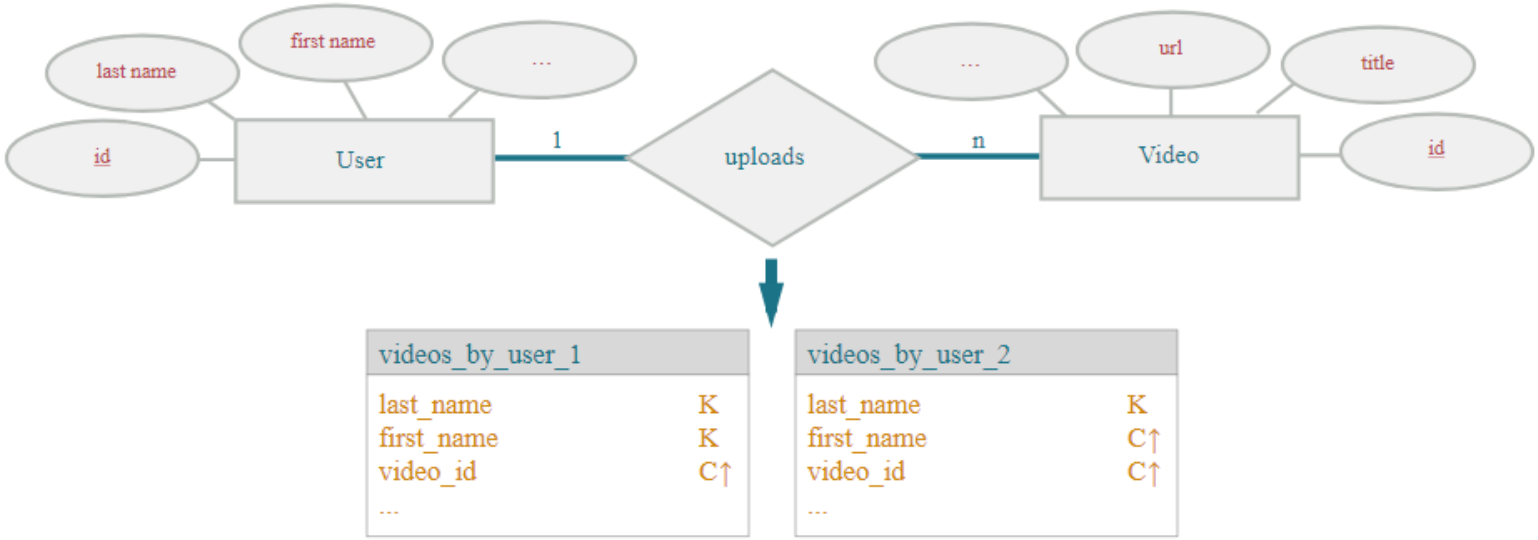
- Ricerca su *title* e *type*
- 3 possibili soluzioni



Regola 2
Attributi per ricerche esatte

Gli attributi su cui effettuare ricerche esatte devono essere le prime colonne della chiave primaria

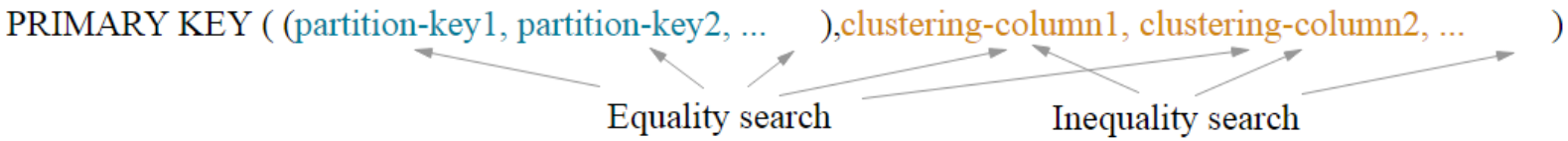
- Ricerca su *last_name* e *first_name*
- 2 possibili soluzioni



Regola 3
Attributi per ricerche inesatte

Attributi su cui effettuare ricerche inesatte

- Sulla chiave di partizionamento è possibile fare solo ricerche esatte
- Gli attributi per ricerche inesatte vanno dichiarati come colonne di clustering, DOPO gli attributi su cui fare ricerche esatte



