

计算机系统概述

发展历程（电子管-晶体管-集成电路-大规模集成电路，摩尔定律，了解）

层次结构



性能指标

吞吐量：系统在单位时间内处理请求的数量，取决于主存存取周期

响应时间：发出请求到得到结果的时间差，包括CPU时间和等待时间

时钟周期：主频的倒数，CPU最小时间单位

主频：

- CPI**：执行一条指令需要的时钟周期数
- CPU执行时间**：运行一个程序花费的时间
- MIPS**：每秒执行多少百万条指令
- FLOPS**：每秒执行多少百万条浮点运算



20计算机考研群：738222741

数据的表示和运算



存储器层次结构

分类

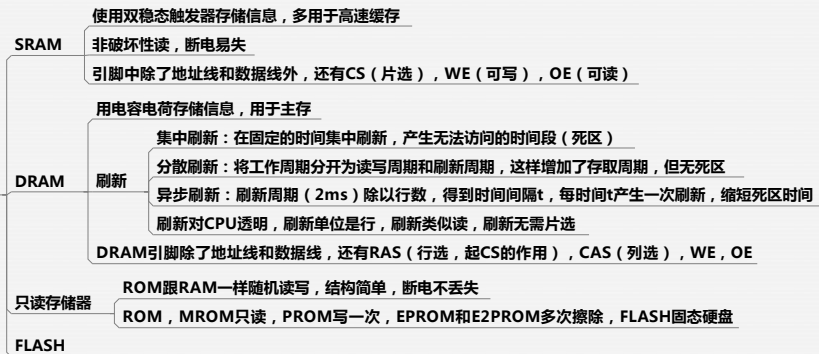


性能指标

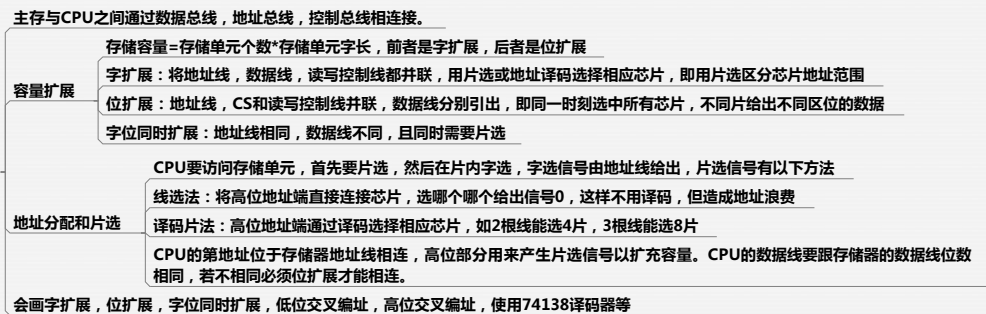
实际容量=存储单元个数*单元长度；理论容量=存储字数*存储字长
 存取时间=取出结果时间-启动存储器时间
 存取周期=存取时间+存储器状态恢复时间=连续读或写的最小时间间隔，显然存取周期>=存取时间
 主存带宽=传输速率=每秒能传输多少bit

层次化结构：CPU--寄存器--Cache--主存--辅存

随机存储器



主存与CPU的连接



双口RAM：两个输入输出端，可并行读写数据，是空间并行技术

多模块存储器

顺序方式：高位交叉编址，一个存取周期只能读出一个字的数据
 交叉方式：低位交叉编址，一个存取周期能读出体数*字长的数据
 计算两种方式带宽上的差别

Cache



虚存（参考操作系统）

概念
 页式
 段式
 段页式
 TLB

指令系统

指令

基本格式

- 零地址指令：空操作，停机，关中断指令；运算类指令只用在堆栈计算机中
- 一地址指令
 - 自加，自减，求反等单操作数运算
 - 隐含地址ACC，结果也放进ACC中
- 二地址指令： $|OP|A1|A2|$ ，结果存放在A1中
- 三地址指令：同时给出两个操作数地址和存放结果的地址
- 四地址指令：在三地址指令基础上再给出下条指令地址，这不利于跳转

定长指令：指操作码长度固定，利于流水线

变长指令：操作码长度不固定，会进行扩展操作码指令设计

有效地址：指令中的地址码给出的是形式地址，要根据寻址方式得到有效地址

指令寻址

- PC+1
- JMP

数据寻址：根据指令中的地址码和寻址方式得到

数据寻址方式

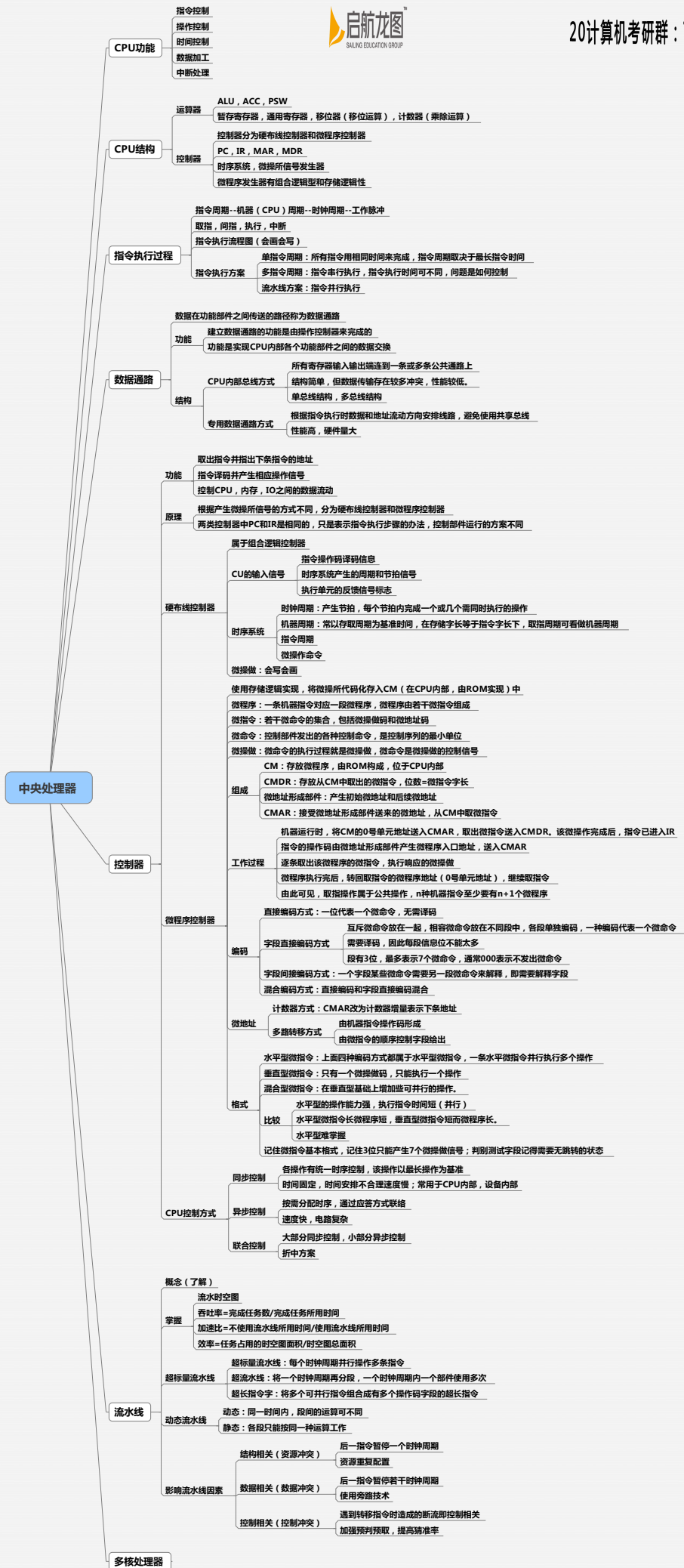
- 隐含寻址：操作数在ACC中
- 立即寻址：指令直接给出操作数
- 直接寻址：指令给出操作数在内存地址， $EA=A$
- 间接寻址：指令给出操作数地址的地址， $EA=(A)$
- 寄存器寻址：指令给出寄存器号。 $EA=R$
- 寄存器间接寻址：指令给出寄存器号，寄存器存储操作数地址， $EA=(R)$
- 相对寻址：指令给出形式地址A， $EA=(PC)+A$ （数加，A是补码表示），注意PC取指后+1
- 基址寻址：基址寄存器+形式地址， $EA=(BR)+A$ ，有利于多道程序设计
- 变址寻址：变址寄存器+形式地址， $EA=(IX)+A$ ，有利于处理数组，循环
- 堆栈寻址：由堆栈指针给出操作数地址， $EA=(SP)$

