NoSQL databáze

Pavel Cenek
OptimSys, s.r.o.


SQL or NoSQL?
That's the query

Relační databáze

- Tabulka = soubor záznamů stejného typu
  - Týká se jedné entity (prvku reálného světa)
- Řádky tabulky = jednotlivé záznamy
- Sloupce tabulky = atributy - vlastnosti entity
  - Datový typ (číslo, text, datum, logická hodnota, atd.), omezení hodnot
  - Primární klíč - soubor hodnot jednoznačně identifikující konkrétní záznam
  - Cizí klíč - odkazuje na konkrétní záznam v jiné tabulce, tj. nese informaci o vztazích (**relacích**) mezi jednotlivými záznamy

Relační databáze

- Pevná struktura dat
- Jazyk SQL
  - Jazyk pro tvorbu dotazů do relačních databází
  - Vytvořen v IBM
  - Poprvé představen v roce 1974
- MySQL/MariaDB, PostgreSQL, Oracle DB, Microsoft SQL server, SQLite, ...
- Podnikové aplikace: ERP, HR, účetnictví
- Bankovní aplikace

Nové tisíciletí, nové druhy aplikací

- Webové, mobilní, IoT
  - Client–server
- Požadavky
  - Podporovat velký počet současně pracujících uživatelů (~10.000 až ~1.000.000)
    - Globální užívání
  - Být neustále dostupné, bez výpadků
  - Zpracovávat polo- a nestrukturovaná data a obrovské objemy dat
    - texty, obrázky, videa, logy, telemetrie, …
  - Poskytovat časté aktualizace a neustále nové funkce

Jak si stojí relační databáze

Velký počet současných uživatelů	• Relační DB byly navrženy tak, aby je bylo možné provozovat na jednom serveru • Zvýšit kapacitu = koupit více procesorů, paměti, úložiště (tzv. **vertikální škálování**)
Bezvýpadkový provoz	• HA se řeší provozem na více serverech a replikací dat • Relační DB systémy to „nemají v genech“
Data bez pevné struktury	• Relační DB systémy to „nemají v genech“
Agilní vývoj	• Pevné DB schéma • Změna aplikace = změna struktury všech dat

Odbočka: JSON

- **J**ava**S**cript **O**bject **N**otation
- Pravidla syntaxe JSON:
  - Data jsou v párech `jméno:hodnota`
  - Data jsou oddělena čárkami
  - Složené závorky obsahují objekty
  - Hranaté závorky obsahují pole

```
{
  "velikost": "střední",
  "počet": 2,
  "ingredience": [
    "sýr",
    "šunka",
    "kukuřice"
  ]
}
```

Odbočka: ECMAScript/JavaScript

- ECMAScript: obecný objektově orientovaný programovací jazyk
- Určen pro provoz v rámci **hostitelského prostředí**
  - Hostitelské prostředí definuje např. operace pro vstup a výstup
  - Hostitelské prostředí definuje specifické objekty pro manipulaci s hostitelským prostředím

- ECMA-262 https://tc39.es/ecma262/
- JavaScript = ECMAScript + hostitelské prostředí „okno webového prohlížeče“
  - `window.close()`
  - `window.alert("Hello world!")`
  - `window.location`

NoSQL databáze

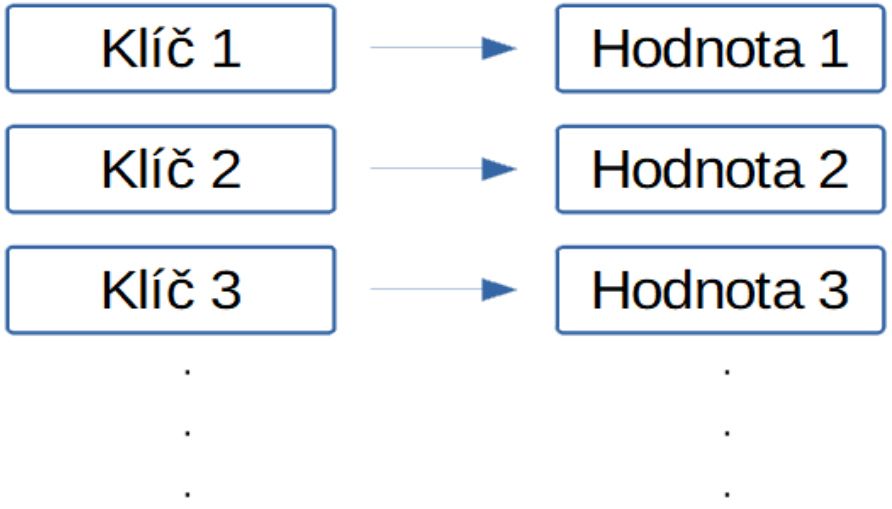
- non-SQL, not only SQL
- přesněji NoREL – „nerelační“