Regola 3
Attributi per ricerche inesatte

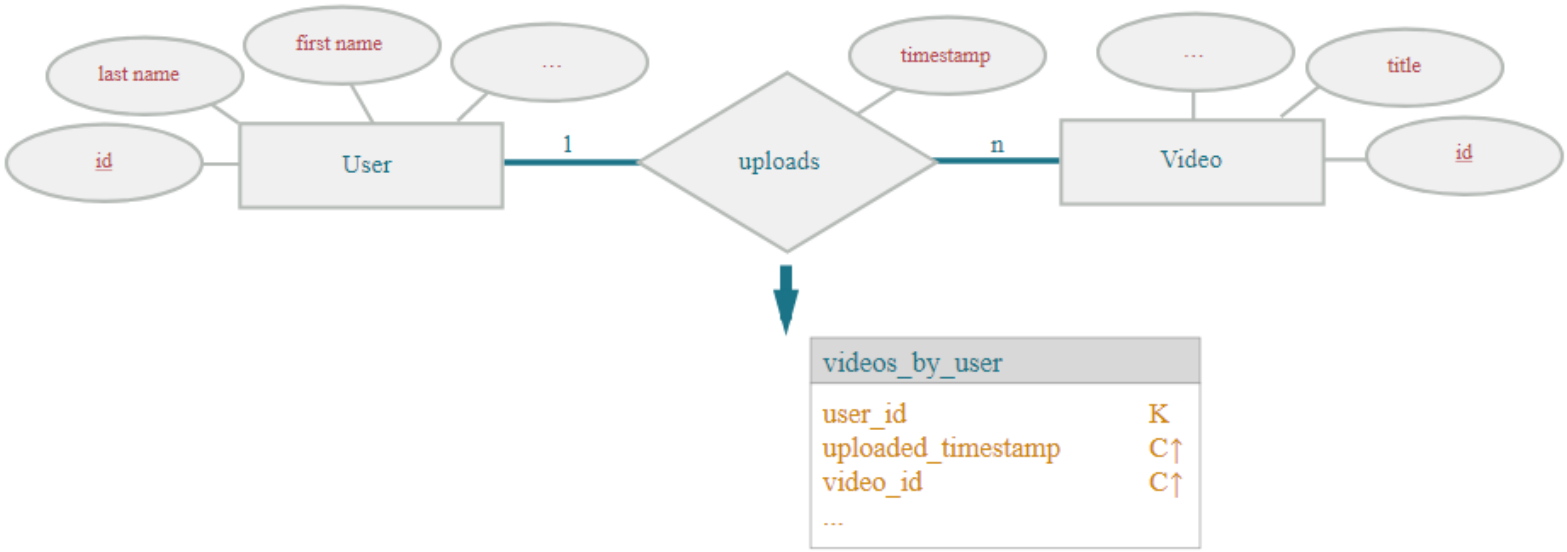
Attributi su cui effettuare ricerche inesatte

- Ricerca su *last_name = ?* e *registration_date > ?*

Regola 3
Attributi per ricerche inesatte

Attributi su cui effettuare ricerche inesatte

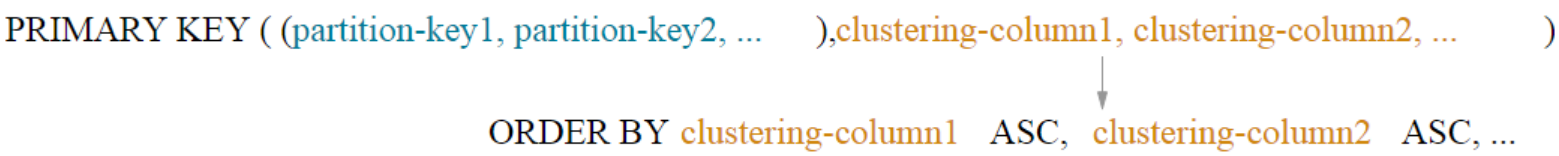
- Ricerca su *user_id = ?* e *uploaded_timestamp > ?*



Regola 4
Attributi per ordinamenti

Attributi su cui effettuare ordinamenti

- In ogni tabella, le partizioni sono ordinate sulle colonne di raggruppamento, nell'ordine in cui sono state dichiarate
- L'ordinamento va specificato in fase di creazione
- Non esiste la clausola di ORDER BY in CQL



