C# Professional

Базы данных: NoSQL базы и их особенности

otus.ru

Проверить, идет ли запись

Меня хорошо видно && слышно?

Ставим “+”, если все хорошо
“-”, если есть проблемы

Тема вебинара

Базы данных: NoSQL базы и их особенности

Михаил Дмитриев

Ведущий программист НИПК Электрон

Разрабатываю и поддерживаю приложения для работы с радиологическими комплексами

https://t.me/sf321

Правила вебинара

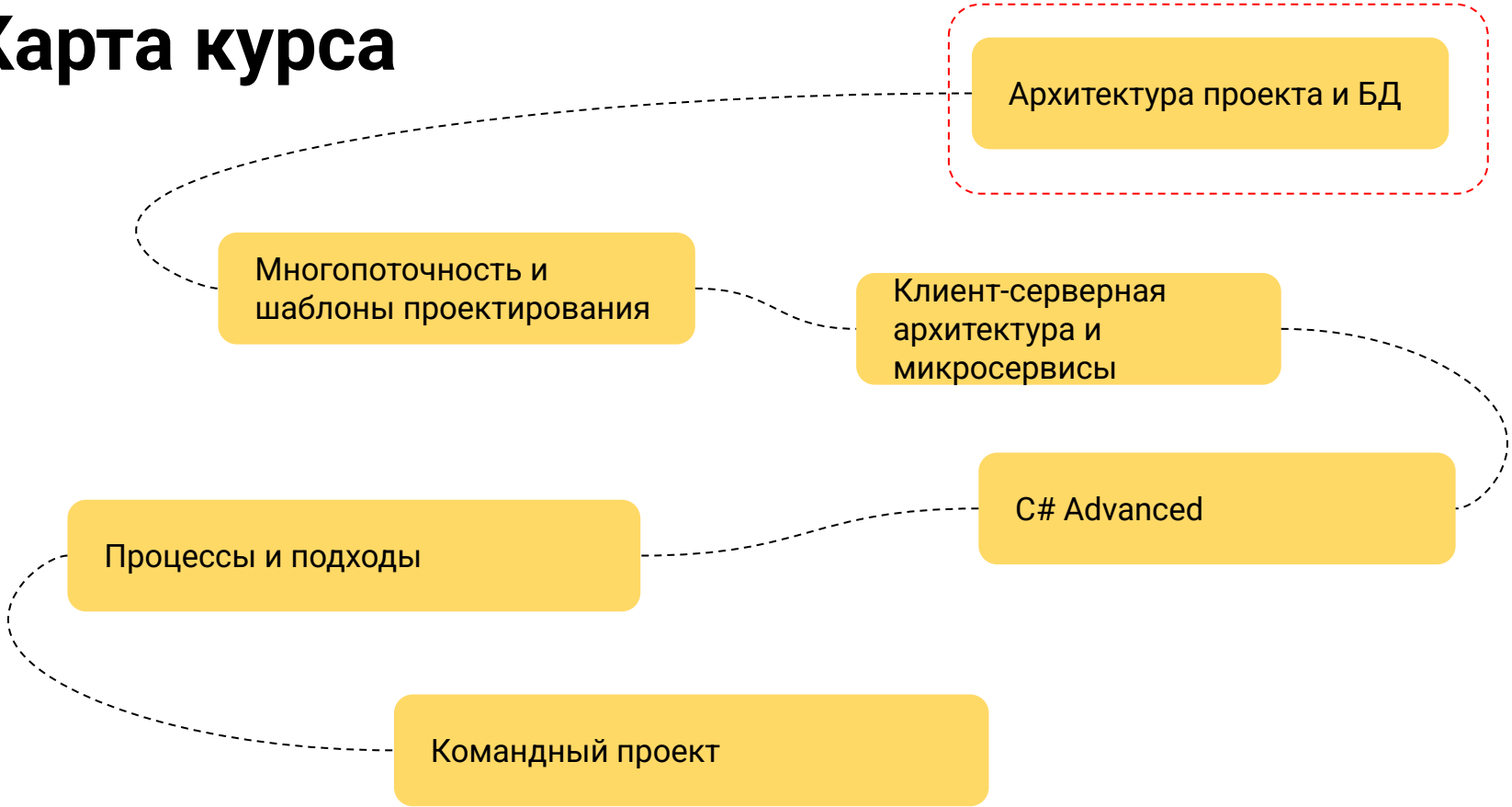
Активно
участвуем

Off-topic обсуждаем
в общем чате учебной группе
в telegram

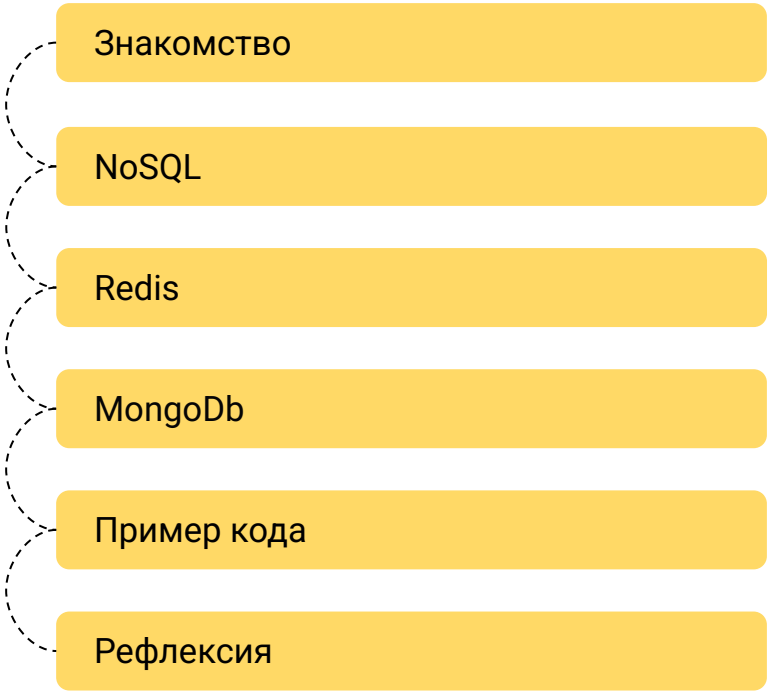
Задаем вопрос
в чат или голосом

Вопросы вижу в чате,
могу ответить не сразу

Карта курса


Архитектура проекта и БД
Многопоточность и шаблоны проектирования
Клиент-серверная архитектура и микросервисы
C# Advanced
Процессы и подходы
Командный проект

Маршрут вебинара



Цели вебинара

К концу занятия вы сможете

1. Различать SQL и NoSQL субд
2. Знать основные виды NoSQL субд и основных представителей этих видов
3. Понимать по каким критериям выбирается NoSQL субд для проекта
4. Использовать некоторые NoSQL субд в своих проектах

Смысл

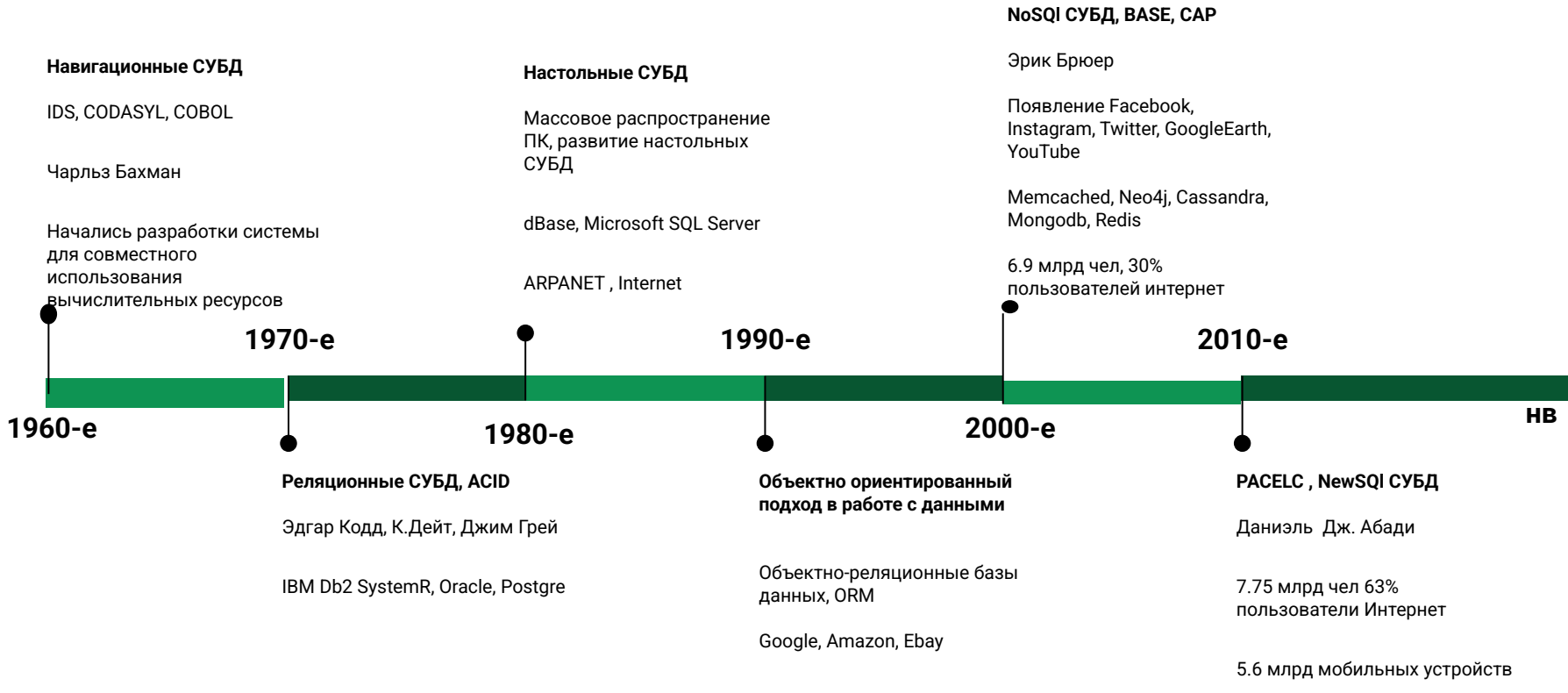
Зачем вам это уметь

1. Понимать для решения каких задач имеет смысл использовать NoSQL бд
2. Подключать и работать в своем проекте с некоторыми NoSQL бд
3. Расширить ваш кругозор на вопросы организации хранения и обработки данных

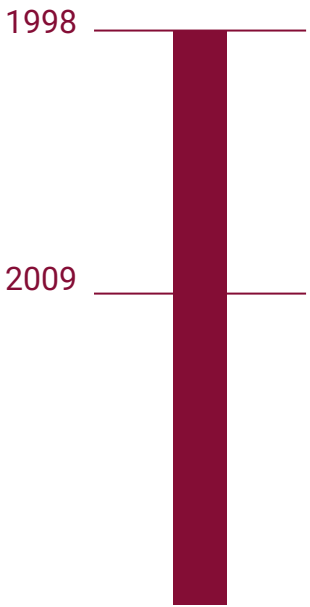
Тестирование

NoSQL

От реляционных СУБД к NoSQL СУБД



Интересные факты о термине NoSQL



NoSQL впервые прозвучал

Carlo Strozzi назвал так свою реляционную базу данных, в которой вообще не пользовался SQL для работы с данными

