

网络层

网络层服务

数据报网络虚电路网络

网络互连与网络互连设备

网络层拥塞控制

Internet 网络层

路由算法与路由协议

4.1网络层服务



4.1网络层服务

网络层核心任务

将数据从源主机送达到目的主机

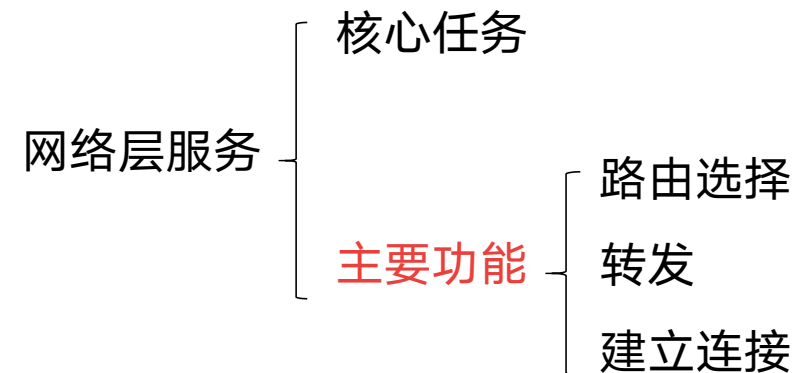
网络层服务

核心任务

主要功能

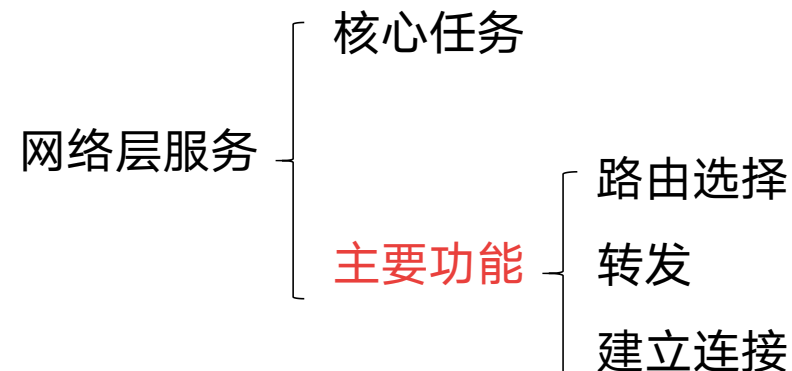
4.1网络层服务

网络层主要功能



4.1网络层服务

网络层主要功能



1、转发：当通过一条输入链路接收到一个分组后，路由器需要决策通过哪条输出链路将分组发送出去，并将分组从输入接口转移到输出接口。

4.1网络层服务

网络层主要功能

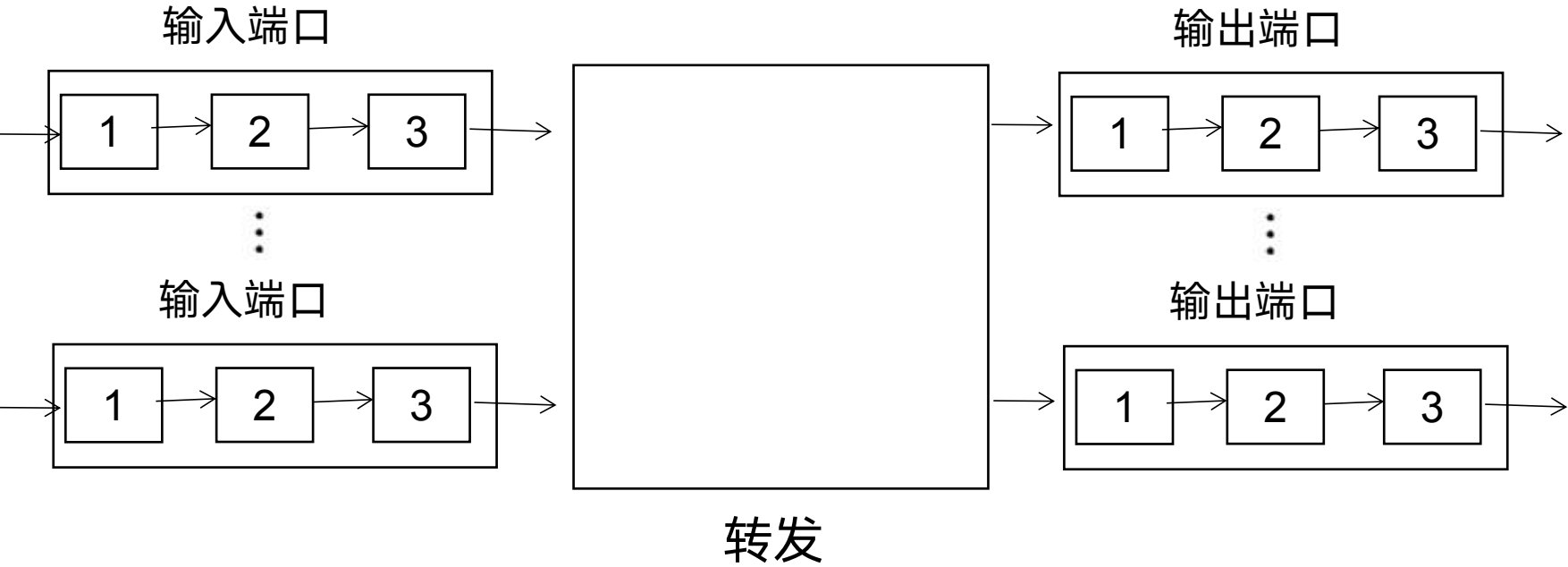
- 网络层服务
- 核心任务

主要功能

路由选择

转发

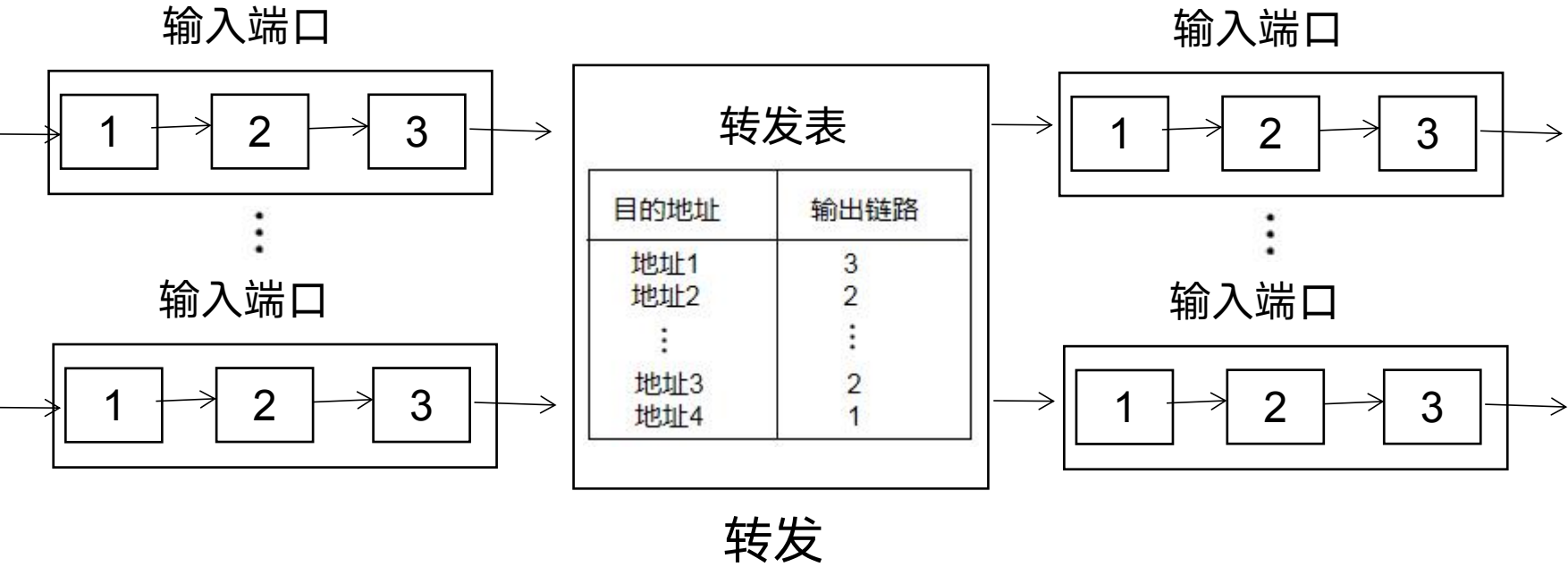
建立连接



4.1网络层服务

网络层主要功能

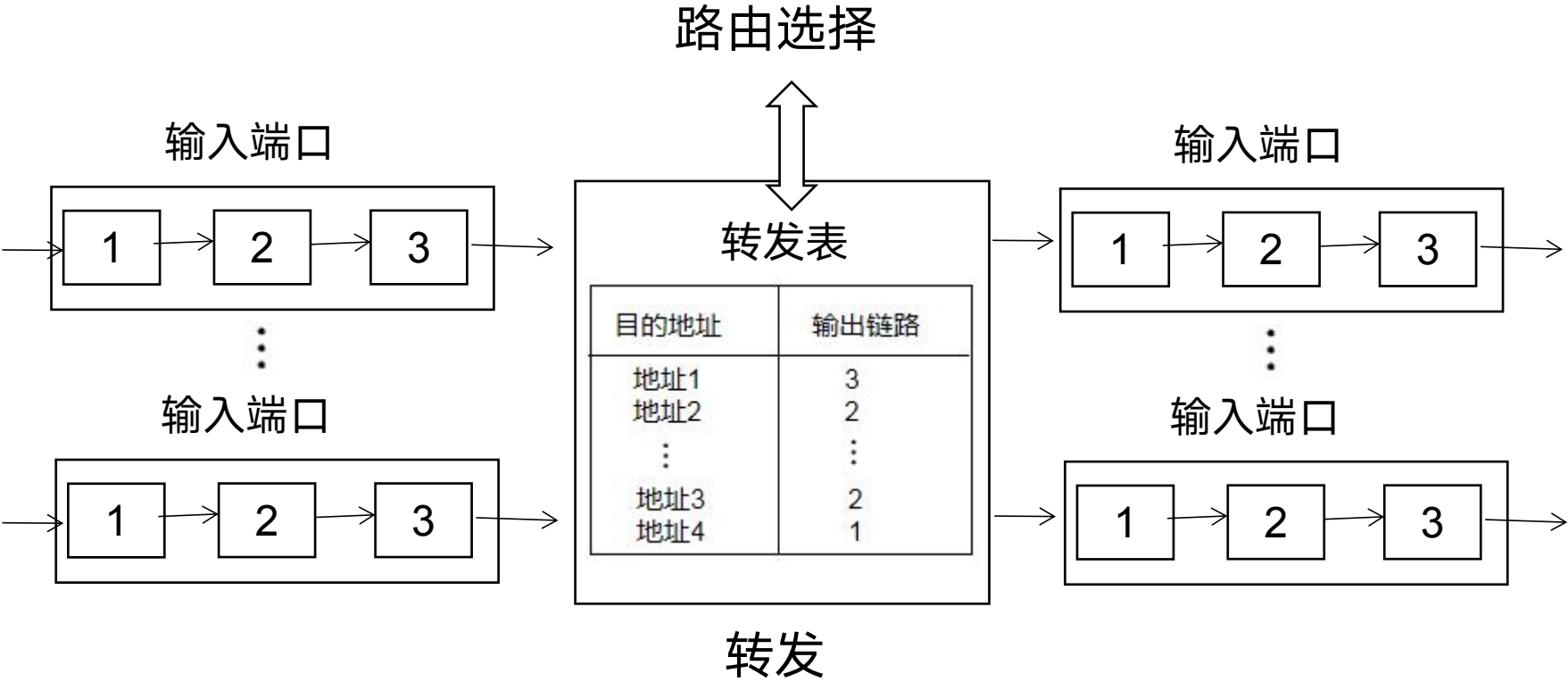
- 网络层服务
- 核心任务
- 主要功能
- 路由选择
- 转发
- 建立连接



