

# 第6章 主机系统安全技术

中国科学技术大学

曾凡平

billzeng@ustc.edu.cn

# 课程回顾：第5章 信息隐藏技术

## 5.1 信息隐藏的概念

## 5.2 隐藏信息的基本方法

- 空域算法，变换域算法
- 压缩域算法，NEC算法，生理模型算法

## 5.3 数字水印

- 技术模型，分类与应用
- 空域水印，DCT水印

## 5.4 数字隐写

- 技术模型，
- 典型数字图像隐写算法

## 5.5 数字指纹

- 基本概念和模型
- 数字指纹编码，数字指纹协议

# 第6章 主机系统安全技术

## 6.1 操作系统安全技术

- 6.1.1 基本概念
- 6.1.2 可信计算机评价标准(TCSEC)
- 6.1.3 操作系统安全的基本原理
- 6.1.4 操作系统安全机制
- 6.1.5 Linux的安全

## 6.2 数据库安全技术

- 6.2.1 传统数据库安全技术
- 6.2.2 外包数据库安全
- 6.2.3 云数据库/云存储安全

## 6.3 可信计算技术

- 6.3.1 概念和基本思想
- 6.3.2 TCG可信计算系统

# 第6章 主机系统安全技术

- 主机系统安全，即保证主机数据存储和处理的保密性、完整性、可用性，其核心内容包括安全应用交付系统、应用监管系统、操作系统安全增强系统和运维安全管控系统等。
- 主机系统安全包括：
  - 硬件(Hardware，所有实体部件和设备的统称)、固件(Firmware，固化的软件、BIOS的软件)、系统软件的自身安全，以及一系列附加的安全技术和安全管理措施，从而建立一个完整的主机安全保护环境。
- 本章主要介绍3方面的内容：
  - 操作系统安全、数据库安全技术和可信计算技术

# 6.1 操作系统安全技术

## 6.1.1 基本概念

- 计算机系统的安全可以划分为硬件安全、操作系统安全、数据库系统安全、应用软件安全以及互联网时代的网络系统安全。
- 操作系统运行在硬件系统之上，为用户提供接口，用户只能通过操作系统提供的接口来操作硬件，因此要保证硬件的安全，就必须让操作系统提供安全的接口。
- 数据库系统、应用软件以及网络软件都运行在操作系统之上，要保证的它们的安全性，除了依靠自身的安全性以外，关键在于其底层操作系统的安全性。
- **操作系统安全是主机系统安全的核心。**

# 安全操作系统

- AT&T 实验室的 S.Bellovin 博士曾经对美国 CERT (Computer Emergency Response Team) 提供的安全报告进行分析, 分析结果表明, 大约 50% 的计算机网络安全问题是由软件的安全缺陷引起的, 其中, 很多问题的根源都在操作系统的安全脆弱之中。因此, **操作系统安全是所有计算机系统安全的基石和关键**。
- 要真正解决硬件系统、数据库系统、应用软件以及网络系统的安全问题, 就必须解决操作系统的安全问题。研究和开发具有高可靠性、高容错能力和可动态配置策略的安全操作系统, 具有重要的理论和实践意义。
- 所谓**安全操作系统, 是在传统操作系统的基础上实现了**一定安全技术**的操作系统**。它提供访问控制、最小特权管理和安全审计等机制, 采用各种安全策略模型, 在系统硬件和资源以及用户和应用程序之间进行符合预定义安全策略的调用, 限制对系统资源的非法访问和阻止黑客对系统的入侵。

## 6.1.2 可信计算机评价标准(TCSEC)

- 如何评价一个操作系统是否是一个安全操作系统以及达到了哪种程度的安全级别，需要一个评价其安全性和安全级别的标准。因此，制定安全评价标准的目的在于对安全操作系统（也可以是其他类的安全产品）进行评价。
- 可信计算机系统评价标准(**trusted computer system evaluation criteria, TCSEC**)于1983年由美国国防部发布，**是计算机系统安全评价的第一个正式标准**。1985年美国国防部又发布了其修订版，从而成为公认的计算机系统安全级别的划分标准。
- TCSEC最初只是军用标准，后来延至民用领域。
- 安全产品在美国必须按照TCSEC的标准进行严格地测试并颁发相应级别的证书，才能用于销售和使用。

# TCSEC 6个规范性的安全要求

- (1)计算机系统必须实施一种定义**清晰明确的安全策略**。
  - 即给定主体和客体，系统必须有一套定义好的策略来判断该主体是否有权访问该客体。
- (2)客体必须与其访问标签相关联，以**标明其安全级别**。
- (3)主体在访问客体前必须通过**严格的鉴别和认证**。
- (4)**审计信息必须单独保存**，并由**专门人员负责**。
  - 在可信计算机中，与安全相关的事件被记录在审计日志中，审计的开启尽可能不影响系统的整体性能。
  - 另外，审计数据应该易于分析，并确保相应的数据不被非法存取和篡改。
- (5)计算机系统**必须能够独立评估**用以实现上述(1)~(4)的软硬件机制本身的安全性。
- (6)实现安全需求的**可信机制自身必须受到保护**，以避免被篡改或削弱。



# TCSEC的4个等级、7个级别

## 1) D类安全等级

- D类安全等级只包含一个级别—D1级。
- D1级的安全等级最低，并且未通过评测，系统不可信任，对硬件来说没有任何保护，操作系统很容易受到损害，不提供身份验证和访问控制等机制。
- 所有不满足任何较高安全可信性的系统都可以归入D1级，**D1系统最普通的形式是本地操作系统，如MS-DOS等**，D1系统只为文件和用户提供安全保护。
- 最初的Windows系统（95、98）就是D1级系统。

## 2) C类安全等级

- 该类为**自主保护类**，能够为用户的行动和责任提供审计机制。
- **C1（自主安全保护）**
  - C1级的系统对硬件来说提供了某种保护。用户必须通过身份验证才能访问系统，并且通过用户的标识和鉴别来确定用户对客体的访问权限，但对系统管理员则没有这个限制，因而，很容易会由于系统管理员的误操作而导致诸多的安全问题。
- **C2（受控存取保护）**
  - C2级的系统具有C1级系统的所有安全特征，此外，C2级具有DAC机制以及审计机制。基于许可权限和身份验证的DAC机制限制了主体执行某些命令或访问某些客体的能力。
  - 在这种安全级别下，系统采用审计机制跟踪记录所有与系统安全有关的事件。

### 3) B类安全等级

- 该类为**强制保护类**。B类级别的系统建立了敏感  
度标签并维护其完整性，实施强制访问控制机制。  
B类安全等级可分为B1、B2和B3三个子级别。
- B1(**标签安全保护**, labelled security protection):
  - B1级要求具有C2级的所有安全特征，并具有强制访问控制(MAC)机制。
- B1级系统满足如下9个方面的要求：
  - (1)系统对每个客体或主体都进行敏感度标记。
  - (2)系统使用敏感度标记作为所有强制访问控制的基础。
  - (3)系统在把非标记的客体或主体对象导入系统前必须标记它们。

# B1级系统的要求

- (4)敏感度标记必须准确地表示其所联系的客体或主体的安全级别。
- (5)当系统管理员创建系统或者增加新的客体（如通信通道或I/O设备）时，管理员必须指定该客体是单级还是多级，并且管理员只能手工改变指定。
- (6)单级设备并不保持传输信息的敏感度。
- (7)所有直接面向用户位置的输出（无论是虚拟的还是物理的）都必须产生敏感度标记来指示关于输出对象的级别。
- (8)系统必须使用口令来决定主体的安全访问级别。
- (9)系统必须通过审计来记录未授权访问的企图。
- B1级是支持多级安全的第一个级别。在该级别下，不允许客体的拥有者改变其存取的许可权限。

## B2(结构化保护, structured protection)

- B2(结构化保护, structured protection)
- B2级要求具有B1级系统的所有安全特征。此外,它要求具有形式化的安全模型、可信通路机制、最小特权管理以及隐通道的分析和处理等安全特征。
- B2级要对系统中所有的对象(包括磁盘、磁带或终端)定义不同的安全标签,并相应地分配单个或多个安全级别。

## B3(安全区域保护, security domain protection)

- **B3(安全区域保护, security domain protection)**
- B3级除了具有所有B2的安全特征外, 还要求具有全面的访问控制机制、审计的实时报告机制以及严格的系统结构化设计等安全特征。
- 同时, B3级要求提供登录系统的可信通路, 并通过硬件保护系统的安全区域。
- B3级系统具有很强的监视委托管理访问能力和抗干扰能力。**B3级系统必须设有安全管理员。**

## B3级系统应满足的7个要求

- ※(1)除了控制对个别客体的访问外，B3级系统必须产生一个可读的安全列表。
- ※(2)每个被命名的客体提供对该客体没有访问权的主体列表说明。
- ※(3)B3级系统在进行任何操作前，要求主体进行身份验证。
- ※(4)B3级系统验证每个主体，同时还会发送一个取消访问的审计跟踪消息。
- ※(5)设计者必须正确区分可信通路和其他路径。
- ※(6)可信通路机制为每一个被命名的客体建立安全审计跟踪。
- ※(7)可信通路机制支持独立的安全管理。

## 4) A类安全等级

- A类安全等级(**验证保护, verified protection**): A系统的安全级别最高。目前, A类安全等级只包含一个安全级别—**A1(验证设计, verified design)**
  - 该级别包含了较低级别的所有安全特征。它的显著特征是, 系统的设计者必须按照一个正式的设计规范来分析系统。对系统分析后, 设计者必须运用核对技术来确保系统符合设计规范, 它的设计必须是经过数学验证的, 并且对隐通道也要进行形式化分析。
- A1级的系统必须满足下列要求
  - (1)系统管理员必须从开发者那里接收到一个安全策略的正式模型。
  - (2)所有的安装操作都必须由系统管理员进行。
  - (3)系统管理员进行的每一步安装操作都必须有正式文档。A1级系统是安全级别最高的系统, 目前很少有系统能够达到A1级别。



# trusted computer system evaluation criteria, TCSEC

DoD 5200.28-STD

Supersedes

CSC-STD-001-83, dtd 15 Aug 83

Library No. S225,711

DEPARTMENT OF DEFENSE STANDARD

DEPARTMENT OF

DEFENSE

TRUSTED COMPUTER

SYSTEM EVALUATION

CRITERIA

**dod85-Trusted Computer System Evaluation Criteria**

DoD 5200.28-STD  
Supersedes  
CSC-STD-001-83, dtd 15 Aug 83  
Library No. S225,711

DEPARTMENT OF DEFENSE STANDARD

DEPARTMENT OF  
DEFENSE  
TRUSTED COMPUTER  
SYSTEM EVALUATION  
CRITERIA

DECEMBER 1985

December 26, 1985

Page 1

# ITSEC和ISO 15408

- 欧洲四国（英、法、德、荷）提出了评价满足保密性、完整性、可用性要求的[信息技术安全评价准则 \(ITSEC, Information Technology Security Evaluation Criteria\)](#)后，美国又联合以上诸国和加拿大，并会同国际标准化组织（ISO）共同提出[信息技术安全评价的通用准则 \(CC for ITSEC\)](#)，CC (Common Criteria) 已经被技术发达的国家承认为代替TCSEC的评价安全信息系统的标准。
- 1999年12月，ISO接受CC 2.0版为ISO 15408标准，并正式颁布发行。
  - THIS STANDARD WAS LAST REVIEWED AND CONFIRMED IN 2015.
  - THEREFORE THIS VERSION REMAINS CURRENT.
- 2017年4月发布[CC 3.1版](#) (CCMB-2017-04-001)

# ISO/IEC 15408——CC for ITSEC

- ISO/IEC 15408 permits comparability between the results of independent security evaluations. ISO/IEC 15408 does so by providing **a common set of requirements** for the security functionality of IT products and for assurance measures applied to these IT products during a security evaluation. These IT products may be implemented in hardware, firmware or software.
- The evaluation process establishes a level of confidence that the security functionality of these IT products and the assurance measures applied to these IT products **meet these requirements**. The evaluation results may help consumers to determine whether these IT products fulfil their security needs.