Regola 4
Attributi per ordinamenti

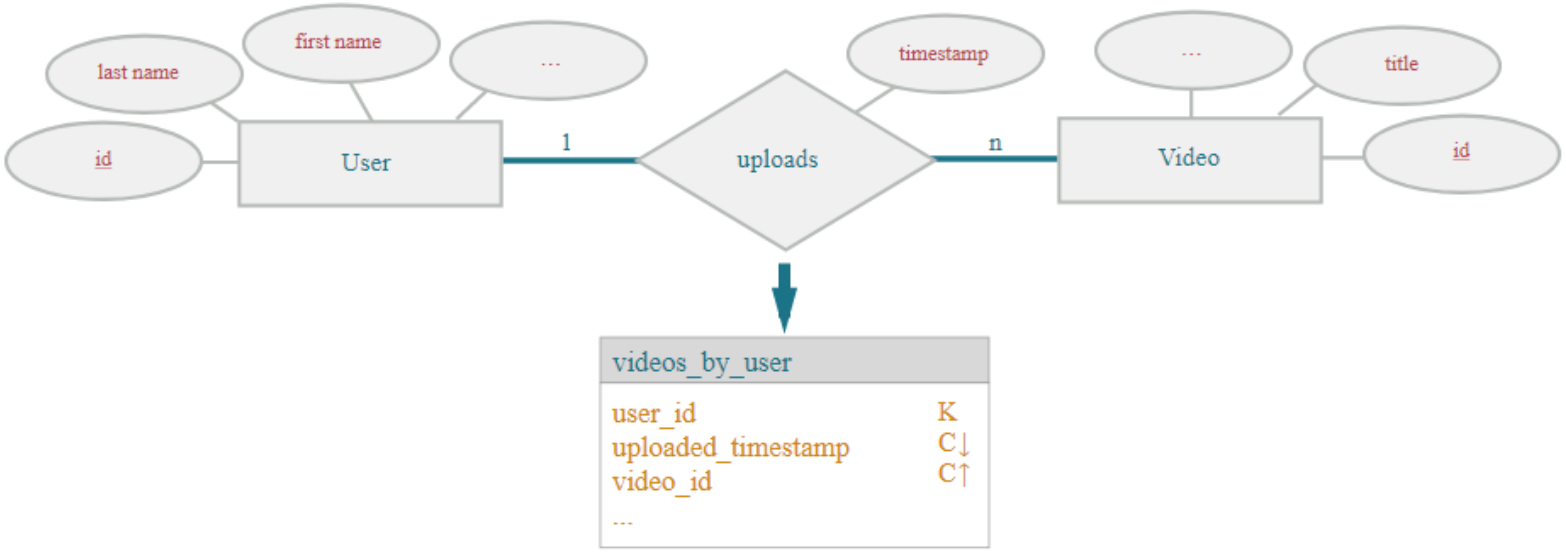
Attributi su cui effettuare ordinamenti

- Ricerca su *last_name = ?* e *registration_date > ?*
- Ordinamento per *registration_date* crescente

Regola 4
Attributi per ordinamenti

Attributi su cui effettuare ordinamenti

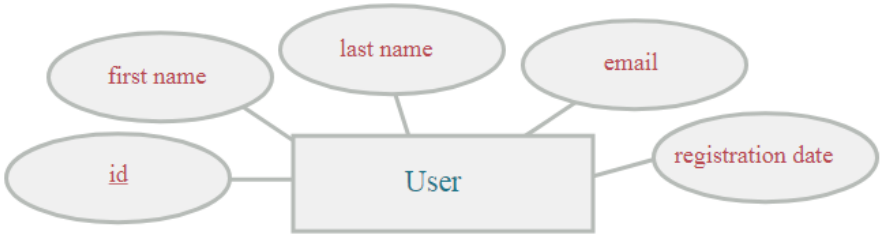
- Ricerca su *user_id = ?* e *uploaded_timestamp > ?*
- Ordinamento per *uploaded_timestamp* decrescente e *video_id* crescente



