

第十章思考题

- 1、电路交换与分组交换有什么区别？
- 2、分组交换的两种流行方法是什么？
- 3、一个报文分为三段，用数据报（datagram）方法讨论分组的传输。
- 4、一个报文分为三段，用永久虚电路（permanent virtual circuit）方法讨论分组的传输。
- 5、一个报文分为三段，用交换虚电路（switched virtual circuit）方法讨论分组的传输。
- 6、为什么报文交换（message switching）会被其它交换方式所替代？
- 7、比较电路交换、虚电路分组交换和数据报分组交换性能的三个时延参数是什么？
- 8、描述分组大小与报文传输时间的关系。
- 9、描述分组交换网络外部操作与内部操作的关系。
- 10、分组交换网的路由节点有什么功能？
- 11、对路由选择功能需达到的目标（即特性）给予解释。
- 12、分组交换网中路由选择技术要素包括哪些？
- 13、对于路由选择，术语“最短”是什么意思？
- 14、求有向图最小路径的经典算法有哪些？
- 15、教材提到的路由选择策略主要有哪四种？
- 16、为什么自适应路由选择优于非自适应路由选择？
- 17、最流行的两种路由选择算法是什么？两者的主要区别有哪些？
- 18、请结合你接触到的当今主流网络环境，列举一些分布式自适应路由选择算法。
- 19、讨论三代 ARPANET 的路由选择策略。
- 20、X.25 协议用于什么网络？
- 21、X.25 协议分为哪些层次？每一层与 OSI 模型有什么关系？
- 22、X.25 协议的各层采用什么协议标准？它们的主要职责是什么？
- 23、X.25 支持的虚电路类型是什么？
- 24、简述虚呼叫过程的事件序列。
- 25、X.25 链路层地址字段与 HDLC 地址字段有何不同？
- 26、列出 X.25 帧类型及其主要功能。
- 27、在 DTE 与 DCE 之间通信包含哪些链路层阶段？每个阶段与哪些帧类型相关？
- 28、X.25 协议哪些层要进行差错控制和流量控制？
- 29、X.25 协议的 PLP 分组的首部长度上有几种变化，分别对应于哪些种类的分组？
- 30、X.25 分组与用以传输这些分组的虚电路之间有何关系？
- 31、列出 PLP 分组首部的字段。
- 32、一个 DTE 最多可以和其他 DTE 之间建立多少条 X.25 虚电路？通过什么来建立虚电路？
- 33、X.25 的分组层流量控制和差错控制分别通过什么控制分组来实现？
- 34、X.25 数据分组首部中的 M 标志和所有分组首部的 D 标志分别指示什么？组合起来有什么用处？
- 35、X.25 为差错恢复提供了哪些手段？

第十章思考题参考解答

1、电路交换与分组交换有什么区别？

解答

电路交换意味着在两个站点（端设备）之间建立一个专用的物理连接，网络必须为该连接的电路保留交换容量和信道容量。因此，该信道具有独占性，在断开连接之前即使不使用，也无法用于其它连接。

分组交换将数据分为长度可变的分组，并将分组选择相同或者不同的路径发送到目的站。网络中各节点间的链路可以供属于不同虚电路或者发往不同目的地址的分组分时共享。

2、分组交换的两种流行方法是什么？

解答

数据报方法和虚电路方法。

3、一个报文分为三段，用数据报（datagram）方法讨论分组的传输。

解答

每个分组相互独立，网络对它们分别处理；每个分组到达下个节点，节点就需要为该分组选择路由；由于每个分组可以走一条不同路径到达目的站，可能会引起分组到达失序。

4、一个报文分为三段，用永久虚电路（permanent virtual circuit）方法讨论分组的传输。

解答

使用源站与目的站之间长期建立的一条虚电路以相同路由传送所有三个分组，不需要选择路由。这种方式被帧中继网络所采用，X.25 分组交换数据网也使用永久虚电路出租给专网用户。

5、一个报文分为三段，用交换虚电路（switched virtual circuit）方法讨论分组的传输。

解答

交换虚电路在 X.25 协议标准中称为虚呼叫（virtual call）。

首先源站以数据报方式发送一个呼叫请求分组，目的站收到该分组后回送一个呼叫接受分组给源站，以此建立一条临时的虚电路，然后沿该虚电路以相同路由发送所有三个分组，最后视情况由该两个站点之一发送清除请求分组，终止该临时的虚电路。

如果两站下次需要交换数据，再建立一条临时虚电路，但通常虚电路标识不同，其路由也可能和上次建立的虚电路不同，这就是称为交换虚电路的缘故。X.25 分组交换数据网可使用交换虚电路。

