



西安交通大学  
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

# 第六讲： 计算机网络

师斌

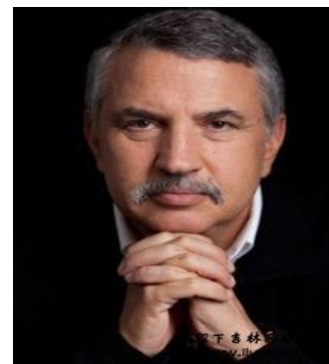
School of Computer Science & Technology,  
Xi'an Jiaotong University



# 》》互联网使世界由“圆”变“平”

500多年前，**哥伦布**为寻找东印度的财富乘船西行而意外发现了美洲大陆，并告诉世人：“地球是圆的”。

今天，曾三次获得普利策新闻奖的《纽约时报》资深记者**托马斯·弗里德曼**沿着当年哥伦布的航程，从美国乘飞机来到印度的班加罗尔、日本的东京、中国的大连等地寻找知识财富，他完成此次旅程后，提出了一个独特的见解：“世界是平的”。



**核心价值：** Everyone is free to contribute, free to share!

# 为什么互联网如此重要？

- 麦特卡尔夫定律（Metcalfe's Law）：网络价值同网络用户数量的平方成正比（即N个联结能创造 $N^2$ 的效益）。
  - 电话：1:1（点对点），效率是1
  - 电视：1:N（点对多点），效率是N
  - 互联网：N: $N^2$ （全互联），效率是 $N^2$ 。
- If I have a dollar and you have a dollar; and we exchange our dollars, we only have a dollar each. If I have an idea and you have an idea; if we exchange our ideas, we have two ideas each.
- 万人上网，亿份效益。

# 互联网+正引发第三次教育革命

农业社会

工业社会

信息社会

## ■ 农业社会的教育特征

- ✓ 教育要素：来自同一位老师
- ✓ 教育过程：在一个老师教育下完成



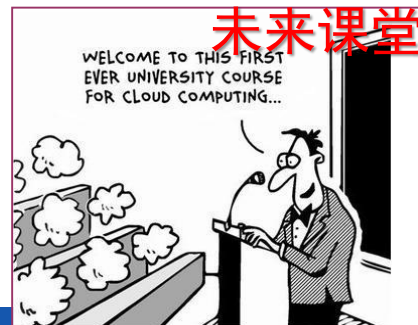
## ■ 工业社会的教育特征

- ✓ 教育要素：来自同一所学校
- ✓ 教育过程：在一所学校内完成



## ■ 信息社会的教育特征

- ✓ 教育要素：来自不同国家不同学校。
- ✓ 教育过程：跨国、跨学校完成



# 互联网+X，创新无限

■ **网络化群体智能（NCI）**：大规模时空分布的人与计算机以网络为载体，在完成特定任务中，涌现出超越个体的智能水平。

**例1 (Polymath1)**：剑桥大学的菲尔茨奖获得者、数学家Tim Gowers利用博客邀请网友合作证明一项重要数学难题——边长为3的the Density Hales-Jewett Theorem。令人感到惊讶的是，不到6周，不到1000个评论就已经完成了证明。



**Hales-Jewett定理**：如果用 $m$ 种颜色来给一个边长为 $n$ 的多维点阵着色，那么只要点阵的维数足够高，就必定存在同色的长度为 $n$ 的行、列、对角线等

# 互联网一分钟

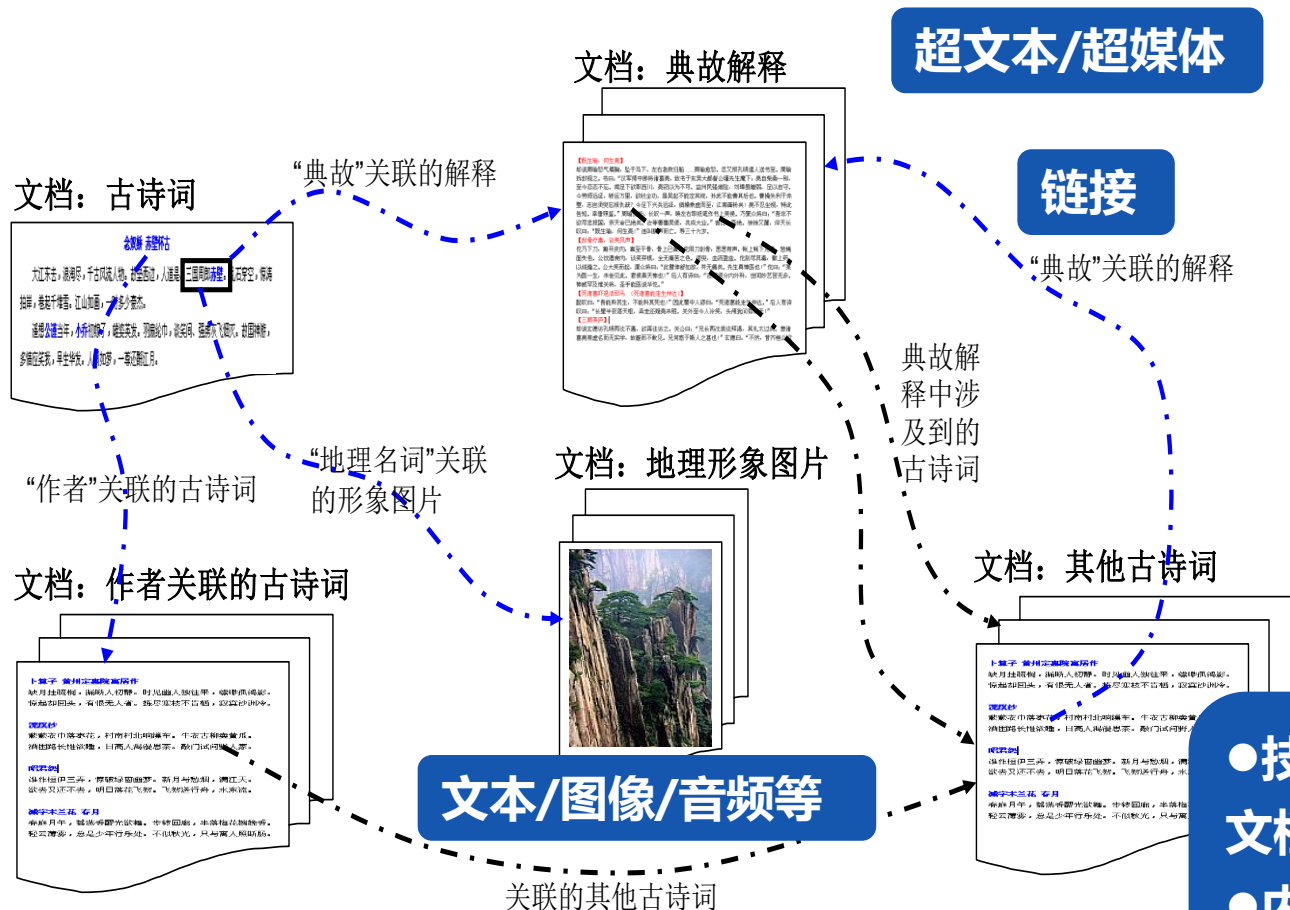
- ✓ 截至2021年3月，全球有51.69亿人使用互联网，其中92.6%使用移动设备上网
- ✓ 百度、谷歌每分钟处理搜索986.66万次
- ✓ 淘宝、天猫、拼多多每分钟销售额超过1700万
- ✓ Tiktok用户观看了1.67 亿个视频
- ✓ 微信朋友圈每分钟发布46.52万张照片





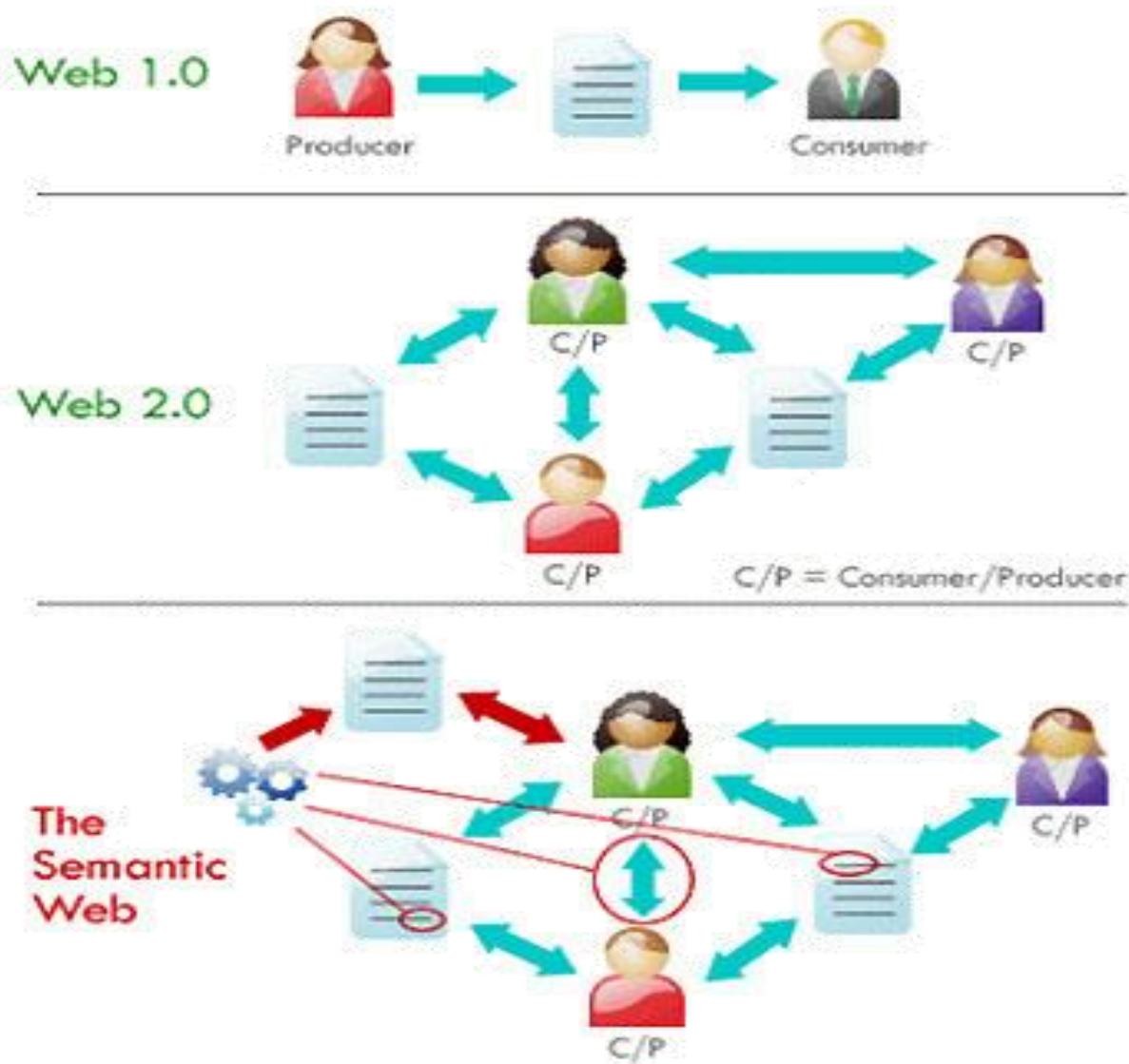
# 信息网络—互联网1.0

超文本/超媒体 = 普通文本/媒体 + 链接



- 技术方面怎样实现文档之间的关联?
- 内容方面怎样建立文档之间的关联?