NoSQL как тип СУБД

на конференции для обсуждения новых распределенных нереляционных баз данных с открытым исходном кодом был снова введен термин NoSQL. NoSQL появился как хэштег в твиттере

Новая трактовка — это «Not only SQL» — это не только SQL, т.е. может присутствовать и SQL, и дополнительные механизмы работы с данными

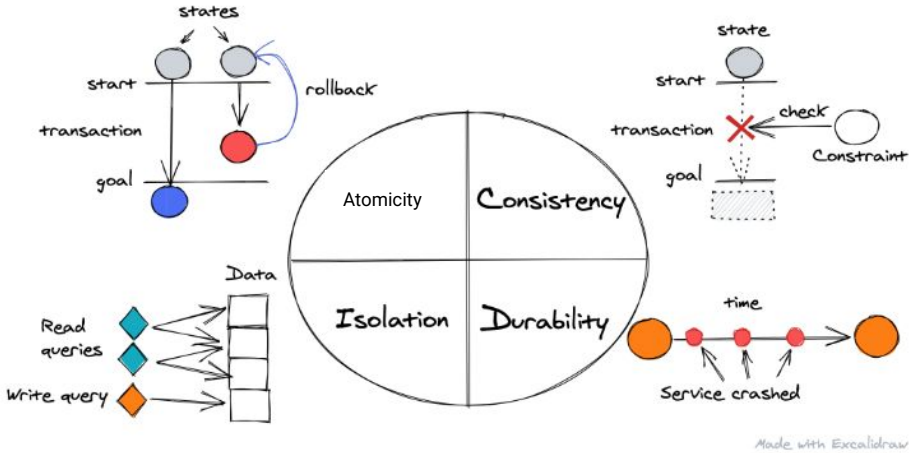
NoSQL стал общим термином для различных баз данных и хранилищ, но он не обозначает какую-либо одну конкретную технологию или продукт.

Сравнение SQL и NoSQL СУБД

	SQL	NoSQL
СУБД	реляционная	не-реляционная или распределенная
Схема данных	Зафиксированная или статическая предопределенная	динамическая
Хранилище данных	БД не ориентирована на иерархическое, распределенное хранилище данных	БД ориентированы на иерархическое, распределенное хранилище данных
Масштабируемость	вертикальная	горизонтальная
Принципы построения	ACID	BASE

ACID принципы в транзакционной системе

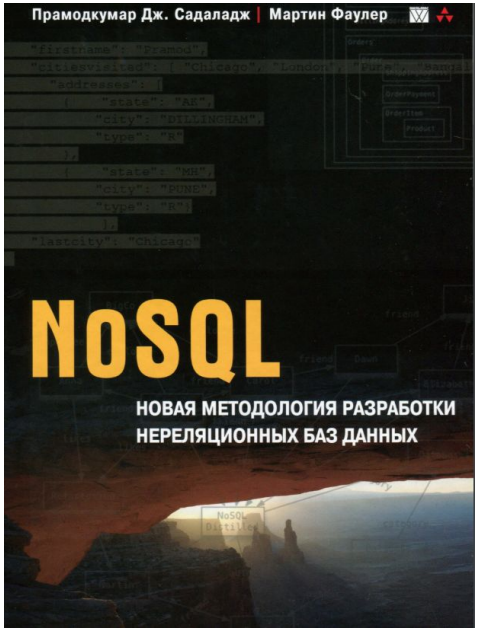
- **Atomicity - атомарность** транзакций
- **Consistency - согласованность** данных базы после завершения транзакций
- **Isolation - изолированность** транзакций
- **Durability - долговечность** данных, независимо от внутренних или внешних сбоев



BASE принципы работы NoSQL СУБД

- **Basically available- базовая доступность** - каждый запрос гарантированно завершается (успешно или безуспешно)
- **Soft state- гибкое состояние** - состояние системы может меняться с течением времени, даже без ввода новых данных
- **Eventually consistent**- данные могут быть некоторое время рассогласованы, но приходят к согласованному состоянию через некоторое конечное время

NoSQL СУБД



Martin Fowler “NoSQL Distilled: A Brief Guide to the Emerging World of Polyglot Persistence”

Eric Evans “Domain Driven Design”

Паттерн “Агрегат”

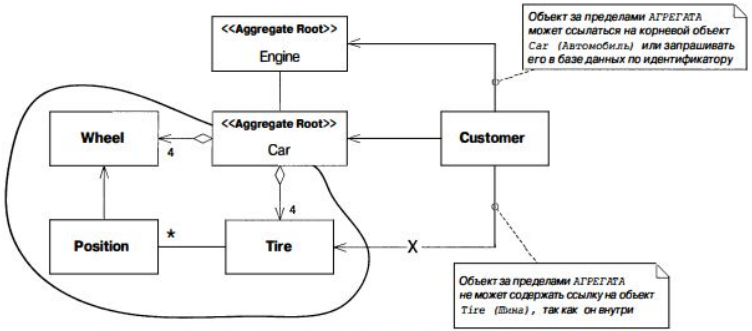


Рис. 6.2. Локальная/глобальная идентичность и ссылки на объекты

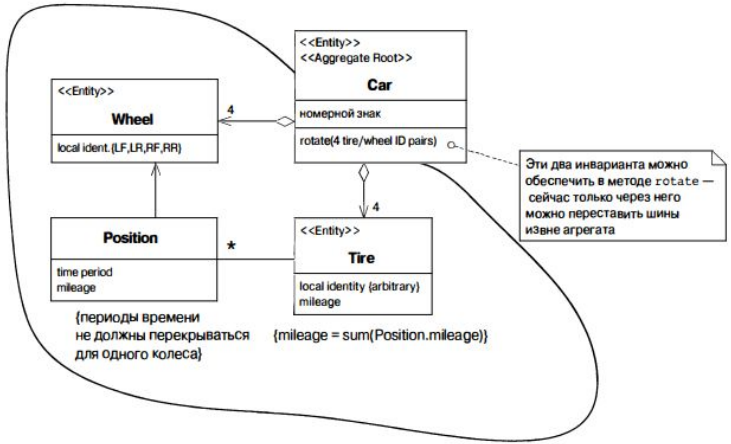
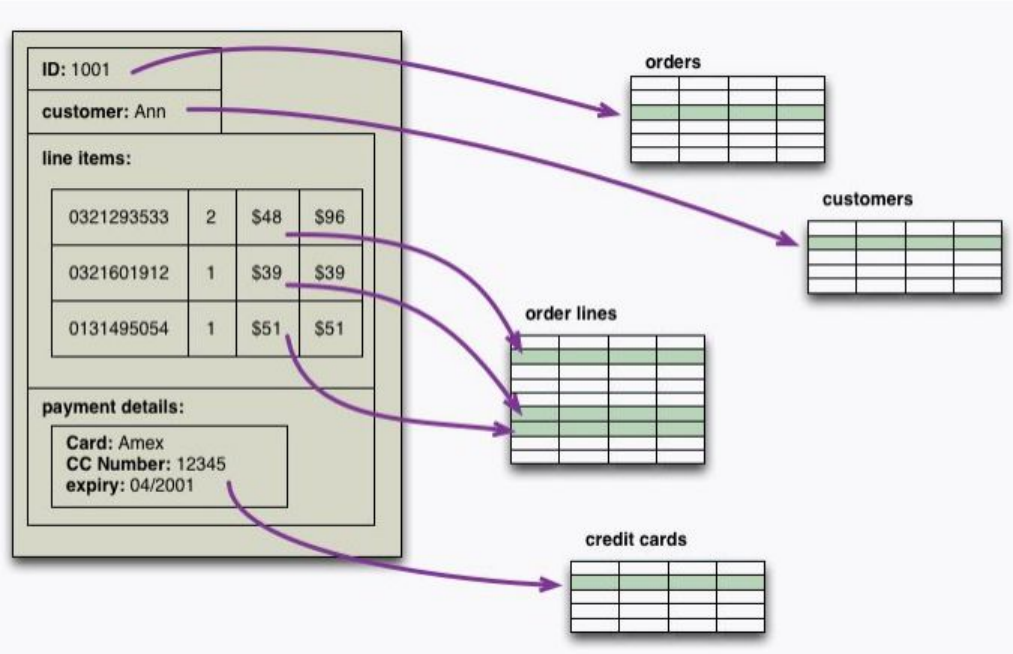


Рис. 6.3. Инварианты АГРЕГАТОВ

Совокупность взаимосвязанных объектов, которые мы воспринимаем как единое целое с точки зрения изменения данных, называется АГРЕГАТОМ (AGGREGATE). У каждого АГРЕГАТА есть **корневой объект** и есть **граница**. Граница определяет, что находится внутри АГРЕГАТА. Корневой объект - это один конкретный объект - СУЩНОСТЬ (ENTITY), содержащийся в АГРЕГАТЕ. Корневой объект - единственный член АГРЕГАТА, на который могут ссылаться внешние объекты, в то время как объекты, заключенные внутри границы, могут ссылаться друг на друга как угодно. СУЩНОСТИ, отличные от корневого объекта, локально индивидуальны, но различаться они должны только в пределах АГРЕГАТА, поскольку никакие внешние объекты все равно не могут их видеть вне контекста корневой СУЩНОСТИ.

В случае **NoSQL** баз данных, агрегатная ориентированность хранилищ исключает проблему объектно-реляционного разрыва (object-relational impedance mismatch)

Паттерн “Агрегат”

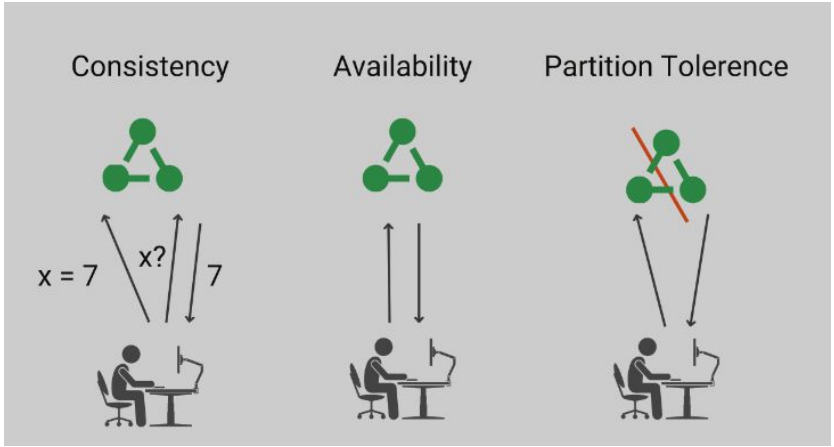


- Единая сущность в доменной модели
- Поиск данных по ключу (возможно через индекс)
- Единица хранения данных
- Простота ORM

