Databases
NoSql

Francesco Pugliese, PhD

neural1977@gmail.com

Database NoSql: DB Aggregati

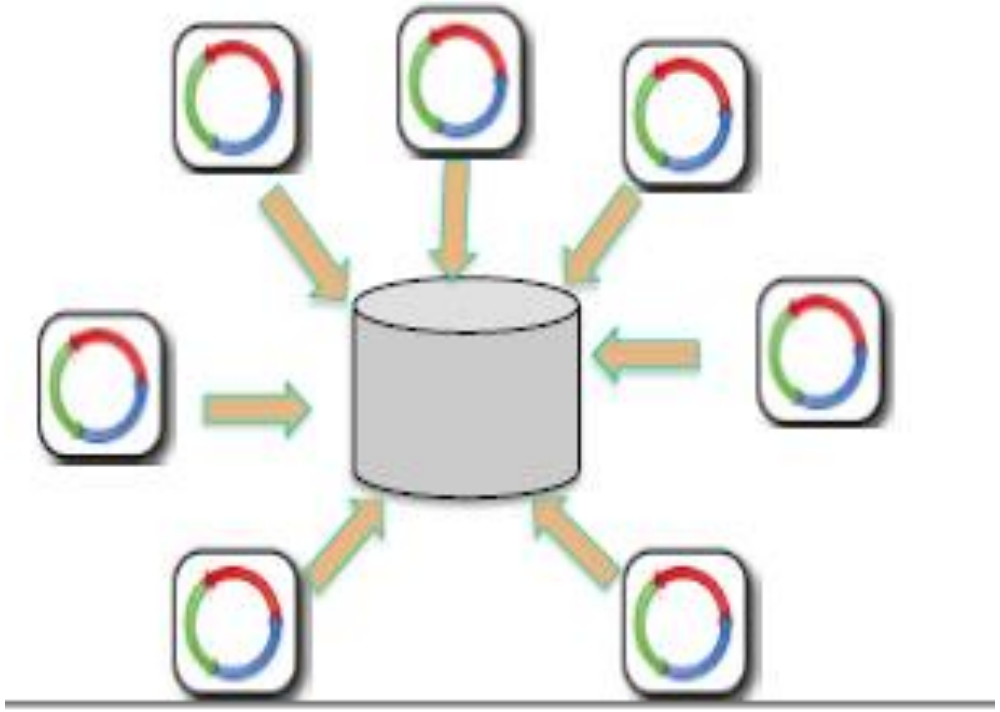
- ✓ Modelli di dati **NoSQL**
- ✓ **Database** Chiave-Valore, Documenti, Colonna
- ✓ Modelli di Distribuzione
- ✓ Consistenza
- ✓ Map-Reduce

Guardiamo al passato: predominio relazionale

- ✓ I **Database Relazionali** sono stati per decenni la scelta di default dei sistemi di data storage, specialmente per applicazioni enterprise
- ✓ La principale ragione di questo predominio è:
- ✓ Capacità di mantenere i dati in **memoria di massa** in un modo **strutturato** (esempio file system w.r.t., ossia un tipo di network file system sharato)
- ✓ **Semplicità** nel modello dei dati
- ✓ Gestione della **concorrenza** nell'accesso ai dati
- ✓ Basato su linguaggi **standardizzati**
- ✓ Usato come mezzo per **integrare applicazioni** (integrazione di database)

SQL come meccanismo di integrazione

- Il **fattore primario** che ha reso i db relazionali maggiormente di successo rispetto agli altri modelli di dati (come ad esempio gli **Object Oriented DB**) è probabilmente il ruolo giocato da **SQL come meccanismo di integrazione tra applicazioni**
- In questo scenario, applicazioni multiple immagazzinano i loro dati in un database integrato comune. Questo **migliora la comunicazione** perchè tutte le applicazioni operano su un insieme consistente di dati persistenti



Database di Integrazione vs Applicazione

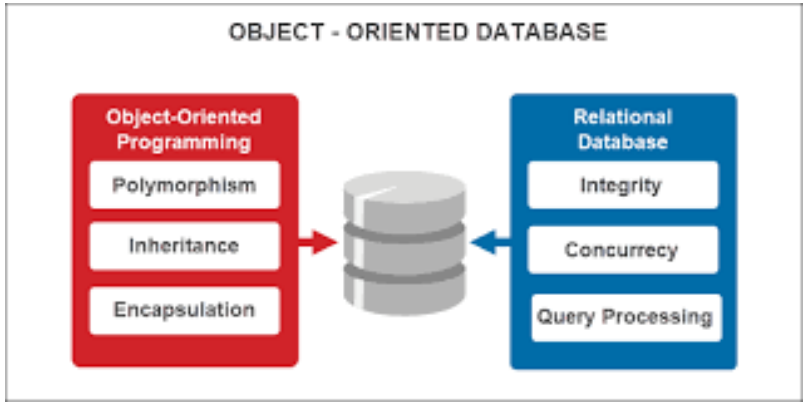
- ✓ **Esistono svantaggi** all'uso della condivisione dell'integrazione di database:
- ✓ Una struttura che sia progettata per **integrare molte applicazioni** finisce per essere **molto complessa**
- ✓ I cambiamenti ai dati di **differenti applicazioni** hanno bisogno di essere **coordinati**
- ✓ **Differenti applicazioni** hanno differenti necessità di **performance**, dunque chiamano differenti strutture ad indice
- ✓ **Accesso control policies complesse**
- ✓ Un approccio differente è quello di trattare il **DB** come un **database di applicazione (application database)**