# 从我能上网到网上有我 (Web1.0向Web3.0)



HTML+HTTP  
+  
Distribution

Participation  
+  
Share

Personalized  
+  
Semantic



# 由网络到万物互联

未来互联网与网络化社会

元宇宙

互联网

现实社会/  
自然网络

机机  
相联

物物  
相联

物人  
相联

人人  
相联

人机物  
相联

虚拟现实  
网络

# 》》实现互联网有哪些工作要做？

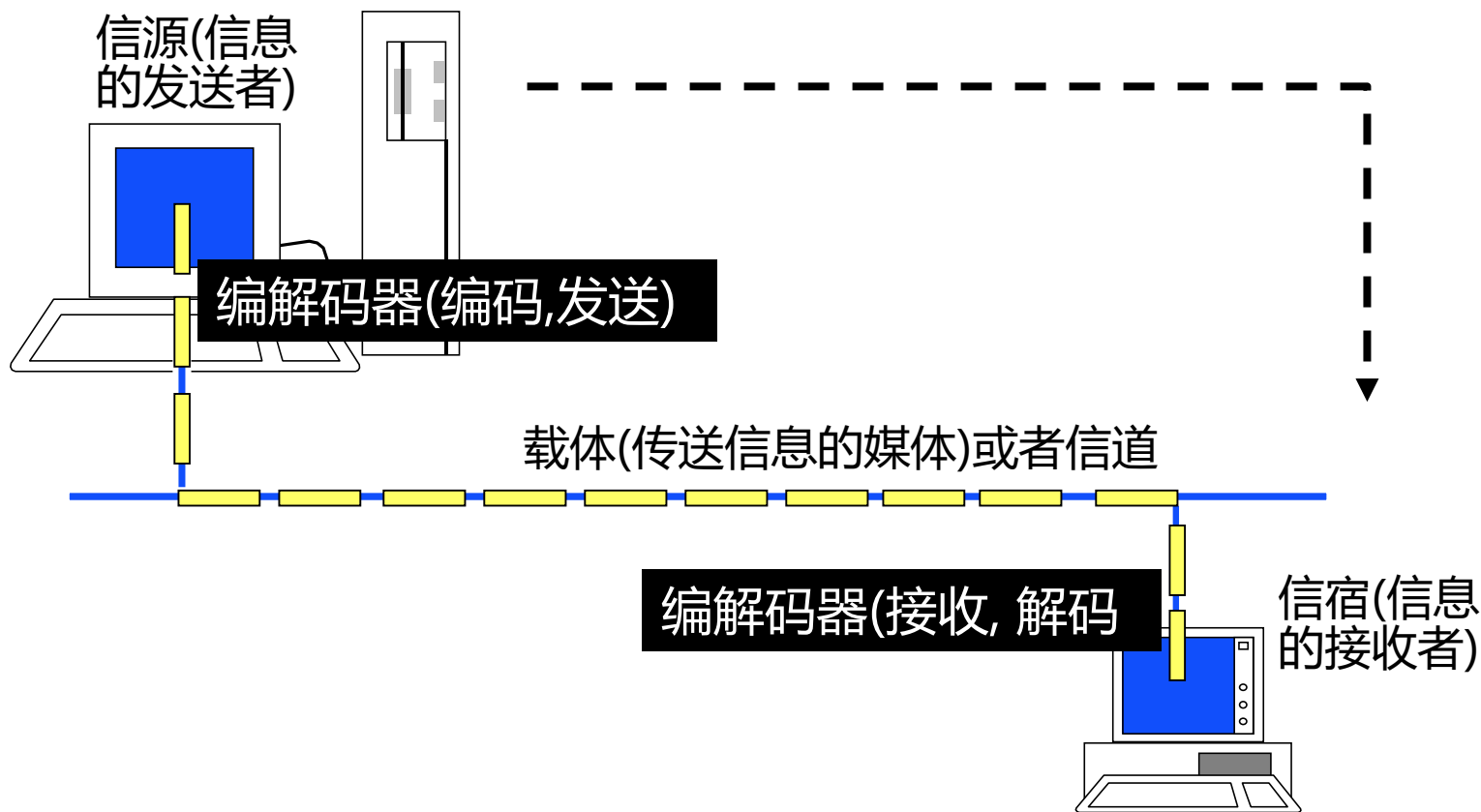
---

- **如何建立连接？**
- **如何组成互联网？**
- **如何找到网络中的目标？**
- **如何保证信息不丢失？**
- **如何使用互联网？**

# 》》 如何建立连接？

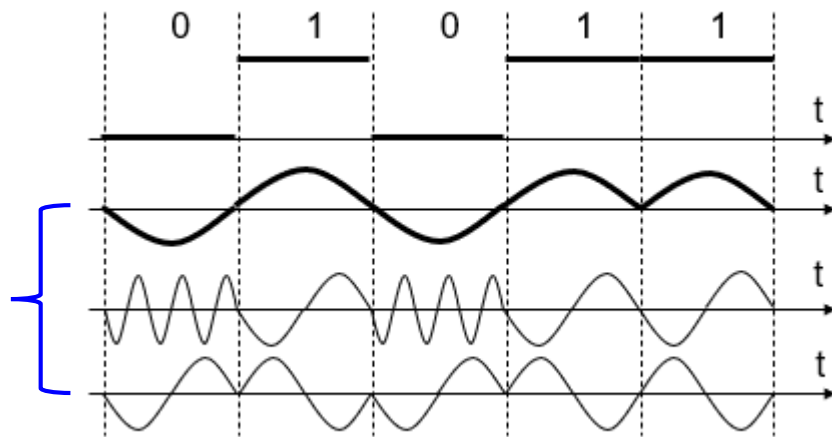
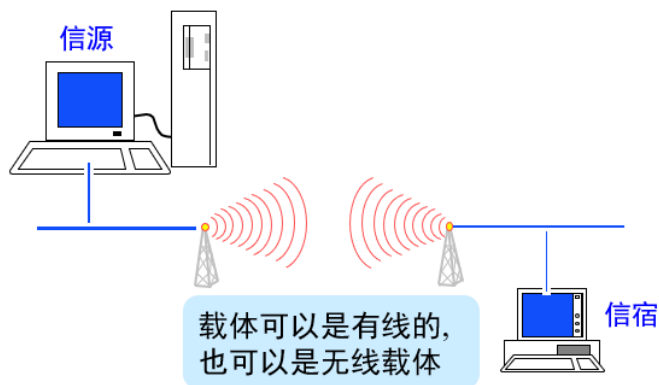
## 实现信息的传输

信源、信宿、信道：信号的编码-发送-传输-接收-解码



# 数据如何在网络中传输?

通过编码将数字信息变成电磁或光信号在传输媒体上传输。



# 》》最简单的网络

## ➤ 两台计算机如何联网？

- 计算机 + 网卡 + 电缆



- 网卡：进行网络数据物理传输的设备—编码-发送-接收-解码-转发，负责处理网络上数据发送和接收的细节
- 目前，很多的网卡已被集成到计算机内部的主板上，成为标配