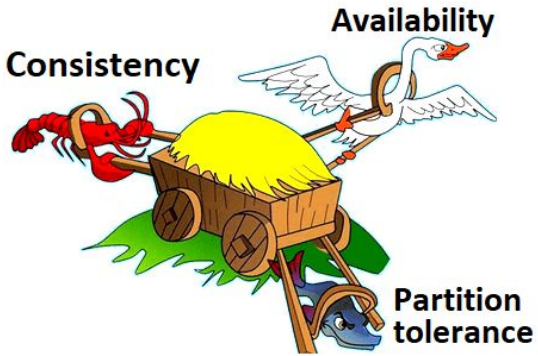
CAP теорема Эрика Брюера

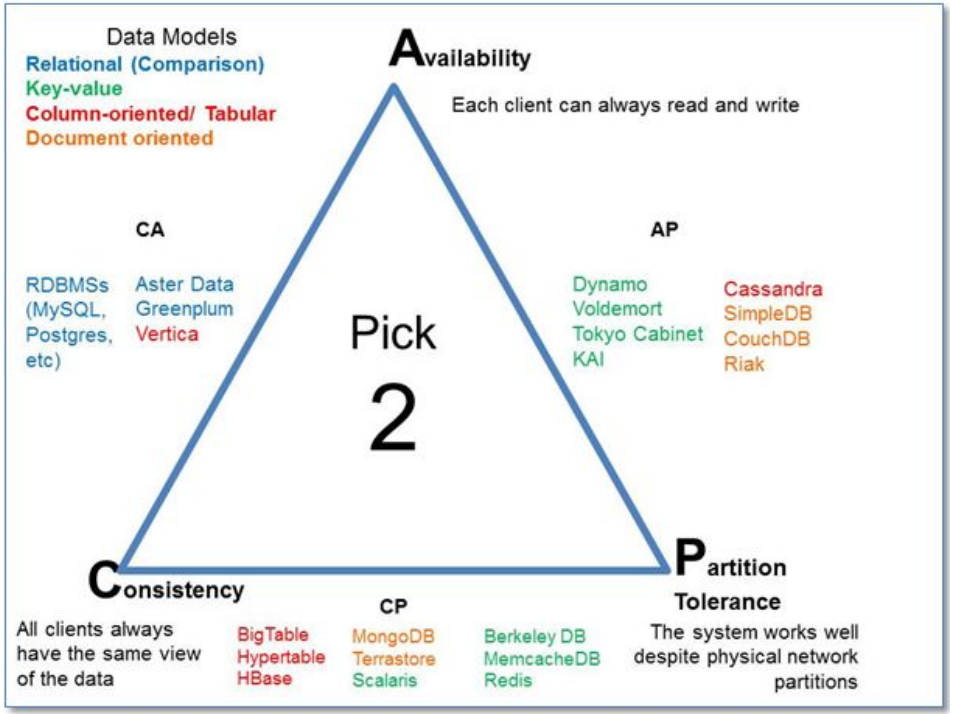
Эвристическое утверждение о том, что в любой реализации распределенных вычислений возможно обеспечить не более двух из трех следующих свойств:

- **согласованность данных (consistency)** — во всех вычислительных узлах в один момент времени данные не противоречат друг другу
- **доступность (availability)** — любой запрос к распределенной системе завершается корректным откликом, однако без гарантии, что ответы всех узлов системы совпадают
- **устойчивость к разделению (partition tolerance)** — расщепление распределенной системы на несколько изолированных секций не приводит к некорректности отклика от каждой из секций.



CAP теорема Эрика Брюера

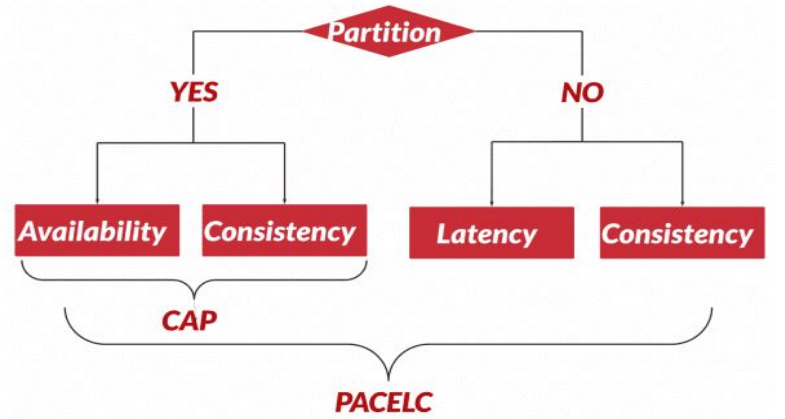


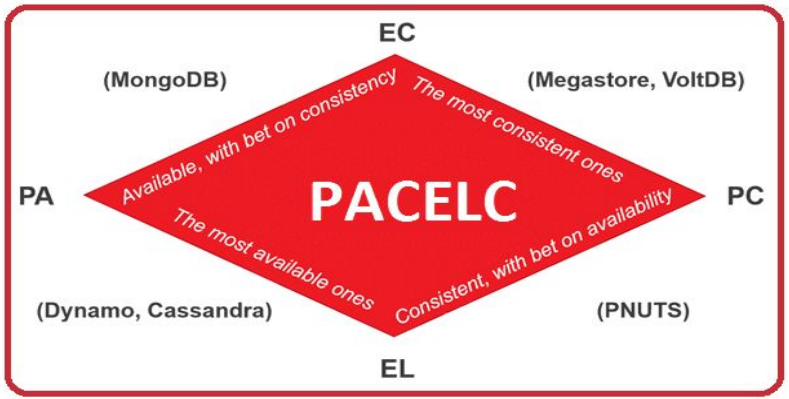


PACELC теорема - расширение CAP теоремы

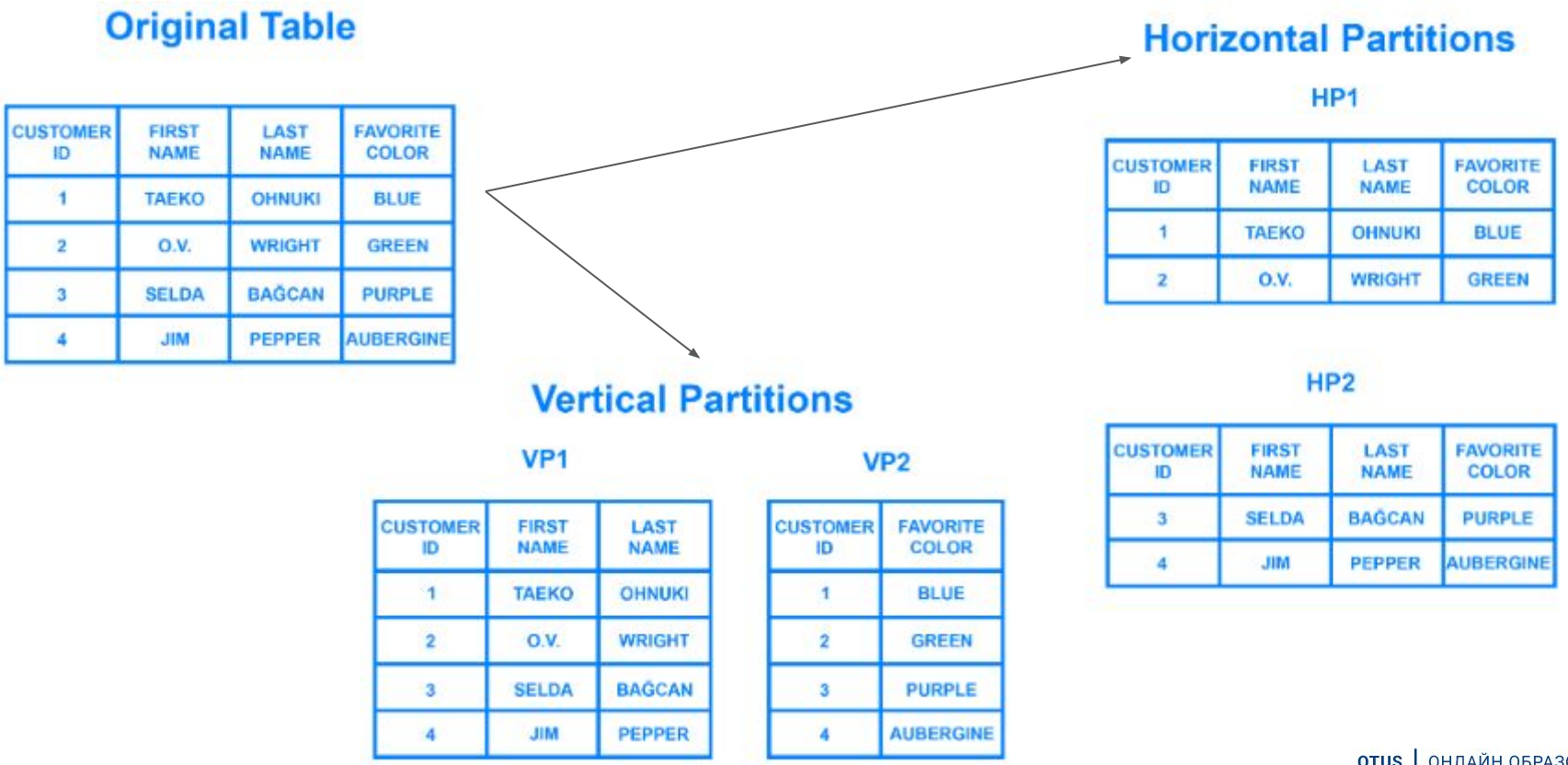
В случае разделения сети (P) в распределенной компьютерной системе необходимо выбирать между доступностью (A) и согласованностью (C) (согласно теореме CAP), но в любом случае, даже **если система работает нормально в отсутствии разделения** (E), нужно выбирать между :