6、为什么报文交换（message switching）会被其它交换方式所替代？

解答

报文交换有较大缺陷，对于较大的报文，一次数据交换占据信道时间过长，增加了交换节点队列等待时间和不公平性，而且当出现差错时，重发的信息量很大，加重网络不必要的通信量。

尽管这样一些缺点，过去仍采用报文交换，是用来为无智能设备提供高级的网络服务，由于现在这样的设备已被智能设备所取代，因此报文交换方法也随之被其它更好的方法所取代。

7、比较电路交换、虚电路分组交换和数据报分组交换性能的三个时延参数是什么？

解答

信号的传播时延(propagation delay)、发送一个分组所花的传输时间(transmission time)以及节点交换数据的处理过程所必要的节点时延 (node delay)。

8、描述分组大小与报文传输时间的关系。

解答

1) 分组越小，每个分组的传输时间越短。

2) 一个节点收到一个分组后，在转发该分组时，同时可接收下一分组，当路由上节点较多时，分组可以分得更小，以利于多个节点对同一个报文并行传输，总的报文传输时间会缩短。但这种并行度并不是无限制提高，当分组数超过节点数，并行度到达上限。

3) 由于每个分组要增加一个首部，分组过小，相应地每个分组额外开销比例增大，总的的数据量会增加较多，总的传输时间反而变长。

见教材 242 页图 10.2。

9、描述分组交换网络外部操作与内部操作的关系。

解答

实际上是两个层次的虚电路与数据报工作方式，可以形成四种组合形式。

前面提到的网络虚电路和数据报都是内部的操作方式。

如果网络为两个端站点之间提供面向连接的服务，则称为外部虚电路服务，无论网络内部对两站之间传输的报文是按每个分组单独选路转发还是沿一条固定路径传递所有分组，网络需要为两站建立一个端到端的连接。这种服务直接为高层提供了传输服务。

如果网络提供给端站点是无连接的服务，则称为外部数据报服务，源站发送一个报文分组，并不期望目的站给予回答。但网络内部不仅也使用数据报操作，还有可能使用虚电路操作，为来自源站的该报文所有分组建立一条固定路由的虚电路，并将这些分组转送到目的站。

10、分组交换网的路由节点有什么功能？

解答

路由节点的功能主要是从上个节点传递来的分组再转发给通向目的站路由上的下一个节点，采用何种路由选择策略选择到达目的站路由及路由上的下一节点，是路由节点的重要任务之一。

11、对路由选择功能需达到的目标（即特性）给予解释。

解答：

教材上提到的这些特性包括：正确性 (correctness)、简单性 (simplicity)、健壮性 (robustness)、稳定性 (stability)、公平性 (fairness)、最优性 (Optimality)、高效性 (efficiency)。

援引 Bell, P. R. 1986 年 1 月发表的文章“ Review of Point-to-Point Network Routing Algorithms (IEEE Communication Magazine, Vol.24, No.1, pp.34-38)”中所阐述的一个理想路由算法应具有的特点，来对上述特性给予说明。

1) 算法的正确性是指，沿着各节点交换机中路由表所指引的路由，分组最终一定能到达目的站所连接的端节点，并且该节点可根据路由表识别出目的站直接与己相连，不再向其它节点转发该分组。

2) 算法的简单性是指，进行路由选择的计算必然加重分组时延，因此该计算不能过多增加网络通信量的额外开销。

3) 算法的健壮性实际是指自适应性。当网络通信量变化时, 算法能自行改变路由以均衡各链路负载。当某节点或网络局部发生故障或者改变网络结构时, 能重新选择或调整新的路由。

4) 算法的稳定性是指, 在网络通信量和网络拓扑相对稳定情况下, 路由算法应收敛于一个可接受的解, 而不应使得出的路由在一些路由之间来回振荡。

5) 算法的公平性是说, 算法应对除少数优先权者以外的所有用户都是平等的。例如, 若使某一对用户的端到端时延最小, 而不考虑其它广大用户, 则就不公平。

6) 算法的最优性, 是指以最低成本实现路由算法。该成本或者费用不一定是指钱, 通常是链路长度、数据率、链路容量、传播时延、是否加密、甚至通信量、节点缓存占用情况、链路差错率等因素的综合。需要指出, 不可能有一种真正的最优性, 只能是相对于某种特定要求下得出的较为合理的选择。

Bell 的文章中只提及了上述六个方面。最后, 从多个层面理解高效性, 也应是一个综合的因素, 至少应该是: 计算路由的时间短且信息量开销小; 并通过恰当的路由选择, 使网络负载均衡, 线路利用率高, 节点时延要小; 在网络通信量达到高峰时, 各路由上节点与链路数据吞吐量要大, 并尽量降低网络拥塞机会。

12、分组交换网中路由选择技术要素包括哪些?

