1. 网络层关注的是如何将分组从源端延着网络路径送达目标端。网络层是处理端到端数据传输的最低层。功能：路径选择，分组交换，建立连接，实现拥塞控制……。
2. 网络层的协议：①路由协议：RIP，OSPF，BGP②IP协议③ICMP协议
3. 两种服务：①面向连接的服务：VC，在发送分组之前，必须首先建立一条从源路到目标路由器之间的路径；面向无连接的服务：数据报子网，分组都被独立地传送到路由，并独立于路由，不需提前建立任何辅助措施。面向连接的服务每个分组都包含一个标识符，指明属于哪一个虚电路。②面向非连接的服务：数据报子网中的路由内部有一个内部表，表中包含目标地址和针对该目标地址所使用的输出路径。（标签交换：在输出分组中替换连接标识符能力）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 方面 | 虚电路服务 | 虚电路服务 |
| 思路 | 可靠通信应当由网络来保证 | 可靠通信应当由用户主机来保证 |
| 建立连接 | 必须有 | 不需要 |
| 地址信息 | 仅在连接建立阶段使用，每个分组使用短的VC号 | 每个分组都有完整的目标和源地  址 |
| 状态信息 | 每个VC 都要求路由器为其建立表项 | 路由器不保存任何有关连接的状态信息 |
| 分组的转发 | 属于同一条VC的分组均按照同一路由进行转发 | 每个分组独立选择路由进行转发 |
| 当结点出故障时 | 所有通过出故障的结点的虚电路均不能工作 | 出故障的结点可能会丢失分组，一些路由可能会发生变化 |
| 分组的顺序 | 总是按发送顺序到达终点 | 到达终点时不一定按发送顺序 |
| 端到端的差错处理、流量控制 | 可以由网络负责，也可以由用户主机负责 | 由用户主机负责 |
| 拥塞控制和服务质量 | 如果有足够的资源可以提前分给每一个VC，则很容易实现 | 很难实现 |

1. 路由算法：①分类：自适应，非自适应；分布，集中；静态，动态。特性：正确性、简单性、健壮性、稳定性、公平性、最优性。②衡量路径方法：跳数，地理距离；队列长度、延迟。③具体算法：a优化原则(Optimality Principle)b最短路径路由(Shortest Path Routing)c 扩散法/洪泛法(Flooding)d距离矢量路由(Distance Vector Routing)e链路状态路由(Link State Routing)f分级路由(Hierarchical Routing)g广播路由(Broadcast Routing)/多播路由(Multicast Routing)/移动主机的路由(Routing for Mobile Hosts)/Ad hoc路由(Routing in Ad Hoc Networks)④理想特性：Correctness, Simplicity, Robustness, Stability, Fairness, Optimality
2. 静态：优化原则、最短路径法、扩散法(源路由器，序列号对)；动态：距离矢量路由法(RIP)、链路状态路由算法LSP(OSFP)、分级/ 广播/ 多播/ 移动主机/ Ad Hoc网络中路由
3. 优化原则：汇集(sink)树：所以源到目标的最优路径的集合构成了一颗以目标节点为根的树。路由算法的目标是为所有路由器找到并使用汇集树。
4. 最短路径路由：只需在图中找到这对节点的最短路径即可。(Dijkstra 算法)
5. 扩散法抑制扩散的方法：①在分组头包含计数器，每一跳-1，直至0，丢弃。②记录下那些分组已经被扩散过了，从而避免再次发送。③选择性扩散
6. 距离矢量路由：每个路由器维护一张表，表中列出当前已知的目标的最佳距离，以及使用路径，通过邻居间相互交换信息，路由器不断的更新他们内部的表。可能会带来无穷计算问题。运用于RIP。
7. 链路状态路由：发现邻居节点，知其网络地址→测量线路开销→创建链路状态分组，包含所有他刚刚知道的信息→发布链路状态分组→计算新的路由路径，运用于OSPF、IS-IS(Intermediate System- Intermediate System)中间系统对中间系统