# 中国国家标准

- 网络安全等级保护技术2.0版本(等保2.0);
- 2019年5月发布, 是我国网络安全方面的推荐性国家标准。

每页显示 10 条,共 4 条标准 1 / 1

标准号或标准名称 在结果中筛选

序号	标准号	是否采标	标准名称	类别	状态	发布日期	实施日期	操作
1	GB/T 25058-2019		信息安全技术 网络安全等级保护实施指南	推标	现行	2019-08-30	2020-03-01	查看详情
2	GB/T 25070-2019		信息安全技术 网络安全等级保护安全设计技术要求	推标	现行	2019-05-10	2019-12-01	查看详情
3	GB/T 22239-2019		信息安全技术 网络安全等级保护基本要求	推标	现行	2019-05-10	2019-12-01	查看详情
4	GB/T 28448-2019		信息安全技术 网络安全等级保护测评要求	推标	现行	2019-05-10	2019-12-01	查看详情

每页显示 10 条,共 4 条标准 1 / 1

1

# 不同级别的安全保护能

## 5.2 不同级别的安全保护能力

不同级别的等级保护对象应具备的基本安全保护能力如下：

第一级安全保护能力：应能够防护免受来自个人的、拥有很少资源的威胁源发起的恶意攻击、一般的自然灾害，以及其他相当危害程度的威胁所造成的关键资源损害，在自身遭到损害后，能够恢复部分功能。

第二级安全保护能力：应能够防护免受来自外部小型组织的、拥有少量资源的威胁源发起的恶意攻击、一般的自然灾害，以及其他相当危害程度的威胁所造成的重要资源损害，能够发现重要的安全漏洞和处置安全事件，在自身遭到损害后，能够在一段时间内恢复部分功能。

第三级安全保护能力：应能够在统一安全策略下防护免受来自外部有组织的团体、拥有较为丰富资源的威胁源发起的恶意攻击、较为严重的自然灾害，以及其他相当危害程度的威胁所造成的主要资源损害，能够及时发现、监测攻击行为和处置安全事件，在自身遭到损害后，能够较快恢复绝大部分功能。

第四级安全保护能力：应能够在统一安全策略下防护免受来自国家级别的、敌对组织的、拥有丰富资源的威胁源发起的恶意攻击、严重的自然灾害，以及其他相当危害程度的威胁所造成的资源损害，能够及时发现、监测发现攻击行为和安全事件，在自身遭到损害后，能够迅速恢复所有功能。

第五级安全保护能力：略。

<http://openstd.samr.gov.cn/bzgk/gb/index>

用关键字“信息安全技术 网络安全等级保护”查找。

查看GB/T 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

# Windows 及 Unix 系统的安全级别：C2级

- 早在1995年7月，Windows NT的第一版带服务包3的NT3.5就取得了美国TCSEC(受信计算机系统评测标准)标准的C2安全级；Windows2000及其后续版本(如2003，vista，2008，Windows7，windows10)的基础安全体系结构比Windows NT更加健壮，其安全性也能达到C2级的标准。
- 一般认为，Unix系统 (包括Linux) 比Windows系统更安全，因此也达到了C2级别。
- ITSEC (Information Technology Security Evaluation Criteria) 组织的E3级别，其等同于TCSEC的C2级；

# C2安全级的关键要求

- 达到C2安全级的4项关键要求是：

- ① 安全登录机制

- ② 自主访问控制机制

- ③ 安全审计机制

- ④ 对象重用保护机制

- 对象重用保护机制就是残留信息的处理机制，即：  
阻止一个用户利用或阅读另一个用户已删除的数据，  
或访问另一个用户曾经使用并释放的内存。

# Windows系统的安全机制

- Windows NT及后续版本的Windows系统不仅实现了这些机制，同时还实现了两项B安全级的要求：
  - 一是**信任路径功能**，用于防止用户登录时被特洛伊木马程序截获用户名和密码；
  - 二是**信任机制管理**，支持管理功能的单独账号，例如，给管理员的分离账号、可用于备份计算机的用户账号和标准用户等。
- 当今流行的操作系统满足C2级的设计要求，然而由于实现、配置或用户使用等方面的原因，Windows和Unix仍然不能保证高的安全性，不可避免地会存在诸多脆弱性，从而可以被利用而危害信息系统的安全。



# Windows 10 安全性概述

- Windows 10 旨在抵御各种攻击平台上的已知安全威胁和新兴安全威胁。Windows 10 执行的安全性工作有三大类：

## (1) 身份标识和访问控制

- 已进行了大幅度地扩展，从而简化和增强用户身份验证的安全性。这些功能包括 Windows Hello 和 Microsoft Passport，它们能更好地通过易于部署和易于使用的多因素身份验证 (MFA) 保护用户身份。另一个新增功能是 Credential Guard，该功能使用基于虚拟化的安全 (VBS) 来帮助保护 Windows 身份验证子系统和用户凭据。

## (2) 信息保护

- 即保护闲置信息、使用的信息，以及传输的信息。
- 除了 BitLocker 和 BitLocker To Go 可用于保护闲置数据外，Windows 10 还包括具有企业数据保护的文件夹级加密，该功能不仅可用于执行数据分离和包含，还可以在退出公司网络后对数据进行加密（如果将该功能与 Rights Management Services 结合使用）。
- Windows 10 还可以使用虚拟专用网络 (VPN) 和 Internet 协议安全来帮助保护数据安全。

### (3) 防恶意软件

- 包括可以使关键的系统和安全组件免遭威胁的体系结构更改。
- Windows 10 中有几项新功能可帮助减轻由恶意软件造成的威胁，包括 VBS、Device Guard、Microsoft Edge 和全新版本的 Windows Defender。
- 此外，来自 Windows 8.1 操作系统的许多反恶意软件功能（包括用于应用程序沙盒的 AppContainers，以及大量启动保护功能，如受信任启动）已在 Windows 10 中得到了沿用和改进。
- 详情见以下链接：

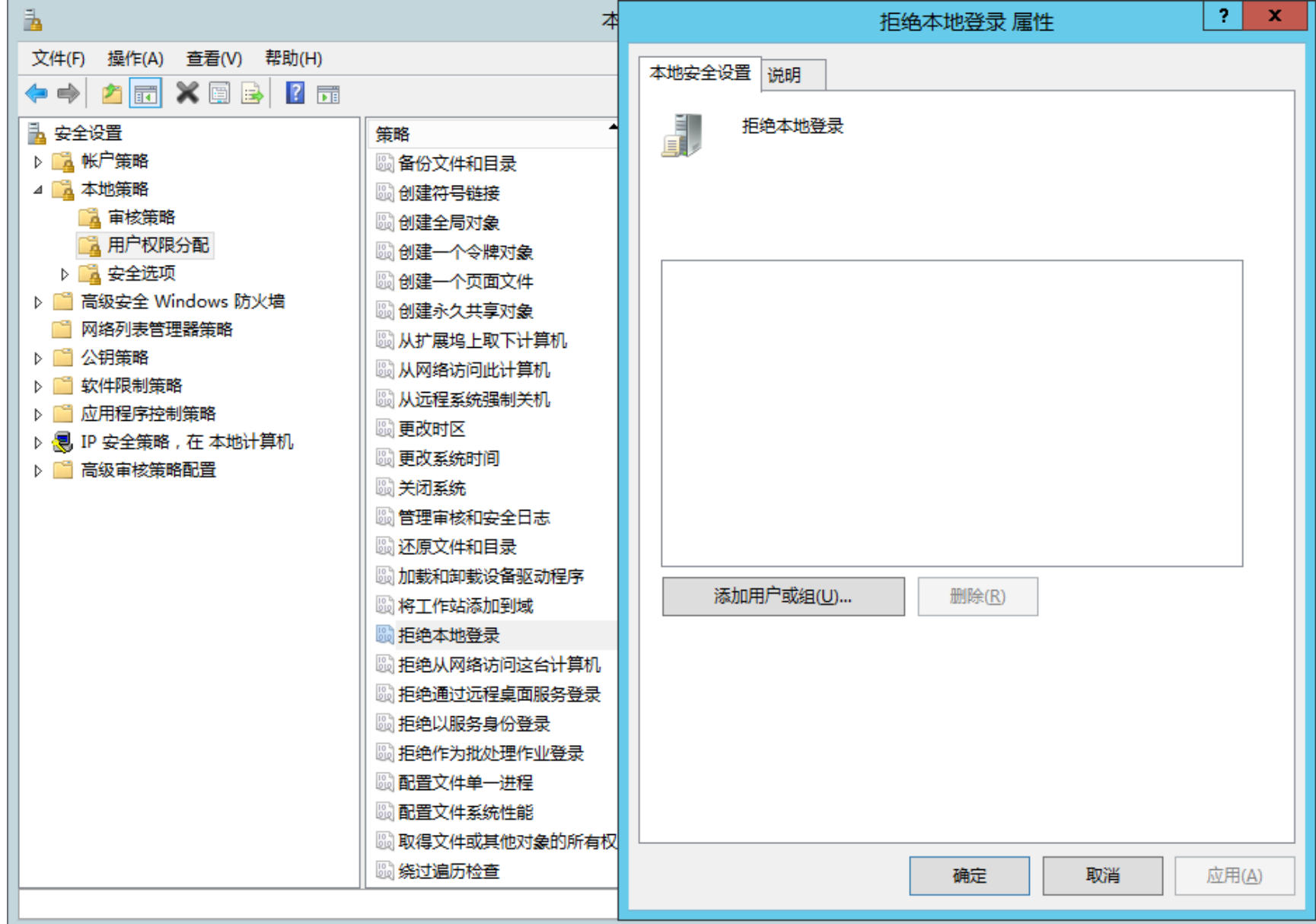
[https://technet.microsoft.com/zh-cn/library/mt601297\(v=vs.85\).aspx](https://technet.microsoft.com/zh-cn/library/mt601297(v=vs.85).aspx)

# Windows系统的安全策略

- Windows 2003及后续系统提供了许多本地安全策略，然而许多策略是默认禁用的，用户可以根据需要启用合适的安全策略。
- 比如可以通过“用户权限分配”中的“禁止本地登录”选项禁止用户从本地登录，如图所示。

**演示：禁止从本地登录**

windows 2012 或 windows 10



## 拒绝某些用户从本地登录

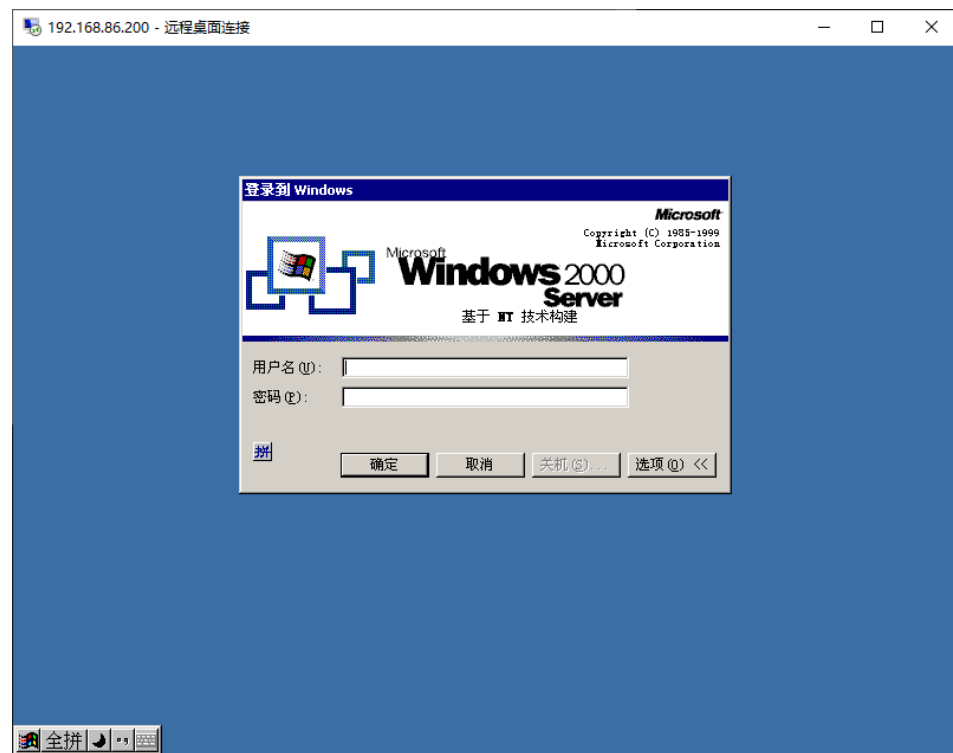
# 利用漏洞入侵Windows系统

- 漏洞通常指可以被利用的目标系统缺陷。由于软件是人设计的，操作系统和运行其上的应用软件不可避免地存在许多漏洞。利用漏洞入侵windows系统是最基本的入侵方法。
- Windows系统由于其很高的市场占有率，其安全漏洞的挖掘和利用一直是黑客和特权部门关注的焦点。
- 截至2022年3月30日，“绿盟科技”的漏洞库(<http://www.nsfocus.net>)收集了9117条windows系统及应用程序的漏洞，其中609个远程进入系统类漏洞，8071个本地越权漏洞。
- 由此可见，可被利用的漏洞是非常多的。

