第四章 数据库安全性

» 安全性问题的提出

- 数据库的一大特点是数据可以共享
- 数据共享必然带来数据库的安全性问题
- 数据库系统中的数据共享不能是无条件的共享

例： 军事秘密、国家机密、新产品实验数据、
市场需求分析、市场营销策略、销售计划、
客户档案、医疗档案、银行储蓄数据

- **数据库的安全性是指保护数据库以防止不合法使用所造成的数据泄露、更改或破坏 。**
- **系统安全保护措施是否有效是数据库系统主要的性能指标之一。**

4.1 数据库安全性概述

4.1.1 数据库的不安全因素

4.1.2 安全标准简介

4.1.1 数据库的不安全因素

1.非授权用户对数据库的恶意存取和破坏

- 一些黑客（Hacker）和犯罪分子在用户存取数据库时猎取用户名和用户口令，然后假冒合法用户偷取、修改甚至破坏用户数据。
- 数据库管理系统提供的安全措施主要包括用户身份鉴别、存取控制和视图等技术。

2.数据库中重要或敏感的数据被泄露

- 黑客和敌对分子千方百计盗窃数据库中的重要数据，一些机密信息被暴露。
- 数据库管理系统提供的主要技术有强制存取控制、数据加密存储和加密传输等。

3.安全环境的脆弱性

- 数据库的安全性与计算机系统的安全性紧密联系
  - 计算机硬件、操作系统、网络系统等的安全性
- 建立一套可信（**Trusted**）计算机系统的概念和标准

计算机系统的安全标准

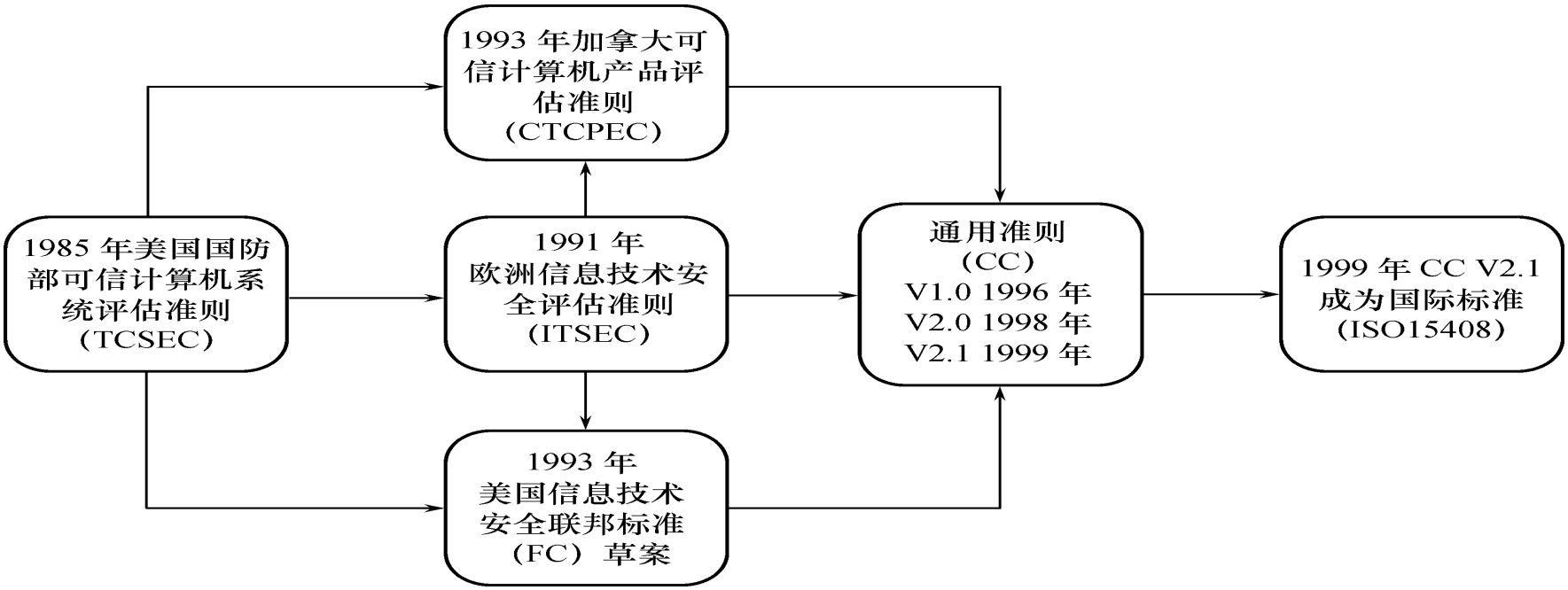
计算机系统建立和采取的各种安全保护措施，以保护计算机系统中的硬件、软件及数据，防止其因偶然或恶意的原因使系统遭到破坏，数据遭到更改或泄露等。

