

《大数据技术原理与应用（第3版）》

<http://dblab.xmu.edu.cn/post/bigdata3>

温馨提示：编辑幻灯片母版，可以修改每页PPT的厦大校徽和底部文字

第5章 NoSQL数据库

（PPT版本号：2020年12月版本）

林子雨 博士/副教授

厦门大学计算机科学系

E-mail: ziyulin@xmu.edu.cn ▶▶

主页: <http://dblab.xmu.edu.cn/post/linziyu>





本章配套教学视频

《大数据技术原理与应用（第3版）》
在线视频观看地址

<http://www.icourse163.org/course/XMU-1002335004>

大数据技术原理与应用

BIGDATA TECHNOLOGY AND APPLICATION

打开大数据之门，遨游大数据世界





提纲

- 5.1 NoSQL简介
- 5.2 NoSQL兴起的原因
- 5.3 NoSQL与关系数据库的比较
- 5.4 NoSQL的四大类型
- 5.5 NoSQL的三大基石
- 5.6 从NoSQL到NewSQL数据库
- 5.7 文档数据库MongoDB

本PPT是如下教材的配套讲义：

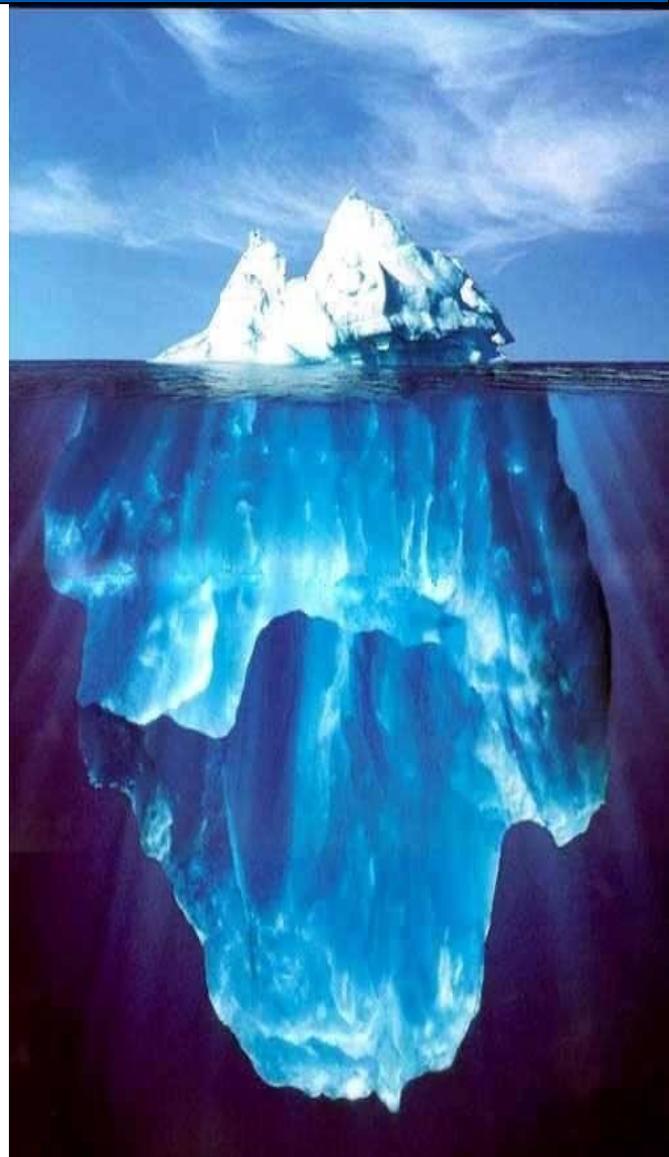
《大数据技术原理与应用
——概念、存储、处理、分析与应用》
(2021年1月第3版)

ISBN:978-7-115-54405-6

厦门大学 林子雨 编著，人民邮电出版社

欢迎访问《大数据技术原理与应用》教材官方网站：

<http://dmlab.xmu.edu.cn/post/bigdata3>





5.1 NoSQL简介

~~SQL~~

概念演变



Not only SQL

最初表示“反SQL”运动
用新型的非关系数据库取代关系数据库

现在表示关系和非关系型数据库各有优缺点
彼此都无法互相取代

通常，NoSQL数据库具有以下几个特点：

- (1) 灵活的可扩展性
- (2) 灵活的数据模型
- (3) 与云计算紧密融合



5.1 NoSQL简介

现在已经有很多公司使用了NoSQL数据库:

- Google
- Facebook
- Mozilla
- Adobe
- Foursquare
- LinkedIn
- Digg
- McGraw-Hill Education
- Vermont Public Radio
- 百度、腾讯、阿里、新浪、华为.....



5.2 NoSQL兴起的原因

- 1、关系数据库已经无法满足Web2.0的需求。主要表现在以下几个方面：
 - (1) 无法满足海量数据的管理需求
 - (2) 无法满足数据高并发的需求
 - (3) 无法满足高可扩展性和高可用性的需求

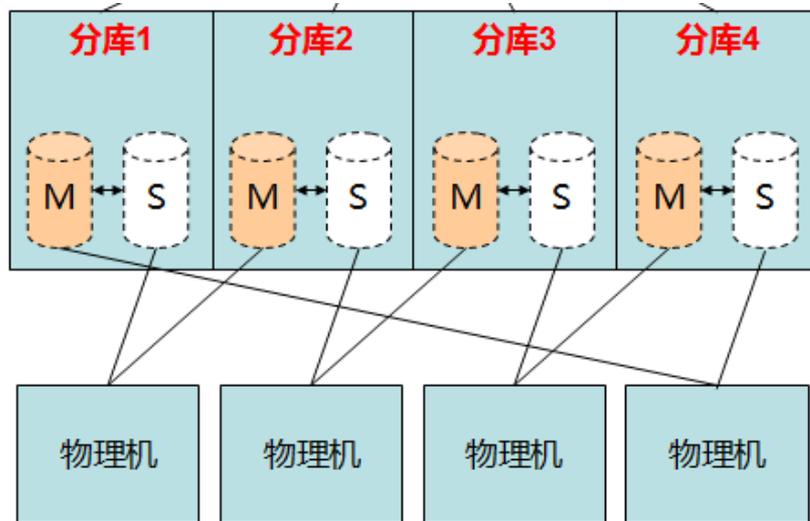




5.2 NoSQL兴起的原因

MySQL集群是否可以完全解决问题？

- 复杂性**：部署、管理、配置很复杂
- 数据库复制**：MySQL主备之间采用复制方式，只能是异步复制，当主库压力较大时可能产生较大延迟，主备切换可能会丢失最后一部分更新事务，这时往往需要人工介入，备份和恢复不方便
- 扩容问题**：如果系统压力过大需要增加新的机器，这个过程涉及数据重新划分，整个过程比较复杂，且容易出错
- 动态数据迁移问题**：如果某个数据库组压力过大，需要将其中部分数据迁移出去，迁移过程需要总控节点整体协调，以及数据库节点的配合。这个过程很难做到自动化





5.2 NoSQL兴起的原因

- 2、“One size fits all”模式很难适用于截然不同的业务场景
- 关系模型作为统一的数据模型既被用于数据分析，也被用于在线业务。但这两者一个强调高吞吐，一个强调低延时，已经演化出完全不同的架构。用同一套模型来抽象显然是不合适的
 - Hadoop就是针对数据分析
 - MongoDB、Redis等是针对在线业务，两者都抛弃了关系模型



5.2 NoSQL兴起的原因

3、关系数据库的关键特性包括完善的事务机制和高效的查询机制。但是，关系数据库引以为傲的两个关键特性，到了Web2.0时代却成了鸡肋，主要表现在以下几个方面：

- (1) **Web2.0**网站系统通常不要求严格的数据库事务
- (2) **Web2.0**并不要求严格的读写实时性
- (3) **Web2.0**通常不包含大量复杂的**SQL**查询（去结构化，存储空间换取更好的查询性能）



5.3 NoSQL与关系数据库的比较

表5-1 NoSQL和关系数据库的简单比较

比较标准	RDBMS	NoSQL	备注
数据库原理	完全支持	部分支持	RDBMS有关系代数理论作为基础 NoSQL没有统一的理论基础
数据规模	大	超大	RDBMS很难实现横向扩展，纵向扩展的空间也比较有限，性能会随着数据规模的增大而降低 NoSQL可以很容易通过添加更多设备来支持更大规模的数据
数据库模式	固定	灵活	RDBMS需要定义数据库模式，严格遵守数据定义和相关约束条件 NoSQL不存在数据库模式，可以自由灵活定义并存储各种不同类型的数据
查询效率	快	可以实现高效的简单查询，但是不具备高度结构化查询等特性，复杂查询的性能不尽人意	RDBMS借助于索引机制可以实现快速查询（包括记录查询和范围查询） 很多NoSQL数据库没有面向复杂查询的索引，虽然NoSQL可以使用MapReduce来加速查询，但是，在复杂查询方面的性能仍然不如RDBMS



5.3 NoSQL与关系数据库的比较

表5-1 NoSQL和关系数据库的简单比较（续）

比较标准	RDBMS	NoSQL	备注
一致性	强一致性	弱一致性	RDBMS严格遵守事务ACID模型，可以保证事务强一致性 很多NoSQL数据库放松了对事务ACID四性的要求，而是遵守BASE模型，只能保证最终一致性
数据完整性	容易实现	很难实现	任何一个RDBMS都可以很容易实现数据完整性，比如通过主键或者非空约束来实现实体完整性，通过主键、外键来实现参照完整性，通过约束或者触发器来实现用户自定义完整性 但是，在NoSQL数据库却无法实现
扩展性	一般	好	RDBMS很难实现横向扩展，纵向扩展的空间也比较有限 NoSQL在设计之初就充分考虑了横向扩展的需求，可以很容易通过添加廉价设备实现扩展
可用性	好	很好	RDBMS在任何时候都以保证数据一致性为优先目标，其次才是优化系统性能，随着数据规模的增大，RDBMS为了保证严格的一致性，只能提供相对较弱的可用性 大多数NoSQL都能提供较高的可用性



5.3 NoSQL与关系数据库的比较

表5-1 NoSQL和关系数据库的简单比较（续）

比较标准	RDBMS	NoSQL	备注
标准化	是	否	RDBMS已经标准化（SQL） NoSQL还没有行业标准，不同的NoSQL数据库都有自己的查询语言，很难规范应用程序接口 StoneBraker认为：NoSQL缺乏统一查询语言，将会拖慢NoSQL发展
技术支持	高	低	RDBMS经过几十年的发展，已经非常成熟，Oracle等大型厂商都可以提供很好的技术支持 NoSQL在技术支持方面仍然处于起步阶段，还不成熟，缺乏有力的技术支持
可维护性	复杂	复杂	RDBMS需要专门的数据库管理员(DBA)维护 NoSQL数据库虽然没有DBMS复杂，也难以维护