Application Database

- Un **Application Database** viene solo direttamente acceduto da una singola applicazione, che lo rende **più facile da manutenere ed evolvere**
- **L'interoperabilità riguarda il fatto che si può ora passare alle interfacce dell'applicazione:**
  - Durante il **2000** abbiamo assistito ad un ben distinto spostamento verso i web service, dove le applicazioni **potrebbero comunicare sul HTTP (lavorare su Architetture Service-Orientate)**
- Se comunichiamo con **SQL**, i dati devono essere strutturati in relazioni. Tuttavia con un servizio, siamo capaci di usare strutture dati più ricche, possibilmente con dei record innestati e delle liste.
- Questi dati sono di solito rappresentati come documenti in **XML** o più recentemente **JSON (Javascript Object Notation),** un formato di intescambio leggero

Object Oriented DB

- I **DB Orientati gli Oggetti** (Object-oriented Database) sono emersi per andare incontro all'esigenza di fondere i linguaggi di **programmazione orientata agli oggetti** con i **database**.
- Sebbene i **database orientati agli oggetti** siano nati verso la fine del **1970**, essi hanno visto una crescita nell'utilizzo solo nei recenti decenni con la crescita dei **linguaggi di programmazione funzionale** e dei **database relazionali**.
- Ma una sempre più crescente comunità sta emergendo grazie all'abilità dei db orientati agli oggetti di fornire delle **query** molto veloci e con un codice più leggero.



Object Oriented DB

- I **DB Orientati agli Oggetti** contengono i seguenti elementi fondamentali:
- **Oggetti**: che sono entità del mondo reale, come per esempio un task specific in una "**to-do list**": "porta fuori la spazzatura". Tutti gli oggetti vengono assegnati ad una **classe** all'interno delle strutture dati sia per scopi di gerarchia e sia per scopi funzionali. In questo modo quando sentiamo la frase **"istanze di una classe",** ci stiamo riferendo semplicemente agli oggetti che sono creati da una particolare classe.
- **Attributi e Metodi**: Un oggetto è caratterizzato da uno stato e da dei comportamenti. Gli oggetti hanno anche proprietà (attribute) come nomi, stato e date di creazione. L'insieme delle proprietà, tenute insieme, rappresenta il suo stato. Gli oggetti hanno anche comportamenti (conosciuti come metodi, azioni o funzioni) che modificano o operato sulle sue proprietà. Esempi includono **updatetask()** o **gettaskhistory()**. I metodi sono anche il percorso di comunicazione primario da "**oggetto a oggetto**".

Object Oriented DB

- **Classi**: sono raggruppamenti di oggetti con le stesse **proprietà** e gli stessi **comportamenti**.
- Non solo le **classi** indicano le relazioni, come **genitore** o **figlio,** ma essi classificano anche gli oggetti in termini di funzioni, tipi di dati, o altri attributi dei dati definiti.
- I **puntatori** invece sono indirizzi che facilitano sia **l'accesso** all'oggetto sia lo stabilirsi delle **relazioni** tra oggetti.

```
class task
{
    String name;
    String status;
    Date create_date;

    public void update_task(String status)
    {
    ...
    }
}
```

Verso nuovi modellli dei dati

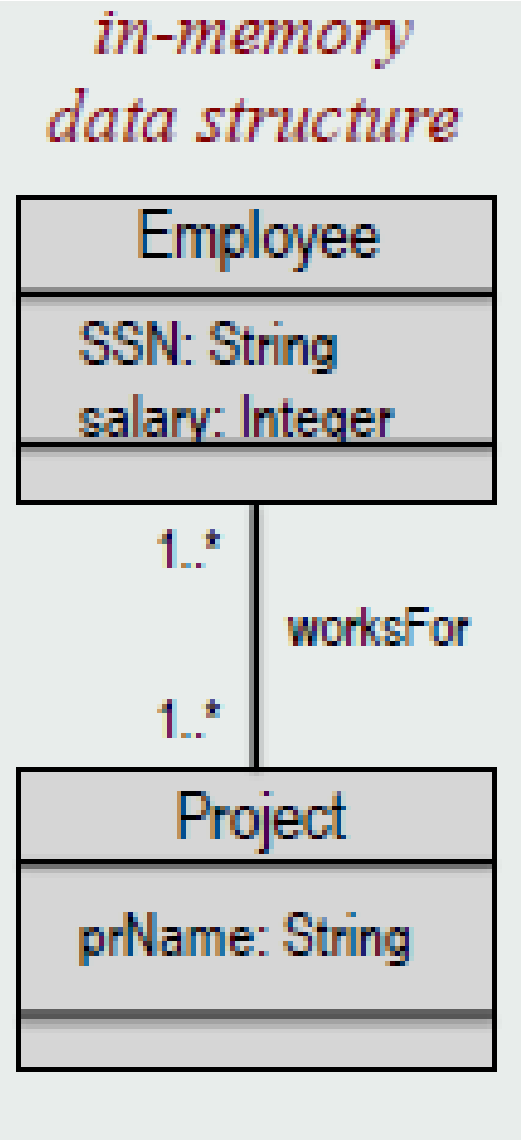
- ✓ Quali sono le ragioni per cui i modelli di dati **NoSQL** hanno iniziato a divenire così popolari?
- ✓ Alcune di queste motivazioni coincidono con le motivazioni che hanno originato lo sviluppo dell'**ecosistema Big Data**, e di cui abbiamo già discusso
- ✓ Dovrebbero in ogni caso essere enfatizzati i seguenti aspetti:
- ✓ Persone che hanno iniziato a modellare le **applicazioni di db**
- ✓ Avere a che fare con **aggregati**, ossia con una porzione rilevante concettualmente di informazione (oggetto, data record), è molto più facile per i nuovi database gestire **operazioni su cluster,** dal momento che il **db aggregato** rende una unità naturale per la replicazione e lo sharding (distribuzione)
- ✓ Inoltre, il problema della **Impedance Mismatch Problem,** ossia la differenza tra il modello relazionale e le strutture dati in memoria.