制定标准的目的：

(1)提供一种标准，使用户可以对其计算机系统内敏感信息安全操作的可信程度进行评估。

(2)给计算机行业的制造商提供一种可循的指导规则，使其产品能够更好地满足敏感应用的安全需求。

安全标准简介（续）



信息安全标准的发展历史

TCSEC标准

» 1991年4月美国NCSC（国家计算机安全中心）颁布了《可信计算机系统评估标准关于可信数据库系统的解释》（ Trusted Database Interpretation 简称TDI）
  – TDI又称紫皮书。它将TCSEC扩展到数据库管理系统
  – TDI中定义了数据库管理系统的设计与实现中需满足和用以进行安全性级别评估的标准
» TCSEC/TDI标准的基本内容
  – 从四个方面来描述安全性级别划分的指标
    - 安全策略
    - 责任
    - 保证
    - 文档

TCSEC/TDI安全级别划分（续）

- 四组（division）七个等级
  - D
  - C（C1，C2）
  - B（B1，B2，B3）
  - A（A1）
- 按系统可靠或可信程度逐渐增高
- 各安全级别之间具有一种偏序向下兼容的关系，即较高安全性级别提供的安全保护要包含较低级别的所有保护要求，同时提供更多或更完善的保护能力

TCSEC/TDI安全级别划分

» TCSEC/TDI安全级别划分

安 全 级 别	定　　义
A1	验证设计（**Verified Design**）
B3	安全域（**Security Domains**）
B2	结构化保护（**Structural Protection**）
B1	标记安全保护（**Labeled Security Protection**）
C2	受控的存取保护（**Controlled Access Protection**）
C1	自主安全保护（**Discretionary Security Protection**）
D	最小保护（**Minimal Protection**）

TCSEC/TDI安全级别划分（续）

» D级

– 将一切不符合更高标准的系统均归于D组

– 典型例子：DOS是安全标准为D的操作系统

- DOS在安全性方面几乎没有什么专门的机制来保障

TCSEC/TDI安全级别划分（续）

- C1级
  - 非常初级的自主安全保护
  - 能够实现对用户和数据的分离，进行自主存取控制（DAC），保护或限制用户权限的传播。
- C2级
  - 安全产品的最低档次
  - 提供受控的存取保护，将C1级的DAC进一步细化，以个人身份注册负责，并实施审计和资源隔离

TCSEC/TDI安全级别划分（续）

- B1级
  - 标记安全保护。B1级别的产品才被认为是真正意义上的安全产品。
  - 对系统的数据加以标记，对标记的主体和客体实施强制存取控制（MAC）、审计等安全机制。
- B2级
  - 结构化保护
  - 建立形式化的安全策略模型并对系统内的所有主体和客体实施DAC和MAC。
- B3级
  - 安全域
  - 该级的TCB必须满足访问监控器的要求，审计跟踪能力更强，并提供系统恢复过程

TCSEC/TDI安全级别划分（续）

» A1级

– 验证设计，即提供B3级保护的同时给出系统的形式化设计说明和验证以确信各安全保护真正实现。

CC（续）

» CC评估保证级（EAL）划分

评估保证级	定　　义
EAL1	功能测试（**functionally tested**）
EAL2	结构测试（**structurally tested**）
EAL3	系统地测试和检查（**methodically tested and checked**）
EAL4	系统地设计、测试和复查（**methodically designed， tested， and reviewed**）
EAL5	半形式化设计和测试（**semiformally designed and tested**）
EAL6	半形式化验证的设计和测试（**semiformally verified design and tested**）