# 》》实现互联网有哪些工作要做？

---

- 如何建立连接？
- 如何组成互联网？
- 如何找到网络中的目标？
- 如何保证信息不丢失？
- 如何使用互联网？



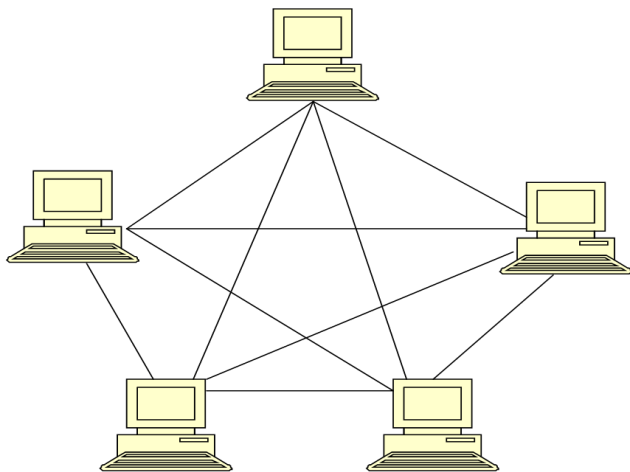
# 》》最简单的网络

## ➤ 多台计算机如何联网？

- 计算机 + 网卡 + 电缆 + 拓扑结构

常见的网络拓扑有：

1、网状拓扑；2、环状拓扑；3、星状拓扑；4、总线型拓扑；



### ➤ 优点：

- 简单有效

### ➤ 有什么问题？

- 安装费用高

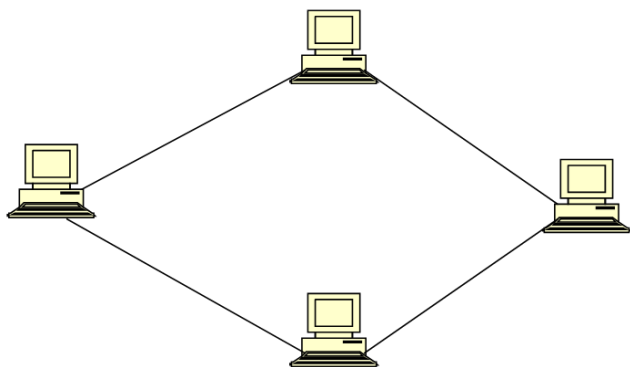
# 》》最简单的网络

## ➤ 多台计算机如何联网？

- 计算机 + 网卡 + 电缆 + 拓扑结构

常见的网络拓扑有：

1、网状拓扑； 2、环状拓扑； 3、星状拓扑； 4、总线型拓扑；



## ➤ 优点：

- 节省成本

## ➤ 有什么问题？

- 延迟高！

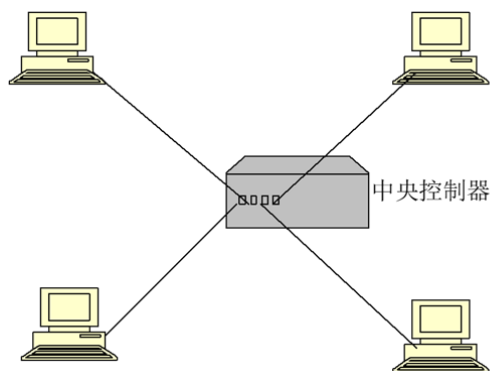
# 》》最简单的网络

## ➤ 多台计算机如何联网？

- 计算机 + 网卡 + 电缆 + 拓扑结构

常见的网络拓扑有：

1、网状拓扑；2、环状拓扑；3、星状拓扑；4、总线型拓扑；



## ➤ 优点：

- 节省成本，便于管理

## ➤ 有什么问题？

- 中央控制器是网络的瓶颈

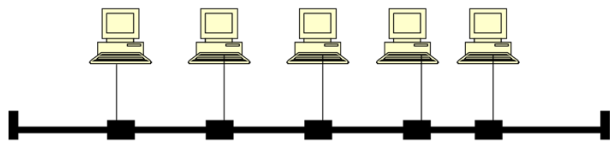
# 》》最简单的网络

## ➤ 多台计算机如何联网？

- 计算机 + 网卡 + 电缆 + 拓扑结构

常见的网络拓扑有：

1、网状拓扑；2、环状拓扑；3、星状拓扑；4、总线型拓扑



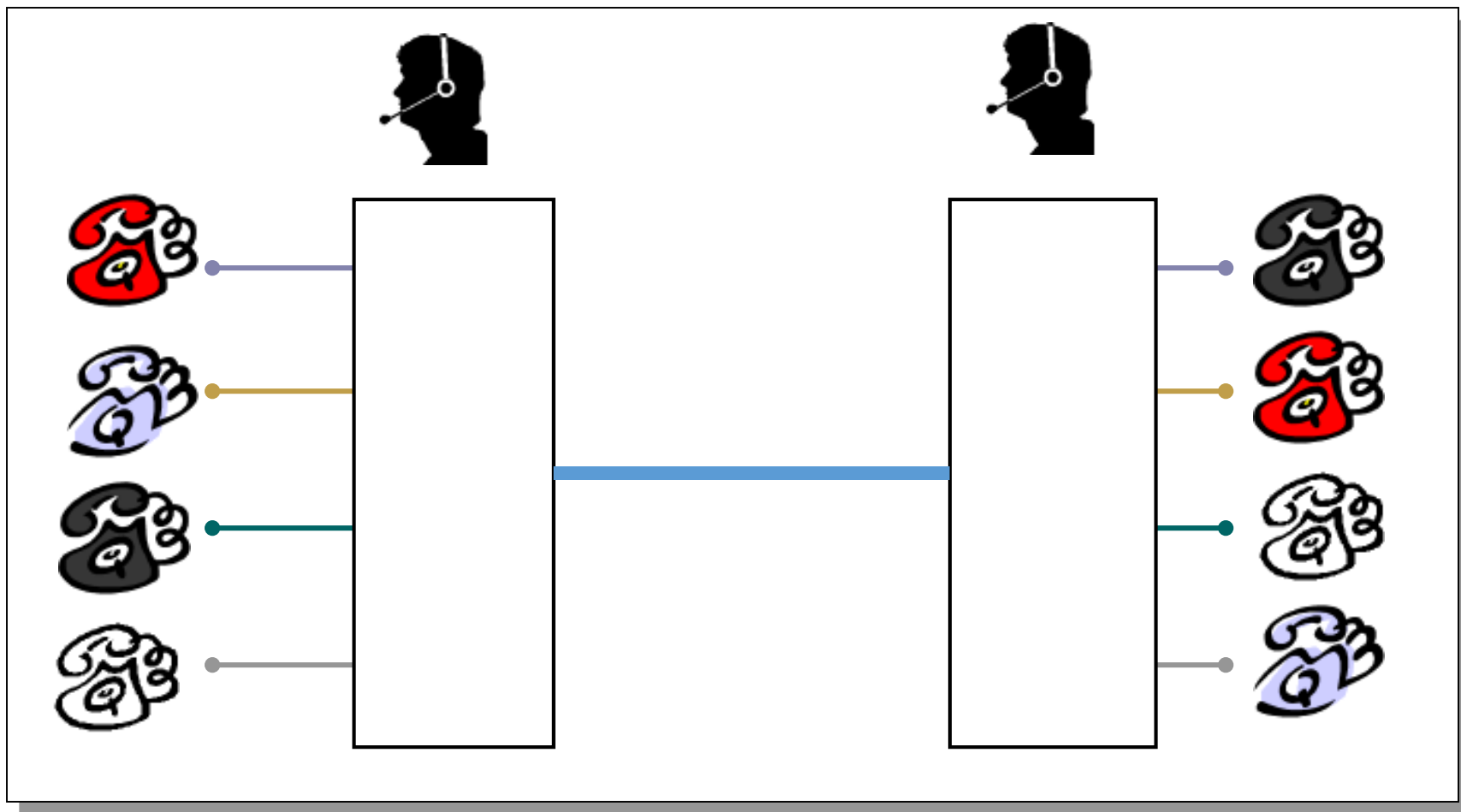
## ➤ 优点：

- 成本最低

## ➤ 有什么问题？

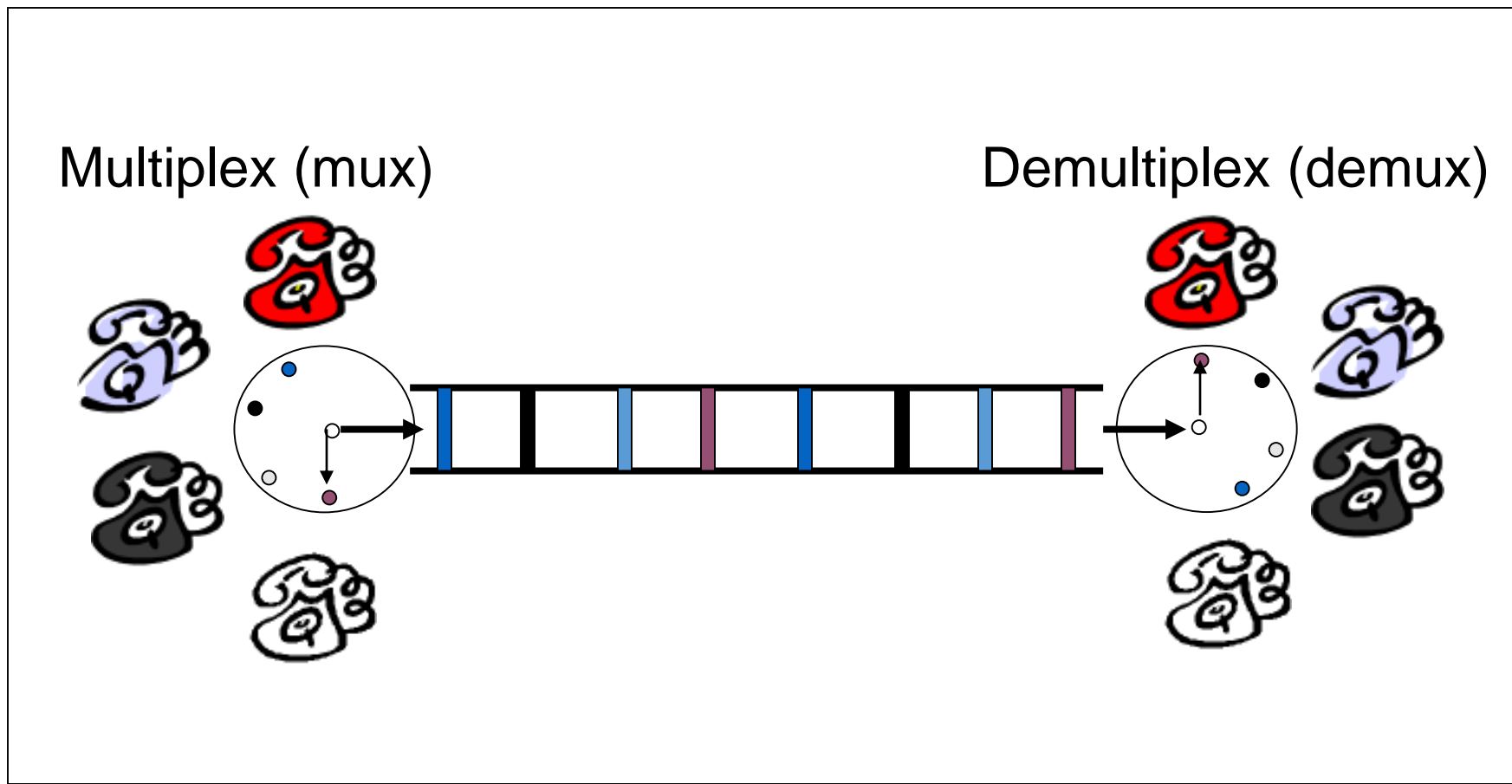
- 线路共用

# 线路共用-在很久以前



# 线路共用-TDM时分复用

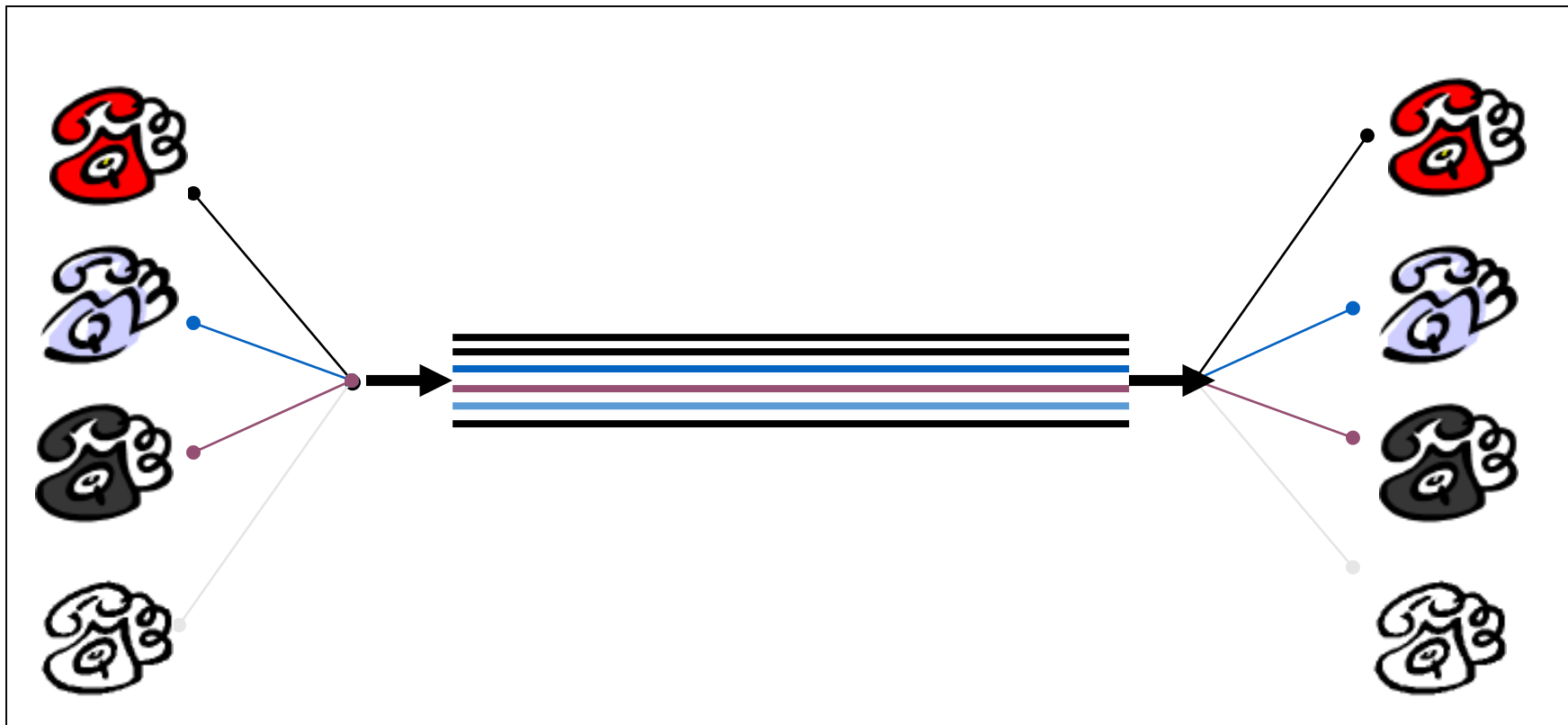