5.3 NoSQL与关系数据库的比较

总结

(1) 关系数据库

优势：以完善的关系代数理论作为基础，有严格的标准，支持事务ACID四性，借助索引机制可以实现高效的查询，技术成熟，有专业公司的技术支持

劣势：可扩展性较差，无法较好支持海量数据存储，数据模型过于死板、无法较好支持Web2.0应用，事务机制影响了系统的整体性能等

(2) NoSQL数据库

优势：可以支持超大规模数据存储，灵活的数据模型可以很好地支持Web2.0应用，具有强大的横向扩展能力等

劣势：缺乏数学理论基础，复杂查询性能不高，大都不能实现事务强一致性，很难实现数据完整性，技术尚不成熟，缺乏专业团队的技术支持，维护较困难等



5.3 NoSQL与关系数据库的比较

总结

关系数据库和NoSQL数据库各有优缺点，彼此无法取代

- **关系数据库应用场景**：电信、银行等领域的关键业务系统，需要保证强事务一致性
- **NoSQL数据库应用场景**：互联网企业、传统企业的非关键业务（比如数据分析）

采用混合架构

- **案例**：亚马逊公司就使用不同类型的数据库来支撑它的电子商务应用
- 对于“购物篮”这种临时性数据，采用键值存储会更加高效
- 当前的产品和订单信息则适合存放在关系数据库中
- 大量的历史订单信息则适合保存在类似MongoDB的文档数据库中

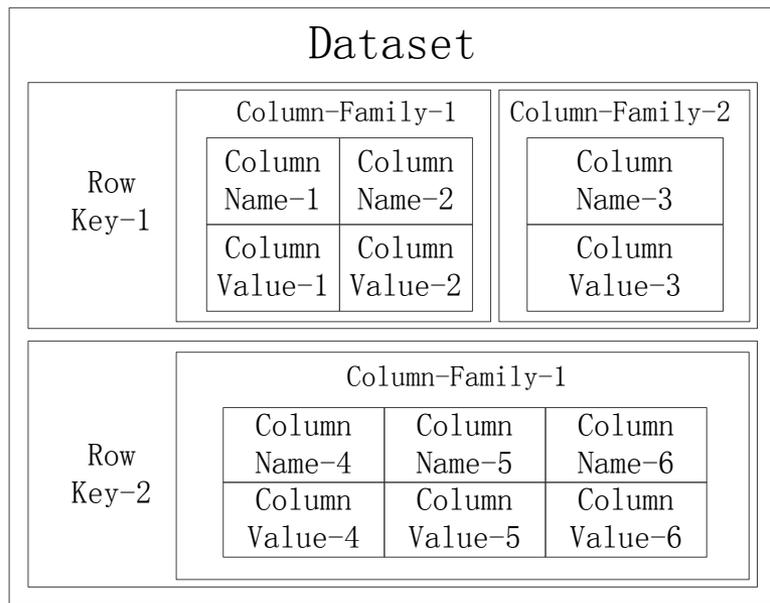


5.4 NoSQL的四大类型

NoSQL数据库虽然数量众多，但是，归结起来，典型的NoSQL数据库通常包括键值数据库、列族数据库、文档数据库和图数据库

Key_1	Value_1
Key_2	Value_2
Key_3	Value_1
Key_4	Value_3
Key_5	Value_2
Key_6	Value_1
Key_7	Value_4
Key_8	Value_3

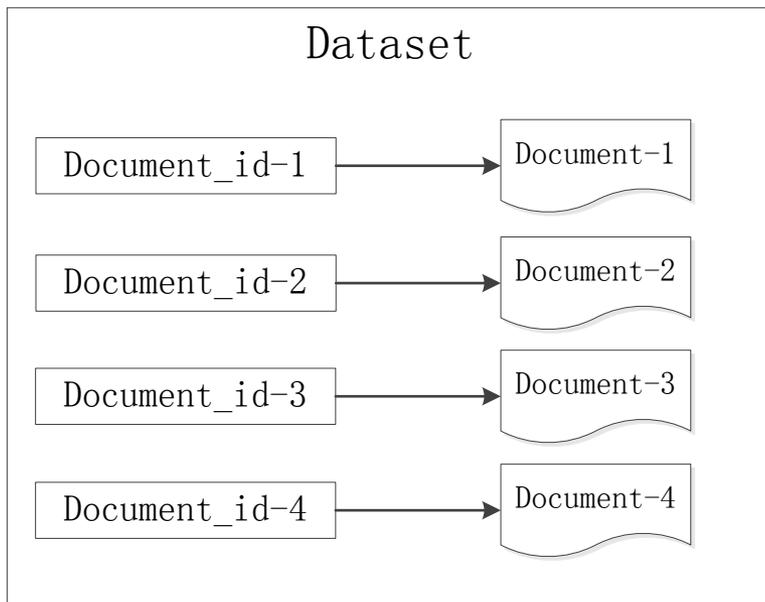
键值数据库



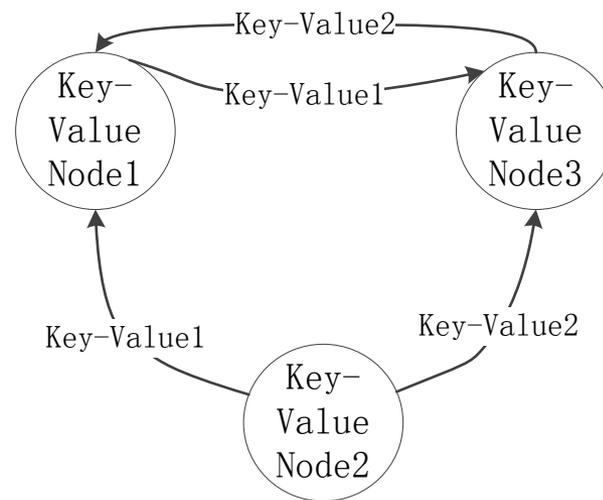
列族数据库



5.4 NoSQL的四大类型



文档数据库



图数据库



5.4 NoSQL的四大类型

文档数据库	图数据库
  	 
键值数据库	列族数据库
   	    



5.4 NoSQL的四大类型

2020年11月 数据库排行榜

排名	上月	数据库名称	数据库类型	分数	变化
1	1	Oracle	Relational	1345.0	▼ -23.77
2	2	MySQL	Relational	1241.64	▼ -14.74
3	3	Microsoft SQL Server	Relational	1037.64	▼ -5.48
4	4	PostgreSQL	Relational	555.06	▲ +12.66
5	5	MongoDB	Document	453.83	▲ +5.81
6	6	IBM Db2	Relational	161.62	▼ -0.28
7	8	Redis	Key-value	155.42	▲ +2.14
8	7	Elasticsearch	Search engine	151.55	▼ -2.29
9	11	SQLite	Relational	123.31	▼ -2.11
10	10	Cassandra	Wide column	118.75	▼ -0.35

<https://blog.csdn.net/csdnnews>

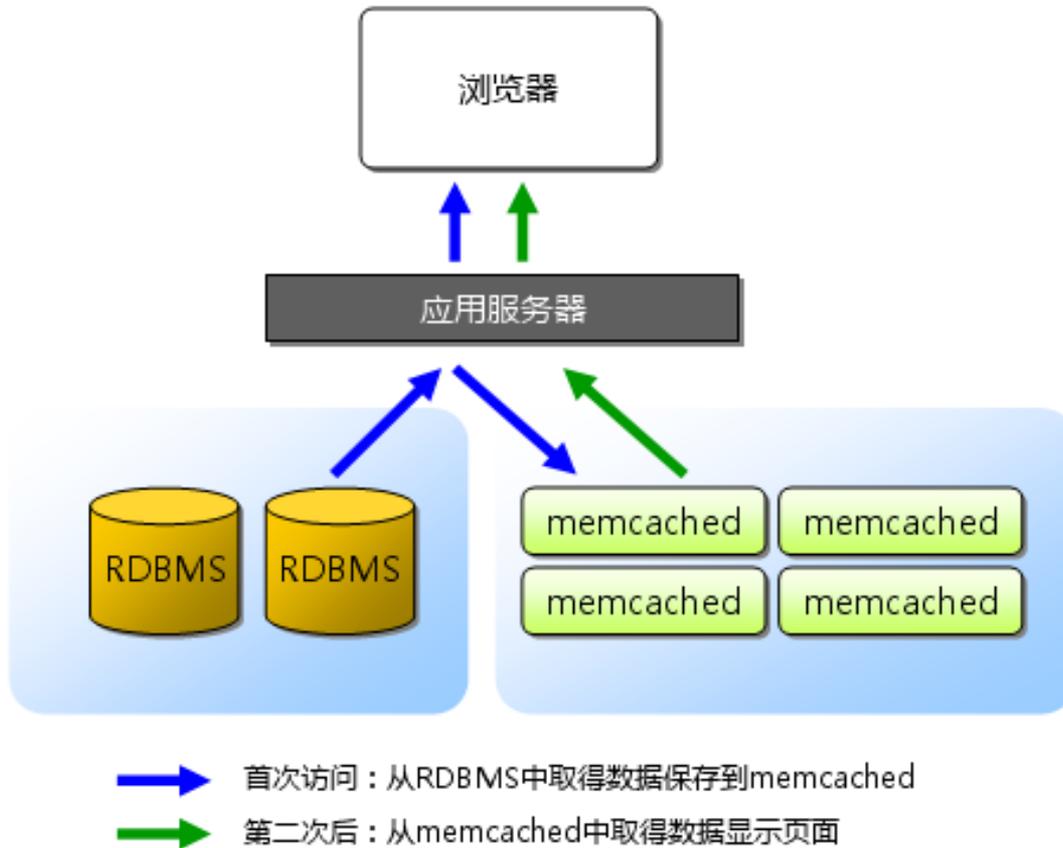


5.4.1 键值数据库

相关产品	Redis、Riak、SimpleDB、Chordless、Scalaris、Memcached
数据模型	键/值对 键是一个字符串对象 值可以是任意类型的数据，比如整型、字符型、数组、列表、集合等
典型应用	涉及频繁读写、拥有简单数据模型的应用 内容缓存，比如会话、配置文件、参数、购物车等 存储配置和用户数据信息的移动应用
优点	扩展性好，灵活性好，大量写操作时性能高
缺点	无法存储结构化信息，条件查询效率较低
不适用情形	不是通过键而是通过值来查：键值数据库根本没有通过值查询的途径 需要存储数据之间的关系：在键值数据库中，不能通过两个或两个以上的键来关联数据 需要事务的支持：在一些键值数据库中，产生故障时，不可以回滚
使用者	百度云数据库（Redis）、GitHub（Riak）、BestBuy（Riak）、Twitter（Redis和Memcached）、StackOverFlow（Redis）、Instagram（Redis）、Youtube（Memcached）、Wikipedia（Memcached）



