1. DLL子层：LLC(Logic Link Control)(Higher)+MAC (Media Access Control)
2. 介质访问子层：用于多路访问信道上确定下个使用者,完成媒体功能
3. 广播信道=多路访问信道=随机访问信道（用于确定下一个使用者的协议属于MAC）
4. LAN：广播信道（通信基础），WAN：点对点（卫星网络除外）
5. **静态**FDM：n个用户，整个带宽分成n等分：本质上非常低效；n变化且非常多或突发性流量会产生问题，TDM同上；**动态**信道分配关键假设：站模型，单信道假设(核心)，冲突假设，连续/时间，载波/无载波检测
6. 帧时=帧长度/位速率；表示传输一个标准的固定长度的帧所需的时间；
7. 多路访问协议：①a纯ALOHA：不需全局的时间同步；只要有数据就发送；发生冲突后等待随机时间后发送,线路利用率低；吞吐量S=GP0=Ge^-2G（P0：一帧没有冲突的概率，G信道载荷）；b分槽ALOHA：在时槽开始的时候发送,需要设置全局时钟,利用率提高一倍S=GP0=Ge^-G最大利用率1/e。②CSMA(Carrier Sense Multiple Access)（以太局域网）：a 1-持续CSMA：传输成功概率为1，持续监听信道；b 非持续CSMA：等待随机时间监听信道，一个站在发送数据前先检测信道，无人才发，有人不发：信道利用率较好，但导致更长延迟；c P-持续CSMA同上，若空闲则按p可能性发送数据，q=1-p时，传送至下一时槽，若忙等待随机时间，以此类推；d **CSMA/CD**带冲突检测：竞争,传输,空闲（3个状态）。过程：站一旦检测到冲突,就放弃它当前的传送任务；立即快速终止被损坏的帧可以节省时间和带宽。两站间传播信号所需时间τ：只有当一个站传输了2τ后还没监测到冲突才可保证它已抓住了信道。若有冲突，检测一次也需要2τ的时间。CD是一个模拟的过程。单信道的CSMA/CD本质是一个半双工系统。③无冲突协议：竞争方法：有负载，信道效率更高。位图协议（预留协议）,二进制倒计数协议（或操作地址高的先传） ④有限竞争协议：竞争方法：低负载，延时很短；为不同站分配不同的概率值；自适应树搜索。⑤波分多路访问协议⑥无线LAN协议：隐藏站点问题和暴露站点问题。MACA（避免冲突多路访问）发送方刺激一下接收方，让它输出一个短帧。因此，接收方附近的站可以检测到该帧，从而在接下去的数据帧（较大）传输工程中不再发送数据了：听到RTS，没听到CTS，自由发送；听到CTS，等待。MACAW(for Wireless)
8. CSMA/CD|数据链路层|工作流程：①先听后发：站在发前监听信道，若空闲则发送→③；否则②；②边听边发：监听信道直至信道空闲，开始发送数据→③；③：冲突停止：边发送边检测冲突，若无冲突，完成发送，若检测到冲突，停止发送并发出一个阻塞信号，让所有人都知道发生了冲突；④延迟重发：（不一定有）发完阻塞信号，等待一段随机时间，由截断二进制指数退避算法计算时间，回退到第一步重试。
9. [Ex]考虑建立一个CSMA/CD网，电缆长1公里，不使用重发器，运行速率为1Gbps，电缆中的信号速度是200000公里/秒，求最小帧长度是多少?答：对于1公里电缆，单程传播时间为1/200000=5×10-6秒，即5微秒，来回路程传播时间为10微秒。为了能够按照CSMA/CD工作，最小帧的发射时间不能小于10微秒。以1Gbps速率工作，10微秒可以发送的比特数为(10×10-6)/(1×10-9)=10000，因此，最小帧应是10000位或1250字节长。
10. 二元指数后退算法：动态适应发送站的数量：i次冲突：0-2^i随机选等待的时隙数；10次之后，区间固定在1023上, 16次冲突后，发送失败，报告上层
11. 拓扑：总线：所有站点直接相连；环形：点对点连接,没有存储转发,有避开能力；星形交换集中在中心节点；网状：独立链路。
12. IEEE802参考模型包括：物理层，MAC子层，LLC子层。IEEE标准：802.2：LLC；802.3：以太网（CSMA/CD）；802.3z：千兆以太网；802.4：令牌总线；802.5：令牌环；802.11：无线局域网,802.16宽带无线局域网。802.3和802.11的异同：不同物理层，MAC，但相同LLC（定义在802.2中），与网络层接口相同
13. 以太网：当前广泛使用,采用共享总线型传输媒体方式的局域网,标准10Mb/s,波特率为20M波特。  
    ①电缆类型(10Mbps)：10Base5粗同轴电缆 (500m,100)已废；10Base2细同轴电缆(185m,30)不需Hub；10Base-T双绞线(100m,1024)最便宜,10Base-F光纤(2000m,1024)最适合与楼与楼之间  
