



数据链路层

引 言

数据链路层属于计算机网络的低层,使用的信道主要有点到点信道和广播信道两种类型。本章教学目的与要求主要是掌握局域网的基本概念与体系结构、以太网与 IEEE 802.3 的基本原理;了解广域网的基本概念、PPP 协议;掌握数据链路层设备网桥(网桥的概念、透明网桥与生成树算法、源路由网桥与源路由算法)、交换机及其工作原理。

重点:

1. 掌握数据链路层的主要功能;循环冗余码;HDLC 的帧结构及零比特填充法。
2. 掌握 CSMA/CD 协议。
3. 掌握局域网的基本概念与体系结构、以太网与 IEEE 802.3 的基本原理。
4. 了解广域网的基本概念、PPP 协议。
5. 掌握数据链路层设备网桥(网桥的概念、透明网桥与生成树算法、源路由网桥与源路由算法)、交换机及其工作原理。

难点: CSMA/CD 协议、PPP 协议、交换机及其工作原理。

3.1 教学知识点

3.1.1 数据链路层的作用

在数据链路层协议的控制下,在不太可靠的物理链路上实现相邻节点之间的可靠传输。数据链路层的作用包括向网络层提供一个定义良好的服务接口;处理传输错误;调节数据流,确保慢速的接收方不会被快速的发送方淹没。

数据链路层使用的信道主要有以下两种类型。

- (1) 点对点信道。这种信道使用一对一的点对点通信方式。
- (2) 广播信道。这种信道使用一对多的广播通信方式,因此过程比较复杂。

3.1.2 使用点对点信道的数据链路层

1. 数据链路和帧

区分“链路”和“数据链路”的概念。

(1) 链路是一条无源的点到点的物理线路段,中间没有任何其他交换节点,又称物理链路。

(2) 数据链路是除了有一条物理线路外,还施加了一些必要的通信协议来控制数据的传输,又称逻辑链路。

现在最常用的方法是使用适配器(即网卡)来实现这些协议的硬件和软件。一般的适配器都包括了数据链路层和物理层这两层的功能。

数据链路层传送的是帧。

2. 三个基本问题

1) 封装成帧

封装成帧(Framing)就是在一段数据的前后分别添加首部和尾部,然后就构成了一个帧。首部和尾部的一个重要作用就是进行帧定界。

2) 透明传输

透明传输是指不管所传数据是什么样的比特组合,都能实现正确传输。

(1) 当所传数据中出现“帧标志”比特组合时,不能将其误认为是帧标志,而要当成数据,可通过插入转义字符(字节填充或字符填充)来实现。

(2) 位填充(零比特填充)。新的技术允许数据帧包含任意长度的位,也允许每个字符有任意长度的位。

3) 差错检测

在传输过程中可能会产生比特差错:1可能会变成0,而0也可能变成1。

(1) 误码率:在一段时间内,传输错误的比特占所传输比特总数的比率。误码率与信噪比有很大的关系。为了保证数据传输的可靠性,在计算机网络传输数据时,必须采用各种差错检测措施。

(2) 循环冗余检验(CRC)的原理。用来检测帧在传输过程中有没有出错,CRC校验码的基本思想如下:

① 将待发送的位串看成是系数为0或1的多项式。发送方与接收方预先商定一个生成多项式 $P(X)$ 。

② 在发送端根据要传送的 m 位二进制码序列,以一定的规则产生一个校验用的冗余码 n 位并附在信息后边,构成一个新的二进制码序列(共 $m+n$ 位),最后发送出去。

③ 在接收端把收到的每一帧都除以同样的除数 P (模2运算),然后检查得到的余数 R 。若 $R=0$,则无错,接收;若 $R \neq 0$,则判定这个帧有错,丢弃。发送方需重发。

(3) CRC的计算过程如下:

① 设约定多项式 $P(X)$ 为 n 阶,在数据块 $M(X)$ 的末尾添加 n 个0,得到 $X^n M(X)$ 。

② 用 $X^n M(X) / P(X)$,得到余数 $R(X)$ 。

③ 用 $X^n M(X) + R(X)$, 得 CRC 码。

例 3.1 数据块 $M(X)$ 为 1010001101, 生成多项式 $P(X) = X^5 + X^4 + X^2 + 1$, 求 CRC。

答: $P(X)$ 为 5 阶, 需在数据块 $M(X)$ 的末尾添加 5 个 0, 得到 $X^n M(X) = 101000110100000$ 。

用 $X^n M(X) / P(X) = 101000110100000 / 110101$, 得到余数 $R(X) = 01110$ 。

用 $X^n M(X) + R(X) = 101000110101110$, 得 CRC 码 = 101000110101110。

3.1.3 点对点协议

1. PPP 协议的特点

现在全世界使用得最多的数据链路层协议是非常简单的点对点协议 PPP。用户使用拨号电话线接入因特网时, 一般都是使用 PPP 协议。

PPP 协议有以下 3 个组成部分:

(1) 一个将 IP 数据报封装到串行链路的方法。PPP 既支持异步链路, 也支持面向比特的同步链路。IP 数据报在 PPP 帧中就是其信息部分。

(2) 链路控制协议(Link Control Protocol, LCP)。建立、配置和测试数据链路链接, 通信的双方可协商一些选项。

(3) 网络控制协议(Network Control Protocol, NCP)。建立和配置不同网络层协议一组协议, 其中的每一个协议支持不同的网络层协议, 如 IP、OSI 的网络层、DECnet、AppleTalk 等。

2. PPP 协议的工作状态

考虑一种典型情形: PC 用拨号方式入网, 步骤如下:

(1) 当用户拨号接入 ISP 时, PC 通过调制解调器呼叫供应商的路由器。

(2) 路由器的调制解调器回答用户的电话呼叫, 并建立起一个物理连接。

(3) PC 向路由器发送一系列的 LCP 分组(封装成多个 PPP 帧), 这些分组及其响应选定所使用的 PPP 参数。

(4) 发送一系列 NCP 分组, 用于配置网络层。通常情况下, PC 希望运行一个 TCP/IP 协议栈, 故它需要一个 IP 地址; NCP 给新接入的 PC 分配一个临时的 IP 地址, 该 PC 就成为一台 Internet 主机, 可以发送和接收 IP 分组了。

(5) 通信完毕时, NCP 释放网络层连接, 收回原来分配出去的 IP 地址。接着, LCP 释放数据链路层连接。最后释放的是物理层的连接。

3. PPP 协议的帧格式

1) 各字段的意义

(1) 标志字段 F = 0x7E(十六进制的 7E 对应的二进制为 01111110)。

(2) 地址字段 A 只置为 0x FF(11111111), 表示网中所有的站都接收该帧。地址字段实际上并不起作用, PPP 不分配个人地址。

(3) 控制控制字段 C 通常置为 0x03(00000011)。要求用户数据传输采用无序号帧, 不提供使用序号和确认的可靠传输。

(4) 协议(Protocol): 长度为 2 字节,它标识出网络层协议数据域的类型。常用的网络层协议的类型主要有 0021H——TCP/IP、0023H——OSI、0027H——DEC。

(5) 数据字段: 长度可变。PPP 是面向字节的,所有的 PPP 帧的长度都是整数字节。

2) 透明传输问题

(1) 当 PPP 用在异步传输时,就使用一种特殊的字符填充法。

(2) 当 PPP 用在同步传输链路时,协议规定采用硬件来完成比特填充。

3.1.4 使用广播信道的数据链路层

广播信道可以进行一对多的通信。局域网使用的就是广播信道。

1. 局域网的数据链路层

1) 局域网具有的主要优点

(1) 具有广播功能,从一个站点可很方便地访问全网。

(2) 便于系统的扩展和逐渐地演变,各设备的位置可灵活调整和改变。

(3) 提高了系统的可靠性、可用性和生存性。

2) 局域网的拓扑

(1) 星形网: 由于集线器(Hub)的出现和双绞线大量用于局域网中,星形以太网及多级星形结构的以太网获得了非常广泛的应用,目前是局域网的主流。

(2) 环形网: 最典型的是令牌环形网(Token Ring)。

(3) 总线网: 总线两端的匹配电阻吸收在总线上传播的电磁信号的能量,避免在总线上产生有害的电磁波反射。总线网可以使用两种协议: 一种是传统以太网使用的 CSMA/CD,现在已演进为星形网; 另一种是令牌传递总线网,即物理上是总线网而逻辑上是令牌环形网,现已退出了市场。

