

# 基本概念

## 1. 计算机网络的定义

计算机诞生之初，每台计算机都只能在“自己范围”内处理信息，不同计算机之间交换或分享信息只能通过 **存储介质**



将计算机技术与通信技术进行结合，诞生了计算机网络，所以从技术范畴来看，计算机网络是计算机技术与通信技术相互融合的产物。

计算机网络是利用通信设备与通信链路或者通信网络，互联 **位置不同、功能自治** 的计算机系统，并遵循一定的规则实现计算机系统之间 **信息交换**。

**简短、概括性定义：**

**计算机网络是互联的、自治的计算机的集合**

**自治：**是指互联的计算机系统彼此独立，不存在主从或者控制与被控制的关系。

**互联：**是指利用通信链路连接相互独立的计算机系统。

**通信链路：**可以是双绞线，光纤，微波，通信卫星等。不同链路速率（带宽）不同， 单位：bit/s、bps、b/s

计算机网络中的计算机应理解为计算机设备，通常称为 **主机** 或 **端系统**。

目前最大的，应用最广泛的计算机网络是Internet（英特网）

ISP (Internet Service Provider)

## Internet 互连

家庭用户端系统构成小型家庭网络，并借助电话网络、有线电视网络等接入局域或本地ISP

企业网络、校园网等网络，通常构成一定规模的局域网，然后在接入区域或本地ISP

区域或本地ISP再与更大规模的国家级ISP互连

国家级ISP再与其他国家级ISP或全球性ISP互连，从而实现全球性端系统的互联

## ISP

ISP 网络有许多有线或无线通信链路互连，分组交换设备构成。

分组交换设备

可以实现数据分组的接收与转发，是构成Internet的重要基础，存在多种形式，最典型的就是路由器和交换机。

路由器和交换机是典型的分组交换设备

## 2. 协议的定义

Internet 中互连的端系统、分组交换设备或其他网络设备再进行信息的发送，接收或转发的过程中，都需要遵循一些规则或约定，即网络协议