基址寻址用于为程序或数据分配存储空间，基址地址由操作系统给出且不变，A由程序员给出，可变

变址寻址用于处理数组问题，变址寄存器内容由用户给出，可变；A不变

CISC：指令复杂庞大；指令长度不固定；指令执行时间和频率差异；大多采用微程序控制器；编译程序难优化

RISC：指令精简；指令定长；只选常用指令，且大都只用一个时钟周期；只有Load/Store才能访存；使用大量寄存器
流水线和组合逻辑电路



总线

概述

概念：分时、共享

内部总线：CPU内部

分类

系统总线

数据总线，是双向的

地址总线，它是单向传输

控制总线，是双向的

通信总线（外部总线）：计算机系统之间传递信息的总线

组成

单总线

将各设备挂在一组总线上（不是一根）

简单低成本；带宽低，争用总线，不支持并发

双总线

一条主存总线，一条IO总线

将低速IO从总线分离；需要增加硬件

三总线

主存总线；IO总线；DMA总线

提高IO性能吞吐量；工作效率低

性能指标

总线周期：一次总线操作所需全部时间（申请，寻址，传输，结束）

总线时钟周期：即机器时钟周期

总线工作频率：总线周期倒数。总线周期=若干时钟周期。

总线时钟频率：即机器时钟频率

总线宽度：总线上能同时传输数据位数，取决于数据总线根数

总线带宽：等于总线工作频率*总线宽度/8（B/s）

总线复用：分时复用

信号线数：数据线，控制线，地址线三种线数总和

仲裁

因为总线是分时共享的，设备竞争使用总线，需仲裁决定谁使用总线

集中式

链式查询方式

总线响应信号依次在设备间传递，直到到达总线请求设备

需要BS（总线忙），BR（总线请求）和BG（总线响应）三条控制线

优先级固定，简单；对电路故障敏感，无法更改优先级易产生饥饿

计数器定时查询

计数值通过设备地址线传递到与计数值相同的设备上

需要BS，BR，若干设备地址线，n个设备需要(logn)+1条控制线

各设备优先级相同，优先级可改

独立请求方式

每个设备都有各自的BR，BG，总线控制器排队并按优先级决定总线使用权

n个设备需要2n条控制线

响应速度快；总线逻辑复杂

分布式

无中央仲裁，每个设备有自己的仲裁，竞争使用总线

通过比较总线上的仲裁号决定谁使用总线

操作和定时

同步方式

固定的总线周期，同一时序信号

速度快，速率高，简单；强制性同步，可靠性差

异步方式

通过应答信号实现总线控制

是否互锁

不互锁：请求和应答信号可自主撤销

半互锁：请求信号必须收到应答后才能撤销；应答信号不用

全互锁：请求信号必须收到应答才能撤销；应答信号必须等请求信号撤销后才能撤销

总线传输阶段

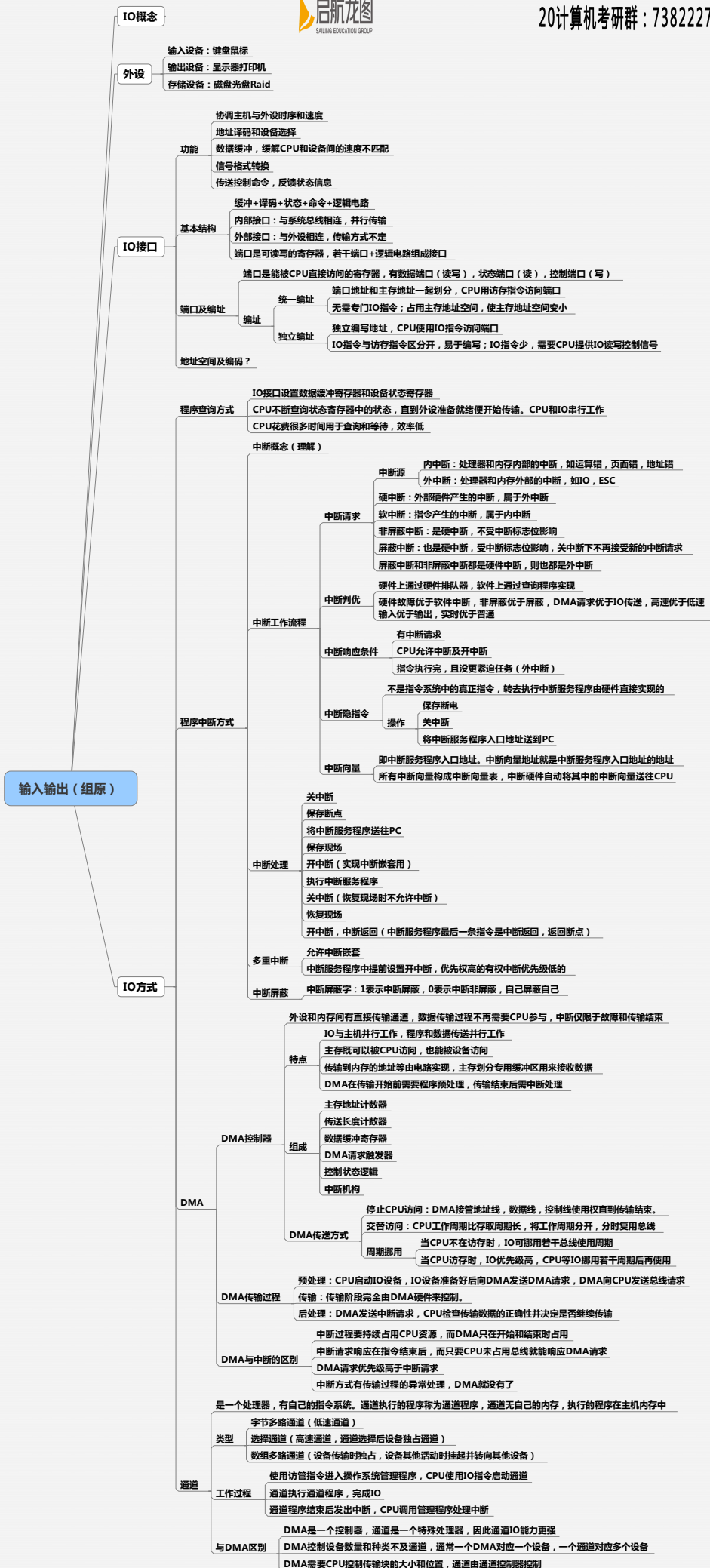
申请：申请并仲裁

寻址：主模块启动相应从模块

传输：主从模块间数据传输

结束：主模块撤销总先忙，释放总线使用权

总线标准



操作系统概述

概念（了解）

特征

- 并发：区别并发和并行
- 共享：互斥共享与分时共享
 - 虚拟处理器：并发和分时复用
 - 虚拟存储器：空分复用
 - 虚拟设备：SPOOLing
- 异步：进程以不可知的速度向前推进，但必须保证多次运行都获得相同的结果

功能

- 处理器管理：即进程管理
- 存储器管理：提高内存利用率
- 文件管理
- 设备管理

服务

- 命令接口
 - 联机命令接口：用于分时或实时系统，通过终端输入命令进行交互
 - 脱机命令接口：用于批处理系统
 - GUI
- 程序接口
 - 通过系统调用执行，系统调用也称访管指令，属于核心态指令