(4) 树形网: 是总线网的变形,主要用于频分复用的宽带局域网。

3) 媒体共享技术

共享信道的技术有以下两种方法:

(1) 静态划分信道。频分复用、时分复用、码分复用、波分复用等,主要用于广域网中。用户只要分配到了信道就不会和其他用户发生冲突。但这种划分信道的方法代价高,不适合于局域网。

(2) 动态媒体接入控制(多点接入)。信道并非在用户通信时固定分配给用户。这里分为两类: 随机接入和受控接入。

4) 以太网的两个标准

- DIX Ethernet V2 是世界上第一个局域网产品(以太网)的规约。
- IEEE 的 802.3 标准。

5) 数据链路层的两个子层

(1) 为了使数据链路层能更好地适应多种局域网标准,IEEE 802 委员会就将局域网的数据链路层拆成两个子层: 逻辑链路控制(Logical Link Control,LLC)子层、媒体接入控制(Medium Access Control,MAC)子层。

(2) 与接入到传输媒体有关的内容都放在 MAC 子层,而 LLC 子层则与传输媒体无关,

不管采用何种协议的局域网对 LLC 子层来说都是透明的。

6) 适配器的作用

(1) 网络接口板又称为通信适配器(Adapter)或网络接口卡(Network Interface Card, NIC),或“网卡”。

(2) 适配器的重要功能:

- ① 进行串行/并行转换。
- ② 对数据进行缓存。
- ③ 在计算机的操作系统安装设备驱动程序。
- ④ 实现以太网协议。

2. CSMA/CD 协议

最初的以太网是将许多计算机都连接到一根总线(同轴电缆)上。以太网以广播方式发送,采用无确认无连接的工作方式,使用曼彻斯特编码。以太网必须解决公用总线的竞争问题。采用 CSMA/CD 协议载波监听多点接入/碰撞检测。

- CSMA/CD 表示 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection。
- “多路访问”表示每个站点都有平等的利用总线发送数据的机会。
- “载波监听”是指每一个站在发送数据之前先要检测一下总线上是否有其他计算机在发送数据,如果有,则暂时不要发送数据,以免发生碰撞。

CSMA/CD 的发送流程可以概括为先听后发、边听边发、冲突停止、延迟重发。

1) 载波监听过程

以太网发送的数据都使用曼彻斯特(Manchester)编码。“载波监听”是用电子技术检测总线上有没有其他计算机发送的数据信号。

如果有电平跳变,则判定总线忙;如果没用,则判定总线空闲,可以“启动发送”。

2) 碰撞检测

由于存在传播延迟,故载波监听并不能完全消除冲突。定义碰撞窗口为 2τ 。

最先发送数据帧的站,在发送数据帧后至多经过时间 2τ 就可知道发送的数据帧是否遭受了碰撞。经过冲突窗口这段时间还没有检测到碰撞,才能肯定这次发送不会发生碰撞。

碰撞检测有以下两种方法。

(1) 比较法:将发送信号波形与接收到的信号波形进程比较。

(2) 编码违例判决法:检查从总线上接收的信号波形是否符合曼彻斯特编码规律。

以太网在发送数据时,若前 64 字节没有发生冲突,则后续的数据就不会发生冲突。

以太网规定了最短有效帧长为 64 字节,凡长度小于 64 字节的帧都是由于冲突而异常中止的无效帧。

3) 发现冲突,停止发送

如果在发送数据过程中检测出冲突,为了解决信道争用冲突,发送节点要进入停止发送数据、随机延迟后重发的流程。

4) 随机延迟重发

采用二进制指数类型退避算法。

(1) 确定基本退避时间,一般是取为争用期 2τ 。

(2) 定义参数 $k, k = \text{Min}[\text{重传次数}, 10]$ 。

(3) 需重传的站点从整数集合 $[0, 1, \dots, (2^k - 1)]$ 中随机取出一个数, 记为 r 。等待 $r \times 2\tau$ 时间后重传。