Impedance Mismatch

- L' **Impedance Mismatch** è una delle maggiori cause di **frustrazione** per gli sviluppatori di applicazioni, e nel 1990 molte persone credevano che i database relazionali sarebbero stati sostituiti da database che **replicavano le strutture dati nella memoria anche sul disco**.
- Quel decennio fu segnato dalla crescita dei linguaggi di programmazione orientati agli oggetti, e quindi dalla nascita dei **db orientati agli oggetti**.
- Tuttavia, dopo che il modello **OOP** ebbe **successo** nella programmazione i DB orientati agli oggetti **non ebbero per nulla successo**: i db relazionali rimasero la principale tecnologia per il data storage, essendo altamente consolidati, ben noti, ottimizzati e soprattutto basati su linguaggi standard come **SQL**.
- Quindi, **l'Impedance** rimase un problema, framework di Object-relational mapping come **Hibernate** o **iBatis** sono stati proposti per rendere le cose facili, ma non sono adatti a quegli scenari (frequenti) in cui molte applicazioni fanno affidamento allo stesso db integrato. Anche le **performance** delle query soffrono in questi **framework**.

Impedance Mismatch - Esempio

- ✓ Dati correnti immagazzinati in un DB:
- ✓ D2: Codice degli impiegati con salario e SSN
- ✓ D1: Impiegati e Progetti per cui gli impiegati lavorano
- ✓ Concettualmente:
- ✓ Un impiegato è identificato dal suo SSN.
- ✓ Un progetto è identificato dal suo nome.
- ✓ Quindi:
- ✓ Un impiegato dovrebbe essere creato dal suo SSN
- ✓ un progetto dovrebbe essere creato dal suo PrName



Attacco dei Cluster

- **Il 2000 ha assistito** a parecchie proprietà del web che sono drammaticamente aumentate in grandezza nel tempo!
- I siti web iniziarono a tracciare **l'attività** e la **struttura** in un modo molto dettagliato. Grandi data set sono apparsi: link, social network, attività nei log, dati di mapping. Con la crescita del **volume dei dati** è aumentato anche il numero degli utenti.
- Superare i problemi dell'incremento dei dati e del traffico ha richiesto più risorse computazionali.
- Scalare significa macchine più grandi, più processori, più storage e memoria. Ma macchine più grandi sono più costose ed hanno dei limiti concreti nell'incremento delle loro dimensioni, hanno un **tetto massimo teorico**.

Attacco dei Cluster

- ✓ **L'alternativa a scalare le dimensioni delle macchine è quella di usare un elevato numero di machine all'interno di un cluster.** Un cluster di macchine piccole può usare dell'hardware di basso costo e finire per essere più economico alle varie scale.
- ✓ Inoltre un cluster può anche essere **più resiliente** dal momento che se le macchine singole si danneggiano, l'intero cluster può continuare a funzionare fornendo alta affidabilità oltre che alte performance
- ✓ Mentre le grandi compagnie si sono mosse verso i cluster, questo ha portato ad un nuovo problema: **i db relazionali non sono progettati per essere eseguiti sui cluster!**