发展

- 手工操作阶段
- 脱机输入输出：减少CPU等待时间，提高IO速度
- 批处理
 - 单道批处理
 - 内存中始终保持一道作业
 - 特性
 - 自动性：作业自动载入
 - 顺序性：磁道上的作业顺序进入内存
 - 单道性：内存中只有一道程序
 - 多道批处理
 - 内存中同时存放几道相互独立的程序，宏观上并行，微观上串行
 - 优点：资源利用率高，吞吐量，CPU始终处于繁忙状态
 - 缺点：响应时间长，缺乏交互
 - 分时操作系统
 - 时间片轮转法
 - 特性
 - 同时性：多个终端同时使用一台计算机
 - 交互性：人机交互
 - 独立性：多个用户彼此独立，互不干扰
 - 及时性：用户请求及时响应
 - 实时操作系统
 - 严格的时间限制内处理完请求
 - 特点
 - 及时性
 - 可靠性
 - 网络与分布式系统
 - 资源共享与计算机间通信
 - 分布性和并行性

运行环境

- 特权指令：如IO指令，置中断指令等
- 时钟管理：计时以及通过时钟中断实现进程切换
- 中断机制
 - 原语：最接近硬件的原子性操作，调用频繁。定义原语的直接方法是关中断
 - 系统控制的数据结构：PCB，FCB等
- 用户态核心态
 - 核心态指令包括系统调用，时钟中断和原语操作指令
 - 系统调用
 - 发生中断
 - 用户程序产生错误状态
 - 企图调用特权指令
 - 由核心态返回用户态也是特权指令
- 中断异常
 - 中断或异常发生时，用户态立刻进入核心态，这是通过硬件实现的。
 - 中断也称外中断，参考组原中断机制
 - 异常也称内中断，来自CPU内部，不能被屏蔽。
- 系统调用

体系结构

- 无结构OS
- 模块化OS：易于设计维护
- 分层式OS：易于构造和调试
- 微内核
 - 足够小的内核，采用CS模式，采用面向对象技术
 - 优点
 - 高可扩展
 - 高可靠性
 - 可移植性
 - 融入面向对象技术
 - 缺点：将很多服务集中到用户态，服务间使用进程通信交换信息，影响系统效率

进程管理



处理机调度



同步互斥

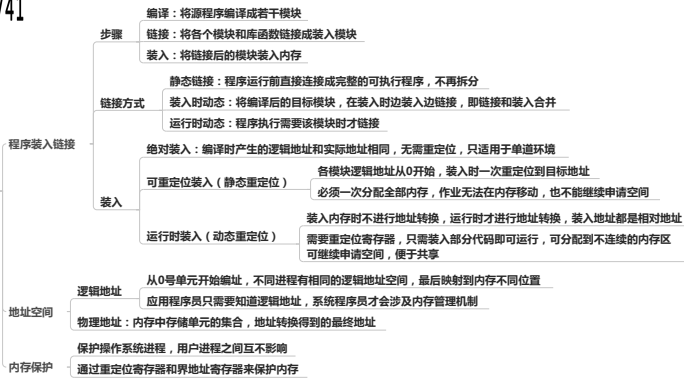


死锁

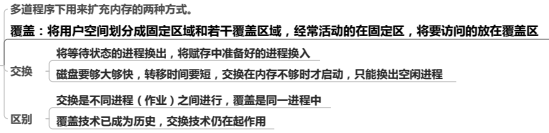


内存管理

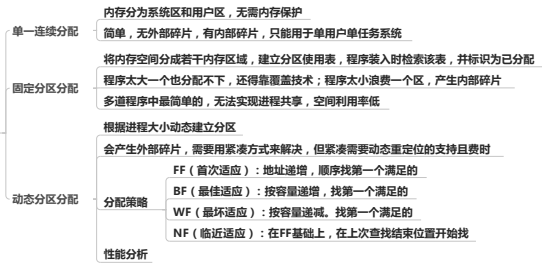
概念



交换覆盖



连续分配方式



非连续分配方式



虚拟内存



工作集（上面驻留集）：正确选择驻留集的大小，操作系统分配大于工作集的空间。

抖动：频繁的页面调度行为，好的页面置换算法应尽量避免抖动

文件管理

概念

- 系统以进程为单位进行调度和资源分配，用户以文件为单位进行输入输出
- 文件结构
 - 数据项：包括基本数据项和组合数据项，如数据库中的一列
 - 记录：相关数据项的集合，如数据库中的一行
 - 文件：可分为有结构文件和无结构文件
- 文件属性
 - 文件名，标识符，类型，位置，大小，创建时间等等
 - 文件信息保存在目录条目上，目录保存在外存上。目录的条目包括文件名和标识符（i节点）
- 文件操作
 - 创建，读写，重定位，删除，截断
 - 由系统调用实现
- 文件打开关闭
 - open-->将文件目录调入内存，检索-->将目录项复制到打开文件表-->返回指向该表条目的指针
 - 系统有打开文件表，进程也有打开表并指向系统表，系统打开文件表有计数器，当计数器为0时表示没有进程打开该文件，系统删除打开文件表条目，写回磁盘（若修改），释放FCB

文件逻辑结构

- 逻辑结构是从用户观点看到的文件组织形式，逻辑文件的组织形式由用户决定。
- 无结构文件：源程序，目标代码文件等
 - 顺序
 - 串结构：记录顺序与关键字无关，常按时间先后排列
 - 顺序结构：按关键字排序
 - 批量读或写时效率最高；可运行在磁带上；不利于增删改查单个记录
- 有结构文件
 - 索引
 - 对变长记录可建立一张索引表加快检索
 - 要维护索引
 - 索引顺序
 - 保留顺序文件特征，引入索引文件搞定变长记录，引入溢出文件搞定增删改查
 - 克服变长记录缺点；维护索引

目录结构

- 目录管理要求
 - 按名存取
 - 快速检索
 - 权限控制
 - 允许重名
- FCB
 - FCB保存了文件基本信息，控制信息，使用信息
 - 一个文件对应一个FCB，所有FCB构成文件目录，FCB就是文件目录项
- 索引节点
 - FCB包含的信息量过大，将文件目录项简化为文件名和索引节点指针，索引节点指针指向索引节点
 - 索引节点分为磁盘索引节点和内存索引节点，文件被打开时磁盘的就被复制到内存中
- 索引目录
 - 单级目录
 - 系统只有一个目录表，每个文件对应一个目录项
 - 简单；查找慢，不能重名，无法共享，仅适用于单用户环境
 - 两级目录
 - 分成主文件目录和用户文件目录两级
 - 提高了检索速度，不同用户的文件可重名；不同用户可访问同一共享文件；用户间无法合作共享
 - 树形目录
 - 就是一个树
 - 查询更快，结构更清晰，管理更有效；查询时逐级访问中间结点，会导致磁盘访问增加
 - 图形目录
 - 为了实现文件共享，在树上增加些指向同一结点的有向边，构成有向无环图
 - 实现了文件共享；管理更复杂

文件共享

- 基于索引节点（硬链接）：由文件名和索引节点指针构成各用户的文件目录，通过指向同一索引节点达到共享目的
- 基于符号链接（软链接）：目录中存放的是文件名和指向该文件的完整路径，这样创建一个Link文件，该文件有自己的索引节点，该文件中的路径名称称为符号链。符号链不经过共享文件的索引节点，读写由操作系统截获来读写。

文件保护

- 访问类型：rwx, append, delete, list
- 访问控制
 - 每个文件和目录增加一个访问控制表，访问控制表列出owner, group, other的权限。
 - 口令是系统创建文件时将口令添加到FCB上，访问时需要提供口令
 - 密码是对文件加密，访问时需要密钥