- **задержками (Latency)**
- **согласованностью (Consistency)**

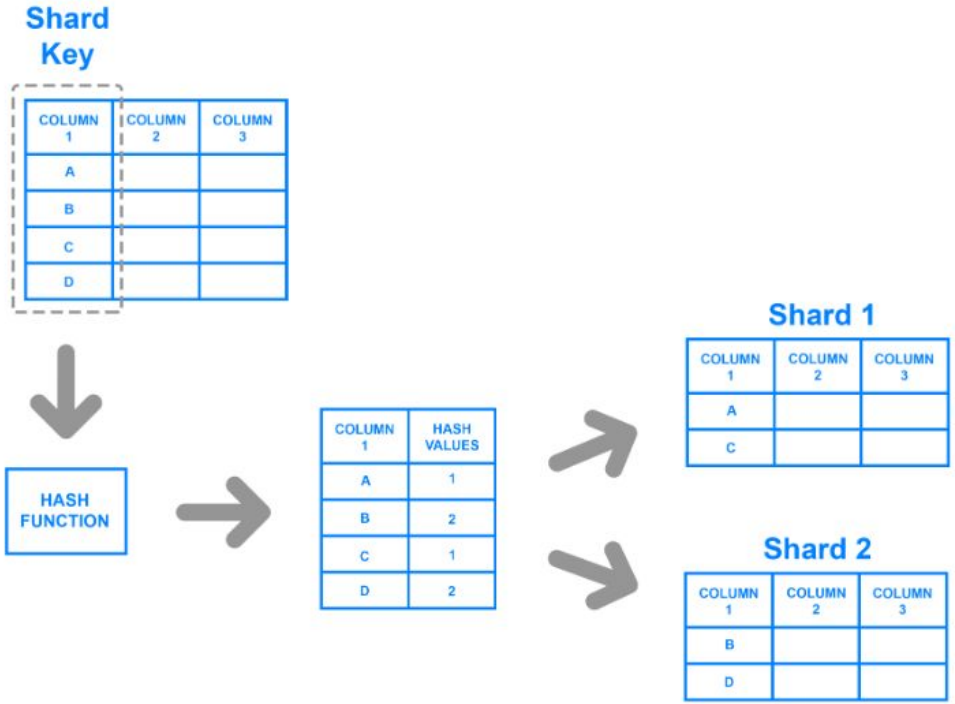




Фрагментация

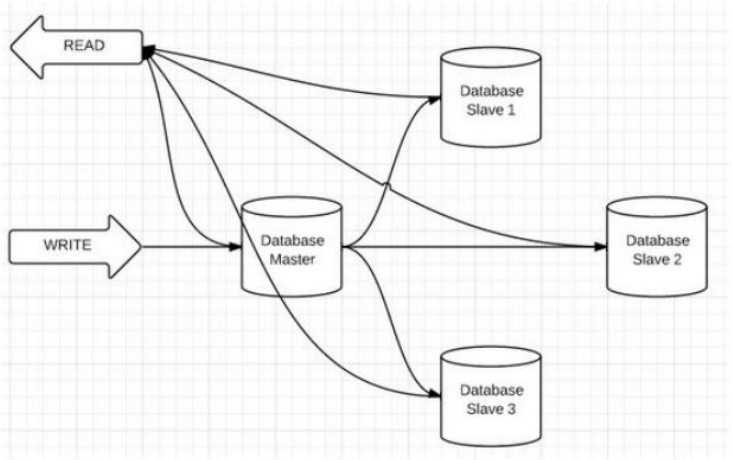


Фрагментация

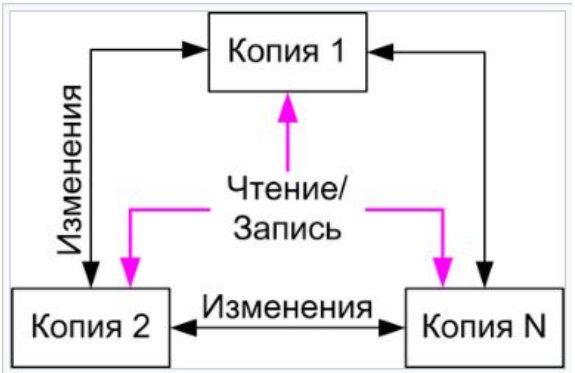


Репликации

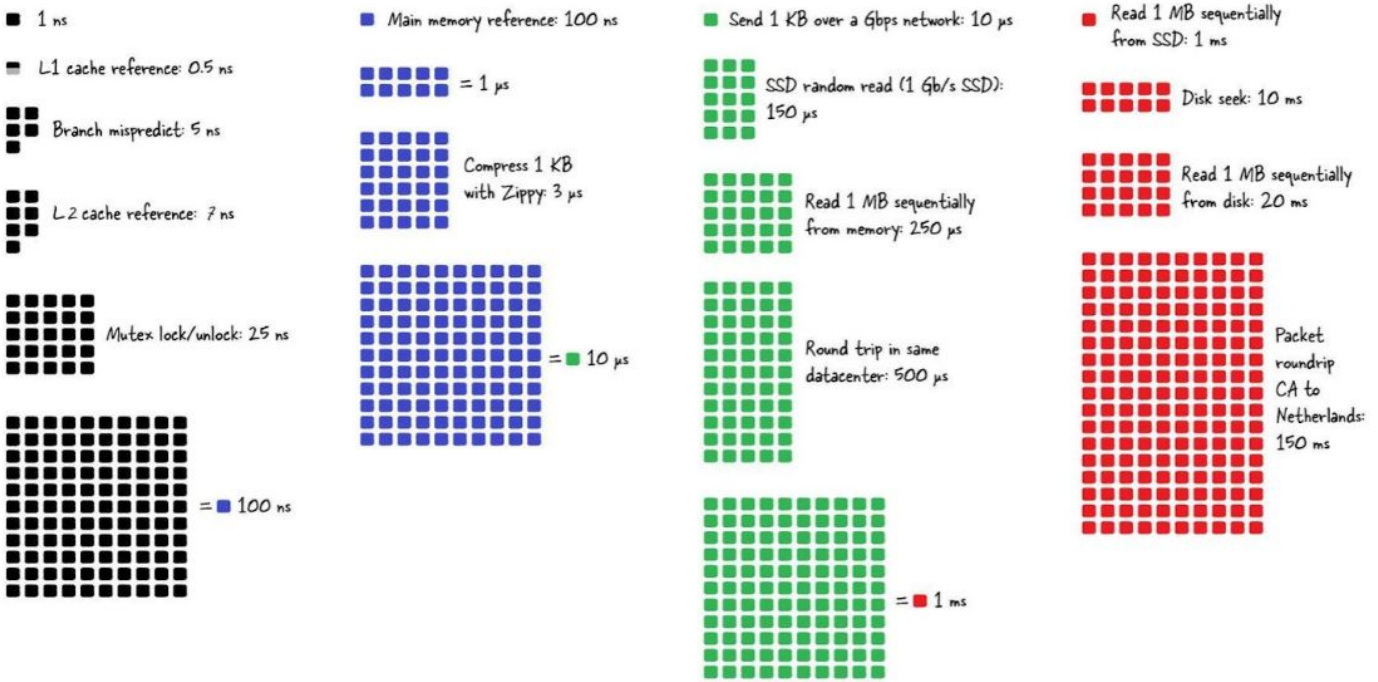
- репликация основной копии или ведущий-ведомый



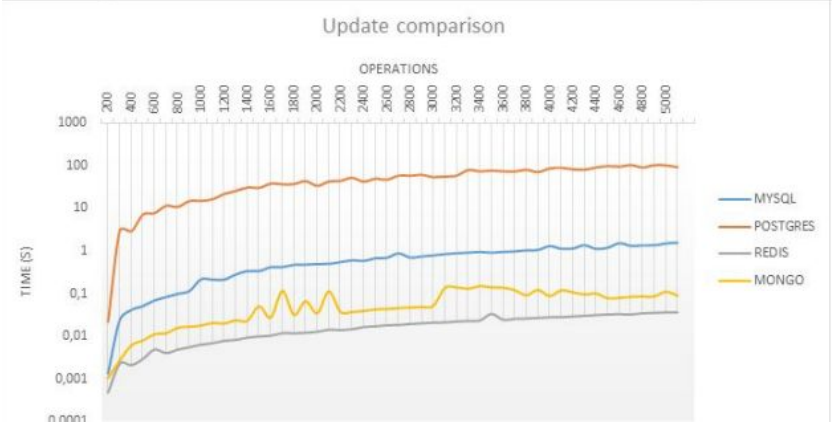
- одноранговая или симметричная репликация

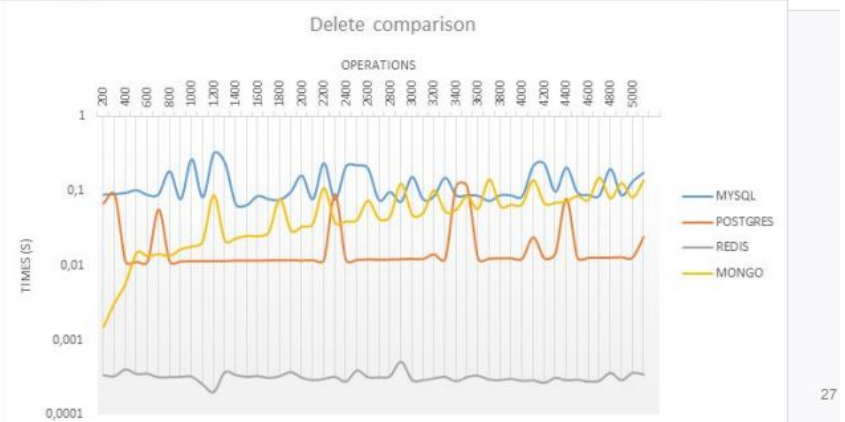


Временные характеристики задержек и пропускной способности систем



CRUD операции на SQL и NoSQL СУБД

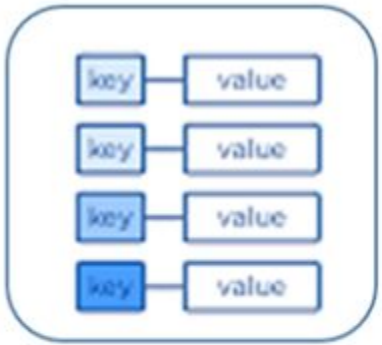




Типы NoSQL СУБД

- Ключ - значение
- Документо-ориентированные
- Графовые
- Колоночные

Document Store



Key-Value Store

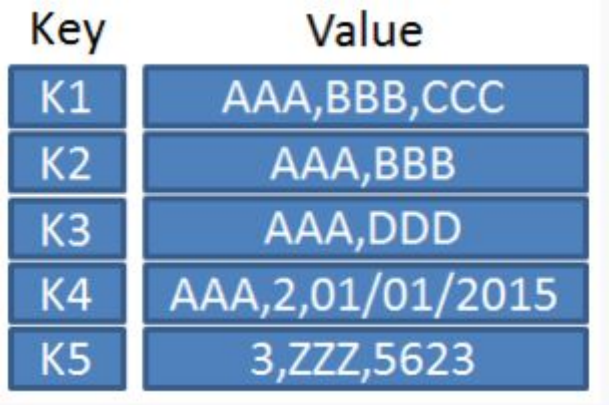
Wide-Column Store

Graph Store

Типы NoSQL СУБД : Ключ - значение

Ключ-значение – под каждым ключом что-то лежит, пока не запросим – не узнаем что именно

- Redis
- DynamoDB
- Memcached



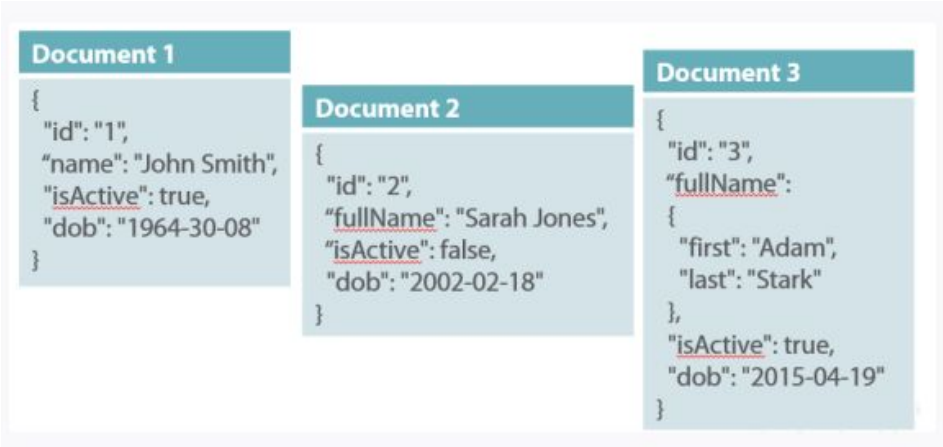
Key	Value
K1	AAA,BBB,CCC
K2	AAA,BBB
K3	AAA,DDD
K4	AAA,2,01/01/2015
K5	3,ZZZ,5623