Attacco dei Cluster

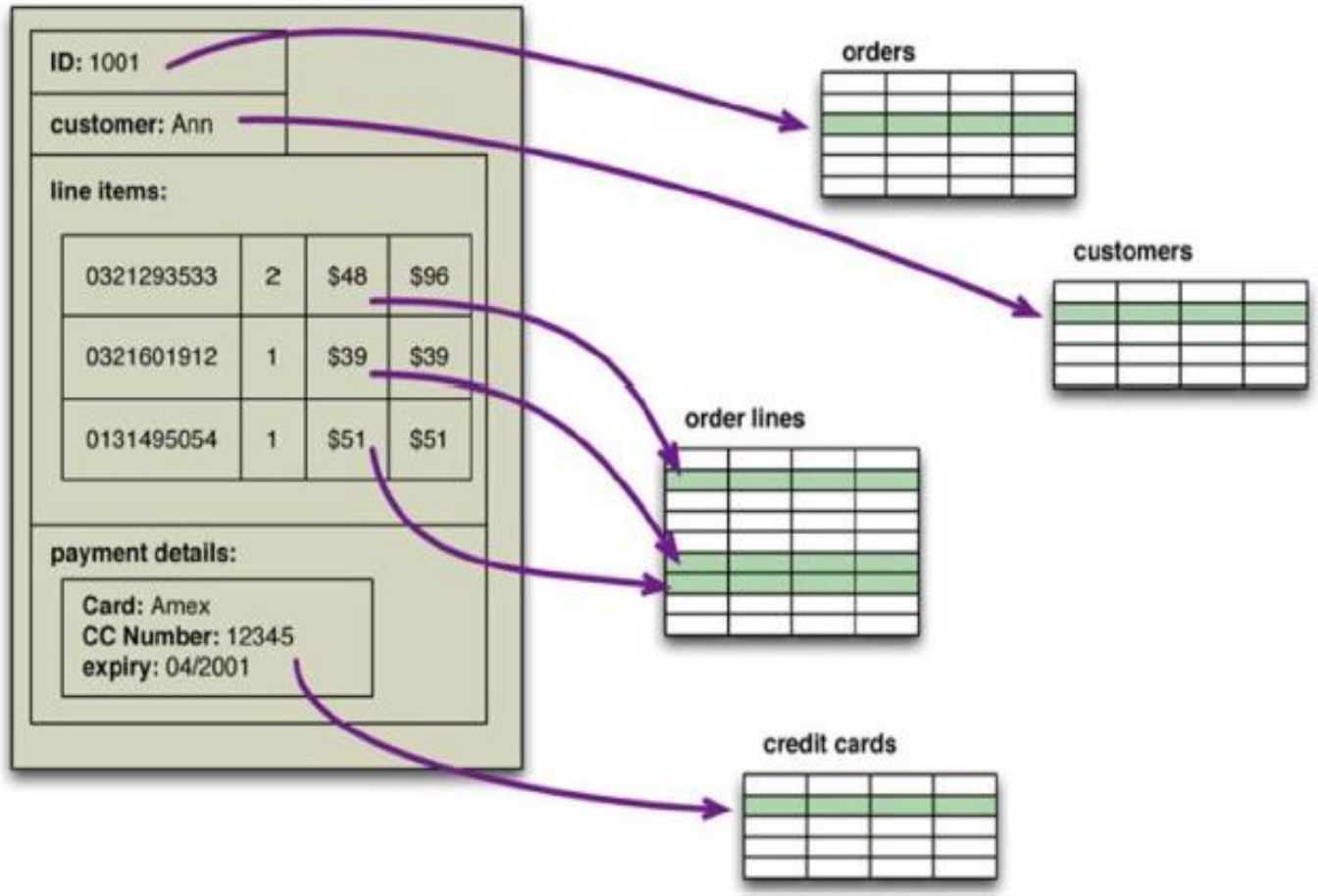
- ✓ **I DB relazionali possono anche essere avviati su server separati** per differenti insiemi di dati, questo è lo **sharding** dei database (ad esempio i dati vengono **fisicamente segmentati su vari nodi** di storage dei dati).
- ✓ Mentre si separa il caricamento, **tutto lo sharding** deve essere controllato a livello applicativo che deve tenere **traccia di quale db server** deve rispondere per comunicare ciascun blocco di dati.
- ✓ Inoltre, perdiamo query, integrità referenziale, transazioni o controllo di consistenza con l'uso dello sharding.
- ✓ **La decisione della granularità dello sharding** è una questione moldo ma molto difficile!

Modelli dei Dati Aggregati

- ✓ **Il modello relazione divide l'informazione** che noi vogliamo storare in tuple (righe): questa è una struttura molto semplice per i dati.
- ✓ **L'orientazione Aggregata** prende una differente direzione nell'approccio. Essa riorganizza ciò che serve per operare sui dati in **unità** che hanno una struttura più complessa.
- ✓ Può essere **maneggevole** pensare in termini di un **record complesso** che permette **liste e altre strutture di record** che venganno innestate all'interno di esso.
- ✓ Tuttavia, non c'è un termine comune per questo tipo di record complesso; secondo il [SaFo13] usiamo il termine **aggregato.**