文件系统

- 层次结构：用户--用户接口--文件目录--FCB访问控制--逻辑文件系统--物理文件系统--设备管理器--物理设备
- 目录实现
 - 线性列表：将文件目录以线性表的方式存储
 - 哈希表：用哈希的方式存储文件目录
- 文件分配方式
 - 连续分配
 - 给文件分配连续的磁盘块
 - 简单，存取速度快；长度不宜动态增加，易产生外碎片
 - 链接分配
 - 隐式链接
 - FCB有指向第一块和最后一块的指针，每个块有指向下一块的指针
 - 指针占用空间，无法随机访问，可靠性差；消除外碎片，易增删改和动态增长
 - 显示链接
 - 盘块指针在FAT中，FAT在内存且唯一，FCB存放文件第一块号
 - FAT在内存加快检索，用该会产生碎片
 - 索引方式
 - 分配给文件的盘块号构成索引表，FCB有指向索引表的指针，索引表有所有盘块号
 - 支持直接访问，无外碎片，小文件利用率低，两次访问外存
- 文件实现
 - 存储空间基本分配单位是磁盘块
 - 空闲表法
 - 属于连续分配方式，空闲盘块表项为序号，起始块号，块数。表内容按地址顺序排列
 - 分配时可使用FF算法，回收时要考虑合并
 - 应用于交换区，小文件，多媒体文件
 - 空闲链表法
 - 分配时从头开始分配，回收时插入尾部，像队列
 - 分配回收简单，但链比较长。分配可使用FF，回收考虑合并
 - 位示图法
 - 成组链接法（笔记）

磁盘

- 磁盘结构：磁盘，磁道，柱面，扇区
- 磁盘调度
 - 存取时间
 - 寻道时间=跨一道所用时间*道数+启动磁臂时间
 - 寻块时间（延迟时间）=转一圈所用时间/2
 - 传输时间=传输数据量/一圈的数据量/转速
 - 磁盘调度算法
 - FCFS（笔记）
 - SSTF
 - SCAN
 - CSCAN
- 磁盘初始化
 - 低级格式化：为磁盘划分扇区
 - 操作系统将磁盘分区；对分区进行逻辑格式化
- 引导块：设备初始化和启动操作系统，位于磁盘固定位置
- 坏块
 - 在FAT表上标明不使用
 - SCSI维护一个磁盘坏块链表，随磁盘使用不断更新，通过备用磁盘块替代坏块

IO管理

IO概述

IO控制方式

程序直接控制方式：传输单位是字

中断驱动方式：传输单位是字

DMA方式：传输单位是数据块，数据从设备直接进入内存

通道方式：传输单位是一组数据块，使CPU，IO，通道三者并行

IO层次结构：IO软件-->IO独立性软件-->驱动程序-->中断处理程序-->IO设备

IO调度

磁盘缓存

不是像CPU的Cache，而是利用内存中的存储空间暂存磁盘读出的数据

逻辑上属于磁盘，物理上则是驻留在内存中的盘块

一种是内存单独开辟固定大小区域做缓冲，一种是将未利用的内存空间做缓冲池

缓存

缓冲区

硬件缓冲器（成本高，除关键部位一般不采用）

单缓冲：设备和处理器之间设置一个缓冲区

两个缓冲区，一个满时用另一个

双缓冲

单缓冲只能单方向传输数据，双缓冲可以一个输入一个输出

区别

单缓冲要等CPU处理完一个缓冲后才能输入下一块，双缓冲可连续输入

循环缓冲

多个大小相等的缓冲股权，通过指针形成循环链表

in指针指向输入的第一个缓冲区，out指向可提取数据的第一个缓冲区

缓冲池：多个系统公用缓冲区

Cache与缓冲区区别

Cache存放经常访问的数据的副本，缓冲区存放高速设备要访问的数据，且不一定有副本都是为了缓解高速与低速设备间的速度差异

核心

分配与回收

独占设备，共享设备（调度），虚拟设备

数据结构

设备控制表DCT：每个设备一张，记录设备特性和与控制器连接情况

控制器控制表COCT：每个控制器一张，反映设备状态和通道连接情况

通道控制表CHCT：每个通道一张

系统设备表SDT：系统只有一张，记录所有物理设备

分配策略

静态分配：主要用于独占设备，不会出现死锁，效率低

动态分配：系统按分配算法分配，可能造成死锁

分配算法：FCFS，优先级高者优先

分配安全

安全分配方式：进程请求IO后便阻塞，直到IO完成才唤醒，不会产生死锁，但CPU和IO是串行工作

不安全分配：进程可发出多个IO请求，只有请求不可得时才阻塞，一个进程可操作多个设备，但可能死锁

逻辑设备表：逻辑设备到物理设备的映射。可系统只有一张，或者每个登录用户一张

SPOOLing

意思是外部设备同时联机操作，又称假脱机，是将独占设备改造成共享设备的技术

操作方式

磁盘上开辟输入井和输出井

内存开辟输入缓冲区和输出缓冲区

输入数据-->输入缓冲区-->输入井；输出数据-->输出缓冲区-->输出井

CPU需要数据时，输入井-->内存-->CPU；设备空闲时，输出井-->输出缓冲区-->设备



基本通信概念

信道：信号传输介质，如双绞线，中继器

信号：数据的电气或电磁表现

带宽（带宽）：原信号频带宽度（？），单位Hz。一段时间内网络传输的比特数

码元：一个固定时长的信号波形，表示一位k进制数，是数字信号计量单位。一码元可携带多比特信息。

速率

码元传输速率：单位时间内传输码元个数，单位是波特（码元可以是多进制的）

信息传输速率：单位时间内传输的二进制码元个数，单位是bit/s。

波特：1波特表示每秒传输一个码元

信源：产生和发送数据的源头。

信宿：接受数据的终点。

两大定理

奈奎斯特定理

内容：理想状态下，码元传输速率上限=2*信道带宽

计算：传输二进制信号时，信息速率=码元速率，对于N进制信号，信息速率=码元速率*log2N

结论1：任何信道中，码元传输速率是有限的

结论2：信道越宽，码元传输速率越快

结论3：这不是信息传输速率

提高传输速率途径：码元携带更多bit信息，采用多元制调制方法

香农定理

公式：信息传输速率上限=信道带宽*log2（1+信噪比），信噪比=10log10(信道功率/噪声功率)