8. 分级路由：路由器被划分为区域：优点：一个网络中的路由器不必知道其他网络的拓扑结构，节省表空间；代价：增加了路径长度 N个路由，最优级数lnN
9. 广播路由：生成树(Spaning)互联在一起的网桥进行彼此间通信后就能找出网络拓扑的一个子集,在这个子集中整个连通域中不存在回路, 即在任何两站之间只存在一条通路。多播路由：通过生成树完成
10. **路由选择信息协议议RIP(Routing Information Protocol)** ：认为一个好的路由就是它通过的路由器的数目少，即“距离短”。RIP 选择一个具有最少路由器的路由（即最短路由），哪怕还存在另一条高速(低时延)但路由器较多的路由。RIP 允许一条路径最多只包含15 个路由器。可见RIP 只适用于小型互联网。 RIP 不能在两个网络之间同时使用多条路由。②工作原理： RIP 是内部网关协议IGP(Interior Gateway Protocol) 中最先得到广泛使用的协议。 RIP 是一种分布式的基于距离向量的路由选择协议。RIP 协议要求网络中的每一个路由器都要维护从它自己到其他每一个目的网络的距离记录。③RIP 协议的三个要点：1 仅和相邻路由器交换信息。2 交换的信息是当前本路由器所知道的全部信息，即自己的路由表。3 按固定的时间间隔交换路由信息，例如，每隔30 秒。④路由表的建立：路由器在刚刚开始工作时，只知道到直接连接的网络的距离（定义为1）→以后，每一个路由器也只和数目非常有限的相邻路由器交换并更新路由信息→经过若干次更新后，所有的路由器最终都会知道到达本自治系统中任何一个网络的最短距离和下一跳路由器的地址。⑤RIP 协议的收敛(convergence)过程较快，即在自治系统中所有的结点都得到正确的路由选择信息的过程。⑥路由器之间交换信息：RIP协议让互联网中的所有路由器都和自己的相邻路由器不断交换路由信息，并不断更新其路由表，使得从每一个路由器到每一个目的网络的路由都是最短的（即跳数最少）。虽然所有的路由器最终都拥有了整个自治系统的全局路由信息，但由于每一个路由器的位置不同，它们的路由表当然也应当是不同的。⑦RIP2 的报文由首部(4B)和路由部分组成。RIP2 报文中的路由部分由若干个路由信息组成。每个路由信息需要用20 个字节。地址族标识符（又称为地址类别）字段用来标志所使用的地址协议。路由标记填入自治系统的号码，这是考虑使RIP 有可能收到本自治系统以外的路由选择信息。再后面指出某个网络地址、该网络的子网掩码、下一跳路由器地址以及到此网络的距离。⑧RIP 协议的优缺点：RIP 存在的一个问题是当网络出现故障时，要经过比较长的时间才能将此信息传送到所有的路由器。RIP 协议最大的优点就是实现简单，开销较小。RIP 限制了网络的规模，它能使用的最大距离为15（16 表示不可达）。路由器之间交换的路由信息是路由器中的完整路由表，因而随着网络规模的扩大，开销也就增加。网络出故障的传播时间往往需要较长的时间(例如数分钟)。这是RIP 的一个主要缺点。（好消息传得快，坏消息传的慢。）
11. **开放式最短路径优先OSPF(Open Shortest Path First)①**基本特点： OSPF 协议不是受某一家厂商控制，而是公开发表的。“最短路径优先”是因为使用了Dijkstra 提出的最短路径算法SPF。OSPF 只是一个协议的名字，它并不表示其他的路由选择协议不是“最短路径优先”。是分布式的链路状态协议。②三个要点：1 向本自治系统中所有路由器发送信息，这里使用的方法是洪泛法。2 发送的信息就是与本路由器相邻的所有路由器的链路状态，但这只是路由器所知道的部分信息。（“链路状态”就是说明本路由器都和哪些路由器相邻，以及该链路的“度量”）。3 只有当链路状态发生变化时，路由器才用洪泛法向所有路由器发送此信息。③链路状态数据库(link-state database)由于各路由器之间频繁地交换链路状态信息，因此所有的路由器最终都能建立一个链路状态数据库。