Modelli di Dati Aggregati

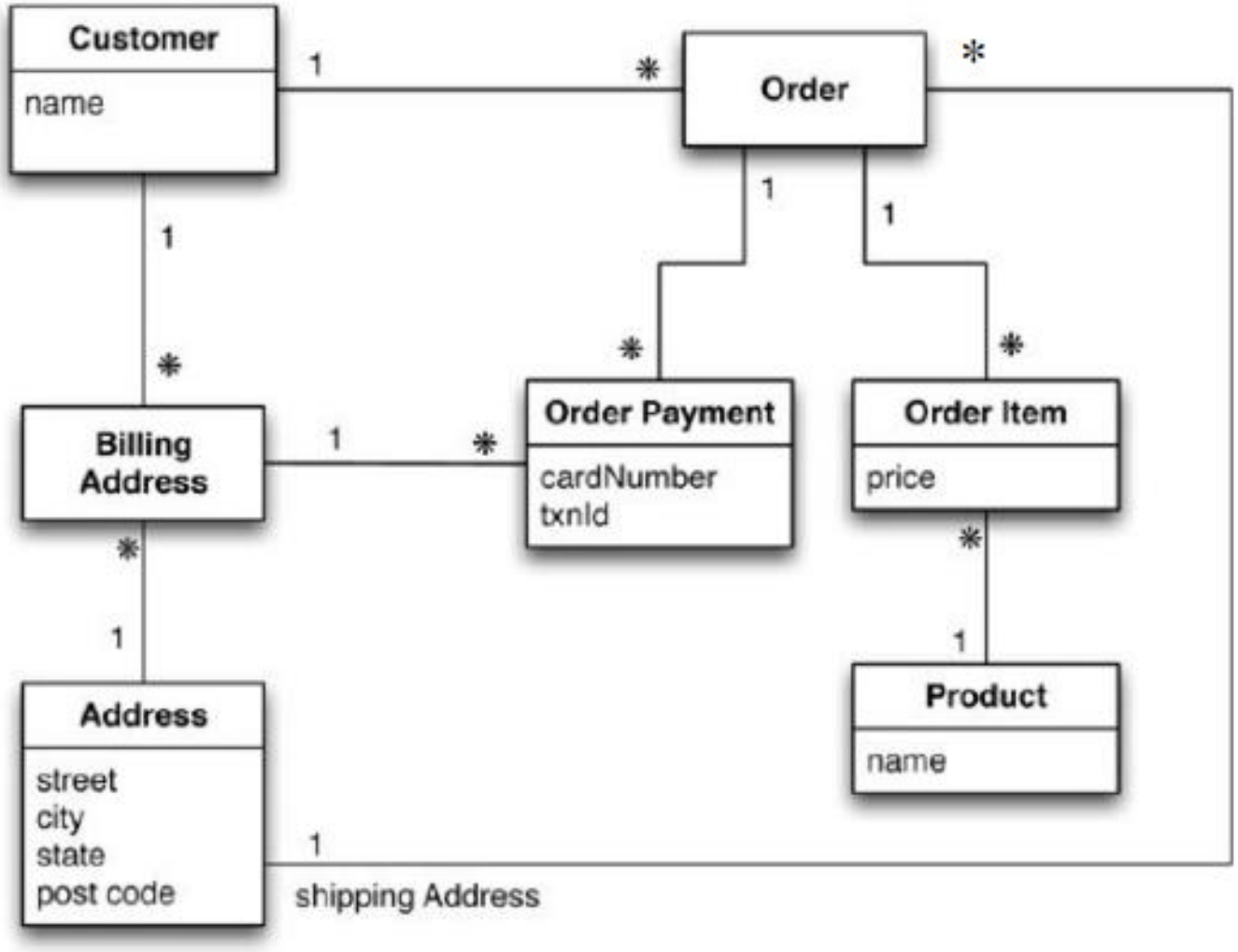
- **Aggregato** è un termine che viene dal Domain-Driven-Design (DDD). In DDD, un aggregato è una collezione di oggetti collegati che desideriamo trattare come una unica unità. In particolare, è un'unità che serve alla **data manipulation** e al **management della consistenza**.



- **Un ordine** il quale ricerca un singolo aggregato:

Esempi di Relazioni e Aggregati

- ✓ **Prospettiva dei DB relazionali: senza aggregati**



Esempi di Relazioni e Aggregati

- ✓ **Nota:** per semplicità di presentazione, solo gli attributi interessanti per l'istanza dal lato della relazione **Address** vengono presentati qui. Di **default** ciascuna tabella relazione usa un Id (che identifica un oggetto).

Customer	
Id	Name
1	Martin

Order		
Id	CustomerId	ShippingAddressId
99	1	77

Product	
Id	Name
27	NoSQL Distilled

BillingAddress		
Id	CustomerId	AddressId
55	1	77

OrderItem			
Id	OrderId	ProductId	Price
100	99	27	32.45

Address	
Id	City
77	Chicago

OrderPayment				
Id	OrderId	CardNumber	BillingAddressId	txnId
33	99	1000-1000	55	abelif879rft

Conseguenze di un'Orientazione Aggregata

- ✓ Il fatto che un ordine sia costituito da item dell'ordine, un indirizzo di spedizione, e un pagamento possono essere espressi in un modello relazionale in termini di relazioni usando una chiave straniera ma **non esiste nulla per distinguere le relazioni che rappresentano aggregazioni da quelle che non le rappresentano.** Come risultato, il database non può usare una conoscenza di una struttura aggregata per aiutarla a immagazzinare e a distribuire i dati.
- ✓ Tuttavia l'**Aggregazione** non è una proprietà dei dati di tipo logico: si riferisce più che altro al modo in cui i dati sono utilizzati dalle applicazioni, un problema che è spesso fuori dai confini del **data modelling**
- ✓ Inoltre, **una struttura aggregata di dati potrebbe aiutare con alcune interazioni dei dati ma potrebbe essere un ostacolo per altri** (nel nostro esempio, per ottenere la storia delle vendite di un prodotto, è necessario scavare dentro ogni aggregato del database)