## 不同设备分时占用信道





# 线路共用-TDM时分复用

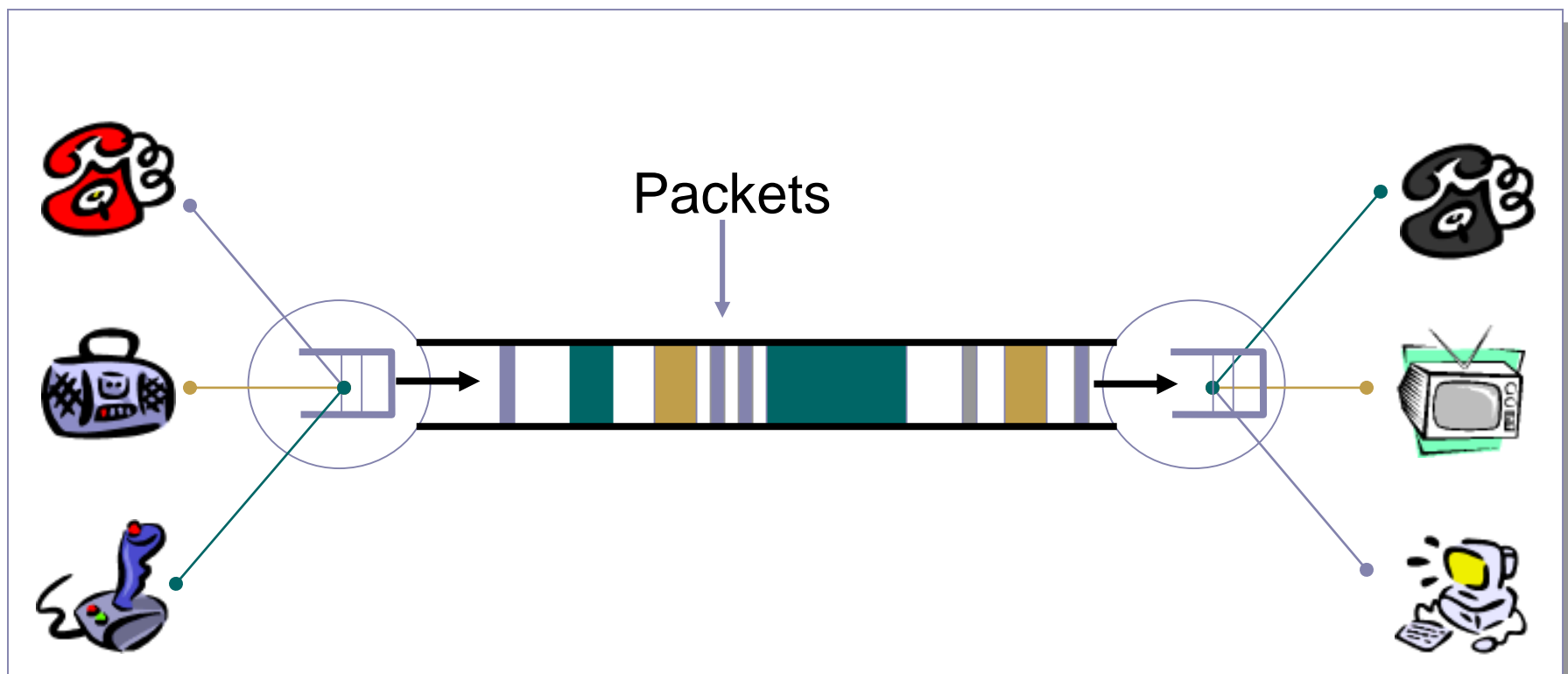
## 时分复用效果



有什么问題吗？

# 线路共用-报文的形式

- 信息源将需要发送的信息作为整体发送
  - 比如：一个文件、上一秒的语音信息



- 优点：线路利用率高，满足突发性服务的需求。

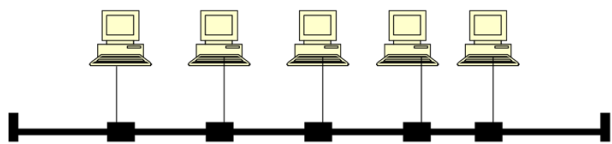
# 》》最简单的网络

## ➤ 多台计算机如何联网？

- 计算机 + 网卡 + 电缆 + 拓扑结构

常见的网络拓扑有：

1、网状拓扑；2、环状拓扑；3、星状拓扑；4、总线型拓扑



## ➤ 优点：

- 成本最低

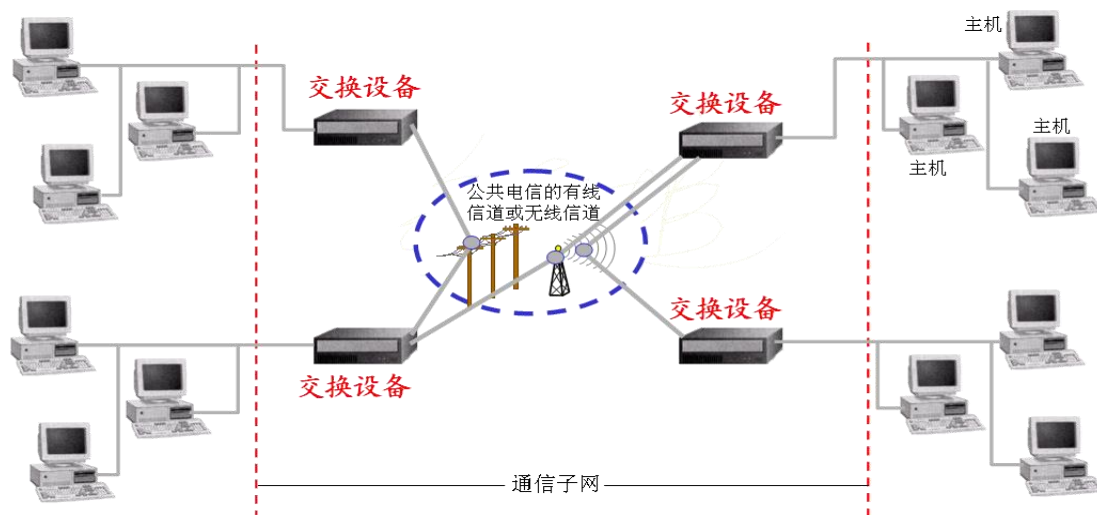
## ➤ 有什么问题？

- 线路共用
- 规模变大怎么办？

# 从局域网到Internet

## ➤ 当联网的规模不断扩大，怎么办？

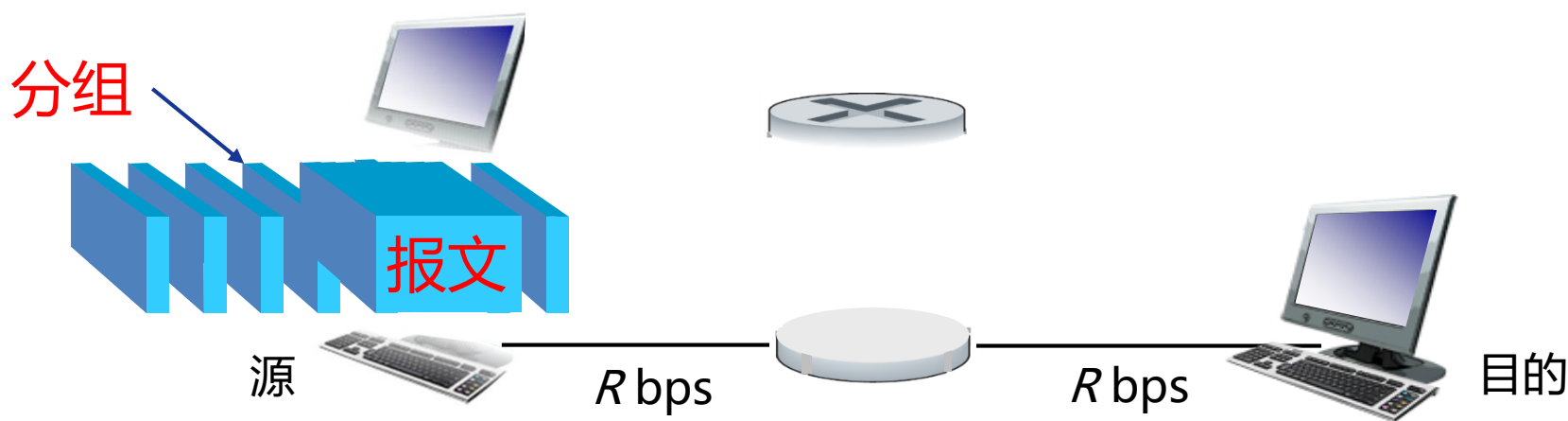
- 局域网 + 交换设备
- 交换设备，又称节点计算机，是一种特殊的计算机，用于连接多条传输线，当数据从某条线路到达时，交换设备**存储**他们，并选择一条线路**转发**出去。



# 从局域网到Internet

## ➤ 有的数据包大，有的数据包小，怎么办？

- 分组：将长报文分割成较短的分组，并将分组逐个发送出去。



# 报文交换 vs 分组交换



## ❖ 报文交换:

- 报文长度为  $M$  bits
- 链路带宽为  $R$  bps
- 每次传输报文需要  $M/R$  秒

## ❖ 分组交换:

- 报文被拆分为多个分组, 分组长度为  $L$  bits
- 每个分组传输时延为  $L/R$  秒

## 例:

- ❖  $M = 7.5$  Mbits,  
 $L = 1500$  bits
  - $M = 5000L$

- ❖  $R = 1.5$  Mbps

## ❖ 报文交换:

- 报文交付时间 = ? sec

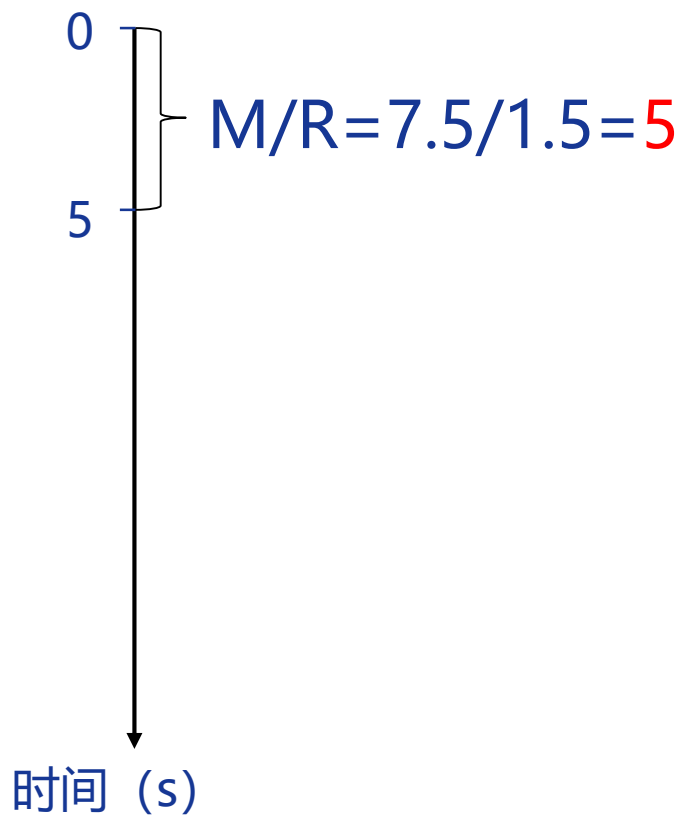
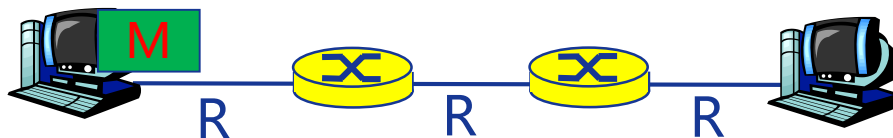
## ❖ 分组交换:

- 报文交付时间 = ? sec



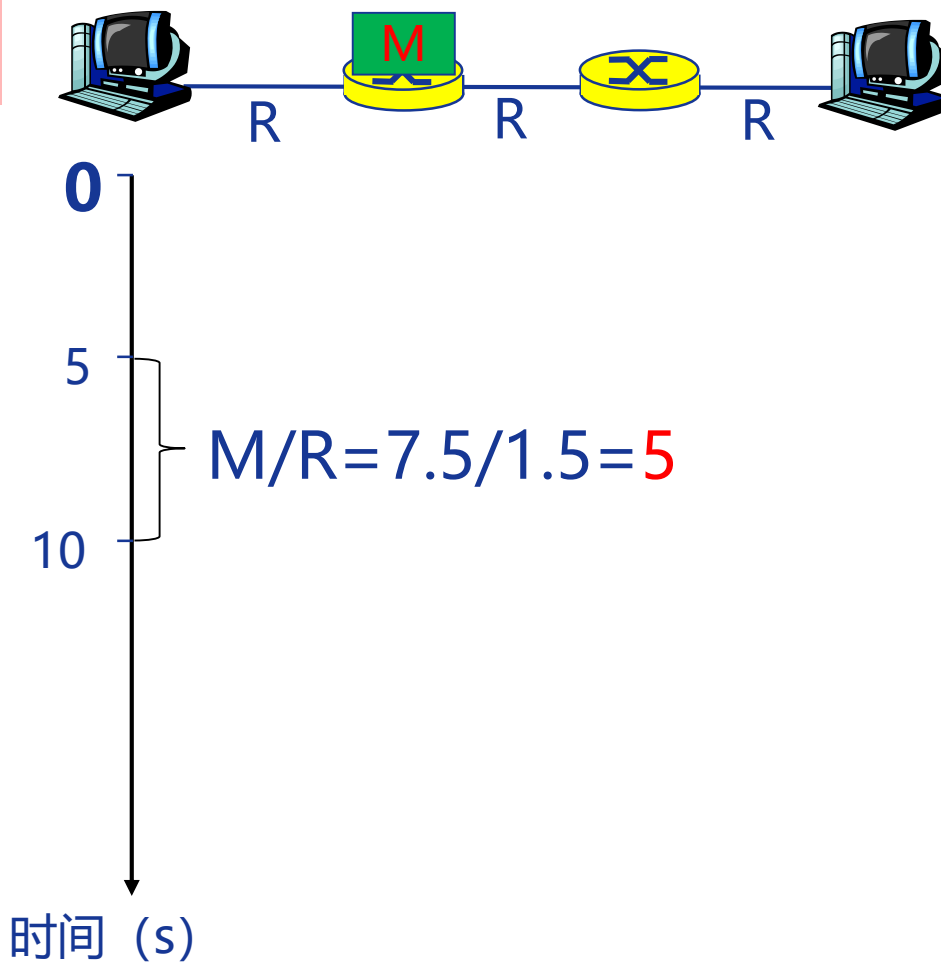
# 报文交换 vs 分组交换

## 报文交换



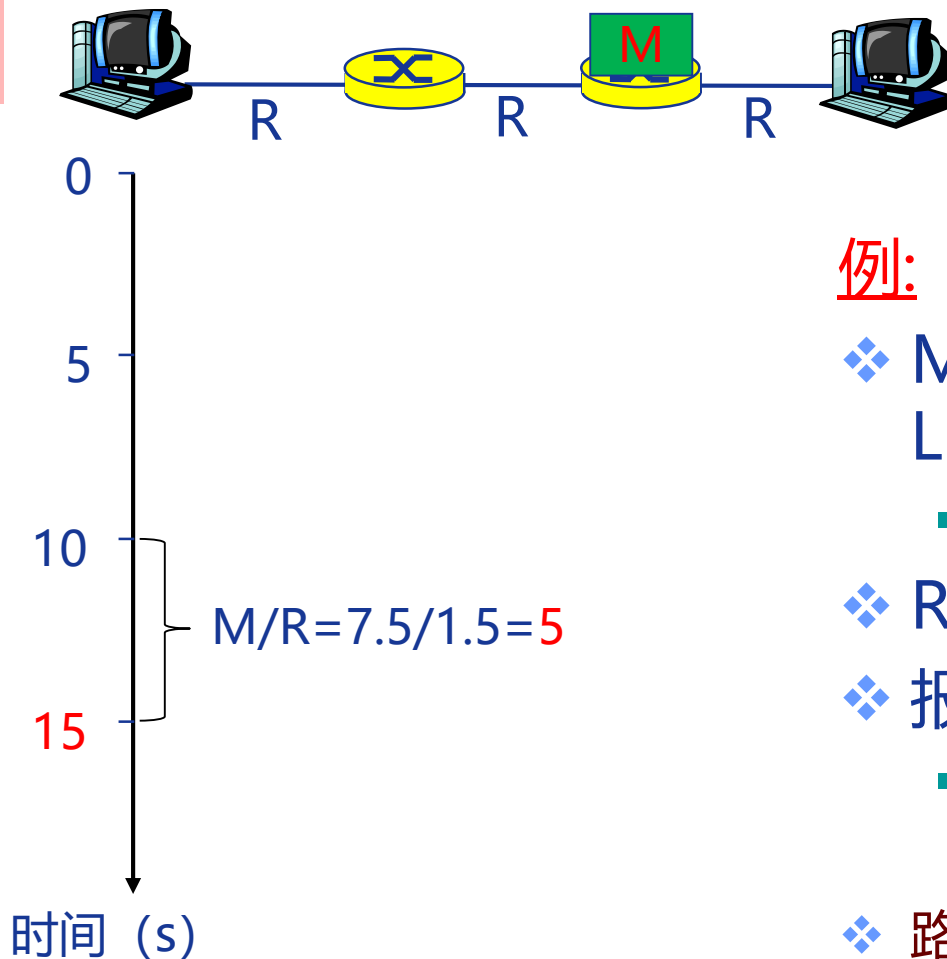
# 报文交换 vs 分组交换

## 报文交换



# 报文交换 vs 分组交换

## 报文交换

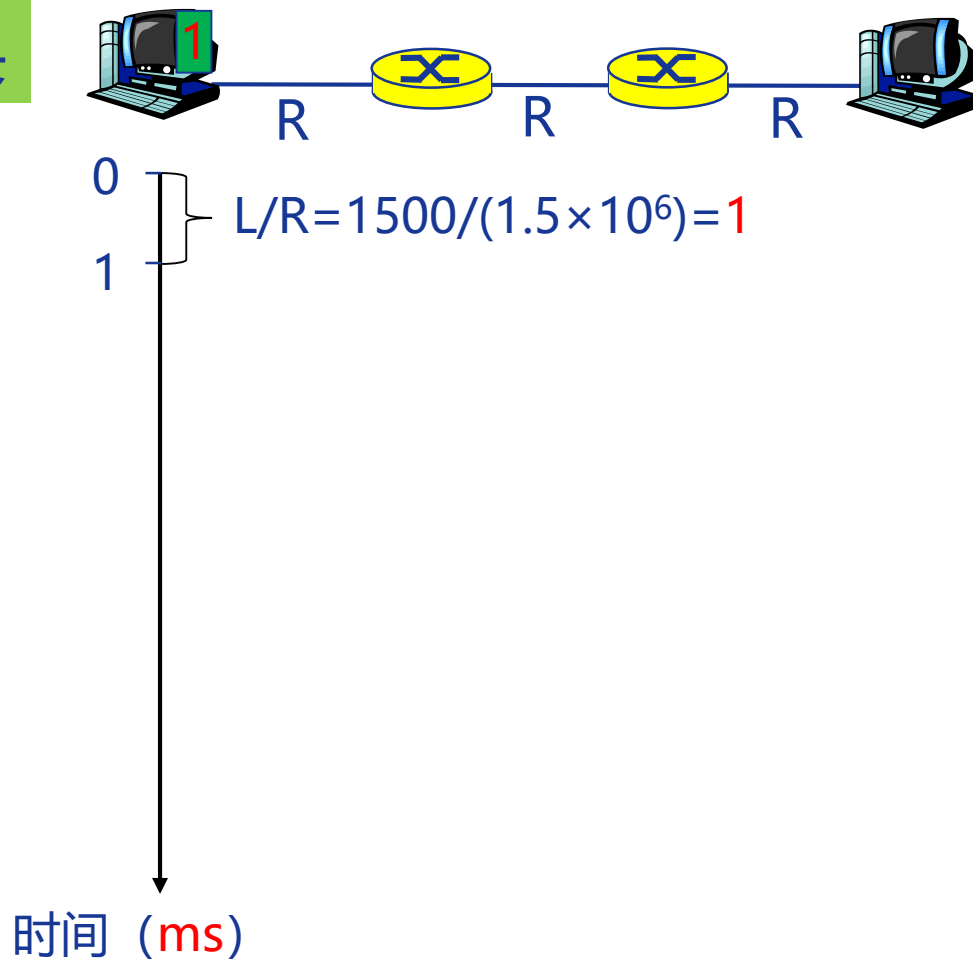


例:

- ❖  $M = 7.5$  Mbits,  
 $L = 1500$ bits
  - $M = 5000L$
- ❖  $R = 1.5$  Mbps
- ❖ 报文交换:
  - 报文交付时间 = 15 s
- ❖ 路由器至少需要多大缓存?