结论1：信道越宽，信噪比越大，极限传输速率越高

结论2：只要信息传输速率低于信道极限传输速率，就能实现无差错传输

结论3：带宽和信噪比确定，则极限传输速率确定

结论4：这是理论结果，实际要比它低。

提高传输速率途径：让一个码元携带更多bit信息。

编码与调制

数字数据编码成数字信号

用途：基带传输，即不改变数字数据频率的情况下，直接传输数字信号

编码法

非归零码（NRZ）：低电平表示0，高电平表示1

曼彻斯特编码：先低后高为0，先高后低为1。

差分曼彻斯特编码：1则高低是连续的，0则高低是间断的。

4B/5B编码：数据流4位一组，编码成5位码32种组合。前16种为是那4位码，后16种为控制码

数字数据调制为模拟信号

用途：调制解调器

调制法

幅移键控（ASK）：振幅表示1和0，频率和相位不变

频移键控（FSK）：频率表示1和0，振幅和相位不变

相移键控（PSK）：相位表示1和0，振幅和频率不变

正交振幅调制（QAM）：啊？

模拟数据编码为数字信号

用途：音频信号进行编码的脉码调制。

步骤：采样，量化，编码

模拟数据调制为模拟信号

哦

物理层

交换技术

电路交换

交换过程：数据传输时要建立一个专用物理通信路径，数据传输期间一直被占用

优点：通信延时小，有序传输，无冲突，适用范围广（数模皆可），实时性强，控制简单

缺点：连接建立时间长，线路独占使用效率低，不灵活难以规格化

报文交换

交换过程：以报文为单位，报文有源地址和目的地址，交换节点采用存储转发的方式动态分配路线，使线路共享

优点：线路共享，提高资源利用率

缺点：报文大小无限制，网络节点需要较大存储空间；传输延时较大，交互性差，现已不使用

分组交换

交换过程：也是存储转发的方式，但对传输块大小有限制，将大的数据块分成分组，分组有控制信息（源地址，目的地址），网络节点将分组排队输出

优点：无建立延时，用户可随时发送分组；线路利用率高，相对于报文交换简化存储管理

缺点：有传输延时，每个分组有额外信息量；当使用数据报服务时分组可能失序，需重新排序

数据报与虚电路

分组交换可进一步分为面向连接的虚电路和面向无连接的数据报方式，两者都是网络层提供的。

虚电路

工作过程：分组发送前发送方和接收方建立虚电路（建立，传输，释放），分组中要增加虚电路号。每个节点有虚电路表，表项是打开的虚电路信息。

特点1：虚电路要建立和释放，增加开销，不适合小量分组情况，适合长时间频繁数据交换

特点2：路由选择体现在建立阶段，建立后路径就确定。

特点3：可靠通信，分组正确有序，有流量控制

特点4：虚电路某节点破坏，则虚电路失效

数据报

工作过程：分组在中间结点存储一段很短时间，寻找最佳路由，可能以不同路径，不同顺序到达目的节点

特点1：发送分组前无需建立连接，可随时发送

特点2：传输无法保证可靠性

特点3：分组中要有源地址和目的地址以便独立传输

特点4：分组在节点存储排队，网络阻塞时会发生丢包

特点5：路径不唯一，故障适应能力强

特点6：不独占链路，利用率高

虚电路与数据报比较

传输介质

双绞线。适用于局域网，电话网。模拟信号传输需要放大器调整衰减，数字传输需要中继器调整失真

同轴电缆。传输基带数字信号，有线电视

光纤。远距离传输

无线传输介质

无线电波

微波，红外线，激光

物理层接口特性

机械特性

电气特性

功能特性

规程特性

物理层设备

中继器

功能：消除失真和衰减

特点1：使用中继器连接起来的网段仍是局域网

特点2：中继器两段的网段是网段，不是子网

特点3：中继器不能连接不通速率的网段，中继器出现故障会影响两个网段的工作

5-4-3规则：中继器最多只能用4个来串联5段网络，其中只有3个可挂接终端

集线器

功能：就是多端口中继器，只起信号放大转发作用。

特点1：Hub组成的是共享式网络，逻辑上是总线网

特点2：Hub每个端口连接的是同一网络的不同网段

特点3：Hub只能工作在半双工，吞吐率受限

其他

①传输媒体不是物理层，处于物理层下面，相当于第0层。物理层规定电气特性，这在传输媒体上是不知道的。

②基带传输是指数字信号不经调制直接在信道上传输

③频带传输是指载波经数字调制变成适于传输的信号后再传输

④宽带传输是指将链路分解成多个信道，每个信道携带不同信号。信道互不干扰，增大链路容量。

数据链路层1

功能

总的功能：将物理层可能出错的物理连接改造成逻辑上无差错的数据链路

概念：将数据从源机器的网络层传输到目标机器的网络层

为网络层提供服务

提供无确认无连接的服务

概念：发送帧不建立连接；收到帧不反馈；丢失帧由上层处理。

应用：实时通信或误码率较低的信道，如以太

提供有确认无连接的服务

概念：发送帧不建立连接；接受帧要反馈；规定时间无反馈就重传

应用：误码率较高的通信信道，如无线通信

提供有确认有连接的服务

概念：帧传输要建立数据链，传输帧，释放数据链。每一帧都要确认，确认后才发送下一帧

应用：可靠性实时性较高的场合。

链路管理

概念：即数据链路层连接的建立，释放和管理，主要用户面向连接的服务。

管理方法：初始化帧序号，建立并维持连接

帧定界，帧同步和数据传输

帧定界：将一段数据前后添加上首部 and 尾部构成帧，首部和尾部有控制信息确定帧的界限，即帧定界

帧同步：接收方能从接受的二进制比特流中区分出起始和终止。

透明传输：若数据中恰好有跟帧定界相同的比特组合时，要采取有效措施解决该问题，即透明传输

流量控制

概念：限制发送方的数据流量，使其不超过接受方的接受能力。

数据链路层提供的是相邻两节点间的流量控制，运输层控制的是端到端之间的流量控制。端到端之间可能会有多个节点。

差错控制

概念：确认接受方接受的数据是否出错，错误包括位错和帧错。

通过CRC校验等发现位错，然后通过自动重传请求方式重传该错误的帧

帧错是指帧的丢失，重复，失序等。通过引入定时器和编号机制保障帧能有且仅有一次正确交付给目的节点。

组帧

目的：将比特封装成帧，这样出错时只重发出错的帧而不用重发全部数据，提高效率。

帧组装方式

字符计数法

概念：用一个特殊字符表示帧的开始，用一个计数字段表明帧内字节数

缺点：若计数字段出错就悲剧了

字符填充的首位界定法

概念：用特定字符界定帧的开始和结束。若信息中出现特殊字符，则信息中的特殊字符前需要用到转义字符

比特填充的首位标志法

概念：用一组特定比特标志一帧的开始和结束。若信息中出现该特定比特，则采用比特填充法解决。

易于用硬件实现，性能优于字符填充法

违规则编码法

在曼彻斯特编码中，高电平和低电平是违规则的，可以用来界定起始和终止。

无需填充，但只适用于采用冗余编码的环境。

差错控制

检错码

奇偶校验码

信息位中1的个数是奇数个还是偶数个

水平奇偶校验

垂直奇偶校验

水平垂直奇偶校验

循环冗余码

给定信息位和生成多项式，用信息位左移r位后除以生成多项式对应二进制代码所得余数做冗余位r位，除法中减法不借位

接收方将接收到的码字除以生成多项式对应的二进制代码，整除则无错，不整除则有错。

纠错码