> Databáze, které dokáží zpracovávat velké objemy rychle se měnících nestrukturovaných dat jinými způsoby než relační databáze (SQL) s řádky a tabulkami

https://azure.microsoft.com/cs-cz/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-nosql-database

NoSQL databáze „klíč–hodnota“

- Do databáze se obvykle ukládá dvojice: klíč a jeho hodnota
- Na základě znalosti klíče jsme schopni z databáze získat uloženou hodnotu
- Hodnota je pro DB černá skříňka
- Redis, Amazon DynamoDB, Google Bigtable



Dokumentové NoSQL databáze

- Do databáze se ukládají dokumenty ve formátech JSON, XML apod.
- Každý ukládaný dokument může mít jinou strukturu
- MongoDB, Elasticsearch

Sloupcové NoSQL databáze

- Wide Column Store, Column Families
- Používá tabulky, řádky a sloupce, ale data ukládá po sloupcích
- lepší komprese dat
- rychlé analytické dotazy
- načítání méně dat
- Apache HBase (LinkedIn, Facebook, Spotify), Google Bigtable, Apache Cassandra (Facebook)

	Země	Produkt	Prodáno
1	ČR	čokoláda	3000
2	ČR	zmrzlina	5000
3	Rakousko	čokoláda	3000
4	Itálie	těstoviny	8000

uložení po řádcích

řádek 1	ČR
	čokoláda
	3000
řádek 2	ČR
	zmrzlina
	5000
řádek 3	Rakousko
	čokoláda
	3000
řádek 4	Itálie
	těstoviny
	8000

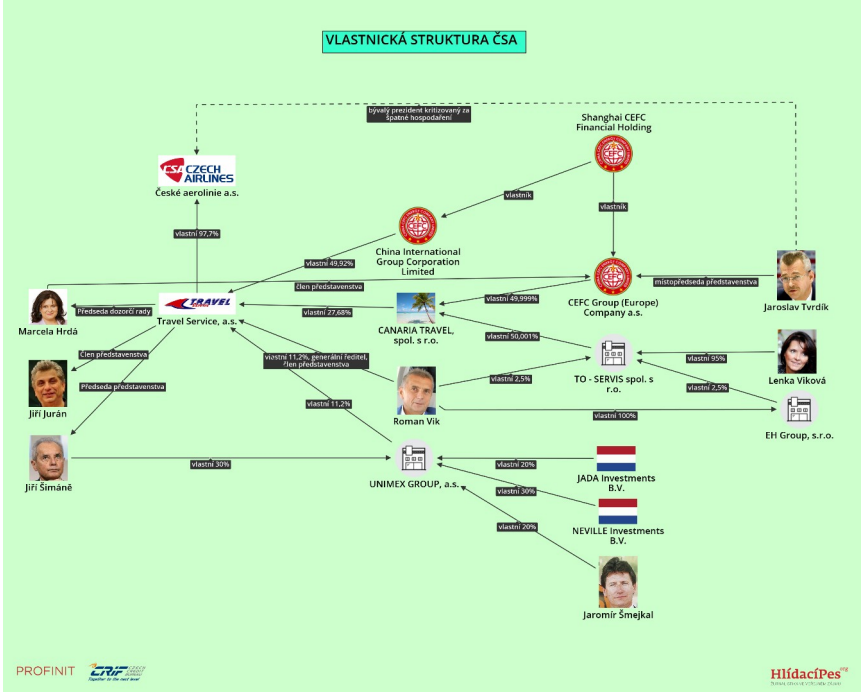
uložení po sloupcích

Země	ČR
	ČR
	Rakousko
	Itálie
Produkt	čokoláda
	zmrzlina
	čokoláda
	těstoviny
Prodáno	3000
	5000
	3000
	8000

ČR:1,2 **Rakousko**:3 **Itálie**:4
čokoláda:1,3 **zmrzlina**:2 **těstoviny**:4
3000:1,3 **5000**:2 **8000**:4

Grafové NoSQL databáze

- Do databáze se ukládají
  - uzly a jejich vlastnosti
  - vztahy mezi těmito uzly (hrany)
- Rychlé hledání uzlů a vztahů v rozsáhlém grafu na základě grafových algoritmů
- Neo4j, FlockDB (Twitter/X)