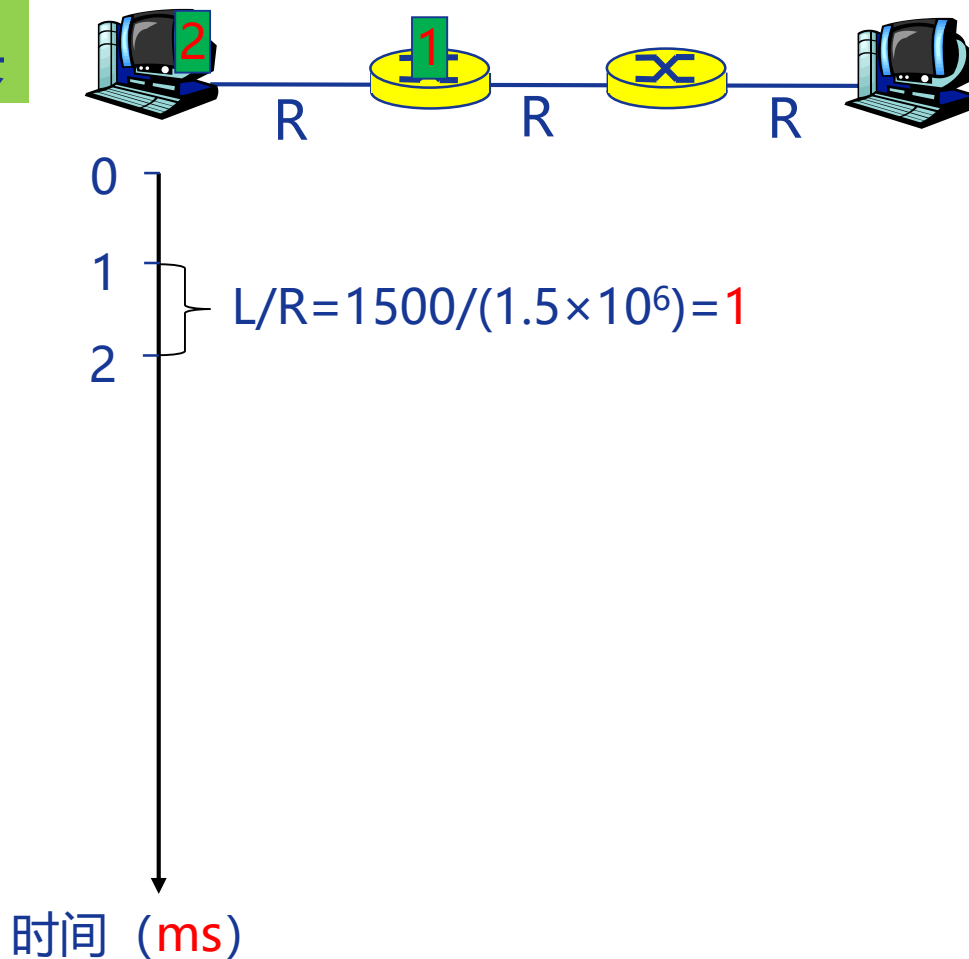
# 报文交换 vs 分组交换

## 分组交换



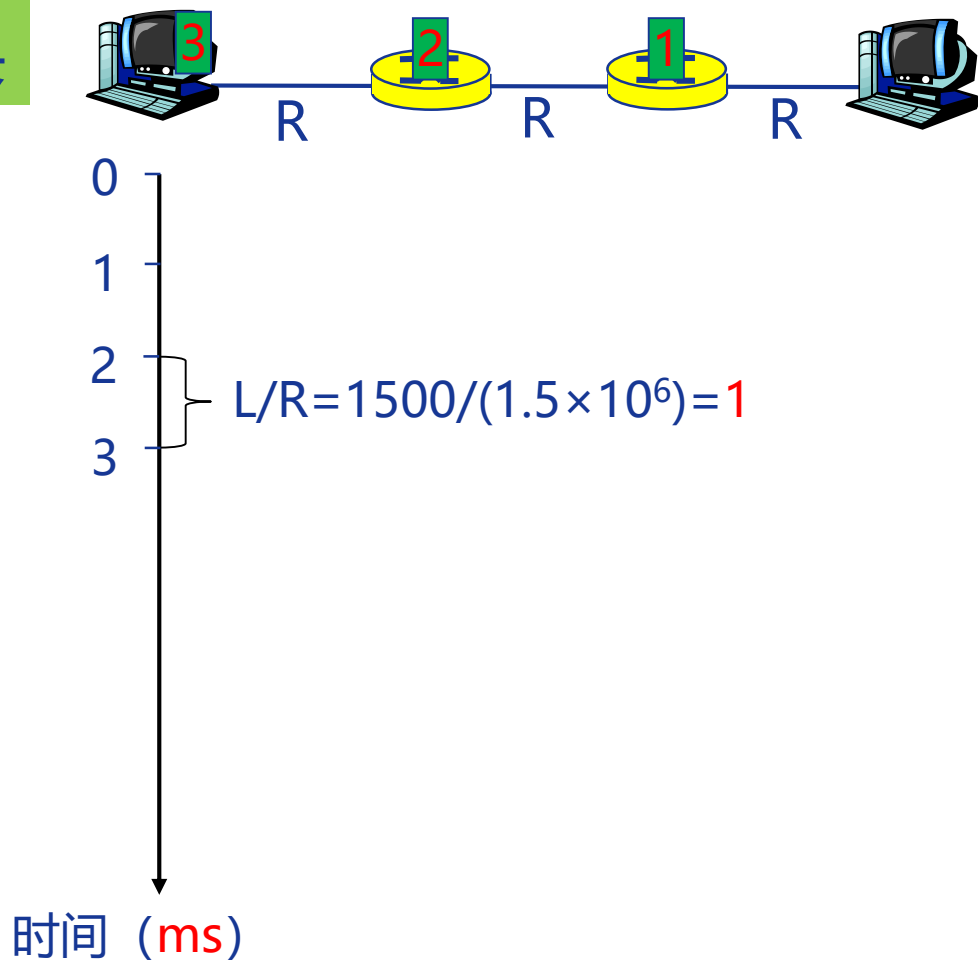
# 报文交换 vs 分组交换

## 分组交换



# 报文交换 vs 分组交换

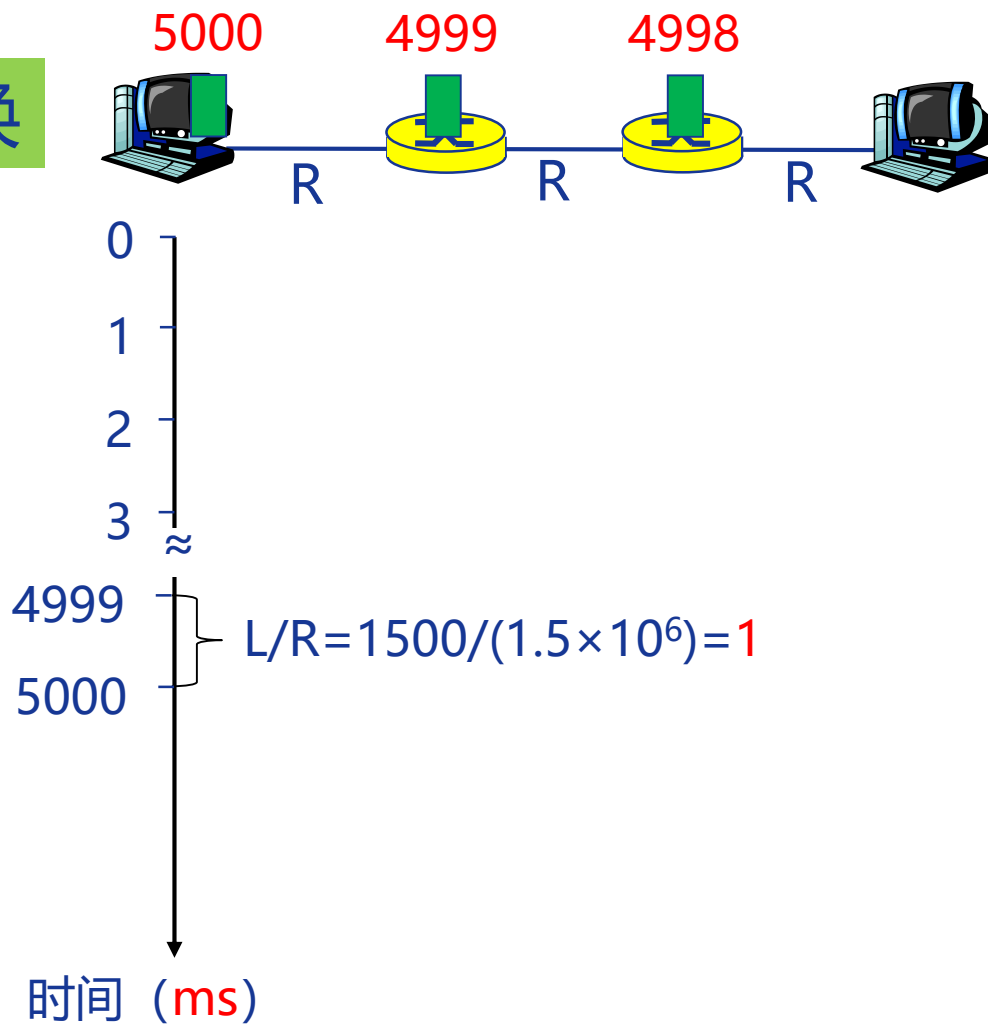
## 分组交换





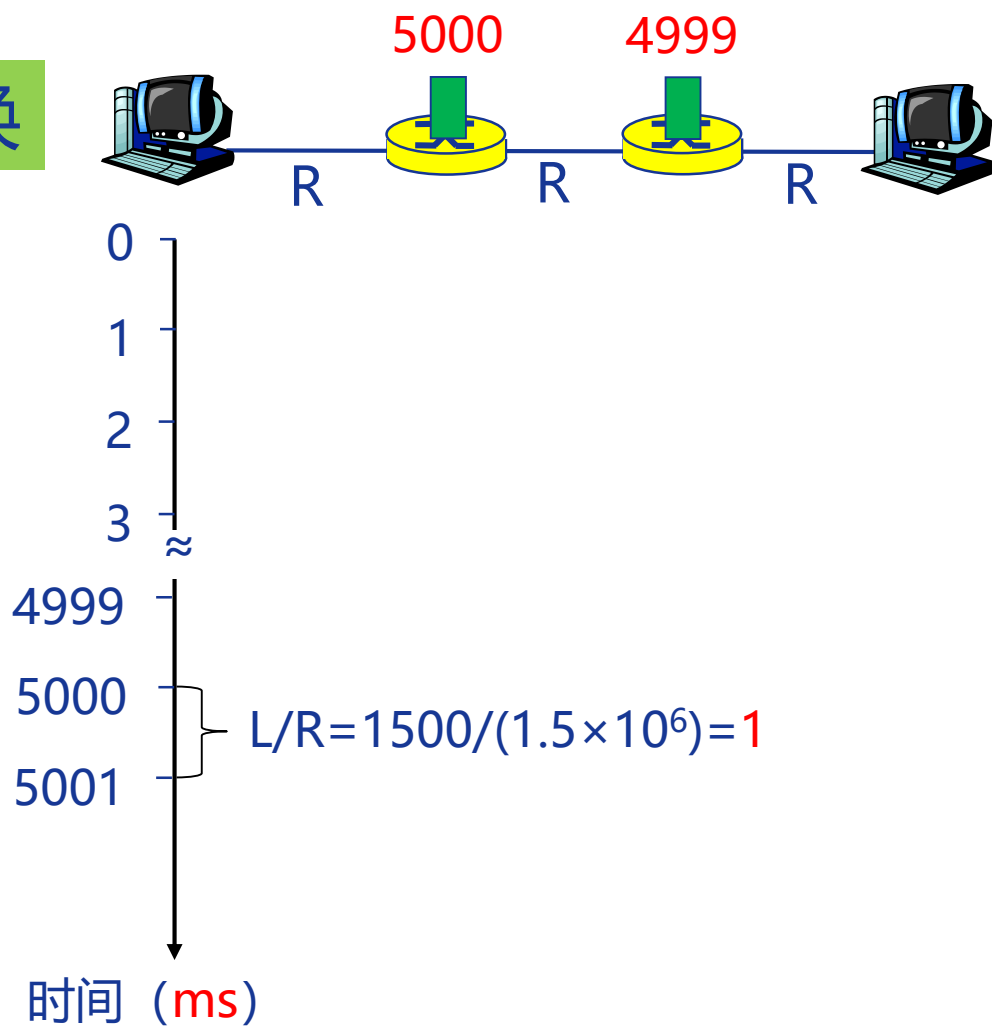
# 报文交换 vs 分组交换

## 分组交换



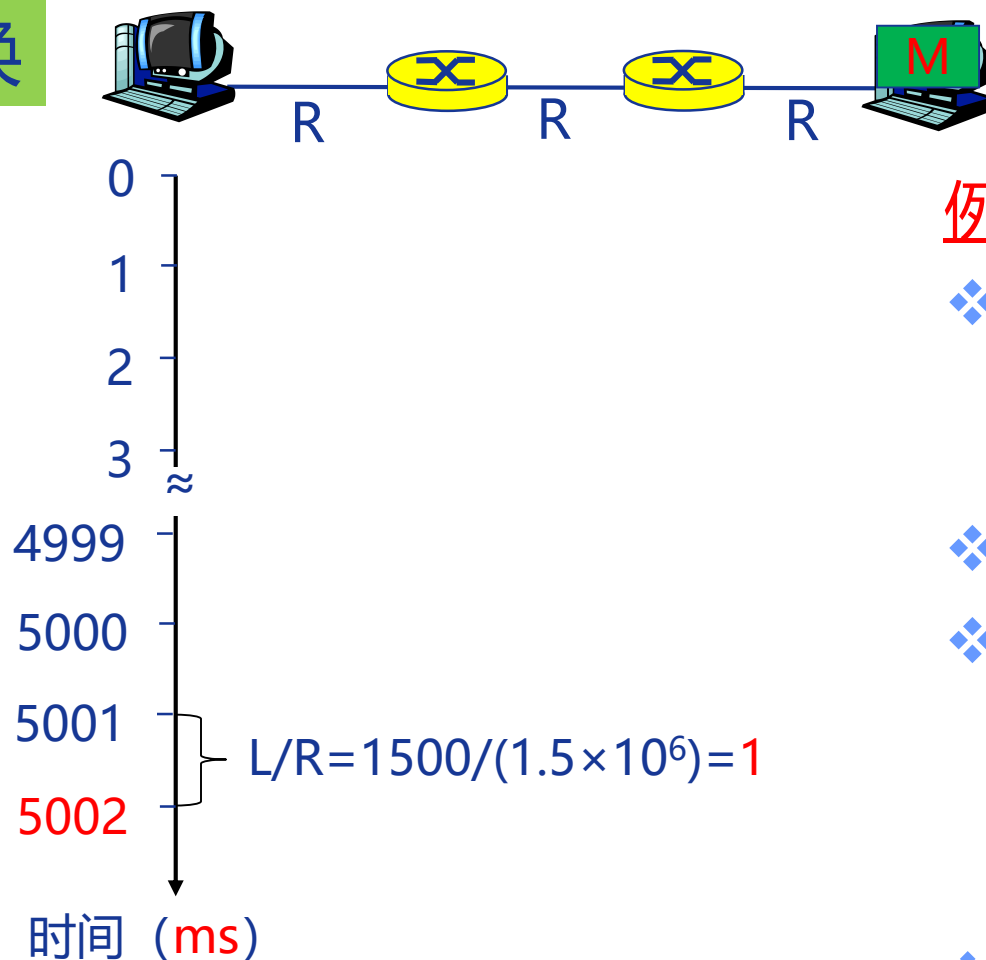
# 报文交换 vs 分组交换

## 分组交换



# 报文交换 vs 分组交换

## 分组交换



例:

❖  $M = 7.5 \text{ Mbits}$ ,  
 $L = 1500 \text{ bits}$

▪  $M = 5000L$

❖  $R = 1.5 \text{ Mbps}$

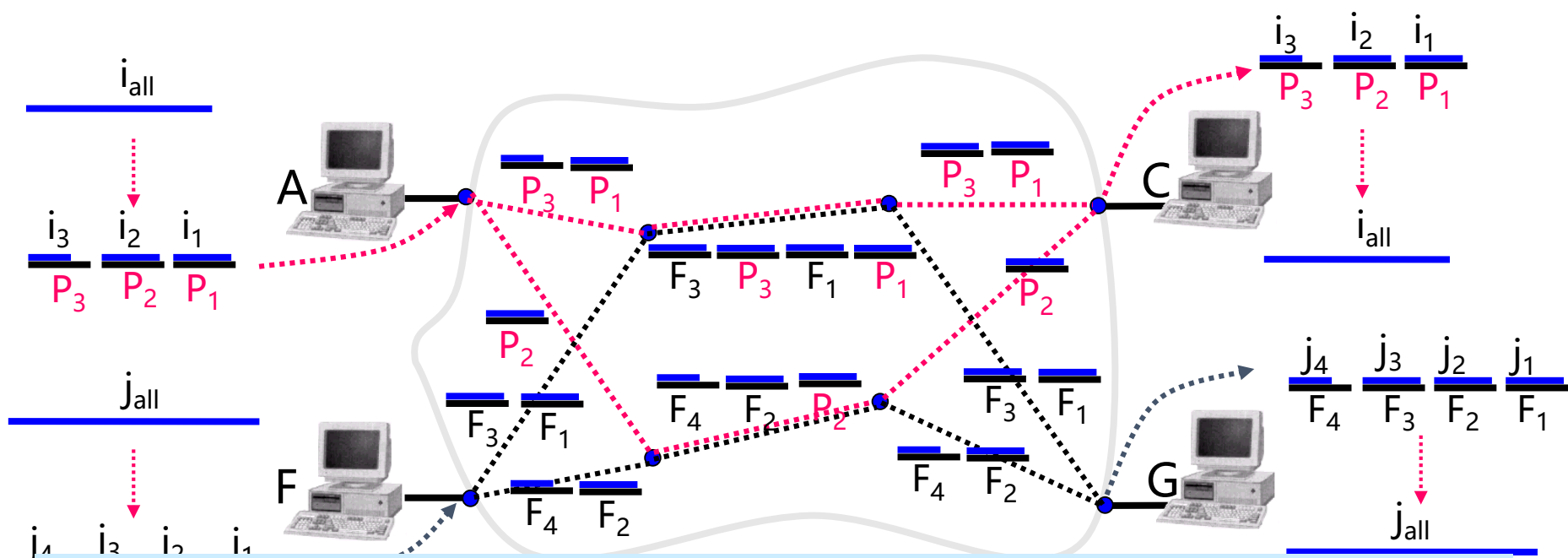
❖ 分组交换:

▪ 报文交付时间  
= 5002ms  
= **5.002 sec**

❖ 路由器至少需要多大缓存?

# 从局域网到Internet

- 假如，我们和北京的互联网消息平时都是从西安-郑州-北京的路线。如果有一天，郑州停电了，怎么办？



- 多路复用、混用--并发、分布

# 这就是互联网

➤ 现代互联网就是多路复用、分组转发的网络。



The ARPANET in December 1969



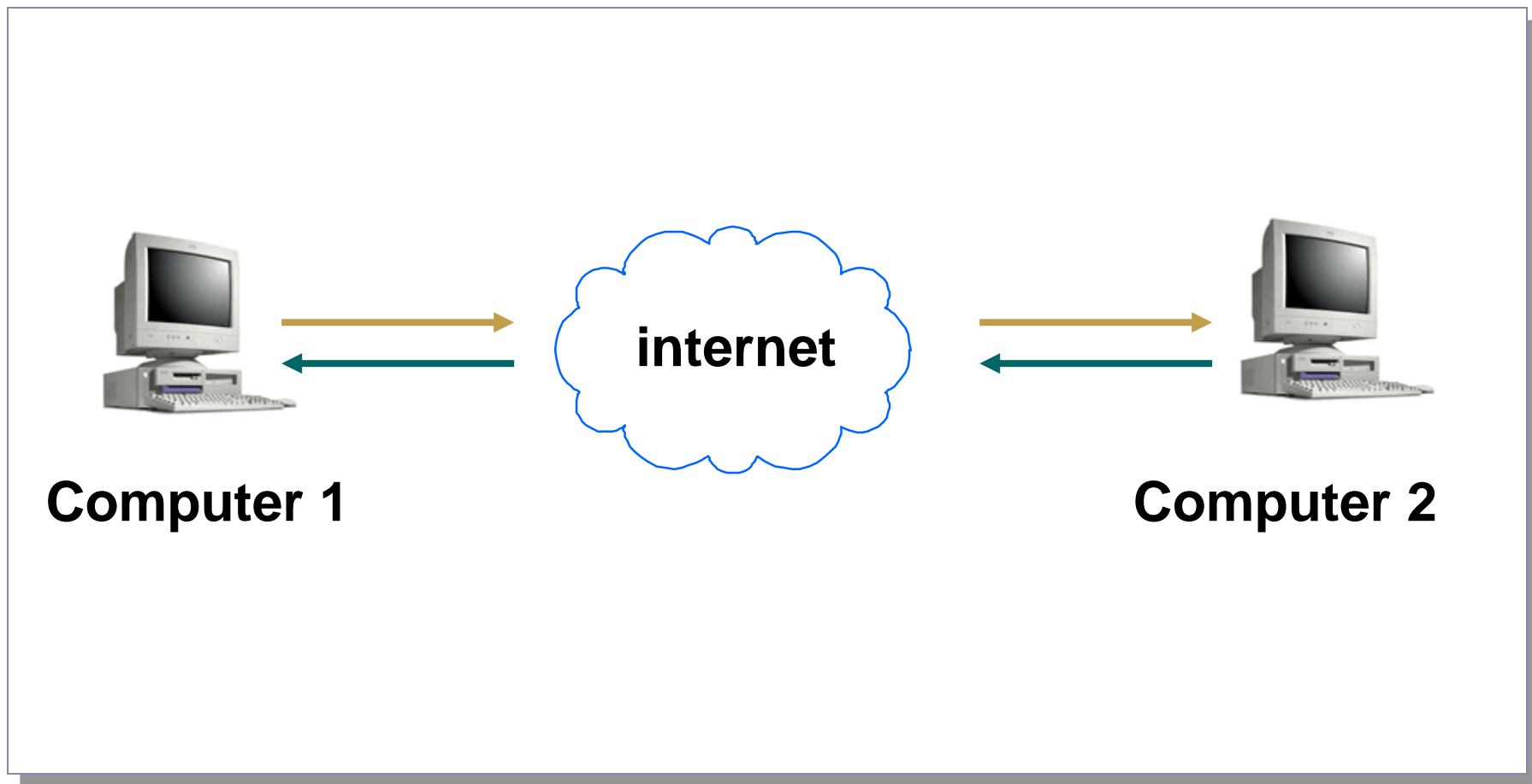
- 是 20 世纪 60 年代美苏冷战时期的产物。
- 60 年代初，美国国防部领导的远景研究规划局 ARPA (Advanced Research Project Agency) 提出要研制一种生存性 (survivability) 很强的网络。
- 传统的电路交换 (circuit switching) 的电信网有一个缺点：正在通信的电路中有一个交换机或有一条链路被炸毁，则整个通信电路就要中断。

# 》》实现互联网有哪些工作要做？

---

- 如何建立连接？
- 如何组成互联网？
- 如何找到网络中的目标？
- 如何保证信息不丢失？
- 如何使用互联网？

# 》》 如何找到网络中的目标?



# 如何找到网络中的目标?

## ➤ Humans use readable host names

- 例如: `www.xjtu.edu.cn`
- 全球唯一



## ➤ IP地址更短, 更容易被电脑使用, 很像邮编。



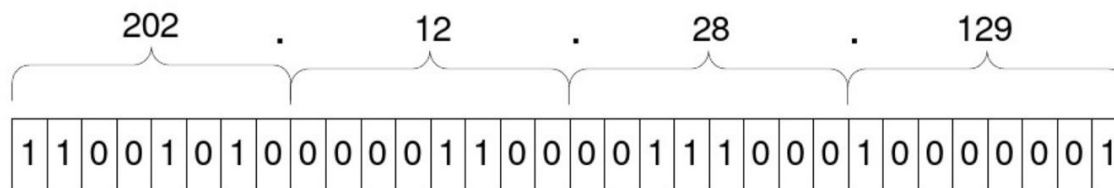
# ➤➤ IP Version 4 Addresses

## ➤ 32 bit unsigned integers

- possible values 0 ~ 4, 294, 967, 295

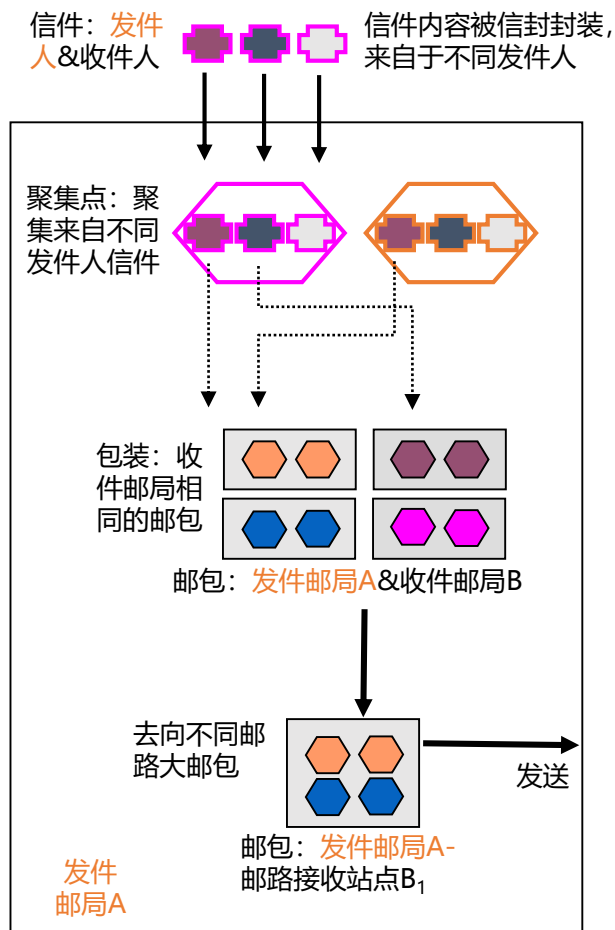
## ➤ Typically written as a “*dotted quad of octets*”

- Four 8 bit values with a range of 0-255 separated by “.”
- For example, 202.12.28.129 can be written as below