海明码

可以纠正一位差错

信息位K位，增加R位冗余位，要求 $2^R - 1 \geq K + R + 1$ 。如4位信息位，只需要3位冗余位就能满足不等式

监督关系式和错码位重要有对照表，作为监督关系式的生成依据。

冗余位由监督关系式对应生成，是监督关系式取值为0的情况下冗余位的对应值

正反码

冗余位个数与信息位个数相同，冗余位与信息位完全相同或相反

信息位有奇数个1时，冗余位与信息位相同；信息位有偶数个1时，冗余位与信息位相反

介质访问控制

目的：解决局域网中公用信道竞争使用时，使用权分配的问题。

信道划分介质访问控制

采用多路复用技术，将多个信道的信息整合到一个链路中，在接收端再分离出来

频分多路复用FDM

将多路基带信号调制到不同频率载波上再叠加形成复合信号

将物理信道的总带宽分割成若干子信道，每个子信道传输一种信号，要求子信道带宽和不能超过总信道带宽

充分利用带宽，效率高，技术成熟。

时分多路复用TDM

将物理信道分成若干时间片轮流分配给多个信号使用。（时间片轮转法？）

波分多路复用WDM

光的频分多路复用，在光纤中传输不同频率（波长）的光信号，最后由分波器分解出来。

光频率高，有很高带宽

码分多路复用CDMA

又称码分多址，既共享频率，又共享时间，是一种真正动态复用技术

频谱利用率高，抗干扰能力强，保密性强，语音质量好，减少投资运营成本

随机访问介质访问控制

胜利者通过争用获得信道，从而获得信息的发送权，该类型协议又称为争用型协议。

可以工作在无线信道，也可以工作在总线型网络中。

ALOHA

纯ALOHA

当发生碰撞时碰撞，双方数据都出错，碰撞的站点等待一段随机的时间重传，直到重传成功为止。

吞吐量低

时隙ALOHA

将所有各站时间上同步起来，将时间划分为时间片（时隙），只能在每个时隙开始时才能发送一个帧

避免帧发送的任意性，减少冲突，提高信道利用率

CSMA

1-坚持CSMA

发送前监听信道；空闲则立即发送，忙则继续监听直到空闲。冲突则随机等待一段时间重新监听

信号传输延迟影响较大，冲突可能性也很高

非坚持CSMA

发送前监听信道；空闲则立即发送，忙则放弃，等待一段随机时间后重新监听。

减少了冲突概率，但网络平均延迟增加

p-坚持CSMA

发送前监听信道；空闲则以概率p发送；若不发送，则在下一个时隙以概率p发送，如此往复。

若信道忙，则到下一个时隙再监听

是上面两个方式的折中方案。

CSMA/CD

全称是载波监听多路访问/冲突检测，适用于总线型或半双工网络

先听后发，空闲则发，边听边发，冲突停发，传输拥塞，随机重发

为保证边听边发，要求每个数据帧必须大于一个最小帧长，小于最小帧长的就丢弃。

最小帧长=总线传播延时*传输速率*2

CSMA/CA

全称带冲突避免的载波监听多路访问，冲突避免是指尽量减少冲突发生可能性

CSMA/CD能检测冲突，但无法避免，CSMA/CA不能检测冲突，但能尽量避免

CSMA/CD用于总线型以太网，CSMA/CA用于无线局域网

CSMA/CD通过电缆电压变化检测空闲，CSMA/CA采用能量检测，载波检测和能量载波混合检测三种检测空闲方式

CSMA/CA在本节点处有冲突不一定在接收节点处就有冲突

轮询访问介质访问控制

令牌传递协议

在令牌环网中，只有收到令牌的站才可发送帧。帧在所有站中转发，接收站维持一个副本也转发，最后由发送者撤销，然后释放令牌。

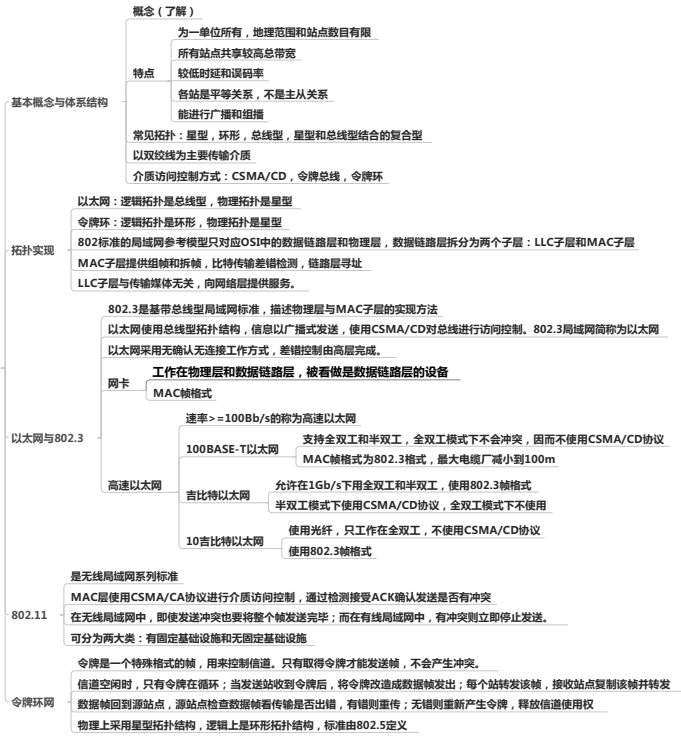
物理拓扑不一定是环，但逻辑传递通路必须是一个环

数据链路层2

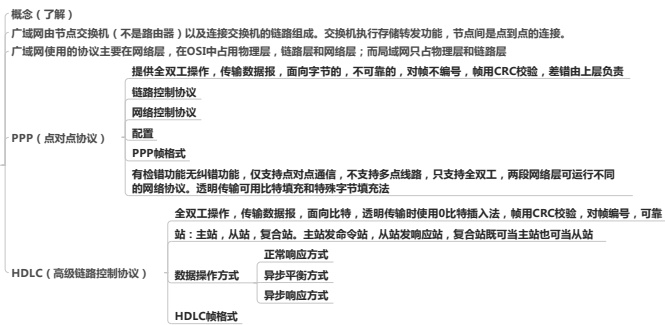
流量控制与可靠传输



局域网



广域网



数据链路层设备



网络层1

功能

- 异构网络互连
 - 概念：在网络层使用标准化协议（如IP），但相互连接的网络则可以是异构的
 - 物理层或数据链路层的中继系统仅是将网络扩大，其本质仍是同一个网络
 - Subtopic
- 路由与转发
 - 路由选择：根据路由协议构造路由表，并从其他路由器得到的网络变化情况，动态更新路由表
 - 分组转发：根据转发表将用户IP数据报从合适端口转发出去
 - 路由表由选择算法得到，转发表由路由表得到。转发表应当查找过程最优化，路由表应对网络拓扑变化计算最优化。平时不区分路由表和转发表，统称路由表
- 拥塞控制
 - 通信子网中因出现过量数据报引起网络性能下降的现象
 - 拥塞控制解决的问题是如何获取拥塞信息并解决拥塞问题，注意区别流量控制
 - 控制方法
 - 开环控制：事先考虑拥塞原因，尽量避免拥塞的静态预防法
 - 闭环控制：基于反馈环路的概念，检测拥塞的产生并处理，是动态的方法

路由算法

- 静态路由：由网络管理员手工添加和维护路由表，不适用于大型和复杂的网络环境
- 动态路由：由路由器间彼此交换信息，按一定算法得来，不断更新，有助于改善网络性能
- 距离-向量路由算法
 - 所有节点定期将路由选择表传递给邻接节点，路由选择表中包括目的节点与路径代价
 - 收到路由选择表后，对比自己的路由选择表，若有一条新的路由，则在路由表中添加上；若有一个路径代价更小的路由，则更新
 - 显然更新报文的大小与通信子网节点数成正比，RIP使用该算法
- 链路状态路由算法
 - 每个节点都有完全的网络拓扑信息
 - 每个节点主动测试邻接节点的状态，并定期的将链路状态传播给所有其他节点，而不仅仅是其邻接节点
 - 节点收到链路状态报文后，节点更新自己的网络拓扑信息，用Dijkstra算法算出单源节点最短路径
 - 优点：每个节点独立计算路径，易于查找故障。链路状态报文大小与网络中路由节点数无关，规模可伸展
- 层次路由
 - 随着网络规模扩大，路由表变大，查找路由表变慢，传递路由表占用更大带宽，因此路由选择按层次方式进行
 - OSPF将系统划分出域，路由器只知道本区域路由细节，不知道其他域的路由细节
 - 降低区域内内部路由信息通信量，但增加了交换信息的种类，适用于规模很大的自治系统

IPv4分组

- 数据报的格式
 - IP首部大小为20B，IP数据报总长度不超过65535B
 - 当分组长度超过MTU时，必须分片
 - 校验和只校验分组首部，不校验数据部分
 - 路由器转发分组前，TTL-1。当TTL=0时该分组必须丢弃
 - 协议字段6表示TCP，17表示UDP
- 数据报分片
 - MTU表示数据链路层能承载的最大数据量，是最大传输单元，用来限制IP数据报长度
 - 分片后的数据报在目的地址网络层合并，依据是首部的标识，标志和片偏移
 - 每个分片有相同的标识。标志有MF和DF两位，MF表示是否是最后一片，DF表示该数据报能否分片。通过片偏移确定该片在原始报文中的位置。片偏移以8B为单位
- 网络层转发分组
 - 1、提取目的IP地址，得到目的网络地址N
 - 2、若该地址直接与路由器相连，则直接将数据报交给主机
 - 3、若路由表中有到达网络N的路由，则根据路由表转发该数据报
 - 4、若路由表中有默认路由，则发送到默认路由。若234都失败，则报告转发分组出错