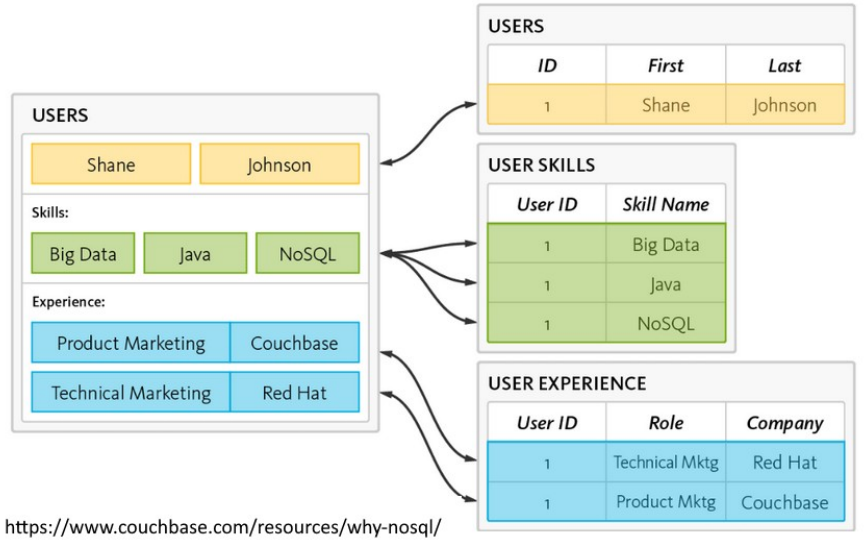


Jak si stojí NoSQL databáze

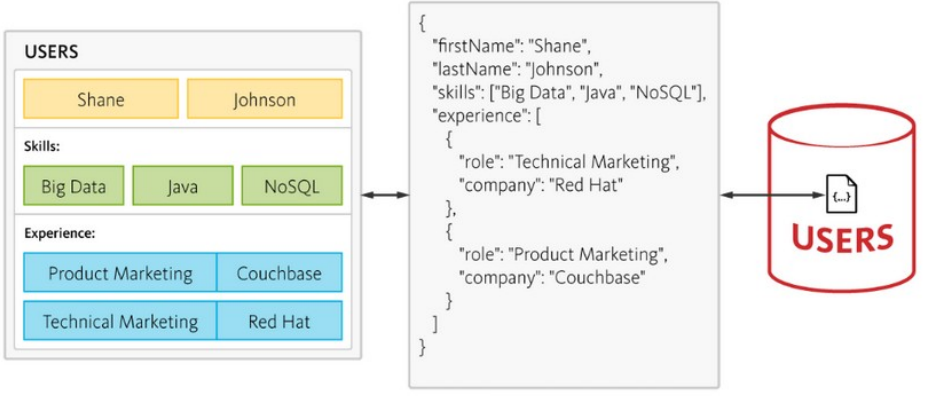
Velký počet současných uživatelů	• NoSQL DB jsou typicky navrženy tak, aby bylo možné zvyšovat výkon přidáváním serverů (tzv. **horizontální škálování**) 
Bezvýpadkový provoz	• Replikace + Partitioning = HA • NoSQL DB to „mají v genech“
Data bez pevné struktury	• Jsou na to dělané
Agilní vývoj	• Nemají pevné DB schéma • Data s rozdílnou strukturou lze přidávat zcela přirozeně

Jak si stojí NoSQL databáze

- Vysoce efektivní **pro určité typy úloh**
- NoSQL databáze obecně zpracovávají data tak, jak jsou prezentována
  - Eliminuje se tak nutná transformace dat (tzv. objektově-relační mapování - ORM)



https://www.couchbase.com/resources/why-nosql/



https://www.couchbase.com/resources/why-nosql/

ACID vs BASE

- **A**tomicity
  - Všechny příkazy, které tvoří transakci, jsou považovány za jeden celek a buď uspějí, nebo selžou společně
- **C**onsistency
  - Změny provedené v rámci transakce jsou v souladu s omezeními databáze
- **I**solation
  - Transakce probíhají ve vzájemně izolovaném prostředí. Transakce se navzájem neovlivňují, i když běží souběžně.
- **D**urability
  - Jakmile je transakce dokončena a změny jsou zapsány do databáze, zůstanou zachovány (i po výpadku napájení)

ACID vs BASE

- **B**asically **A**vailable
  - Databáze je vždy dostupná díky rozprostření dat a jejich replikaci napříč uzly databázového clusteru (na úkor okamžité konzistence)
- **S**oft State
  - Hodnoty dat se mohou v průběhu času měnit, i když nedochází k žádnému zápisu, protože systém aktualizuje data, aby byla konzistentní
- **E**ventually Consistent
  - Data nemusí být konzistentní okamžitě, ale nakonec se konzistentními stanou. Čtení dat je však možné kdykoliv, i když výsledek nemusí odrážet skutečnost.