这个数据库实际上就是全网的拓扑结构图，它在全网范围内是一致的（这称为链路状态数据库的同步）。OSPF 的链路状态数据库能较快地进行更新，使各个路由器能及时更新其路由表，OSPF 的更新过程收敛得快是其重要优点。④OSPF的区域(area) ：为了使OSPF 能够用于规模很大的网络，OSPF将一个自治系统AS(Autonomous System)再划分为若干个更小的范围，叫作区域。每一个区域都有一个32 位的区域标识符（用点分十进制表示）。区域也不能太大，在一个区域内的路由器最好不超过200 个。⑤划分区域：划分区域的好处就是将利用洪泛法交换链路状态信息的范围局限于每一个区域而不是整个的自治系统，这就减少了整个网络上的通信量。在一个区域内部的路由器只知道本区域的完整网络拓扑，而不知道其他区域的网络拓扑的情况。OSPF 使用层次结构的区域划分。在上层的区域叫作主干区域(backbone area)。主干区域的标识符规定为0.0.0.0。主干区域的作用是用来连通其他在下层的区域。⑥OSPF 不用UDP 而是直接用IP 数据报传送。OSPF 构成的数据报很短，可以减少路由信息的通信量，也不必将长的数据报分片传送。（因为分片传送的数据报只要丢失一个，就无法组装成原来的数据报，而整个数据报就必须重传）⑦其他特点OSPF 对不同的链路可根据IP 分组的不同服务类型TOS 而设置成不同的代价。因此，OSPF 对于不同类型的业务可计算出不同的路由。·如果到同一个目的网络有多条相同代价的路径，那么可以将通信量分配给这几条路径。这叫作多路径间的负载平衡。·所有在OSPF 路由器之间交换的分组都具有鉴别的功能。·支持可变长度的子网划分和无分类编址CIDR。·每一个链路状态都带上一个32 位的序号，序号越大状态就越新。·OSPF 还规定每隔一段时间刷新一次数据库中的链路状态。·由于一个路由器的链路状态只涉及到与相邻路由器的连通状态， 因而与整个互联网的规模并无直接关系。因此当互联网规模很大时， OSPF 协议要比距离向量协议RIP 好得多。OSPF 没有“坏消息传播得慢”的问题，据统计，其响应网络变化的时间小于100 ms⑧OSPF 的五种分组类型：a问候(Hello)分组b数据库描述(Database Description) c链路状态请求(Link State Request)分组d链路状态更新(Link State Update)分组，用洪泛法对全网更新链路状态。e链路状态确认(Link State Acknowledgment)分组。
12. **拥塞控制：**①开环控制②闭环控制
13. 拥塞和流控制的区别联系拥塞：当一个子网或的部分出现太多组时候，网络的性能开始下降。是全局概念，确保子网能够承载所到达的流量；流控制只是特定发送方和接收点到流量有关。任务：确保一个快速的发送方不会持续以超过接收方吸收能力的速率传输数据。当网络中出现拥塞的时候是通过各个源端发送消息告诉他们减缓发送。拥塞控制原则：开环算法在拥塞发生之前避免拥塞；闭环算法显式反馈（向源端发出警告） 和隐式反馈（不警告，超时自动）监视系统（知道何时地发生拥塞）、 将该信息传递给能够解决问题的地方 、调试系统。拥塞控制方法：准入控制：一旦出现拥塞信号，不再创建任何虚电路直到间距排除为止，允许建新VC，但谨慎选择路由使所有 VC 绕开 ；举例，重传、乱序缓存确认策略流控制。一种在源端采取动作是目标端采取动作。在网络层上的拥塞控制：虚电路子网中策略，准入控制、优化路由、资源预留； 数据报子网中策略，发送警告位、抑制分组逐跳预留；负载丢弃 （随机的早 （随机的早期检测），标明优先级丢低的再高。抖动控制 ：分组到达时间的变化量，即标准偏差。 服务质量 ：可靠性， 延迟，抖动，带宽。为获得好质量技术 ：过度提供资源，缓冲能力，流量整形，漏桶算法，令牌桶，资源预留，准入控制，比例路由，分组调度。
14. 漏桶算法：不管通信流量突发性如何，输出均保持匀（可以是相同的分组数目或者相同的字节数），当队列中分组达到最大值时，丢弃分组。