4.1网络层服务

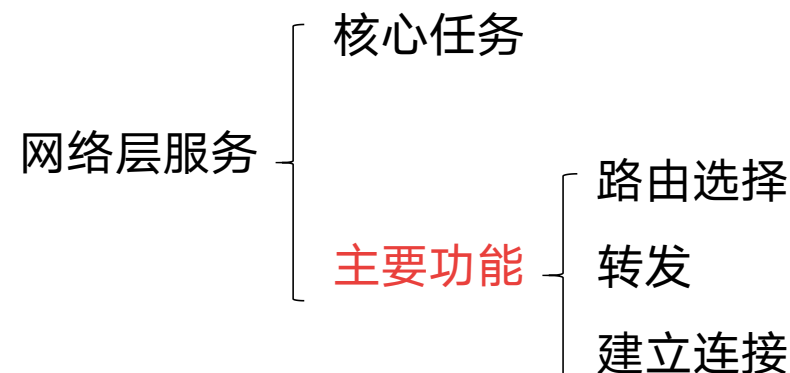
网络层主要功能

- 网络层服务
 - 核心任务
 - 主要功能
 - 路由选择
 - 转发
 - 建立连接



4.1网络层服务

网络层主要功能

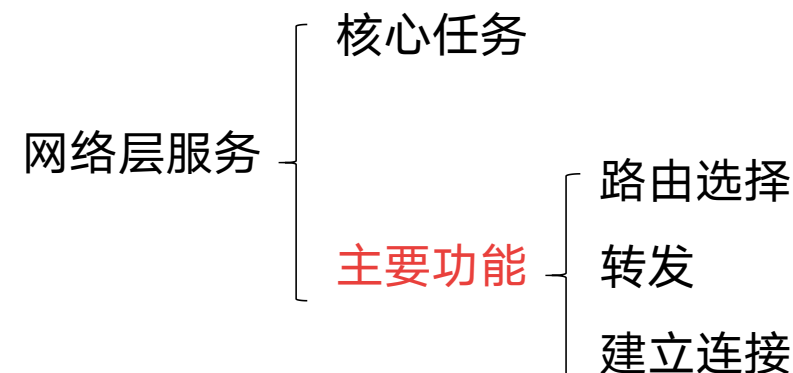


1、转发：当通过一条输入链路接收到一个分组后，路由器需要决策通过哪条输出链路将分组发送出去，并将分组从输入接口转移到输出接口。

2、路由选择：当分组从源主机流向目的主机时，必须通过某种方式决定分组经过的路由或路径，计算分组所经过的路径的算法被称为路由选择算法，或称路由算法。

4.1网络层服务

网络层主要功能



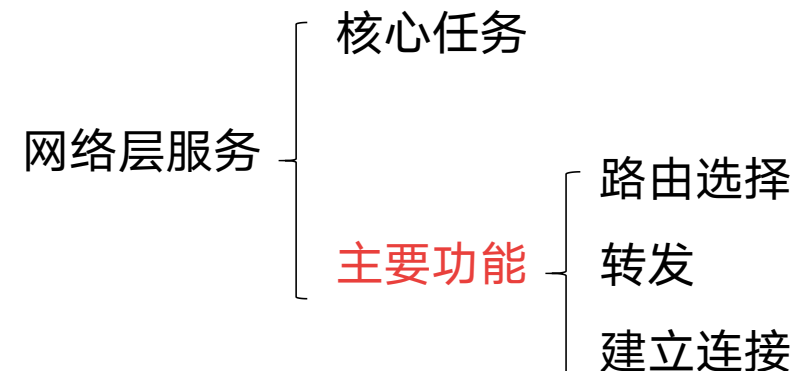
1、转发：当通过一条输入链路接收到一个分组后，路由器需要决策通过哪条输出链路将分组发送出去，并将分组从输入接口转移到输出接口。

2、路由选择：当分组从源主机流向目的主机时，必须通过某种方式决定分组经过的路由或路径，计算分组所经过的路径的算法被称为路由选择算法，或称路由算法。

3、连接建立：网络层连接是从源主机到目的主机经过的一条路径，这条路径所经过的每个路由器等网络设备都要参与网络层连接的建立。

4.1网络层服务

网络层主要功能



根据是否在网络层提供连接服务，分组交换网络可以分为：

在网络层提供连接服务的**虚电路(Virtual-Circuit,VC)网络**；

在网络层提供无连接服务的**数据报网络(datagram network)**；

真题演练

网络层要实现的基本功能是：转发、（ ）建立连接。

真题演练

网络层要实现的基本功能：转发、路由选择、建立连接。

真题演练

下列选项中不属于网络层功能的是（ ）

A:实现转发

B:路由选择

C:为用户提供网络应用

D:连接建立

真题演练

下列选项中不属于网络层功能的是（C）

A:实现转发

B:路由选择

C:为用户提供网络应用

D:连接建立

真题演练

根据是否在网络层提供连接服务，分组交换网络可以分为数据报网络和（ ）

A:实电路网络

B:虚电路网络

C:互连网络

D:非互连网络

真题演练

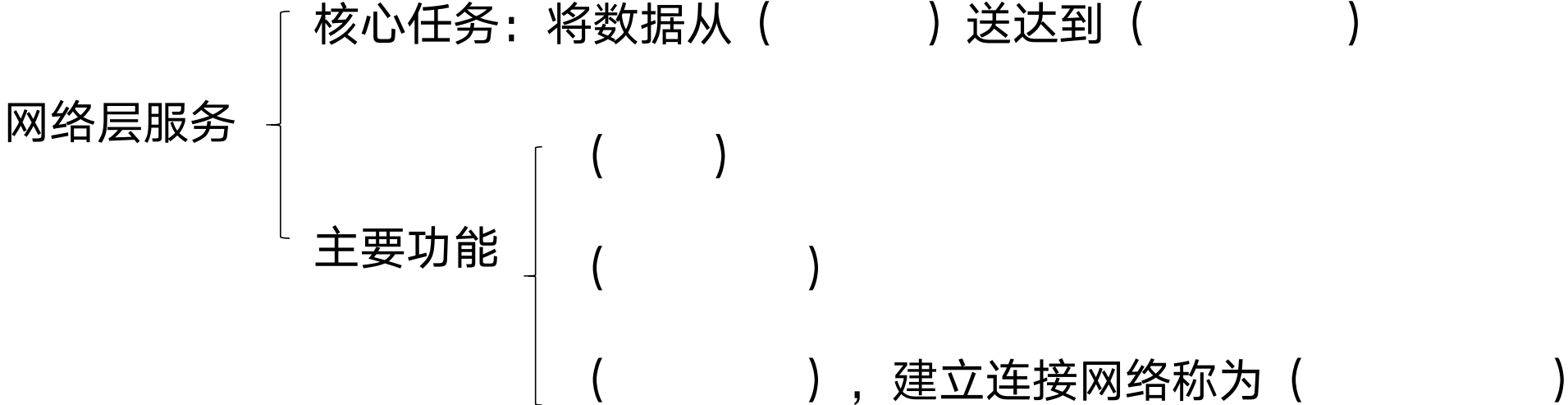
根据是否在网络层提供连接服务，分组交换网络可以分为数据报网络和（B）

A:实电路网络

B:虚电路网络

C:互连网络

D:非互连网络



网络层服务

核心任务：将数据从（源主机）送达到（目的主机）

主要功能

（ ）

（ ）

（ ），建立连接网络称为（ ）

网络层服务

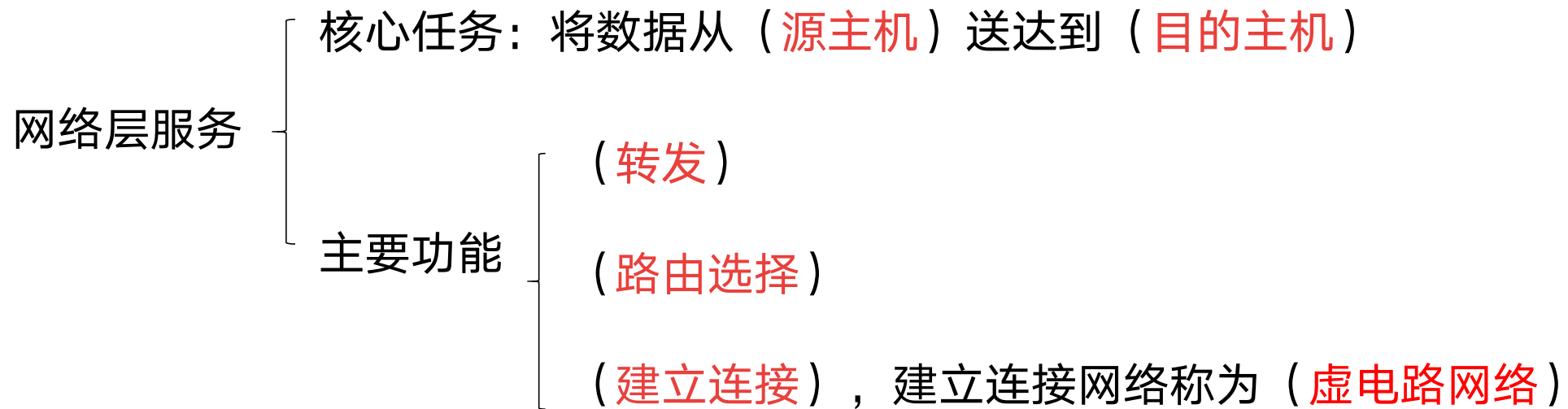
核心任务：将数据从（源主机）送达到（目的主机）

主要功能

（转发）

（路由选择）

（建立连接），建立连接网络称为（ ）



4.2 数据报网络与虚电路网络

本节知识点：



4.2 数据报网络与虚电路网络

数据报网络与虚电路网络

数据报网络

虚电路网络

知识点1： 数据报网络

按照**目的主机地址**进行路由选择的网络称为数据报网络。

4.2 数据报网络与虚电路网络

数据报网络与虚电路网络

数据报网络

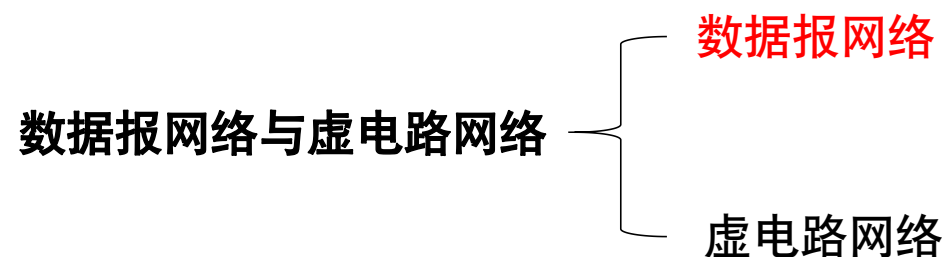
虚电路网络

知识点1：数据报网络

数据报网络：（无连接服务）

源主机每要发送一个分组，就为该分组加上目的主机地址，然后将该分组推进网络。

4.2 数据报网络与虚电路网络



知识点1：数据报网络

数据报网络：（无连接服务）

源主机每要发送一个分组，就为该分组加上**目的主机地址**，然后将该分组推进网络。数据报网路中不维护连接状态信息，但有转发状态信息。

每个路由器使用分组的**目的主机地址**来转发该分组。

4.2 数据报网络与虚电路网络

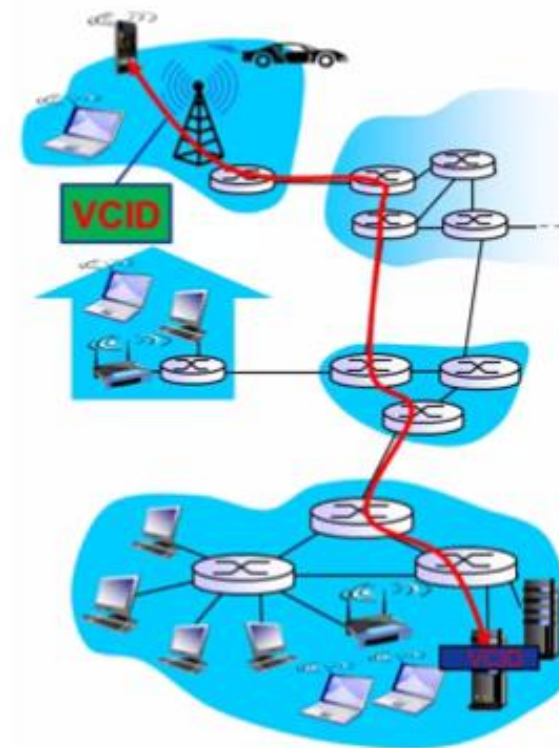
知识点2：虚电路网络

虚电路（virtual circuit, VC）是在源主机到目的主机的一条路径上建立的一条网络层**逻辑**连接，为区别于电路交换中的电路，称之为**虚电路**。