网络中的通信实体之间进行数据交换时，在不同的情况下需要遵循不同的协议。

计算机网络中的所有通信过程都需要遵循某个或某些协议。例如：HTTP，TCP，IP，ARP 等

## 协议

概括的说，协议约定了实体之间交换的信息类型，信息各部分的含义，信息交换顺序以及收到特定信息或出现异常时应采取的行为。

## 协议三要素

任何协议都会显示或隐式地定义3各基本要素：语法 syntax、语义 semantics、时序 timing

语法

定义实体之间交换信息的格式与结构，或定义实体（如硬件设备）之间传输信号的电平等。

语义

就是定义实体之间交换信息中需要发送哪些控制信息， 这些控制信息的含义， 以及针对不同含义的控制信息， 接收信息端应如何响应。

语义还需要定义彼此采用何种差错编码， 以及采取何种差错处理机制等。

#### 时序

也称为同步

定义实体之间交换信息的顺序以及如何匹配或适应彼此的速度。

## 3. 计算机网络的功能

计算机网络的功能是在不同主机之间实现快速的信息交换。 通过信息交换可以实现 **资源共享** 这一 **核心** 功能

资源功能包括

- 硬件资源功能

通过计算机网络，一台主机可以共享使用另一台主机的硬件资源

包括：计算资源（CPU）、存储资源、打印机、扫描仪等IO设备（例如：云计算和云存储）

- 软件资源共享

网络上的主机可以远程访问、似乎用服务器计算机上运行的各类大型软件（例如，数据库）。

软件的共享可以避免软件的重复投资， 重复部署，有效节省成本

S

近年来，许多软件提供商改变了传统的软件销售模式， 诞生了软件即服务（Software as a service, SaaS）

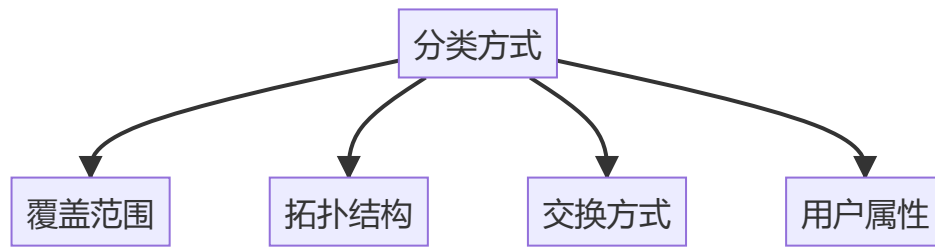
SaaS 是目前互联网环节下软件共享的典型模式