Conseguenze di un'Orientazione Aggregata

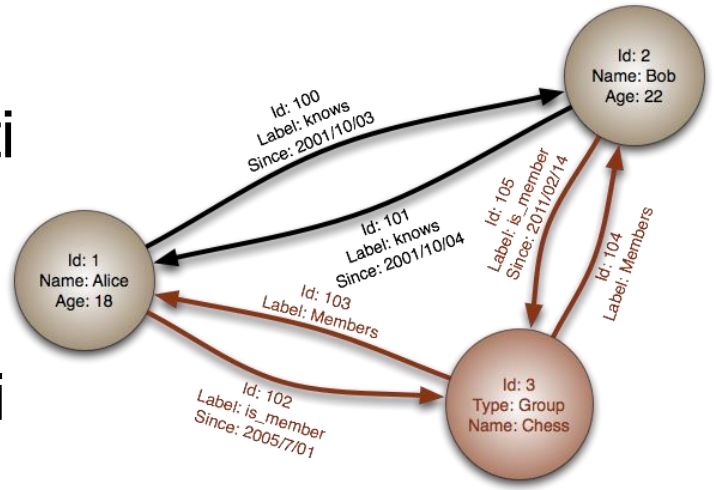
- ✓ La ragione intrigante per usare **l'orientazione aggregata** è che essa aiuta enormemente **quando si vuole avviare un db su un cluster!**
- ✓ L'**orientazione aggregata** si adatta bene allo scaling del sistema in quanto il **db aggregati** possono essere usati naturalmente per la distribuzione
- ✓ Dall'altro lato, gli aggregati sottili come lo **slicing aggregate** per accessi a più grana fine potrebbero essere davvero difficili da implementare.

Conseguenze dell'Orientazione Aggregata

- ✓ Gli aggregati hanno un importante conseguenza per le **transazioni.**
- ✓ I **db relazionali** permettono di manipolare qualsiasi combinazione di righe da qualsiasi tabella in una singola transazione **ACID**
- ✓ Si dice spesso che i db **NoSQL non supportano le transazioni ACID** e quindi si trascura la consistenza. Questo tuttavia non è proprio vero per i **DB a Grafo** che sono, come per i relazionali, alieni alle aggregazioni.
- ✓ In generale, è vero che i DB aggregati non hanno transazioni ACID che si estendono ag aggregati multipli. Invece, supportano una manipolazione atomica di un singolo aggregato alla volta: questo significa che se abbiamo bisogno di manipolare aggregati multipli in una modalità atomica, dobbiamo gestirlo da soli a livello di codice.
- ✓ In pratica, troviamo che la maggior parte del tempo dobbiamo tenere i nostri bisogni di atomicità all'interno di un singolo aggregato **che è parte della considerazione di decidere come dividere i nostri dati in aggregati.**

