



DBMS的体系结构

单 位：重庆大学计算机学院

主要学习目标

- 数据库系统结构
- CS、BS
- DBMS数据模型层次结构
- 并行系统
- 分布式系统



思考问题

- 数据库使用上，应该分为几个层次的设计进行？

- 数据库系统的结构可以有多种不同的层次或不同的角度。
 - 从数据库最终用户的角度看，数据库系统的结构可分为集中式结构、客户/服务器结构、分布式结构、并行结构等等。
 - 从数据管理系统的角度看，数据库通常采用三级模式结构，这是数据库管理系统的内部结构。

一 集中式体系结构&客户-服务器体系结构

1. 集中式体系结构

讨论1. 集中式系统的体系结构?

1) 集中式系统的基本组成要素?

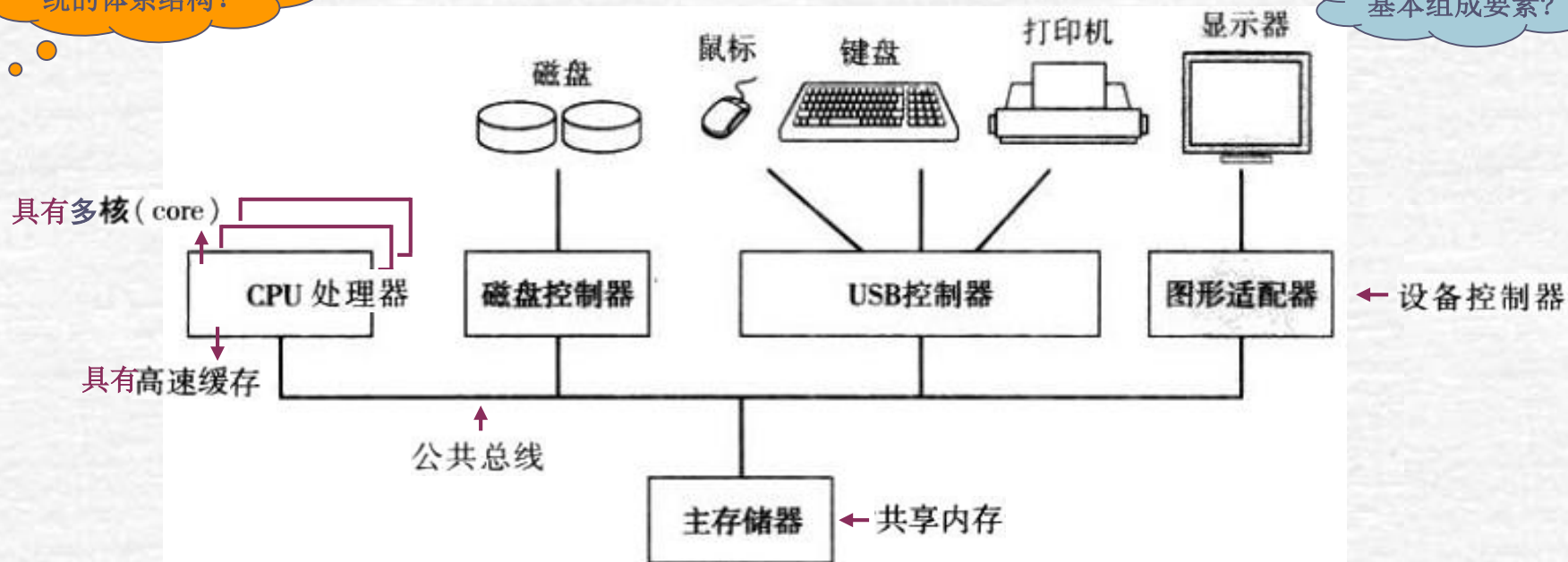
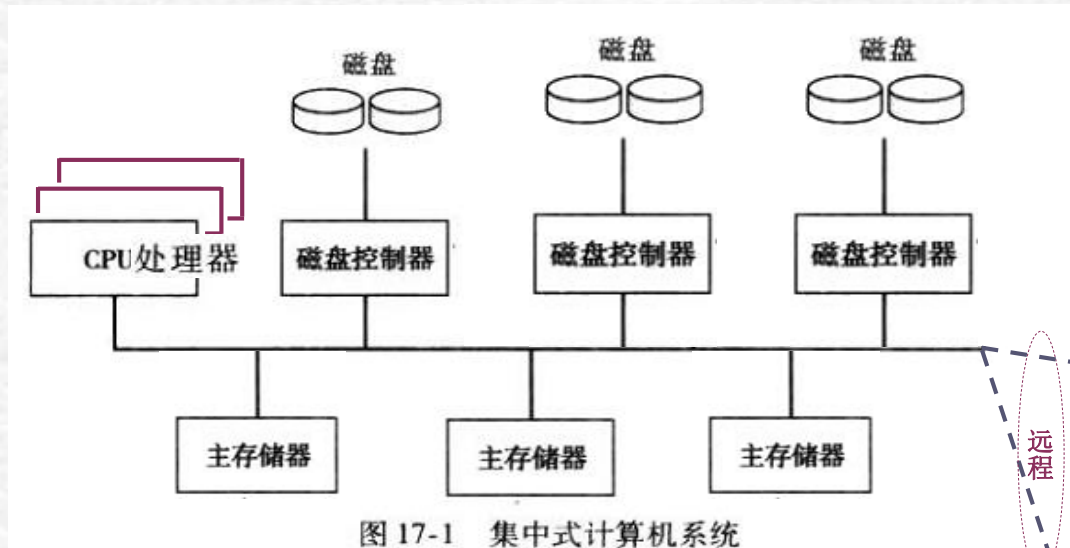