- 信息资源共享

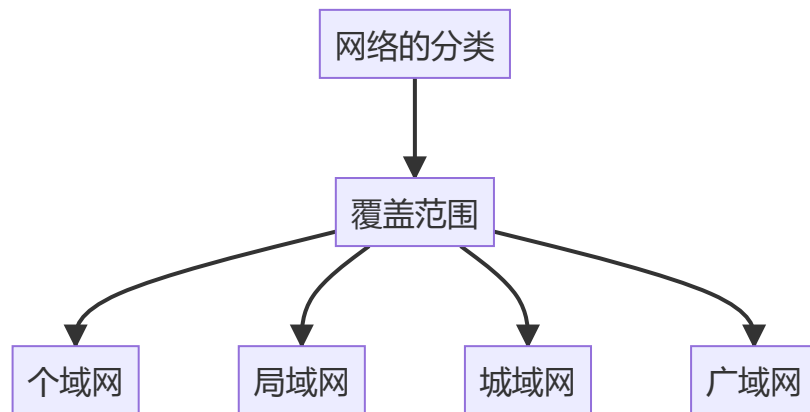
计算机网络所支持的信息交换就是典型的信息共享。

## 4. 计算机网络的分类

## 分类方式



## 分类-覆盖范围



### 个域网

- 由个人设备通过无线通信技术构成小范围的网络
- 实现个人设备间的数据传输
- 覆盖范围:1m-10m

### 局域网

- 部署在办公室/办公楼/厂区等局部区域内
- 采用高速有线或无线链接主机
- 实现局部范围内的高速数据传输
- 覆盖范围:10m-1km

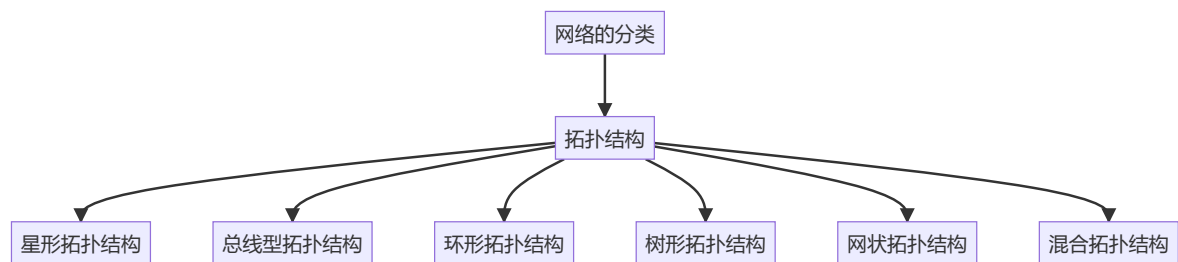
### 城域网

- 覆盖一个城市范围的网络
- 覆盖范围5-50km

## 广域网

- 跨越更大地理空间范围的网络
- 实现异地城域网或局域网的互连
- 覆盖范围在几十到几千千米

## 分类-拓扑结构



### 星形拓扑结构

包含一个中央节点

网络中的主机通过点对点通信链路与中央节点连接，主机之间的通信都需要通过中央节点进行

多见于局域网，个域网

易于监控与管理，故障诊断与隔离容易

中央节点是网络的瓶颈

### 总线型拓扑结构

采用一条广播信道作为公共传输介质，所有节点与总线连接并通过总线进行通信

任一节点通过总线发送数据，其他节点都会收到信号

同一时间有多个节点发送数据时会产生冲突

机构简单，电缆数少，易于扩展

通信范围受限，故障诊断与隔离较为困难，容易产生冲突

### 环形拓扑结构

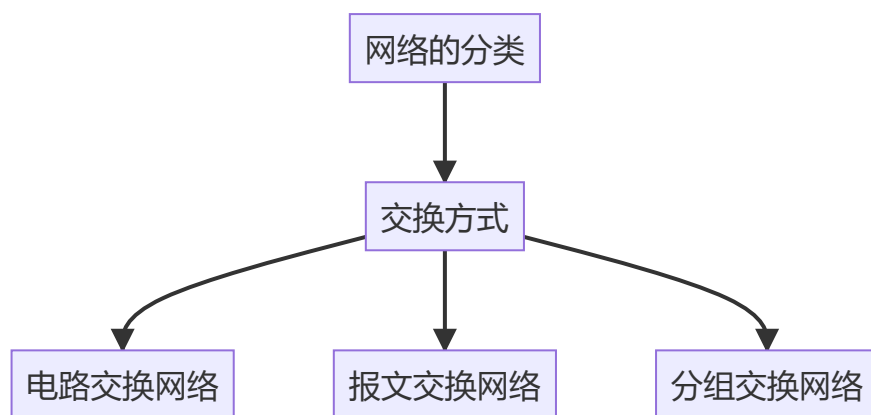
网状拓扑结构

树形拓扑结构

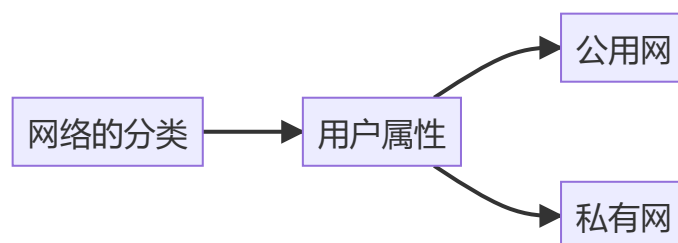
混合拓扑结构

## 分类-交换方式

数据交换是指网络通过彼此互连的节点间的 **数据转接**，实现将数据从发送节点送到目的节点的过程和技术。