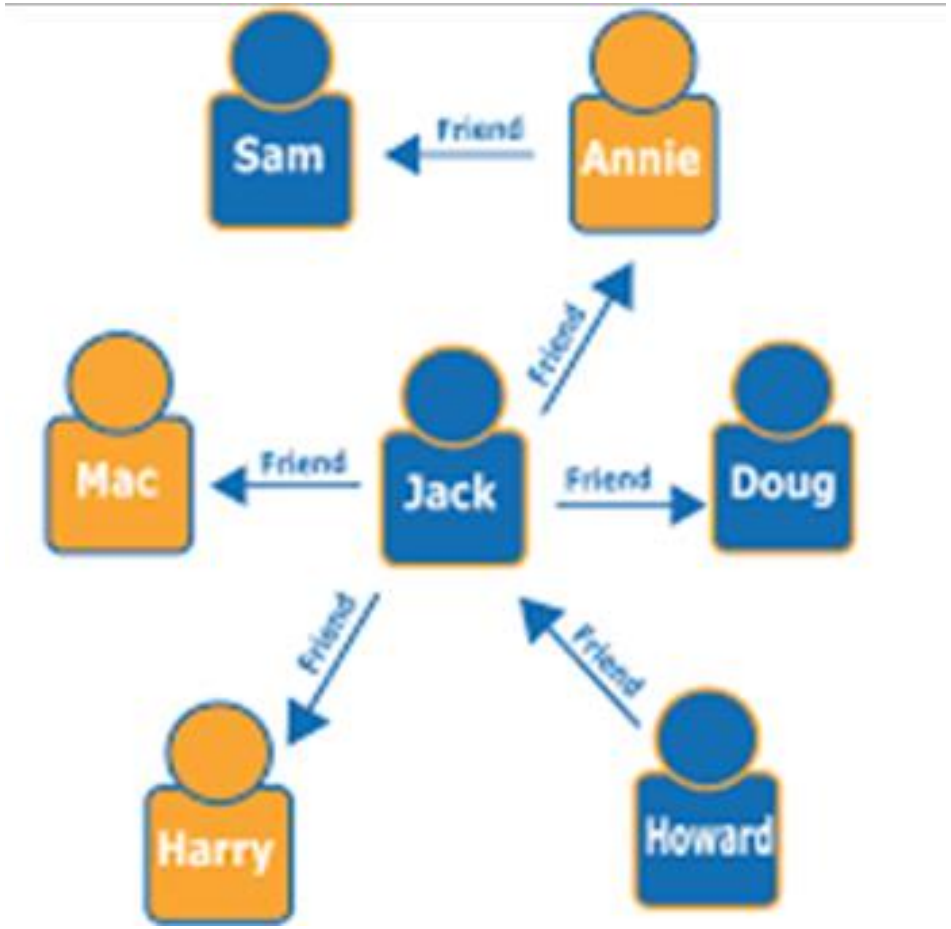
Database a Grafo

- Un **grafo** è una rappresentazione visuale di un **insieme di oggetti** dove alcune coppie di oggetti sono connesse tra loro attraverso dei collegamenti.
- Un **grafo** è composto da due elementi: i **nodi** anche detti **vertici** e le **relazioni** o **edge (frecce).**
- Un **Database a Grafo** è un database usato per modellare i dati nella forma di un **grafo**. In questo tipo di database, i nodi del grafo rappresentano le entità mentre le relazioni rapprosentano le associazioni tra i nodi.
- I più popolare **Database a Grafo** è **Neo4j**. Altri Database a Grafo sono Database Orale NoSQL, OrientDB, HypherGraphDB, GraphBase, InfiniteGraph e AllegroGraph.



Perchè un Database a Grafo?

- ✓ Oggigiorno, la **maggior parte dei dati** esiste nella forma di relazioni tra differenti oggetti e più spesso, la **relazione** tra i dati è più importante che i dati stessi.
- ✓ I **database relazionali** immagazzinano dati **altamente strutturati** che hanno parecchi record che immagazzinano lo stesso tipo di dati così che essi possano essere usati per memorizzare dati strutturati, **tuttavia essi non storano le relazioni tra i dati**.
- ✓ A differenza degli altri DB, i **Graph DB** immagazzinano le **relazioni** e le **connessioni** come entità di prima classe.



NoSQL: al di là dei Database a Grafo

- ✓ I Database a Grafo hanno la seguente capacità:
- ✓ forniscono una modellazione **schemaless** dei dati
- ✓ un **trattamento nativo** delle **relazioni** tra pezzi di informazione
- ✓ Le caratteristiche menzionate li rendono particolarmente adatti alla **gestione di complesse relazioni nei dati**, in particolare in quei contesti in cui le dinamiche del dominio rendono le soluzioni basate su modelli relazionali classici non efficacemente ed efficientemente applicabili (per esempio le connessioni utente in un social network, i sistemi di raccomandazione, le applicazioni geospaziali, ecc.)
- ✓ Abbiamo anche investigato un interessante uso dei database a grafo specificati attraverso l'**RDF W3C** che è uno strandard per i dati (e per la conoscenza) condivisi alla scala del web.

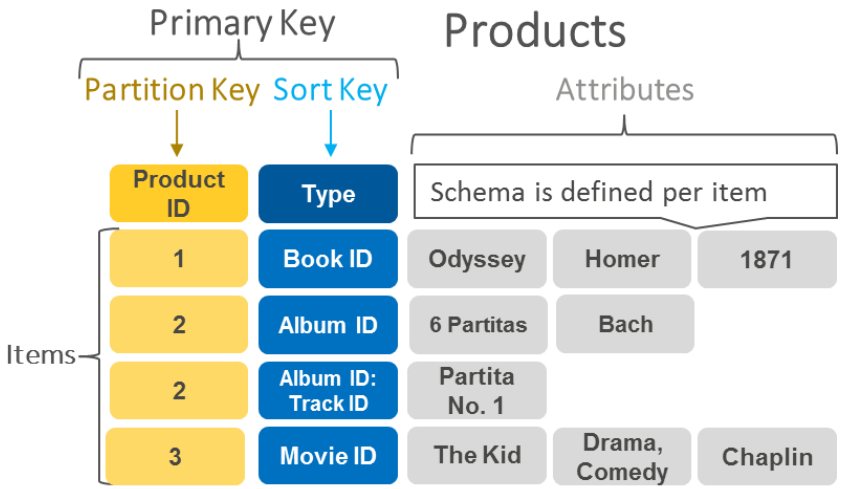
NoSQL

- I Database a Grafo sono una particolare famiglia di database che possiamo classificare come appartenenti al **"Movimento NoSQL"**
- Tuttavia, i database a grafo generalmente presentano solo alcune delle caratteristiche che sono tipiche delle soluzioni NoSQL, e che possiamo riassumere come segue (anche se non c'è una definizione generalmente accettata di NoSQL in letteratura):
- schemaless
- non usano SQL
- sono generalmente **open-source** (anche se i NoSQL sono anche applicati ai sistemi cloud)
- generalmente lavorano in cluster (anche se i database a grafo non ricadono in questo)
- generalmente non gestiscono la consistenza attraverso le **transazioni ACID** (che i DB a grafo invece supportano)

Modelli dei Dati Aggregati

- ✓ Si possono considerare tre differenti **Modelli Dei Dati Aggregati:**

1. **Chiave - Valore**
2. **Documento**
3. **Colonna – Famiglia**



- ✓ Un **database chiave-valore** è un database **non relazionale** che immagazzina i dati mediante un semplice metodo **chiave-valore**. Un database chiave-valore immagazzina i dati come un insieme di coppie di chiave-valore dove una chiave rappresenta un **identificatore univoco**.