图 17-1 集中式计算机系统

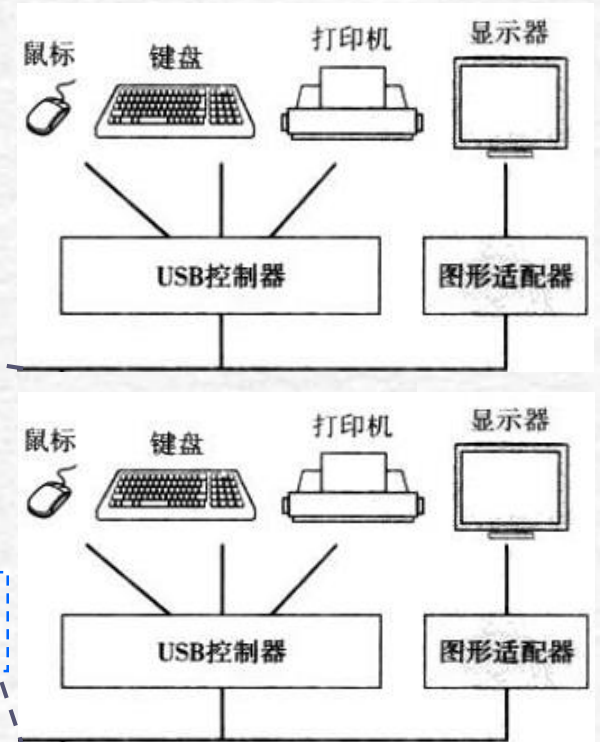
现代通用的计算机系统包括一到多个处理器，以及若干设备控制器，它们通过公共总线连接在一起，提供对共享内存的访问(如图 17-1 所示)。处理器具有本地的高速缓冲存储器，用于存放主存储器中部分数据的本地拷贝，从而加快对数据的访问。每个处理器都可能几个独立的核(core)，每个核可以执行独立的指令流。每个设备控制器负责一种特定类型的设备(例如磁盘驱动器、音频设备或视频播放设备)。处理器和设备控制器可以并发工作，它们竞争对于主存储器的访问。高速缓冲存储器减少了处理器需要访问共享主存储器的次数，从而减少了对主存储器访问的竞争。

集中式体系结构分类

2) 集中式系统分为哪几种类型?



- 单用户系统
 - 个人计算机：一般使用单用户数据库，不支持并发控制，故障恢复简单，更新前做简单的数据库备份。
 - 工作站
- 多用户系统：支持前面介绍的全部事务特征！→ 一种瘦客户端模式



我们将使用计算机的方式分为两类：单用户系统和多用户系统。个人计算机和工作站属于第一类。典型的单用户系统 (single-user system) 是个人使用的桌面系统，通常只有一个处理器和一至两张硬盘，而且通常一次只有一个用户使用计算机。另一方面，典型的多用户系统 (multiuser system) 有更多的硬盘和更多的存储器，可能具有多个处理器。它为大量的与系统远程连接的用户服务。

粗粒度并行与细粒度并行

3) 粗粒度并行与细粒度并行的根本差别?

虽然当今使用的大多数通用计算机系统有多个处理器,但它们是粗粒度并行(coarse-granularity parallelism)的,只具有几个处理器(一般大约2~4个),它们共享一个主存。在这样的机器上运行的数据库一般不会将单个查询划分到多个处理器上,而是在每个处理器上运行一个查询,以允许多个查询能并发地运行。因此,这样的系统能提供更高的吞吐量,也就是说,尽管单个事务并没有运行得更快,但在每秒钟内能运行更多的事务。

为单处理器机器设计的数据库已经能够支持多任务,允许多个进程以分时的方式在同一个处理器上运行,使用户感觉多个进程在并行地运行。因此,粗粒度并行机在逻辑上看起来和单处理器机是一样的,为分时计算机设计的数据库系统很容易就能适应在其上运行。

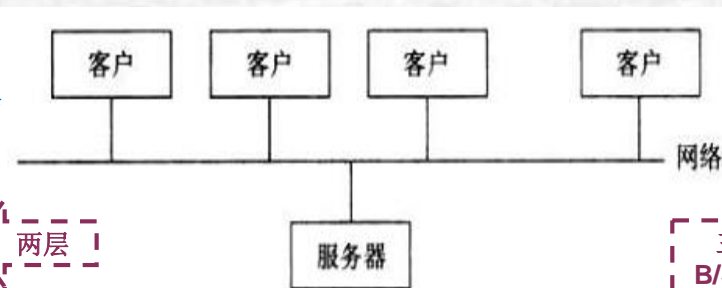
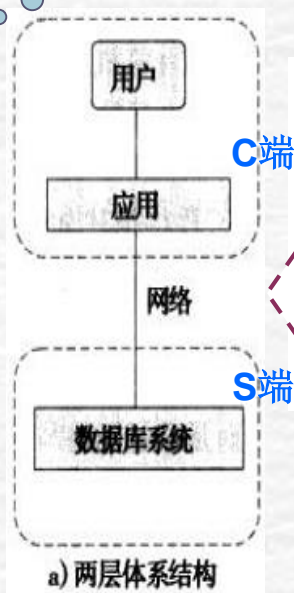
与此相反,细粒度并行(fine-granularity parallelism)机拥有大量的处理器,在这样的机器上运行的数据库系统致力于将用户提交的单个任务(例如查询)并行地执行。我们在17.3节学习并行数据库系统的体系结构。