## 分类-用户属性



公用网：面向公众提供收费或免费服务， 移动通信网络

私有网：面向组织内部成员提供服务， 军事专用网络

# 计算机网络结构

大规模现代计算机网络的结构包括：边缘网络，接入网络，网络核心 三部分

## 网络边缘

连接到网络上个的计算机，服务器，智能手机，智能传感器，智能家电等主机(端系统)位于网络的最边缘。

这些连接到网络的所有端系统构成了网络边缘。

网络边缘上的端系统运行分布式网络应用，在端系统之间进行数据交换，实现应用目的。

普通网络用户在使用网络时就是在网络边缘中通过使用某网络应用，实现网络边缘的端系统之间的信息交换。

可以说网络边缘为网络用户提供了网络应用服务

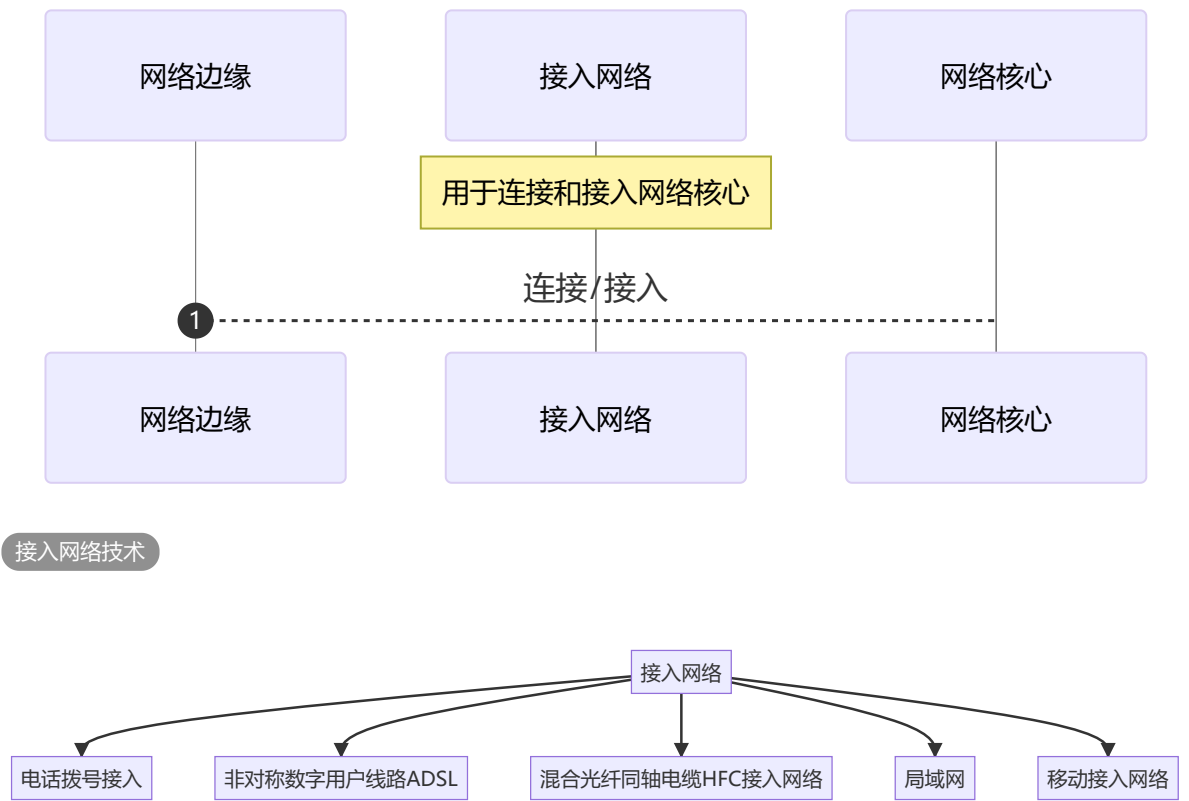
网络边缘的端系统可以通过通信链路直接连接

## 接入网络

在大规模、复杂的网络中，大部分端系统距离遥远，甚至在不同的国家， 这些端系统之间的网络连接和通信需要网络核心 进行数据中继或转发。

通常情况下，网络核心是由一些电信网络运营商等企业运营的ISP网络，不能直接延申到用户区域。

接入网络是实现网络边缘的端系统与网络核心 进行连接与接入 的网络



### 电话拨号接入

利用电话网络，调制解调器（modem）将数字信号调制到模拟电话线路，通过电话网络的模拟语音信号作为载波传送到远端

再利用调制解调器将数字信号从模拟信号调解出来

早期用于家庭网络接入，带宽小（56Kbit/s）

### 非对称数字用户线路ADSL

也是利用现有电话网络的用户线路实现的接入网络，现在家庭用户接入网络的常见方式

基于频分多路复用技术实现电话语音通信和数字通信共享一条用户线路。

非对称：上行带宽比下行带宽小

带宽与用户线路长度有关

独享式

### 混合光纤同轴电缆HFC接入网络

也称为电缆调制解调器（cable modem）接入。