第四章 数据库安全性

4.1 数据库安全性概述

4.2 数据库安全性控制

4.3 视图机制

4.4 审计（Audit）

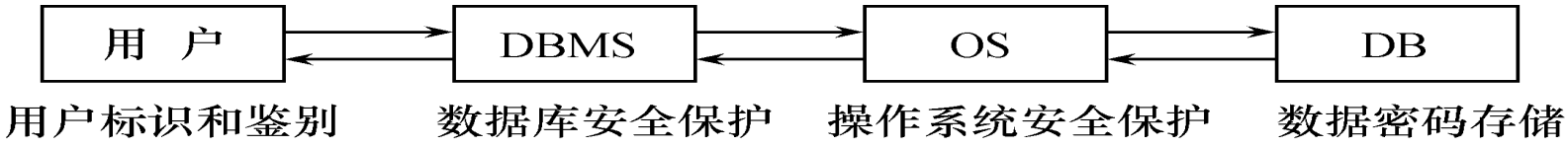
4.5 数据加密

4.6 其他安全性

4.7 小结

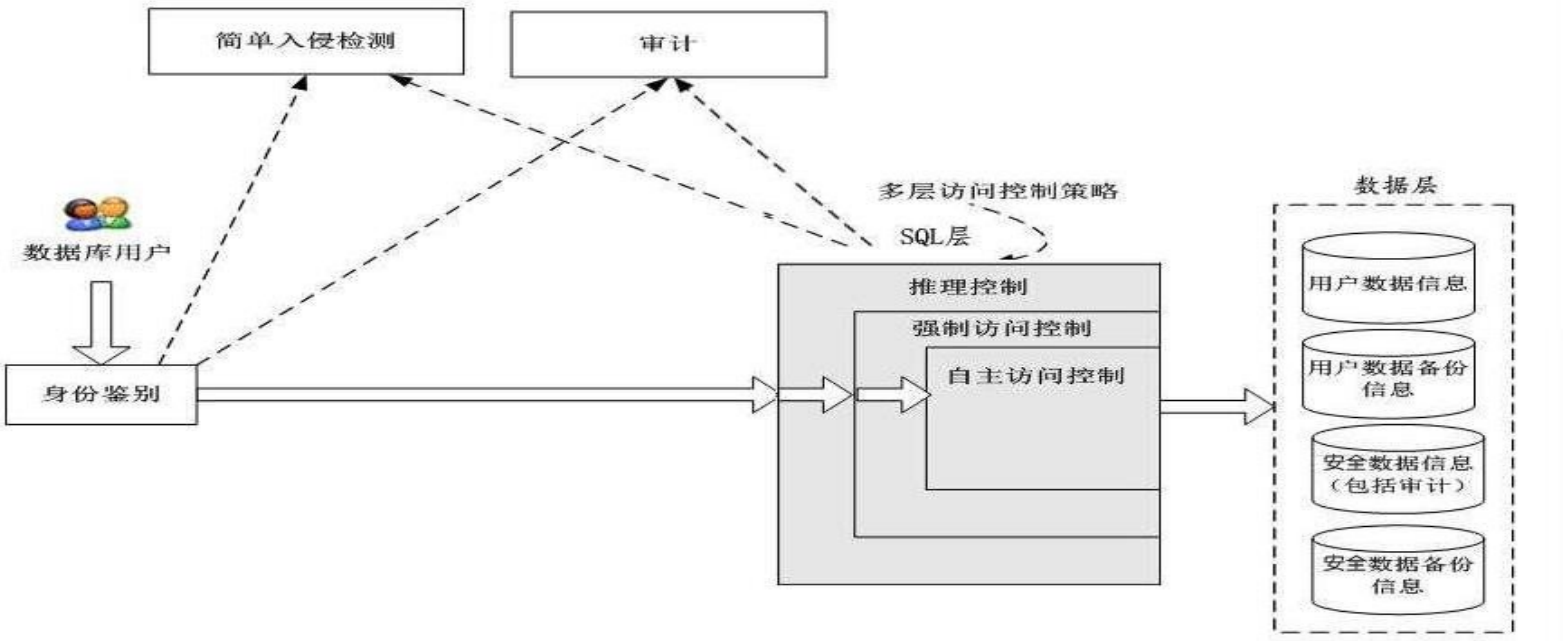
4.2 数据库安全性控制

– 计算机系统中，安全措施是一级一级层层设置



计算机系统的
安全模型

数据库安全性控制（续）



数据库管理系统安全性控制模型

数据库安全性控制（续）

- 数据库安全性控制的方法
  - 用户标识和鉴定
  - 存取控制
  - 视图
  - 审计
  - 数据加密

» 用户身份鉴别

（Identification & Authentication）

- 由系统提供一定的方式让用户标识自己的名字或身份，每次用户要求进入系统时，由系统进行核对，通过鉴定后才提供机器使用权
  - 系统提供的最外层安全保护措施
  - 用户标识：由用户名和用户标识号组成

    （用户标识号在系统整个生命周期内唯一）

» 用户身份鉴别的方法

1.静态口令鉴别

- 静态口令一般由用户自己设定，这些口令是静态不变的

2.动态口令鉴别

- 口令是动态变化的，每次鉴别时均需使用动态产生的新口令登录数据库管理系统，即采用一次一密的方法

3.生物特征鉴别

- 通过生物特征进行认证的技术，生物特征如指纹、虹膜和掌纹等

4.智能卡鉴别

4.2.2 存取控制

» 确保只授权给有资格的用户访问数据库的权限，同时令所有未授权的人员无法接近数据

» 存取控制机制组成

– 定义用户权限，并将用户权限登记到数据字典中

●用户对某一数据对象的操作权力称为权限

• DBMS提供适当的语言来定义用户权限，存放在数据字典中，称做安全规则或授权规则

– 合法权限检查

●用户发出存取数据库操作请求

• DBMS查找数据字典，进行合法权限检查

» 用户权限定义和合法权检查机制一起组成了数据库管理系统的存取控制子系统

存取控制（续）

» 两种存取控制方法

– 自主存取控制（Discretionary Access Control，简称DAC）

- C2级
- 用户对不同的数据对象有不同的存取权限
- 不同的用户对同一对象也有不同的权限
- 用户还可将其拥有的存取权限转授给其他用户

存取控制（续）

» 常用存取控制方法（续）

– 强制存取控制（Mandatory Access Control，简称 MAC）

- B1级