    ②电缆拓扑结构：线性,主干,树形,分段。节点通过双绞线(100m)连接集线器(星形拓扑)。  
    ③帧结构：先导域7+帧起始1+目标地址6+源地址6+长度/类别2+数据1-1500+填充域0-46+校验和4[不纠错]。有效帧64~1518[从目标地址开始算]（为什么不能太长？保持高速，否则效率不高；为什么不能太短？否则冲突检测不到；将可靠帧从垃圾帧中区分出来）④以太网效率=1/(1+5\*(传播延时/传输延时))=1/(1+2\*BLe/cF),B带宽,L电缆长度,e每帧竞争时槽数,c传播速度,F帧长度。
14. 快速以太网：①电缆：100Base-T4:100m,使用3类UTP,8B/6T编码;100Base-TX:100m,5类UTP, 4B/5B,全双工,100Mbps;100Base-FX:使用两根多模光纤,全双工,100Mbps, 不允许集线器连接;②10BaseT用曼彻斯特编码(以太网),100BaseT利用4B5B编码,不能使用中继器。[还有差分曼切斯特编码(LAN)]
15. 交换式以太网：交换机是核心，以并行双工工作。
16. 最小帧：不小于64个字节,容易分清有效帧和垃圾数据；当一个短帧还没有到达电缆远端的时候发送站已经完成了该短帧的发送,这样在另一端容易发生冲突。假设传播时间是 T，最小帧所需要的传播时间是 2T。
17. Jim Signal：突发噪声48位
18. 以太网集线器：在内部加入了缓存,处理速度不匹配的问题,全双工集线器可以同时收发。  
    ①交换式以太网冲突仍有可能，集线器多余的缓冲域解决速度不匹配问题②快速以太网FDDI，光纤通道；若用10Bsae-T,使用交换机。③千兆以太网(Gbit Ethernet)特性：载荷扩充，帧带。使用标准的帧格式,广播通信和点对点连接,a全双工：所有线路具有缓存能力,不会发生冲突,不需要CSMA/CD协议,信号的最大长度由信号强度决定；b半双工模式：计算机被连接到集线器的时候,集线器没有缓存功能,存在冲突,使用CSMA/CD；基于光纤使用8B/10B；100BaseT
19. 从802.x到802.y的网桥，可能存在的问题：①每一种LAN使用了不同的帧格式，复制操作须重新填充格式,占用CPU时间,需校验和,内存数据位错误转发无法检测；②相互连接的LAN之间并不一定工作在相同的数据上；③不同的802LAN有不同的最大帧长度限制；④安全性；⑤服务质量。  
    从802.11到802.3：带发送分组传递到LLC获一个LLC头,到MAC附加802.11头传送给固定以太网,到802.11 802.3网桥MAC中802.11头被剥掉,进入LLC,再到MAC加上802.3头。K个不同的网桥需要K个不同的MAC子层和K个不同的物理层。
20. 生成树算法：为了避免环，不是所有的网桥都在生成树中。
21. 两个不同网络互连：隧道技术前提 ：源节点和目的位于相同类型网络上，中间隔了另一种网络。基本思想：当数据包需要穿过个异构的中间时，在入口处被整地封装到一个中间网络的层分组中，外穿过从入口达出口，然后数据包被完整地取出来。 这种方法的好处是：可以避免复杂异协议转换。
22. 如何利用TCP/IP协议在以太网中通信：LAN结点用硬件地址通信，TCP/IP协议用IP地址通信（如何区分：IP地址驱使分组前往目标网络，LAN/MAC/物理地址驱使分组前往在本地局域网里的目标结点的LAN接口卡/适配器卡；48位的MAC地址烧制在适配器ROM上，它是由IEEE分配管理的，生产商买走其中一部分，广播LAN地址1111……1111）
23. ARP（Address Resolution Protocol）地址解析协议。每一个每个IP 结点(Host,Router)都有 ARP 模块和表。ARP 表中是 IP 和 MAC 地址的映射。 <IP,MAC a,TTL>。TTL 生命期，typically 20min。另外，当发送主机和目的主机不在同一个局域网中时，即便知道目的主机的MAC地址，两者也不能直接通信，必须经过路由转发才可以。所以此时，发送主机通过ARP协议获得的将不是目的主机的真实 MAC 地址，而是一台可以通往局域网外的路由器的某个端口的 MAC 地址。于是此后发送主机发往目的主机的所有帧，都将发往该路由器，通过它向外 发送。这种情况称为 ARP 代理（ARP Proxy）。ARP（网络层）向上级（传输层）提供服务。
24. IEEE 802.5 Token Ring。Manchester编码,不用位填充。Token(24bits)=SD1+AC1+ED1; Pkt(B)=SD1+AC1+FC1+DA6+SA6+Data≥0+CRC4+ED1+FS1。正常工作时,令牌总是沿物理环单向逐站传送,顺序和结点在环中排列顺序相同。A重新接收到了被自己发出且已被正确接收的数据帧时,回收,将忙令牌改成空闲令牌,并向下一结点传送。
