数据库系统概论新技术篇

数据库安全

秦 波

中国人民大学信息学院

2017年4月

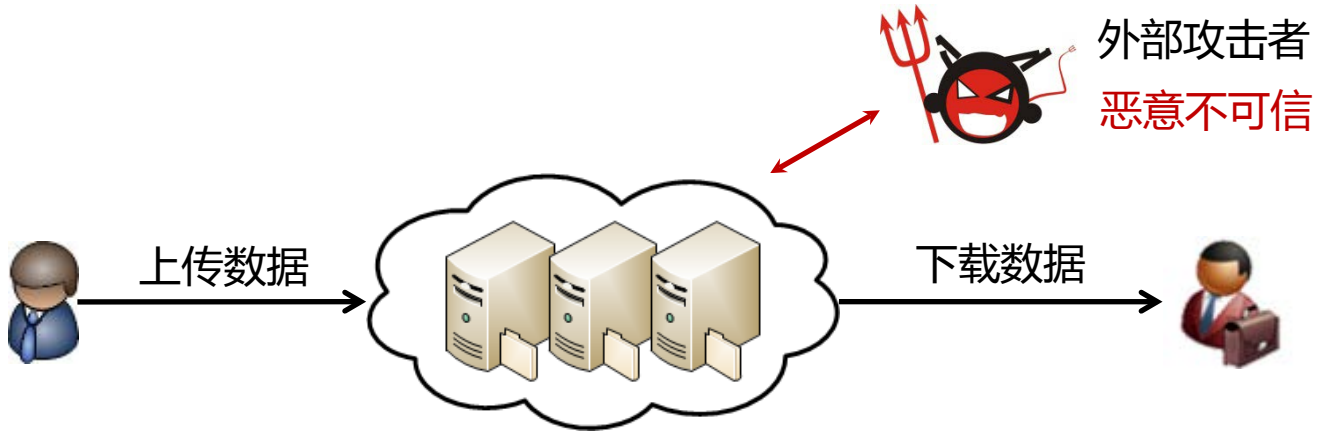
数据库安全

Contents

目录

2 加密细粒度访问控制体系架构

- 安全且可信：可正确执行算法或步骤，不会泄露自己的秘密信息，可信
- 诚实不可信：可正确执行算法或步骤，会对系统实施恶意攻击，不可信
- 恶意不可信：可对系统进行任意的攻击行为，可和诚实不可信实体合谋