并行性正在成为未来设计数据库系统的一个关键问题。虽然现今具有多核处理器的计算机系统只有几个核,但是未来的处理器将有大量的核。^①因此,并行数据库系统,这种曾运行在特殊设计的硬件上的专用系统将成为主流。

4) C/S的基本特点及工作模式?

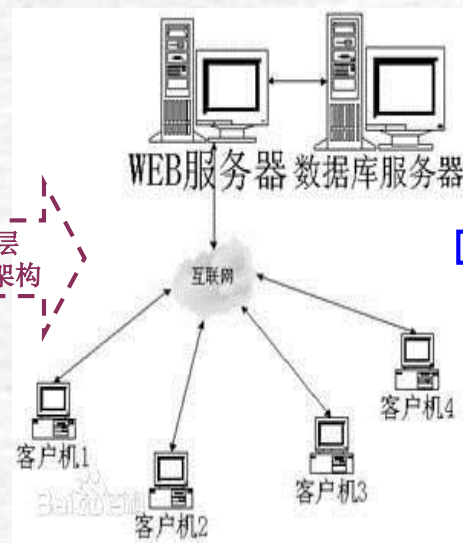
5) B/S的基本特点及工作模式?

2. 客户-服务器体系结构



(C/S架构)

用户界面功能也由个人计算机来处理



数据库系统提供的功能可以大致分为两部分：前端和后端。后端负责存取结构、查询计算和优化、并发控制以及故障恢复。数据库系统的前端包括 SQL 用户界面、表格界面、报表生成工具以及数据挖掘与分析工具(参见图 17-3)。前端与后端之间的接口通过 SQL 或者应用程序来实现。

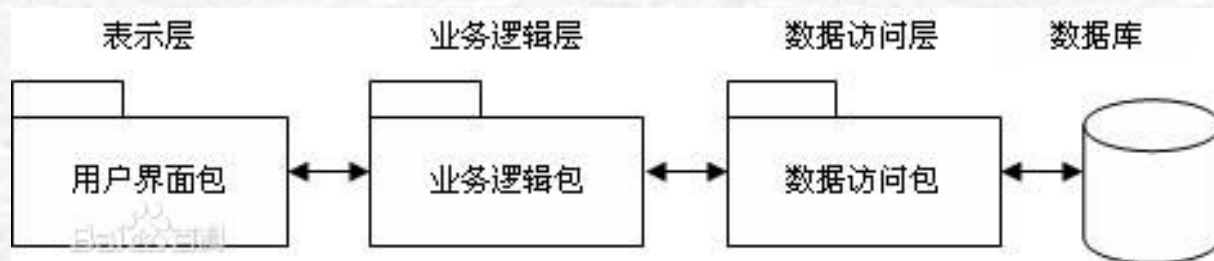
我们在第 3 章看到诸如 ODBC 和 JDBC 之类的标准是为客户端和服务器的接口开发的。使用 ODBC 或 JDBC 接口的任意客户端可以连接到任意提供该接口的服务器。