数据报网络与虚电路网络

数据报网络

虚电路网络

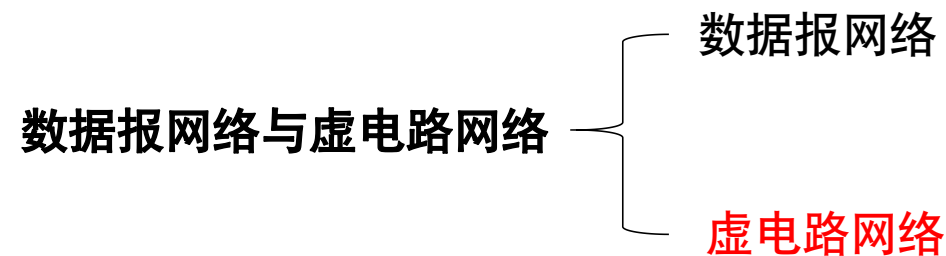


图一：逻辑电路示例

4.2 数据报网络与虚电路网络

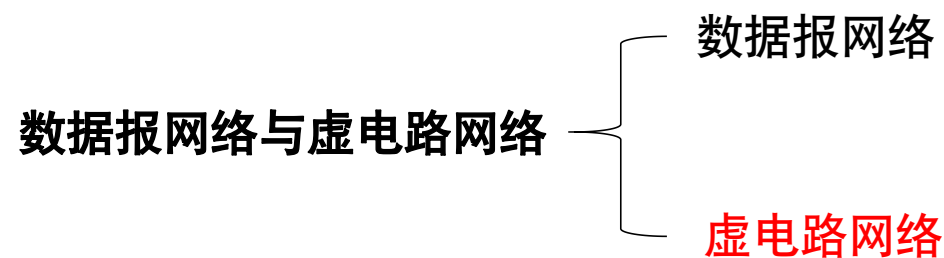
知识点2： 虚电路网络

一条虚电路由3个要素构成：



4.2 数据报网络与虚电路网络

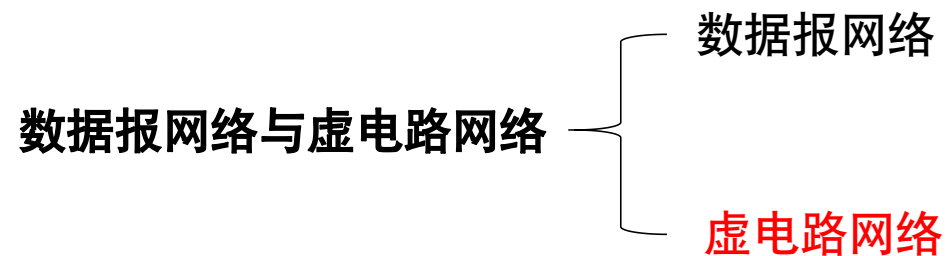
知识点2：虚电路网络



一条虚电路由3个要素构成：

1) 从源主机到目的主机之间的一条**路径**（即一系列的链路和分组交换机）

4.2 数据报网络与虚电路网络

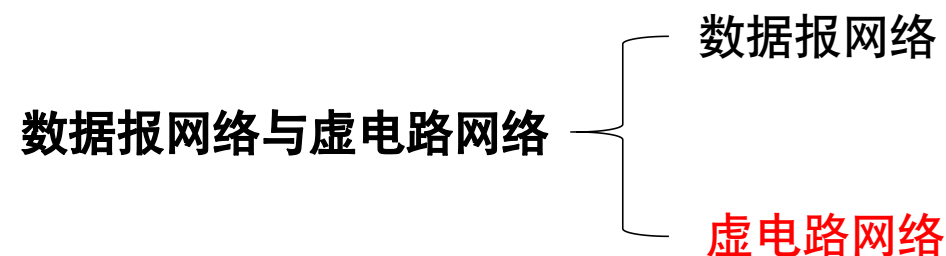


知识点2：虚电路网络

一条虚电路由3个要素构成：

- 1) 从源主机到目的主机之间的一条**路径**（即一系列的链路和分组交换机）
- 2) 该路径上的每条链路各有一个**虚电路标识**（VCID）

4.2 数据报网络与虚电路网络



知识点2：虚电路网络

一条虚电路由3个要素构成：

- 1) 从源主机到目的主机之间的一条**路径**（即一系列的链路和分组交换机）
- 2) 该路径上的每条链路各有一个**虚电路标识**（VCID）
- 3) 该路径上每台分组交换机的转发表中**记录虚电路标识的接续关系**

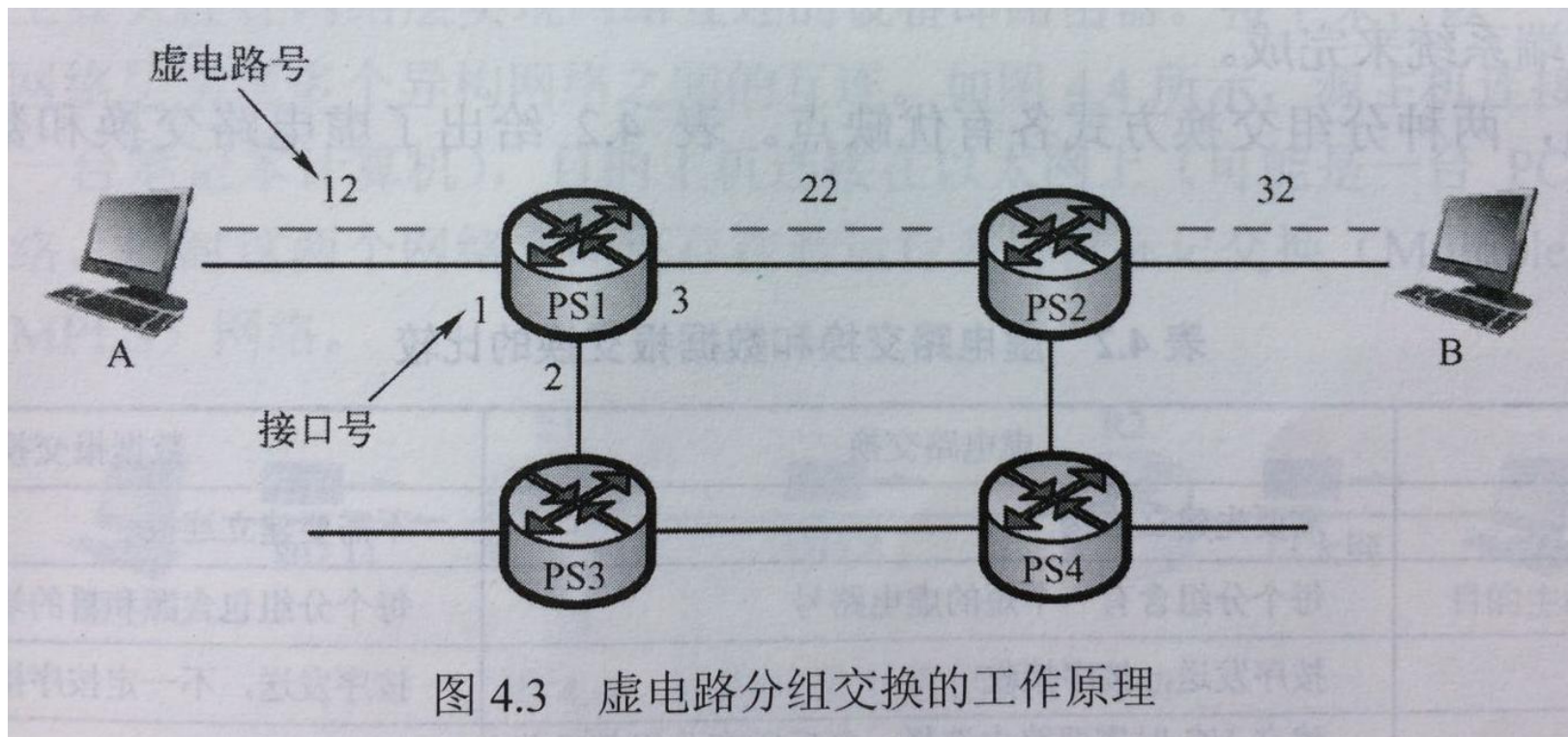
4.2 数据报网络与虚电路网络

数据报网络与虚电路网络

数据报网络

虚电路网络

知识点2：虚电路网络



| 输入接口 | 输入VCID | 输出接口 | 输出VCID |
|------|--------|------|--------|
| 1 | 12 | 3 | 22 |

4.2 数据报网络与虚电路网络



知识点2： 虚电路网络

PS1的VCID转换表

| 输入接口 | 输入VCID | 输出接口 | 输出VCID |
|------|--------|------|--------|
| 1 | 12 | 3 | 22 |
| 2 | 63 | 1 | 18 |
| 3 | 7 | 2 | 17 |
| 1 | 97 | 3 | 87 |

4.2 数据报网络与虚电路网络

知识点2： 虚电路网络

| 项目 | 虚电路交换 | 数据报交换 |
|--------|---------------------------|---------------|
| 是否建立连接 | 需要先建立连接 | 不需要建立连接 |
| 地址 | 每个分组含有一个短的虚电路号 | 每个分组包含源和目的端地址 |
| 分组顺序 | 按序发送，按序接收 | 按序发送，不一定按序接收 |
| 路由选择 | 建立VC时需要路由选择，之后所有分组都沿此路由转发 | 对每个分组独立选择 |
| 典型网络 | X.25、帧中继、ATM | 因特网 |