数据库安全

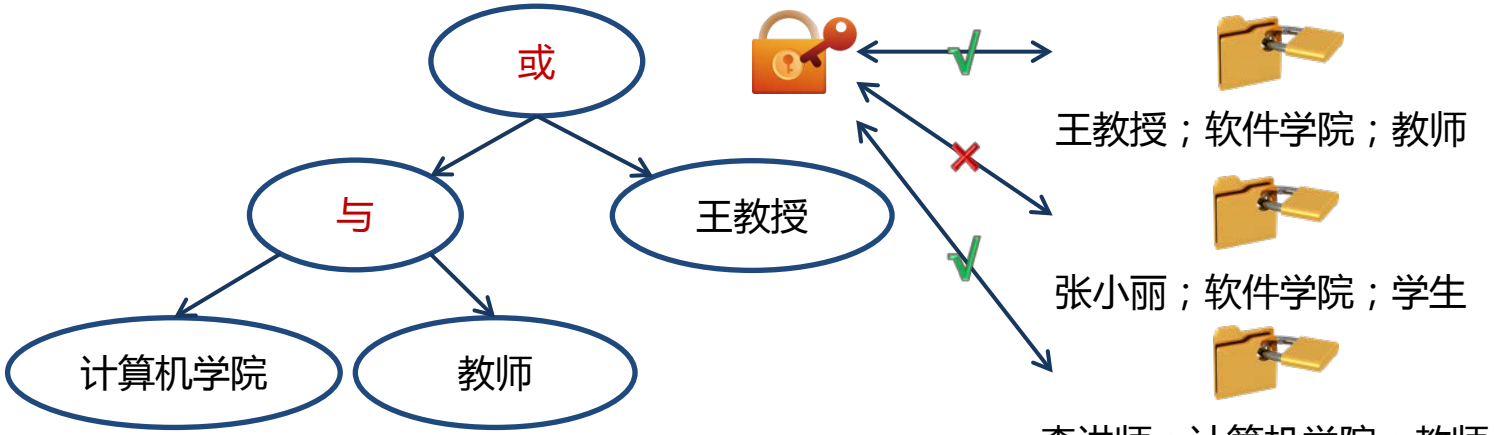
Contents

目录

2.1 属性加密（Attribute-Based Encryption，ABE）

- 功能：允许为加密数据指定访问控制树描述的访问结构
- 方法：使用属性集合或访问结构对信息进行加密
  仅当属性集合满足访问结构时，数据才可被解密
- 分类：密钥策略属性加密（KP-ABE），密文策略属性加密（CP-ABE）

KP-ABE：访问结构与用户密钥绑定，属性集合与加密数据绑定

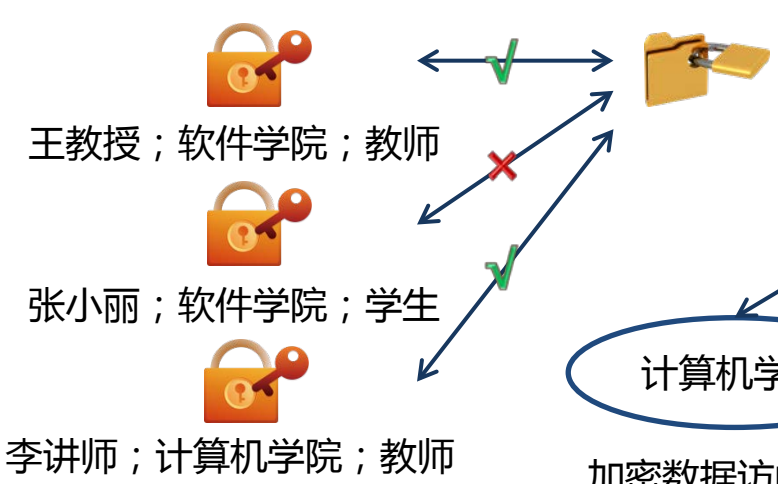


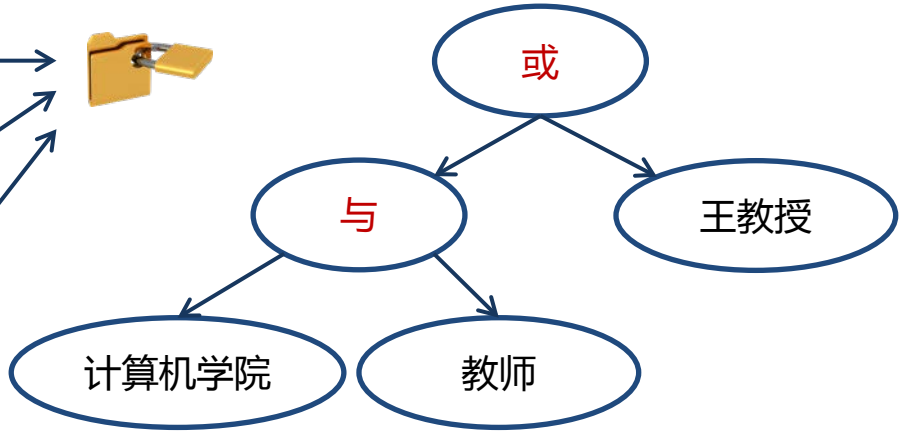
用户密钥访问结构：王教授 或 （计算机学院 与 教师）

2.1 属性加密（Attribute-Based Encryption，ABE）

- 功能：允许为加密数据指定访问控制树描述的访问结构
- 方法：使用属性集合或访问结构对信息进行加密
  仅当属性集合满足访问结构时，数据才可被解密
- 分类：密钥策略属性加密（KP-ABE），密文策略属性加密（CP-ABE）