# 入侵实例：中文版输入法漏洞入侵

- Windows2000 简体中文版存在着输入法漏洞，可以使本地用户绕过身份验证机制进入系统内部。
- 经测试，利用远程桌面连接到 Windows2000 简体中文版的终端服务时仍然存在这一漏洞，因此这一漏洞使终端服务成为 Windows2000 的木马。也就是说，远程用户可以利用该漏洞进入系统。

演示



# 利用黑客工具入侵Windows系统

- 互联网上有很多免费的黑客工具，可以用来入侵有漏洞的目标操作系统。一般而言，当一个漏洞被公布以后，在几周之内就会出现免费的漏洞利用工具。
- 为了保证系统的安全，**及时为系统打上补丁**是非常重要的。
- 例如：MSRPC漏洞利用工具

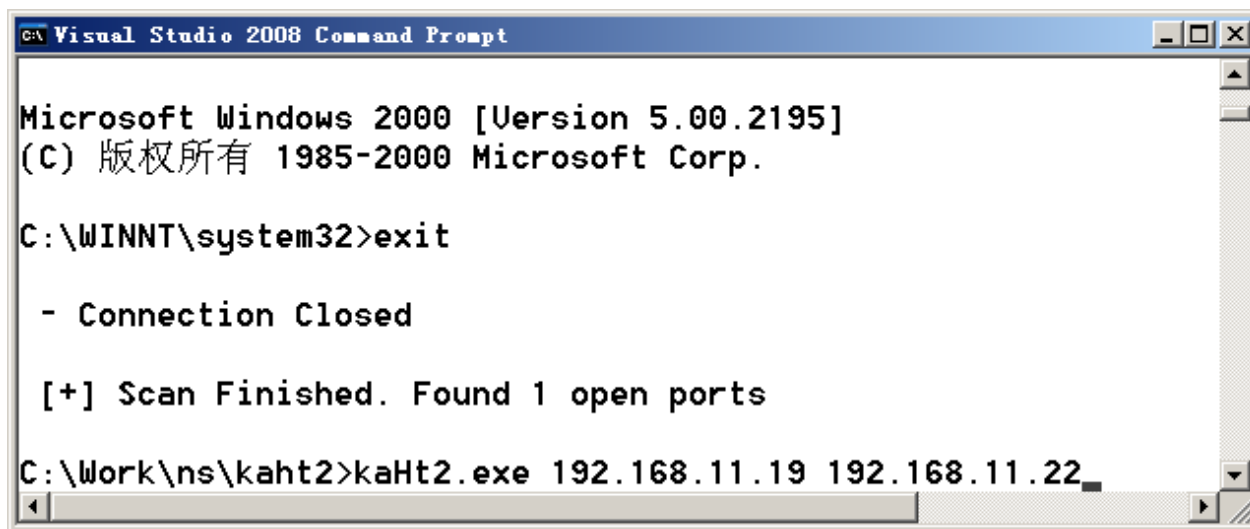
**演示**

用**Kaht2.exe**入侵**windows2000**



## 用Kaht2.exe入侵windows2000

- Kaht2 是针对 MSRPC（微软远程过程调用）的 DCOM（分布式组件对象模型）漏洞的黑客利用工具。如果Kaht2扫描到一个有漏洞的目标系统(windows2000)，就会在攻击者的机器上获得一个以**SYSTEM用户权限**运行的命令行窗口。
- 从 <http://www.securityfocus.com/bid/8205/exploit> 可以下载攻击代码。
- 在攻击者的机器上运行以下命令
  - Kaht2 192.168.86.199 192.168.86.201



```
C:\ Visual Studio 2008 Command Prompt

Microsoft Windows 2000 [Version 5.00.2195]
(C) 版权所有 1985-2000 Microsoft Corp.

C:\WINNT\system32>exit

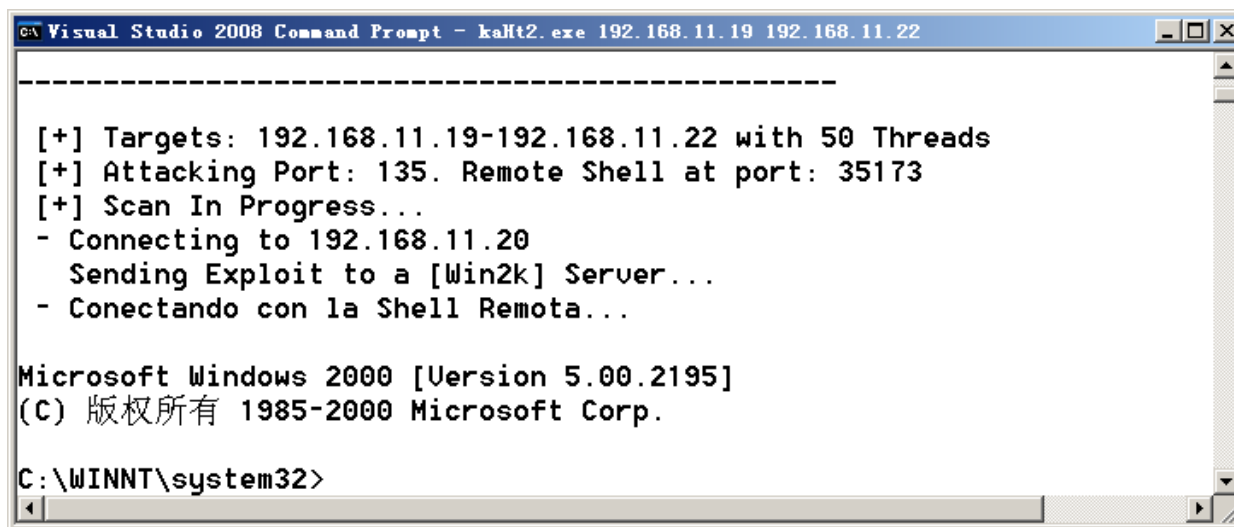
- Connection Closed

[+] Scan Finished. Found 1 open ports

C:\Work\ns\kaht2>kaHt2.exe 192.168.11.19 192.168.11.22
```

用kaht2攻击Windows2000

- 攻击者可以获得一个以SYSTEM用户权限运行的远程命令行窗口。
- **SYSTEM用户权限是Windows2000系统上的最高权限**，可以执行任何操作。



```
Visual Studio 2008 Command Prompt - kaht2.exe 192.168.11.19 192.168.11.22

-----
[+] Targets: 192.168.11.19-192.168.11.22 with 50 Threads
[+] Attacking Port: 135. Remote Shell at port: 35173
[+] Scan In Progress...
  - Connecting to 192.168.11.20
    Sending Exploit to a [Win2k] Server...
  - Conectando con la Shell Remota...

Microsoft Windows 2000 [Version 5.00.2195]
(C) 版权所有 1985-2000 Microsoft Corp.

C:\WINNT\system32>
```

攻击成功后在本地获得的远程命令窗口

## 6.1.3 操作系统安全的基本原理

- 操作系统的安全取决于安全功能在系统中实现的完整性、系统文档的清晰性、系统测试的完备性以及形式化验证程度。
- 操作系统可以分成内核部分和应用部分，在操作系统内核中存在错误或设计缺陷的情况下，即使在应用部分采用必要的安全机制也不能保证系统具有满意的安全性。
- 由于这些错误或缺陷的存在，进程可以对某些客体进行未经授权的访问或避免受到安全机制的限制，并且，**要验证整个操作系统的安全性是十分困难的。所以应该使用操作系统中尽量小的部分来提供整个操作系统的安全性**，这就提出了**安全核**的概念。
- 安全核是安全操作系统设计的最关键问题。它必须能够保证系统中所有的访问控制要求都满足系统的安全策略。

# 安全核

• 基于安全核构建安全操作系统具有两个方面的优势：

- ① 一方面能够减轻应用系统的负担，避免出现安全隐患；
- ② 另一方面，由于对系统的安全进行评估的内容集中在安全内核，它有利于评估的进行，使之可以进行严格的形式化验证。



# 1. 引用监视器与安全核

- J.P. Anderson于1972年提出的**引用监视器和安全核把授权机制与能够对程序的运行加以控制的系统环境结合在一起**，可以对受控共享提供支持。
- 授权机制负责确定用户（程序）对系统资源（数据、程序、设备等）的引用许可权，程序运行控制负责把用户程序对资源的引用控制在授权的范围之内。
- 这一思想可以表示为图6-2的形式。

# 系统资源的受控共享

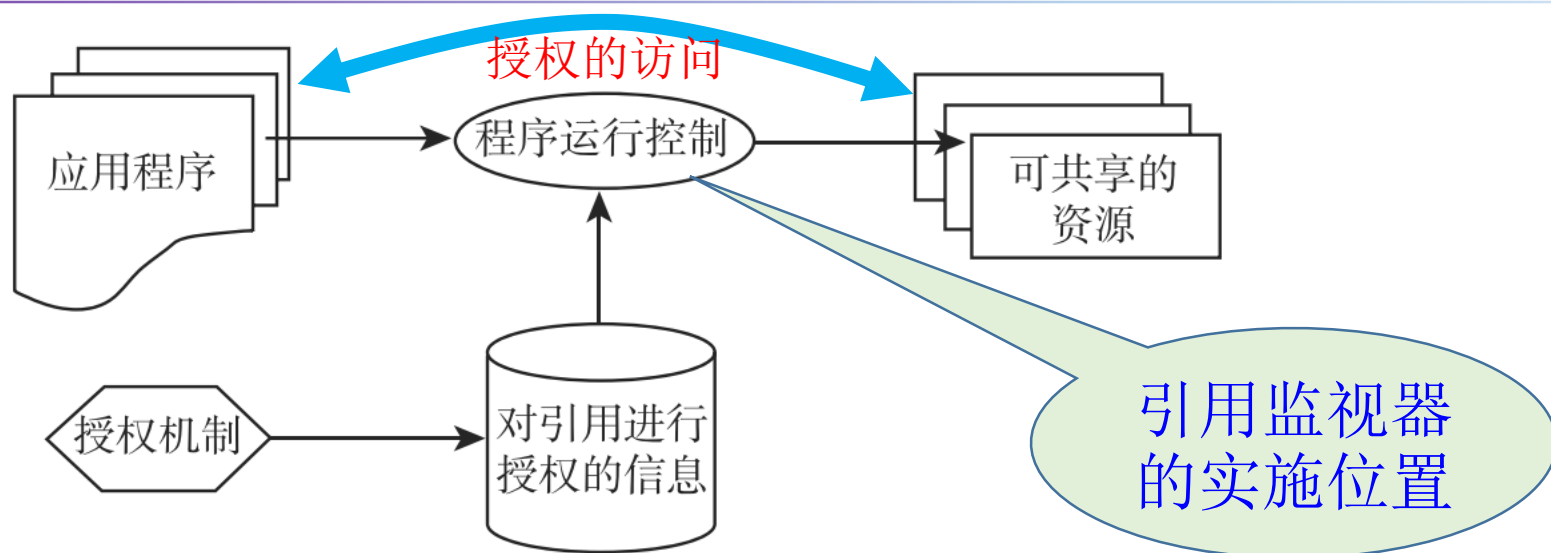


图6-2 系统资源的受控共享

- 引用监视器的思想是为了解决用户程序的运行控制问题而引入的，其目的是在用户（程序）与系统资源之间实施一种授权的访问关系。
- J.P. Anderson把引用监视器的职能定义为：以主体（用户等）所获得的引用权限为基准，验证运行中的程序（对程序、数据、设备等）的所有引用。