MongoDB

- Hu**mongo**us = ohromný, enormní
- https://www.mongodb.org/
- Open source
- Dokument = JSON objekt
  - uložený v binárním formátu BSON
- Dokumenty jsou organizovány do kolekcí
- Množina kolekcí tvoří databázi

- mongosh - command line interface (CLI) pro MongoDB
  - Příkazy = ECMAScript
  - MongoDB je hostitelské prostředí
  - Objekt `db` – aktuální zvolená databáze
  - Objekt `db.jmenoKolekce` – přístup k dokumentům příslušné kolekce

Ukládání dat v MongoDB

```
{
  "firstName": "Shane",
  "lastName": "Johnson",
  "skills": ["Big Data", "Java", "NoSQL"],
  "experience": [
    {
      "role": "Technical Marketing",
      "company": "Red Hat"
    },
    {
      "role": "Product Marketing",
      "company": "Couchbase"
    }
  ]
}
```

- Silné stránky MongoDB
  - Zanořené struktury (subdokumenty)
  - Seznamy (pole) – relace 1:N
- Slabé stránky MongoDB
  - „joiny" (složené dotazy s cizími klíči)
- Vícenásobné dotazy
- Nenormalizovaná data
  - Všechna data pro danou úlohu pohromadě

SQL → MongoDB

```
CREATE TABLE people (
    id MEDIUMINT NOT NULL
        AUTO_INCREMENT,
    user_id Varchar(30),
    age Number,
    status char(1),
    PRIMARY KEY (id)
)
```

```
db.createCollection("people")
```

- není potřeba, kolekce se vytvoří automaticky při zápisu prvního dokumentu
- každý dokument má automaticky generovaný primární klíč v atributu `_id`

SQL → MongoDB

```
ALTER TABLE people
ADD join_date DATETIME
```

- Neexistuje ekvivalent, není třeba měnit strukturu databáze

```
db.people.updateMany(
   { },
   { $set: { join_date: new Date() } }
)
```

```
ALTER TABLE people
DROP COLUMN join_date
```

```
db.people.updateMany(
   { },
   { $unset: { "join_date": "" } }
)
```

SQL → MongoDB

```
CREATE INDEX
    idx_user_id_asc_age_desc
    ON people(user_id, age DESC)
```

```
db.people.createIndex(
    {
        user_id: 1,
        age: -1
    }
)
```

```
DROP TABLE people
```

```
db.people.drop()
```

SQL → MongoDB

```
INSERT INTO people(user_id, age,
status)
VALUES ("bcd001", 45, "A")
```

```
db.people.insertOne({
    user_id: "bcd001",
    age: 45,
    status: "A"
})
```

```
SELECT * FROM people
```

```
db.people.find()
```

```
SELECT user_id, status FROM people
```

```
db.people.find(
    { },
    { user_id: 1, status: 1, _id: 0 }
)
```

SQL → MongoDB

```
SELECT * FROM people
WHERE status = "A" AND age = 50
```

```
db.people.find(
    { status: "A", age: 50 }
)
```

```
SELECT * FROM people
WHERE status = "A" OR age = 50
```

```
db.people.find(
    { $or: [ { status: "A" } , { age: 50 } ] }
)
```

```
SELECT * FROM people
WHERE age > 25 AND age <= 50
```

```
db.people.find(
    { age: { $gt: 25, $lte: 50 } }
)
```

Dotazovací operátory

$eq	=	$exists	dokument obsahuje uvedený atribut
$gt	>	$type	atribut dokumentu má uvedený typ
$gte	>=	$mod	modulo hodnoty má požadovaný výsledek
$lt	<	$regex	hodnota vyhovuje regulárnímu výrazu
$lte	<=	$text	dokument je ve výsledku textového vyhledávání
$ne	≠	$where	hodnota splňuje daný výraz v jazyce JavaScript
$in	je ve výčtu	$bitsAllSet	hodnota má na uvedených bitových pozicích hodnotu 1
$nin	není ve výčtu	$all	pole obsahuje všechny uvedené prvky
$and	A	$elemMatch	některý prvek pole splňuje všechny uvedené podmínky
$not	NEGACE	$geoIntersects	hodnoty mají geometrický průsečík s uvedenou gemoetrickou hodnotou
$nor	ANI	$near	geoprostorový objekt je v blízkosti uvedeného bodu
$or	NEBO	$rand	vygeneruje náhodné reálné číslo v rozmezí 0 až 1