(4) 当重传达 16 次仍不能成功时即丢弃该帧, 并向高层报告。

例如, 在第 1 次重传时, $k=1, r=0$ 或 1。因此重传的站可选择的重传延迟时间是 0 或 2τ , 在这两个时间中随机选择一个。若再发生碰撞, 则在第 2 次重传时, $k=2, r=0, 1, 2, 3$ 。因此重传延迟的时间是在 0、 2τ 、 4τ 、 6τ 这 4 个数之间随机地选取一个。依此类推。若连续多次发生冲突, 就表明可能有较多的站参与争用信道, 因此, 各站应在更大的整数集合中随机选择自己的重传延迟时间, 这样才能减小再次冲突的概率。

使用 CSMA/CD 协议时, 一个站不可能同时进行发送和接收。故以太网不能进行全双工通信而只能进行半双工通信。

每个站在发送数据之后的一小段时间内, 存在着遭遇碰撞的可能性。这一小段时间是不确定的, 它取决于另一个发送数据的站到本站的距离。

这种发送的不确定性使整个以太网的平均通信量远小于以太网的最高数据率。

3.1.5 使用广播信道的以太网

1. 使用集线器的星形拓扑

传统以太网最初是使用粗同轴电缆, 后来演进到使用比较便宜的细同轴电缆, 最后发展为使用更便宜和更灵活的双绞线。

这种以太网采用星形拓扑, 在星形的中心增加了一种可靠性非常高的设备, 叫做集线器 (Hub)。

2. 以太网的信道利用率

在理想化的情况下, 以太网上的各站发送数据都不会产生碰撞 (这显然已经不是 CSMA/CD, 而是需要使用一种特殊的调度方法), 即总线一旦空闲就有某一个站立即发送数据。

发送一帧占用线路的时间是 $T_0 + \tau$, 而帧本身的发送时间是 τ_0 。于是可计算出理想情况下的极限信道利用率 $S_{\max}$ 为:

$$S_{\max} = \frac{T_0}{T_0 + \tau} = \frac{1}{1 + a}$$

3. 以太网的 MAC 层

1) MAC 层的硬件地址

在局域网中, 网卡标识称为硬件地址又称为物理地址或 MAC 地址。由两部分构成:

(1) IEEE 的注册管理机构 RA 负责向厂家分配地址字段的前 3 个字节 (即高位 24 位)。

(2) 地址字段中的后 3 个字节 (即低位 24 位) 由厂家自行指派, 称为扩展标识符, 保证生产出的适配器没有重复地址。

公司: Cisco 为 00-00-0c、Novell 为 00-00-1B 和 00-00-D8、3Com 为 00-20-AF 和 00-60-8C、

IBM 为 08-00-5A。

2) MAC 帧的格式

(1) 前导码与帧前定界符字段,前导码为 7 个字节,10101010...101010 比特序列。帧开始定界符为 1 字节,10101011。

(2) 目的地址和源地址字段,地址字段长度为 6 个字节。

目的地址类型如下。

- 单一节点地址(一对一): 目的地址的第 1 位为 0。
- 多点地址(一对多): 目的地址的第 1 位为 1。
- 广播地址(一对全体): 目的地址为全 1。

(3) 类型字段。

类型字段用来标志上一层使用的是什麼协议,以便把收到的 MAC 帧的数据上交给上一层的这个协议。

(4) 数据字段。

高层待发送的数据部分,长度最小为 46 个字节。若少于 46 个字节,需要填充。帧的最小长度为 64 字节,最大长度为 1518 字节。

(5) 帧校验字段。

采用 32 位的 CRC 校验,校验的范围是目的地址、源地址、类型、LLC 数据等字段。

3.1.6 扩展的局域网

1. 在物理层扩展局域网

使用集线器联网的优点如下:

- 使原来属于不同碰撞域的局域网上的计算机能够进行跨碰撞域的通信。
- 扩大了局域网覆盖的地理范围。

使用集线器联网的缺点如下:

- 碰撞域增大了,但总的吞吐量并未提高。
- 如果不同的碰撞域使用不同的数据率,那么就不能用集线器将它们互联起来。

2. 在数据链路层扩展局域网

使用网桥联网的特点如下:

- 在数据链路层扩展局域网是使用网桥。
- 网桥工作在数据链路层,它根据 MAC 帧的目的地址对收到的帧进行转发。
- 网桥具有过滤帧的功能。当网桥收到一个帧时,并不是向所有的接口转发此帧,而是先检查此帧的目的 MAC 地址,然后再确定将该帧转发到哪一个接口。

1) 网桥的内部结构

使用网桥联网的优点如下:

- 过滤通信量。
- 扩大了物理范围。
- 提高了可靠性。

- 可互联不同物理层、不同 MAC 子层和不同速率(如 10Mbps 和 100Mbps 以太网)的局域网。

使用网桥联网的缺点如下:

- 存储-转发增加了时延。
- 不过滤广播帧,容易产生广播风暴。
- 网桥和集线器。集线器工作在物理层;网桥工作在数据链路层。
- 用集线器连接的局域网,其站点形成了一个“冲突域”,利用网桥来分隔开网段,可以建立多个分离的“冲突域”,但是网桥“盲目地”广播会使网络无用的通信量剧增,造成“广播风暴”。

2) 透明网桥

网桥按照其路由表的建立方法分为两类:透明网桥(Transparent Bridge)和源路由网桥(Source Routing Bridge)。

目前使用得最多的网桥是透明网桥。“透明”是指局域网上的站点并不知道所发送的帧将经过哪几个网桥,因为网桥对各站来说是看不见的。透明网桥是一种即插即用设备(只需要将连接器插到网桥上,在要求任何硬件及软件上的变化,不需要设置地址交换,也不用下载参数,就可以工作了),其标准是 IEEE 802.1D。

(1) 转发表的建立(逆向学习法)。网桥刚被连接时,其转发表是空的。转发表是由网桥经过“学习”自动形成的。

网桥收到一个帧后,先查找转发表中与收到帧的源地址有无相匹配的项目。如没有,就在转发表中增加一个项目(源地址、进入的接口和时间);如有,则把相关项目的时间进行更新。

在网桥中有一个进程定期地扫描转发表,并且将那些时间值在几分钟以前的表项都清除掉。如此,静止了几分钟时间的机器,再次发送给它的流量就要被扩散。

(2) 帧的转发。每当一帧到达时,都执行一遍如下算法:

如果源 LAN 和目的 LAN 相同,则丢弃该帧;如果源 LAN 和目的 LAN 不同,则转发该帧。如果目标 LAN 未知,则使用扩散法。

(3) 生成树(Spanning Tree)算法。

为了提高可靠性,有时在 LAN 之间设置了并行的两个或多个网桥,但是,这种配置又引起了另外一些问题,因为在拓扑结构中产生了回路,可能引发无限循环。其解决方法就是采用生成树算法。

建造生成树过程如下:

(1) 选出一个网桥作为生成树的根。实现的方法是每个网桥广播其序列号(该序列号由厂家设置并保证全球唯一),选序列号最小的网桥作为根。

(2) 按根到每个网桥的最短路径来构造生成树。如果某个网桥或 LAN 故障,则重新计算。

使用生成树,可以确保任意两个 LAN 之间只有唯一的一条路径。

3) 源路由网桥

(1) 源路由网桥由发送帧的源节点负责路由选择,并将详细的路由信息放在帧的首部。

(2) 为了发现适合的路由,源节点以广播方式向目的节点发送一个用于探测的发现帧。

(3) 发现帧将在整个通过网桥互联的局域网中沿着所有可能的路由传送；在传送过程中,每个发现帧都记录所经过的路由。

(4) 当这些发现帧到达目的节点时,就沿着各自的路由返回源节点。

(5) 源节点在得到这些路由信息之后,从所有可能的路由中选择一个最佳路由。

4) 透明网桥和源路由网桥的对比

(1) 透明网桥是无连接的,每一个帧独立地选择路由；源路由网桥则是面向连接的,各帧按给定路由传递。

(2) 透明网桥对主机完全是透明的；源路由网桥对主机则不是透明的,主机必须知道网桥的标识以及连接到哪一个网段上。

(3) 使用透明网桥完全不需要管理；但源路由网桥必须由人工进行管理。如果不慎将网桥或网段的标识符写错或写重复,则将产生帧的兜圈子现象,并且很难检测出这种故障。

(4) 用源路由网桥可以利用最佳路由。若在两个局域网之间使用并联的源路由网桥,则可使通信量较平均地分配给每一个网桥。用透明网桥则只能使用生成树,它一般并不是最佳路由。