5.4.1 键值数据库



键值数据库成为理想的缓冲层解决方案

Redis有时候会被人们称为“强化版的Memcached”
支持持久化、数据恢复、更多数据类型



5.4.2 列族数据库

相关产品	BigTable、HBase、Cassandra、HadoopDB、GreenPlum、PNUTS
数据模型	列族
典型应用	分布式数据存储与管理 数据在地理上分布于多个数据中心的应用程序 可以容忍副本中存在短期不一致情况的应用程序 拥有动态字段的应用程序 拥有潜在大量数据的应用程序，大到几百TB的数据
优点	查找速度快，可扩展性强，容易进行分布式扩展，复杂性低
缺点	功能较少，大都不支持强事务一致性
不适用情形	需要ACID事务支持的情形，Cassandra等产品就不适用
使用者	Ebay (Cassandra)、Instagram (Cassandra)、NASA (Cassandra)、Twitter (Cassandra and HBase)、Facebook (HBase)、Yahoo! (HBase)



5.4.3 文档数据库

“文档”其实是一个数据记录，这个记录能够对包含的数据类型和内容进行“自我描述”。XML文档、HTML文档和JSON文档就属于这一类。SequoiaDB就是使用JSON格式的文档数据库，它的存储的数据是这样的：

```
{
  "ID" :1,
  "NAME" : "SequoiaDB",
  "Tel" : {
    "Office" : "123123", "Mobile" : "132132132"
  }
  "Addr" : "China, GZ"
}
```

关系数据库：

必须有schema信息才能理解数据的含义

学生（学号，姓名，性别，年龄，系，年级）

（1001，张三，男，20，计算机，2002）

一个XML文档：

```
<configuration>
```

```
<property>
```

```
<name>hbase.rootdir</name>
```

```
<value>hdfs://localhost:9000/hbase</value>
```

```
</property>
```

```
</configuration>
```



5.4.3 文档数据库

```
{
  "ID" :1,
  "NAME" : "SequoiaDB",
  "Tel" : {
    "Office" : "123123", "Mobile" : "132132132"
  }
  "Addr" : "China, GZ"
}
```

- 数据是不规则的，每一条记录包含了所有的有关“SequoiaDB”的信息而没有任何外部的引用，这条记录就是“自包含”的
- 这使得记录很容易完全移动到其他服务器，因为这条记录的所有信息都包含在里面了，不需要考虑还有信息在别的表没有一起迁移走
- 同时，因为在移动过程中，只有被移动的那一条记录（文档）需要操作，而不像关系型中每个有关联的表都需要锁住来保证一致性，这样一来ACID的保证就会变得更快速，读写的速度也会有很大的提升



5.4.3 文档数据库

相关产品	MongoDB、CouchDB、Terrastore、ThruDB、RavenDB、SisoDB、RaptorDB、CloudKit、Perservere、Jackrabbit
数据模型	键/值 值 (value) 是版本化的文档
典型应用	存储、索引并管理面向文档的数据或者类似的半结构化数据 比如，用于后台具有大量读写操作的网站、使用JSON数据结构的应用、使用嵌套结构等非规范化数据的应用程序
优点	性能好（高并发），灵活性高，复杂性低，数据结构灵活 提供嵌入式文档功能，将经常查询的数据存储在同一个文档中 既可以根据键来构建索引，也可以根据内容构建索引
缺点	缺乏统一的查询语法
不适用情形	在不同的文档上添加事务。文档数据库并不支持文档间的事务， 如果对这方面有需求则不应该选用这个解决方案
使用者	百度云数据库 (MongoDB)、SAP (MongoDB)、Codecademy (MongoDB)、Foursquare (MongoDB)、NBC News (RavenDB)



5.4.4 图数据库

相关产品	Neo4J、OrientDB、InfoGrid、Infinite Graph、GraphDB
数据模型	图结构
典型应用	专门用于处理具有高度相互关联关系的数据，比较适合于社交网络、模式识别、依赖分析、推荐系统以及路径寻找等问题
优点	灵活性高，支持复杂的图形算法，可用于构建复杂的关系图谱
缺点	复杂性高，只能支持一定的数据规模
使用者	Adobe (Neo4J)、Cisco (Neo4J)、T-Mobile (Neo4J)



5.4.5 不同类型数据库比较分析



中国菜刀

MySQL



瑞士军刀

MongoDB



大象兵

HBase



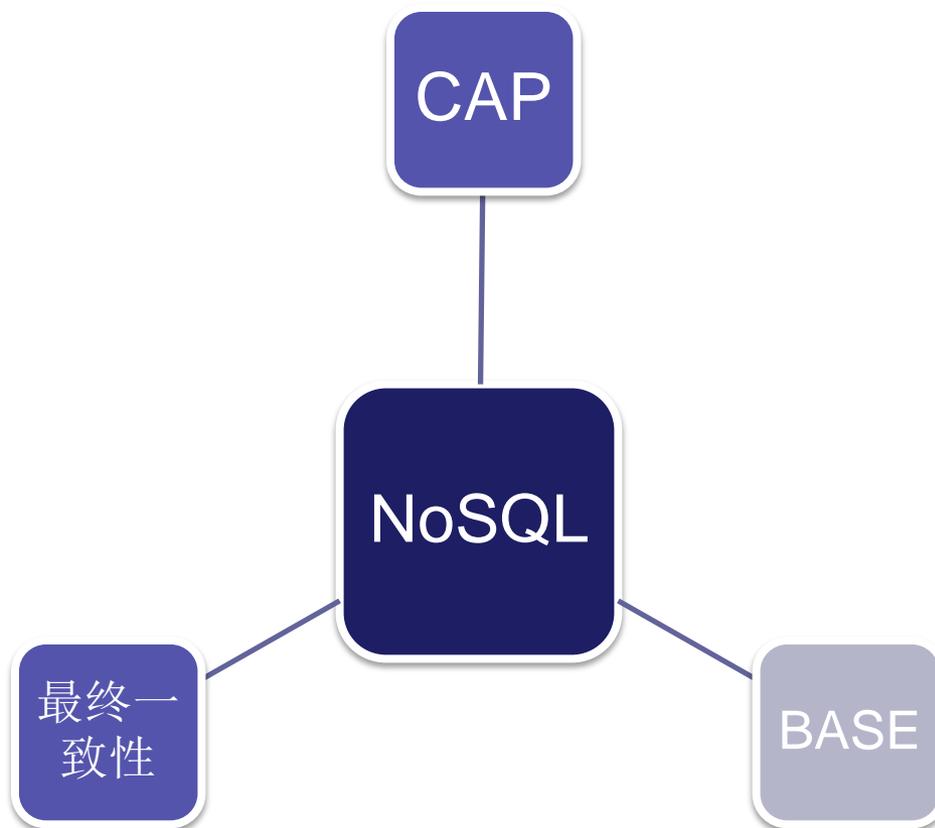
金箍棒

Redis

- **MySQL**产生年代较早，而且随着LAMP大潮得以成熟。尽管其没有什么大的改进，但是新兴的互联网使用的最多的数据库
- **MongoDB**是个新生事物，提供更灵活的数据模型、异步提交、地理位置索引等五花八色的功能
- **HBase**是个“仗势欺人”的大象兵。依仗着Hadoop的生态环境，可以有很好的扩展性。但是就像象兵一样，使用者需要养一头大象(Hadoop),才能驱使他
- **Redis**是键值存储的代表，功能最简单。提供随机数据存储。就像一根棒子一样，没有多余的构造。但是也正是因此，它的伸缩性特别好。就像悟空手里的金箍棒，大可捅破天，小能成缩成针



5.5 NoSQL的三大基石





5.5.1 CAP

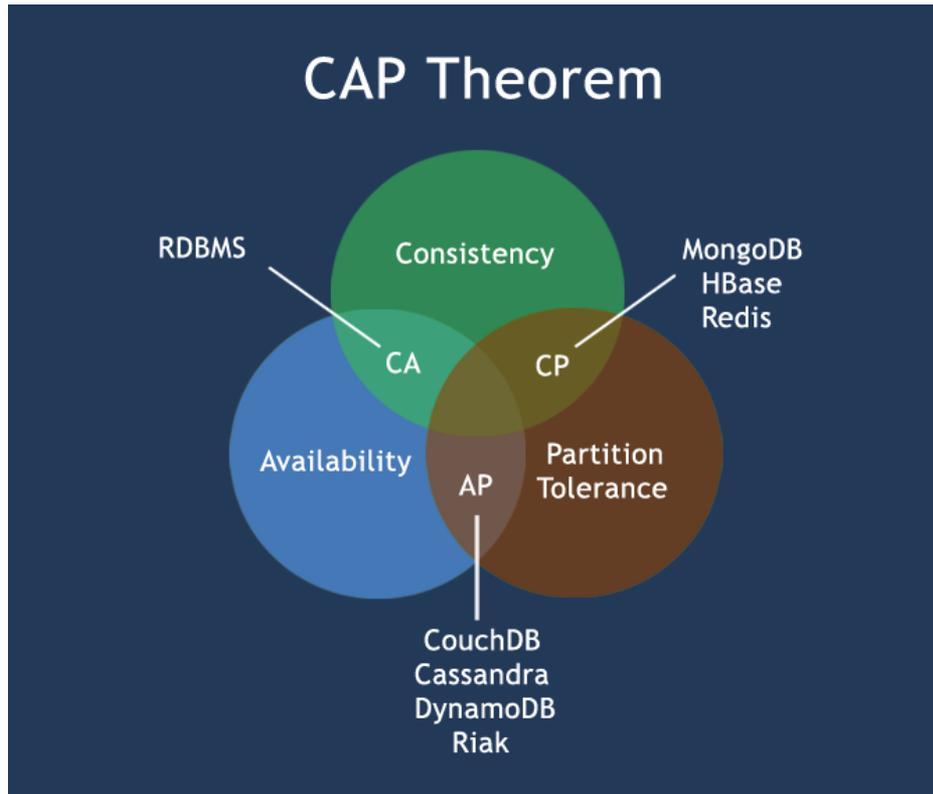
所谓的CAP指的是：

- **C (Consistency)**：一致性，是指任何一个读操作总是能够读到之前完成的写操作的结果，也就是在分布式环境中，多点的数据是一致的，或者说，所有节点在同一时间具有相同的数据
- **A: (Availability)**：可用性，是指快速获取数据，可以在确定的时间内返回操作结果，保证每个请求不管成功或者失败都有响应；
- **P (Tolerance of Network Partition)**：分区容忍性，是指当出现网络分区的情况时（即系统中的一部分节点无法和其他节点进行通信），分离的系统也能够正常运行，也就是说，系统中任意信息的丢失或失败不会影响系统的继续运作。



5.5.1 CAP

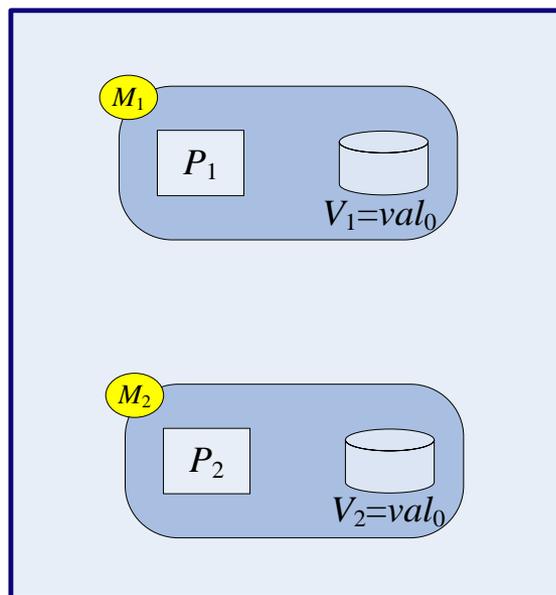
CAP理论告诉我们，一个分布式系统不可能同时满足一致性、可用性和分区容忍性这三个需求，最多只能同时满足其中两个，正所谓“鱼和熊掌不可兼得”。