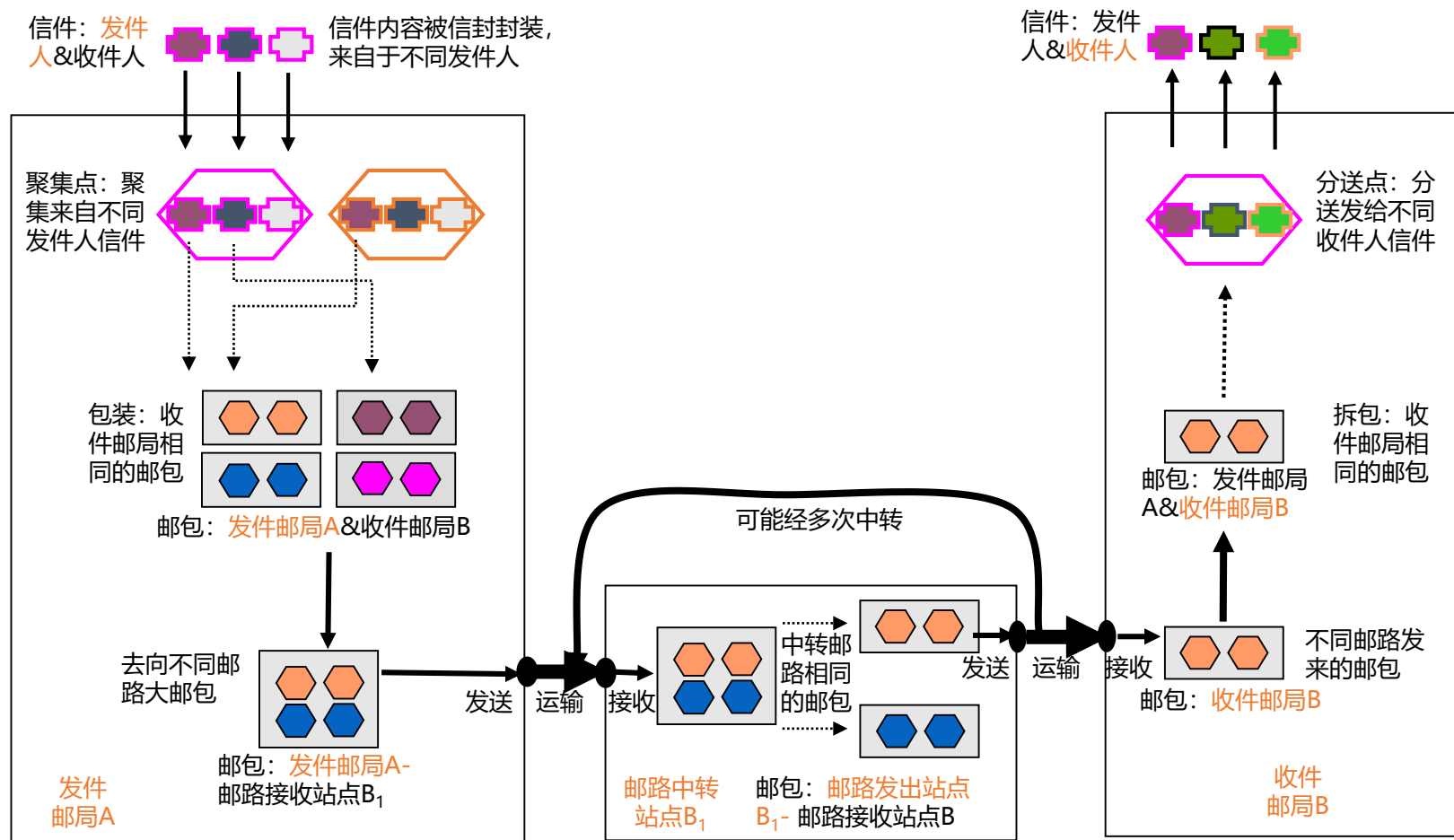


## ➤ 如何根据地址发送信息呢？

# 邮政网络是如何运作的呢?



# 邮政网络是如何运作的呢?



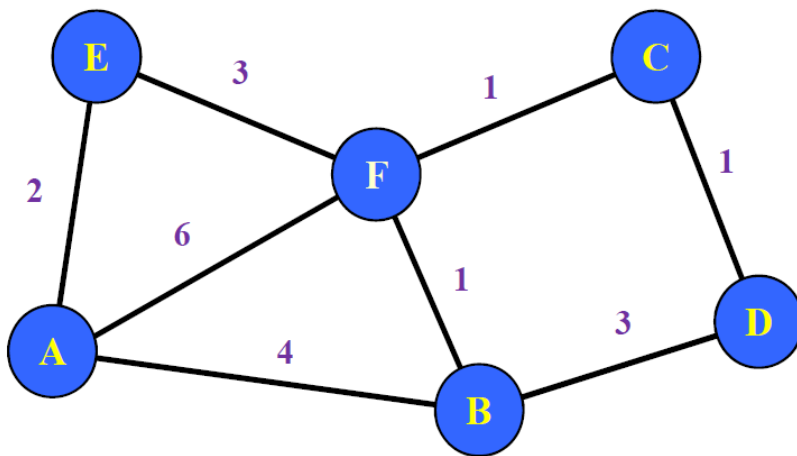
# 邮政网络是如何运作的呢?



# 网络转发是如何实现的

## ➤ Graph model:

- Represent each router as node
- Direct link between routers represented by edge
- Edge “cost”  $c(x,y)$  denotes measure of difficulty of using link



# 网络转发是如何实现的

- 路由表或路由信息库 (RIB) 是存储在路由器或网络主机中的数据表，其中列出了到特定网络目的地的转发信息。

Network ID	Cost	Next Hop	Memo
.....			
.....			

An example of routing table

Network Destination	Netmask	Interface	Metric
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.0.100	10
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	1
192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.0.100	10
192.168.0.100	255.255.255.255	127.0.0.1	10

# 》》实现互联网有哪些工作要做？

---

- 如何建立连接？
- 如何组成互联网？
- 如何找到网络中的目标？
- 如何保证信息不丢失？
- 如何使用互联网？

# ➤➤ 如何保证信息不丢失?

---

➤ 思考：谁来帮忙检查邮件是否丢失代价最小

➤ A. 邮局分拣员

➤ B. 收件人

➤ C. 货车司机

➤ D. 转运站

➤ 事实上保证信息不丢失也是发送端和接收端负责。



## »» 回忆一下第一课

---

马谡与王平**两路人马**分别驻守在**街亭的不同地方**与张郃对峙，他们**一同发动进攻则可以大胜**，**假设通讯兵可能被张郃军抓到（不能同时进攻则输掉）**。问：此时两军应如何通讯才能确保胜利？



# ➤➤ 如何保证信息不丢失?

---

- 发送端和接收端提前商量好协议
  - TCP协议: Transmission Control Protocol
    - 收到了需要确认
    - 需要校验信息, 发错了重新发
  - UDP协议: User Datagram Protocol
    - Best effort (尽力而为)
    - 虽然有可能丢失, 但是简单高效
      - 例如, 流媒体直播用UDP发送。

# ➤➤ 如何保证信息不丢失？

---

- 发送端和接收端提前商量好协议
  - 遇到网络拥挤怎么办（硬发还是等会发）？
  - 收到东西的顺序不对怎么办？
  - .....

➤ 计算机网络课程上都会学到

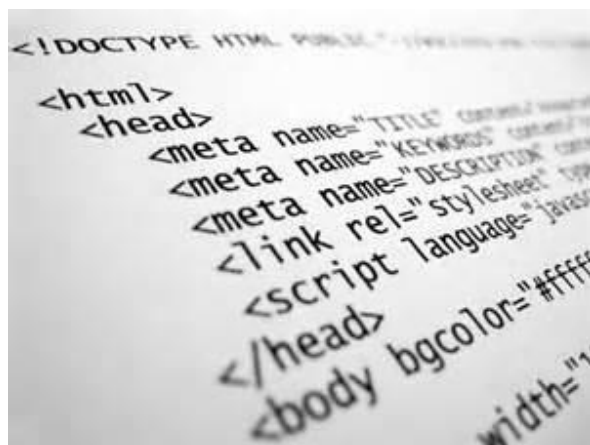
# 》》 实现互联网有哪些工作要做？

---

- 如何建立连接？
- 如何组成互联网？
- 如何找到网络中的目标？
- 如何保证信息不丢失？
- 如何使用互联网？

# 一个示例：Hyper Text Markup Language

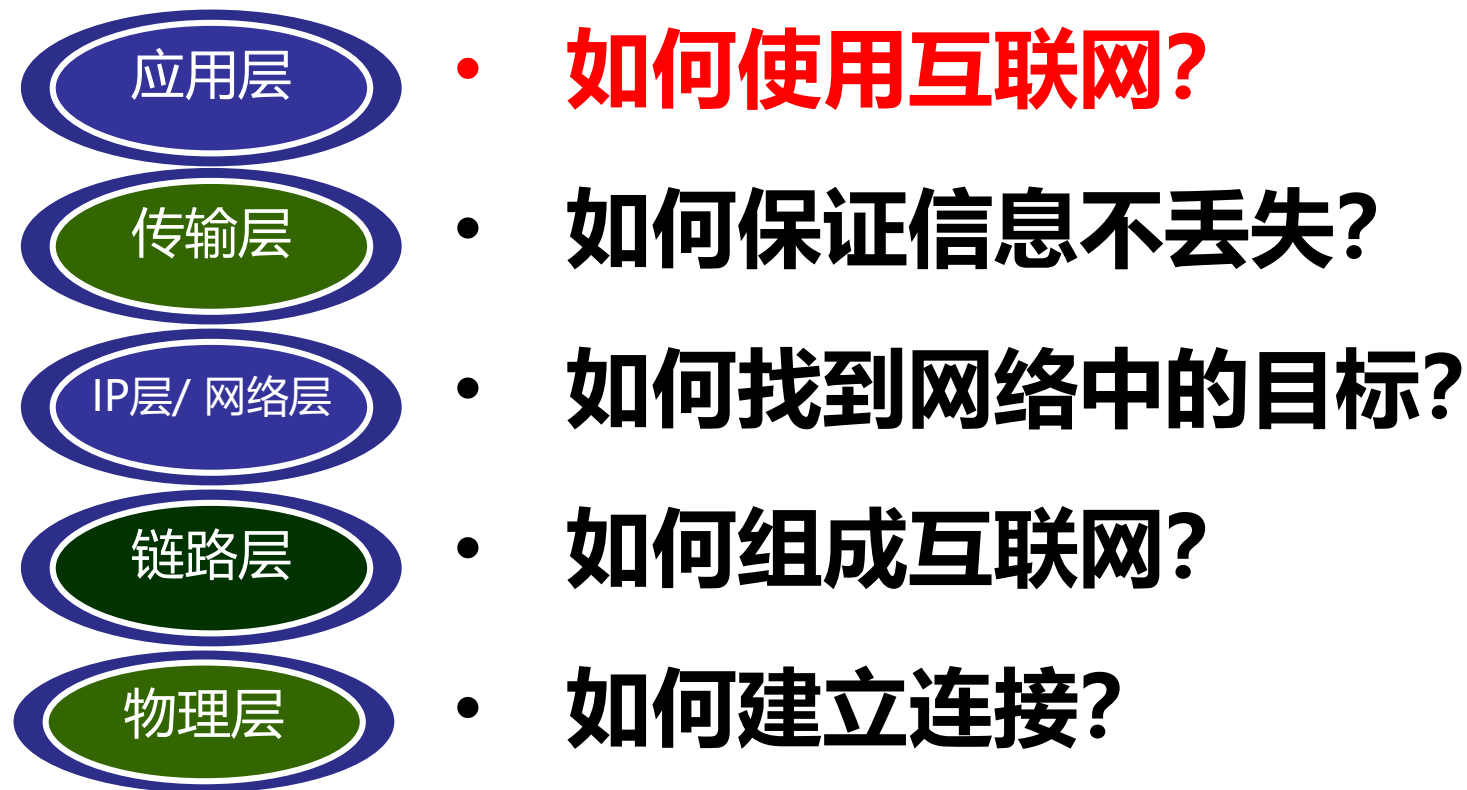
- 超文本标记语言（HTML）是创建网页和网络应用程序的标准标记语言。
- 网络浏览器从网络服务器或本地存储接收HTML文档，并将其渲染成多媒体网页。HTML以语义化的方式描述了网页的结构，并最初包含了文档外观的提示。



<https://en.wikipedia.org/wiki/HTML>

# 》》 总结

➤ 在计算机网络中，你们会学习五层的网络协议。



➤ **学会提问**，你才能理解每门课学什么，为什么学！

➤ **学会提问**，你就能**成为设计者**！

# Exercise

- Please describe the process of accessing the following website

<http://news.xjtu.edu.cn/zyxw.htm>

Give following information:

1. How to get IP address of the website?
2. How to get the webpage of zyxw.htm from sever to client?
3. How to describe zyxw.htm with HTML?
4. How to select the route from your computer to the website server?