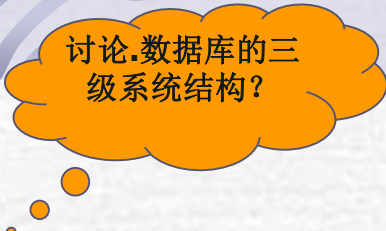
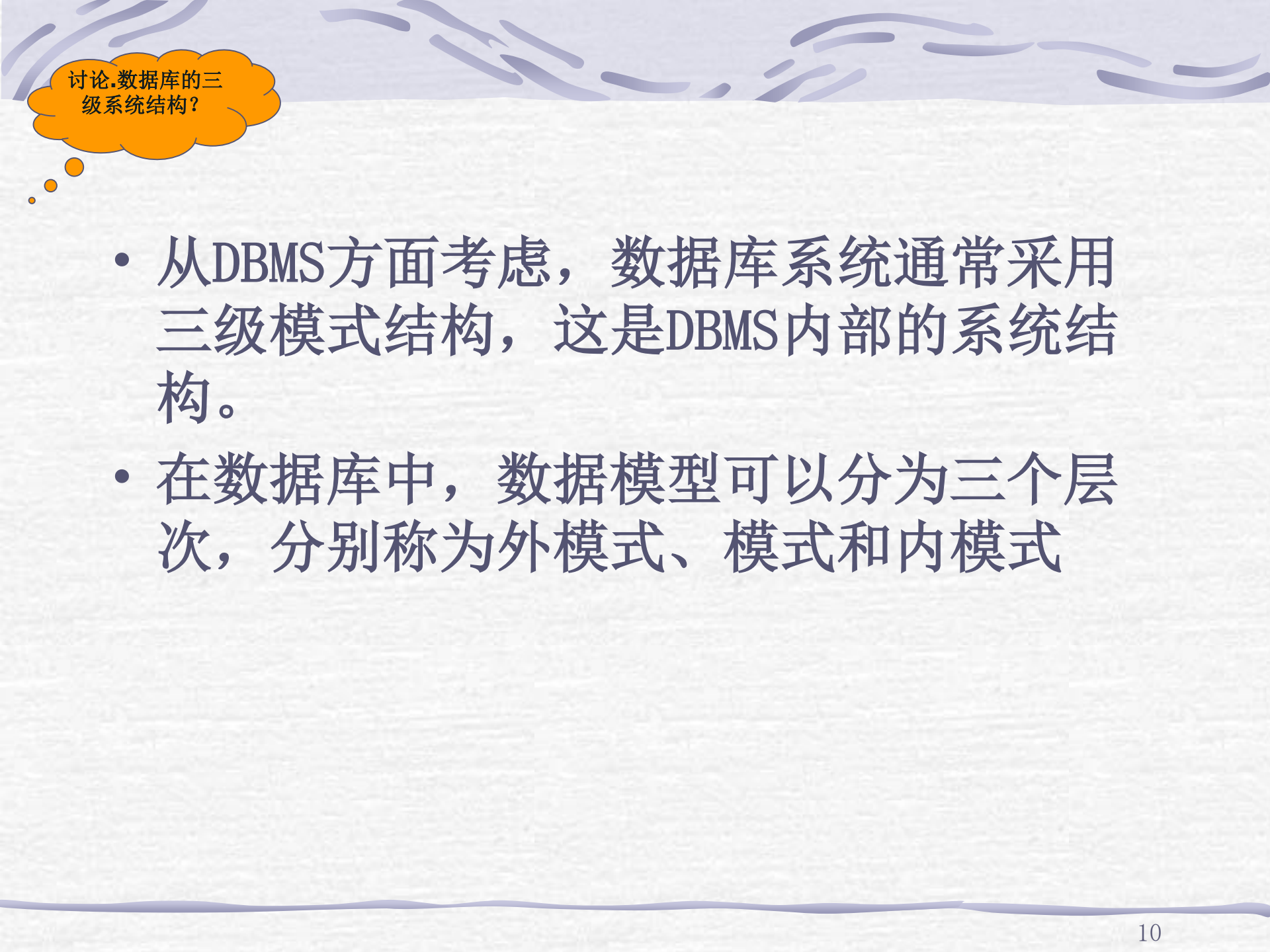
特定的应用程序，比如电子数据表和统计分析包，直接使用客户-服务器接口从后端服务器访问数据。实际上，它们为特定的任务提供特殊的前端。

前端：应用事务逻辑

后端：数据库事务逻辑

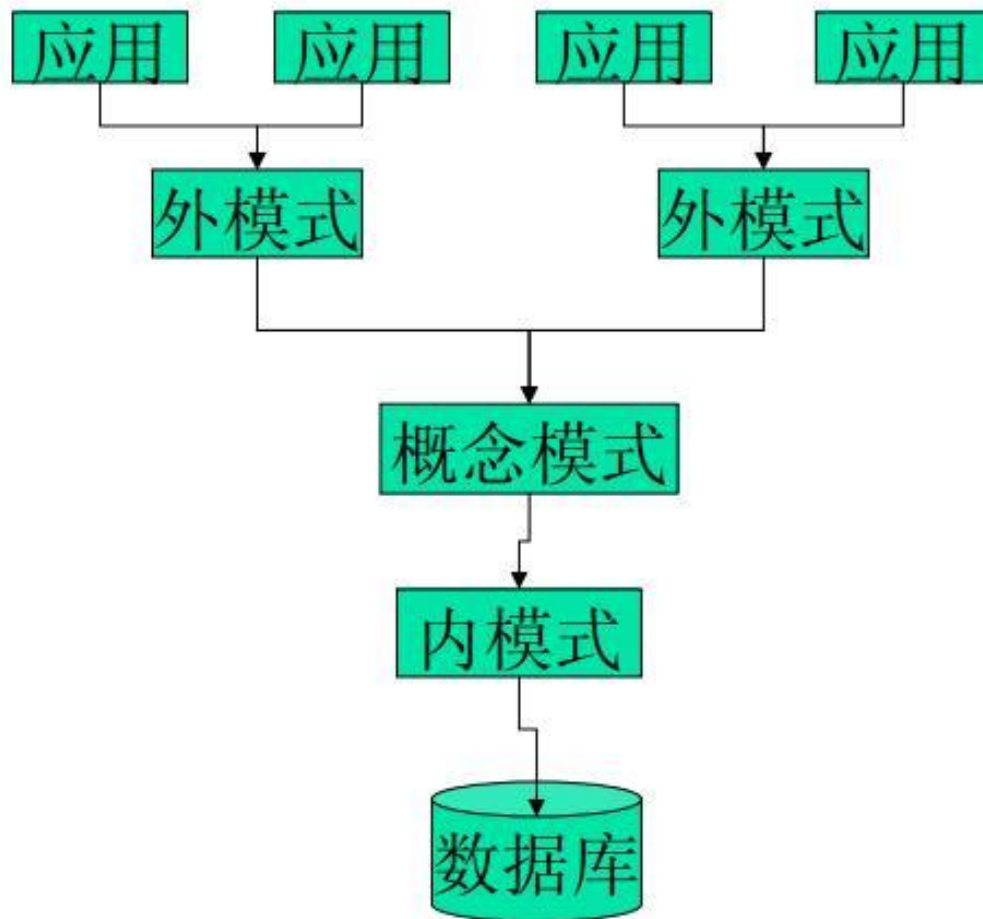
- CS三层架构（3-tier architecture）就是将整个业务应用划分为：表现层（UI）、业务逻辑层（BLL）、数据访问层（DAL）





讨论.数据库的三级系统结构?