练习题

1、下列关于无连接通信服务特点的描述中错误的是（ ）。 **选择题**

A:分组要携带目的结点地址

B:数据分组可能丢失

C:传输过程中不需建立连接

D:收发数据顺序不变

练习题

1、下列关于无连接通信服务特点的描述中错误的是（ D ）。 选择题

A:分组要携带目的结点地址

B:数据分组可能丢失

C:传输过程中不需建立连接

D:收发数据顺序不变

练习题

2、下列关于虚电路子网的说法中错误的是（ ）。 **选择题**

A:每个分组含有虚电路号

B:路由器要为每个连接建立表项

C:每个分组被独立的路由

D:资源可提前分配给每个虚电路

练习题

2、下列关于虚电路子网的说法中错误的是（ C ）。 选择题

A:每个分组含有虚电路号

B:路由器要为每个连接建立表项

C:每个分组被独立的路由

D:资源可提前分配给每个虚电路

练习题

3、在分组交换网络中，按照（ ）进行路由选择的网络称为数据报网络。 **选择题**

A:目的端口号

B:源端口号

C:目的主机地址

D:源主机地址

练习题

3、在分组交换网络中，按照（C）进行路由选择的网络称为数据报网络。选择题

A:目的端口号

B:源端口号

C:目的主机地址

D:源主机地址

练习题

4、在数据报网络中，发送的分组和接收的分组次序不一定相同，需要对分组重新进行排序，这个任务通常由（ ）来完成。 **选择题**

A:应用层

B:传输层

C:网络层

D:数据链路层

练习题

4、在数据报网络中，发送的分组和接收的分组次序不一定相同，需要对分组重新进行排序，这个任务通常由（ B ）来完成。 选择题

A:应用层

B:传输层

C:网络层

D:数据链路层

练习题

5、在虚电路网络中，一条虚电路（VC）的构成要素不包括（ ）。 **选择题**

A:从源主机到目的主机之间的一条路径

B:该路径的虚电路标识

C:该路径上的每条链路各有一个虚电路标识

D:该路径上每台分组交换机的转发表中记录虚电路标识的接续关系

练习题

5、在虚电路网络中，一条虚电路（VC）的构成要素不包括（B）。 选择题

A:从源主机到目的主机之间的一条路径

B:该路径的虚电路标识

C:该路径上的每条链路各有一个虚电路标识

D:该路径上每台分组交换机的转发表中记录虚电路标识的接续关系

4.3 网络互连与网络互连设备

本节知识点：



4.3 网络互连与网络互连设备

网络互连与网络互连设备

异构网络互连

路由器

知识点1： 异构网络互连

异构网络：主要是指两个网络的通信技术和运行协议的不同。

例如：WAN，LAN等。

4.3 网络互连与网络互连设备

网络互连与网络互连设备

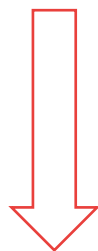
异构网络互连

路由器

知识点1：异构网络互连

异构网络：主要是指两个网络的通信技术和运行协议的不同。

例如：WAN，LAN等。



异构网络之间如何互连？

4.3 网络互连与网络互连设备

网络互连与网络互连设备

异构网络互连

路由器

知识点1： 异构网络互连

异构网络互连的基本策略：协议转换和构建虚拟互联网络。

4.3 网络互连与网络互连设备

网络互连与网络互连设备

异构网络互连

路由器

知识点1：异构网络互连

异构网络互连的基本策略：**协议转换**和构建虚拟互联网络。

协议转换：采用一类支持异构网络之间协议转换的网络中间设备，来实现异构网络之间数据分组的转换与转发。

例如：支持协议转换的网桥，交换机或者是多协议**路由器**和应用网关等。



4.3 网络互连与网络互连设备

网络互连与网络互连设备

异构网络互连

路由器

知识点1：异构网络互连

异构网络互连的基本策略：协议转换和**构建虚拟互联网络**。

构建虚拟互联网络：在异构网络基础上构建一个同构的虚拟互联网络。

例如：IP网络。Internet采用同构的网络层协议IP与网络寻址。

4.3 网络互连与网络互连设备

网络互连与网络互连设备

异构网络互连

路由器

知识点1：异构网络互连

异构网络互连的基本策略：协议转换和构建虚拟互联网络。

网络连接的设备：中继器、集线器、交换机、网桥、**路由器**和网关等。

4.3 网络互连与网络互连设备

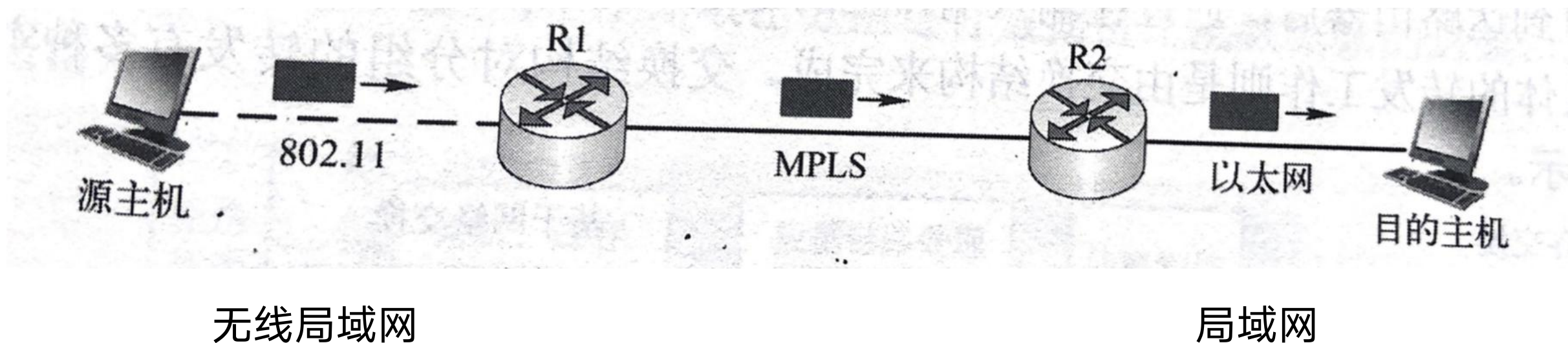
网络互连与网络互连设备

异构网络互连

路由器

知识点1：异构网络互连

路由器如何在网络层实现多个异构网络之间的互连：

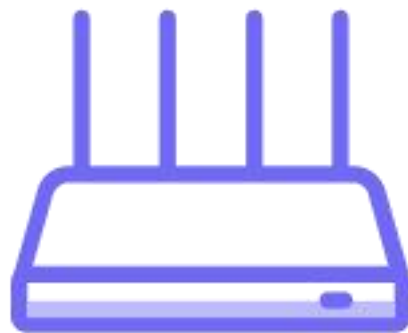


4.3 网络互连与网络互连设备



知识点2：路由器

路由器：具有多个输入端口和多个输出端口的**专用计算机**，主要任务就是获取与维护路由信息以及转发分组。**最典型的网络层设备。**



4.3 网络互连与网络互连设备

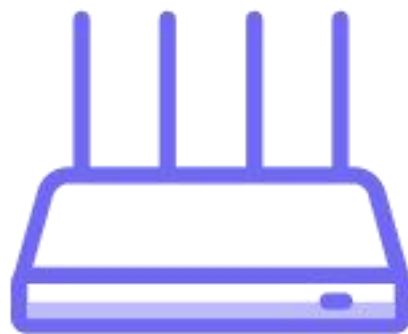
网络互连与网络互连设备

异构网络互连

路由器

知识点2： 路由器

路由器从功能体系结构角度：输入端口、交换结构、输出端口、路由处理器。



4.3 网络互连与网络互连设备

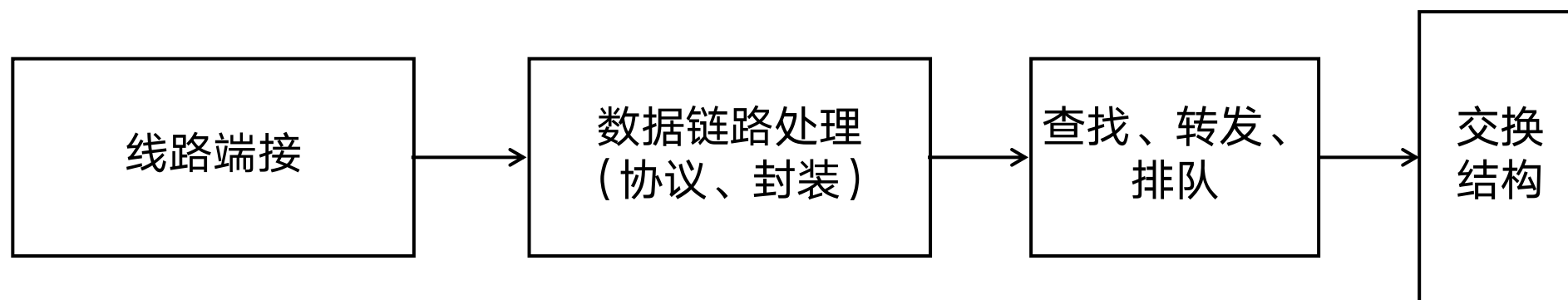
网络互连与网络互连设备

异构网络互连

路由器

知识点2：路由器

输入端口：查找，转发，到达分组 缓存排队功能。



输入端口接收与处理数据过程

4.3 网络互连与网络互连设备



知识点2：路由器

交换结构：完成具体的转发工作，将输入端口的IP数据报交换到指定的输出端口。

主要包括：

- 基于内存交换
- 基于总线交换
- 基于网络交换

4.3 网络互连与网络互连设备