## 引用验证机制的3原则

- J.P.Anderson把引用监视器的具体实现称为引用验证机制，它是实现引用监视器思想的硬件和软件的组合。引用验证机制需要同时满足以下3个原则：

(1)必须具有自我保护能力。

- 保证引用验证机制即使受到攻击也能保持自身的完整性。

(2)必须总是处于活跃状态。

- 保证程序对资源的所有引用都得到引用验证机制的仲裁。

(3)必须设计得足够小，以便分析和测试。

- 保证引用验证机制的实现是正确的和符合要求的。



# 安全核

- 在受控共享和引用监视器思想的基础上，J.P.Anderson定义了安全核的概念。
- 安全核是系统中与安全性的实现有关的部分，包括引用验证机制、访问控制机制、授权机制和授权的管理机制等。
- J.P.Anderson指出，要开发安全系统：
  - ① 首先必须建立系统的安全模型。安全模型给出安全系统的形式化定义，正确地综合系统的各类因素。
  - ② 完成安全系统的建模之后，再进行安全内核的设计与实现。

## 2.安全核与TCB

- TCSEC标准是在基于安全核技术的安全操作系统研究的基础上制定出来的，标准中使用的**可信计算基(trusted computing base, TCB)**就是安全核研究结果的表现。
- **TCB在TCSEC中的定义是：一个计算机系统**中的**保护机制的全体**，它们共同负责实施一个安全策略，包括硬件、固件和软件；一个TCB由在一个产品或系统上共同实施一个统一的安全策略的一个或多个组件构成。
- 在操作系统中，可信计算基(TCB)具体包括以下方面。

# 可信计算基(TCB)的构成

- (1) **固件和硬件**：包括CPU、内存、寄存器和I/O设备等，为了保证系统的安全性，这些部分必须能够可信地完成它们的设计任务。
- (2) **与安全策略相关的文件**：比如安全策略库、标识与鉴别的数据库等。
- (3) **负责安全管理的人员**：他们一般具有比较大的权限，所以很容易引起系统的安全问题。
- (4) **安全核**：它为整个操作系统提供安全机制，是判断一个操作系统是否安全的基础。
- (5) **具有特权的进程或命令**。

# TCB的基本功能

- **TCB的基本功能是提供敏感性数据的保密性和完整性**，它必须监控操作系统内部的关于进程的活动、执行域交换以及I/O操作这三种基本行为。
- (1) **进程的活动**：在多任务系统中，多个进程并发执行，进程间会进行频繁地切换。进程间切换必然会导致内部寄存器、内存映像和进程的状态信息等的变化，而这些大部分都是安全的敏感信息。
- (2) **执行域交换**：在一个安全域中运行的进程往往会调用其他安全域的进程来获得必要的信息和服务，这些信息和服服务大部分也都是敏感数据。
- (3) **I/O操作**：I/O操作涉及大量数据的流动，这些数据中必然包含敏感的信息。
- 安全核是TCB的一个子集。**安全核在TCSEC中的定义：一个TCB中实现引用监视器思想的硬件、固件和软件**，它必须仲裁所有访问、必须保护自身免受修改、必须能被验证是正确的。

### 3.安全操作系统的设计方法

- 在一个原有的非安全操作系统基础上，开发其安全性，一般有以下三种方法，如图6-3所示。

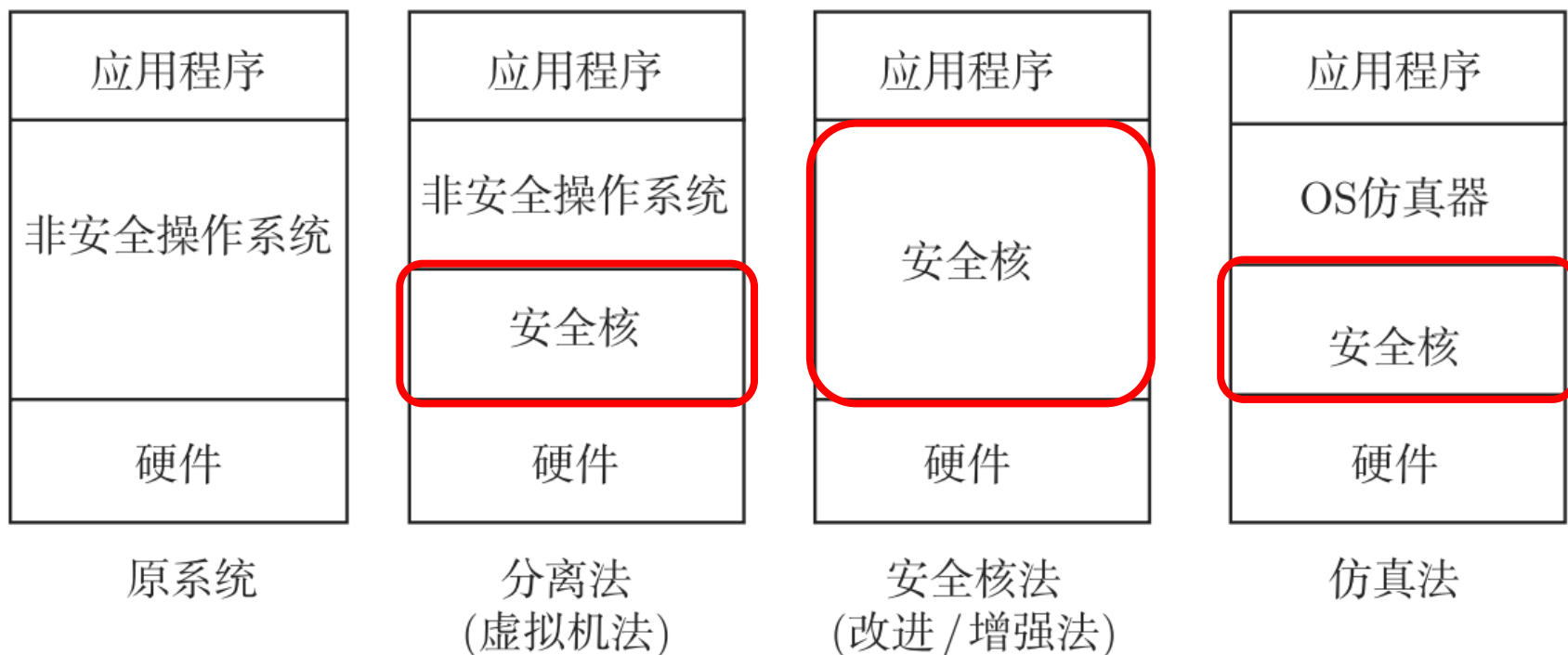
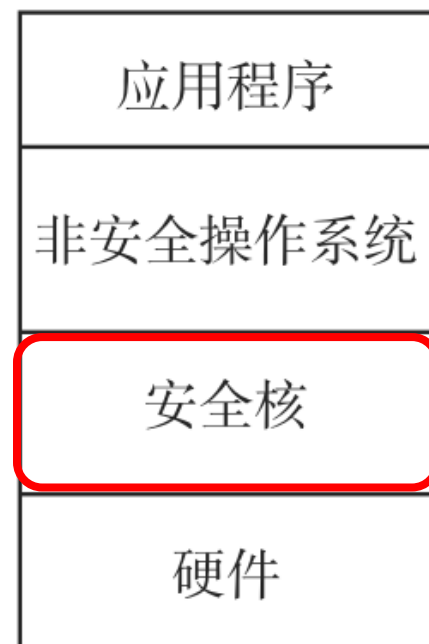


图6-3 安全操作系统的设计方法

# 1)分离法（虚拟机法）

- 分离法也称为虚拟机法。分离的办法有四种：物理分离、时间分离、密码分离及逻辑分离。

- ① 物理分离指用户使用不同的硬件设施；
- ② 时间分离指用户在不同时间使用机器；
- ③ 密码分离是指将数据加密；
- ④ 逻辑分离是通过引用监视器将每个用户和其他用户隔离开。



分离法  
(虚拟机法)

- 智能手机的Android系统采用了虚拟机的方法增强系统的安全。
- 基于容器的虚拟化方法是计算虚拟化及服务微型化的主流方向之一，如Docker容器技术。

## 2)安全核法（改进 / 增强法）



安全核法  
(改进 / 增强法)

- 通过重新生成操作系统以使与安全相关的软件构成操作系统的一个可信安全核，而操作系统的大部分不必承担安全任务，即一个大型操作系统软件的一小部分是用于安全目的。
- 安全核必须予以适当的保护，同时，绝不能绕过安全核的存取控制检查。此外，安全核必须尽可能小，以便进行正确性验证。

# 安全核的设计方法

## (1)在操作系统内核中加入安全功能:

- 这种情形是目前最受限制和最有实际意义的。在多数情况下，安全是对系统改进的唯一动力，需要尽可能多地应用已有操作系统的代码且必须保持与已有应用程序完全兼容。
- 在这种方法中，原有的操作系统几乎整个地被保留下来，从已实现的操作系统中分离出安全功能，建立安全核，作为已有操作系统的新层次。

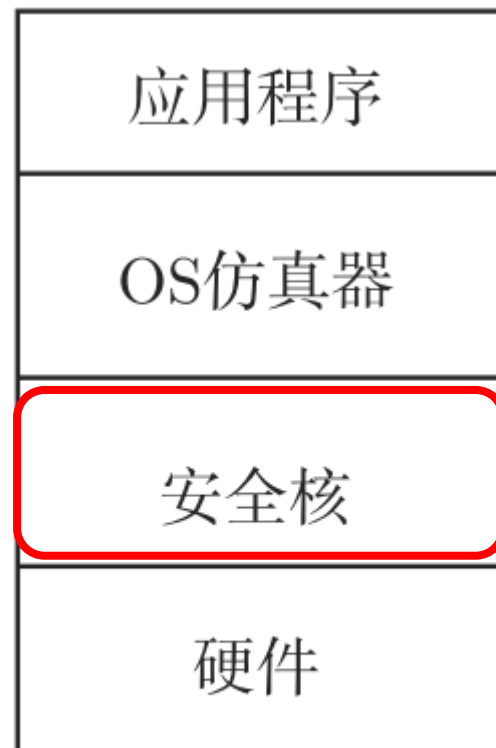
## (2)先设计安全核功能:

- 先设计安全核，然后围绕它设计操作系统。
- 设计者可定义自己的操作系统接口，允许定义有关与安全核执行的安全策略兼容的操作系统接口。这个接口应与安全核提供的功能非常吻合，或为一对一的，或为操作系统功能到安全核功能的有关简单映射。由于能自由而灵活地选择接口，所以可设计出最小的安全核和良好的操作系统。