15. 令牌桶(Token bucket algorithm)：大量突发性数据到来，输出流适当的加快。C+pS=MS->S=C/(M-p),S 突发时间长度，M 为最大的输出速率字节/s,p 为令牌的到达速率，C 为令牌桶的容量。两者区别：令牌桶允许空闲的主机将可权保存起来以便发送大量的数据；当令牌桶满时丢弃令牌桶，不丢弃分组。
16. IP分类：A类1.0.0.0---126.255.255.255 B类: 128.0.0.0---191.255.255.255  
    C类192.0.0.0---223.255.255.255 D类224.0.0.0---239.255.255.255  
    E类240.0.0.0---255.255.255.255  
    A类地址的第一个字节代表网络号，其中第一字节的第一位以0开始，也就是A类地址的二进制形式是以0....开头的，所以其网络号应该是127-2=126（网络号不能全为0，去掉127开头的环回测试网络）；B类地址的前两个字节代表网络号，其中第一个字节的前两位固定以10开头的，所以其网络号是2^14-1=16383个网络号（128.0的网络号是不可指派的）；C类网络号的前三个字节表示网络号，其中第一个字节的前三位固定是以110开头的，所以其网络号应该是2^21-1=2097151个（192.0.0是不可指派的）  
    [例]在因特网上的一个B类网络具有子网掩码255.255.240.0。问每一个子网中的最大主机数是多少？1.子网掩码255.255.240.0（/20） 可用主机数=2^(32-20)-2=4094（去掉网络地址和广播地址）2.B类地址的默认子网掩码为255.255.0.0（/16） 子网数=2^(20-16)-2=14
17. 如何获得网络号：将分组的目标地址和子网掩码做“与”操作。
18. IP地址用光了,怎么办：CIDR—Classless InterDomain Routing（无类别域间路由）；网络地址转换（NAT,Network Address Translation）。
19. 控制消息协议ICMP（Internet Control Message Protocol）；TCP/IP地址中，地址解析协议ARP（Address Resolution Protocol）：将IP地址映射为数据链路层地址（硬件地址）,如以太网，效率更高；反向地址解析协议RARP（Reserve Address Resolution Protocol）：将数据链路层地址映射为IP地址。BOOTP协议：使用UDP消息,可以被路由器转发；动态主机配置协议DHCP（dynamic host configuration protocol）用一台中继代理为新启动的主机动态分配IP地址，实现IP地址的合理分配和充分利用，为移动数据通信提供便利。外部网关协议（BGP,Border Gateway ,边界网关协议）,边界路由器之间通过TCP连接来相互通信。基本上使用距离矢量协议,但是他不仅维护每个目标的开销值,还记录了所使用的确切路径。
20. Internet中的协议：数据传输协议：IP；控制协议：ICMP 控制消息协议、ARP地址解析协议（Address Resolution Protocol）、RARP（Reserve Address Resolution Protocol）反向地址解析协议、BOOTP协议；路由协议：OSFP、BGP（不存在计算到无穷的问题）
21. IP数据包：头部+正文 IP地址：网络号+主机号（唯一）
22. 交换式网络和路由网络本质区别：交换式通过交换机或者网桥,整个帧是以MAC地址为基础进行传输的；路由网络从帧中提取分组,然后决定他的去向。交换机不必理解分组所使用的协议,而路由器必须要理解分组中的网络协议。
23. 子网：一个大的网络划分成小的网络,而每个网络都有其自己的子网地址；超网：将一个组织所属的几个C类网络合成并成为一个地址范围更大的逻辑网络。