5.5.1 CAP

一个牺牲一致性来换取可用性的实例

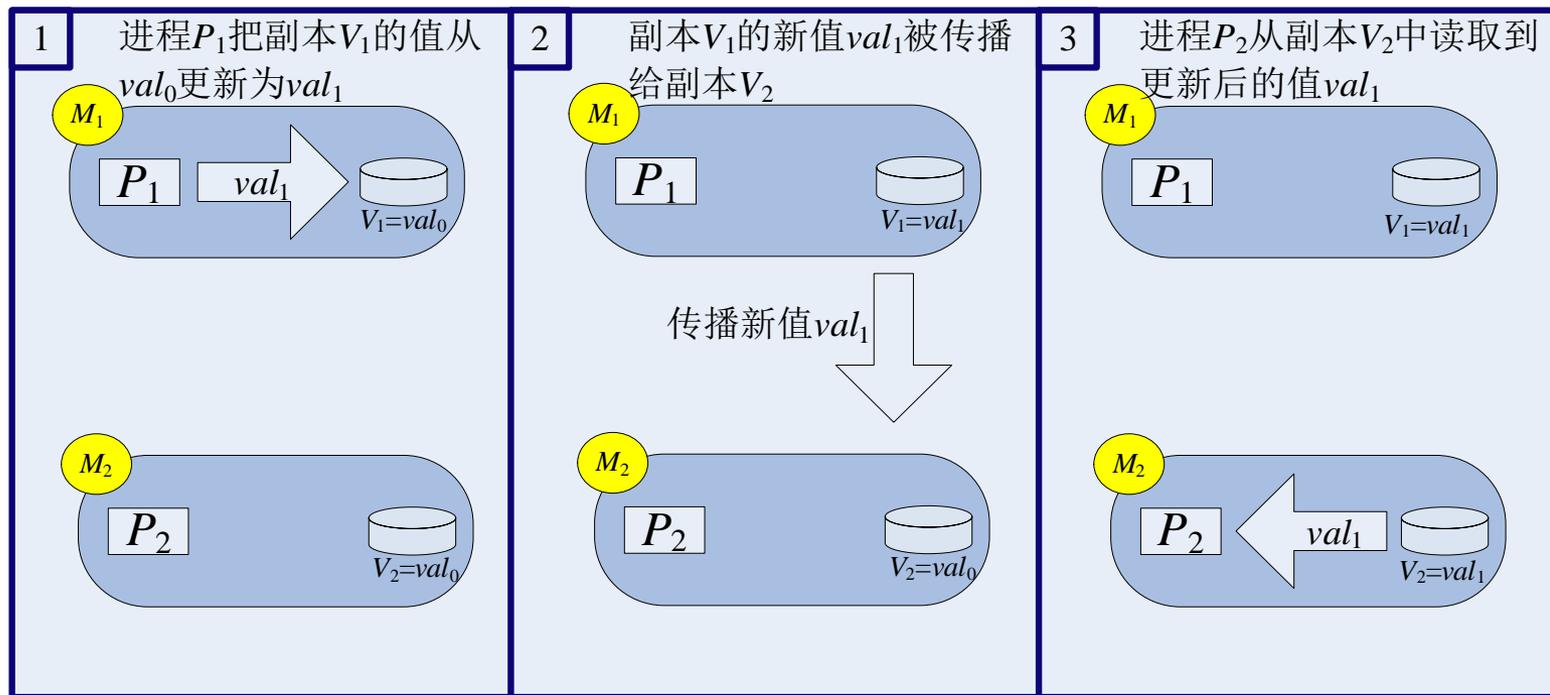


(a) 初始状态



5.5.1 CAP

一个牺牲一致性来换取可用性的实例

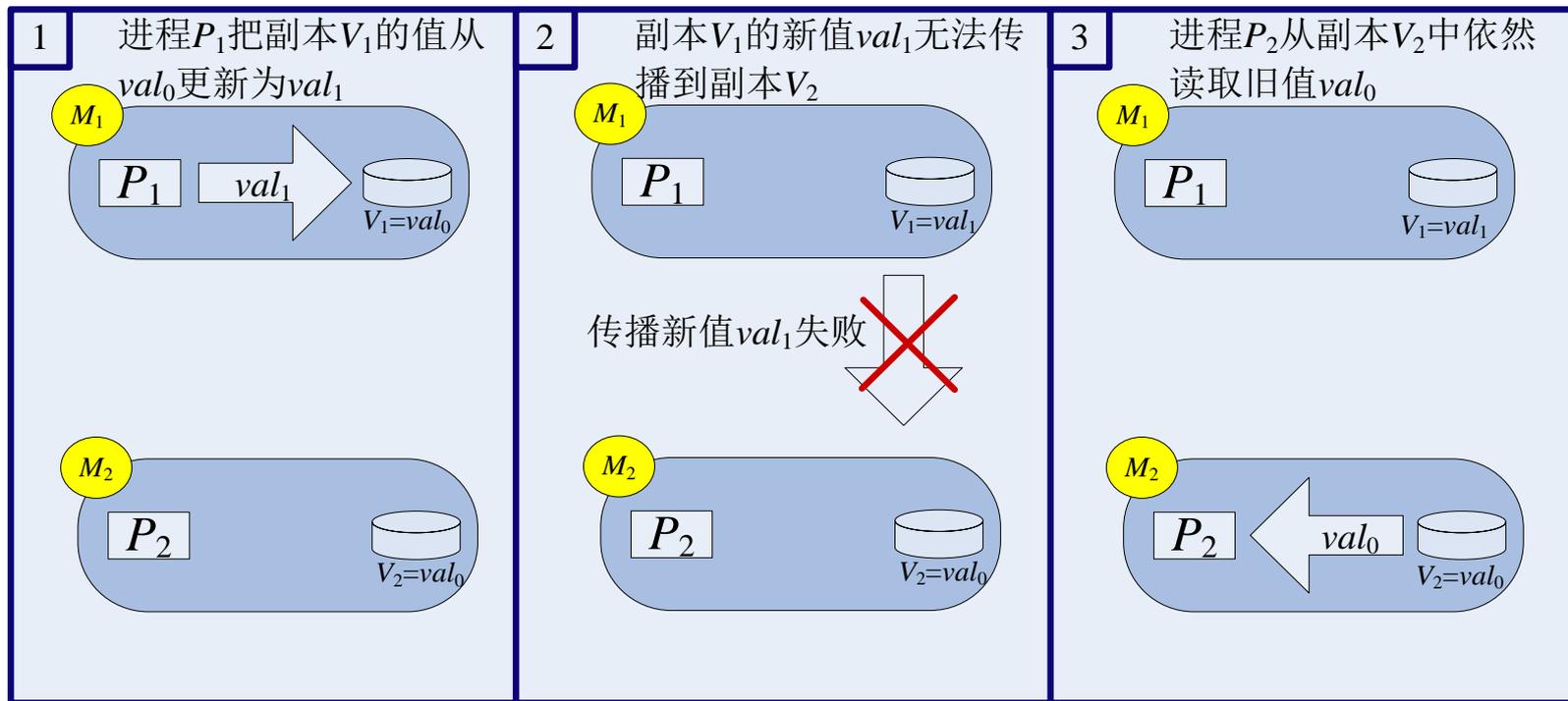


(b) 正常执行过程



5.5.1 CAP

一个牺牲一致性来换取可用性的实例



(c) 更新传播失败时的执行过程



5.5.1 CAP

当处理CAP的问题时，可以有几个明显的选择：

1.CA: 也就是强调一致性（C）和可用性（A），放弃分区容忍性（P），最简单的做法是把所有与事务相关的内容都放到同一台机器上。很显然，这种做法会严重影响系统的可扩展性。传统的关系数据库（MySQL、SQL Server 和PostgreSQL），都采用了这种设计原则，因此，扩展性都比较差

2.CP: 也就是强调一致性（C）和分区容忍性（P），放弃可用性（A），当出现网络分区的情况时，受影响的服务需要等待数据一致，因此在等待期间就无法对外提供服务

3.AP: 也就是强调可用性（A）和分区容忍性（P），放弃一致性（C），允许系统返回不一致的数据



5.5.1 CAP

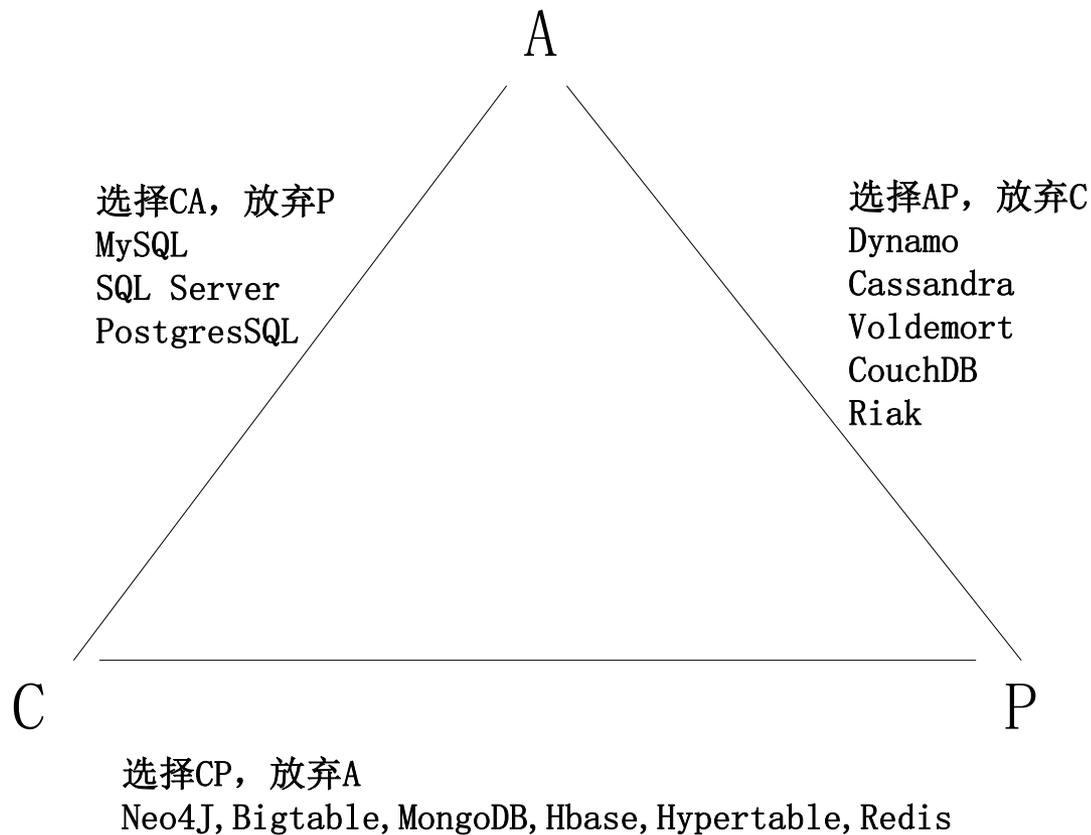


图5-5 不同产品在CAP理论下的不同设计原则



5.5.2 BASE

说起BASE（**B**asically **A**vailable, **S**oft-state, **E**ventual consistency），不得不谈到ACID。