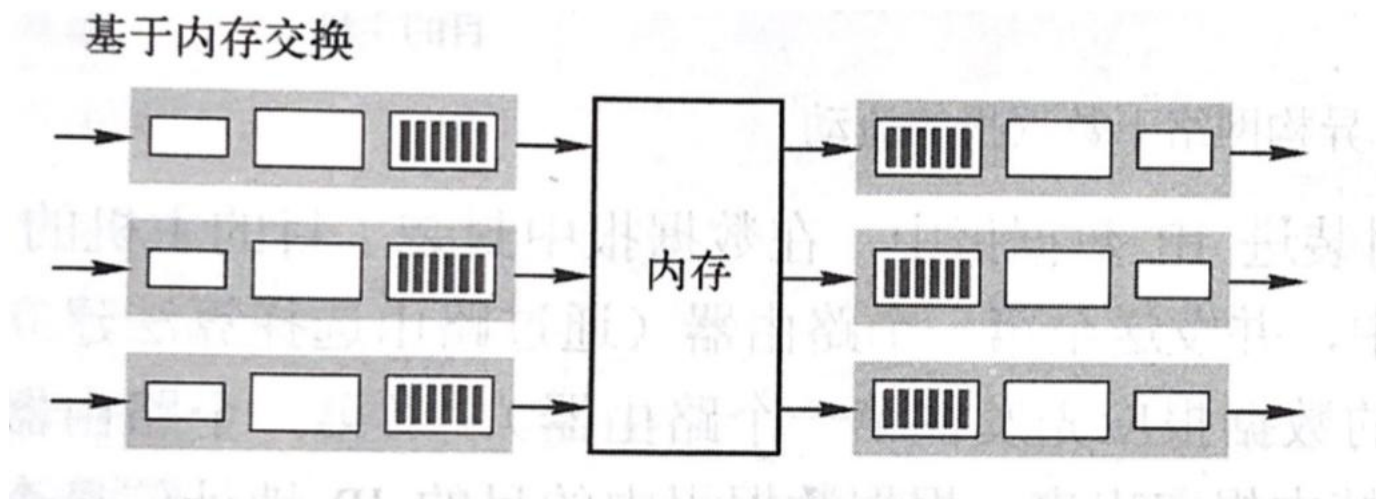
网络互连与网络互连设备

异构网络互连

路由器

知识点2：路由器

基于内存的交换：



基于内存交换:输入端口——内存、路由处理器——输出端口

4.3 网络互连与网络互连设备

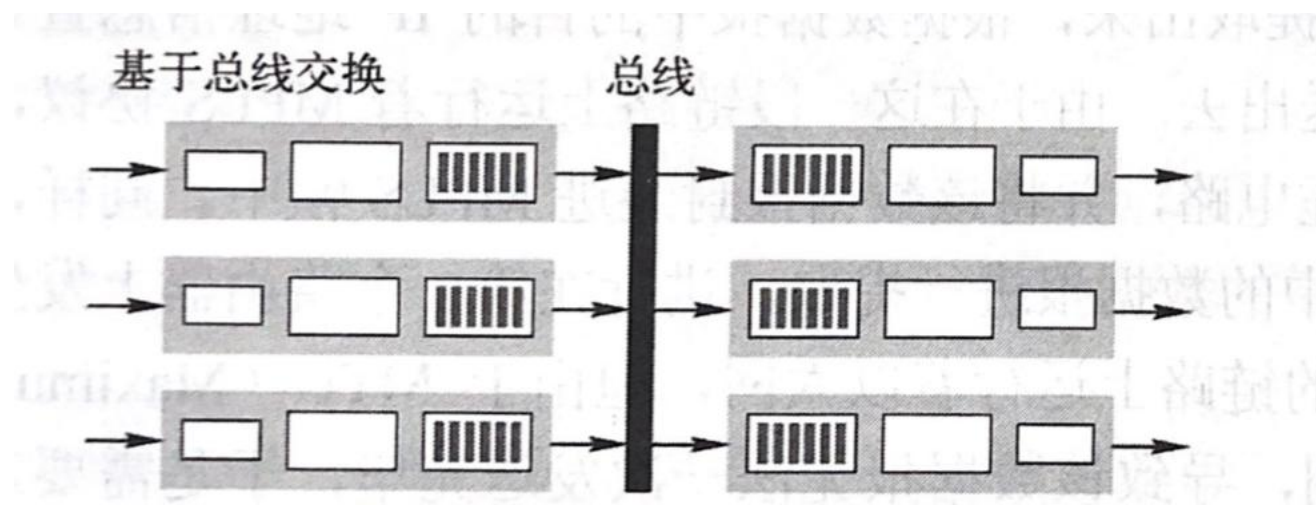
网络互连与网络互连设备

异构网络互连

路由器

知识点2：路由器

基于总线的交换：



基于总线交换：输入端口和输出端口连接在一条数据总线上。

无须路由处理器介入即可实现交换功能。

总线是独占式。

4.3 网络互连与网络互连设备

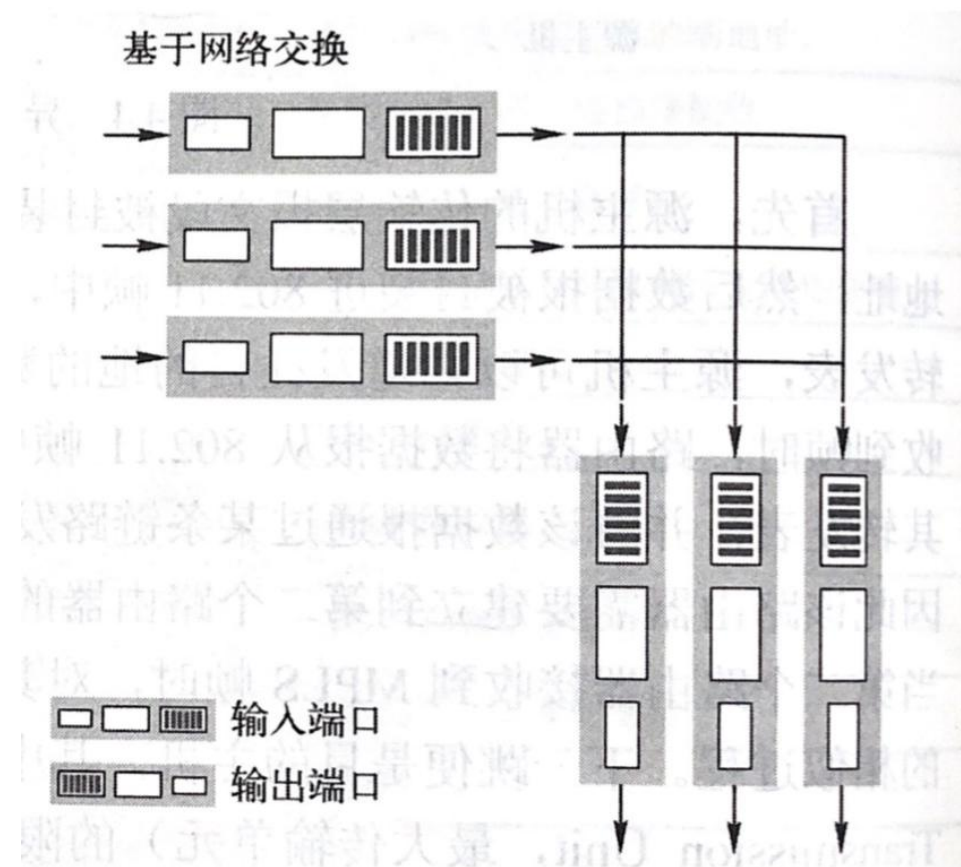
网络互连与网络互连设备

异构网络互连

路由器

知识点2：路由器

基于网络的交换：



基于网络交换：

使用一个复杂的互联网络来实现交换结构。

克服单一、独占所带来的限制。

并行交换传输。

4.3 网络互连与网络互连设备



知识点2：路由器

交换结构：将输入端口的IP数据报交换到指定的输出端口。主要包括基于内存交换、基于总线交换、基于网络交换3种交换结构。

基于内存交换：性能最低，路由器价格最便宜

基于网络交换：性能最高，路由器价格昂贵

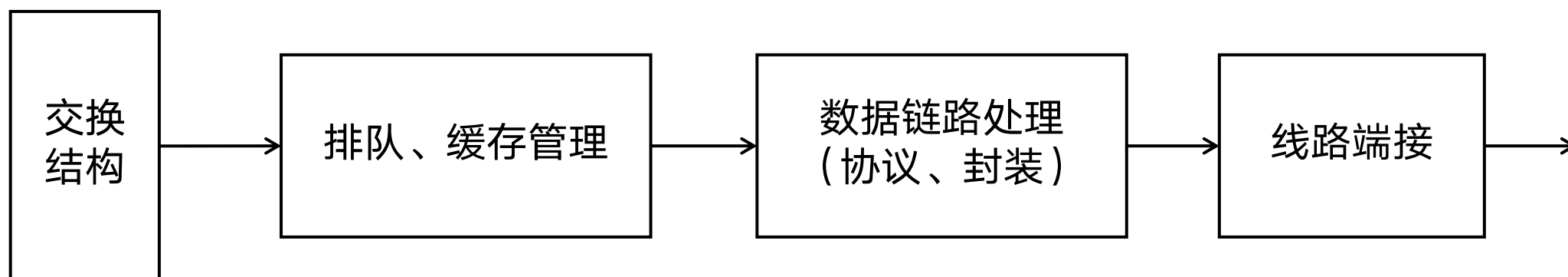
4.3 网络互连与网络互连设备

网络互连与网络互连设备

- 异构网络互连
- 路由器

知识点2：路由器

输出端口：缓存排队，从队列中取出分组进行数据链路层数据帧的封装，发送。



输出端口处理数据过程

4.3 网络互连与网络互连设备

网络互连与网络互连设备

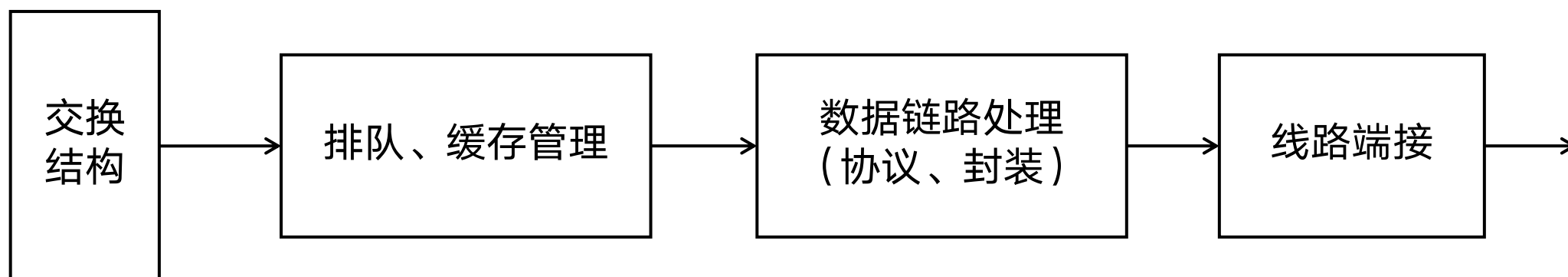
- 异构网络互连
- 路由器

知识点2：路由器

输出端口：缓存排队，从队列中取出分组进行数据链路层数据帧的封装，发送。

1、先到先服务(FCFS)调度策略；

2、按优先级调度、按IP数据报的服务类型（Tos）调度。



输出端口处理数据过程

4.3 网络互连与网络互连设备

知识点2：路由器

路由处理器：

- 1、执行命令
- 2、路由协议运行
- 3、路由计算以及路由表的更新和维护。



练习题

1、输出端口通常对队列中的分组执行（ ）的调度策略。 **填空题**

练习题

1、输出端口通常对队列中的分组执行（ **FCFS** ）的调度策略。 **填空题**

练习题

2、下列不属于路由处理器的功能的是（ ）。 选择题

A:路由协议的运行

B:路由计算

C:转发与路由选择

D:路由表的更新维护

练习题

2、下列不属于路由处理器的功能的是（ C ）。 选择题

A:路由协议的运行

B:路由计算

C:转发与路由选择

D:路由表的更新维护

练习题

3、下列不属于交换结构的是（ ）。 选择题

A:基于内存交换

B:基于总线交换

C:基于双通道交换

D:基于网络交换

练习题

3、下列不属于交换结构的是（ C ）。 选择题

A:基于内存交换

B:基于总线交换

C:基于双通道交换

D:基于网络交换

练习题

4、（ ）是最典型的网络层设备。 填空题

练习题

4、（ 路由器 ）是最典型的网络层设备。 填空题

练习题

5、路由器可以从功能体系结构角度分类，其中不包括（ ）。 **选择题**

A:输入端口

B:输出端口

C:路由存储器

D:路由处理器

练习题

5、路由器可以从功能体系结构角度分类，其中不包括（ C ）。 选择题

A:输入端口

B:输出端口

C:路由存储器

D:路由处理器

练习题

6、在路由器的交换结构中，同一时刻只能有一个分组通过总线进行传输的是基于（ ）交换结构。 选择题

A:基于内存交换

B:基于网络交换

C:基于双通道交换

D:基于总线交换

练习题

6、在路由器的交换结构中，同一时刻只能有一个分组通过总线进行传输的是基于（ D ）交换结构。 选择题

A:基于内存交换

B:基于网络交换

C:基于双通道交换

D:基于总线交换

练习题

7、路由器输入端口需要提供的功能不包括（ ）。 选择题

A:查找

B:转发表的计算和更新

C:转发

D:缓存排队

练习题

7、路由器输入端口需要提供的功能不包括（ B ）。 选择题

A:查找

B:转发表的计算和更新

C:转发

D:缓存排队

练习题

8、在网络层上实现多个网络互连的设备是（ ）。 选择题

A:中继器

B:集线器

C:路由器

D:交换机

练习题

8、在网络层上实现多个网络互连的设备是（ C ）。 选择题

A:中继器

B:集线器

C:路由器

D:交换机

4.4 网络层拥塞控制

本节知识点：



4.4 网络层拥塞控制

知识点1：网络拥塞

网络层拥塞控制

网络拥塞

流量感知路由

准入控制

流量调节

负载脱落

网络层拥塞：一种持续过载的网络状态。用户对网络资源（包括链路带宽、存储空间和处理器处理能力等）的总需求超过了网络固有的容量。

4.4 网络层拥塞控制

知识点1：网络拥塞

网络层拥塞控制

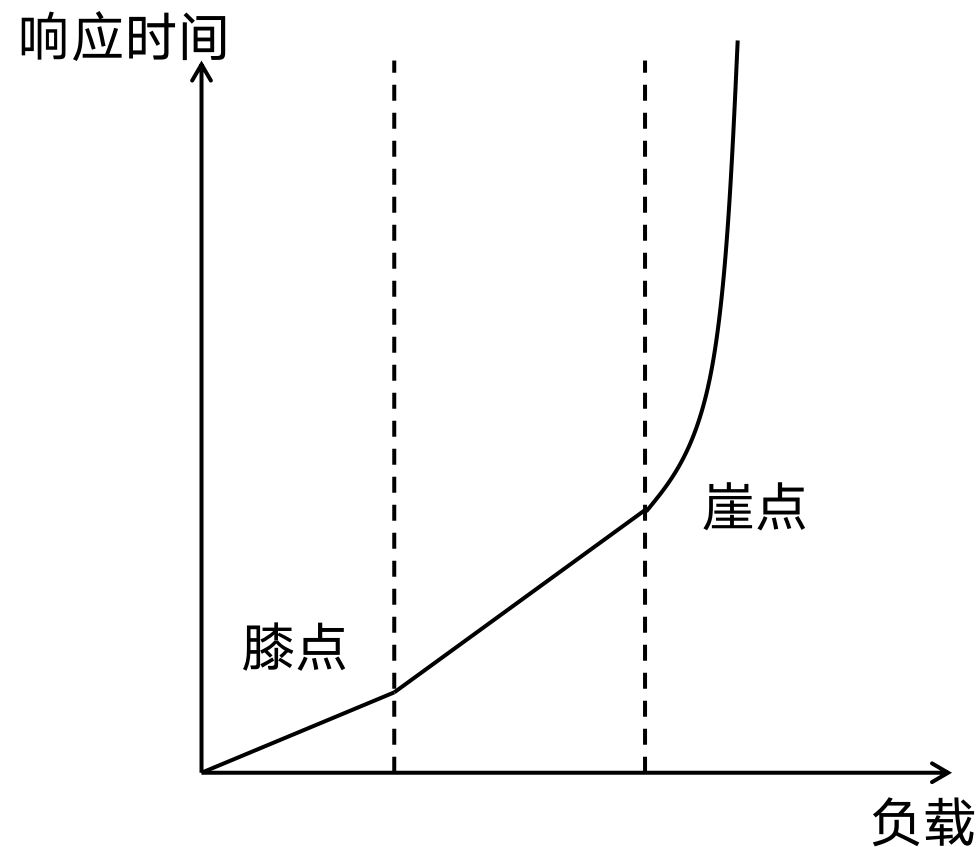
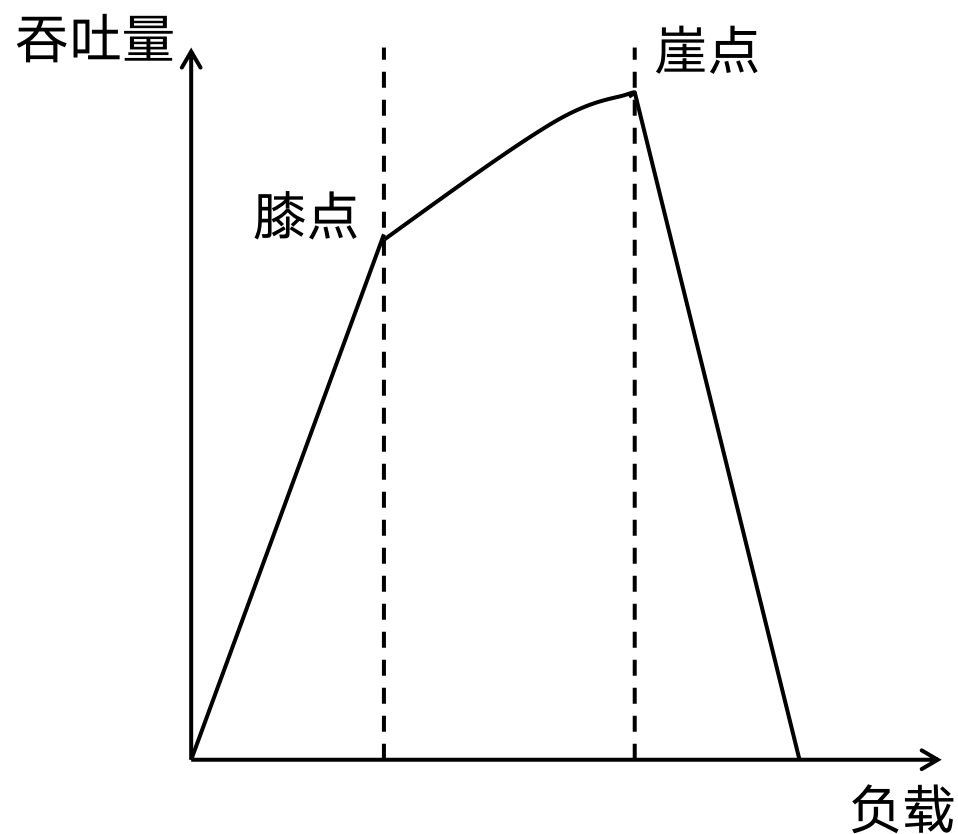
网络拥塞

流量感知路由

准入控制

流量调节

负载脱落



4.4 网络层拥塞控制

知识点1：网络拥塞

吞吐量大好~
响应时间少好~

网络层拥塞控制

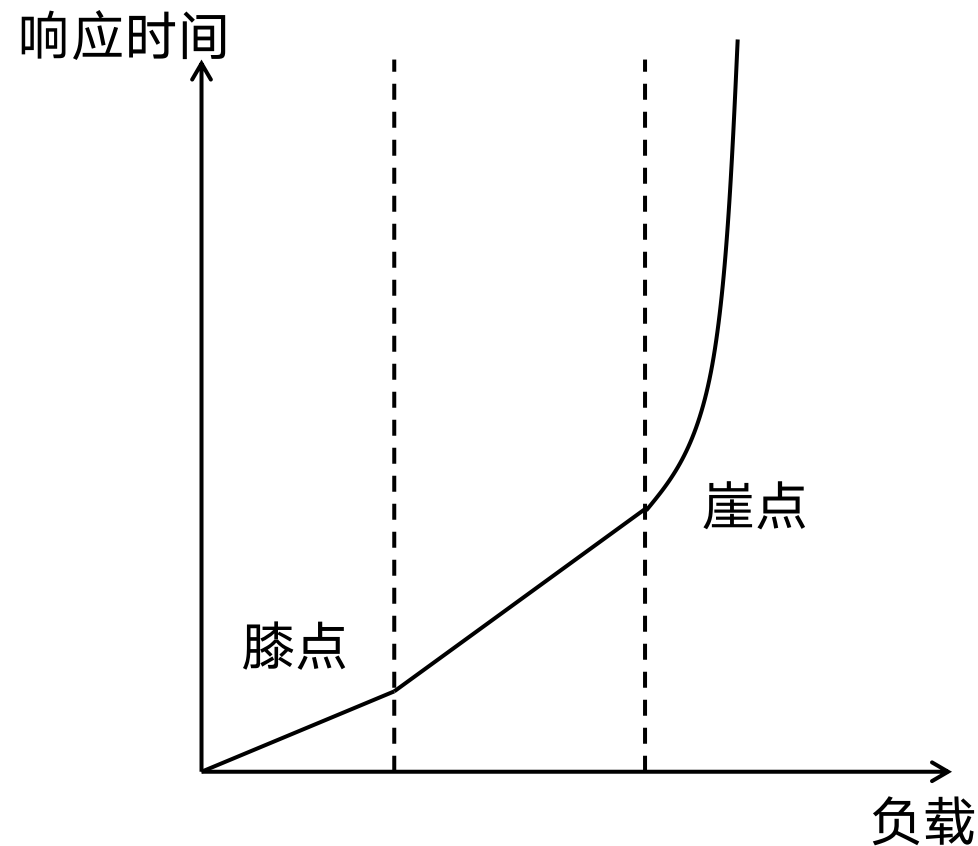
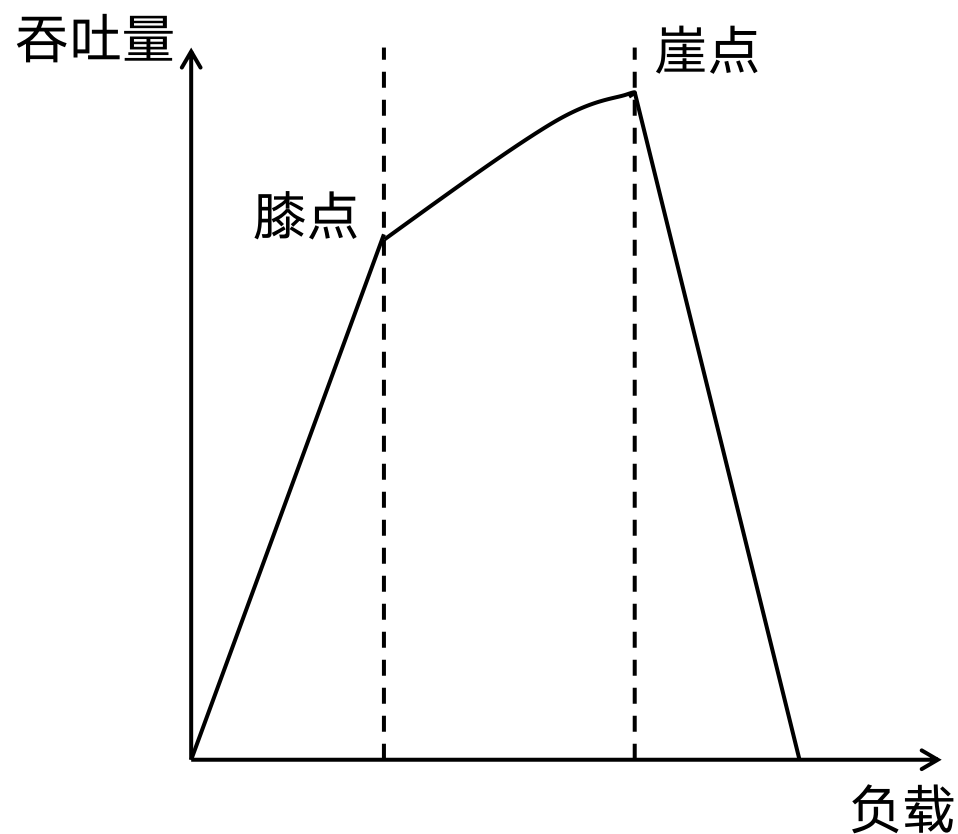
网络拥塞