IPv4

- IP地址由网络号和主机号组成。网络号在全因特网是唯一的，主机号在该网络号下是唯一的。5类IP地址
- 特殊IP地址
 - 主机号全0表示本网本
 - 主机号全1表示本网广播地址
 - 127.0.0.1用于环回自检，该报文不会出现在任何网络上
 - 32位全0表示本主机
 - 32位全1表示整个网络广播地址。由于路由器对广播域隔离，实际相当于本网广播地址
- 特点
 - 网络信息中心分配IP时只分配网络号，由得到IP的单位分配主机号
 - 路由器转发IP数据报的依据是网络号，不考虑主机号，可减小路由表大小
 - 当一台主机连接两个网络时，必须同时有两个网络网络号对应的IP地址（外网地址，内网地址）。每个路由器必然至少具备两个IP地址，每个端口至少分配一个IP地址
 - 用集线器、交换机、网桥连接的若干域网同属一个网络（一个广播域），因此其网络号都相同，主机号都不同

NAT

- 网络地址转换，将专用网络地址转换为公用网络地址，从而对外隐藏内部地址。NAT节省了IP地址的消耗，隐藏内部网络细节，降低受攻击的风险
- 私有地址不能直接用于Internet，要通过NAT转换为全球IP地址后才能用于Internet，所有路由器对目的地址是私有地址的数据报一律不转发
- 使用NAT时需要连接到因特网的路由器要有NAT软件，且至少有一个有效外网地址。NAT映射表存放着内网地址-端口号->外网地址-端口号的映射
- 普通路由器转发数据报时不改变源和目的IP地址，而NAT路由器转发数据报时要根据地址转换表更换IP地址。

IPv4

子网划分

- 在IP地址中增加一个“子网号”字段，使IP地址变成3级，这叫子网划分。子网划分是内网范畴，外网不知子网划分
- 从主机号中借用若干位构成子网号，IP地址变成<网络号：子网号：主机号>。
- 原子网号不能全为0或全为1，现随着CIDR的广泛使用，子网号也可以全0或全1了，但要求路由器有软件支持
- 无论IPv4还是CIDR，主机号全0或全1都不能分配。主机号全0是子网网络号，主机号全1是子网广播地址

子网掩码

- 子网掩码表达对源网络中主机号的借位，进行子网划分。
- 子网掩码中1的部分对应网络号和子网号，0的部分对应主机号。IP地址与子网掩码相与得到的是子网的网络号
- 主机除了设置IP地址，必须设置子网掩码
- 使用子网掩码特征
 - 一个子网下的所有主机和路由器对应端口，有相同子网掩码
 - 路由表中记录：目的网络地址：子网掩码：下一跳地址

路由转发方法

- 从分组中提取目的IP地址，用各子网子网掩码与IP相与，若有匹配的相应网络地址，则直接传送到主机
- 若路由表中有目的IP特定路由，则转发到下一跳
- IP地址和路由表中各子网掩码相与，若有匹配的目的网络地址，则转发到下一跳
- 若有默认路由，传递给默认路由，否则报告转发分组出错。

无类编址（CIDR）

- 在使用变长子网掩码的基础上提出的消除ABC类的划分，在软件支持下实现超网构造的一种IP地址划分方法
- 使用网络前缀代替子网概念，两级CIDR为<网络前缀，主机号>
- CIDR记法：即IP地址/网络前缀占用的比特数。如128.14.32.5/20表示掩码前20位全1，后12位全0，用掩码和IP相与得到网络前缀（跟子网划分一致）。CIDR不使用子网是指没有指明子网字段，但组织内部仍可划分子网
- 超网：网络前缀相同的IP组成地址块，其可以包含多个ABC类地址，称为路由聚合或构成超网。
- CIDR前缀越短，主机号越长，可分配地址越多，计算时注意去掉全0和全1的地址
- 最长前缀匹配：路由表项目为<网络前缀，下一跳地址>，查找时若有多个匹配项，则选前缀最长的。
- CIDR查找路由表算法：线表二叉树。

ARP

- 网络层只能看到抽象的IP数据报分组
- IP地址与MAC
 - 虽然IP首部有完整的源IP和目的IP，但路由选择时只需要目的IP
 - 数据链路层只能看到帧，***** ???
- ARP地址解析协议完成IP地址到MAC地址的映射。每台主机、路由器上都有一个ARP表，使用ARP协议动态维护该表
- 工作原理：A向B发送IP报，在A的ARP表中看有B的IP地址，则有查出其硬件地址写入MAC帧并发送。若没有，则A用全F的MAC地址广播ARP请求分组，可以使同一局域网所有主机收到该分组。B收到该请求后发送响应ARP分组，包含B的IP与MAC的映射。A收到后写入ARP表，封装MAC帧并发送。
- 若A和B不在同一局域网，则ARP找到本局域网路由器地址，将分组发给路由器，让路由器将分组发给下一个网络。

DHCP

- 动态主机配置协议。它是应用层协议，基于UDP，用来动态分配IP地址
- 申请主机广播请求报文，DHCP服务器响应报文并分配IP。该IP是临时IP，有租用时间。

ICMP

- 网际控制报文协议，是网络层协议，使主机和路由器可以报告差错和异常情况
- ICMP也是IP分组，其报文作为IP分组的数据字段
- ICMP差错
 - 终点不可达；源点抑制（减缓发送速率）；时间超时（TTL到0）
 - 参数问题（首部参数）；改变路由（重定向）
- 不发送ICMP差错
 - ICMP报文出错
 - 分片的数据报的后续分片
 - 具有多播地址的数据报
 - 127.0.0.1或0.0.0.0这样的特殊地址的报文
- 应用
 - ping：应用层协议，直接使用ICMP协议而不使用TCP和UDP协议，用到ICMP的回送请求和回答报文
 - tracert（traceroute）：工作在网络层，使用ICMP的超时报文

网络层2

IPv6

解决IP消耗的方法：CIDR，NAT，IPv6。而IPv6是最根本的方法

增加到128位，地址空间更大

扩展地址层次结构

首部格式灵活

改进选项

允许协议继续扩充

支持自动配置

支持资源预分配

特点

单播：点对点通信。

多播：一对多点的通信，分组被交到一组计算机的每一个。

任播：目标计算机是一组，但只交付给一个，常是距离最近的一个。IPv6增加的类型



20计算机考研群：738222741

路由协议

自治系统AS（了解）

自治系统内部路由选择称为域内路由；自治系统之间的路由选择称为域间路由

域内域间路由

内部网关协议（IGP）：自治系统内部使用的协议，如RIP，OSPF

外部网关协议（EGP）：自治系统间的协议，如BGP-4

RIP

路由信息协议，是一种分布式基于距离-向量的路由选择协议。是应用层协议，使用UDP传输数据。

要根据距离-向量路由算法维护路由表，规定每30秒广播一个路由更新信息

距离也成为跳数，每经过一个路由器跳数+1。跳数为0表示直接连接。RIP认为跳数最少的路由最好。

跳数的最大值为16，即路由最多只能经过15个路由器，超过16表示不可达。适用于小型网络

RIP中每个网络子网掩码必须相同。RIP2中支持CIDR

仅和相邻节点交换路由表，时间间隔为30秒

一开始每个路由器只知道相邻节点路由，一次RIP广播后就能知道跳数为1的路由，N次广播后所有路由器最终知道整个网络的路由表，称RIP最终是收敛的。

特点

A收到B发来的RIP报文<C,3>，A将该报文修改为<B,4>

若A的路由表中没有C，则将C加入到路由表中。若A的路由表中有C且下一跳是B的话，则更新

若A的路由表中有C但下一跳不是B的话，看哪个跳数小选哪个

若路由表中某个项目180秒没更新过，则将该路由项目距离改为16（不可达）

过程

网络出现故障时，收敛变慢，俗称坏消息传的慢

更新要传递整个路由表，占用带宽大

缺点

开放最短路径优先协议，使用链路状态路由算法，是网络层协议

和RIP的区别

OSPF使用泛洪法向本域内所有路由器发送更新信息，而不仅仅是相邻节点

发送的信息是与本路由相邻的所有路由器的链路状态，而不是整个路由表

只有链路状态改变时才向所有路由广播更新，而不是定时更新，且更新过程收敛的快

是网络层协议，直接传递IP数据报，而不是应用层协议使用UDP

其他特点

OSPF可根据IP分组的不同服务类型设置不同代价，计算不同路由，更灵活

相同代价的多路经间可以负载均衡

交换的分组可鉴别，可用来鉴别路由器，保证仅在信赖的路由器间交换分组

支持变长子网和CIDR

每个链路状态有一个32位序号，序号越大状态越新

工作原理

路由器间频繁交换链路状态信息，最终构成全网拓扑结构图。每个路由器根据该图使用Dijkstra计算最短路径来构造自己的路由表。当链路状态发生变化时，根据算法重新计算路由表。路由表不会存储完整路径，只会存储下一跳