ACID	BASE
原子性(A tomicity)	基本可用(B asically A vailable)
一致性(C onsistency)	软状态/柔性事务(S oft state)
隔离性(I solation)	最终一致性 (E ventual consistency)
持久性 (D urable)	



5.5.2 BASE

一个数据库事务具有**ACID**四性：

- **A (Atomicity)**：原子性，是指事务必须是原子工作单元，对于其数据修改，要么全都执行，要么全都不执行
- **C (Consistency)**：一致性，是指事务在完成时，必须使所有的数据都保持一致状态
- **I (Isolation)**：隔离性，是指由并发事务所做的修改必须与任何其它并发事务所做的修改隔离
- **D (Durability)**：持久性，是指事务完成之后，它对于系统的影响是永久性的，该修改即使出现致命的系统故障也将一直保持



5.5.2 BASE

BASE的基本含义是基本可用（Basically Available）、软状态（Soft-state）和最终一致性（Eventual consistency）：

- 基本可用

基本可用，是指一个分布式系统的一部分发生问题变得不可用时，其他部分仍然可以正常使用，也就是允许分区失败的情形出现

- 软状态

“软状态（soft-state）”是与“硬状态（hard-state）”相对应的一种提法。数据库保存的数据是“硬状态”时，可以保证数据一致性，即保证数据一直是正确的。“软状态”是指状态可以有一段时间不同步，具有一定的滞后性



5.5.2 BASE

BASE的基本含义是基本可用（Basically Available）、软状态（Soft-state）和最终一致性（Eventual consistency）：

● 最终一致性

一致性的类型包括强一致性和弱一致性，二者的主要区别在于高并发的数据访问操作下，后续操作是否能够获取最新的数据。对于强一致性而言，当执行完一次更新操作后，后续的其他读操作就可以保证读到更新后的最新数据；反之，如果不能保证后续访问读到的都是更新后的最新数据，那么就是弱一致性。而最终一致性只不过是弱一致性的一种特例，允许后续的操作可以暂时读不到更新后的数据，但是经过一段时间之后，必须最终读到更新后的数据。

最常见的实现最终一致性的系统是DNS（域名系统）。一个域名更新操作根据配置的形式被分发出去，并结合有过期机制的缓存；最终所有的客户端可以看到最新的值。



5.5.3 最终一致性

最终一致性根据更新数据后各进程访问到数据的时间和方式的不同，又可以区分为：

- **因果一致性**：如果进程A通知进程B它已更新了一个数据项，那么进程B的后续访问将获得A写入的最新值。而与进程A无因果关系的进程C的访问，仍然遵守一般的最终一致性规则
- **“读己之所写”一致性**：可以视为因果一致性的一个特例。当进程A自己执行一个更新操作之后，它自己总是可以访问到更新过的值，绝不会看到旧值
- **单调读一致性**：如果进程已经看到过数据对象的某个值，那么任何后续访问都不会返回在那个值之前的值



5.5.3 最终一致性

最终一致性根据更新数据后各进程访问到数据的时间和方式的不同，又可以区分为：

- 会话一致性**：它把访问存储系统的进程放到会话（**session**）的上下文中，只要会话还存在，系统就保证“读己之所写”一致性。如果由于某些失败情形令会话终止，就要建立新的会话，而且系统保证不会延续到新的会话
- 单调写一致性**：系统保证来自同一个进程的写操作顺序执行。系统必须保证这种程度的一致性，否则就非常难以编程了



5.5.3 最终一致性

如何实现各种类型的一致性？

对于分布式数据系统：

- N — 数据复制的份数
- W — 更新数据是需要保证写完成的节点数
- R — 读取数据的时候需要读取的节点数

如果 $W+R>N$ ，写的节点和读的节点重叠，则是强一致性。例如对于典型的一主一备同步复制的关系型数据库， $N=2, W=2, R=1$ ，则不管读的是主库还是备库的数据，都是一致的。一般设定是 $R+W = N+1$ ，这是保证强一致性的最小设定

如果 $W+R \leq N$ ，则是弱一致性。例如对于一主一备异步复制的关系型数据库， $N=2, W=1, R=1$ ，则如果读的是备库，就可能无法读取主库已经更新过的数据，所以是弱一致性。



5.5.3 最终一致性

对于分布式系统，为了保证高可用性，一般设置 $N \geq 3$ 。不同的 N, W, R 组合，是在可用性和一致性之间取一个平衡，以适应不同的应用场景。

- 如果 $N=W, R=1$ ，任何一个写节点失效，都会导致写失败，因此可用性会降低，但是由于数据分布的 N 个节点是同步写入的，因此可以保证强一致性。

实例：**HBase**是借助其底层的**HDFS**来实现其数据冗余备份的。**HDFS**采用的就是强一致性保证。在数据没有完全同步到 N 个节点前，写操作是不会返回成功的。也就是说它的 $W=N$ ，而读操作只需要读到一个值即可，也就是说它 $R=1$ 。

- 像**Voldemort**，**Cassandra**和**Riak**这些类**Dynamo**的系统，通常都允许用户按需要设置 N, R, W 三个值，即使是设置成 $W+R \leq N$ 也是可以的。也就是说他允许用户在强一致性和最终一致性之间自由选择。而在用户选择了最终一致性，或者是 $W < N$ 的强一致性时，则总会出现一段“各个节点数据不同步导致系统处理不一致的时间”。为了提供最终一致性的支持，这些系统会提供一些工具来使数据更新被最终同步到所有相关节点。