解答

- 1) 性能评估标准。可以选择最小跳数、最低费用、最小时延和最大吞吐率等。最小跳数不一定最优, 最低费用更合理, 而且实际上包含了最小时延和最大吞吐率。
- 2) 判决时间。是为每个分组都选择路由(数据报方式)呢? 还是数据交换前一次性为整个报文的各分组选择路由。
- 3) 判决地点。是基于每个节点的分布式, 还是中心节点的集中式, 或是源站选路。
- 4) 网络信息源。可以不需要网络信息, 也可以本地节点、相邻节点、路由途中各节点或者网络全部节点作为信息获取的来源。
- 5) 网络信息更新时序。可以周期性地定时更新路由; 也可连续地不断地根据网络负载情况改变路由; 还可以是固定的路由, 只是网络拓扑改变时才给予重新调整。

13、对于路由选择, 术语“最短”是什么意思?

解答

网络中最低费用路由选择可利用有向图最短路径算法。所以这里的“最短”就是最低费用, 该最小费用不一定就是指钱, 它或者是所需的最小跳数, 或者是最快、最便宜、最可靠、最安全。对一个特定的传输而言, 最短通常是所有优质要求的组合, 以期建立一种比其它策略更具吸引力的路由。

14、求有向图最小路径的经典算法有哪些?

解答

这类最短路径算法都基于加权的无圈有向图, 分为两类:

一类是单源最短路径(SSSP—Single-Source Shortest Path)算法, 找出从一个源点出发, 到图中各其它顶点的全部最短路径。经典算法有 Dijkstra 算法和 Bellman-Ford-Moore 算法(即 Bellman-Ford 算法和 Ford-Fulkerson 算法)。

另一类称为所有点对最短路径(APSP—All-Pair Shortest Path)算法, 求出图中每个顶点到其它各顶点的所有最短路径。经典算法有 Floyd-Warshall 算法和 Johnson 算法。

15、教材提到的路由选择策略主要有哪四种？

解答

当然还有其它种类的非自适应路由，如分散通信法（traffic bifurcation），有兴趣者可参阅谢希仁《计算机网络》（第三版，大连理工大学出版社，2000年）一书第136页。

教材中提到了的策略有：

1) 固定路由选择。基于对网络现状的多方面分析，得到一份全网的路由选择矩阵，保存在网控中心；其它各节点只复制一份自己到达各目的站途径的下一节点的路由表。

2) 洪泛法（flooding）路由选择，各节点将来自节点一条输入链路的分组向该节点连接的其它链路输出。这种方法能保证分组可靠的到达，对传递网络路由信息和信息发布等特殊用途是适用的。但网络通信量太大，还需避免大量副本的重复接受和重复转发。

3) 随机徘徊法（random walk）路由选择，当分组到达某个节点，根据数据率或者最小费用计算出的概率随机选择一条路由。

4) 自适应（adaptive）路由选择，是一大类算法，根据网络负载变化和拥塞、故障等情况自适应地调整路由。目前各种分组交换网络主要采用此类算法。自适应路由选择又分为分布式、集中式以及二者的混合式几类。分布式自适应路由选择策略用得最为普遍。

16、为什么自适应路由选择优于非自适应路由选择？

解答

不同于非自适应路由选择，自适应路由选择允许一个路由节点依据网络的条件和拓扑为每个分组选择一条路由。

17、最流行的两种路由选择算法是什么？两者的主要区别有哪些？

解答

正如15题所说，分布式自适应路由选择是最流行的。分布式路由选择策略中，最基本的算法有两个，即距离向量（distance vector）算法和链路状态（link state）算法。

距离向量算法中，各节点共享整个网络的知识（最初知识会非常有限），但每个节点将把所知道的一切网络信息（不论多寡）发出去；但这些网络信息仅发送给紧邻节点；周期性地定时发送这些信息。

