

第五章 广域网

数据通信与计算机网络
面向专业：信息系
授课教师：刘剑毅

广域网提供的两种服务 ——虚电路与数据报

虚电路：

“使收发双方之间的路径表现得如同电话线路一般”

沿收发路径上的网络结点的操作比较复杂

- ❖ 在数据流动前，需要建立连接（call setup），流动结束后要断开（tear down）
- ❖ 每个分组携带 VC 标识（而不是信宿主机的 ID）
- ❖ 每个在收发双方路径上的路由器需要为正在传输中的连接维持“状态”

虚电路

- ❖ 建立、维护、断开 VC
- ❖ 应用在 ATM, 帧中继, X.25
- ❖ 不是应用在今天的 Internet

数据报 (Datagram) 网络: 因特网模型

- ❖ 在网络层没有联接建立过程
- ❖ 路由器：没有端对端的连接状态
 - ❖ 在网络层不存在“联接”的概念
- ❖ 一般分组使用信宿主机的 ID 进行路由选择
 - ❖ 同样收发双方的不同分组可能经由的路径可能不同



路由选择的定义

路由选择

目标：在收发双方的通信过程中为分组（所经由的一系列路由器中）确定一条“好”的路径

路由选择算法的图形抽象：

- ❖ 图中的结点是路由器
- ❖ 图中的线条为物理链路
- ❖ “好”路：
 - ❖ 度量 (metric) 的定义

链路成本：延迟, ￥费用, 或拥塞的程度

路由选择的基本原理

- ❖ 将网络拓扑抽象成图 (graph)



- ❖ 基于路由表的查表、转发——类似网桥中的站表

结点 1 的转发表	结点 2 的转发表	结点 3 的转发表	结点 4 的转发表
目的结点 下一跳	目的结点 下一跳	目的结点 下一跳	目的结点 下一跳
1 直接	1 3	1 3	1 3
2 3	2 直接	2 3	2 2
3 4	3 4	3 4	3 4
4 3			直连

可以合并 可以合并 可以合并 可以合并

- ❖ 使用默认路由——降低查表的时间开销

路由选择算法

- ❖ 定义：用于产生路由表的算法
- ❖ 设计原则：
 - ❖ 完备性：任一分组一定应该能够抵达目的主机
 - ❖ 实时性：分组在路由器上计算路由的时延不应太大
 - ❖ 自适应性：算法应能够根据时变的网络拓扑或通信量来更新路由表
 - ❖ 可收敛性：不应出现振荡的路由，即在一些路由之间无休止的往复
 - ❖ 平衡性：使所有用户的端端时延基本均衡，不因少数用户而牺牲其他用户的性能
 - ❖ 相对性：实际上，以上各条目标很难兼顾，即不存在哪一种绝对最优的算法

静态路由算法

- ❖ 不具备自适应性；

- ❖ 适用于网络拓扑固定不变或通信量相对稳定的情况；

1. 固定式：

每台路由器中的路由表一经算出，保持相当长一段时间固定不变；

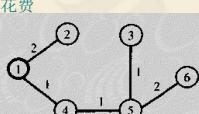
❖ 最短路径法：

Dijkstra于1959年提出，图论中的经典算法

Input：整个网络的拓扑和各条连接的“度量”——加权无向图

迭代过程：最多N-1步算法结束——算法有时延上限

Output：最短通路树——即根节点（root）到其他各个节点的最短通路及花费



结点1的路由表		
目的结点	下-跳结点	距离
2	2	2
3	4	3
4	4	1
5	4	2
6	4	4

静态路由算法

❖ 多路由法：

- ❖ 每个目的站的后继节点不仅包括最优路径，还包括次优路径，甚至第三选择路径
- ❖ 当最优路径不通、或流量过大时，可以引导至其他路径，从而增强路由的可靠性（容忍n-1条线路的损坏）和整网的均衡性
- ❖ 多路由法的路由表结构：

Des	1st	2nd	3rd
A	B	F	C
.....			

静态路由算法

❖ 2. 扩散式：全路转发，广播方式

- ❖ **洪泛法 (flood)**：在除了接收该帧的接口以外的所有其他接口上进行广播——避免振荡现象的发生
- ❖ 优点：一定存在一条路径是最优的，时延是最小的
- ❖ 缺点：网络规模较大时导致拥塞