Типы NoSQL СУБД : Документно-ориентированная

Документно-ориентированная БД - аналог ключ-значение, но в качестве значений используется объекты в определенном формате (JSON, XML):

- Одиночные операции в CRUD выполняются гораздо быстрее
- Можно делать запросы к содержимому записи, не извлекая данных целиком (сходство с RDBMS)

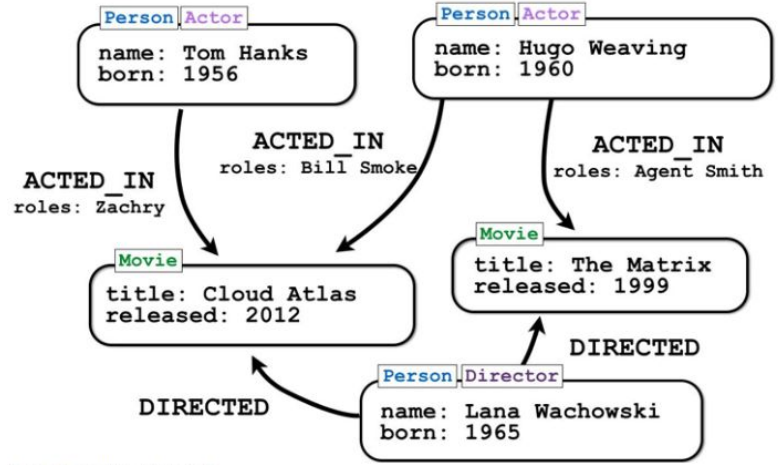
- MongoDB
- LiteDB
- CouchDB
- Elasticsearch



Типы NoSQL СУБД : Графовые БД

Графовые БД – единицы хранения: Узлы и ребра(связи).
Запрос – обход данных от узла к узлу по ребрам на заданную глубину. Используются для хранения, управления, составления запросов к сложным тесно взаимосвязанным группам данных (социальные сети, сервисы рекомендаций, графы значений, логистика, геоинформационные системы.

- Neo4j
- OrientDb
- Titan

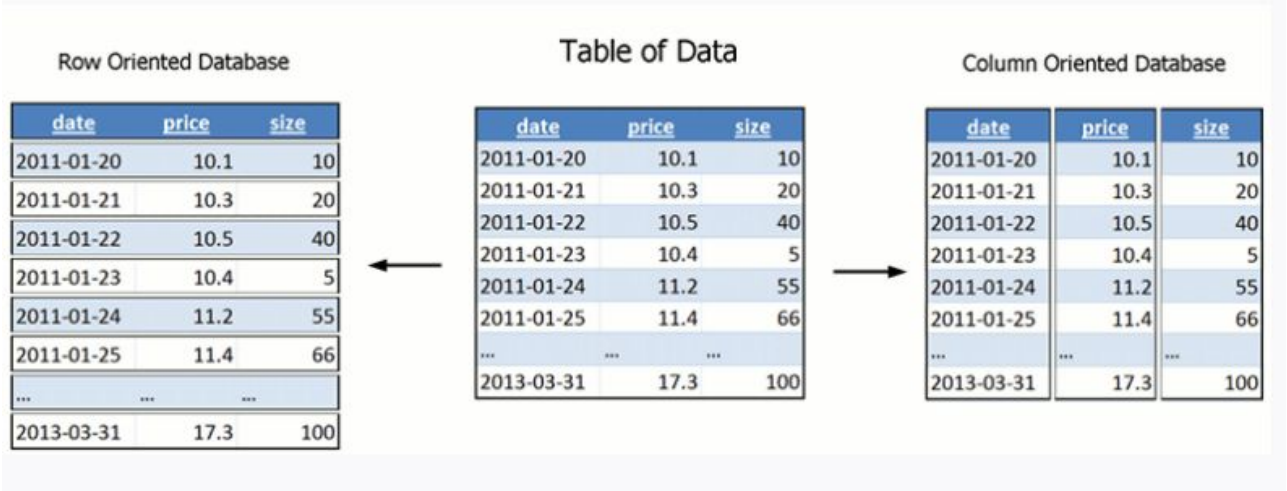


A graph model with labels.

Типы NoSQL СУБД : Колоночные БД

Колоночные базы данных – данные хранятся в ячейках, сгруппированных в колонки
Применяются в веб-индексировании, рекламе, телекоммуникациях, аналитических система и т.п.

- Cassandra
- Hbase
- Google BigTable



date	price	size
2011-01-20	10.1	10
2011-01-21	10.3	20
2011-01-22	10.5	40
2011-01-23	10.4	5
2011-01-24	11.2	55
2011-01-25	11.4	66
...	...	...
2013-03-31	17.3	100

NoSQL СУБД : дополнительная информация

https://hostingdata.co.uk/nosql-database/

Количество NoSQL DB >225

https://db-engines.com/en/ranking

NoSQL СУБД : как начать использовать

- Установить локально
- Поднять локально в контейнере (Docker)
- Использовать облачный сервис

Redis

Redis

- Ключ-значение
- Хранит данные в оперативной памяти, при необходимости может сохранять данные на диске
- Доступ по общему паролю или без него
- Без ключа данные не получить
- https://hub.docker.com/u/redis - офицальный образ Docker
- https://hub.docker.com/r/redis/redis-stack
- Хранилище структурированных данных
- Работа с различными типами данных
- Обычно используется как кэш но может использоваться как полноценное хранилище для небольших проектов или брокер очередей
- Отлично документированная СУБД
- Поддерживает широкий спектр языков программирования

Redis

```
using StackExchange.Redis;
var redis = ConnectionMultiplexer.Connect("localhost");
var db = redis.GetDatabase();


db.StringSet(“MyKey", “MyValue");
string get_string = db.StringGet("MyKey");
```

HashSet:

```
db.HashSet("hashset", new [] {new HashEntry( “UserName", “Vasya" ) ,
       new HashEntry(“Age", “30") });
db.HashSet("hashset", “City", “Moscow");
var keys = db.HashKeys("hashset");
db.HashDelete("hashset","entry1");
var data = db.HashGetAll("hashset");
```

- Set

```
db.SetAdd("set_key", "value1");
db.SetAdd("set_key", "value2");
db.SetAdd("set_key", "value3");
var set_items = db.SetMembers("set_key");
var set_random_item = db.SetPop("set_key");
```

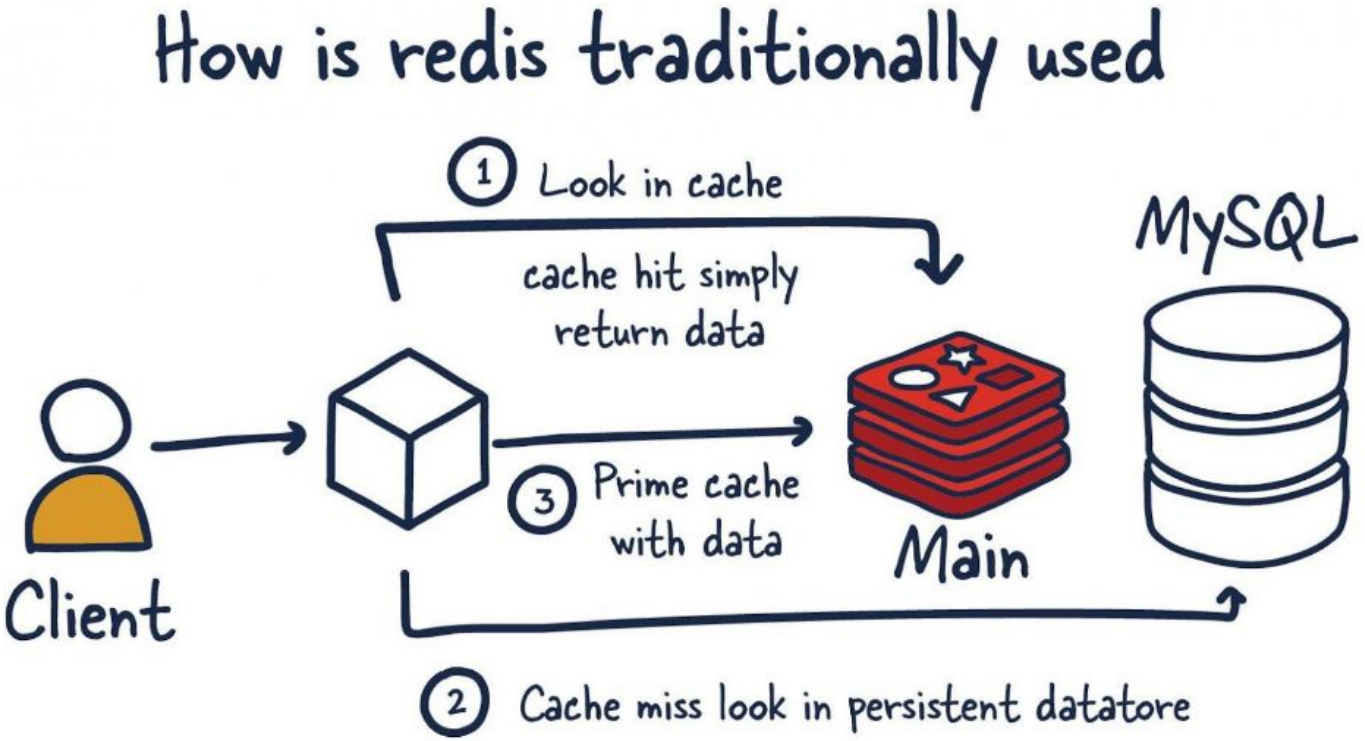
- List

```
db.ListLeftPush(“list", “item1");
db.ListRightPush("list", “item2");
var listdata = db.ListRange("u");
var item = db.ListRightPop("list");
```

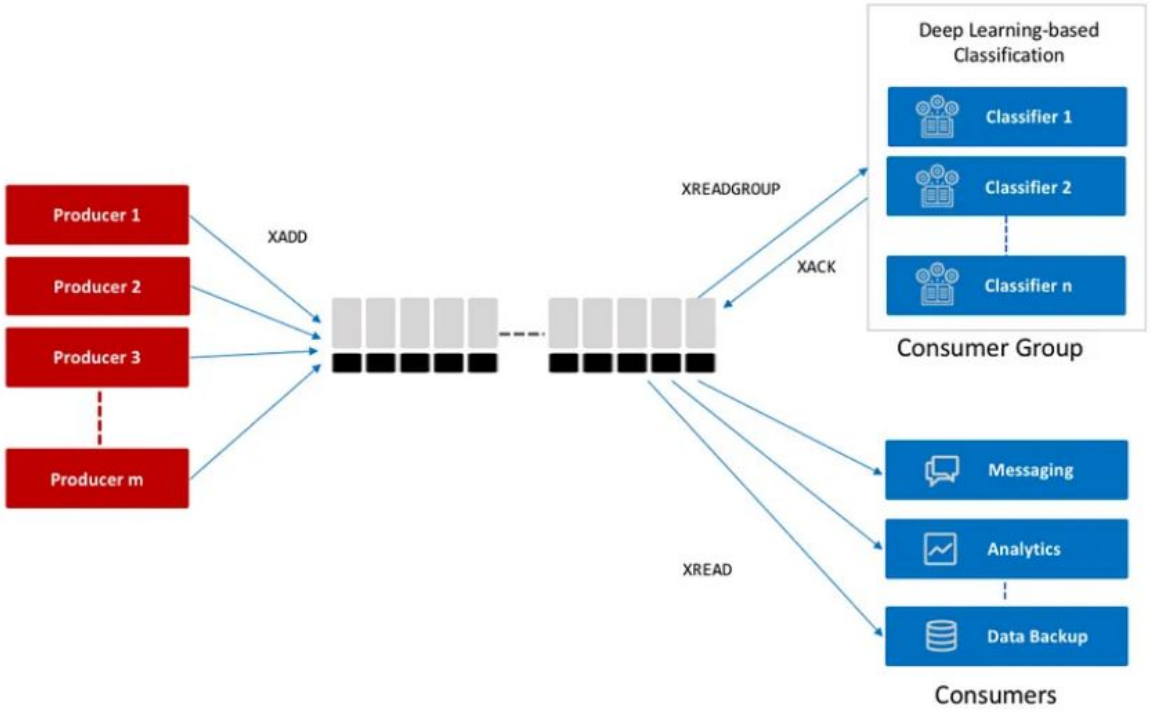
Транзакции:

```
var transaction = db.CreateTransaction();
transaction.HashSetAsync("hashset", new[] { new HashEntry("entry1", "4555"), new
            HashEntry("entry2", "4555") });
transaction.HashSetAsync("hashset", "entry3", "777");
transaction.HashDeleteAsync("hashset", "entry1");
transaction.Execute();
var data = db.HashGetAll("hashset");
```