- 从DBMS方面考虑，数据库系统通常采用三级模式结构，这是DBMS内部的系统结构。
- 在数据库中，数据模型可以分为三个层次，分别称为外模式、模式和内模式



外模式

- 外模式也称为子模式（subschema）或用户模式。
- 它是数据库用户（包括应用程序员和最终用户）能够看到和使用的局部数据的逻辑结构和特征的描述。
- 是数据库用户的数据视图，是与某一应用有关的数据的逻辑表示。

模式

- 模式也称为概念模式，是数据中全体数据的逻辑结构和特征描述，是所有用户的公共数据视图。
- 它是数据库系统模式结构的中间层，既不涉及数据的物理存储细节和硬件环境，也与具体的应用程序及其所使用的开发工具无关

内模式

- 内模式也称为存储模式（storage schema），一个数据库只有一个内模式。它是数据物理结构和存储方式的描述，是数据在数据库内部的表示方式。

数据视图(数据抽象)

“三层模式-两级映射”及优点

案例:

应用程序

视图:

(学号, 姓名, 专业, 宿舍)

结构: “学生”

(学号, 姓名, 年龄, 专业, 性别)

“宿舍”

(学号, 宿舍号)

数据: ...按学号存放...

(101, 张三, 20, CS, 男)

(102, 李四, 18, CS, 女)

(103, 王五, 19, EE, 女)

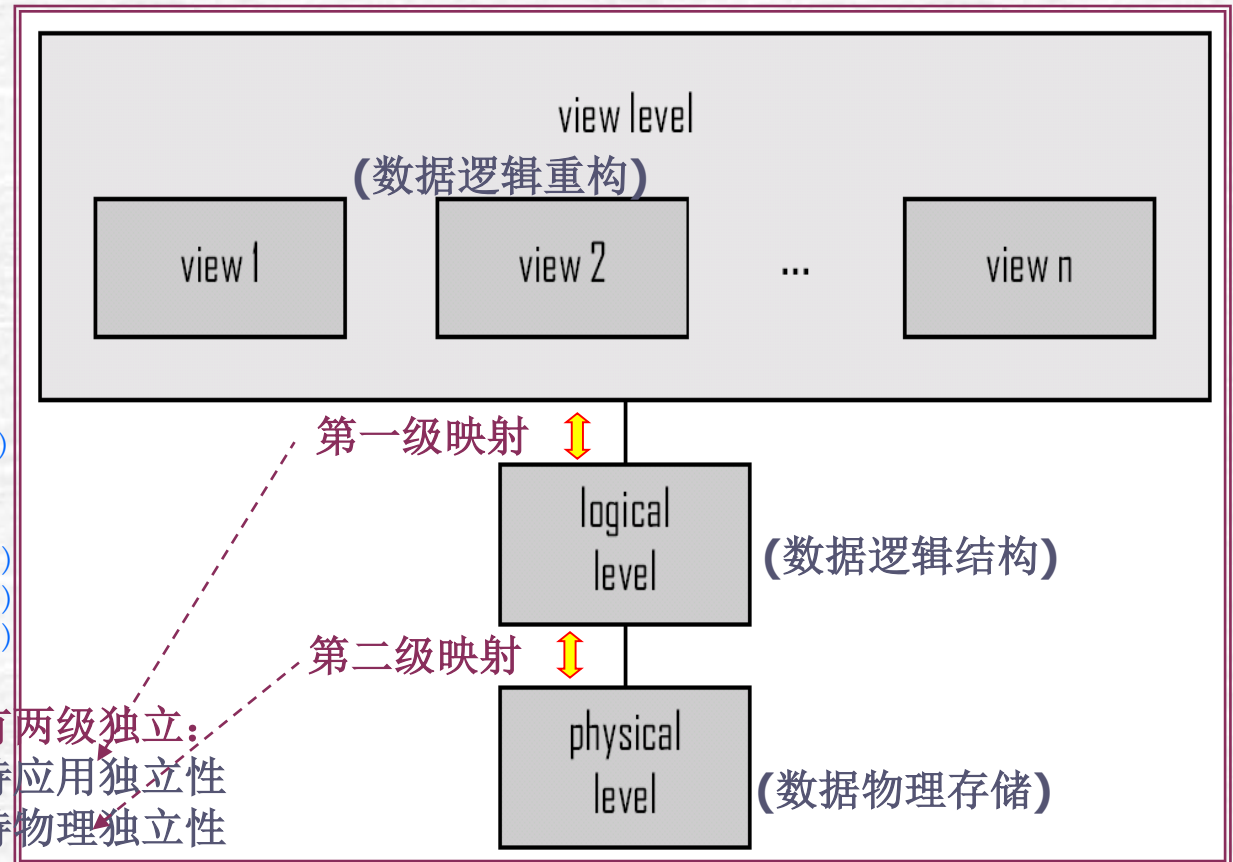
...按年龄建索引...