25. **FDDI(**Fiber Distributed Data Interface)光纤分布式数据接口：①特点：基于令牌环用100Mbps多模光纤连接,4B/5B,最大距离200km,1000站点,通常作为链接LAN主干网络；②允许双向令牌环连接（备用环）；令牌附加在输出数据包上，而不是等数据包走完整个环。③FDDI的标准是 ANSI(American National Standard Institute) 的一个标准 LLC (MAC PMD PHY)[ PMD: physical medium dependent; SMT 物理介质关联层接口]④ 数据帧格式：(FC1+DA6+SA6+Data+CRC4)<4500B;⑤在获得接收完分组后立刻拿到令牌发送数据,发送后立刻释放令牌。
26. 802.5VSFDDI：都满足了高速传输的要求，都是高效的①FDDI发出数据后不管对方是否收到立即释放令牌,802.5转一圈再释放。②编码FDDI：4B/5B；802.5：Manchester。④FDDI环路上可以有多个数据帧,802.5最多一个。
27. LAN的距离：传输媒介的长度影响信号的强度和干扰；使用共享媒介(e.g. 以太、令牌)；标准规定了一个最大传输距离,UTP≤100m,同轴≤200-500m；通过光纤连接扩展传输距离。
28. **网络互连：应用层(应用网关)传输层(传输网关)网络层(路由器)数据链路层(网桥,交换机)物理层(转发器(中继器),集线器)：①中继器**：双向，模拟设备,用于连接两根电缆段,只对信号放大,不理解帧分组和头。500m→2500m，以太网允许4个中继器。②**集线器**, 并带有冲突检测，有许多输入线路,任一路帧到达都发给其他线路, 等同于一个广播信道；同时到达有冲突,构成冲突域。优点：简单便宜，弱化故障，扩大最大传输距离。不放大信号,可以容纳多块线卡，不检查不使用802地址。限制：单个冲突域，每个冲突域的节点数和地理覆盖范围，不能连接不同的以太网类型(因为要求所有线路速度相同)。③**网桥**：连接两个或多个不同类型的LAN,进行帧格式的转换。可带多块线卡,每个线卡有自己的冲突域(区分冲突域)更高的吞吐量,没有接入点数目的限制和地理分布的限制,利用CSMA/CD接入传输介质发送帧, 内部软件提取目标地址,查表决定发送，网桥知道哪台主机从哪个接口接入，维护过滤表filtering table,并能够更新此表。优点：更大的吞吐量，可以连接不同类型的以太网，透明。④**交换机**: 用帧地址路由，将帧或者分组从一段电缆转移到另一段电缆。从连接的源地址端口获得目标地址,有些时候需要广播到所有的输出线路上如果不知道目标地址,多帧数据可以并发的通过交换机。交换机平行传输多组帧(利用独立的底板总线)。用完缓冲区空间开始丢帧。注意：冲突还是会发生, 每个端口自己冲突域,每条平行传输线站部分带宽。直通型交换机。⑤**路由器：**剥离帧头和帧尾,将分组传递个路由软件,由软件利用分组头信息选择一条输出线路。⑥**网关:**将两台使用不同面向连接协议的计算机连接起来。需要对分组进行重新格式化。**收发器**：transceiver||**交换机VS网桥**：交换机用来连接独立的计算机,网桥连接LAN；交换机必须有足够的空间,以便容纳比网桥更多的线卡数量；交换机不存在冲突而丢失帧。**网桥VS路由器：**都是存储转发设备,但是路由器是网络层，网桥是链路层器件。路由器维护路由表,调用路由算法,网桥维护filtering table,调用filtering、学习和生成树算法。网桥操作简单需要比较小的带宽,对于它拓扑结构很严格必须使用生成树算法避免回路,不提供对广播风暴的保护。路由器可以有任意的拓扑结构,生命期(TTL)限制了环形网。提供防火墙以防止广播风暴。需要配置IP地址,需要大的带宽。网桥在小网络(几百台主机)里工作得很好而路由器则在大网络(上千台主机)中用到的更多。
29. LLC服务类型:LLC1：（不可靠的数据报服务）：无连接的,没有回复确认消息,没有流控制、错误控制、简单、适合广播、多播。LLC2：（面向连接的可靠服务）：有回复消息,面向连接的,与虚电路相似,包括建立、传输、释放三个步骤。LLC3：（有确认的数据报服务）：有回复确认消息,可靠的无连接传输。LLC4：为MAN专门设置的高速传输。  
    LLC用法：网络层利用LLC的访问源语，把一个分组传递给LLC；LLC子层增加一个LLC头，包含了序列号和确认号；结果得到的结构被插入到802帧的净荷域中，并发送出去；接收方一端执行相反过程