5.6 从NoSQL到NewSQL数据库

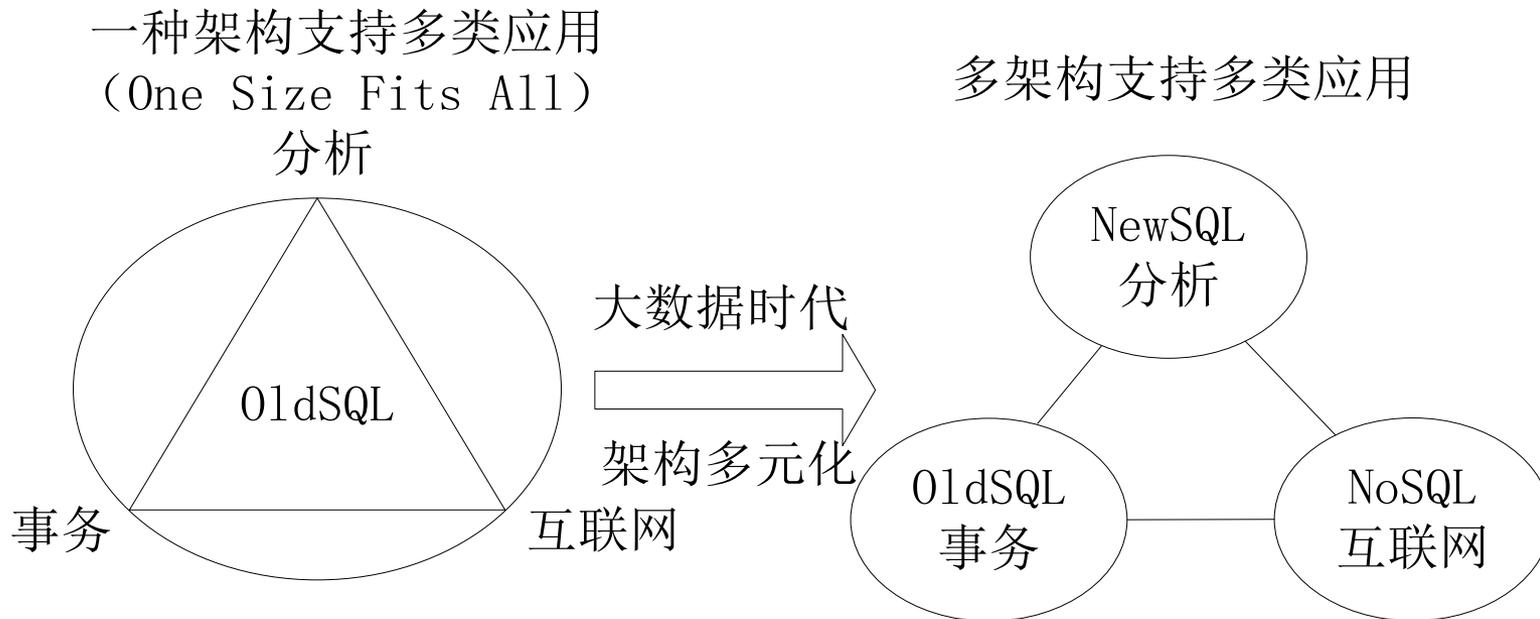


图5-6 大数据引发数据处理架构变革



5.6 从NoSQL到NewSQL数据库

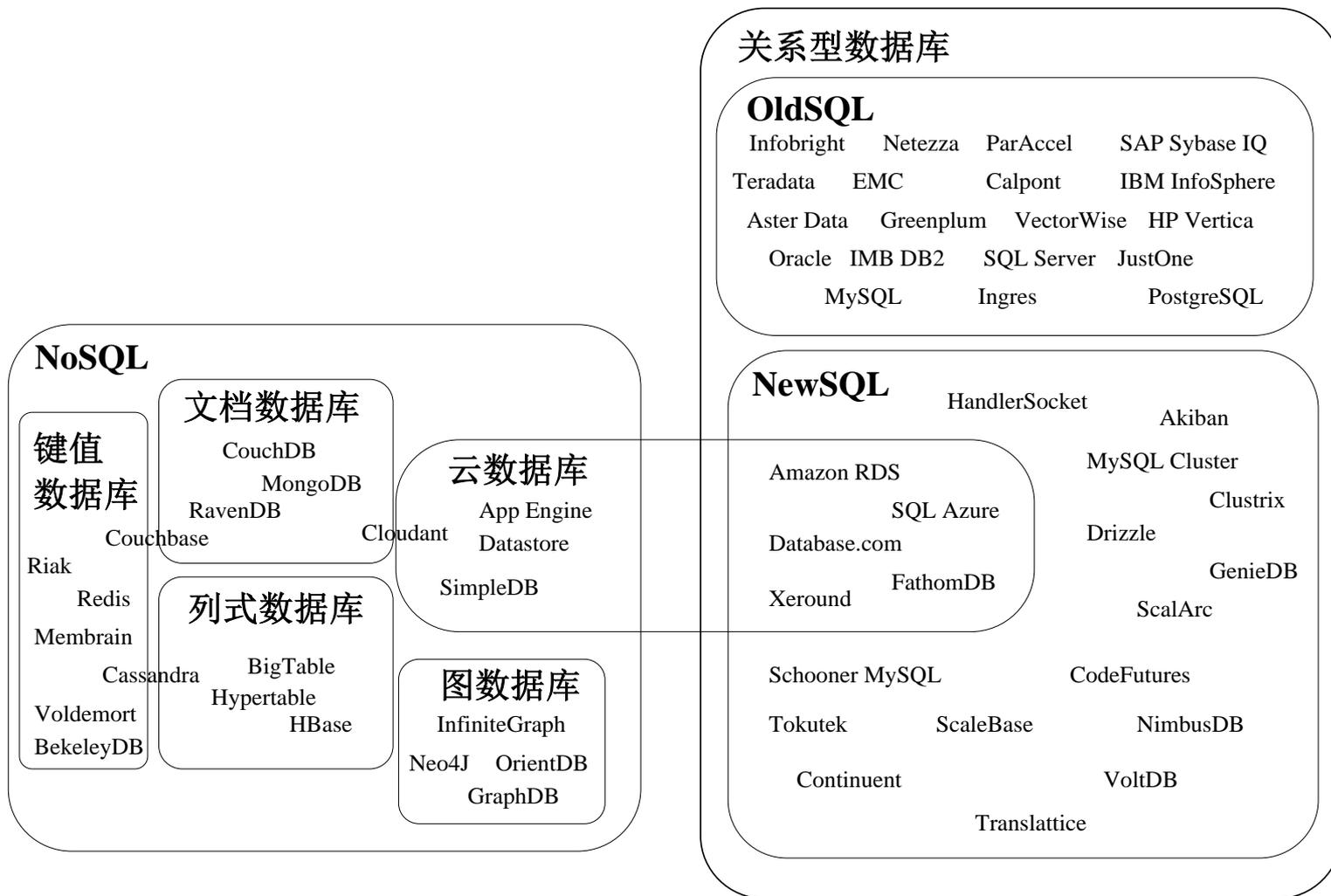


图5-7 关系数据库、NoSQL和NewSQL数据库产品分类图



5.7 文档数据库MongoDB

5.7.1 MongoDB简介

5.7.2 MongoDB概念解析

5.7.3 安装MongoDB



具体请参考网络教程：<http://www.runoob.com/mongodb/mongodb-tutorial.html>

或者参考厦门大学数据库实验室建设的高校大数据课程公共服务平台的技术文章：<http://dblab.xmu.edu.cn/blog/115/>



高校大数据课程

公 共 服 务 平 台



5.7.1 MongoDB简介

- MongoDB 是由C++语言编写的，是一个基于分布式文件存储的开源数据库系统。
- 在高负载的情况下，添加更多的节点，可以保证服务器性能。
- MongoDB 旨在为WEB应用提供可扩展的高性能数据存储解决方案。
- MongoDB 将数据存储为一个文档，数据结构由键值(key=>value)对组成。MongoDB 文档类似于 JSON 对象。字段值可以包含其他文档，数组及文档数组。

```
{  
  name: "sue",           ← field: value  
  age: 26,               ← field: value  
  status: "A",          ← field: value  
  groups: [ "news", "sports" ] ← field: value  
}
```



5.7.1 MongoDB简介

主要特点

- 提供了一个面向文档存储，操作起来比较简单和容易
- 可以设置任何属性的索引来实现更快的排序
- 具有较好的水平可扩展性
- 支持丰富的查询表达式，可轻易查询文档中内嵌的对象及数组
- 可以实现替换完成的文档（数据）或者一些指定的数据字段
- MongoDB中的Map/Reduce主要是用来对数据进行批量处理和聚合操作
- 支持各种编程语言:RUBY, PYTHON, JAVA, C++, PHP, C#等语言
- MongoDB安装简单



5.7.2 MongoDB概念解析

在mongodb中基本的概念是文档、集合、数据库

SQL术语/概念	MongoDB术语/概念	解释/说明
database	database	数据库
table	collection	数据库表/集合
row	document	数据记录行/文档
column	field	数据字段/域
index	index	索引
table joins		表连接,MongoDB不支持
primary key	primary key	主键,MongoDB自动将_id字段设置为主键



5.7.2 MongoDB概念解析

通过下图实例，我们也可以更直观的的了解MongoDB中的一些概念：

id	user_name	email	age	city
1	Mark Hanks	mark@abc.com	25	Los Angeles
2	Richard Peter	richard@abc.com	31	Dallas



```
{
  "_id": ObjectId("5146bb52d8524270060001f3"),
  "age": 25,
  "city": "Los Angeles",
  "email": "mark@abc.com",
  "user_name": "Mark Hanks "
}
{
  "_id": ObjectId("5146bb52d8524270060001f2"),
  "age": 31,
  "city": "Dallas",
  "email": "richard@abc.com",
  "user_name": "Richard Peter "
}
```



5.7.2 MongoDB概念解析

举例2: 在一个关系型数据库中, 一篇博客(包含文章内容、评论、评论的投票)会被打散在多张数据表中。在文档数据库MongoDB中, 能用一个文档来表示一篇博客, 评论与投票作为文档数组, 放在正文主文档中。这样数据更易于管理, 消除了传统关系型数据库中影响性能和水平扩展性的“JOIN”操作。

author:

pid	tid	name
1	1	Jane

blogposts:

tid	cid	title
1	1	"MyFirstPost"
1	2	"MyFirstPost"

comments:

cid	by	text
1	"Abe"	"First"
2	"Ada"	"Good post"



5.7.2 MongoDB概念解析

关系数据库中的其中一条记录，在文档数据库MongoDB中的存储方式类似如下：

```
{
  "id":1,
  "author":"Jane",
  "blogposts":{
    "tile":"MyFirstPost", "comment":{
      "by":"Ada", "text":"Good post"
    }
  }
}
```



5.7.2 MongoDB概念解析

数据库

- 一个mongodb中可以建立多个数据库。
- MongoDB的默认数据库为"db"，该数据库存储在data目录中。
- MongoDB的单个实例可以容纳多个独立的数据库，每一个都有自己的集合和权限，不同的数据库也放置在不同的文件中。

文档

文档是一个键值(key-value)对(即BSON)。MongoDB 的文档不需要设置相同的字段，并且相同的字段不需要相同的数据类型，这与关系型数据库有很大的区别，也是 MongoDB 非常突出的特点。

一个简单的文档例子如下：

```
{ "site" : "dblab.xmu.edu.cn" , "name" : "厦门大学数据库实验室" }
```



5.7.2 MongoDB概念解析

下表列出了 RDBMS 与 MongoDB 对应的术语：

RDBMS	MongoDB
数据库	数据库
表格	集合
行	文档
列	字段
表联合	嵌入文档
主键	主键 (MongoDB 提供了 key 为 _id)

数据库服务和客户端	
Mysqld/Oracle	mongod
mysql/sqlplus	mongo



5.7.2 MongoDB概念解析

集合

- 集合就是 MongoDB 文档组，类似于 RDBMS（关系数据库管理系统：Relational Database Management System)中的表格。
- 集合存在于数据库中，集合没有固定的结构，这意味着你在对集合可以插入不同格式和类型的数据，但通常情况下我们插入集合的数据都会有一定的关联性。

比如，我们可以将以下不同数据结构的文档插入到集合中：

```
{"site":"www.baidu.com"}  
{ "site" : "dblab.xmu.edu.cn" , "name" : "厦门大学数据库实验室"}  
{"site":"www.runoob.com", "name": "菜鸟教程", "num":5}
```



5.7.2 MongoDB概念解析

MongoDB 数据类型

数据类型	描述
String	字符串。存储数据常用的数据类型。在 MongoDB 中，UTF-8 编码的字符串才是合法的。
Integer	整型数值。用于存储数值。根据你所采用的服务器，可分为 32 位或 64 位。
Boolean	布尔值。用于存储布尔值（真/假）。
Double	双精度浮点值。用于存储浮点值。
Min/Max keys	将一个值与 BSON（二进制的 JSON）元素的最低值和最高值相对比。
Arrays	用于将数组或列表或多个值存储为一个键。
Timestamp	时间戳。记录文档修改或添加的具体时间。
Object	用于内嵌文档。
Null	用于创建空值。
Symbol	符号。该数据类型基本上等同于字符串类型，但不同的是，它一般用于采用特殊符号类型的语言。
Date	日期时间。用 UNIX 时间格式来存储当前日期或时间。你可以指定自己的日期时间：创建 Date 对象，传入年月日信息。
Object ID	对象 ID。用于创建文档的 ID。
Binary Data	二进制数据。用于存储二进制数据。
Code	代码类型。用于在文档中存储 JavaScript 代码。
Regular expression	正则表达式类型。用于存储正则表达式。



5.7.3 安装MongoDB

MongoDB既可以安装在Windows系统下使用，也可以安装在Linux系统下使用，这里采用Linux系统。MongoDB安装很简单，无需下载源文件，可以直接用apt-get命令进行安装。

但是，需要说明的是，如果直接使用“`sudo apt-get install mongodb`”命令进行安装，默认安装的版本是MongoDB 2.6.10。由于目前MongoDB已经升级到4.0.16，这里将通过添加软件源的方式来安装4.0.16版本。首先，在Linux系统中打开一个终端，执行如下命令导入公共密钥到包管理器中：

```
$ sudo apt-key adv --keyserver hkp://keyserver.ubuntu.com:80  
--recv 9DA31620334BD75D9DCB49F368818C72E52529D4
```



5.7.3 安装MongoDB

然后，创建MongoDB的文件列表，命令如下：

```
#对于Ubuntu18.04，使用如下命令：
```

```
$ echo "deb [ arch=amd64 ] https://repo.mongodb.org/apt/ubuntu  
bionic/mongodb-org/4.0 multiverse" | sudo tee  
/etc/apt/sources.list.d/mongodb.list
```

```
#对于Ubuntu16.04，使用如下命令：
```

```
$ echo "deb [ arch=amd64,arm64 ] https://repo.mongodb.org/apt/ubuntu  
xenial/mongodb-org/4.0 multiverse" | sudo tee  
/etc/apt/sources.list.d/mongodb.list
```

执行如下命令来更新包管理器：

```
$ sudo apt-get update
```



5.7.3 安装MongoDB

最后，执行如下命令安装MongoDB:

```
$ sudo apt install mongodb-org
```

安装完成后，在终端输入以下命令查看MongoDB版本:

```
$ mongo -version
```

如果能够输出版本信息（如下图所示），则表明安装成功。

```
cjx@ubuntu18:~$ mongo -version
MongoDB shell version v4.0.16
git version: 2a5433168a53044cb6b4fa8083e4cfd7ba142221
OpenSSL version: OpenSSL 1.1.1 11 Sep 2018
allocator: tcmalloc
modules: none
build environment:
  distmod: ubuntu1804
  distarch: x86_64
  target arch: x86_64
```