流量感知路由

准入控制

流量调节

负载脱落



4.4 网络层拥塞控制

知识点1：网络拥塞

网络层拥塞控制

网络拥塞

流量感知路由

准入控制

流量调节

负载脱落

网络负载在**膝点**附近时，吞吐量和分组平均延迟达到理想的平衡，网络的使用效率最高。

4.4 网络层拥塞控制

知识点1：网络拥塞

发生拥塞的原因：

- 1) 缓冲区容量有限
- 2) 传输线路的带宽有限
- 3) 网络结点的处理能力有限
- 4) 网络中某些部分发生了故障

网络层拥塞控制

网络拥塞

流量感知路由

准入控制

流量调节

负载脱落

4.4 网络层拥塞控制

知识点1：网络拥塞

网络层拥塞控制

网络拥塞

流量感知路由

准入控制

流量调节

负载脱落

网络层常采用的拥塞控制措施：流量感知路由

准入控制

流量调节

负载脱落

4.4 网络层拥塞控制

知识点2：流量感知路由

网络层拥塞控制

网络拥塞

流量感知路由

准入控制

流量调节

负载脱落

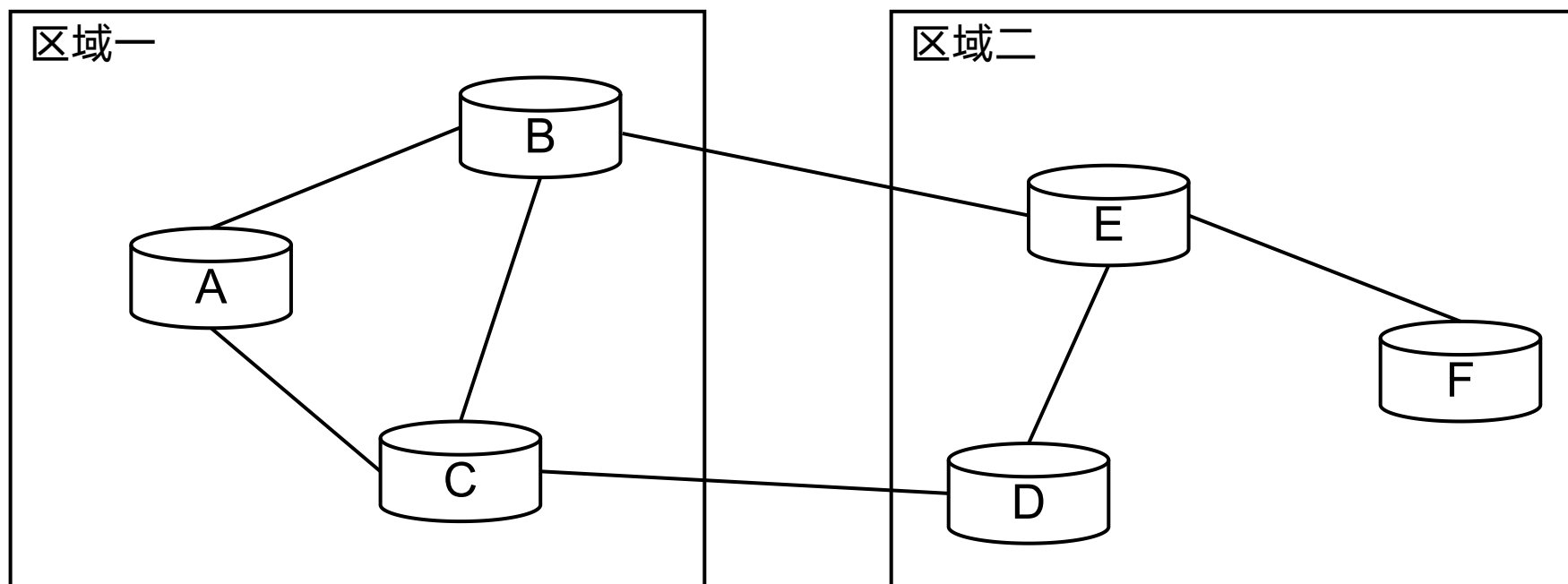
流量感知路由：网络经常被抽象为一张带权无向图，权值能够根据网络负载动态调整，则可以将网络流量引导到不同的链路上，均衡网络负载，从而延缓或避免拥塞的发生。