SQL → MongoDB

```
SELECT * FROM people
WHERE status = "A"
ORDER BY user_id DESC
LIMIT 5
SKIP 10
```

```
db.people.find({
    status: "A"
}).sort({
    user_id: -1
}).limit(5).skip(10)
```

```
INSERT INTO people(user_id, age,
status)
VALUES ("bcd001", 45, "A")
```

```
db.people.insertOne({
    user_id: "bcd001",
    age: 45,
    status: "A"
})
```

SQL → MongoDB

```
UPDATE people
SET age = age + 3
WHERE status = "A"
```

```
db.people.updateMany({
    status: "A"
},
{
    $inc: { age: 3 }
})
```

```
DELETE FROM people
WHERE status = "D"
```

```
db.people.remove({
    status: "D"
})
```

Agregační pipeline

- Skládá se z jedné nebo více fází, které zpracovávají dokumenty
- Každá fáze provede na vstupních dokumentech určitou operaci. Může například filtrovat dokumenty, seskupovat dokumenty a vypočítávat hodnoty
- Výsledek jedné fáze je vstupem pro fázi následující

```
db.people.find({
    status: "A"
}).sort({
    user_id: -1
}).limit(5).skip(10)
```

```
db.people.aggregate([
    {$match: { status: "A" } },
    {$sort: { user_id: -1 } },
    {$skip: 10 },
    {$limit: 5 }
])
```

Agregační pipeline

- fáze **$group**
  - Seskupí dokumenty a spočítá (statistické) hodnoty pro skupinu
  - Výstupem je jeden dokument pro každou skupinu.
- fáze **$unwind**
  - Z jednoho dokumentu obsahujícího pole (seznam) vytvoří N dokumentů, každý obsahující jeden prvek pole
- fáze **$project**
  - Přidá nebo odebere atributy dokumentu

```
db.people.aggregate([
    {
        $group: {
            _id: "$status",
            count: { $sum: 1 },
            avg_age: { $avg: "$age" },
        }
    }
])
```

Indexy

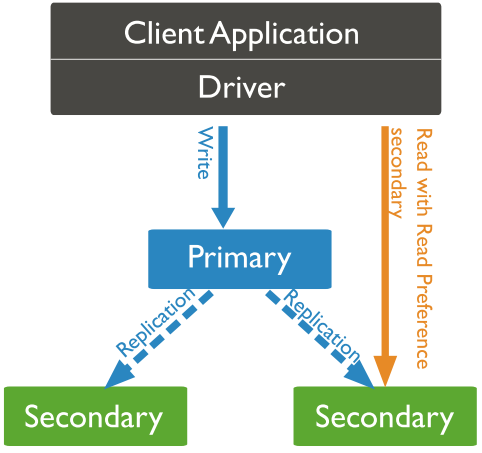
- *Slouží k optimalizaci vyhledávání a filtrování dat v kolekcích*
- *Vytváření indexů umožňuje rychlejší vyhledávání ale na druhou stranu indexy zaberou více místa na disku*
- *Existují různé typy indexů, jako například jednoduché indexy, složené indexy a geografické indexy*

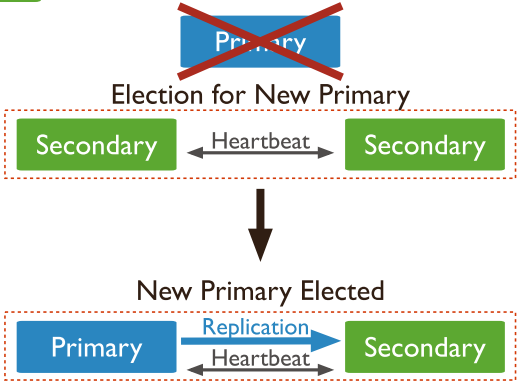
  [Chat GPT]

- Pokud filtruji dokumenty podle více atributů, jednoduchý index nepomůže
- Statistické údaje ve fázi **group** spočítá MongoDB z indexu
- `db.collection.explain`
  - queryPlanner
  - executionStats
  - allPlansExecution

Replikace

- *Replica set*
  - několik instancí MongoDB obsahujících stejná data
- Slouží k zajištění vysoké dostupnosti a odolnosti systému proti výpadkům
- Repliky primárního uzlu slouží jako záloha pro případ selhání primárního uzlu
- Repliky mohou být použity pro čtení dat, což může výrazně zlepšit výkon aplikace





Sharding

- Data jedné databáze jsou rozdělena na části (shardy)
- Každá část je uložena na jiném serveru (uzlu)
- Data se mezi uzly rozdělují na základě klíče definovaného při vytváření kolekce
- Data by měla být rozdělena rovnoměrně