CP-ABE：访问结构与加密数据绑定，属性集合与用户密钥绑定

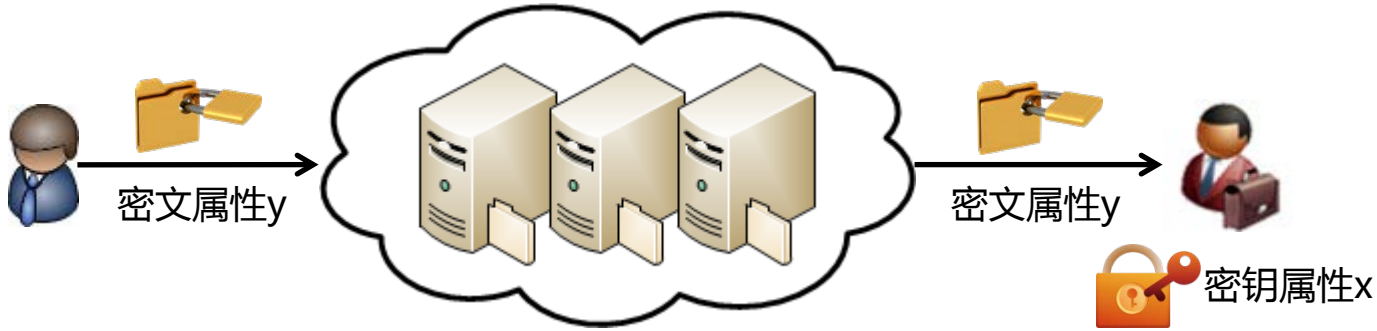




加密数据访问结构：王教授 或 （计算机学院 与 教师）

2.2 谓词加密（Predicate Encryption，PE）

- 功能：允许为加密数据指定用任意谓词关系P(x, y)={0, 1}描述的访问结构
- 方法：使用密文属性x对信息进行加密，用户私钥与密钥属性y关联
  仅当密钥属性x与密文属性y满足P(x, y)=1时，数据才可被解密
- 分类：ABE功能的进一步扩展，是加密数据细粒度访问控制的一般化形式



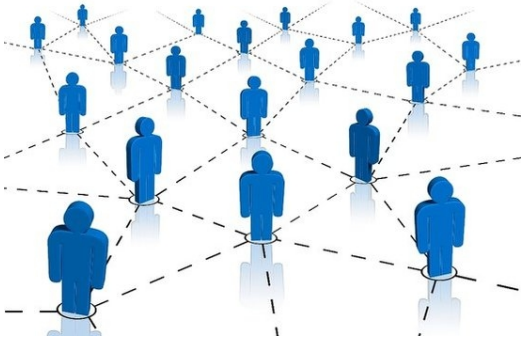
当$P(x,y)=1$时，解密成功，数据使用方得到解密数据

当$P(x,y)=0$时，解密失败，数据使用方无法获取信息

2.3 函数加密（Functional Encryption，FE）

- 功能：允许在用户密钥中指定某一函数f，解密数据x的加密结果可得到f(x)
- 特点：解密结果并非为原始数据x，而是数据x经过函数f后的处理结果。
  此功能一旦实现，将为云计算提供绝佳的安全计算方法
- 进展：函数加密仍处于研究阶段，现有构造方案实现较为复杂
- 难点：解密过程中，数据使用方不能得到x的任何信息，只能得到f(x)

实例1：上传数据x为用户加密社交信息，函数$f(x)$返回用户可能认识的朋友
实例2：上传数据x为用户个人加密照片，函数$f(x)$返回照片模糊化结果



2.4 实例：Advanced Crypto Software Collection

- 简介：面向安全系统工程师的高级密码学工具库，由著名密码学家们维护
- 链接： http://hms.isi.jhu.edu/acsc/

已包含工具库	对应方案	实现语言
Ciphertext-Policy Attribute-Based Encryption	密文策略属性加密	C
Broadcast Encryption	广播加密，谓词加密特例	C
PIRATTE	具有密钥撤销功能的属性加密方案	C
Charm	多个谓词加密特例实现	Python
PBC Library	各谓词加密低层数学库	C