### 3)仿真法

- 仿真法是将非安全操作系统的内核进行修改，加入相应的安全机制和安全策略，使之成为安全核，然后再在安全核和原来的非安全操作系统的用户接口层中间编写一个仿真层。
- 这种设计方法可以完全自由地定义安全核和仿真层的操作接口，不会受到现有应用程序的限制。
- 它的不足在于要同时设计和编写安全核和仿真程序，工作量比较大，而且在仿真的时候，有些功能的仿真有一定难度。



仿真法

## 6.1.4 操作系统安全机制

- 操作系统安全的主要目标有：标识用户身份及身份鉴别；按访问控制策略对系统用户的操作进行控制；防止用户和外来入侵者非法存取计算机资源；监督系统运行的安全性和保证系统自身的完整性等。
- 要完成这些目标，需要建立相应的安全机制，包括硬件安全机制和软件安全机制。
  - I. 硬件的安全机制**主要包括：内存管理、运行域保护和I/O管理。
  - II. 软件的安全机制**主要包括：标识与鉴别机制、访问控制机制、最小特权管理机制、可信通路机制、隐通道的分析与处理以及安全审计机制等。

# 1. 硬件系统安全机制

- 要保证操作系统的安全性，必然要保证硬件层操作的安全性。

## 1) 内存保护

- **确保存储器中的数据能够被合法地访问**。保护单元是存储器中最小的数据范围，可以分为块、段或页等，保护单元越小，则存储保护的精度越高。
- 在多任务的环境中，应该防止用户程序访问操作系统内核的存储区域以及进程间非法访问对方的存储区域。
- 内存保护与内存管理是紧密相关的，内存保护是为了保证系统各进程间互不干扰以及用户进程不非法访问系统空间，而内存管理则是为了更有效地利用系统的资源——内存空间。

# 硬件系统安全机制的1)内存保护

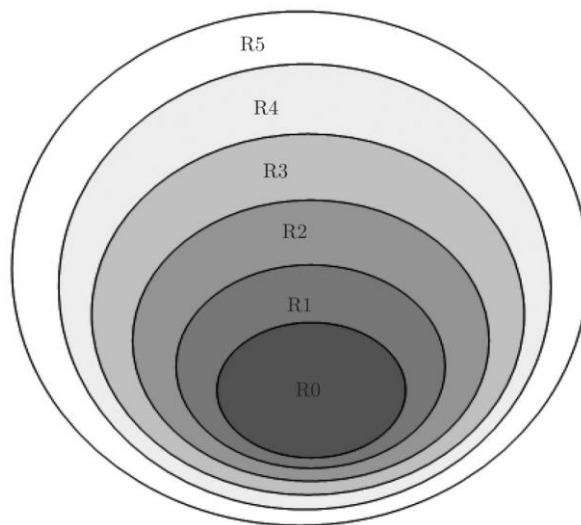
- 系统会区分用户空间和系统空间，在用户模式下运行的非特权程序应该禁止访问系统空间，而在内核模式下则可以访问任何内存空间，包括用户空间。用户模式和内核模式的切换应该通过一条特权指令来完成，这种**访问控制一般可以由硬件来实现**。
- 如Intel的CPU可以在四个不同的等级下运行，其中0级为特权级，3级为用户级。在Linux的实现中，0级对应内核模式，而3级则对应用户模式，中间两级没有使用。
- 除了通过硬件的限制来实现内存保护，还可以通过软件实现对内存的保护，如基于描述符的地址解释机制，该机制可以解决段 / 页访问权限的标识问题。

## 硬件系统安全机制的1)内存保护

- 在这种机制下，系统会给每一个进程分配一个私有的地址描述符，进程对系统中内存段 / 页的访问模式都在该描述中进行了说明，指出了该进程对内存段 / 页的访问模式。
- 比如可以有两种访问模式集，一类用于在用户模式下运行的进程，另一类用于在内核模式下运行的进程。访问模式包括读、写、执行，各占地址描述符的一位。
- 因为在地址解释的同时，系统调用会检查地址描述符，所以，这种机制在运行模式切换和进程切换的过程中只需要很少的额外开销，比较适合用于内存管理的访问控制。

## 2)运行域保护

- **运行域是进程运行的区域。**  
一般操作系统都会包含硬件层、内核层、应用层、用户层等层次，而每个层次又会包含子层，这种分层的设计方法是为了隔离运行域，达到运行域保护的目的。
- **运行域可以看成是一系列的同心圆，最内层的特权最高，最外层的特权最低。**一个进程的可信度和其访问权限可以通过它与中心的接近程度来衡量，特权等级越高则越接近中心。



R0-硬件；  
R1-安全核；  
R2-操作系统内核；  
R3-操作系统；  
R4-系统应用程序；  
R5-用户应用程序

图6-4 环结构的运行域

- 这种达到运行域保护的系  
统是一种分级的环结构，  
以最底层硬件层为中心，  
最后到特权最低的用户层  
(图6-4)。

# 多环结构

- 多环结构最重要的安全概念是：**等级域机制**应该保护内层环不被其他外层环侵入，每一个进程都在特定的环层运行，特权越高的进程在环号越低的层上运行。
- 环是重叠的，即在 $i$ 层环运行的进程必然拥有所有 $j(j>i)$ 层环的特权。**环号越低，特权越高**，相对于该层的操作保护越少。
- 等级域机制和进程隔离机制是互不影响的，一个进程可以在任意时刻在任意环内运行，在运行时还可以在各环间转移。当进程在特定环运行时，进程隔离机制将避免该进程遭同环内其他进程的破坏，系统会隔离在同一环内同时运行的进程。

# 内存保护中的等级域机制

- 以在内存保护中介绍的地址解释机制为例，在等级域机制中，需要在每个段描述符中保存多个独立的读、写、执行位集，每个位集提供该进程对相应环的访问模式，这种做法比较占用空间，而且效率不高。
- 一般采用等级简化的管理机制，例如，环N对某段具有写操作的权限，那么所有 $0 \sim N-1$ 环对该段都具有写操作。
- 因此，只要在段描述符中存入具有相应访问模式的最大环号，这样只要三个区域分别用来保存具有**写、读、执行访问模式中的最大环号，这三个环号称为环界**。
- 比如在某个段描述符中，环界集为(1, 2, 5)，则表示： $0 \sim 1$ 环的进程可以对该段进行写操作； $0 \sim 2$ 环的进程可以对该段进行读操作； $0 \sim 5$ 环的进程可以对该段进行执行操作。



## 内存保护中的等级域机制

- 此外，如果某段对于具有较低特权的环是可写的，那么在具有较高特权的环中执行它将是危险的，因为较低特权的环可能对该段写入了对系统具有破坏作用的代码。
- 如果某段对于具有较高特权的环是可写的，那么在具有较低特权的环中读取该段将会导致敏感数据的泄露。
- 因此，从安全的角度，不应该允许较低特权的环中可写的段在较高特权的环中执行，也不允许在较高特权的环中可写的段在较低特权的环中可读。

### 3) I/O保护

- 安全的缺陷往往可以从操作系统的I/O部分找出来，因此，为保证安全性，I/O应该是只有操作系统才可以完成的特权操作。对于一般的I/O设备，操作系统都会提供该设备的系统调用。对于网络访问，一般也提供标准的调用接口，用户不需要操作I/O的细节。
- I/O设备最简单的访问控制方式是把一个I/O设备看成是一个客体，所有对I/O设备的操作，比如读设备、写设备等都必须经过相应的访问控制机制，操作系统内核通过比较安全策略数据库来决定相应主体对相应客体的访问权限。
- 在比较关键的安全系统中，除了采用CPU的隔离保护机制外，还需要专用的硬件如智能卡等加以进一步的保护。当然，如果要对系统提供足够的安全强度，必须将硬件和软件很好地结合起来，采用适当的安全机制才能更好地保护系统。

## 2. 软件系统安全机制

### 1)标识与鉴别（认证）机制

- 标识与鉴别是操作系统中的重要技术。标识是用来标明用户的身份，确保用户在系统中的唯一性和可确认性。一般可以用**名称和标识符(ID)**来标明系统中的用户。名称和标识符可以都是公开的明码信息。**鉴别是对用户身份的真实性进行识别**，用于鉴别的信息一般是非公开的，并且难以伪造。标识与鉴别机制的安全性不但是操作系统本身安全性的重要部分，也是操作系统实现其他安全功能的保证。不管操作系统实现了什么样的访问控制，都需要标识与鉴别机制的实现作为基础。
- 一般可以采用三种方法实现标识与鉴别机制：第一种是采用口令机制；第二种就是采用智能卡等用户本身携带的信息作为鉴别机制；第三种就是使用用户本身的信息，如签名、指纹、视网膜等

## 2)访问控制

- **最小特权(least privilege)**指的是在完成某种操作时授予每个主体（用户或进程）必不可少的特权。它的思想是，系统只给用户执行任务所需的最少的特权，也就是用户所得到的特权仅能完成当前任务。
- 最小特权原则是系统安全中最基本的原则之一，它限定每个主体所必需的最小特权，确保可能的事故、错误、网络部件的篡改等原因造成的损失最小。
- 最小特权原则一方面给予主体“必不可少”的特权，这就保证了所有的主体都能在所赋予的特权之下完成所需要完成的任务或操作；另一方面，它只给予主体“必不可少”的特权，这就限制了每个主体所能进行的操作。

# 审计机制

- 一个安全操作系统的审计机制就是**对系统中有关安全的活动进行记录、检查及审核**。它的主要目的就是检测和阻止非法用户对计算机系统的入侵，并显示合法用户的误操作。
- **审计是一种被信任的机制，是TCB的一个部分**。引用监视器也使用审计把它的活动记录下来。引用监视器记录的信息应包括主体和客体的标识、访问权限请求、日期和时间、参考请求结果(成功或失败)等。审计记录应以一种确保可信的方式存储，审计机制为记录下列事件负责，如开始一个程序、结束一个程序、系统重新启动、增加用户、改变用户口令、安装上新的磁盘驱动器等。
- **审计过程一般是一个独立的过程**，它应与系统其他功能隔开，操作系统必须能够生成、维护及保护审计过程，防止其被非法修改、访问和毁坏，特别是要保护审计数据，严格限制未经授权的用户访问。

## 6.1.5 Linux的安全机制

### 1. 标识与鉴别机制

- 一般来说，**Linux使用用户名和用户ID标识用户，使用口令来鉴别用户**。系统为每个用户分配一个用户名和用户ID以及一个组名和组ID，当用户登录时，用户名被映射为整数，来标明自己的“UID”(用户ID)和作为其中成员的“GID”(组ID)。UID和GID是系统进行访问控制检查的主要依据。
- 在Linux中，UID为“0”是传统上被称为**root**的特权用户，root可以不受安全性检查，负责管理系统。尽管这是几乎所有类UNIX系统一直沿循采用的访问控制机制，但很显然，这样是**违反“完全仲裁”和“最小特权”安全原则**的。再加上SUID和GUID机制的存在，进一步加重了它的危害性。

# Linux的标识与鉴别机制(演示)

```
i@UB32:~$ cat /etc/passwd
```

```
root:x:0:0:root:/root:/bin/bash
```

超级用户

```
daemon:x:1:1:daemon:/usr/sbin:/usr/sbin/nologin
```

```
bin:x:2:2:bin:/bin:/usr/sbin/nologin
```

```
sys:x:3:3:sys:/dev:/usr/sbin/nologin
```

系统用户

```
.....
```

```
i:x:1000:1000:i,,:/home/i:/bin/bash
```

普通用户

```
sshd:x:122:65534:./run/sshd:/usr/sbin/nologin
```

```
vboxadd:x:999:1:./var/run/vboxadd:/bin/false
```

```
tomcat8:x:123:127:Apache Tomcat,,:/var/lib/tomcat8:/bin/false
```

```
i@UB32:~$
```

## 2. 安全注意键

- 为了使用户确信自己的用户名和口令不被别人窃走，Linux提供了安全注意键。
- 安全注意键(secure attention key, SAK)是一个键或一组键(在Intel x86平台上，SAK是 ALT+SySRq+k)，按下它（们）后，保证用户看到真正的登录提示，而非登录模拟器，即保证是真正的登录程序（而非登录模拟器）读取用户的账号名和口令。这最早是在TCSEC中可信路径所要求的一项功能。
- 参考以下文档设置SAK：
  - <https://www.kernel.org/doc/html/latest/security/sak.html>
  - From the PC keyboard, Linux has two similar but different ways of providing SAK. One is the ALT-SYSRQ-K sequence. **You shouldn't use this sequence.** It is only available if the kernel was compiled with sysrq support.
  - **The proper way of generating a SAK** is to define the key sequence using loadkeys. This will work whether or not sysrq support is compiled into the kernel.