Regola 5
Attributi chiave

Gli attributi chiave devono essere dichiarati nella chiave primaria

- Importante per mantenere la granularità giusta per la tabella



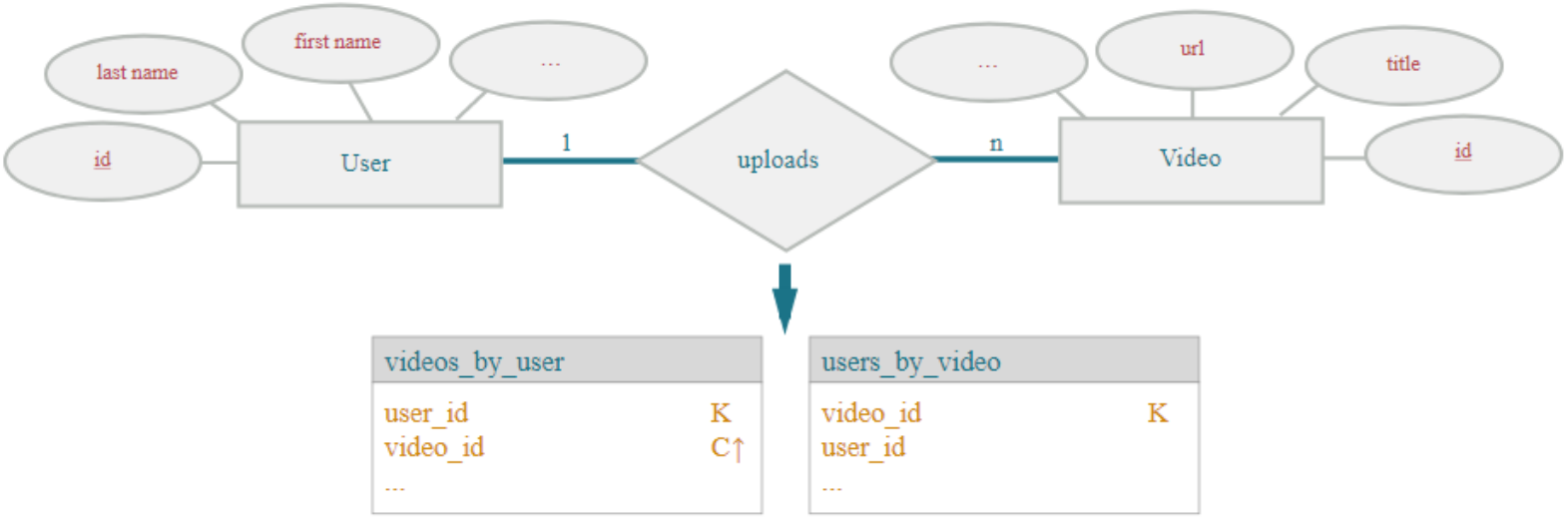
users	
user_id	K
email	
first_name	
last_name	
registration_date	

users_by_name	
last_name	K
first_name	K
user_id	C↑
email	
registration_date	

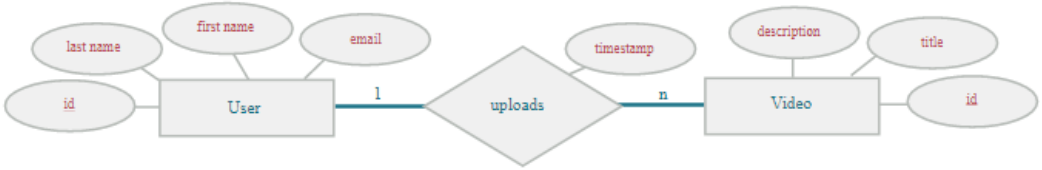
Regola 5
Attributi chiave

Gli attributi chiave devono essere dichiarati nella chiave primaria

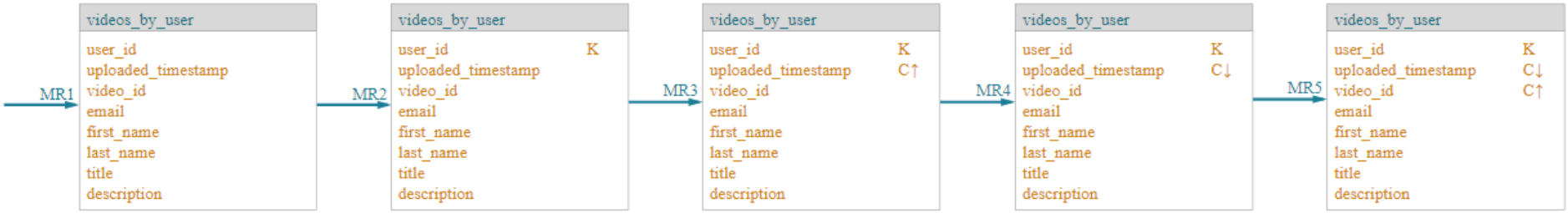
- Importante per mantenere la granularità giusta per la tabella