(101, 5舍201)

(102, 4舍402)

(103, 4舍402)

具有两级独立:
支持应用独立性
支持物理独立性



二 服务器系统体系结构

讨论2. 服务器系统的体系结构?

1) 事务两种服务器的主要不同?

1. 事务服务器与数据服务器

服务器系统可以大致分为事务服务器和数据服务器两类。

- **事务服务器** (transaction-server) 系统也称作查询服务器 (query-server) 系统, 它提供一个接口, 使得客户端可以发出执行一个动作的请求, 服务器响应客户端的请求, 执行该动作, 并将结果送回给客户端。通常, 客户端机器将事务传输到服务器系统来执行, 然后把结果返回到客户端负责显示数据。可以用 SQL 表达请求, 或者使用特定的应用程序接口。
- **数据服务器系统** (data-server system) 使得客户端可以与服务器交互, 以诸如文件或页面这样的单位对数据进行读取或更新。例如, 文件服务器提供文件系统接口, 使客户端能够进行文件的创建、更新、读取和删除。数据库系统的数据服务器提供更强的功能, 所支持的数据单位比文件要小, 可以是页面、元组或对象。数据服务器提供对数据的索引机制, 以及事务机制, 事务机制保证了即使客户端机器或进程发生故障, 数据也不会处于不一致状态。

这两个事务概念具有不同含义:
前者应是指更一般的事务逻辑,
后者是指数据库中的事务概念。

2. (数据库)事务服务器

2) RDBMS的主要功能模块?

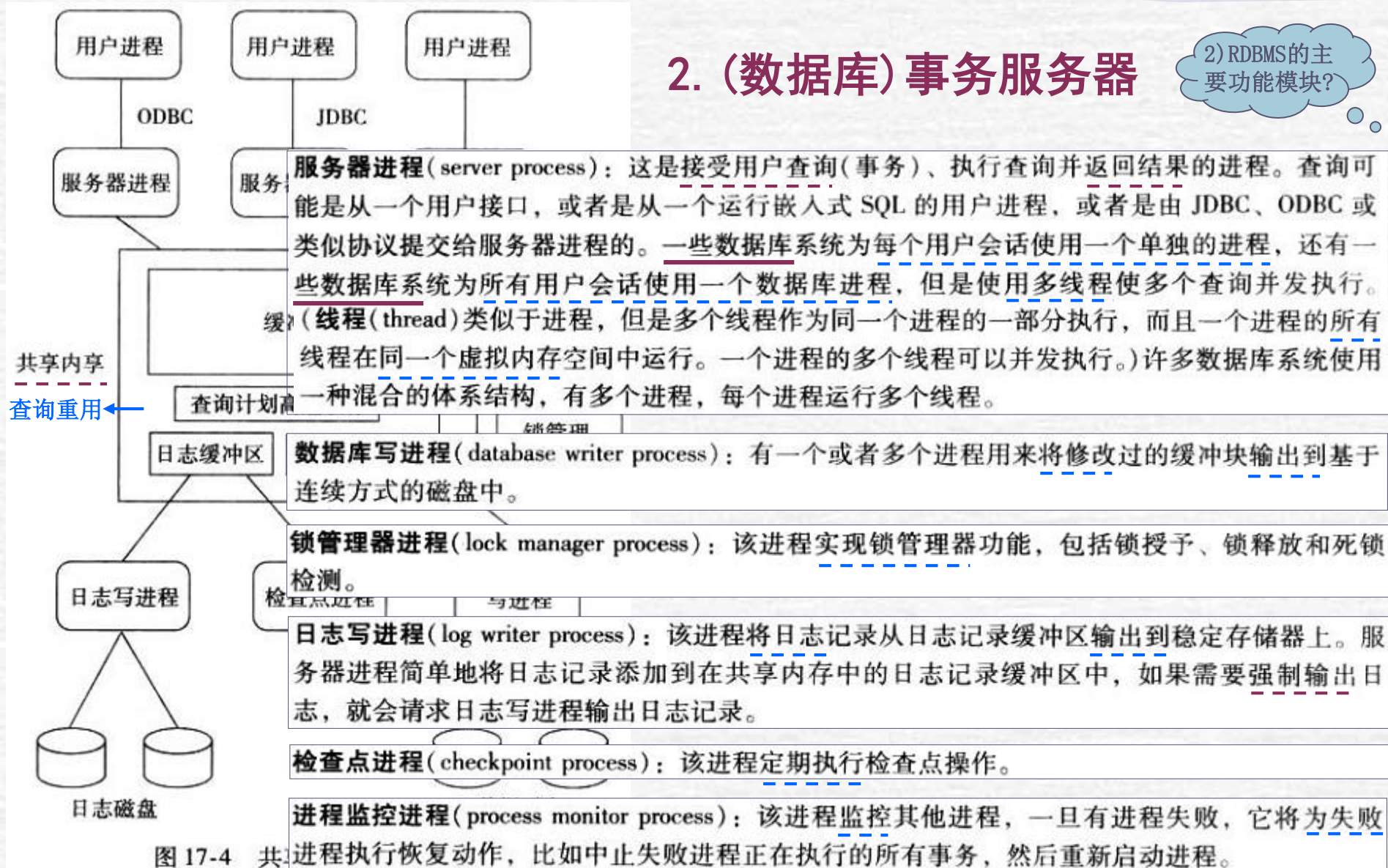


图 17-4 共

三 并行系统

讨论3. 并行系统的基本特点?