OSPF可将一个自治系统再划分成更小的域，路由器只知道本域内的网络拓扑，减少整个网上的通信量

分组类型

问候分组：发现和维持邻接点的可达性

数据库描述分组：向邻接点发出自己数据库中所有链路状态项目的摘要

链路状态请求分组：请求发送特定链路状态项目的详细信息

链路状态更新分组：使用泛洪法更新全网链路状态，是OSPF核心部分

链路状态确认分组：对上面链路状态更新分组的确认分组

工作过程

通常每隔10秒交换一次问候分组，确保节点可达

刚开始时用数据库描述分组和相邻路由交换链路状态信息，然后使用链路状态请求分组请求自己没有的链路，最终同步全网数据库

运行时，只要有一个路由器的链路状态发生变化，就用泛洪法发送链路状态更新分组，其他路由器更新后发送确认分组

BGP

边界网关协议，是不同自治系统的路由器间交换路由信息的协议。是应用层协议，基于TCP协议，使用路径-向量路由算法，不是距离-向量算法

每个自治系统至少有一个路由器作为BGP“发言人”，各发言人之间交换路由信息

交换时要先建立TCP连接，然后交换BGP报文建立会话，利用该会话交换路由信息。最后各发言人就能找到到达各自治系统的较好路由

特点

BGP交换的节点数是网络中的AS数，明显比AS内节点数小很多

每个AS的发言人是很少的，这样自治系统间的路由不会很复杂

BGP支持CIDR，此路由表项应包括网络前缀，下一跳路由以及中间会经过的AS序列

BGP刚运行时邻接点间交换整个路由表，之后有变化时只交换变化的部分，节省带宽

工作原理

打开报文，用来和另一个发言人建立连接

更新报文，用来更新路由信息

保活报文，确认打开报文，确认临界点关系

通知报文，发送检测到的错误

IP组播

组播概念

源计算机发送一次分组可抵达用一组地址标示的若干计算机

源主机把单个分组发送给一个组播地址，网络将该分组考本N份，发送给该分组内的N台主机。一个主机可属于多个组

在IPv4中，组播地址在D类地址中分配，IPv6中也有一部分控件保留给组播

主机使用IGMP加入组播组，组播需要路由器支持。主机发送一次分组，路由器分叉一次复制一次

IP组播地址

每个D类地址标示一个组播组，作为组播数据报的目的地址，D类地址范围是224.0.0.0~239.255.255.255。

组播数据报协议字段为2，标示使用IGMP，组播地址不能用于源地址。

组播地址不产生ICMP错误报文，因此Ping组播地址不会收到回应

不是所有D类地址都可做组播地址，D类IP地址只有后23位可用作组播

移动IP

概念

移动节点以固定IP实现跨网段漫游

通信过程

移动节点在本地网段，使用传统TCP/IP通信

移动节点到外地网段，仍使用固定IP通信，需要向当前代理注册转交地址

源代理收到转交地址后，为移动IP建立转交隧道转发IP分组

IP分组到达转交地址后，解除隧道封装恢复原始分组，发给移动节点

路由器

组成

是一个有多个输入输出端口的专用计算机

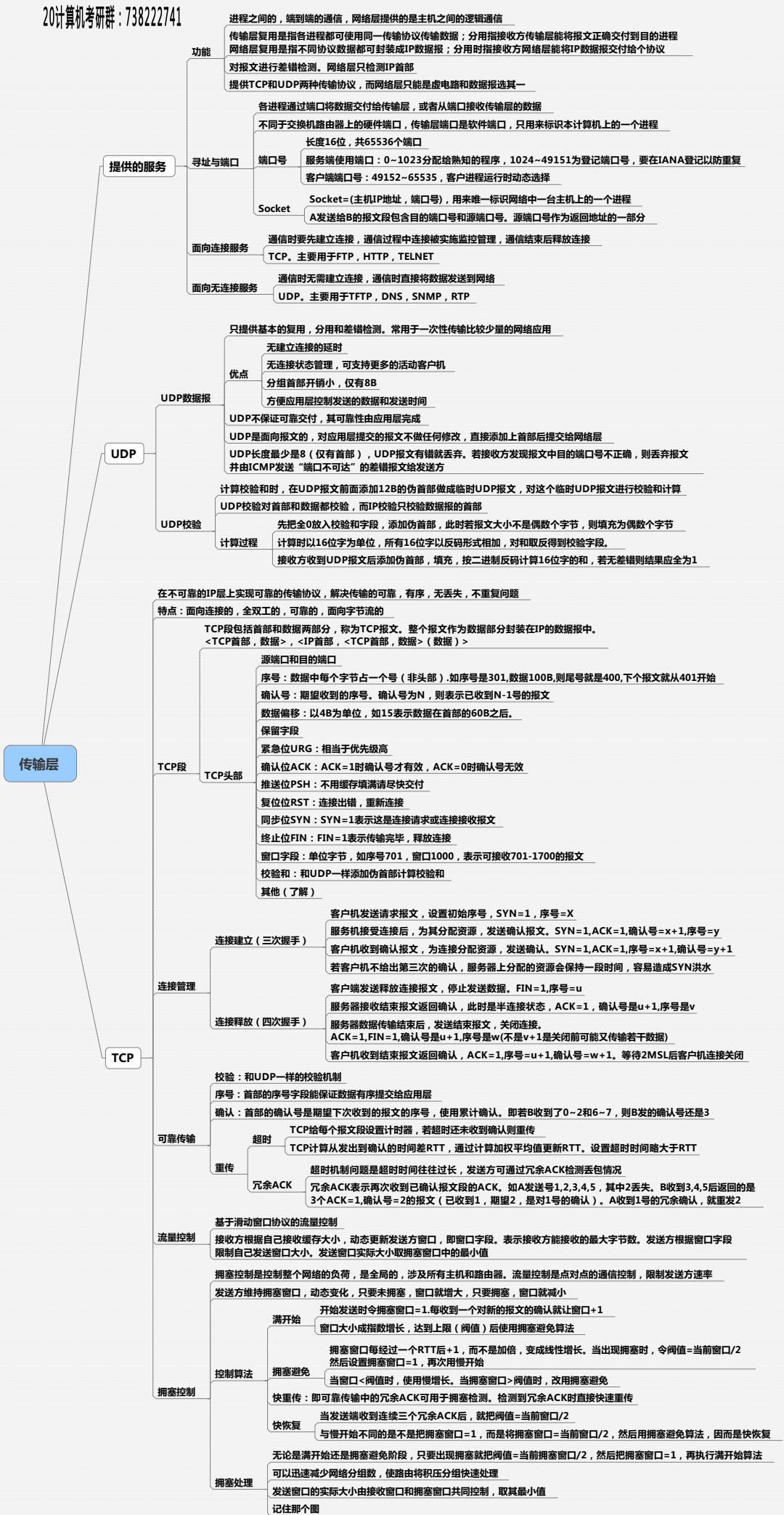
功能

异构互联，隔离广播域。输入端口路由器将帧拆解取出网络层数据报，输出端口再将数据报封装成帧。

路径选择，分段，帧格式转换，数据报生存时间和流量控制

路由表：<目的网络IP地址，子网掩码（或CIDR掩码），下一跳地址，接口>

转发表：<目的地址，下一跳>，根据路由表生成。路由表总是用软件实现，转发表可用软件实现也可用硬件实现



应用层