Un esempio completo

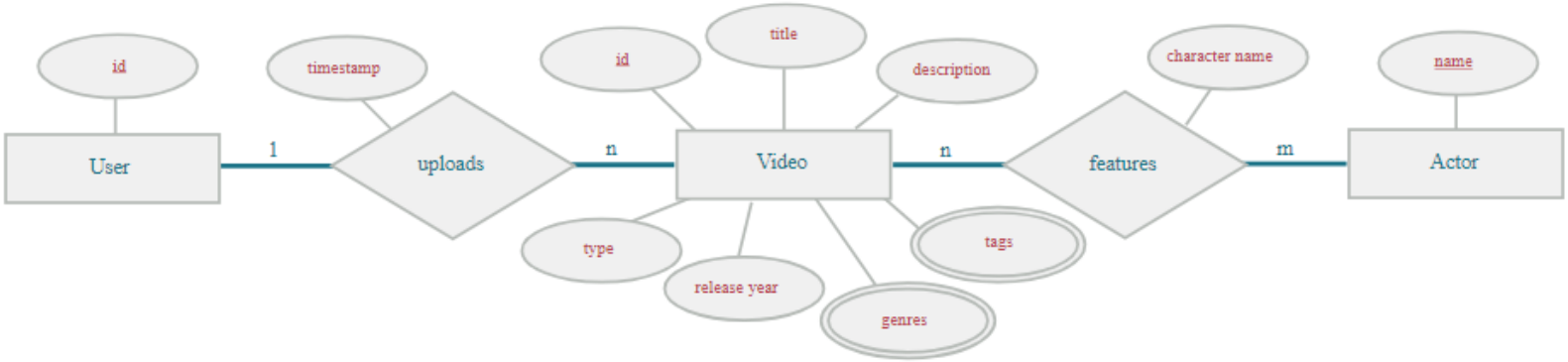


Query: user_id = ? and uploaded_timestamp > ?
ORDER BY uploaded_timestamp DESC



Esercizio 7

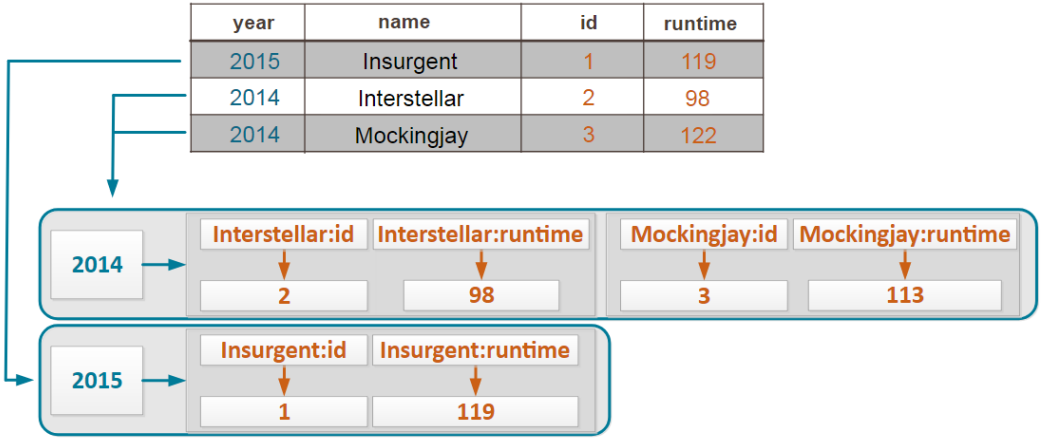
Dato il seguente schema concettuale, definire le tabelle che rispondono alle seguenti query



- Q1: Dato un tag, trova tutti i video (mostra prima i più recenti)
- Q2: Trova tutti i video di un dato attore in un dato range di anni (mostra prima i più recenti e ordina anche per titolo)
- Q3. Come Q2, ma filtrando anche per genere

Colonne statiche

La struttura della chiave primaria (partizionamento + raggruppamento) consente di memorizzare pù righe nella stessa partizione