1. 系统并行能力的衡量要素

1) 什么是并行处理, 如何衡量系统的并行能力?

并行系统:

在并行处理中, 许多操作是同时执行的, 而不是串行处理的(即按顺序执行各个计算步骤)。粗粒度(coarse-grain)并行机由少量能力强大的处理器组成; 而大规模并行(massive parallel)机或细粒度并行(fine-grain parallel)机使用数千个更小的处理器。当今所有的高端计算机都提供了一定程度的粗粒度并行性, 它们至少具有两个或4个处理器。大规模并行计算机与粗粒度并行机的区别在于它支持的并行程度要高得多。市场上可以买到具有数百个处理器和磁盘的并行计算机。

衡量要素:

对数据库系统性能的度量有两种主要方式。(1) 吞吐量(throughput): 在给定时间段内所能完成任务的数量。(2) 响应时间(response time): 单个任务从提交到完成所需的时间。对于处理大量小事务的系统, 通过并行地处理多个事务可以提高它的吞吐量。对于处理大事务的系统, 通过并行地执行每个事务中的子任务可以缩短它的响应时间, 同时提高它的吞吐量。

并行数据库系统

- 并行数据库系统是在并行计算机上运行的具有并行处理能力的数据库系统。并行数据库系统是数据库技术与并行计算技术相结合的产物。并行计算技术利用多处理机并行处理产生的规模效益来提高系统的整体性能，为数据库系统提供了一个良好的硬件平台。

- 并行计算机有多种体系结构，运行在其上的并行DBMS因而也有多种结构。并行DBMS的体系结构一般有共享内存的、共享磁盘的和无共享的三种形式



(a) Shared-Memory



(b) Shared-Disk



(c) Shared-Nothing

四 分布式系统

1. 分布式数据库体系结构

讨论4. 分布式数据库系统的特点?

1) 什么是分布式数据库, 与并行系统的区别?

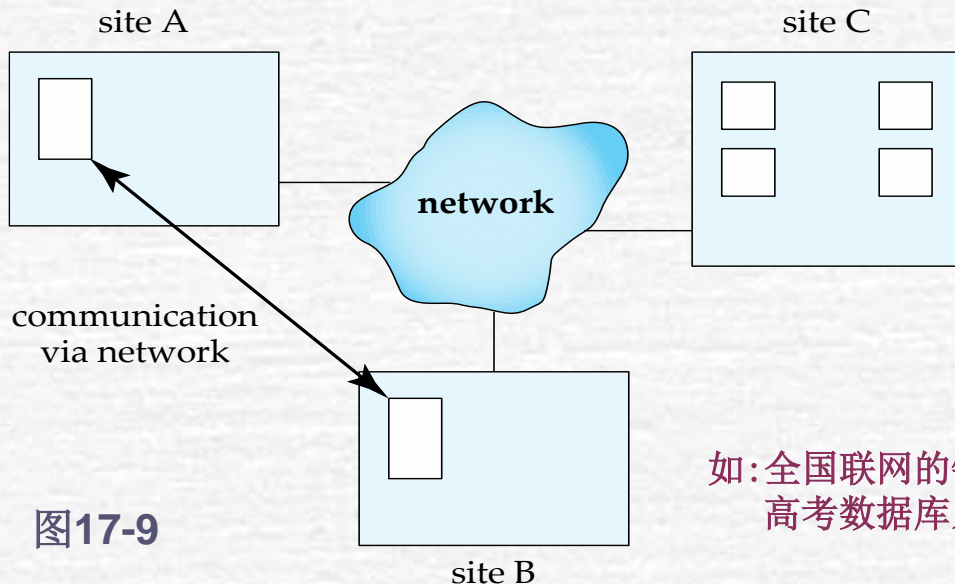


图17-9

如:全国联网的银行系统!
高考数据库系统!

对于分布式系统中的计算机有多种不同的称呼, 例如站点 (site) 或 结点 (node), 取决于提及它们时的上下文。我们主要采用 站点 (site) 这个术语, 以强调这些系统的 物理分布。分布式系统的通用结构如图 17-9 所示。

无共享并行数据库与分布式数据库之间的主要区别在于, ① 分布式数据库一般是地理上分离的, 分别管理的, 并且互连速度更低。另一个主要区别是, ② 在分布式数据库系统中, 我们将事务区分为局部事务和全局事务。局部事务 (local transaction) 是仅访问在发起事务的那个站点上的数据的事务。另一方面, 全局事务 (global transaction) 或者访问发起事务的站点之外的某个站点上的数据, 或者访问几个不同站点上的数据。

建立分布式数据库系统有几个原因, 包括数据共享、自治性和可用性。(详见下页)

2. 分布式数据库的主要用途

2) 分布式数据库的优点及适用场合?