链路状态算法中，每个节点尽管掌握了全网知识，但只发送自己直接相连的链路状态，该链路状态信息发送给网络中所有节点；仅当这些直连链路状态有变化时才发送信息。

18、请结合你接触到的当今主流网络环境，列举一些分布式自适应路由选择算法。

解答

在当今全球普及的 Internet 网络环境中，曾经使用最广泛的一个内部网关协议（IGP—Interior Gateway Protocol）是路由信息协议 RIP（Routing Information Protocol），所谓 IGP 协议是指一个自治系统（比如我们南京大学的校园网）内部的路由选择协议。RIP 是一个基于 Bellman-Ford 距离向量算法的分布式路由选择协议，“距离”是指跳数，“向量”是因每个节点保存了到达其余每个节点的时延以及通向这些节点的本节点后继节点（下一节点）这两个向量。RIP 以最小跳数作为性能评估标准，认为好的路由通过的路由节点数目要少，最多只能包含 15 个路由节点，即距离的最大值为 16 时即相当于不可达，因此 RIP 只适合小型自治互联网络。而且，使用 RIP 协议的路由节点只知道到所有目的站点的下一个路由节点，却不了解全网的拓扑结构。

目前 IGP（Internet Engineering Task Force）组织推荐的一个 IGP 分布式路由选择协议是开放最短路径优先 OSPF（Open Shortest Path First）。称为“最短路径”是因为基于 Dijkstra

最短路径算法。这种 OSPF 协议也称为链路状态路由选择，所有节点维持一个链路状态数据库（分布式数据库），实际上是整个自治的互联网络的拓扑状态图，仅凭此就可看出它比之 RIP 的优势。“链路状态”包括该路由节点的相邻节点、到达这些路由节点的费用。OSPF 协议中关于费用的正式名称称为“度量”(metric)，是 16 个比特表示的一个从 1 至 65535 范围的无量纲数，该度量表示费用、距离、时延、带宽等，可由网管人员决定究竟表示什么。由于网络中链路状态经常变化，因此 OSPF 让每个链路状态带上一个 32 比特的序号，序号越大，状态越新。由于 OSPF 规定链路状态序号增长速度最快每 5 秒钟 1 次，因此 32 比特序号空间可以 600 年内不重复。每隔 10 秒钟各节点之间通过 IP 数据报互通一次信息，只要网络拓扑状态发生任何变化，就更新分布式链路状态数据库，并维持其在全网范围的一致性。每个路由节点在初始化时及每次更新后都根据链路状态数据库的数据用 Dijkstra 算法计算出自己的路由表。

19、讨论三代 ARPANET 的路由选择策略。

解答：

1969 年，第一代 ARPANET 采用类似上面的 RIP 协议策略，但利用根据队列长度估算出的时延作为性能评估标准，每 128ms 计算一次各条输出链路的平均时延，然后采用 Bellman-Ford 算法，更新路由表。正如教材第 255 页描述的情况。

1979 年，第二代 ARPANET 路由选择策略对第一代策略进行了大的变动，对时延采用了实测的方法，当分组到达节点时，打上时间戳(timestamp)，分组转发出时再记录发送时间，计算出时延，更符合实际；隔 10s 计算一次各条输出链路的平均时延，减少了进行路由选择的开销，减轻了第一代网络路由反复“振荡”问题；计算出的时延采用洪泛法广播给各节点。此外，每个节点保存了全网拓扑状态数据库；各节点路由表更新改用 Dijkstra 算法。这些都是上面提到的 OSPF 协议的雏形。

1987 年，第三代 ARPANET 路由选择策略在第二代基础上进行了小的改动。第二代策略尽管解决了轻负荷的路由振荡问题，但重负荷时，由于报告的时延与重新选路后实际经历的时延不存在相关性，仍会产生振荡。改进的方法是利用单服务排队模型，将时延转换为线路的利用率的估算值，以此作为性能评估标准，计算的方法见教材第 258 页顶上第 1 至 14 行。

20、X.25 协议用于什么网络？

解答

X.25 协议是主机站点与分组交换网之间全球通用接口的标准，也能应用于 ISDN 网络的分组交换。

21、X.25 协议分为哪些层次？每一层与 OSI 模型有什么关系？

解答

X.25 协议分为三层。分组层(packet level / packet layer)相当于 OSI 模型的网络层(network layer)；链路层(link level)或称为帧层(frame layer)，相当于 OSI 模型的数据链路层(data link layer)；物理层(physical level / physical layer)等价于 OSI 模型的物理层(physical layer)。

22、X.25 协议的各层采用什么协议标准？它们的主要职责是什么？

解答

物理层采用 X.21 标准的物理规约，也可代之以 EIA-232 标准，负责实现 DTE 设备到分

组交换网 DCE 设备的物理连接；链路层采用平衡链路接入协议 LAPB，是 HDLC 的一个子集，负责 DTE 与 DCE 之间的可靠数据帧传输；分组级采用分组级协议 PLP，负责两个 DTE 之间的端到端连接和数据交换。