### 3. LKM机制

- Linux内核是一个宏内核结构，它包括两部分：内核空间与用户空间。系统中的绝大多数程序运行在用户空间，它们各自运行在核心分配给它们的地址空间中，并且不能直接访问内核空间，内核通过系统调用向应用程序提供服务。
- 从版本2.0开始，Linux开始支持LKM机制，也就是**可加载内核模块**，简单地说就是在内核里动态载入代码的能力。系统调用create\_module、init\_module、query\_module以及 delete\_module等分别用于创建、初始化、查寻和删除模块。LKM可以用来在运行时支持新的文件系统和设备驱动，而不用重启系统。
- LKM的设计是合理和先进的，并且它有利于Linux的并发开发模式。但是，由于**加载以后的LKM能够不受控制地使用内核的所有功能和内存**，所以很容易引起恶意程序作为模块加入内核空间后破坏系统。

## 4. 能力机制

- Linux中的能力机制是通过一组比特位来实现的，该机制**将root拥有的特权分割成一组特权**。Linux的能力机制沿用了POSIX.1e中的能力机制，从2.2版本开始就增加了对进程的POSIX能力的支持。
- 一个进程有三组位图，分别表示三组能力：有效的、可继承的和许可的能力。位图中的每一位表示一个能力，值为1时表示具有此能力。
- 如表6.1所示，Linux中实现了POSIX.1e中的9个能力，其他21个能力是Linux所特有的。

## 表6-1 Linux的能力表

0~8这9个能力是从POSIX.1e中沿用的。

0	CAP_CHOWN	15	CAP_LOCK
1	CAP_DAC_OVERRIDE	16	CAP_IPC_OWNER
2	CAP_DAC_READ_SEARCH	17	CAP_SYS_MODULE
3	CAP_FOWNER	18	CAP_SYS_RAWIO
4	CAP_FSETID	19	CAP_SYS_CHROOT
5	CAP_KILL	20	CAP_SYS_PTRACE
6	CAP_SETGID	21	CAP_SYS_PACCT
7	CAP_SETUID	22	CAP_SYS_ADMIN
8	CAP_FS_MASK	23	CAP_SYS_BOOT
9	CAP_SETPCAP	24	CAP_SYS_NICE
10	CAP_LINUX_IMMUTABLE	25	CAP_SYS_RESOURCE
11	CAP_NET_BIND_SERVICE	26	CAP_SYS_TIME
12	CAP_BROADCAST	27	CAP_SYS_TTY_CONFIG
13	CAP_NET_ADMIN	28	CAP_MKNOD
14	CAP_NET_RAR	29	CAP_LEASE

## 5. 日志系统

- Linux的日志信息的来源通常有内核、系统服务程序、用户程序以及网络。
- 系统日志守护进程Syslogd是各类日志信息的管理者，它作为启动文件的一部分在开机后自动执行。日志信息由系统统一存放在/var/log目录下，可以通过/etc/syslog.conf对Syslogd的行为进行配置。默认情况下，Linux缺省地将用户的登录信息记录到/var/log/wtmp（一个用户每次登录进入和退出事件的永久记录）中。
- 内核开辟了一个16kB的循环消息缓冲区，通过printk向其中写入不同级别的消息，共有8个级别（如紧急、错误、警告、调试等），级别附在消息首部。

# Linux日志系统

- 系统中的另一个守护程序Klogd通过系统调用或虚拟文件系统(/proc)读取内核缓冲区，解释内核消息，并发送给 Syslogd。
- 应用程序(如login)通过库函数syslog直接向Syslogd发消息，可同时指定级别和消息类型。与内核消息不同的是，它的传递借助于UNIX域的套接字/dev/log，不涉及内核消息缓冲区。主机之间可以通过Syslogd传递日志信息，Syslogd接收这些消息并根据消息性质的不同进行分发，分别记入文件、显示在控制台、发送到指定的用户终端、送入命令管道或者发送给其他主机上的Syslogd。
- 缺省配置的日志文件是messages记录一般信息，secure记录与用户认证有关的信息。

# Linux日志系统的基本结构

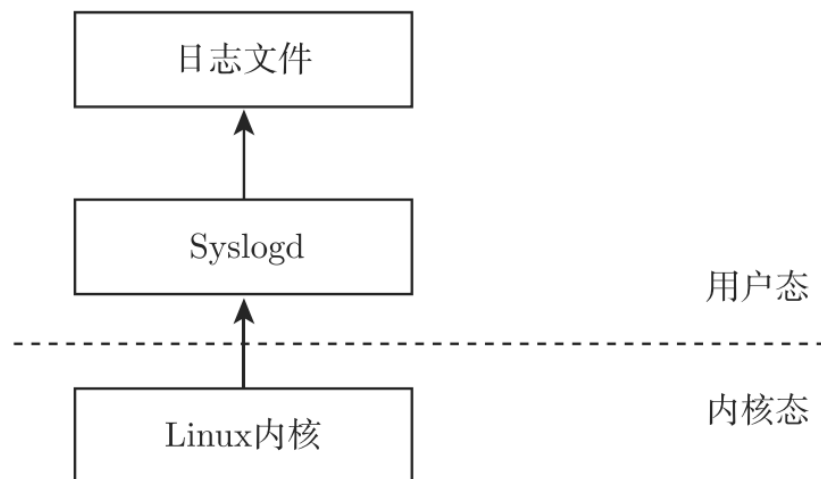


图6-5 Linux日志系统的基本结构

- 由图6-5可知，Linux的日志系统是独立于Linux内核的，它是在用户态运行的守护进程，不具备安全性。
- 因此，如果某入侵者取得了一定权限，他可以按照Syslogd的工作方式抹掉所有的日志信息和入侵记录。

- 总的来说，Linux已有的日志功能是不完善的。
- (1)它们只在各自关心的范围做记录，不能全面表达系统的活动。
- (2)日志记录的内容和格式都不同，因而不利于程序的自动分析。
- (3)文本格式的日志文件所含信息量少，存储效率低。
- (4)日志文件可靠性差，容易被伪造和篡改。

## 6. 防火墙机制

- 从Linux2.4开始，实现了一个称为netfilter的网络层数据包过滤框架，其不仅具备良好的结构、完整的防火墙功能，还实现了许多新功能，如完整的动态NAT(ipchains中实际是多对一的“地址伪装”)、基于MAC及用户的过滤、真正的基于状态的过滤（不再是简单地查看TCP的标志位等）、包速率限制等。
- netfilter框架为每种网络协议（如IPv4、IPv6等）定义一套钩子函数，这些钩子函数在数据报流过协议栈的几个关键点被调用。在这几个点中，协议栈将把数据包及钩子函数标号作为参数调用netfilter框架。
- 例如，IPv4定义了5个钩子函数。

## IPv4定义的5个钩子函数

(1)NF\_IP\_PRE\_ROUTING。

(2)NF\_IP\_LOCAL\_IN。

(3)NF\_IP\_FORWARD。

(4)NF\_IP\_LOCAL\_OUT。

(5)NF\_IP\_POST\_ROUTING。

- 数据报进入系统进行IP校验以后，经过函数NF\_IP\_PRE\_ROUTING进行处理，然后就进入路由代码，路由代码判断该数据包是需要转发的还是发给本机的。

- 若该数据包是发给本机的，则该数据包经过函数NF\_IP\_LOCAL\_IN处理以后再传递给上层协议；
- 若该数据包应该被转发，则它被函数NF\_IP\_FORWARD处理，经过转发的数据包经过函数NF\_IP\_POST\_ROUTING处理以后，再传输到网络上。本地产生的数据经过函数NF\_IP\_LOCAL\_OUT处理后，进行路由选择处理，然后经过NF\_IP\_POST\_ROUTING处理后再发送到网络上。



# 实例：Ubuntu系统的防火墙

- Linux系统用iptables 进行防火墙的配置，iptables -help可以查询该命令的用法。
- 有些Linux发行版本提供了自身的命令，以简化防火墙的配置。如Ubuntu linux系统提供了ufw:

```
sudo ufw status
sudo ufw allow ssh
sudo ufw deny ssh
```

```
i@UB32:~$ sudo ufw status
```

```
Status: active
```

To	Action	From
--	-----	----
22/tcp	ALLOW	Anywhere
10022	ALLOW	Anywhere
22/tcp (v6)	ALLOW	Anywhere (v6)
10022 (v6)	ALLOW	Anywhere (v6)

## 6.2 数据库安全技术

### 6.2.1 传统数据库安全技术

- 对于数据库而言，安全性主要包括三个方面：**机密性、完整性、可用性**。
- 确保机密性、完整性、可用性分别指的是防止、检测、阻隔信息的非法泄露、非法篡改以及系统拒绝信息的访问服务。
- 面对可能的安全威胁，数据库的安全保护要针对各种因素和保护需求来制定防范措施，建立安全模型，以保护其资源尤其是存储的数据免受无意或有意的非授权访问攻击。

# 数据库的安全保护需求

## (1)防止不适当访问。

- 只对授权的合法用户授予访问权限。

## (2)分级保护。

- 依据数据敏感级别设立多级进行保护。在包含敏感、非敏感混合数据的数据库中，就需要严格控制对敏感数据的访问请求，只能是经过授权的用户有权进行某些操作，并且不允许其权力传播或转让。

## (3)防止推断性攻击。

- 防止从非保密信息中获得保密数据，尤其对于统计型数据库。

# 数据库的安全保护需求

## (4)数据库的完整性。

- 该需求涉及防止更改数据内容的非授权访问，以及病毒，蓄意破坏，或是系统级错误及故障等。这主要由DBMS通过系统控制以及备份、恢复机制执行并完成保护工作。

## (5)数据的操作完整性。

- 在并行事务的模式下，保持数据的逻辑一致性，通常采用并行管理器和加锁机制完成。

## (6)数据的语义完整性。

- 确保对数据在允许的范围之内修改，以保持数据的一致完整性。

## (7)审计功能。

- 提供数据的物理完整性，并记录下对数据的所有存取访问，根据结果进行分析与追踪。

# 保证数据库管理系统安全的基本方法

## 1) 用户身份认证

- 用户身份认证是安全系统的第一道防线，目的是防止非法用户访问系统。除口令控制外，用户身份认证还可以采用比较复杂的计算过程和函数来完成。而智能卡技术、数字签名技术和生理特征（如指纹、体温、声纹、视网膜纹等）等认证技术的迅速发展也为具有更高安全要求的用户身份认证提供了实用可行的技术基础。

## 2) 存取控制

- 数据库的存取访问控制机制是定义和控制用户对数据库数据的存取控制权限，以**确保只授权给有资格的用户访问数据库的权限**，并防止和杜绝对数据库中数据的非授权访问，通常在认证已成功的基础上进行。第四章介绍了的访问控制技术都可以应用于数据库的安全控制。
- 我国“计算机信息系统安全保护等级划分准则”(DB17859-1999)的数据库系统安全策略是以数据库系统内核强制访问控制（以系统的主、客体敏感标识为基础）、自主访问控制、责任保证构成的多级安全控制策略。概括来说，就是**以多级强制访问控制为核心的系统安全策略**。

# 保证数据库管理系统安全的基本方法

## 3)数据加密

- 数据加密是防止数据库中数据泄露的有效手段，与传统的通信或网络加密技术相比，由于数据保存的时间要长得多，对加密强度的要求更高。而且，由于数据库中数据是多用户共享，对加密和解密的时间要求也更高，要求不会明显降低系统性能。