利用有线电视网络实现网络接入的技术。

共享式：同一栋楼共用一条HFC电缆，共享带宽

HFC没有ADSL接入速率快。

### 局域网

在组织范围内建设局域网，连接所有需要接入外部网络的主机，然后通过企业网络或校园网络的边缘路由器连接网络核心。

典型技术：以太网，Wi-Fi

### 移动接入网络

利用移动通信网络（3G，4G，5G）实现智能手机，移动终端等设备的网络接入。

个人设备接入网络的首选途径。

## 网络核心

网络核心是由通信链路互连的分组交换设备构成的网络，作用是实现网络边缘中的主机之间的数据

中继与转发

交换机与路由器都是典型的分组交换设备

对于网络中的每个路由器，必须能够为去往不同目的的数据做出合理决策，选择如何转发数据，如转发给哪个相邻的路由器

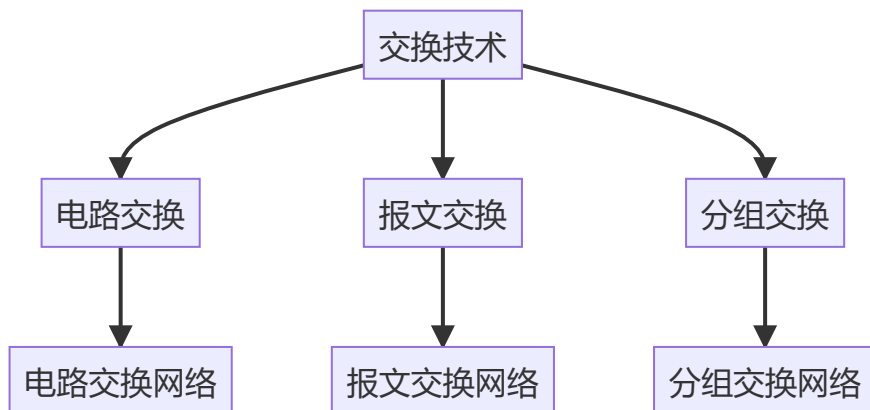
网络核心通过数据交换实现数据的中继与转发。



# 数据交换技术

数据交换是实现在大规模网络核心上进行数据传输的技术基础。

常见的数据交换技术包括：电路交换、报文交换、分组交换。



计算机网络的根本目的是在网络边缘的主机之间实现相互的数据传输，信息交换。

一个主机为了与其他所有主机交通信可以构建一个完全网状网络，如果主机数为 $N$ ，则各主机之间的网络需要有 $N * (N - 1) / 2$ 条链路。

当网络规模较大时，通过通信链路连接所有通信终端时不可行的。于是诞生了交换设备。

交换设备具有多通信端口，可以同时与多个通信节点连接，实现通信端口间物理或逻辑上的

并行通信

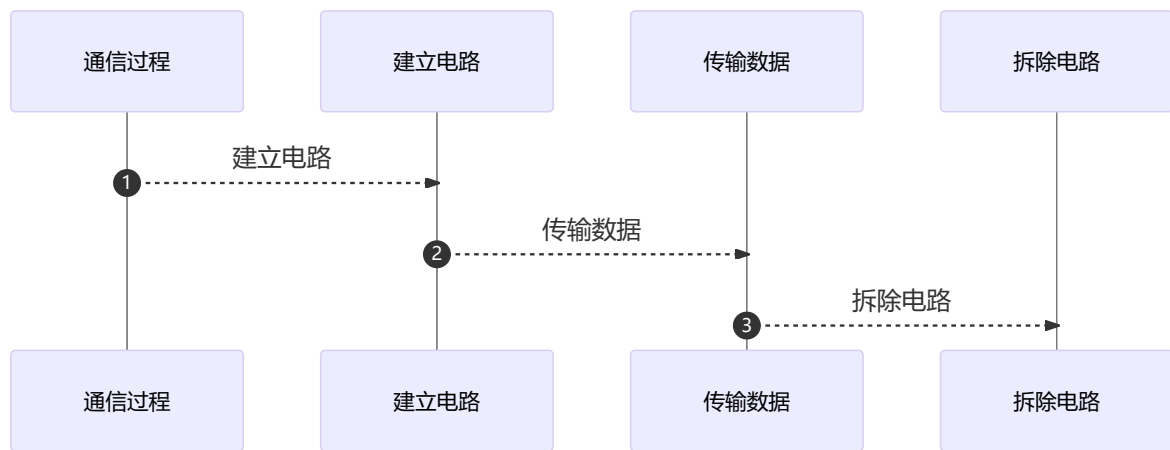
数据交换网络

为了连接更大范围、更多数量的主机，将许多交换设备互连，构成一个数据中继与转发的“中间网络”。这个中间网络只提供将数据从一个节点到另一个节点知道目的节点的数据中继与交换功能。因此称为数据交换网络。