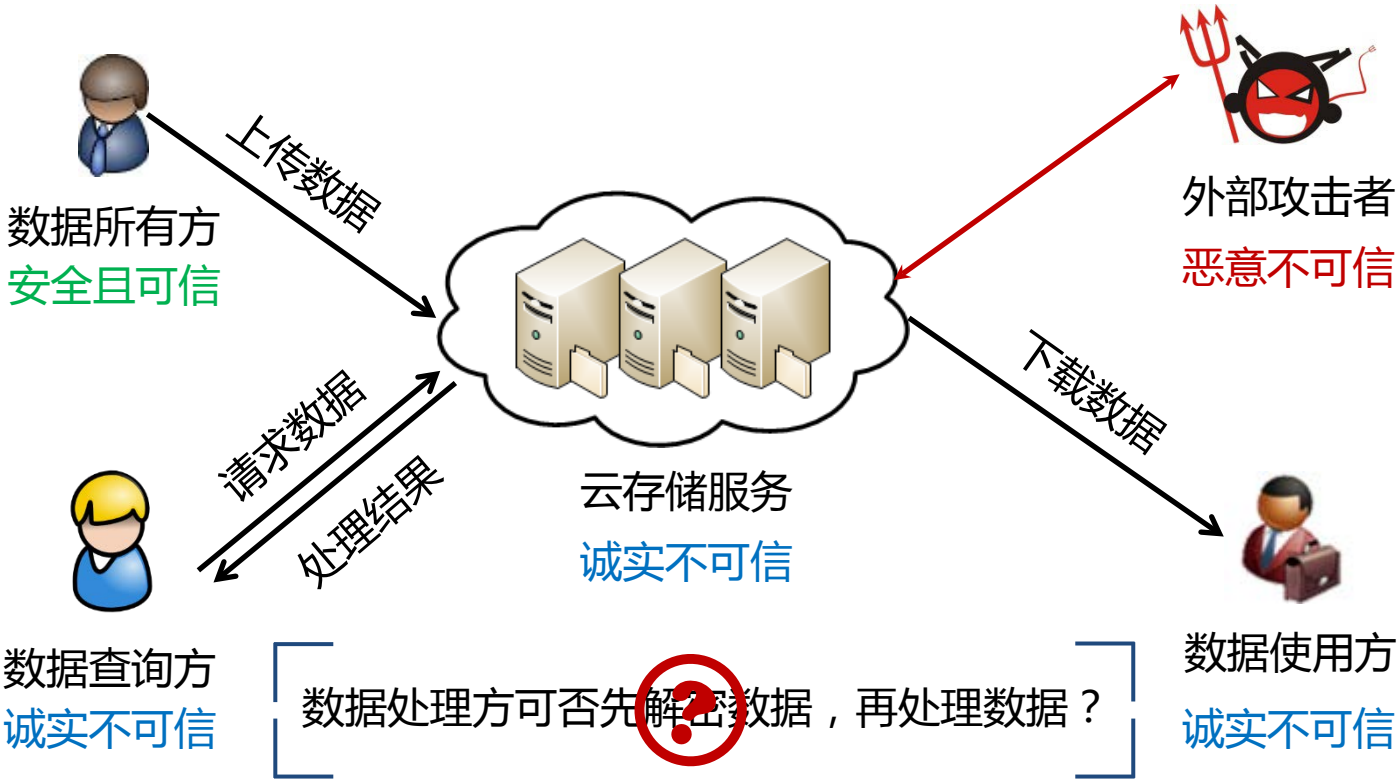
数据库安全

Contents

目录

3 加密数据查询体系架构

在一般云存储体系架构中增加数据查询方，可对数据进行检索、计算等查询



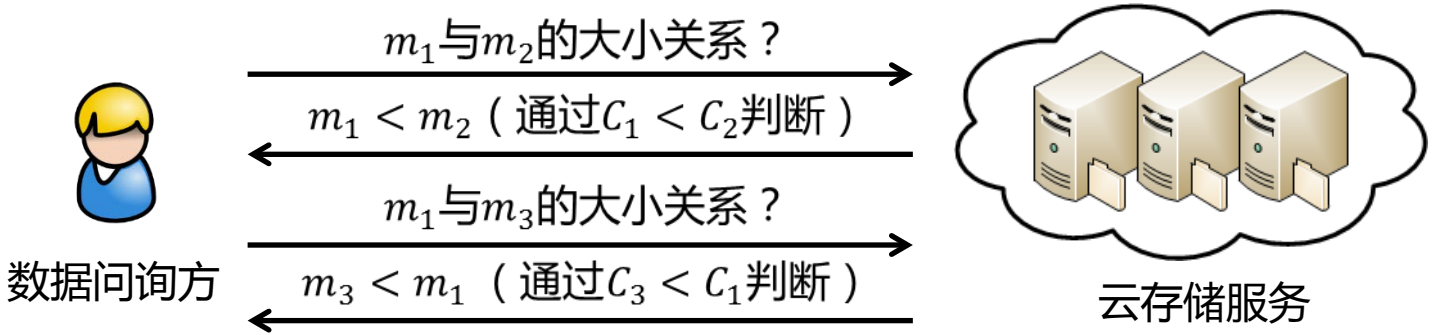
数据库安全

Contents 目录

3.1 保序加密（Order-Preserving Encryption，OPE）

- 功能：不解密数据的条件下，可通过加密结果直接判断数据的大小关系
- 原理：$C_i = OPE_K(m_i)$，$C_j = OPE_K(m_j)$，$C_i < C_j \rightarrow m_i < m_j$
- 扩展：应用OPE，可实现ORDER、BY、MIN、MAX、SORT等操作

实例：应用OPE实现3个未知数据m_1, m_2, m_3的MIN操作



$$MIN(m_1, m_2, m_3) = m_3$$

3.2 同态加密（Homomorphic Encryption，HE）

- 功能：不解密数据的条件下，允许直接对加密结果进行代数操作
- 原理：$HE_K(m_i) + HE_K(m_j) = HE_K(m_i + m_j)$

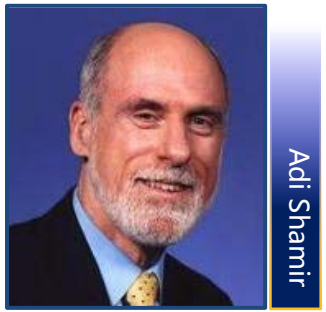
  $HE_K(m_i) \times HE_K(m_j) = HE_K(m_i \times m_j)$
- 扩展：应用HE可在不解密的条件下实现数据处理，HE为云计算安全热点

同态加密实例：很多加密算法允许直接对加密结果进行一部分代数操作

$$RSA_e(m) = m^e \ mod \ N$$

$$RSA_e(m_i) \times RSA_e(m_j) = m_i^e m_j^e \ mod \ N = (m_i m_j)^e \ mod \ N = RSA_e(m_i m_j)$$