- 每一个数据对象被标以一定的密级
- 每一个用户也被授予某一个级别的许可证
- 对于任意一个对象，只有具有合法许可证的用户才可以存取

4.2 数据库安全性控制

存取控制

- 自主存取控制方法：SQL控制语言，数据库角色
- 强制存取控制方法

自主存取控制方法

- 用户权限组成
  - 数据对象
  - 操作类型
- 定义用户存取权限：定义用户可以在哪些数据库对象上进行哪些类型的操作
- 定义存取权限称为授权

授权：授予与回收（GRANT and REVOKE）

1.GRANT

» GRANT语句的一般格式：

GRANT <权限>[,<权限>]...

ON <对象类型> <对象名>[,<对象类型> <对象名>]…

TO <用户>[,<用户>]...

[WITH GRANT OPTION];

» 语义：将对指定操作对象的指定操作权限授予指定的用户

» 关系数据库系统中存取控制对象

对象类型	对象	操 作 类 型
数据库 模式	模式	**CREATE SCHEMA**
	基本表	**CREATE TABLE，ALTER TABLE**
	视图	**CREATE VIEW**
	索引	**CREATE INDEX**
数据	基本表和视图	**SELECT，INSERT，UPDATE，DELETE，REFERENCES，ALL PRIVILEGES**
	属性列	**SELECT，INSERT，UPDATE，REFERENCES，ALL PRIVILEGES**

数据库用户

» 数据库管理员创建用户

» CREATE USER语句格式

CREATE USER <username>

[WITH][DBA|RESOURCE|CONNECT];

» CREATE USER语句格式说明

- 只有系统的超级用户才有权创建一个新的数据库用户
- 新创建的数据库用户有三种权限：CONNECT、RESOURCE和DBA
- 如没有指定创建的新用户的权限，默认该用户拥有CONNECT权限。拥有CONNECT权限的用户不能创建新用户，不能创建模式，也不能创建基本表，只能登录数据库。
- 拥有RESOURCE权限的用户能创建基本表和视图，成为所创建对象的属主。但不能创建模式，不能创建新的用户。
- 拥有DBA权限的用户是系统中的超级用户，可以创建新的用户、创建模式、创建基本表和视图等；DBA拥有对所有数据库对象的存取权限，还可以把这些权限授予一般用户。

授权：授予与回收（GRANT and REVOKE）

1.GRANT

» GRANT语句的一般格式：

GRANT <权限>[,<权限>]...