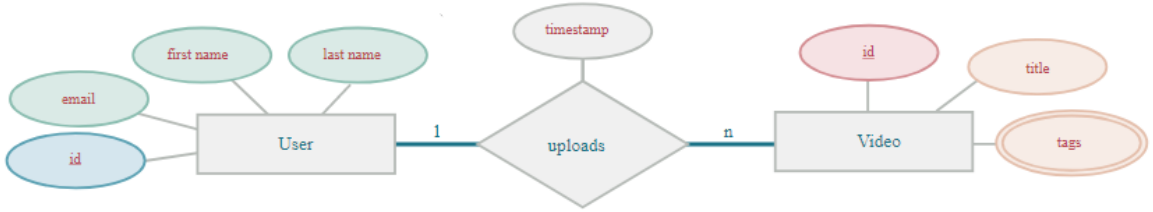


Se una colonna è funzionalmente determinata dalla chiave di partizionamento, è possibile dichiararla come statica

- In questo modo ce ne sarà una per partizione, non per ogni riga

Colonne statiche

Quando usarle



ACCESS PATTERN
WHERE user_id = ?

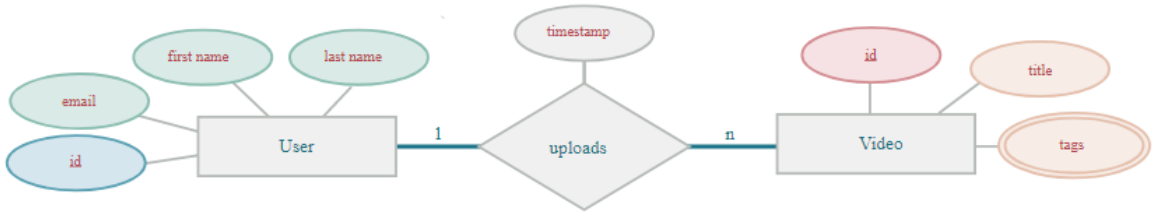
videos_by_user	
user_id	K
video_id	C↑
email	S
first_name	S
last_name	S
title	
{tags}	
uploaded_timestamp	

ACCESS PATTERN
WHERE user_id = ? AND uploaded_timestamp > ?

videos_by_user	
user_id	K
uploaded_timestamp	C↑
video_id	C↑
email	S
first_name	S
last_name	S
title	
{tags}	

Colonne statiche

Quando non usarle



ACCESS PATTERN
WHERE first_name = ? AND last_name = ?

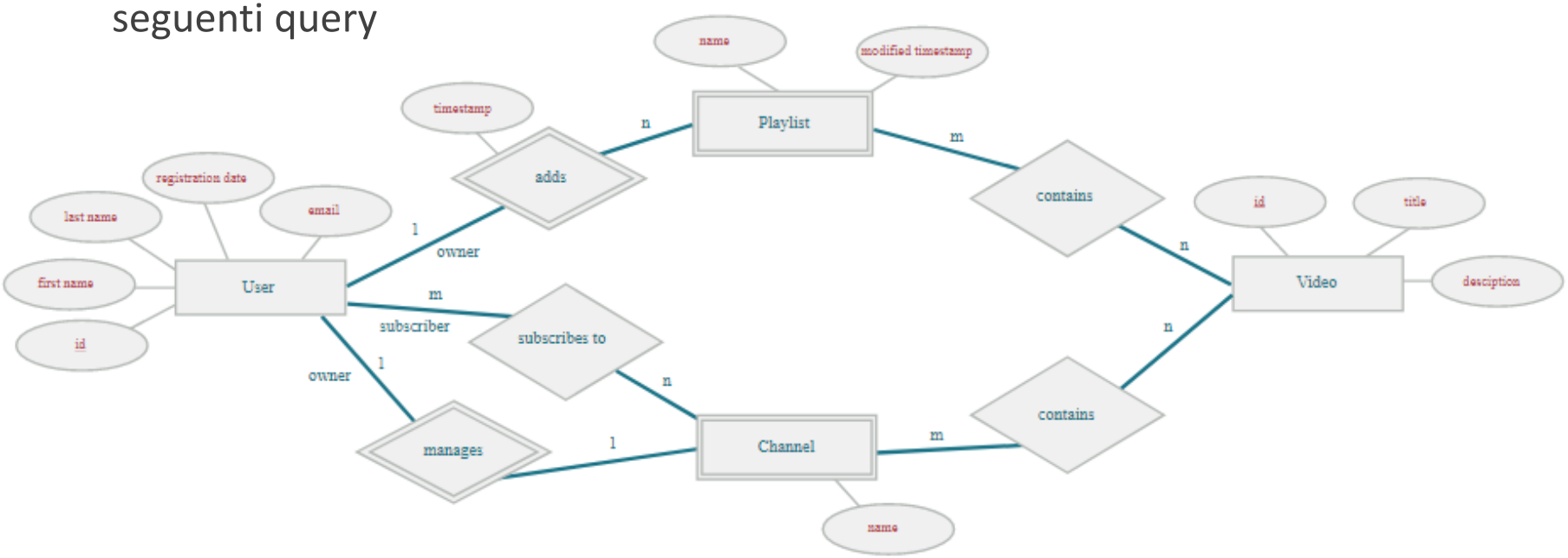
videos_by_user	
first_name	K
last_name	K
video_id	C↑
title	
{tags}	
uploaded_timestamp	