23、X.25 支持的虚电路类型是什么？

解答

X.25 支持交换虚电路和永久虚电路。交换虚电路在 X.25 中也称为虚呼叫 (virtual call)，通过呼叫建立过程和呼叫清除过程，在两过程之间动态建立起临时虚电路；永久虚电路是固定的虚电路，由网控中心负责分配，比如可以分配给某个专网，类似与电话网的出租线路业务。

24、简述虚呼叫过程的事件序列。

解答

如同电路交换网的信令序列。见教材第 260 页倒数第 12 行开始的步骤 1 到 7。(略)

25、X.25 链路层地址字段与 HDLC 地址字段有何不同？

解答

X.25 的 LAPB 帧与 HDLC 帧的字段格式一致 (见教材第 173 页图 7.13)。

然而，在 X.25 的一个帧中，存在 HDLC 所没有的两种可能的地址：

00000001 — 用于由 DTE 发出的一条命令以及 DCE 对该命令的响应；

00000011 — 用于由 DCE 发出的一条命令以及 DTE 对该命令的响应；

26、列出 X.25 帧类型及其主要功能。

解答

I 帧用于封装来自网络层 (分组层) 的 PLP 分组；S 帧提供流量和差错控制；U 帧用来在 DTE 与 DCE 之间建立链路和拆除链路。

27、在 DTE 与 DCE 之间通信包含哪些链路层阶段？每个阶段与哪些帧类型相关？

解答

1) 链路建立：U 帧

2) 分组传送：I 帧以及 S 帧

3) 链路拆除：U 帧

28、X.25 协议哪些层要进行差错控制和流量控制？

解答

X.25 采用链路层和分组层两个层次的差错和流量控制，LAPB 实现 DTE 与 DCE 之间点到点链路上的差错控制和流量控制，PLP 实现端到端差错控制和流量控制。

29、X.25 协议的 PLP 分组的首部长度上有几种变化，分别对应于哪些种类的分组？

解答

有四种长度的分组首部。

1) 24 比特首部的分组：3 比特序号的数据分组/虚呼叫控制分组/流控和差控分组，7 比特序号的虚呼叫控制分组；

2) 32 比特首部的分组：7 比特序号的数据分组/流控和差控分组，15 比特序号的虚呼

叫控制分组；

3) 48 比特首部的分组：15 比特序号的流控和差控分组；

4) 56 比特首部的分组：15 比特序号的数据分组。

30、X.25 分组与用以传输这些分组的虚电路之间有何关系？

解答

在虚电路上传送的每个分组都有一个的逻辑信道号 LCN (Logical Channel Number), LCN 就是虚电路标识。教材上图 10.17 上分组格式比较早, 其中 LCN 被分为 4 比特的组号 (LGCN) 和 8 比特的信道号 (LCN) 两部分, 新的协议版本将其组合为 12 比特的 LCN。

31、列出 PLP 分组首部的字段。

解答

包括通用格式标识符 (GFI—General Format Identifier)；

逻辑信道号 (LCN—Logical Channel Number)；

分组类型标识符 (PTI—Packet Type Identifier)。

32、一个 DTE 最多可以和其他 DTE 之间建立多少条 X.25 虚电路？通过什么来建立虚电路？

解答

在 X.25 网络中, 一个 DTE 通过 DTE-DCE 链路最多可以和其他 DTE 之间建立 4095 条虚电路。

33、X.25 的分组层流量控制和差错控制分别通过什么控制分组来实现？

解答

流量控制通过 RR 和 RNR 控制分组实现；

差错控制通过 REJ 控制分组, 即采用回退 N ARQ 差错控制技术。

34、X.25 数据分组首部中的 M 标志和所有分组首部的 D 标志分别指示什么？组合起来有什么用处？

解答

X.25 数据分组首部中的 M 标志是多个分组指示, 为 1 代表本分组是一个报文的多个分组之一, 后面还跟有其它分组; 为 0 表示是多个分组的最后一个, 或者报文只有这一个分组。

所有分组首部的 D 标志是应答设备指示, 为 0 表示本地 DCE 给本地 DTE 的应答, 即本地点对点应答; 为 1 表示代表远程 DTE 对本地 DTE 的应答, 即端对端应答。

X.25 利用 M 标志和 D 标志组合的状态, 提供了一种完整分组序列 (complete packet sequence) 的能力。

35、X.25 为差错恢复提供了哪些手段？

解答

提供了两种手段。

复位 (reset) 用于重新初始化一条虚电路, 将两端的虚电路号均置为 0；

重启动 (restart) 重新使网络进入初始状态, 相当于重新初始化所有的虚电路。