ON <对象类型> <对象名>[,<对象类型> <对象名>]…

TO <用户>[,<用户>]...

[WITH GRANT OPTION];

» 语义：将对指定操作对象的指定操作权限授予指定的用户

GRANT（续）

- 按受权限的用户
  - 一个或多个具体用户
  - PUBLIC（即全体用户）
- 发出GRANT：
  - 数据库管理员
  - 数据库对象创建者（即属主Owner）
  - 拥有该权限的用户

[例4.1] 把查询Student表权限授给用户U1

```
GRANT   SELECT
ON   TABLE   Student
TO   U1;
```

例题（续）

[例4.4] 把查询Student表和修改学生学号的权限授给用户U4

```
GRANT UPDATE(Sno), SELECT
ON TABLE Student
TO U4;
```

» 对属性列的授权时必须明确指出相应属性列名

例题（续）

[例4.2] 把对Student表和Course表的全部权限授予用户U2和U3

```
GRANT ALL PRIVILIGES
ON TABLE Student,Course
TO U2,U3;
```

例题（续）

[例4.3] 把对表SC的查询权限授予所有用户

```
GRANT SELECT
ON TABLE SC
  TO PUBLIC;
```

例题（续）

[例4.5] 把对表SC的INSERT权限授予U5用户，并允许他再将此权限授予其他用户

```
GRANT INSERT
ON TABLE SC
TO U5
WITH GRANT OPTION;
```

传播权限

执行例4.5后，U5不仅拥有了对表SC的INSERT权限，还可以传播此权限：

[例4.6] GRANT INSERT
ON TABLE SC
TO U6
WITH GRANT OPTION;

同样，U6还可以将此权限授予U7：

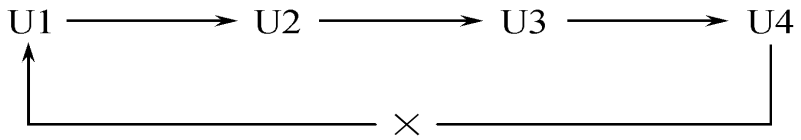
[例4.7] GRANT INSERT
ON TABLE SC
TO U7;

但U7不能再传播此权限。

WITH GRANT OPTION子句

» WITH GRANT OPTION子句:
  – 指定：可以再授予
  – 没有指定：不能传播

» 不允许循环授权



授权：授予与回收（续）

2.REVOKE

» 授予的权限可以由数据库管理员或其他授权者用REVOKE语句收回

» REVOKE语句的一般格式为：

REVOKE <权限>[,<权限>]...

ON <对象类型> <对象名>[,<对象类型><对象名>]…

FROM <用户>[,<用户>]...[CASCADE | RESTRICT];

REVOKE（续）

[例4.8] 把用户U4修改学生学号的权限收回

```
REVOKE UPDATE(Sno)
ON TABLE Student
FROM U4;
```

REVOKE（续）

[例4.9] 收回所有用户对表SC的查询权限

```
REVOKE SELECT
ON TABLE SC
FROM PUBLIC;
```

REVOKE（续）

[例4.10] 把用户U5对SC表的INSERT权限收回

```
REVOKE INSERT
ON TABLE SC
FROM U5 CASCADE ;
```

- 将用户U5的INSERT权限收回的时候应该使用CASCADE，否则拒绝执行该语句
- 如果U6或U7还从其他用户处获得对SC表的INSERT权限，则他们仍具有此权限，系统只收回直接或间接从U5处获得的权限

REVOKE（续）

执行例4.8~4.10语句后学生-课程数据库中的用户权限定义表

授权用户名	被授权用户名	数据库对象名
DBA	**U1**	关系**Student**
DBA	**U2**	关系**Student**
DBA	**U2**	关系**Course**
DBA	**U3**	关系**Student**
DBA	**U3**	关系**Course**
DBA	**U4**	关系**Student**