5.7.3 安装MongoDB

安装成功以后，启动MongoDB的命令如下：

```
$ sudo service mongod start
```

默认设置下，MongoDB是随Ubuntu启动而自动启动的。可以输入以下命令查看是否启动成功：

```
$ pgrep mongod -l #注意：-l是英文字母l，不是阿拉伯数字1
```

如果能够出现如下图所示信息，则表明启动成功：

```
cjx@ubuntu18:~$ pgrep mongod -l  
2988 mongod
```

使用MongoDB结束后，关闭MongoDB的命令如下：

```
$ sudo service mongod stop
```



5.7.4 访问MongoDB

- 5.7.4.1 使用 MongoDB shell访问MongoDB
- 5.7.4.2 使用Java程序访问 MongoDB



5.7.4.1 使用 MongoDB shell访问MongoDB

1. 进入MongoDB Shell模式

在Linux系统打开一个终端，输入如下命令启动MongoDB:

```
$ sudo service mongod start
```

再输入如下命令进入MongoDB Shell模式:

```
$ mongo
```

 执行该命令后，屏幕截图如下图所示。

```
2020-02-20T10:32:00.172+0800 I STORAGE [initandlisten] ** See http://dochub.mongodb.org/core/prodn
otes-filesystem
2020-02-20T10:32:01.188+0800 I CONTROL [initandlisten]
2020-02-20T10:32:01.188+0800 I CONTROL [initandlisten] ** WARNING: Access control is not enabled for the da
tabase.
2020-02-20T10:32:01.188+0800 I CONTROL [initandlisten] ** Read and write access to data and config
uration is unrestricted.
2020-02-20T10:32:01.188+0800 I CONTROL [initandlisten]
---
Enable MongoDB's free cloud-based monitoring service, which will then receive and display
metrics about your deployment (disk utilization, CPU, operation statistics, etc).

The monitoring data will be available on a MongoDB website with a unique URL accessible to you
and anyone you share the URL with. MongoDB may use this information to make product
improvements and to suggest MongoDB products and deployment options to you.

To enable free monitoring, run the following command: db.enableFreeMonitoring()
To permanently disable this reminder, run the following command: db.disableFreeMonitoring()
---
> |
```



5.7.4.1 使用 MongoDB shell访问MongoDB

MongoDB 创建数据库

MongoDB 创建数据库的语法格式如下：

```
use DATABASE_NAME
```

如果数据库不存在，则创建数据库，否则切换到指定数据库。

如果你想查看所有数据库，可以使用 **show dbs** 命令

创建集合

MongoDB没有单独创建集合名的shell命令，在插入数据的时候，MongoDB会自动创建对应的集合。



5.7.4.1 使用 MongoDB shell访问MongoDB

MongoDB 插入文档

文档的数据结构和JSON基本一样。

所有存储在集合中的数据都是BSON格式。

BSON是一种类JSON的一种二进制形式的存储格式,简称Binary JSON。

MongoDB 使用 insert() 或 save() 方法向集合中插入文档, 语法如下:

```
db.COLLECTION_NAME.insert(document)
```

实例

```
>db.col.insert({title: 'MongoDB 教程',  
description: 'MongoDB 是一个 Nosql 数据库',  
by: '厦门大学数据库实验室',  
url: 'http://dblab.xmu.edu.cn',  
tags: ['mongodb', 'database', 'NoSQL'],  
likes: 100  
})
```



5.7.4.2 使用Java程序访问 MongoDB

MongoDB Java

环境配置

- 在Java程序中如果要使用MongoDB，需要确保已经安装了Java环境及MongoDB JDBC 驱动。
- 首先必须下载mongo jar包，下载地址：
<https://repo1.maven.org/maven2/org/mongodb/mongo-java-driver/3.12.1/mongo-java-driver-3.12.1.jar>
- 需要将mongo-java-driver-3.12.1.jar包含在你的 classpath 中



5.7.4.2 使用Java程序访问 MongoDB

(1) 连接数据库

```
import com.mongodb.MongoClient;
.....//这里省略其他需要导入的包

public class MongoDBJDBC{
    public static void main( String args[] ){
        try{
            // 连接到 mongodb 服务
            MongoClient mongoClient = new MongoClient( "localhost" , 27017 );
            // 连接到数据库
            DB db = mongoClient.getDB( "test" );
            System.out.println("Connect to database successfully");
            boolean auth = db.authenticate(myUserName, myPassword);
            System.out.println("Authentication: "+auth);
        }catch(Exception e){
            System.err.println( e.getClass().getName() + ": " + e.getMessage() );
        }
    }
}
```



5.7.4.2 使用Java程序访问 MongoDB

(2) 创建集合 可以使用com.mongodb.DB类中的createCollection()来创建集合

```
public class MongoDBJDBC{
    public static void main( String args[] ){
        try{
            // 连接到 mongodb 服务
            MongoClient mongoClient = new MongoClient( "localhost" , 27017 );
            // 连接到数据库
            DB db = mongoClient.getDB( "test" );
            System.out.println("Connect to database successfully");
            boolean auth = db.authenticate(myUserName, myPassword);
            System.out.println("Authentication: "+auth);
            DBCcollection coll = db.createCollection("mycol");
            System.out.println("Collection created successfully");
        }catch(Exception e){
            System.err.println( e.getClass().getName() + ": " + e.getMessage() );
        }
    }
}
```



5.7.4.2 使用Java程序访问 MongoDB

(3) 插入文档 可以使用com.mongodb.DBCollection类的 insert() 方法来插入一个文档

```
public class MongoDBJDBC{
    public static void main( String args[] ){
        try{
            // 连接到 mongodb 服务
            MongoClient mongoClient = new MongoClient( "localhost" , 27017 );
            // 连接到数据库
            DB db = mongoClient.getDB( "test" );
            System.out.println("Connect to database successfully");
            boolean auth = db.authenticate(myUserName, myPassword);
            System.out.println("Authentication: "+auth);
            DBCollection coll = db.getCollection("mycol");
            System.out.println("Collection mycol selected successfully");
            BasicDBObject doc = new BasicDBObject("title", "MongoDB").
                append("description", "database").
                append("likes", 100).
                append("url", "http://www.w3cschool.cc/mongodb/").
                append("by", "w3cschool.cc");
            coll.insert(doc);
            System.out.println("Document inserted successfully");
        }catch(Exception e){
            System.err.println( e.getClass().getName() + ": " + e.getMessage() );
        }
    }
}
```



本章小结

- 本章介绍了NoSQL数据库的相关知识
- NoSQL数据库较好地满足了大数据时代的各种非结构化数据的存储需求，开始得到越来越广泛的应用。但是，需要指出的是，传统的关系数据库和NoSQL数据库各有所长，彼此都有各自的市场空间，不存在一方完全取代另一方的问题，在很长的一段时期内，二者都会共同存在，满足不同应用的差异化需求
- NoSQL数据库主要包括键值数据库、列族数据库、文档型数据库和图形数据库等四种类型，不同产品都有各自的应用场合。CAP、BASE和最终一致性是NoSQL数据库的三大理论基石，是理解NoSQL数据库的基础
- 介绍了融合传统关系数据库和NoSQL优点的NewSQL数据库
- 本章最后介绍了具有代表性的NoSQL数据库——文档数据库MongoDB



附录A：主讲教师林子雨简介



主讲教师：林子雨

单位：厦门大学计算机科学系

E-mail: ziyulin@xmu.edu.cn

个人网页: <http://dblab.xmu.edu.cn/post/linziyu>

数据库实验室网站: <http://dblab.xmu.edu.cn>



扫一扫访问个人主页

林子雨，男，1978年出生，博士（毕业于北京大学），全国高校知名大数据教师，现为厦门大学计算机科学系副教授，曾任厦门大学信息科学与技术学院院长助理、晋江市发展和改革局副局长。中国计算机学会数据库专业委员会委员，中国计算机学会信息系统专业委员会委员。国内高校首个“数字教师”提出者和建设者，厦门大学数据库实验室负责人，厦门大学云计算与大数据研究中心主要建设者和骨干成员，2013年度、2017年度和2020年度厦门大学教学类奖教金获得者，荣获2019年福建省精品在线开放课程、2018年厦门大学高等教育成果特等奖、2018年福建省高等教育教学成果二等奖、2018年国家精品在线开放课程。主要研究方向为数据库、数据仓库、数据挖掘、大数据、云计算和物联网，并以第一作者身份在《软件学报》《计算机学报》和《计算机研究与发展》等国家重点期刊以及国际学术会议上发表多篇学术论文。作为项目负责人主持的科研项目包括1项国家自然科学基金青年基金项目(No.61303004)、1项福建省自然科学基金青年基金项目(No.2013J05099)和1项中央高校基本科研业务费项目(No.2011121049)，主持的教改课题包括1项2016年福建省教改课题和1项2016年教育部产学协作育人项目，同时，作为课题负责人完成了国家发改委城市信息化重大课题、国家物联网重大应用示范工程区域试点泉州市工作方案、2015泉州市互联网经济调研等课题。中国高校首个“数字教师”提出者和建设者，2009年至今，“数字教师”大平台累计向网络免费发布超过1000万字高价值的研究和教学资料，累计网络访问量超过1000万次。打造了中国高校大数据教学知名品牌，编著出版了中国高校第一本系统介绍大数据知识的专业教材《大数据技术原理与应用》，并成为京东、当当网等网店畅销书籍；建设了国内高校首个大数据课程公共服务平台，为教师教学和学生学习大数据课程提供全方位、一站式服务，年访问量超过200万次，累计访问量超过1000万次。



附录C：林子雨大数据系列教材



林子雨大数据系列教材

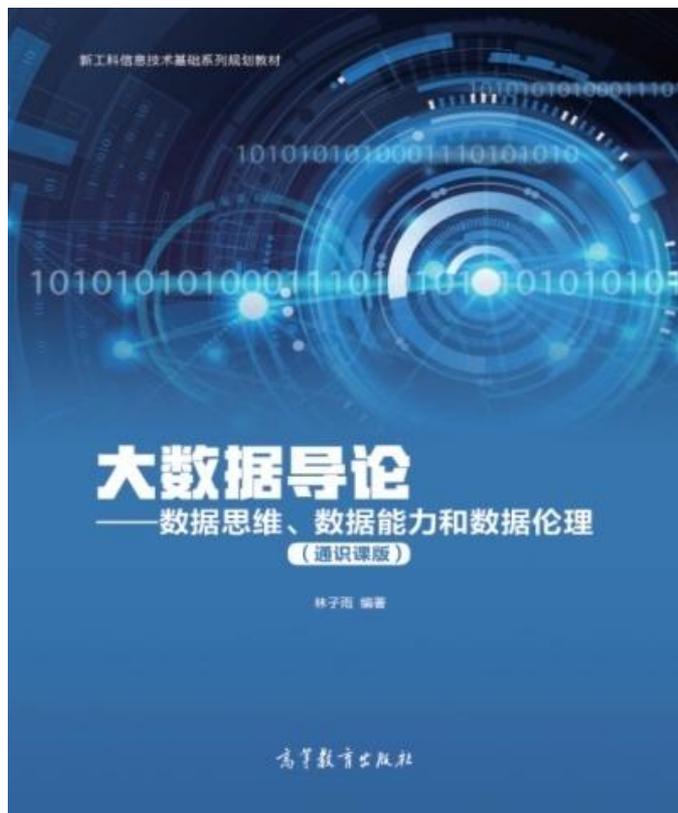
用于导论课、专业课、实训课、公共课

了解全部教材信息：<http://dbllab.xmu.edu.cn/post/bigdatabook/>



附录D：《大数据导论（通识课版）》教材

开设全校公共选修课的优质教材



本课程旨在实现以下几个培养目标：

- 引导学生步入大数据时代，积极投身大数据的变革浪潮之中
- 了解大数据概念，培养大数据思维，养成数据安全意识
- 认识大数据伦理，努力使自己的行为符合大数据伦理规范要求
- 熟悉大数据应用，探寻大数据与自己专业的应用结合点
- 激发学生基于大数据的创新创业热情