4.4 网络层拥塞控制

知识点2：流量感知路由

网络层拥塞控制

网络拥塞
流量感知路由
准入控制
流量调节
负载脱落



4.4 网络层拥塞控制

知识点3：准入控制

网络层拥塞控制

网络拥塞
流量感知路由
准入控制
流量调节
负载脱落

准入控制：是对新建虚电路审核，如果新建立的虚电路会导致网络变得拥塞，那么网络拒绝建立该新虚电路。

4.4 网络层拥塞控制

知识点4：流量调节

网络层拥塞控制

网络拥塞
流量感知路由
准入控制
流量调节
负载脱落



4.4 网络层拥塞控制

知识点4：流量调节

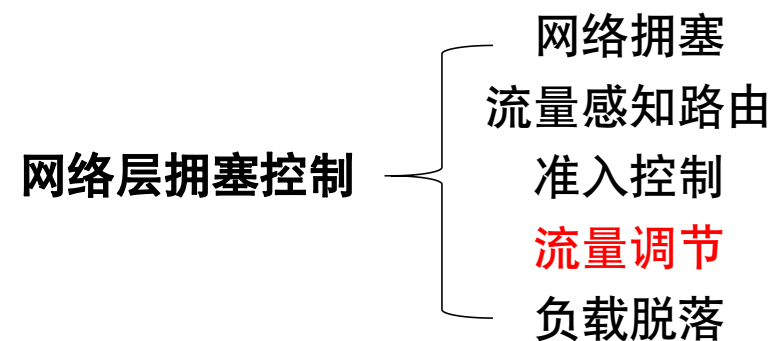
网络层拥塞控制

网络拥塞
流量感知路由
准入控制
流量调节
负载脱落

流量调节：在网络拥塞时，可以通过调整发送方发送数据的速率来消除拥塞。

4.4 网络层拥塞控制

知识点4：流量调节

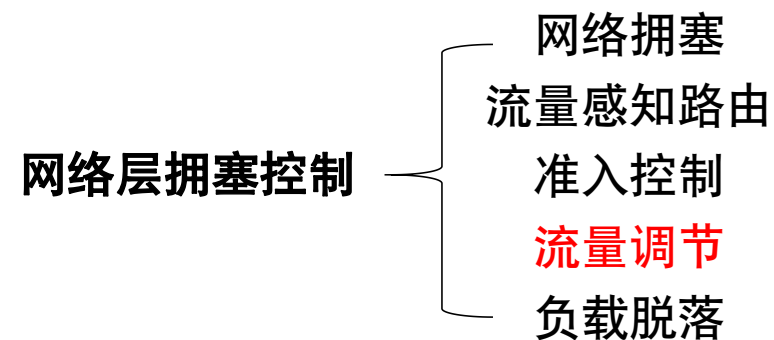


流量调节：

抑制分组：感知到拥塞的路由器选择一个被拥塞的数据报，给该数据报的源主机返回一个抑制分组。

4.4 网络层拥塞控制

知识点4：流量调节



流量调节：

抑制分组：感知到拥塞的路由器选择一个被拥塞的数据报，给该数据报的源主机返回一个抑制分组。

背压：抑制分组在从拥塞结点到源结点的路径上的每一跳，都发挥抑制作用。

4.4 网络层拥塞控制

知识点5：负载脱落

网络层拥塞控制

网络拥塞
流量感知路由
准入控制
流量调节
负载脱落

负载脱落：通过有选择地主动**丢弃**一些数据报，来减轻网络负载，从而缓解或消除拥塞。

4.4 网络层拥塞控制

知识点1：网络拥塞

网络层拥塞控制

网络拥塞

流量感知路由

准入控制

流量调节

负载脱落

网络层常采用的拥塞控制措施：流量感知路由

准入控制

流量调节

负载脱落

练习题

1、下列不属于拥塞的原因的是（ ）。 选择题

A:缓冲区容量有限

B:传输线路的带宽有限

C:网络结点的处理能力有限

D:流量控制

练习题

1、下列不属于拥塞的原因的是（ D ）。 选择题

A:缓冲区容量有限

B:传输线路的带宽有限

C:网络结点的处理能力有限

D:流量控制

练习题

2、网络负载在（ ）附近时，吞吐量和分组平均延迟达到理想的平衡，网络的使用效率最高。 **填空题**

练习题

2、网络负载在（ 膝点 ）附近时，吞吐量和分组平均延迟达到理想的平衡，网络的使用效率最高。 填空题

练习题

3、（ ）是一种持续过载的网络状态，此时用户对网络资源的总需求超过了网络固有的容量。 填空题

练习题

3、（ 拥塞 ）是一种持续过载的网络状态，此时用户对网络资源的总需求超过了网络固有的容量。 填空题

练习题

4、在以下几种网络层常采用的拥塞控制措施中，能够根据网络负载动态调整权值，将网络流量引导到不同的链路上，均衡网络负载的措施是（ ）。

选择题

A:流量感知路由

B:准入控制

C:流量调节

D:负载脱落

练习题

4、在以下几种网络层常采用的拥塞控制措施中，能够根据网络负载动态调整权值，将网络流量引导到不同的链路上，均衡网络负载的措施是（ A ）。

选择题

A:流量感知路由

B:准入控制

C:流量调节

D:负载脱落

练习题

5、在以下几种网络层常采用的拥塞控制措施中，在网络发生拥塞时，通过调整发送方向网络发送数据的速率来消除拥塞的措施是（ ）。 **选择题**

A:流量感知路由

B:准入控制

C:流量调节

D:负载脱落

练习题

5、在以下几种网络层常采用的拥塞控制措施中，在网络发生拥塞时，通过调整发送方向网络发送数据的速率来消除拥塞的措施是（ C ）。 选择题

A:流量感知路由

B:准入控制

C:流量调节

D:负载脱落

练习题

6、在以下几种网络层常采用的拥塞控制措施中，通过有选择地主动丢弃一些数据报，来减轻网络 负载，从而缓解或消除拥塞的措施是（ ）。

选择题

A:流量感知路由

B:准入控制

C:流量调节

D:负载脱落

练习题

6、在以下几种网络层常采用的拥塞控制措施中，通过有选择地主动丢弃一些数据报，来减轻网络 负载，从而缓解或消除拥塞的措施是（ D ）。

选择题

A:流量感知路由

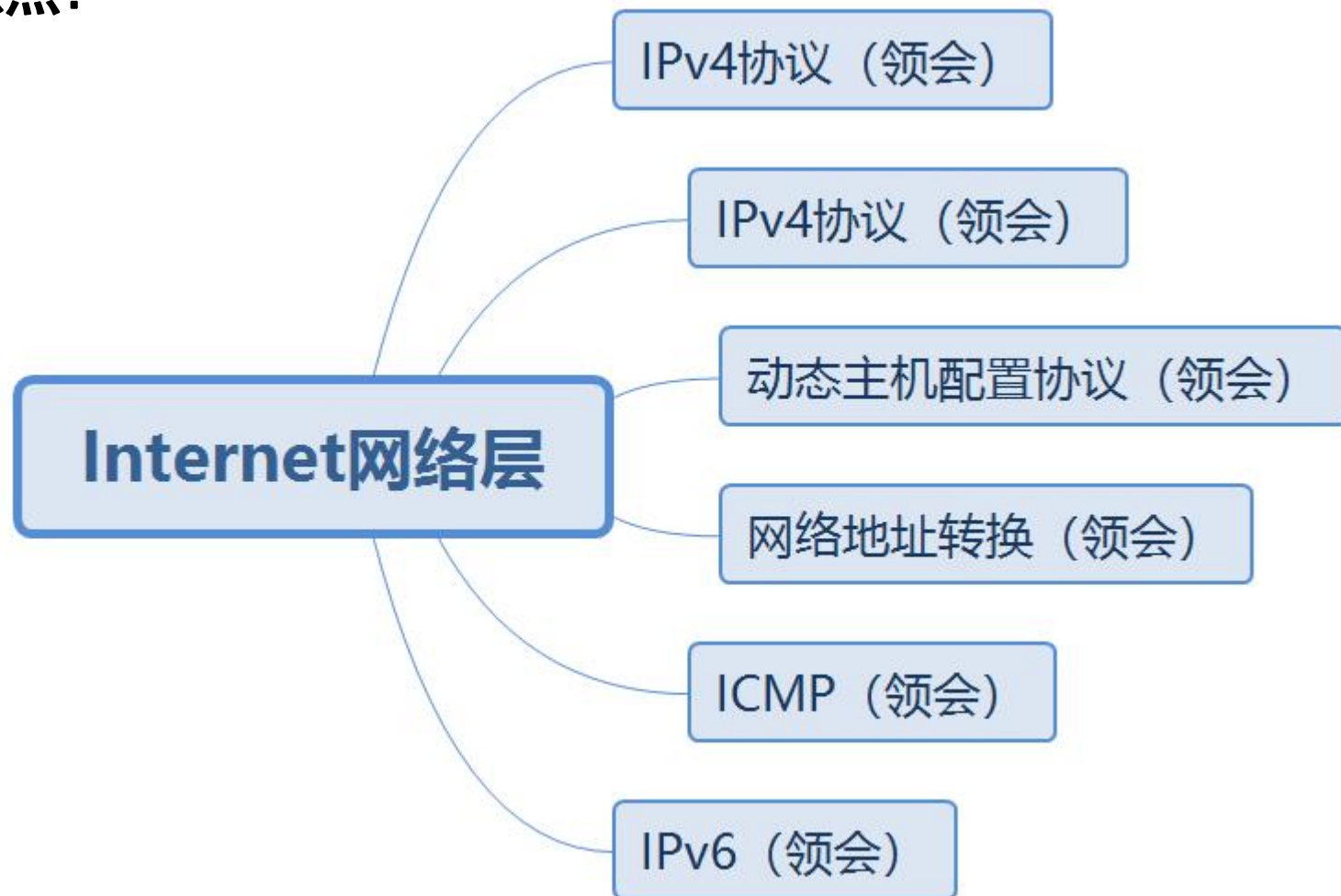
B:准入控制

C:流量调节

D:负载脱落

4.5 Internet网络层

本节知识点：



4.5 Internet网络层

Internet网络层主要协议：

- 1、网际协议（Internet Protocol,IP）
- 2、路由协议
- 3、互联网控制报文协议（Internet Control Message Protocol,ICMP）

4.5 Internet网络层

知识点1：IPv4协议

Internet网络层

IPv4协议

IPv4编址

动态主机配置协议

流量调节

ICMP

IPv6

IP目前两个版本：IPv4和IPv6

IPv4协议：Internet网络层最核心的协议。

定义了如何封装上层协议（如UDP、TCP等）的报文段；

定义了Internet网络层寻址（IP地址）以及如何转发IP数据报等内容；

4.5 Internet网络层

知识点1： IPv4协议

Internet网络层

- IPv4协议
- IPv4编址
- 动态主机配置协议
- 流量调节
- ICMP
- IPv6

一、IP数据报格式

| | | | |
|-------------|----------|------------|------------|
| 32位 | | | |
| | | | |
| 版本（4位） | 首部长度（4位） | 区分服务（8位） | 数据报长度（16位） |
| 标识（16位） | | 标志（3位） | 片偏移量（13位） |
| 生存时间（8位） | 上层协议（8位） | 首部校验和（16位） | |
| 源IP地址（32） | | | |
| 目的IP地址（32） | | | |
| 选项（可选，长度可变） | | | |
| 数据 | | | |

4.5 Internet网络层

知识点1： IPv4协议

一、IP数据报格式

Internet网络层

- IPv4协议
 - IPv4编址
 - 动态主机配置协议
 - 流量调节
 - ICMP
 - IPv6

| | | | |
|-------------|----------|------------|------------|
| 32位 | | | |
| | | | |
| 版本（4位） | 首部长度（4位） | 区分服务（8位） | 数据报长度（16位） |
| 标识（16位） | | 标志（3位） | 片偏移量（13位） |
| 生存时间（8位） | 上层协议（8位） | 首部校验和（16位） | |
| 源IP地址（32） | | | |
| 目的IP地址（32） | | | |
| 选项（可选，长度可变） | | | |
| 数据 | | | |

- 1、版本号:4位， IPv4、IPv6。
- 2、首部长度:4位。 20B
- 3、区分服务:在旧标准种称为服务类型(Type Of Service,TOS)字段 用来指示期望获得哪种类型的服务。
- 4、数据长度:16位， 指出IP数据报的总字节数。

4.5 Internet网络层

知识点1： IPv4协议

一、IP数据报格式

Internet网络层

- IPv4协议
 - IPv4编址
 - 动态主机配置协议
 - 流量调节
 - ICMP
 - IPv6

| | | | |
|-------------|----------|------------|------------|
| 32位 | | | |
| | | | |
| 版本（4位） | 首部长度（4位） | 区分服务（8位） | 数据报长度（16位） |
| 标识（16位） | | 标志（3位） | 片偏移量（13位） |
| 生存时间（8位） | 上层协议（8位） | 首部校验和（16位） | |
| 源IP地址（32） | | | |
| 目的IP地址（32） | | | |
| 选项（可选，长度可变） | | | |
| 数据 | | | |

- 5、生存时间:8位。
表示IP数据报 在网络中可以通过的路由器数(或跳步数)。
- 6、上层协议:8位， 指示该IP数据报封装的是哪个上层协议。
 - TCP:6
 - UDP:17

4.5 Internet网络层

知识点1： IPv4协议

一、IP数据报格式

Internet网络层

- IPv4协议
 - IPv4编址
 - 动态主机配置协议
 - 流量调节
 - ICMP
 - IPv6

| | | | |
|-------------|----------|------------|------------|
| 32位 | | | |
| | | | |
| 版本（4位） | 首部长度（4位） | 区分服务（8位） | 数据报长度（16位） |
| 标识（16位） | | 标志（3位） | 片偏移量（13位） |
| 生存时间（8位） | 上层协议（8位） | 首部校验和（16位） | |
| 源IP地址（32） | | | |
| 目的IP地址（32） | | | |
| 选项（可选，长度可变） | | | |
| 数据 | | | |

- 7、首部校验和:占16位，利用校验和实现对IP数据报首部的差错检测
- 8、源IP地址字段占32位，发出IP数据报的源主机的IP地址。
- 9、目的IP地址字段占32位，IP数据报的需要送达的主机的IP地址。

4.5 Internet网络层

知识点1： IPv4协议

一、IP数据报格式

Internet网络层

- IPv4协议
 - IPv4编址
 - 动态主机配置协议
 - 流量调节
 - ICMP
 - IPv6

| | | | |
|-------------|----------|------------|------------|
| 32位 | | | |
| | | | |
| 版本（4位） | 首部长度（4位） | 区分服务（8位） | 数据报长度（16位） |
| 标识（16位） | | 标志（3位） | 片偏移量（13位） |
| 生存时间（8位） | 上层协议（8位） | 首部校验和（16位） | |
| 源IP地址（32） | | | |
| 目的IP地址（32） | | | |
| 选项（可选，长度可变） | | | |
| 数据 | | | |

- 13、选项:长度可变。
- 14、数据字段，数据字段存放IP数据报所封装的传输层报文段。

4.5 Internet网络层

知识点1： IPv4协议

一、IP数据报格式

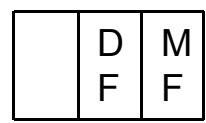
Internet网络层

- IPv4协议
 - IPv4编址
 - 动态主机配置协议
 - 流量调节
 - ICMP
 - IPv6

| | | | |
|-------------|----------|------------|------------|
| 32位 | | | |
| | | | |
| 版本（4位） | 首部长度（4位） | 区分服务（8位） | 数据报长度（16位） |
| 标识（16位） | | 标志（3位） | 片偏移量（13位） |
| 生存时间（8位） | 上层协议（8位） | 首部校验和（16位） | |
| 源IP地址（32） | | | |
| 目的IP地址（32） | | | |
| 选项（可选，长度可变） | | | |
| 数据 | | | |

15、标识:字段占16位，标识一个IP数据报

16、标志:标志位字段占3位，其结构如下:



DF禁止分片标志

DF=0，允许分片；

DF=1，禁止分片；

MF更多分片标志

MF=0，未被分片或分片的最后一片。

MF=1，一定是分片，且不是最后一个。

4.5 Internet网络层

知识点1： IPv4协议

一、IP数据报格式

Internet网络层

- IPv4协议
- IPv4编址
- 动态主机配置协议
- 流量调节
- ICMP
- IPv6

| | | | |
|-------------|----------|------------|------------|
| 32位 | | | |
| | | | |
| 版本（4位） | 首部长度（4位） | 区分服务（8位） | 数据报长度（16位） |
| 标识（16位） | | 标志（3位） | 片偏移量（13位） |
| 生存时间（8位） | 上层协议（8位） | 首部校验和（16位） | |
| 源IP地址（32） | | | |
| 目的IP地址（32） | | | |
| 选项（可选，长度可变） | | | |
| 数据 | | | |

17、片偏移量:以8B为单位。
表示一个IP数据报分片与原IP数据报数据的相对偏移量。
当该字段值为0时，且MF=1， 则表示这是一个IP分片， 且是第一个分片

4.5 Internet网络层

知识点1：IPv4协议

二、IP数据报分片

最大传输单元(Maximum Transmission Unit,MTU)

Internet网络层

IPv4协议

IPv4编址

动态主机配置协议

流量调节

ICMP

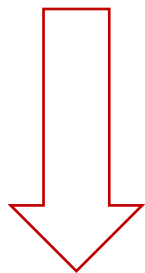
IPv6

4.5 Internet网络层

知识点1：IPv4协议

二、IP数据报分片

最大传输单元(Maximum Transmission Unit,MTU)



IP数据报分片

Internet网络层

IPv4协议

IPv4编址

动态主机配置协议

流量调节

ICMP

IPv6

4.5 Internet网络层

知识点1：IPv4协议

Internet网络层

IPv4协议

IPv4编址

动态主机配置协议

流量调节

ICMP

IPv6

二、IP数据报分片

IP数据报分片的相关计算方法：

原数据IP报总长度为L字节，待转发链路的MTU为M字节。

1、尽可能少分片。

2、一个最大分片可封装的数据字节数是8的倍数。

每个分片的标识字段复制原IP数据报的标识字段。

MF标志位，除了最后一个分片位0外，其余分片全为1。

4.5 Internet网络层

知识点1: IPv4协议

IP数据报分片

$$d = \left\lfloor \frac{M-20}{8} \right\rfloor \times 8 \quad ; \quad n = \left\lceil \frac{L-20}{d} \right\rceil$$

$$Fi = \frac{d}{8} \times (i-1), 1 \leq i \leq n$$

$$Li = \begin{cases} d+20, & 1 \leq i < n \\ L-d \times (n-1), & i = n \end{cases}$$

$$MFi = \begin{cases} 1, & 1 \leq i < n \\ 0, & i = n \end{cases}$$

Internet网络层

IPv4协议

IPv4编址

动态主机配置协议

流量调节

ICMP

IPv6

4.5 Internet网络层

知识点1：IPv4协议

Internet网络层

IPv4协议

IPv4编址

动态主机配置协议

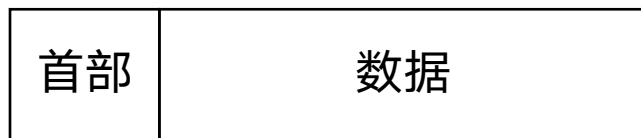
流量调节

ICMP

IPv6

通过PingPlotter工具发送一个总长度为3400字节的IP数据报，通过
MTU=1500字节的链路转发

IP数据报



首部+数据=3400字节 > 1500字节

4.5 Internet网络层

知识点1：IPv4协议

Internet网络层

IPv4协议

IPv4编址

动态主机配置协议

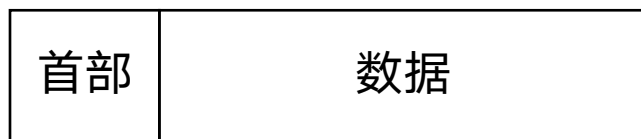
流量调节

ICMP

IPv6

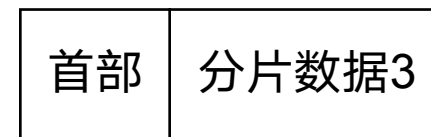
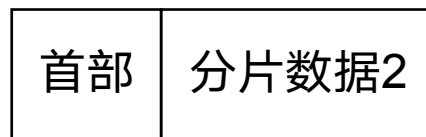
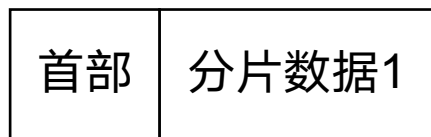
通过PingPlotter工具发送一个总长度为3400字节的IP数据报，通过
MTU=1500字节的链路转发