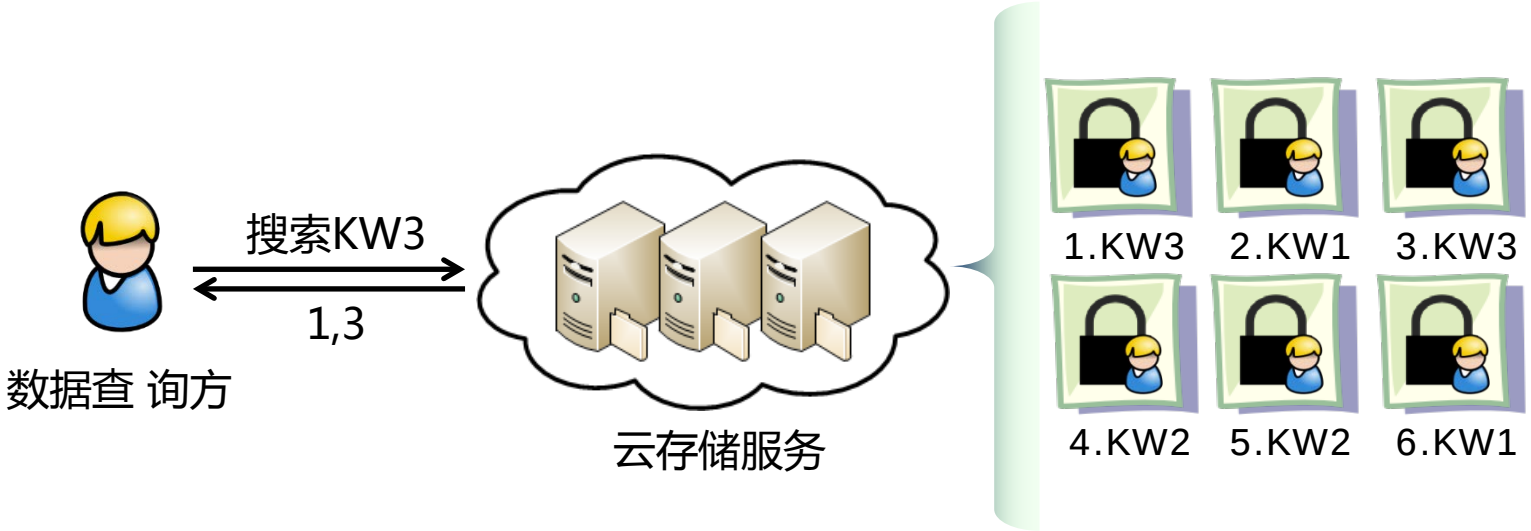

Ron Rivest


Adi Shamir


Leonard Adleman

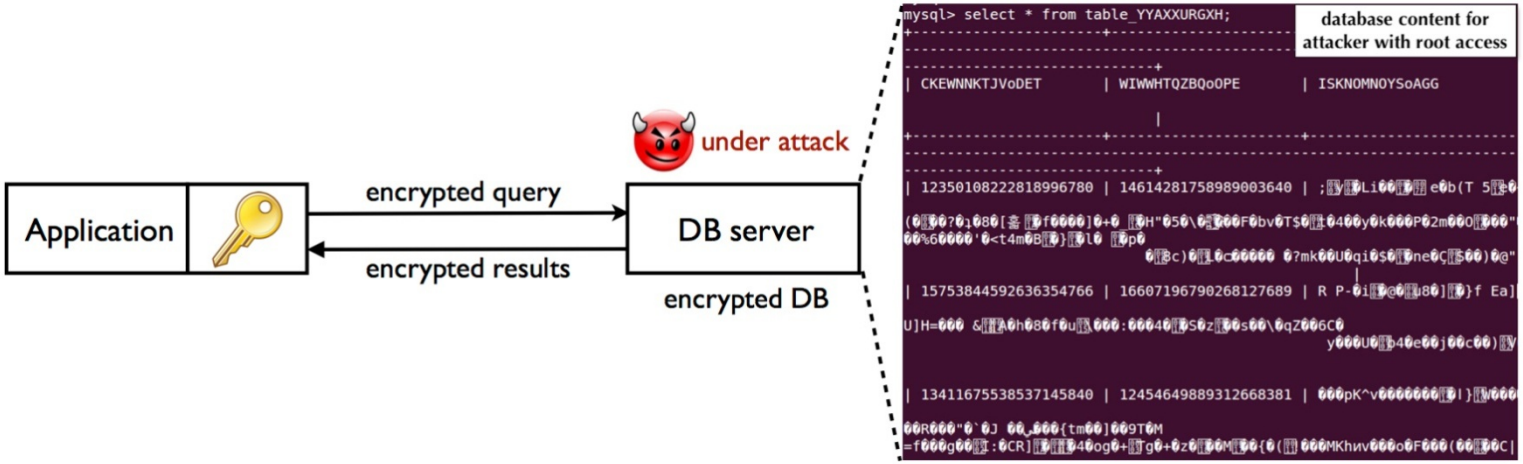
3.3 可搜索加密（Searchable Encryption，SE）

- 功能：不解密数据的条件下，允许直接对加密结果进行关键字或范围搜索
- 原理：为每一个加密结果增加索引信息
  数据使用方可以使用特殊的方法验证等式，实现搜索的功能
- 扩展：综合使用OPE、HE和SE，可实现对加密数据的SQL查询



3.4 实例：CryptoDB

- 简介：麻省理工学院（MIT）设计并实现的密码学数据库
- 链接：http://css.csail.mit.edu/cryptdb
- 功能：数据库中的所有数据加密存储，允许第三方应用SQL语句进行查询
- 特性：首次实现密文数据SQL查询功能，大约只增加26%的计算开销
- 算法：综合使用数据加密、保序加密、同态加密、可搜索加密等方案





谢　谢！