Redis -кэширование



Redis - брокер очередей



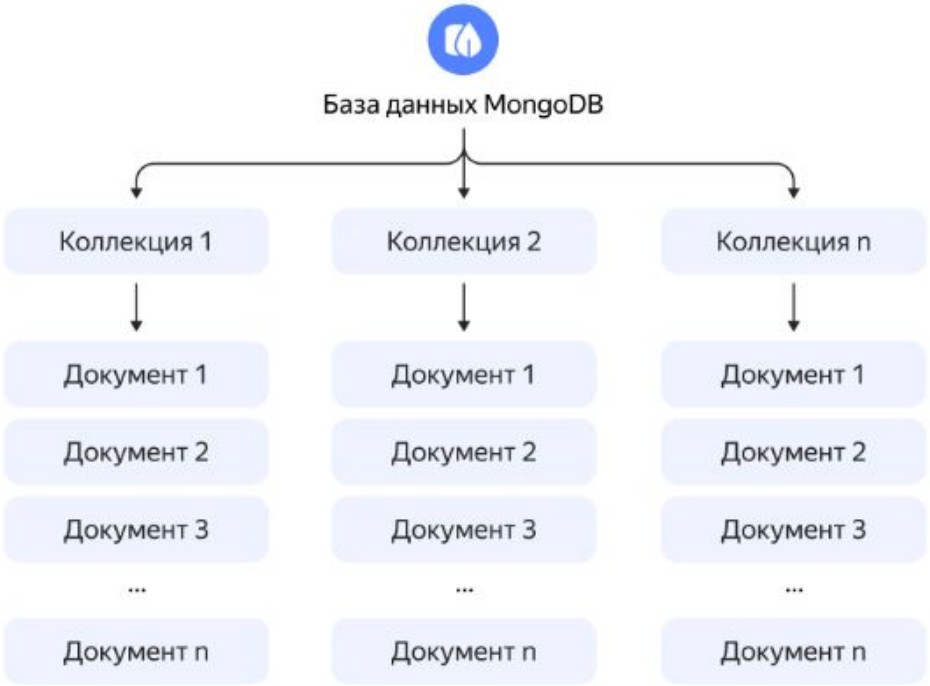
LIVE

MongoDB

MongoDB

- Популярная документо-ориентированная БД
- Хранение данные в формате BSON
- Использование JavaScript для написания функций и запросов
- Возможность выполнения операций, аналогичных операциям в реляционных СУБД
- Поддержка хранимых процедур на JavaScript
- Валидация полей документов
- Возможность репликации
- Встроенная работа с гео-координатами
- Хорошо документированная СУБД
- Поддерживает широкий спектр языков программирования
- https://hub.docker.com/_/mongo
- https://www.mongodb.com/docs/drivers/csharp/current/

MongoDB схема данных



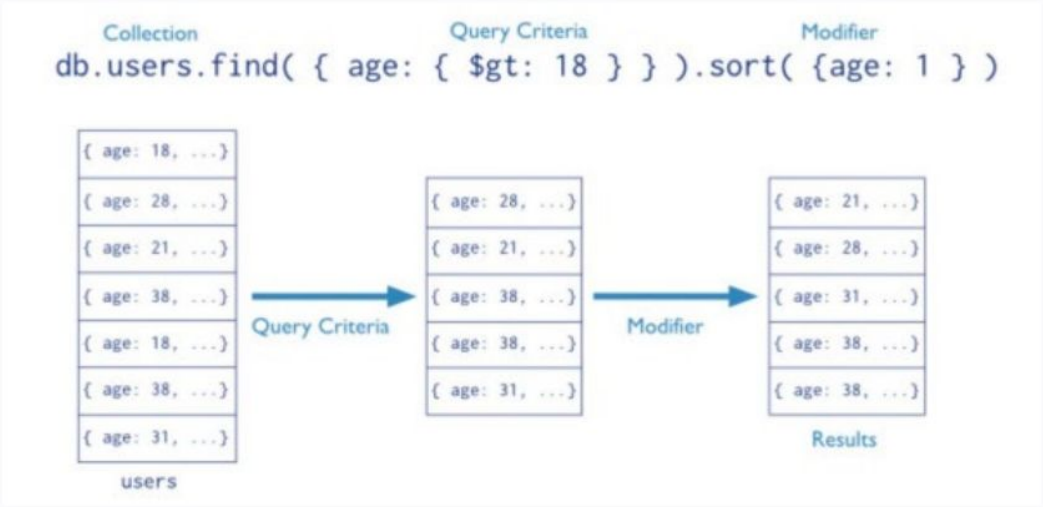
MongoDB - операция выборка

```
db.users.find(
   { age: { $gt: 18 } },
   { name: 1, address: 1 }
).limit(5)
```

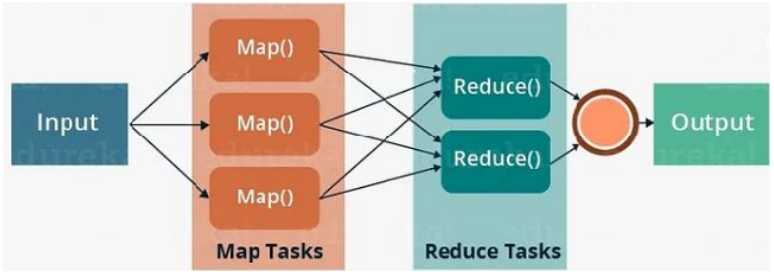
collection
query criteria
projection
cursor modifier

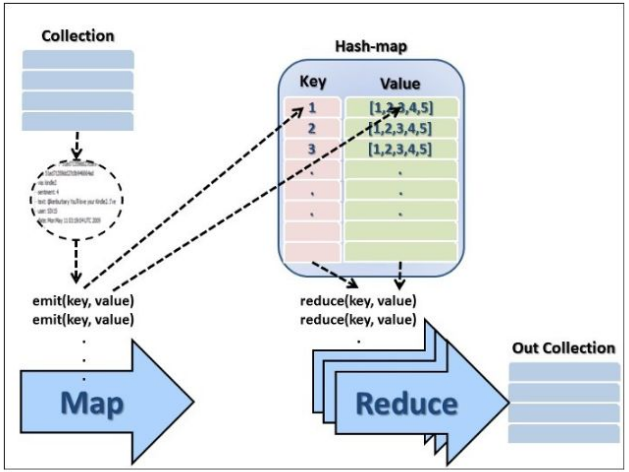
```
SELECT _id, name, address
FROM   users
WHERE  age > 18
LIMIT  5
```

projection
table
select criteria
cursor modifier



MongoDB - паттерн Map Reduce - пайплайны аггрегации






```
db.train.aggregate( [
                     {$match:{class:"first-class"}},
                     {$group:{_id:"id",total:{$sum:"$fare"}}}
                    ])
```

pipeline stages

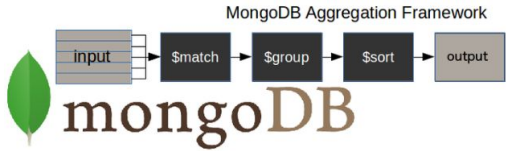
```
{
    id:"181",
    class:"first-class",
    fare: 1200
}
{
    id:"181",
    class:"first-class",
    fare: 1000
}
{
    id:"181",
    class:"second-class",
    fare: 1000
}
{
    id:"167",
    class:"first-class",
    fare: 1200
}
{
    id:"167",
    class:"second-class",
    fare: 1500
}
```

$match

```
{
    id:"181",
    class:"first-class",
    fare: 1200
}
{
    id:"181",
    class:"first-class",
    fare: 1000
}
{
    id:"167",
    class:"first-class",
    fare: 1200
}
```

$group

```
{
    _id:"181",
    total: 2200
}
{
    _id:"167",
    total: 1200
}
```




```
pipeline =
  [{$facet: {
      MyFacet1_OutputField: [
          <stage1>,
          <stage2>
      ],
      MyFacet2_OutputField: [
          <stage1>,
          <stage2>,
          <stage3>,
          <stage4>
      ]
  }}]
```

Sub-Pipeline 1

Sub-Pipeline 2

MongoDB

Модель для работы

```
public class User
{
    public string _id { get; set; }
    public string user_name { get; set; }
    public int age { get; set; }
    public Company company { get; set; }
}

public class Company
{
    public string name { get; set; }
    public DateTime startwork { get; set; }
}
```

Подключение к базе данных

```
var dbClient = new MongoClient("mongodb://127.0.0.1:27017");
IMongoDatabase db = dbClient.GetDatabase("Info");
var users = db.GetCollection<User>("Users");
```

Создание индексов

```
var index2 = Builders<User>.IndexKeys.Ascending(x => x.user_name);
users.Indexes.CreateOne(new CreateIndexModel<User>(index2));
```

Вставка объекта

```
users.Insert(new User
        {
                age = 43,
                user_name = "Zaza",
                _id = Guid.NewGuid().ToString().ToLower(),
                company = new Company
                {
                        name = "Bueng",
                        startwork = DateTime.Now
                }
        });
```

Поиск по коллекции

```
var u = users.Find<User>(x => x.company.startwork >= new DateTime(2002, 1, 1)).ToList();
var p = users.FindOneAndDelete<User>(x => x.user_name == "Zaza");
```

Удаление элементов

```
users.DeleteMany<User>(x => x.user_name == "Zaza");
users.DeleteOne<User>(x => x.user_name == "Zaza");
```