## 电路交换

电路交换是最早出现的交换方式，电话网络是最早最大的电路交换网络。

利用电路交换网络进行通信包括三个阶段：建立电路，传输数据，拆除电路



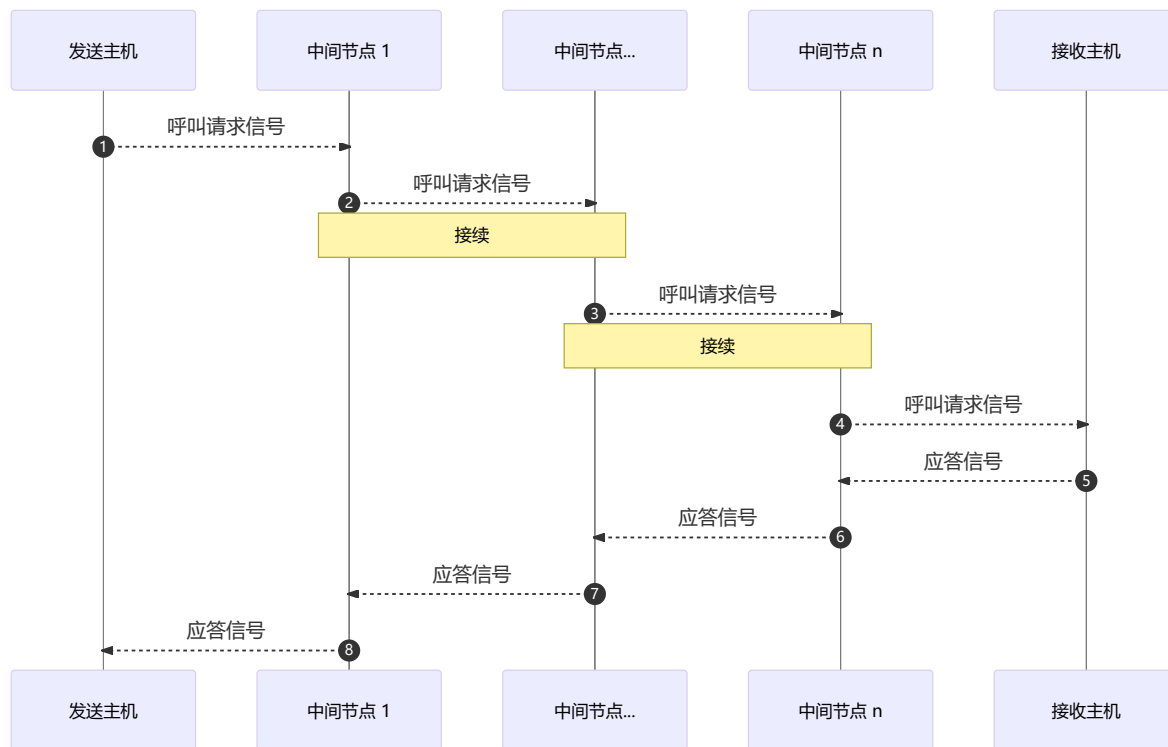
电路交换网络中，首先需要需要通过中间节点为两台主机之间建立一条专用通信线路，称为：**电路**

其次利用电路进行通信

最后拆除电路

电话 **拨号呼叫** 过程就是请求建立电路的过程

## 建立电路



建立电路的过程就是一系列交换节点的接续过程

#### 电路建立过程

两个主机之间的通信，首先需要发送主机发出呼叫请求信号

呼叫请求信号经若干节点沿途接通一条物理链路

接收主机发出应答信号

电路建立时间与中间交换节点的个数有关

## 数据传输

电路建立之后，就可以进行数据传输。

被传输的数据可以是 数字数据，也可以是 模拟数据

数据的传输可以是 单工，也可以是 全双工

## 拆除电路

数据传输完成后，需要释放（拆除）电路。

释放动作可以有发起、接收任意一方发起并完成。

释放信号必须传送到电路所经过的各个节点

## 总结

1. 有连接的
2. 要先建立电路连接
3. 通信过程独占一个信道
4. 通信结束需要拆除电路连接
5. 实时性高，时延和时延抖动都较小
6. 对于突发性数据传输，信道利用率低，传输速率单一
7. 适用于语音，视频等实时性强的业务

## 报文交换

也称为消息交换

### 工作过程

发送方把要发送的信息附加上发送/接收主机的地址及其他控制信息，构成一个完整的报文（message）  
后以报文为单位在交换网络的各个节点之间以 **存储-转发** 的方式传送，直至送到目标主机

### 延迟时间

一个报文在每个节点之间的延迟时间，等于接收报文所需的时间+向下一个节点转发所需的排队延迟时间之和

### 存储-转发

该方式只有在报文被转发时才占用相应的信道，相对电路交换而言线路利用率高

### 缺点

交换网络中的节点需要缓冲存储，报文需要排队，因此会导致 **延迟时间变长** 并且 **不固定**  
报文过多而存储空间不足时或输出链路被占用不能及时转发时，会 **丢弃报文**

现代计算机网络没有采用报文交换技术的

# 分组交换

---

## 基本原理

分组交换是计算机网络使用最广泛的一种数据交换技术，现代计算机网络几乎都是分组交换网络。

分组交换需要将待传输的数据（报文，message）拆分为较小的数据块，每个数据块附加上地址，序号等控制信息构成数据分组（包，packet），每个分组独立传输到目的地，目的地将收到的分组重新组装，还原为报文。

分组传输过程通常也采用 **存储-转发** 交换技术

分组交换是报文交换的一种改进，它将一个完整的报文拆分为若干各分组，每个分组有一个上限。

有限长度的分组使得每个节点所需的存储能力降低，分组可以存储到内存提高交换速度。