ACCESS PATTERN
WHERE email = ? AND uploaded_timestamp > ?

videos_by_user	
email	K
uploaded_timestamp	C↑
video_id	C↑
title	
{tags}	

Esercizio 8

Dato il seguente schema concettuale, definire le tabelle che rispondono alle seguenti query



- Q1: Trova tutte le playlist dati il proprietario ed un range di date di modifica (mostra prima quelle modificate più di recente)
- Q2: Trova tutti i canali (ordinate alfabeticamente) a cui un dato utente è registrato
- Q3. Trova tutti i video contenuti in uno specifico canale

Modellazione fisica

Le regole di modellazione logica definiscono delle *best practices* per costruire tabelle coerenti coi requisiti dell'applicazione

Tuttavia, rimane del margine per ottimizzare le tabelle dal punto di vista dell'efficienza, considerando:

- Le limitazioni del database
- Le risorse del cluster (numero di nodi, spazio su disco, memoria, ..)
- Eventuali operazioni non supportate direttamente dal DBMS

Dimensione delle partizioni

Uno degli elementi più importanti da controllare

- Una partizione è atomica, indivisibile
- Deve risidere interamente in un nodo

Limite di Cassandra: massimo 2 miliardi di colonne per partizione

- Best practice: non superare l'ordine delle centinaia di MB per partizione

Ridondanza dei dati

A causa delle regole di modellazione (niente normalizzazione, una tabella per query), il database conterrà più copie degli stessi dati

- Da non confondere col meccanismo di replication
- Esempio: dataset da 10TB, ridondanza 10x, replicazione 5x; totale 500TB

Evitare fattori di ridondanza non costanti (e.g., n, n^2, 2^n, ecc.)

- Quanti tag può avere un video?
- In caso di ridondanza non costante, rivedere il caso d'uso o imporre dei limiti

Non dimenticare il problema della consistenza

Consistenza dei dati

La consistenza dei dati va gestita a livello di applicazione

- Una modifica può comportare l'esecuzione di tante INSERT/UPDATE/DELETE

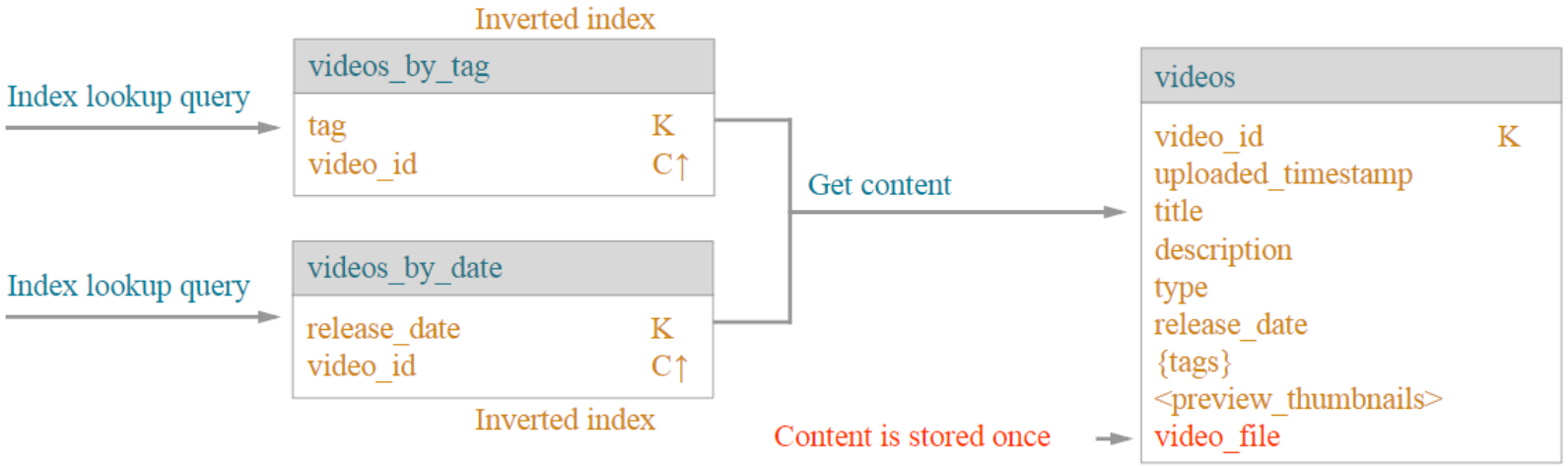
Cassandra fornisce un meccanismo di esecuzione batch

```
BEGIN BATCH
  UPDATE videos SET title = 'Jaws' WHERE video_id = 1;
  INSERT INTO videos_by_title (title, video_id, ...) VALUES ('Jaws', 1);
  DELETE FROM videos_by_title WHERE title = 'Jaw' AND video_id = 1;
APPLY BATCH;
```