IP数据报



首部+数据=3400字节 > 1500字节

IP分片



4.5 Internet网络层

知识点1: IPv4协议

Internet网络层

IPv4协议

IPv4编址

动态主机配置协议

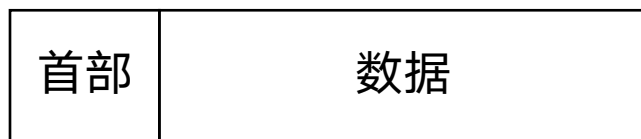
流量调节

ICMP

IPv6

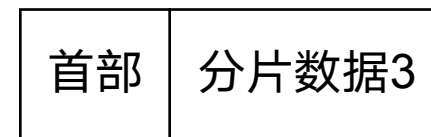
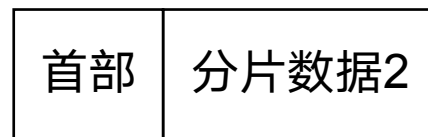
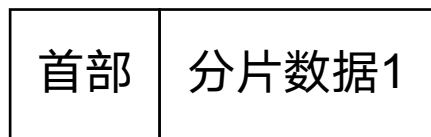
通过PingPlotter工具发送一个总长度为3400字节的IP数据报，通过
MTU=1500字节的链路转发

IP数据报



首部+数据=3400字节 > 1500字节

IP分片



首部+首部+首部+分片数据1+分片数据2+分片数据3= 字节

4.5 Internet网络层

知识点1：IPv4协议

Internet网络层

IPv4协议

IPv4编址

动态主机配置协议

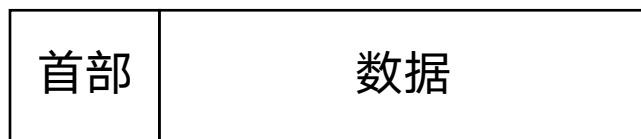
流量调节

ICMP

IPv6

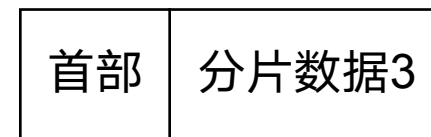
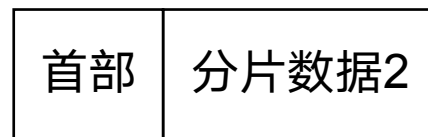
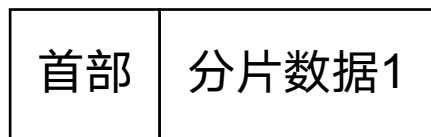
通过PingPlotter工具发送一个总长度为3400字节的IP数据报，通过MTU=1500字节的链路转发

IP数据报



首部+数据=3400字节 > 1500字节

IP分片



首部+首部+首部+分片数据1+分片数据2+分片数据3=3440字节

4.5 Internet网络层

知识点1： IPv4协议

Internet网络层

- IPv4协议
- IPv4编址
- 动态主机配置协议
- 流量调节
- ICMP
- IPv6

通过PingPlotter工具发送一个总长度为3400字节的IP数据报，通过MTU=1500字节的链路转发

| 片 | 总长度/字节 | 片偏移 | 标志 | 封装原IP数据报中的字节数 |
|-----|--------|-----|----|---------------|
| 第1片 | | | | |
| 第2片 | | | | |
| 第3片 | | | | |

4.5 Internet网络层

知识点1：IPv4协议

Internet网络层

IPv4协议

IPv4编址

动态主机配置协议

流量调节

ICMP

IPv6

通过PingPlotter工具发送一个总长度为3400字节的IP数据报，通过MTU=1500字节的链路转发

| 片 | 总长度/字节 | 片偏移 | 标志 | 封装原IP数据报中的字节数 |
|-----|--------|-----|----|---------------|
| 第1片 | 1500 | | 1 | |
| 第2片 | | | | |
| 第3片 | | | | |

4.5 Internet网络层

知识点1： IPv4协议

Internet网络层

- IPv4协议
- IPv4编址
- 动态主机配置协议
- 流量调节
- ICMP
- IPv6

通过PingPlotter工具发送一个总长度为3400字节的IP数据报，通过MTU=1500字节的链路转发

| 片 | 总长度/字节 | 片偏移 | 标志 | 封装原IP数据报中的字节数 |
|-----|--------|-----|----|-----------------|
| 第1片 | 1500 | | 1 | 0-1479（共1480字节） |
| 第2片 | | | | |
| 第3片 | | | | |

4.5 Internet网络层

知识点1： IPv4协议

Internet网络层

- IPv4协议
- IPv4编址
- 动态主机配置协议
- 流量调节
- ICMP
- IPv6

通过PingPlotter工具发送一个总长度为3400字节的IP数据报，通过MTU=1500字节的链路转发

| 片 | 总长度/字节 | 片偏移 | 标志 | 封装原IP数据报中的字节数 |
|-----|--------|-----|----|-----------------|
| 第1片 | 1500 | 0 | 1 | 0-1479（共1480字节） |
| 第2片 | | | | |
| 第3片 | | | | |

4.5 Internet网络层

知识点1： IPv4协议

Internet网络层

- IPv4协议
- IPv4编址
- 动态主机配置协议
- 流量调节
- ICMP
- IPv6

通过PingPlotter工具发送一个总长度为3400字节的IP数据报，通过MTU=1500字节的链路转发

| 片 | 总长度/字节 | 片偏移 | 标志 | 封装原IP数据报中的字节数 |
|-----|--------|-----|----|--------------------|
| 第1片 | 1500 | 0 | 1 | 0-1479（共1480字节） |
| 第2片 | 1500 | | 1 | 1480-2959（共1480字节） |
| 第3片 | | | | |

4.5 Internet网络层

知识点1： IPv4协议

Internet网络层

- IPv4协议
- IPv4编址
- 动态主机配置协议
- 流量调节
- ICMP
- IPv6

通过PingPlotter工具发送一个总长度为3400字节的IP数据报，通过MTU=1500字节的链路转发

| 片 | 总长度/字节 | 片偏移 | 标志 | 封装原IP数据报中的字节数 |
|-----|--------|-----|----|--------------------|
| 第1片 | 1500 | 0 | 1 | 0-1479（共1480字节） |
| 第2片 | 1500 | 185 | 1 | 1480-2959（共1480字节） |
| 第3片 | | | | |

4.5 Internet网络层

知识点1： IPv4协议

Internet网络层

- IPv4协议
- IPv4编址
- 动态主机配置协议
- 流量调节
- ICMP
- IPv6

通过PingPlotter工具发送一个总长度为3400字节的IP数据报，通过MTU=1500字节的链路转发

| 片 | 总长度/字节 | 片偏移 | 标志 | 封装原IP数据报中的字节数 |
|-----|--------|-----|----|--------------------|
| 第1片 | 1500 | 0 | 1 | 0-1479（共1480字节） |
| 第2片 | 1500 | 185 | 1 | 1480-2959（共1480字节） |
| 第3片 | | | 0 | |

4.5 Internet网络层

知识点1： IPv4协议

Internet网络层

- IPv4协议
- IPv4编址
- 动态主机配置协议
- 流量调节
- ICMP
- IPv6

通过PingPlotter工具发送一个总长度为3400字节的IP数据报，通过MTU=1500字节的链路转发

| 片 | 总长度/字节 | 片偏移 | 标志 | 封装原IP数据报中的字节数 |
|-----|--------|-----|----|--------------------|
| 第1片 | 1500 | 0 | 1 | 0-1479（共1480字节） |
| 第2片 | 1500 | 185 | 1 | 1480-2959（共1480字节） |
| 第3片 | 440 | | 0 | |

4.5 Internet网络层

知识点1： IPv4协议

Internet网络层

- IPv4协议
- IPv4编址
- 动态主机配置协议
- 流量调节
- ICMP
- IPv6

通过PingPlotter工具发送一个总长度为3400字节的IP数据报，通过MTU=1500字节的链路转发

| 片 | 总长度/字节 | 片偏移 | 标志 | 封装原IP数据报中的字节数 |
|-----|--------|-----|----|--------------------|
| 第1片 | 1500 | 0 | 1 | 0-1479（共1480字节） |
| 第2片 | 1500 | 185 | 1 | 1480-2959（共1480字节） |
| 第3片 | 440 | | 0 | 2960-3379（共420字节） |

4.5 Internet网络层

知识点1： IPv4协议

Internet网络层

- IPv4协议
- IPv4编址
- 动态主机配置协议
- 流量调节
- ICMP
- IPv6

通过PingPlotter工具发送一个总长度为3400字节的IP数据报，通过MTU=1500字节的链路转发

| 片 | 总长度/字节 | 片偏移 | 标志 | 封装原IP数据报中的字节数 |
|-----|--------|-----|----|--------------------|
| 第1片 | 1500 | 0 | 1 | 0-1479（共1480字节） |
| 第2片 | 1500 | 185 | 1 | 1480-2959（共1480字节） |
| 第3片 | 440 | 370 | 0 | 2960-3379（共420字节） |

练习题

2、（ ）是Internet网络层最核心的协议。 填空题

练习题

2、（ IP ）是Internet网络层最核心的协议。 填空题

练习题

3、下列不属于Internet网络层协议的是（ ）。 选择题

A:GBN协议

B:网际协议

C:路由协议

D:互联网控制报文协议

练习题

3、下列不属于Internet网络层协议的是（ A ）。 选择题

A:GBN协议

B:网际协议

C:路由协议

D:互联网控制报文协议

练习题

5、一个数据链路层协议帧所能承载的最大数据量称为该链路的（ ）。

填空题

练习题

5、一个数据链路层协议帧所能承载的最大数据量称为该链路的（最大传输单元）。 填空题

练习题

7、在IP数据报格式中，（ ）和源IP地址和目的IP地址以及协议等字段共同唯一标识一个IP数据报。 **选择题**

A:版本号字段

B:标识字段

C:区分服务字段

D:标志字段

练习题

7、在IP数据报格式中，（ B ）和源IP地址和目的IP地址以及协议等字段共同唯一标识一个IP数据报。 选择题

A:版本号字段

B:标识字段

C:区分服务字段

D:标志字段

练习题

8、在IP数据报分片时，一个最大分片可封装的数据字节数应该是（ ）的倍数。 选择题

A:2

B:4

C:6

D:8

练习题

8、在IP数据报分片时，一个最大分片可封装的数据字节数应该是（ D ）的倍数。 选择题

A:2

B:4

C:6

D:8

练习题

9、在IP数据报格式中，标志位MF=1表示（ ）。 选择题

A:该IP数据报是一个未被分片的IP数据报

B:该IP数据报是被分片IP数据报的最后一片

C:该IP数据报一定是一个IP数据报的分片，并且不是最后一个分片

D:该IP数据报一定是一个IP数据报的分片，并且是最后一个分片

练习题

9、在IP数据报格式中，标志位MF=1表示（ C ）。 选择题

A:该IP数据报是一个未被分片的IP数据报

B:该IP数据报是被分片IP数据报的最后一片

C:该IP数据报一定是一个IP数据报的分片，并且不是最后一个分片

D:该IP数据报一定是一个IP数据报的分片，并且是最后一个分片

练习题

10、路由器在进行IP数据报分片后，目的主机在重组分片时，用到的字段不包括（ ）。 **选择题**

A:标识字段

B:标志字段

C:片偏移字段

D:首部长度字段

练习题

10、路由器在进行IP数据报分片后，目的主机在重组分片时，用到的字段不包括（ D ）。 选择题

A:标识字段

B:标志字段

C:片偏移字段

D:首部长度字段

练习题

11、现有一个总长度为3800的IP数据报，要通过MTU为1500的链路传输，在IPv4协议下分为3片，则每片的DF、MF标志位的值分别是（ ）。

选择题

A:0,0; 0,0; 0,0

B:0,1; 0,1; 0,1

C:0,1; 0,1; 0,0

D:0,0; 0,0; 0,1

练习题

11、现有一个总长度为3800的IP数据报，要通过MTU为1500的链路传输，在IPv4协议下分为3片，则每片的DF、MF标志位的值分别是（ C ）。

选择题

A:0,0; 0,0; 0,0

B:0,1; 0,1; 0,1

C:0,1; 0,1; 0,0

D:0,0; 0,0; 0,1