高等教育出版社 ISBN:978-7-04-053077-8 定价：32元 版次：2020年2月第1版
教材官网：<http://dbllab.xmu.edu.cn/post/bigdataintroduction/>



附录E：《大数据导论》教材

- 林子雨 编著 《大数据导论》
 - 人民邮电出版社，2020年9月第1版
 - ISBN:978-7-115-54446-9 定价：49.80元
- 教材官网：<http://dbl原因.xmu.edu.cn/post/bigdata-introduction/>



开设大数据专业导论课的优质教材



扫一扫访问教材官网



附录F：《大数据技术原理与应用（第3版）》教材

《大数据技术原理与应用——概念、存储、处理、分析与应用（第3版）》，由厦门大学计算机科学系林子雨博士编著，是国内高校第一本系统介绍大数据知识的专业教材。人民邮电出版社 ISBN:978-7-115-54405-6 定价：59.80元

全书共有17章，系统地论述了大数据的基本概念、大数据处理架构Hadoop、分布式文件系统HDFS、分布式数据库HBase、NoSQL数据库、云数据库、分布式并行编程模型MapReduce、Spark、流计算、Flink、图计算、数据可视化以及大数据在互联网、生物医学和物流等各个领域的应用。在Hadoop、HDFS、HBase、MapReduce、Spark和Flink等重要章节，安排了入门级的实践操作，让读者更好地学习和掌握大数据关键技术。

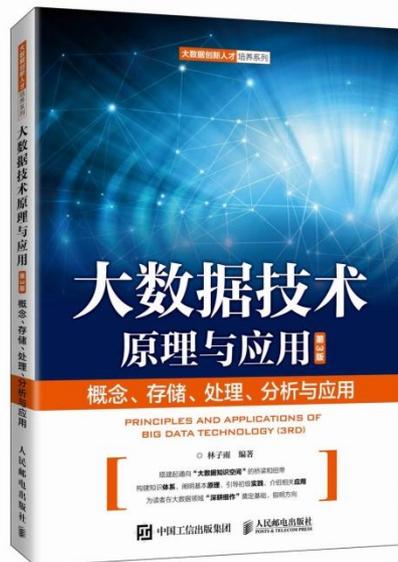
本书可以作为高等院校计算机专业、信息管理等相关专业的大数据课程教材，也可供相关技术人员参考、学习、培训之用。

欢迎访问《大数据技术原理与应用——概念、存储、处理、分析与应用》教材官方网站：

<http://dbllab.xmu.edu.cn/post/bigdata3>



扫一扫访问教材官网

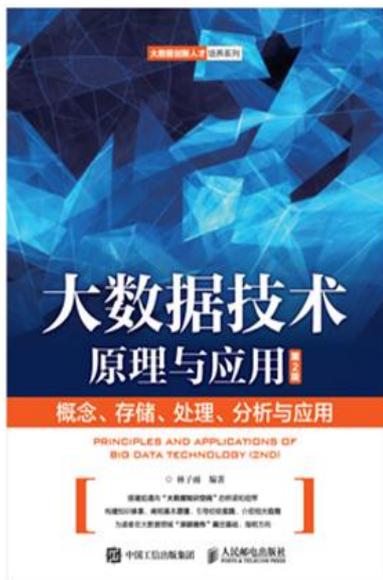




附录G：《大数据基础编程、实验和案例教程（第2版）》

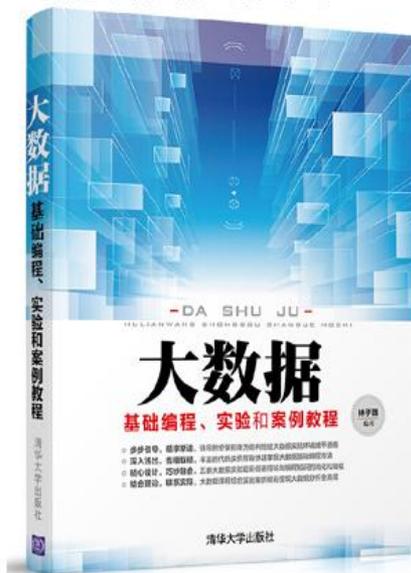
本书是与《大数据技术原理与应用（第3版）》教材配套的唯一指定实验指导书

大数据教材



1+1黄金组合
厦门大学林子雨编著

配套实验指导书



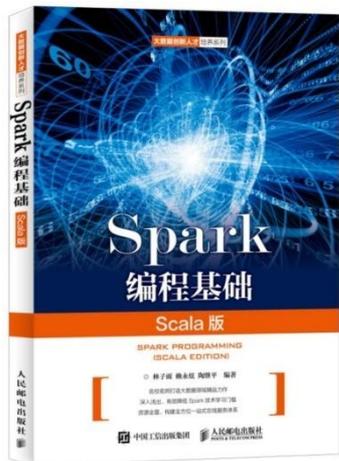
- 步步引导，循序渐进，详尽的安装指南为顺利搭建大数据实验环境铺平道路
- 深入浅出，去粗取精，丰富的代码实例帮助快速掌握大数据基础编程方法
- 精心设计，巧妙融合，八套大数据实验题目促进理论与编程知识的消化和吸收
- 结合理论，联系实际，大数据课程综合实验案例精彩呈现大数据分析全流程

林子雨编著《大数据基础编程、实验和案例教程（第2版）》

清华大学出版社 ISBN:978-7-302-55977-1 定价：69元 2020年10月第2版



附录H：《Spark编程基础（Scala版）》



《Spark编程基础（Scala版）》

厦门大学 林子雨，赖永炫，陶继平 编著

披荆斩棘，在大数据丛林中开辟学习捷径
填沟削坎，为快速学习Spark技术铺平道路
深入浅出，有效降低Spark技术学习门槛
资源全面，构建全方位一站式在线服务体系

人民邮电出版社出版发行，ISBN:978-7-115-48816-9
教材官网：<http://dmlab.xmu.edu.cn/post/spark/>

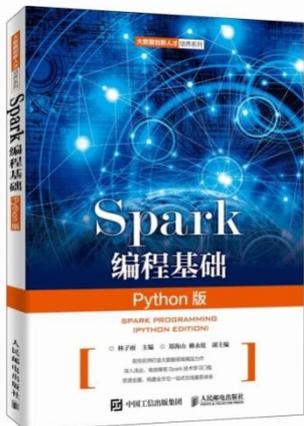


本书以Scala作为开发Spark应用程序的编程语言，系统介绍了Spark编程的基础知识。全书共8章，内容包括大数据技术概述、Scala语言基础、Spark的设计与运行原理、Spark环境搭建和使用方法、RDD编程、Spark SQL、Spark Streaming、Spark MLlib等。本书每个章节都安排了入门级的编程实践操作，以便读者更好地学习和掌握Spark编程方法。本书官网免费提供了全套的在线教学资源，包括讲义PPT、习题、源代码、软件、数据集、授课视频、上机实验指南等。



附录I: 《Spark编程基础 (Python版)》

《Spark编程基础 (Python版)》



厦门大学 林子雨, 郑海山, 赖永炫 编著

披荆斩棘, 在大数据丛林中开辟学习捷径
填沟削坎, 为快速学习Spark技术铺平道路
深入浅出, 有效降低Spark技术学习门槛
资源全面, 构建全方位一站式在线服务体系

人民邮电出版社出版发行, ISBN:978-7-115-52439-3

教材官网: <http://dblab.xmu.edu.cn/post/spark-python/>



本书以Python作为开发Spark应用程序的编程语言, 系统介绍了Spark编程的基础知识。全书共8章, 内容包括大数据技术概述、Spark的设计与运行原理、Spark环境搭建和使用方法、RDD编程、Spark SQL、Spark Streaming、Structured Streaming、Spark MLlib等。本书每个章节都安排了入门级的编程实践操作, 以便读者更好地学习和掌握Spark编程方法。本书官网免费提供了全套的在线教学资源, 包括讲义、PPT、习题、源代码、软件、数据集、上机实验指南等。



附录J：高校大数据课程公共服务平台



高校大数据课程

公 共 服 务 平 台

<http://dbllab.xmu.edu.cn/post/bigdata-teaching-platform/>



扫一扫访问平台主页



扫一扫观看3分钟FLASH动画宣传片



附录K：高校大数据实训课程系列案例教材

为了更好地满足高校开设大数据实训课程的教材需求，厦门大学数据库实验室林子雨老师团队联合企业共同开发了《高校大数据实训课程系列案例》，目前已经完成开发的系列案例包括：

《电影推荐系统》（已经于2019年5月出版）

《电信用户行为分析》（已经于2019年5月出版）

《实时日志流处理分析》

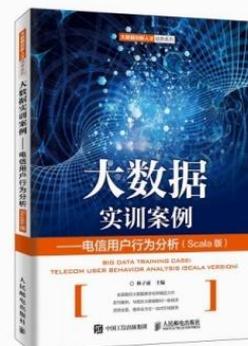
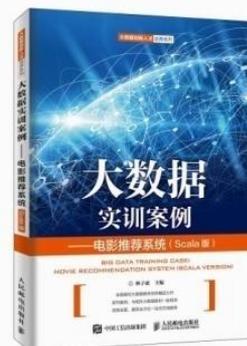
《微博用户情感分析》

《互联网广告预测分析》

《网站日志处理分析》

系列案例教材将于2019年陆续出版发行，教材相关信息，敬请关注网页后续更新！

<http://dbllab.xmu.edu.cn/post/shixunkecheng/>



扫一扫访问大数据实训课程系列案例教材主页

The background of the slide features a blue gradient with several faint, light-blue silhouettes of people. At the top, there are two groups of people standing and holding hands. On the right side, a person is shown in profile, looking towards the center. On the left side, two people are shown in profile, one appearing to be speaking or gesturing towards the other. The overall composition suggests a community or a group of people.

Thank You!

Department of Computer Science, Xiamen University, 2020