## 4)审计追踪与攻击检测

- 审计功能在系统运行时，自动将对数据库的所有操作记录在审计日志中。攻击检测系统则是根据审计数据分析检测内部和外部攻击者的攻击企图，再现导致系统现状的事件，分析发现系统安全的弱点，追查相关责任者。

## 6.2.2 外包数据库安全

- 信息系统的外包服务，是指组织将其信息系统的开发、管理或维护的工作外包给专业性外部组织来完成的一种运行模式。
- 随着信息技术在组织中发挥的作用日益增加，信息系统规模越来越大，涉及的技术也越来越复杂，外包服务把组织自己不擅长的东西（非核心业务）交给专业的外部组织去做，将主要精力集中于核心业务，从而优化资源配置，降低软硬件投资成本，提高组织机能和效率，充分发挥自身核心竞争力并增强自身应变能力。
- 日益完善的计算机网络环境为这种服务提供了可能。

## 外包数据库运行模式带来的最大挑战就是安全问题

- 在外包数据库系统中，组织将自己的数据库业务外包给外部数据库服务器运行，外包服务提供者作为数据拥有者及数据库用户提供远程的数据库创建、存储、更新与查询服务。**这种外包数据库运行模式带来的最大挑战就是安全问题。**
- 由于数据存储在**非完全可信的第三方**服务器中，因此，外包数据库系统的安全机制不但要防止来自外部的恶意攻击，而且要**充分考虑来自服务提供者本身的恶意操作**。为了实现对外包数据库的安全控制，必须根据其结构特点，采取特定的安全机制。



# 外包数据库系统的特定安全机制

- 外包数据库系统的安全机制包含了数据库安全的一般机制，如身份鉴别与认证、多级安全访问控制、用户跟踪与审计、数据备份与恢复等。同时，根据外包数据库系统的结构特点，还需采用特定的安全机制。

## 1. 数据库加密技术

- 数据库加密机制可以分为紧耦合加密与松耦合加密，分别对应于库内核加密与库外加密方式。外包数据库系统中，由于数据库服务器非完全可信，**加密解密都应在客户端完成**。因此，库外加密方式正受到越来越多的关注。数据库加密的粒度一般分为四种：表、属性、记录和记录属性值。

## 2. 密文数据查询策略

- 常用的密文数据库查询有两种策略：一种是不用解密而直接操作密文数据；另一种是分步查询。
- **直接操作密文数据**的应用场合包括数据库的**秘密同态加密**、数据库的**序列加密**等。采用序列密码算法把表数据与随机数发生器所产生的随机数进行位异或加密。查询时，把查询词与密文异或后与随机数比较，以确定文件中是否包含该词。
- **分步查询**是一种更具有实用价值的密文查询策略，也是目前研究的热点。这种方法一般需要进行查询分解，先对密文数据进行范围查询，缩小解密范围，快速解密后再执行精确查询。优化的查询计划还将一次查询任务分解为客户端和服务器的多次交互，以得到最优的查询树。

### 3. 数据库隐私保护

- 外包数据库的隐私保护包括两个方面：一方面是对以明文存储的隐私数据内容的保护；另一方面是对用户查询行为及查询结果的保护，即保密信息检索(private information retrieval, PIR)。

#### 1)基于推理控制的隐私内容保护

- 目前常用的推理控制方法可以分为4种：语义数据模型方法、形式化方法、多实例方法和查询限制方法。

#### 2)保密信息检索

- 保密信息检索的需求源自外包数据库服务器的不可信。用户向服务器提交查询请求，同时不希望对服务器公开他获取的查询结果。主要有两类：多服务器方式和单服务器方式。

## 4. 数据完整性验证

- 外包数据库系统的数据完整性要求**数据库内容及其在网络中的传输具有正确性、一致性与有效性**，以确保接收到的数据库内容是真实有效的，并且在传输过程中没有被攻击者插入、篡改、伪造、重排等。在电子商务、电子政务中，数据完整性是最基本、最重要的安全要求。
- 外包数据库的数据完整性要求的特点是，既要考虑外部攻击，又要考虑服务器自身的安全性。
- **实现数据完整性的主要措施就是增加攻击者所不能控制的冗余信息**。外包数据库中，根据系统结构模式不同，所采取的完整性验证机制也不相同。

## 5. 外包数据库版权保护

- 由于数据库服务器由第三方提供，数据库的物理文件可以轻易地被拷贝而造成资源盗用，因此，数据拥有者对数据库实施版权保护的需求日益迫切。
- 利用数字水印实现对外包数据库的版权保护，具有较高的研究和应用价值。
- 目前，数据库水印技术在水印宿主数据类型扩展、XML数据水印、数据库脆弱性水印、数据库数字指纹等研究方向已取得一定的进展。随着研究的深入，数据库水印将获得更好的透明性、鲁棒性与可用性，其在外包数据库安全领域的应用空间必将得到进一步拓展。

## 6.2.3 云数据库 / 云存储安全

“云存储(cloud storage)是在云计算概念上延伸和发展出来的一个新的概念，是指通过集群应用、网格技术或分布式文件系统等功能，将网络中大量各种不同类型的存储设备通过应用软件集合起来协同工作，共同对外提供数据存储和业务访问功能的一个系统。”

全球网络存储工业协会(SNIA)给出的云存储的定义：

“云存储是通过网络提供可配置的虚拟化的存储及相关数据的服务。云存储的内涵是存储虚拟化和存储自动化”。SNIA给出的定义更多的是站在使用和服务的角度来说的。

- 这两个定义都有几个共同的特征：首先它是基于网络的；其次它是可以配置、按需分配的；同时它是一种虚拟化的存储和数据管理。

# 云存储模式也有一定的安全问题

- **首先是身份认证和访问控制问题**
- 由于鉴别的措施太弱，导致数据或者存储的信息可能会被假冒和窃取。
- **第二个风险是数据存储和传输的保密性问题。**
- 企业的经营数据和个人的数据，如果放到云端存储以后无法保证信息在存储和传输过程中的保密性，可能产生商业信息和隐私泄露的问题。

# 云存储模式的安全问题

- **第三是数据隔离问题。**
- 云计算最重要的一个核心就是云的虚拟化问题，对不同的云用户来说，云存储的系统是一个相同的物理系统，不再像传统网络一样有物理的隔离和防护边界，所以就存在虚拟系统被越界访问等无法保证信息隔离性的问题。
- **第四是应用安全问题。**
- 对于运行在云存储平台之上的云应用，如果其本身未遵循安全规则或存在应用安全漏洞，就可能导致云存储数据被非法访问或破坏等问题。



# 云存储安全机制

- 云的安全问题从本质上来说更多的是信任问题，云安全的核心是密码技术和加固技术，通过采取大量的密码技术的加固技术来向用户提供可信任的安全云。
- 云存储安全机制简单归纳为3个方面
- **(1)云存储平台安全机制**
- **保护整个云存储平台系统自身的安全**，其中主要有两个技术：**第一个是密码技术**，保证完整性，提供基于PKI的强身份鉴别以及存储节点的透明加密。**另一个是加固技术**，采用主动防御技术保障服务器、主机的安全性；采用操作系统内核加固实现对计算 / 存储节点、虚拟主机的保护，免遭病毒、木马攻击；实现主机虚拟化技术，实现对虚拟主机的保护，实现数据隔离。

# 云存储安全机制

- (2)云存储管控安全机制
- 主要解决安全管理的问题，包括对云节点服务器密钥的统一管理、密钥生命周期的可控性、云数据接口 / 云客户端密钥的自主性等。从管理安全的角度来说，云存储的管理需要满足“相互约束、相互独立”的三员管理。
- (3)云存储应用安全机制
- 主要从以下几方面来实现：存储加密、备份加密、交换加密、身份认证与访问控制、接口安全、手机安全以及云端数据库。

## 6.3 可信计算技术

### 6.3.1 概念和基本思想

- 对于计算机系统来说，只有从芯片、主板、操作系统开始，综合采取措施才能提高其安全性，正是这一技术思想推动了可信计算的产生和发展。
- **可信计算(trusted computing)**是一种信息系统安全新技术。
- 可信计算的思想源于人类社会，是把人类社会成功的管理经验用于计算机信息系统和网络空间，以确保计算机信息系统和网络空间的安全可信。

# 可信计算中的可信定义

- **ISO/IEC**将可信定义为：
  - 参与计算的组件、操作或过程在任意的条件下是可预测的，并能够抵御病毒和一定程度的物理干扰。
- **IEEE**给出的可信定义为：
  - 计算机系统所提供服务的可信赖性是可论证的。
- **可信计算组织(trusted computing group, TCG)**的定义为：
  - 一个实体是可信的，如果它的行为总是以预期的方式，朝着预期的目标。

# TCG的可信计算技术思路

- TCG认为，可信计算的总体目标是提高计算机系统的安全性，现阶段的主要目标是确保系统数据的完整性、数据的安全存储和平台可信性的远程证明。
- TCG的可信计算技术思路是通过在硬件平台上引入可信平台模块 TPM(trusted platform module)来提高计算机系统的安全性，这种技术思路目前得到了产业界的普遍认同。

# 可信计算的基本思想

- 可信计算的宗旨是**以可信计算安全芯片为核心**改进现有平台体系结构，增强通用计算平台和网络的可信性。其**基本思想**是：
  - A. 首先在计算机系统中**建立一个信任根**，信任根的可信性由物理安全、技术安全与管理安全共同确保；
  - B. 再**建立一条信任链**，从信任根开始到硬件平台，到操作系统，再到应用。一级测量认证一级，一级信任一级，把这种信任扩展到整个计算机系统，从而确保整个计算机系统的可信。
- 信任是一种二元关系，它可以是一对一、一对多（个体对群体）、多对一（群体对个体）或多对多（群体对群体）的。

# 信任和信任的获得

- 信任不一定具有对称性，即A信任B不一定就有B信任A；信任可度量，即信任的程度可划分等级；信任可传递，但不绝对，而且在传播过程中有损失；信任具有动态性，即信任与环境（上下文）和时间因素相关。
- 信任的获得方法主要有直接和间接两种方法。
  - ① 设A和B以前有过交往，则A对B的可信度可以通过考察B以往的表现来确定。称这种通过直接交往得到的信任值为**直接信任**值。
  - ② 设A和B以前没有任何交往，这种情况下，A可以去询问一个与B比较熟悉的实体C来获得B的信任值，并且要求实体C与B有过直接的交往经验，称之为**间接信任**值。