小结:SQL灵活的授权机制

- 数据库管理员：
  - 拥有所有对象的所有权限
  - 根据实际情况不同的权限授予不同的用户
- 用户：
  - 拥有自己建立的对象的全部的操作权限
  - 可以使用GRANT，把权限授予其他用户
- 被授权的用户
  - 如果具有“继续授权”的许可，可以把获得的权限再授予其他用户
- 所有授予出去的权力在必要时又都可用REVOKE语句收回

4.2 数据库安全性控制

4.2.1 用户标识与鉴别

4.2.2 存取控制

4.2.3 自主存取控制方法

4.2.4 授权：授予与回收

4.2.5 数据库角色

4.2.6 强制存取控制方法

4.2.5 数据库角色

» 数据库角色：被命名的一组与数据库操作相关的权限
  - 角色是权限的集合
  - 可以为一组具有相同权限的用户创建一个角色
  - 简化授权的过程

数据库角色（续）

1.角色的创建

CREATE ROLE <角色名>

2.给角色授权

GRANT <权限>[,<权限>]…

ON <对象类型>对象名

TO <角色>[,<角色>]…

3.将一个角色授予其他的角色或用户

GRANT <角色1>[,<角色2>]…
TO <角色3>[,<用户1>]…
[WITH ADMIN OPTION]

- 该语句把角色授予某用户，或授予另一个角色
- 授予者是角色的创建者或拥有在这个角色上的ADMIN OPTION
- 指定了WITH ADMIN OPTION则获得某种权限的角色或用户还可以把这种权限授予其他角色

一个角色的权限：直接授予这个角色的全部权限加上其他角色授予这个角色的全部权限

4.角色权限的收回

REVOKE <权限>[,<权限>]…

ON <对象类型> <对象名>

FROM <角色>[,<角色>]…

■用户可以回收角色的权限，从而修改角色拥有的权限

■**REVOKE**执行者是

- ●角色的创建者
- ●拥有在这个（些）角色上的**ADMIN OPTION**

数据库角色（续）

[例4.11] 通过角色来实现将一组权限授予一个用户。

步骤如下：

（1）首先创建一个角色 R1

```
CREATE ROLE R1;
```

（2）然后使用GRANT语句，使角色R1拥有Student表的 SELECT、UPDATE、INSERT权限

```
GRANT SELECT, UPDATE, INSERT
ON TABLE Student
TO R1;
```

数据库角色（续）

（3）将这个角色授予王平，张明，赵玲。使他们具有角色R1所包含的全部权限

```
GRANT  R1
TO 王平,张明,赵玲;
```

（4） 可以一次性通过R1来回收王平的这3个权限

```
REVOKE  R1
FROM 王平;
```

数据库角色（续）

[例4.12] 角色的权限修改

```
GRANT DELETE
ON TABLE Student
TO R1;
```

使角色R1在原来的基础上增加了Student表的DELETE 权限

数据库角色（续）

[例4.13]

REVOKE SELECT

ON TABLE Student

FROM R1；

使R1减少了SELECT权限

4.2 数据库安全性控制

4.2.1 用户标识与鉴别

4.2.2 存取控制

4.2.3 自主存取控制方法

4.2.4 授权与回收

4.2.5 数据库角色

4.2.6 强制存取控制方法

4.2.6 强制存取控制方法

» 强制存取控制（MAC）
  – 保证更高程度的安全性
  – 适用于对数据有严格而固定密级分类的部门
    - 军事部门
    - 政府部门

强制存取控制方法（续）

- 在强制存取控制中，数据库管理系统所管理的全部实体被分为主体和客体两大类
  - 主体是系统中的活动实体
    - 数据库管理系统所管理的实际用户
    - 代表用户的各进程
  - 客体是系统中的被动实体，受主体操纵
    - 文件、基本表、索引、视图

强制存取控制方法（续）

- 敏感度标记（Label）
  - 对于主体和客体，DBMS为它们每个实例（值）指派一个敏感度标记（Label）
  - 敏感度标记分成若干级别
    - 绝密（Top Secret，TS）
    - 机密（Secret，S）
    - 可信（Confidential，C）
    - 公开（Public，P）
    - TS>=S>=C>=P
- 主体的敏感度标记称为许可证级别（Clearance Level）
- 客体的敏感度标记称为密级（Classification Level）