- ❖ **选择式洪泛**：仅向着靠近目标节点方向的那些端口转发

❖ 尽可能的减少了洪泛法所带来的流量（图解）

静态路由算法

3. 随机式

- ❖ 路径的选择依据随机生成数来确定。
- ❖ 随机方法（GA, SA等）在优化问题中的地位。

❖ 随机走动法：

各后继节点被选中概率等概；稳健性高，但无时延上限保证。

❖ 分散通信量法：

各条可以通往目的节点的候选路径被选中概率可调；可以使整网的通信量更加均衡

静态路由算法——分层式

因特网不是一个理想化的网络，所以

- ❖ 不可能所有的路由器完全一样
- ❖ 网络不在一个“平面”上

规模：5千万台以上信宿

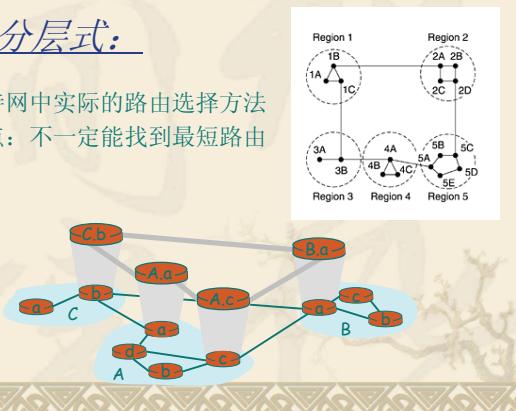
主机：

- ❖ 不可能把所有主机存在一个路由表中！
- ❖ 路由表的交换可以把链路带宽用掉大半！

针对如此大型的网络，庞大路由表带来了巨大的存储空间开销和查询时间开销，

4. 分层式:

- 因特网中实际的路由选择方法
- 缺点：不一定能找到最短路由



自适应路由算法

链路状态法:

- 每个路由器保有全网链路状态的表（包含拓扑与度量信息），并以此作为路由更新的依据（而距离向量法中仅在相邻节点间互换信息）

当前因特网中广泛采用的OSPF路由协议即基于此

2. 集中式:

由网控中心NCC负责全网状态信息的收集、路由计算、选择等。

优点：可以得到全局最优化的路由

缺点：“中心引力”效应严重；（图）
NCC一旦瘫痪，则全网瘫痪，网络可靠性不足

自适应(动态)路由算法

具备自适应特性:

- 分布式:** 每个节点周期地与相邻节点互相传递网络状态信息，从而使网络拓扑的变化信息能够传播到各个节点，并更新路由。

距离向量法:

ARPANET中曾使用的路由算法

每节点保有两个向量，时延向量： $D_i = (d_{i,1}, \dots, d_{i,N})^T$
后继节点向量： $S_i = (s_{i,1}, \dots, s_{i,N})^T$ 构成路由表的主要数据结构。

节点周期互换时延向量

向量更新法则：这里 A 是节点 k 的邻节点集合

$$d_{k,j} = \min_{i \in A} (d_{k,i} + d_{i,j}) \quad s_{k,j} = \arg \min_{i \in A} (d_{k,i} + d_{i,j})$$

混合式路由选择策略

- 事实上，实用中的路由策略都是上述若干种算法的混合体。

例1：集中式十分布式

集中式算法用于稳态下路由表的初始化；而对于局部的拥塞和故障的迅速响应，则依赖于分布式算法来更新路由表。

例2：多路由法十热土豆法

由两个方法分别对候选路径打分，然后相加两分值，投票选出最优路径。

例3：.....

自适应路由算法

3. 孤立式:

同样能够跟随网络状态的变化更新路由选择，但不依赖于与其他节点的信息交互，而仅依靠本节点所拥有的信息。

热土豆法:

路由器为了让收到的分组尽快脱手离开本节点，将其放在最短的输出队列中，而无视其目的节点。

- 优点：减少了分组的排队时间；避开了坏链
- 缺点：并非最短路径，盲目性较高。

反向学习法

本质上也属于孤立式算法

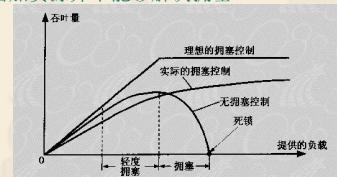
拥塞控制简介

◆ 拥塞的定义:

$$\sum \text{对资源的需求} > \text{可用资源}$$

资源举例：buffer，带宽，计算能力

单纯增加资源并不能够解决拥塞



拥控的代价：带来额外开销，导致轻载网络中，拥控反而降低系统性能。

拥塞控制简介

- ❖ 拥控与流控的关系

- ❖ 拥控：全局过程

- ❖ 流控：局部过程，点对点的控制

- ❖ 拥控的实现：

- ❖ Idea：从定义出发，改变不等号的两端

- ❖ 开环控制：采用无冲突协议的思想

- ❖ 闭环控制：采用冲突协议的思想

X.25建议书

- ❖ 定义了资源子网中的主机接入通信子网PDN的接口协议，即DTE与DCE间的接口。（图）

- ❖ 提供虚电路服务

- ❖ 三层的协议栈定义

- ❖ 通信子网内部并不由X.25负责，而交由各个厂家自行定义。

- ❖ 主机端到端的连接也并不由X.25负责。

- ❖ 我国早期的ChinaPAC（163网）即基于X.25