# TCG的信任链模型

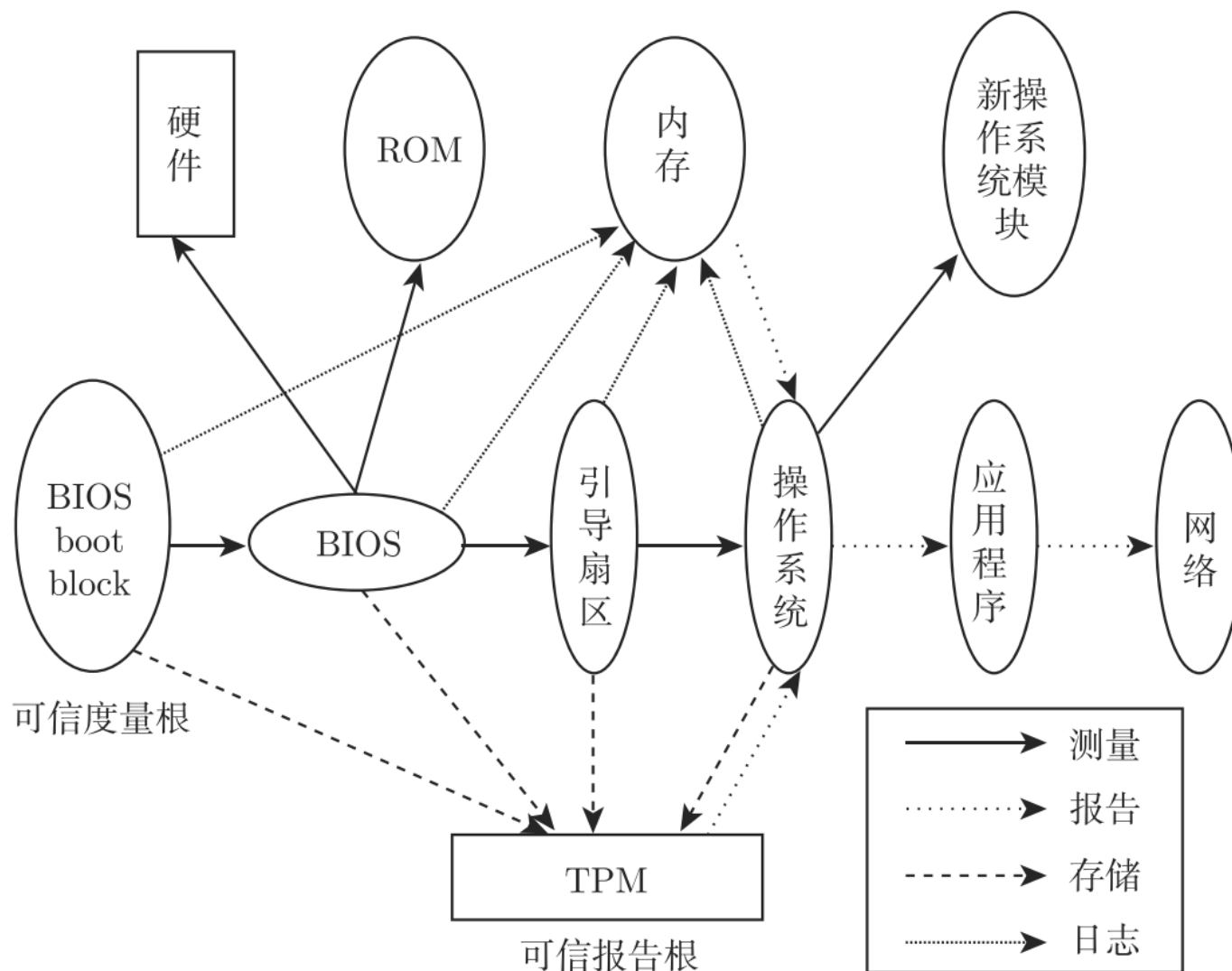


图6-6 TCG的信任链



## 6.3.2 TCG可信计算系统

- TCG在现有体系结构上引入硬件安全芯片TPM，利用TPM的安全特性来保证通用计算平台的可信。
- 可信平台模块**TPM(trusted platform module, TPM)**是一种**SOC(System-on-a-Chip)**芯片，它是可信计算平台的信任根，其结构如图6-7所示。
- 它由CPU、存储器、I/O、密码协处理器、随机数产生器和嵌入式操作系统等部件组成，完成可信度量的存储、可信度量的报告、密钥产生、加密、签名、数据安全存储等功能。

# TCG的可信计算系统结构

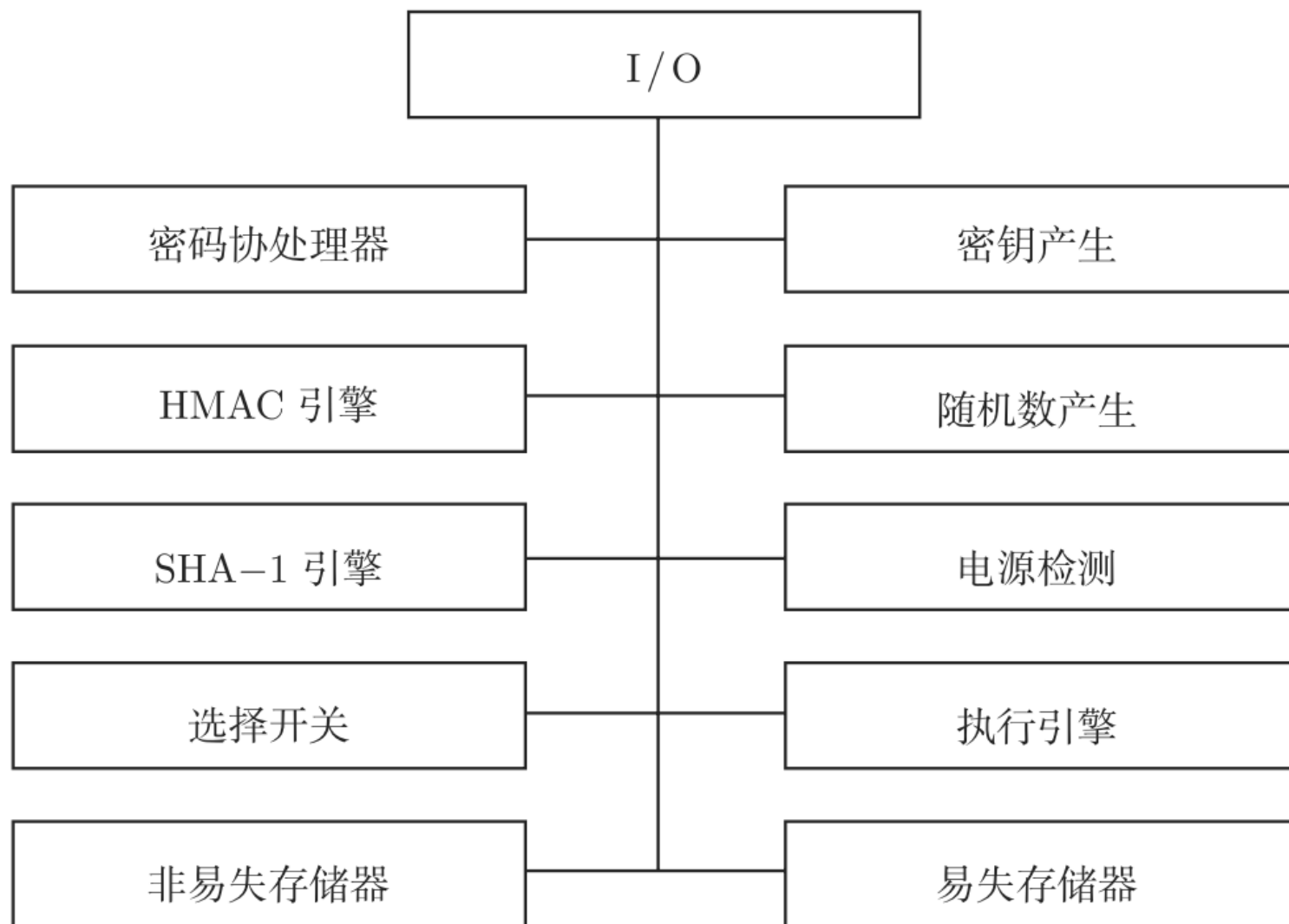


图6-7 TCG的可信计算系统结构

# TCPA(Trusted Computing Platform Alliance)可信计算结构

- TCPA可信计算结构建立在常见的计算机系统结构之上，系统结构如图6-8所示。

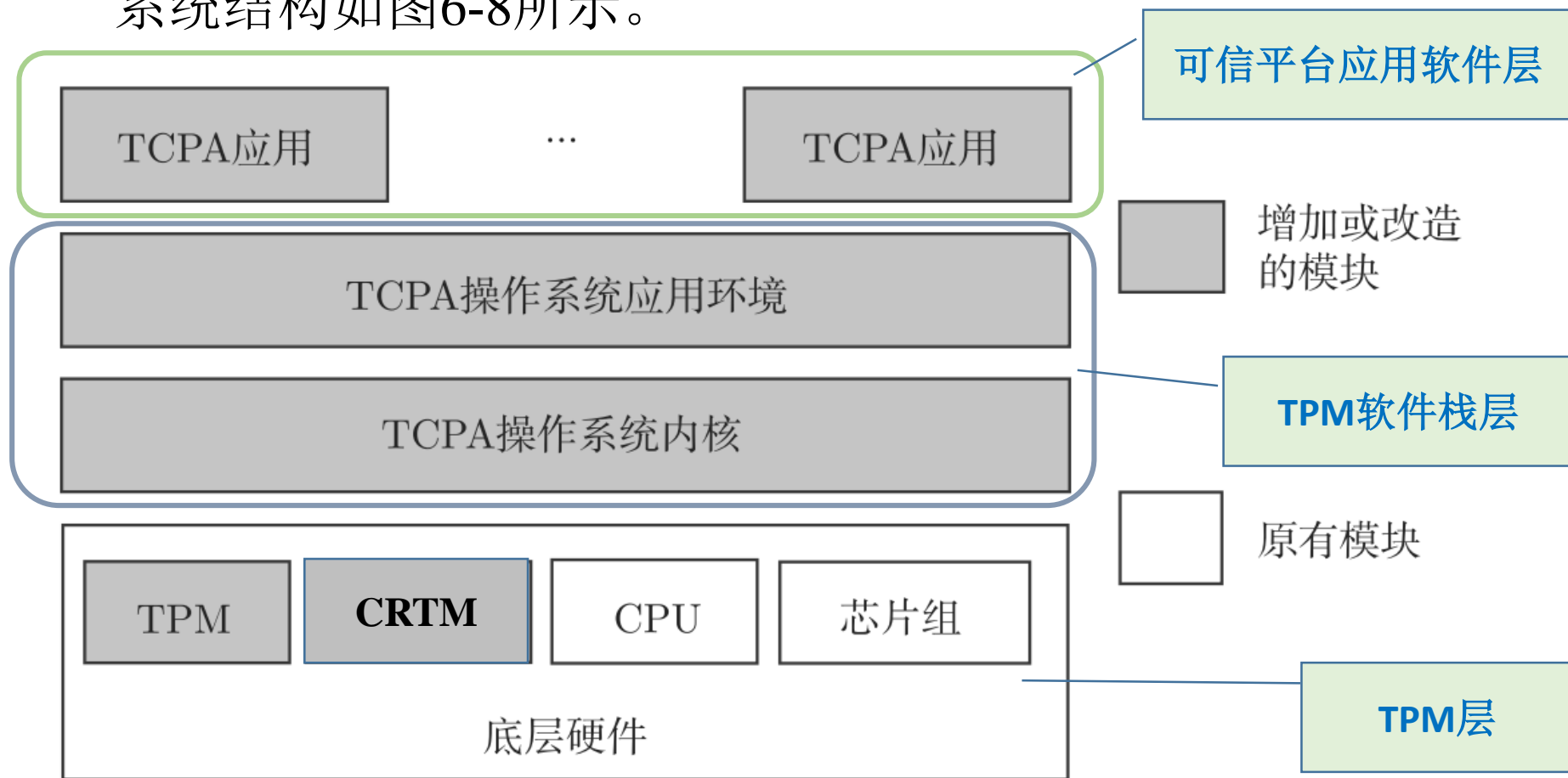


图6-8 TCPA系统结构

# TCPA可信计算系统结构

- 它通过引入可信平台模块、核心根信任模块(core root trust module, CRTM)、TCPA操作系统及它们的连接、作用方式, 支撑可信计算的应用。TPM是硬件安全结构的核心, 具有生成加密密钥、高速数据加/解密及保护BIOS和操作系统重要配置完整性的功能。CRTM负责初始化系统、认证BIOS、硬件配置等。TCPA操作系统能够利用可信计算硬件平台提供的功能进行系统中实体、资源的认证。
- 整个TCPA可信计算系统结构可以划分为三个层次: TPM、TPM软件栈(tpm software stack, TSS)和可信平台应用软件。TSS位于TPM与可信平台应用软件之间, 它主要包括 TCPA操作系统部分(图6-8), 负责对可信平台应用软件提供可信计算支持, 包括提供对 TPM的访问和操作、安全认证、密码操作调用和资源管理等功能。

谢谢！