强制存取控制方法（续）

» 强制存取控制规则

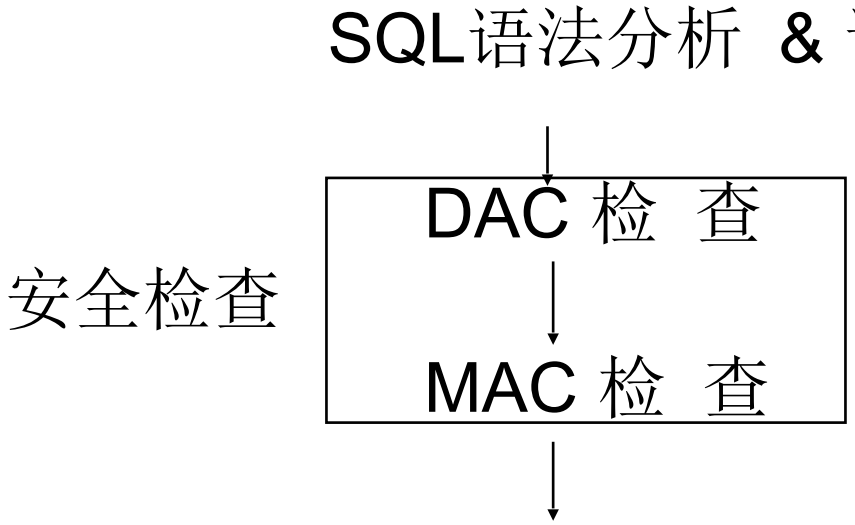
（1）仅当主体的许可证级别大于或等于客体的密级时，该主体才能读取相应的客体

（2）仅当主体的许可证级别小于或等于客体的密级时，该主体才能写相应的客体

强制存取控制方法（续）

- 强制存取控制（MAC）是对数据本身进行密级标记，无论数据如何复制，标记与数据是一个不可分的整体，只有符合密级标记要求的用户才可以操纵数据。
- 实现强制存取控制时要首先实现自主存取控制
  - 原因：较高安全性级别提供的安全保护要包含较低级别的所有保护
- 自主存取控制与强制存取控制共同构成数据库管理系统的安全机制

DAC + MAC安全检查



- 先进行自主存取控制检查，通过自主存取控制检查的数据对象再由系统进行强制存取控制检查，只有通过强制存取控制检查的数据对象方可存取。

第四章 数据库安全性

4.1 数据库安全性概述

4.2 数据库安全性控制

4.3 视图机制

4.4 审计（Audit）

4.5 数据加密

4.6 其他安全性保护

4.7 小结

4.3 视图机制

- 把要保密的数据对无权存取这些数据的用户隐藏起来，对数据提供一定程度的安全保护
- 间接地实现支持存取谓词的用户权限定义

视图机制（续）

[例4.14] 建立计算机系学生的视图，把对该视图的SELECT权限授于王平，把该视图上的所有操作权限授于张明

先建立计算机系学生的视图CS_Student

```
CREATE VIEW CS_Student
AS
SELECT  *
FROM   Student
WHERE  Sdept='CS';
```

视图机制（续）

在视图上进一步定义存取权限

```
GRANT  SELECT
ON  CS_Student
TO 王平;

GRANT ALL PRIVILIGES
ON  CS_Student
TO  张明;
```

第四章 数据库安全性

4.1 数据库安全性概述

4.2 数据库安全性控制

4.3 视图机制

4.4 审计（Audit）

4.5 数据加密

4.6 其他安全性保护

4.7 小结

4.4 审计

» 什么是审计

– 启用一个专用的审计日志（Audit Log）

将用户对数据库的所有操作记录在上面

– 审计员利用审计日志

监控数据库中的各种行为，找出非法存取数据的人、时间和内容

– C2以上安全级别的DBMS必须具有审计功能

审计（续）

» 审计功能的可选性

- 审计很费时间和空间
- DBA可以根据应用对安全性的要求，灵活地打开或关闭审计功能
- 审计功能主要用于安全性要求较高的部门

审计（续）

1.审计事件

- 服务器事件
  - 审计数据库服务器发生的事件
- 系统权限
  - 对系统拥有的结构或模式对象进行操作的审计
  - 要求该操作的权限是通过系统权限获得的
- 语句事件
  - 对SQL语句，如DDL、DML、DQL及DCL语句的审计
- 模式对象事件
  - 对特定模式对象上进行的SELECT或
  - DML操作的审计