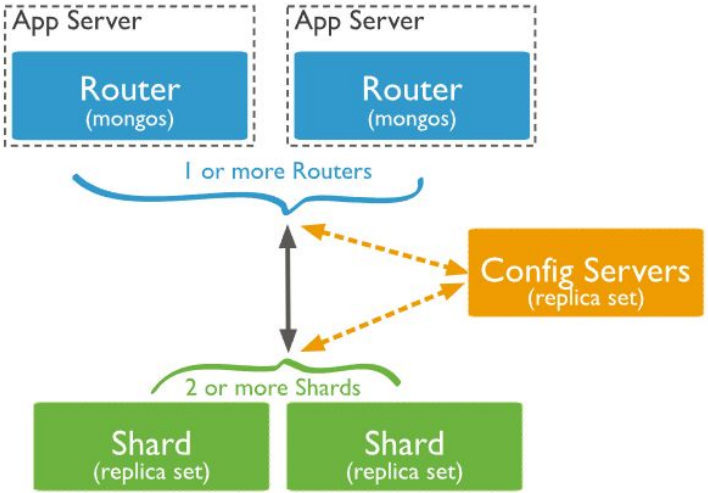
Обновление данных

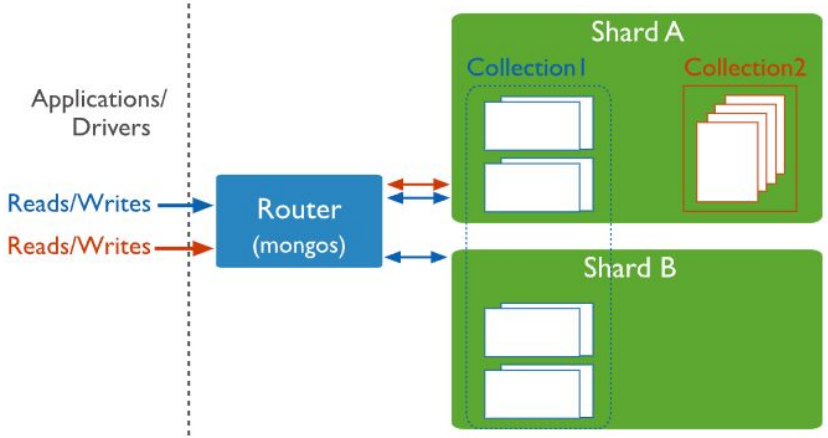
```
var update = Builders<User>.Update
                .Set(x => x.user_name, "Nana")
                .Set(x=>x.age, 25);

users.UpdateOne<User>(x => x.user_name == "Zaza", update);
users.UpdateMany<User>(x => x.company.name == "MegaHard", update);
```

Удаление элементов

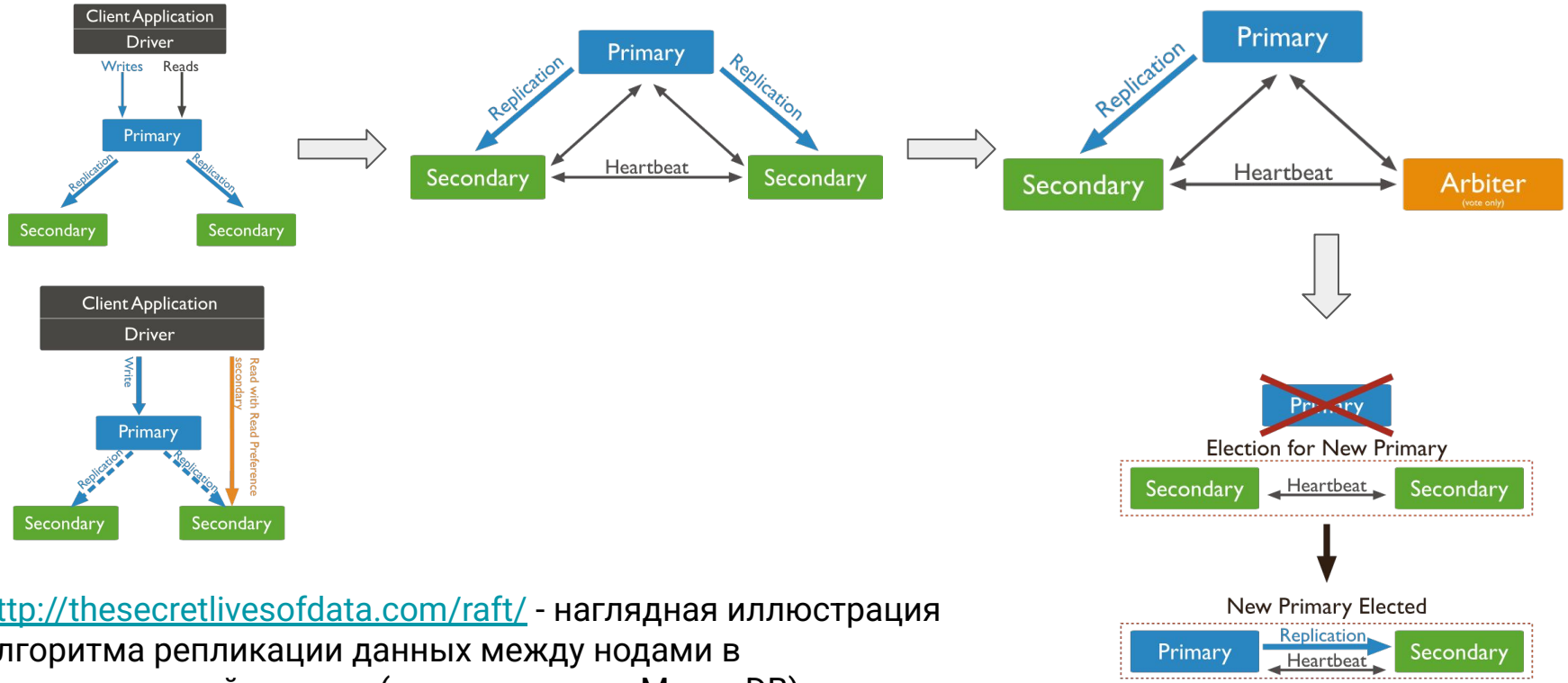
```
users.DeleteMany<User>(x => x.user_name == "Zaza");
users.DeleteOne<User>(x => x.user_name == "Zaza");
```

MongoDB - шардирование





MongoDB - репликация



http://thesecretlivesofdata.com/raft/ - наглядная иллюстрация алгоритма репликации данных между нодами в распределенной системе(используется в MongoDB)
https://www.mongodb.com/docs/manual/replication/

LIVE

LiteDB

LiteDB

- Документо-ориентированная
- Standalone СУБД, не требует установки и конфигурирования
- Легковесная
- Позволяет быстро начать работать с документо-ориентированным хранилищем
- https://www.litedb.org/

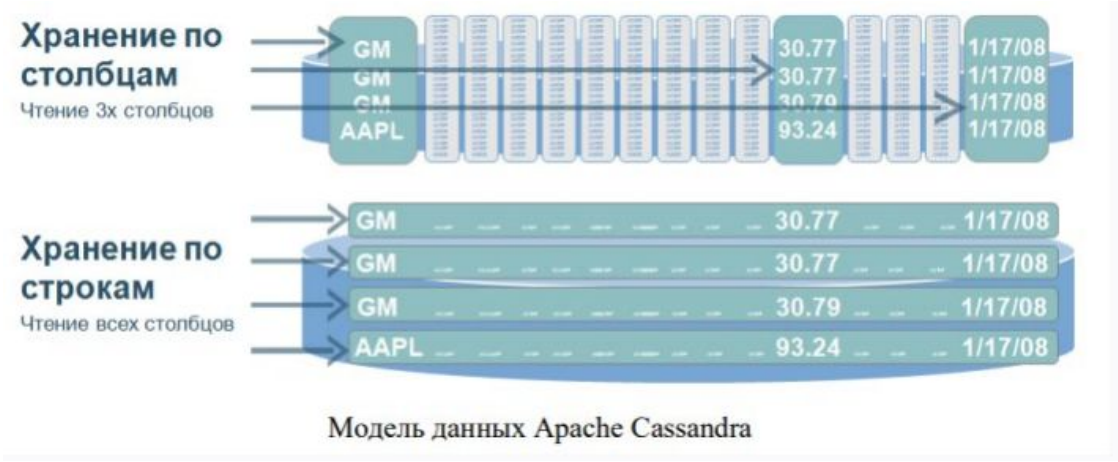
Cassandra

Cassandra

- Колонко-ориентированное хранилище
- Не реляционная отказоустойчивая распределенная СУБД
- Гибридное NoSQL решение , сочетает модель хранения на основе столбцов с моделью key-value
- Рассчитана на создание крупномасштабных надежных хранилищ, представленных в виде хеш
- Разработана на Java в 2008 году
- Наиболее удобная база данных для кластеризации
- Единственная база данных, где скорость записи выше скорости чтения (около 80-360 МБ/с на узел)

Cassandra - модель данных

- **Столбец или колонка (column)** – ячейка с данными, включающая 3 части: имя (column name) в виде массива байтов, метку времени (timestamp) и само значение (value) также в виде байтового массива;
- **Строка или запись (row)** – именованная коллекция столбцов;
- **Семейство столбцов (column family)** – именованная коллекция строк;
- **Пространство ключей (keyspace)** – группа из нескольких семейств столбцов, собранных вместе.



Модель данных Apache Cassandra

Cassandra - модель данных

Cassandra - модель данных

- **Столбец или колонка (column)** – ячейка с данными, включающая 3 части: имя (column name) в виде массива байтов, метку времени (timestamp) и само значение (value) также в виде байтового массива;
- **Строка или запись (row)** – именованная коллекция столбцов;
- **Семейство столбцов (column family)** – именованная коллекция строк;
- **Пространство ключей (keyspace)** – группа из нескольких семейств столбцов, собранных вместе.

Cassandra - создание пространства ключей

```
CREATE KEYSPACE [IF NOT EXISTS] keyspace_name
WITH REPLICATION = {
                'class' : 'SimpleStrategy', 'replication_factor' : N
                }
                | 'class' : 'NetworkTopologyStrategy', 'dc1_name' : N [, ...]
};
```

keyspace_name – название пространства ключей.
dc1_name – имя узла

REPLICATION = { *replication_map* }

Карта репликации определяет, сколько копий данных хранится в данном узле.
Этот параметр влияет на согласованность, доступность и скорость запроса.

Класс стратегии репликации и настройки факторов

Класс	Фактор	Описание
'SimpleStrategy'	'replication_factor' : *N*	Для всего кластера будет использоваться один коэффициент репликации. Параметр N означает количество копий данных, должен быть целым числом.
'NetworkTopologyStrategy'	'*datacenter_name*' : *N*	Для каждого узла задается свой коэффициент репликации. Параметр N означает количество копий данных, должен быть целым числом.

Примеры задания топологий:
Простая топология:

```
'class' : 'SimpleStrategy', 'replication_factor' : 1
```

Сетевая топология:

```
'class' : 'NetworkTopologyStrategy', ‘London_dc’ : 1, ‘Moscow_dc’:2
```

Cassandra

```
> CREATE TABLE IF NOT EXISTS test (
 id timeuuid,
 title text,
 PRIMARY KEY (title, id)
) WITH default_time_to_live = 120 and CLUSTERING ORDER BY (id DESC);
```

INSERT INTO student (id, citizenship, first_name, last_name, age) VALUES (now(), 'Russia', 'Ivan', 'Ivanov', 25);

Выполнив select –запрос отобразим все значения.