数据共享 (sharing data)。建立分布式数据库系统的主要优点是，它提供了一个环境使一个站点上的用户可以访问存放在其他站点上的数据。例如，在一个分布式大学系统中，每个校区存储与该校区相关的数据。一个校区的用户可以访问另一个校区的数据。如果没有这种能力，那么要把学生记录从一个校区传送到另一个校区，就需要借助于与现有系统相互关联的外部机制。

自治性 (autonomy)。通过数据分布的方式来共享数据的主要优点在于，每个站点可以对本地存储的数据保持一定程度的控制。在集中式系统中，中心站点的数据库管理员对数据库进行控制。在分布式系统中，有一个全局数据库管理员负责整个系统。有一部分职责被委派给每个站点的本地数据库管理员。每个管理员可以有不同程度的**局部自治** (local autonomy)，其程度的不同依赖于分布式数据库系统的设计。可以进行本地自治通常是分布式数据库的一个主要优势。

可用性 (availability)。在分布式系统中，如果一个站点发生故障，其他站点可能还能继续运行。特别地，如果数据项在几个站点上进行了**复制** (replicate)，需要某个特定数据项的事务可以在这几个站点中的任何一个上找到该数据项。于是，一个站点的故障不一定意味着整个系统停止运转。

3) 什么是异构
分布式数据库?

3. 其它注意问题

4) 分布式数据库
如何保证一
事务的原子性?

异构分布式数据库:

在一个理想化的分布式数据库系统中, 站点将共享一个公共的全局模式(尽管有些关系可能只存放在其中某些站点上), 所有站点运行相同的分布式数据库管理软件, 而且各个站点互相知道对方的存在。如果从头开始创建一个分布式数据库, 它确实有可能达到上述目标。然而, 现实中分布式数据库需要通过连接多个已存在的数据库系统来构造, 每个数据库都有自己的模式而且可能运行不同的数据库管理软件。这样的系统有时称作多数据库系统(multidatabase system)或异构分布式数据库系统

保持事务原子性的方法:

在构建分布式数据库系统时, 事务的原子性是个重要问题。如果一个事务在两个站点上运行, 除非系统设计者非常小心, 否则它可能在一个站点上提交而在另一个站点上中止, 导致不一致状态。一些事务提交协议确保这种情况不会出现。两阶段提交(Two-Phase Commit, 2PC)协议是这些协议中应用最广泛的协议。

2PC的基本思想是每个站点将事务执行到部分提交状态, 然后将提交决定权交给一个单独的协调站点, 事务这一时刻在该站点上称为处于准备状态。仅当该事务在每个执行它的站点上均达到准备状态时, 协调站点才决定提交该事务。否则(例如, 如果事务在任一个站点上中止), 协调站点会决定中止该事务。每个执行该事务的站点必须遵循协调站点的决定。如果当事务处于准备状态时一个站点发生故障, 当该站点从故障状态恢复时它必须处于一个状态——提交或中止该事务, 这取决于协调站点的决定。2PC协议将在19.4.1节详细描述。

并行数据库和分布式数据库的区别

- 应用目标不同。
 - 并行数据库系统的目标是充分发挥并行计算机的优势，利用系统中的各个处理机结点并行完成数据库任务，提高数据库系统的整体性能。
 - 分布式数据库系统主要目的在于实现场地自治和数据的全局透明共享，而不要求利用网络中的各个结点来提高系统处理性能。

并行数据库和分布式数据库的区别

- 实现方式不同。

- 在并行数据库系统中，为了充分利用各个结点的处理能力，各结点间可以采用**高速网络连接**。结点间的数据传输代价相对较低，当某些结点处于空闲状态时，可以将工作负载过大的结点上的部分任务通过高速网传送给空闲结点处理，从而实现系统的负载平衡。
- 在分布式数据库系统中，为了适应应用的需要，满足部门分布特点的需要，各结点间一般采用**局域网或广域网相连**，网络带宽较低，点到点的通信开销较大。因此，在查询处理时一般应尽量减少结点间的数据传输量。

并行数据库和分布式数据库的区别

- 各结点的地位不同。
 - 在并行数据库系统中，各结点是完全非独立的，不存在全局应用和局部应用的概念，在数据处理中只能发挥协同作用，而不能有局部应用。
 - 在分布式数据库系统中，各结点除了能通过网络协同完成全局事务外，各结点具有场地自治性，每个场地使用独立的数据库系统。每个场地有自己的数据库、客户、CPU等资源，运行自己的DBMS，执行局部应用，具有高度的自治性。



课堂小测试

- 数据库的三级模式分别是什么？主要的作用是什么？

课程总结与作业安排

- 基本知识：
 - 数据库的体系结构
 - 集中式数据库
 - 并行系统和分布式系统
- 扩展学习：
 - 云数据库GaussDB（for mysql）的体系结构
- 作业

第17章习题(选做题)： *17. 2, *17. 4.

下一讲的学习内容

学习任务：

了解什么是基于对象的数据库，包括各种常用的复杂数据类型。

- SQL标准中，支持哪些复杂数据类型 ？
- 如何定义带复杂数据类型的表 ？
- 如何在复杂关系表上插入数据 ？
- 如何在复杂关系表上查询数据？
- 如何支持对象标识和引用？