2.审计功能

- ■基本功能
  - ●提供多种审计查阅方式
- ■多套审计规则：一般在初始化设定
- ■提供审计分析和报表功能
- ■审计日志管理功能
  - ●防止审计员误删审计记录，审计日志必须先转储后删除
  - ●对转储的审计记录文件提供完整性和保密性保护
  - ●只允许审计员查阅和转储审计记录，不允许任何用户新增和修改审计记录等
- ■提供查询审计设置及审计记录信息的专门视图

» 用户级审计
  – 任何用户可设置的审计
  – 主要是用户针对自己创建的数据库表和视图进行审计

» 系统级审计
  – 只能由数据库管理员设置
  – 监测成功或失败的登录要求、监测授权和收回操作以及其他数据库级权限下的操作

审计（续）

3. AUDIT语句和NOAUDIT语句

- AUDIT语句：设置审计功能
- NOAUDIT语句：取消审计功能

[例4.15] 对修改SC表结构或修改SC表数据的操作进行审计

```
AUDIT ALTER,UPDATE
ON  SC;
```

[例4.16] 取消对SC表的一切审计

```
NOAUDIT  ALTER,UPDATE
ON  SC;
```

第四章 数据库安全性

4.1 数据库安全性概述

4.2 数据库安全性控制

4.3 视图机制

4.4 审计（Audit）

4.5 数据加密

4.6 其他安全性保护

4.7 小结

4.5 数据加密

- 数据加密
  - 防止数据库中数据在存储和传输中失密的有效手段
- 加密的基本思想
  - 根据一定的算法将原始数据—明文（Plain text）变换为不可直接识别的格式—密文（Cipher text）
- 主要包括
  - 存储加密
  - 传输加密

数据加密（续）

» 传输加密
  - 链路加密
    - 在链路层进行加密
    - 传输信息由报头和报文两部分组成
    - 报文和报头均加密
  - 端到端加密
    - 在发送端加密，接收端解密
    - 只加密报文不加密报头
    - 所需密码设备数量相对较少，容易被非法监听者发现并从中获取敏感信息

❖存储加密

■透明存储加密

- 内核级加密保护方式，对用户完全透明
- 将数据在写到磁盘时对数据进行加密，授权用户读取数据时再对其进行解密
- 数据库的应用程序不需要做任何修改，只需在创建表语句中说明需加密的字段即可

内核级加密方法：性能较好，安全完备性较高

■非透明存储加密

- 通过多个加密函数实现

第四章 数据库安全性

4.1 计算机安全性概述

4.2 数据库安全性控制

4.3 视图机制

4.4 审计（Audit）

4.5 数据加密

4.6 其他安全性保护

4.7 小结

4.6 其他安全性保护

» 推理控制
  – 处理强制存取控制未解决的问题
  – 避免用户利用能够访问的数据推知更高密级的数据
  – 常用方法
    ●基于函数依赖的推理控制
    ●基于敏感关联的推理控制
» 隐蔽信道
  – 处理强制存取控制未解决的问题

其他安全性保护（续）

- 数据隐私保护
  - 描述个人控制其不愿他人知道或他人不便知道的个人数据的能力
  - 范围很广：数据收集、数据存储、数据处理和数据发布等各个阶段

第四章 数据库安全性

4.1 数据库安全性概述

4.2 数据库安全性控制

4.3 视图机制

4.4 审计（Audit）

4.5 数据加密

4.6 其他安全 性保护

4.7 小结

4.7 小结

» 数据的共享日益加强，数据的安全保密越来越重要。

» 数据库管理系统是管理数据的核心，因而其自身必须具有一整套完整而有效的安全性机制。

小结（续）

» 实现数据库系统安全性的技术和方法

- 用户身份鉴别
- 存取控制技术：自主存取控制和强制存取控制
- 视图技术
- 审计技术
- 数据加密存储和加密传输