SELECT * FROM tablename;

select * from student;

```
cqlsh:lab7> select * from student;

 id                                   | age | citizenship | first_name | last_name
--------------------------------------+-----+-------------+------------+-----------
 3a26e100-9aeb-11ea-b1d1-3148925e06e7 |  25 |      Russia |       Ivan |    Ivanov
 6d0317a0-9aec-11ea-b1d1-3148925e06e7 |  22 |      France |       test |    Petrov
 47957270-9aeb-11ea-b1d1-3148925e06e7 |  35 |      Russia |       Petr |    Petrov
```

Пример UPDATE:
UPDATE имя_таблицы SET название_колонки=значение WHERE условие

Обновим поля first_name и last_name и строки с заданным id:

UPDATE student SET first_name = 'Example', last_name='Example'
WHERE id=54daf810-9aeb-11ea-b1d1-3148925e06e7

Cassandra

Пример DELETE:
DELETE FROM название_таблицы WHERE условие.

DELETE FROM student WHERE id=54daf810-9aeb-11ea-b1d1-3148925e06e7:

СУБД не дает возможности по умолчанию искать по неключевым колонкам, для которых не создан индекс.

Запрос SELECT * FROM student WHERE citizenship='Russia' выдаст ошибку:

```
... ;
InvalidRequest: Error from server: code=2200 [Invalid query] message="Cannot execute this q
uery as it might involve data filtering and thus may have unpredictable performance. If you
 want to execute this query despite the performance unpredictability, use ALLOW FILTERING"
```

Решением этой проблемы является создание вторичного индекса или использование конструкции allow filtering.

Создадим индекс по колонке citizenship.
CREATE INDEX citizenshipIndex ON student (citizenship);
После этого можно выполнять запрос с условием на эту колонку.
SELECT * FROM student WHERE citizenship='Russia'

```
id                                   | age | citizenship | first_name | last_name
--------------------------------------+-----+-------------+------------+-----------
3a26e100-9aeb-11ea-b1d1-3148925e06e7 |  25 |      Russia |       Ivan |    Ivanov
47957270-9aeb-11ea-b1d1-3148925e06e7 |  35 |      Russia |       Petr |    Petrov
```

Если ваша таблица содержит, например, 1 миллион строк, и 95% из них имеют запрошенное значение для столбца citizenship,
запрос все равно будет относительно эффективным, и вам следует использовать ALLOW FILTERING.

Пример:
SELECT * FROM student WHERE last_name='Ivanov' ALLOW FILTERING;
В данном запросе будут отобраны все студенты с фамилией Иванов.

```
cqlsh:lab7> SELECT * FROM student WHERE last_name='Ivanov' ALLOW FILTERING;

 id                                   | age | citizenship | first_name | last_name
--------------------------------------+-----+-------------+------------+-----------
 3a26e100-9aeb-11ea-b1d1-3148925e06e7 |  25 |      Russia |       Ivan |    Ivanov
```

Cassandra

Подключаемся к базе данных

```
Cluster cluster = Cluster.Builder().AddContactPoint("localhost").Build();
ISession session = cluster.Connect();
```

Готовим базу данных для использования

```
session.Execute("CREATE KEYSPACE uprofile WITH REPLICATION = { 'class' : 'NetworkTopologyStrategy', 'datacenter1' : 1 };");
session.Execute("CREATE TABLE IF NOT EXISTS uprofile.user (user_id int PRIMARY KEY, user_name text, user_bcity text)");
```

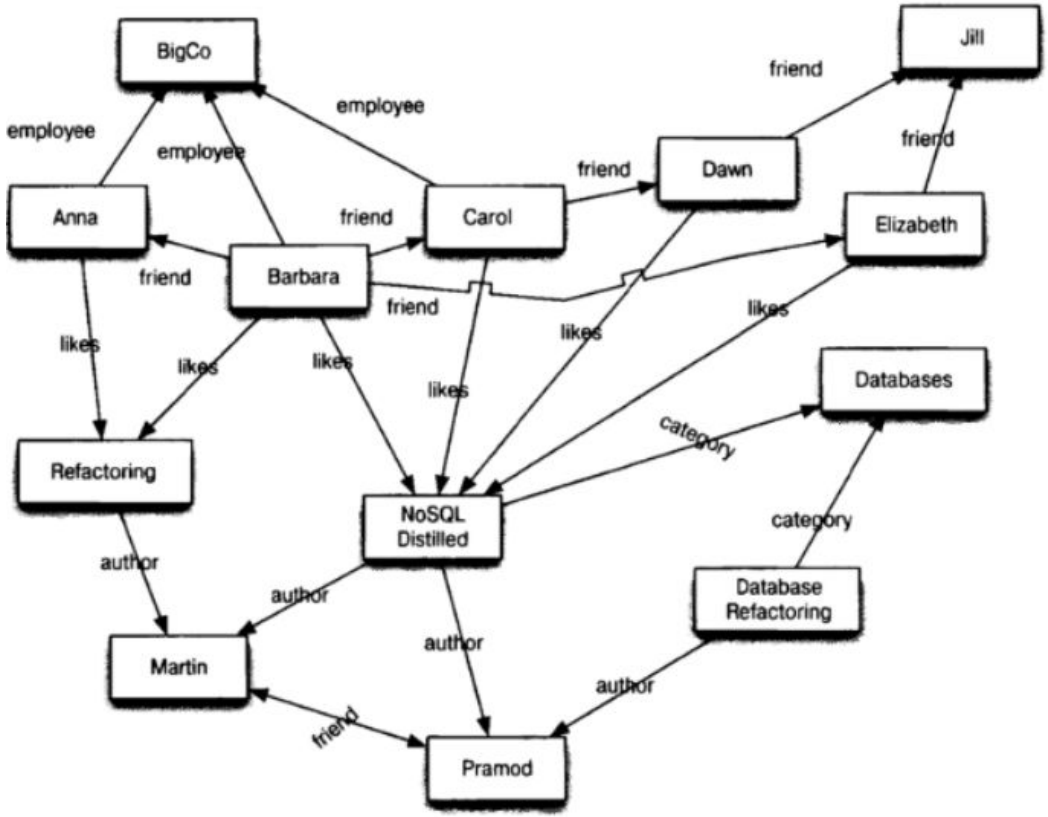
```
IMapper mapper = new Mapper(session);

mapper.Insert<User>(new User(1, "LyubovK", "Dubai"));
mapper.Insert<User>(new User(2, "JiriK", "Toronto"));
mapper.Insert<User>(new User(3, "IvanH", "Mumbai"));

IEnumerable<User> users = mapper.Fetch<User>("Select * from user");
var user = mapper.FirstOrDefault<User>("Select * from user where user_id = ?", 3);
```

```
public partial class User
   {
       public int user_id { get; set; }
       public string user_name { get; set; }
       public string user_bcity { get; set; }
   }
```

Neo4j

Neo4j

- Графовая база данных
- Свободное поле объектов
- Объекты соединяются определенными типами связей



Neo4j

В качестве исходного материала

https://github.com/neo4j-examples/movies-dotnet-neo4jclient

```
docker run  --name testneo4j  -p7474:7474 -p7687:7687 -d -v c:/neo4j/data:/data -v c:/neo4j/logs:/logs  -v
c:/neo4j/import:/var/lib/neo4j/import  -v c:/neo4j/plugins:/plugins --env NEO4J_AUTH=neo4j/test  neo4j:latest
```

Подключаемся к базе данных

```
var client = new GraphClient(new Uri("http://localhost:7474"), "neo4j", "test");
client.ConnectAsync().Wait();
```

Получаем данные

```
var query = client.Cypher.
Match("(m:Movie)<-[:ACTED_IN]-(a:Person)")
.Return((m, a) => new
{
        movie = m.As<Movie>().title,
        cast = Return.As<string>("collect(a.name)")
}).Limit(100);
var data = query.ResultsAsync.Result.ToList();
```

Список материалов для изучения

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Database
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Internet
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Strozzi_NoSQL
4. https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-sql-and-nosql/?ref=ml_lbp
5. https://phoenixnap.com/kb/acid-vs-base
6. https://ru.wikipedia.org/wiki/ACID
7. https://habr.com/ru/articles/555920/
8. https://www.yuji.page/acid/
9. https://cloud.yandex.ru/blog/posts/2022/10/nosql
10. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B0_CAP
11. https://www.infoq.com/articles/cap-twelve-years-later-how-the-rules-have-changed/
12. https://habr.com/ru/articles/328792/
13. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B0_PACELC
14. https://bigdataschool.ru/blog/cap-and-pacelc-in-kafka.html
15. https://web-creator.ru/articles/partitioning_replication_sharding
16. https://dzen.ru/a/ZElAFXc8MhP8ZU5K
17. https://martinfowler.com/books/nosql.html
18. https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1681550/FULLTEXT01.pdf
19. https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/architecture/cloud-native/relational-vs-nosql-data
20. https://highload.guide/blog/NoSQL-quick-facts.html
21. https://hostingdata.co.uk/nosql-database/
22. https://db-engines.com/en/ranking
23. https://coderlessons.com/articles/java/osnovnye-kliuchi-mongodb-vash-drug
24. https://www.mongodb.com/docs/manual/tutorial/getting-started/
25. https://www.mongodb.com/docs/manual/sharding/
26. https://www.mongodb.com/docs/manual/replication/
27. http://thesecretlivesofdata.com/raft
28. https://www.postgresql.eu/events/pgconfeu2017/sessions/session/1596/slides/29/Distributed%20Computing%20on%20PostgreSQL.pdf
29. https://habr.com/ru/companies/piter/articles/275633/
30. https://xebia.com/blog/microservices-coupling-vs-autonomy/

Список материалов для изучения

31. https://redis.io/
32. https://hub.docker.com/u/redis
33. https://habr.com/ru/companies/wunderfund/articles/685894/
34. https://www.mongodb.com/
35. https://www.litedb.org/
36. https://cassandra.apache.org/_/quickstart.html
37. https://www.cockroachlabs.com/
38. https://habr.com/ru/companies/flant/articles/327640/
39. https://devathon.com/blog/cockroachdb-vs-mysql-vs-postgresql-vs-mongodb-vs-cassandra/
40. https://blog.yakunin.dev/cockroachdb-postgresql/
41. https://www.digitalocean.com/community/tutorials/understanding-database-sharding
42. https://www.cockroachlabs.com/blog/limits-of-the-cap-theorem/
43. https://jepsen.io/consistency
44. http://www.cs.umd.edu/~abadi/papers/abadi-pacelc.pdf
45. https://redis.io/docs/latest/develop/data-types/streams/
46. https://github.com/neelabalan/mongodb-sample-dataset/tree/main
47. https://www.geeksforgeeks.org/datatypes-in-mongodb/
48. https://www.mongodb.com/docs/manual/reference/bson-types/
49. https://www.mongodb.com/docs/manual/core/views/create-view/
50. https://redis.io/learn/operate/redis-at-scale/scalability/clustering-in-redis
51. https://min.io/
52. https://valkey.io/

Вопросы?

Ставим “+”,
если вопросы есть

Ставим “–”,
если вопросов нет

Рефлексия

Заполните, пожалуйста, опрос о занятии по ссылке в чате

Спасибо за внимание!

Приходите на следующие вебинары

Михаил Дмитриев

Ведущий программист НИПК Электрон

Разрабатываю и поддерживаю приложения для работы с радиологическими комплексами

https://t.me/sf321