- Garantisce l'atomicità dell'operazione
- Non prevede rollback
- Non garantisce isolation rispetto a letture e scritture concorrenti
- Non ottimizza le performance

Join

- CQL non supporta i join
- Materializzare ogni query in una tabella comporta costi legati alla ridondanza dei dati
- Una soluzione è quella di ristrutturare le tabelle delle query come dei semplici indici verso la tabella principale
- Il join va però gestito a livello di applicazione



Aggregazioni

Cassandra non supporta GROUP BY

- Unico raggruppamento supportato: COUNT(*)

Come fare aggregazioni?

- Creare una tabella che contiene dati aggregati e aggiornarla continuamente
- Sfruttare il tipo di dato counter
  - Anche se non è accurato al 100%
- Gestire l'aggregazione a livello di applicazione
- Sfruttare altri strumenti che permettono di effettuare aggregazioni e che si interfacciano con Cassandra (e.g., Apache Spark)

Transazioni

Cassandra non supporta transazioni ACID…

- Atomicity, Consistency, Isolation, Durability

… ma fornisce costrutti che supportano **parzialmente** queste proprietà:

- Contatori
  - Leggono il valore corrente prima di incrementarlo/decrementarlo
- Esecuzioni batch
  - Garantiscono l'atomicità di un insieme di istruzioni
- INSERT INTO ... IF NOT EXISTS;
  - Evita che venga effettuato un update nel caso il dato esista già
- UPDATE ... IF ...;
  - Simile al counter: verifica un valore prima di fare l'update

```
UPDATE users
SET reset_token = null,
  password = 'trustno1'
WHERE user_id = 'tlberglund'
IF reset_token = 12345678;
```

Esercizio finale

- Aprire lo script /root/labwork/exercise-16/killrvideo.cql
- Nelle prime 4 tabelle, inserire il tipo di dato corretto al posto di "CQL TYPE"
- Eseguire lo script

```
SOURCE '/root/labwork/exercise-16/killrvideo.cql';
```

- Popolare le tabelle

```
USE killr_video;
COPY videos FROM ' /root/labwork/exercise-16/ videos.csv' WITH HEADER=true;
COPY latest_videos FROM ' /root/labwork/exercise-16/ latest_videos.csv' WITH HEADER=true;
COPY trailers_by_video FROM ' /root/labwork/exercise-16/ trailers_by_video.csv' WITH HEADER=true;
COPY actors_by_video FROM ' /root/labwork/exercise-16/ actors_by_video.csv ' WITH HEADER=true;
```

Esercizio finale

- Query: visualizzare i 50 video più recenti dalla tabella latest_videos
  - Cercare l'ID del film "Gone Girl" ("L'amore bugiardo")
- Query: visualizzare i dati del film dalla tabella videos
  - Quando è stato rilasciato il film? A quali generi appartiene?
- Query: visualizzare gli attori coinvolti nel film e i personaggi da loro interpretati dalla tabella actors_by_video
  - Quale attore ha interpretato il personaggio Desi Collings?
- Query: cercare il trailer del film dalla tabella trailers_by_video
  - Il trailer_id è un ID che riconduce alla tabella videos
- Query: visualizzare i dati del trailer dalla tabella videos