Database NoSQL: DB Aggregati

- ✓ Abbiamo detto precedentemente che i database **chiave – valore** e **orientati ai documenti** sono fortemente **aggregati**.
- ✓ **In un database chiave-valore, l'aggregato è opaco** al database: solo dei blob grandi di bit. Il vantaggio dell'opacità è che **possiamo immagazzinare qualsiasi cosa ci piace nell'aggregato**. E' responsabilità dell'applicazione comprendere quello che è stato immagazzinato. Dal momento che la chiave-valore immagazzina sempre l'uso dell'accesso primario alla chiave, in genere hanno un'elevata performance, dal momento che discendono dal database Dynamo di Amazon, una piattaforma progettata per uno shopping non stop. I Key-value immagazzinano essenzialmente grandi e distribuite strutture dati basate su hashmap.
- ✓ Al contrario, **un documento di un database è capace di vedere una struttura**

Database NoSQL: DB Aggregati

- ✓ Al contrario, **un documento di un database è capace di vedere una struttura nell'aggregato,** ma impone **limiti su ciò che possiamo immagazzinare in esso,** definnendo strutture ammissibili e i tipi. Di ritorno, tuttavia, **otteniamo più flssibilità quando accediamo ai dati.**

Key	Value
employee_1	name@Tom-surn@Smith-off@41-buil@A4-tel@45798
employee_2	name@John-surn@Doe-off@42-buil@B7-tel@12349
employee_3	name@Tom-surn@Smith
office_41	buil@A4-tel@45798
office_42	buil@B7-tel@12349

JavaScript Object Notation (JSON)

- ✓ **JSON** è un formato di interscambio dei dati molto snello basato sui tipi di dati del linguaggio di programmazione JavaScript**.**
- ✓ Nella loro essenza, i documenti **JSON** sono dizionari che consistono in coppie chiave-valore, dove il valore può essere di nuovo un document JSON, quindi in modo da permettere un arbitrario livello di annidamento.
- ✓ Esempio:

```
{
 "name": {
          "first": "John",
          "last": "Doe"
         },
 "age": 32,
 "hobbies": ["fishing","yoga"]
 }
```

JavaScript Object Notation (JSON)

- ✓ Come possiamo vedere **JSON** supporta array e tipi atomici, come interi e stringhe
- ✓ Denotiamo con $\sum$ l'insieme dei caratteri Unicode, i **valori JSON** sono definiti come segue:
  - Qualsiasi (reale con segno) numero **n** è un valore JSON, chiamato **numero.**
  - Se **s** è una stringa in $\sum$, allora **s** è un valore JSON, chiamato **strianga.**
  - I simboli speciali **true** e **false** sono valori JSON, chiamati **booleani.**
  - Il simbolo speciale **null** è un valore JSON.

JavaScript Object Notation (JSON)

- Se v1,...,vn sono valori JSON e s1,...,sn sono valori di stringhe distinti a coppie, allora {s1:v1,...,sn:vn} è un valore JSON, chiamato **oggetto.** In questo caso, ciascuna si:vi viene chiamata coppia chiave-valore di questo oggetto. **Nessun oggetto può avere due (o più) coppie con la stessa chiave.** Se n=0, possiamo avere un oggetto vuoto {}
- Se v1,...,vn sono valori JSON allora [v1,...,vn] è un valore JSON chiamato **array.** In questo caso v1,...,vn sono chiamati **elementi di un array.**
- Nota che negli array e oggetti, I valori vi, possono essere a turno oggetti o array, quindi permettendo un arbitrario livello di annidamento.
- Un **documento JSON** è un **oggetto JSON**.

TurtleDB e Triplestore

- ✓ **turtleDB** è un framework per sviluppatori per costruire applicazioni we collaborative **offline-first.**
- ✓ Esso fornisce un'API user-friendly per gli sviluppatori, potenziando essi con l'abilità di creare app con uno **storage,** sincronizzazione di server efficace, versioning di documenti, risoluzione di conflitto flessibile per qualsiasi documento.
- ✓ Le applicazioni Web lavoreranno apparentemente online o offline, e gli sviluppatori possono settare il backend a **turtleDB**.
- ✓ Questo manipolerà tutta la sincronizzazione dei dati e la risoluzione dei conflitti tra utenti. Esso lavora con **MongoDB**.

turtleDB

Bibliografia

https://www.stitchdata.com/resources/data-transformation

https://www.ibm.com/cloud/learn/data-warehouse#:~:text=A%20data%20warehouse%2C%20or%20enterprise,AI)%2C%20and%20machine%20learning.