(5) 透明网桥的转发表在登记有关某个站的路由信息时,要在收到该站发送的一个帧以后才行。若某个站迟迟不发送帧,那么透明网桥就无法知道它们在何处。当收到要发往该站的帧时,只能用广播法确定该站的地址。源路由网桥用发现帧确定最佳路由时,若局域网之间使用多个并联的网桥,并且网络规模在中等以上(如超过十几个局域网),那么要搜索的路由数将变得非常之大(按指数规律增长),有时甚至无法计算。

(6) 当网桥出故障时,使用透明网桥可使网络拓扑迅速适应新的拓扑结构。但若使用源路由网桥,则只能靠主机广播发送发现帧来确定故障点,这显然就慢得多。

(7) 透明网桥比源路由网桥复杂得多,但用源路由网桥的主机要负责计算最佳路由。

5) 多接口网桥——以太网交换机

- 网桥与交换机都是工作在数据链路层,交换机可以认为是一个多端口的网桥。
- 交换机采用基于硬件的转发机制,其交换时延可以减少到 μs 量级。

6) 交换机与网桥的区别

局域网交换机的基本功能与网桥一样,具有帧转发、帧过滤和生成树算法功能。但是交换机与网桥相比还是存在以下不同:

(1) 交换机工作时,实际上允许许多组端口间的通道同时工作。所以交换机的功能体现出不仅仅是一个网桥的功能,而是多个网桥功能的集合,即网桥一般分有两个端口,而交换机具有高密度的端口。

(2) 分段能力的区别。由于交换机能够支持多个端口,因此可以把网络系统划分成为更多的物理网段,可使得整个网络系统具有更高的带宽。而网桥仅仅支持两个端口,所以网桥划分的物理网段是相当有限的。

(3) 传输速率的区别。交换机与网桥数据信息的传输速率相比,交换机要快于网桥。

(4) 数据帧转发方式的区别。网桥在发送数据帧前,通常要接收到完整的数据帧并执行帧检测序列 FCS 后,才开始转发该数据帧。交换机具有存储-转发和直接转发两种帧转发方式。直接转发方式在发送数据以前,不需要在接收完整的数据帧和经过 32b 循环冗余校验码 CRC 的计算检查后的等待时间,利用以太网交换机可以很方便地实现虚拟局域网。

3.1.7 高速以太网

1. 100BASE-T 以太网

速率达到或超过 100Mbps 的以太网称为高速以太网。

在双绞线上传送 100Mbps 基带信号的星形拓扑以太网,仍使用 IEEE 802.3 的 CSMA/CD 协议。100BASE-T 以太网又称为快速以太网(Fast Ethernet)。

1) 100BASE-T 以太网的特点

保留原来的帧格式、接口和过程规则,只是将位时间从 100ns 降到 10ns。将电缆的最大长度降低到 1/10,则仍可以及时地检测到冲突。

使用交换式集线器,可实现半双工或全双工工作方式。在半双工方式下使用 CSMA/CD;在全双工方式下工作无冲突发生,因此不使用 CSMA/CD 协议。

采用 802.3u 标准(对 802.3 做了一些补充)。

2) 3 种不同的物理层标准

100BASE-T4 是使用 4 对 3 类 UTP 线,一对总是给集线器发送信号,一对总是接收集线器的信号,另外两对可以切换到当前的传输方向上(这样,可以利用 3 对双绞线在一个方向上传输),最大的段距离为 100m。

100BASE-TX 是使用 2 对 5 类 UTP 线,一对用于发送信号到集线器,另一对用于从集线器接收信号,全双工,最大的段距离为 100m。

100BASE-FX 是使用 2 根多模光纤,每个方向用一根,全双工,最大的段距离为 2000m。

2. 吉比特以太网

1) 采用 802.3z 标准

支持全双工和半双工两种方式工作。

在半双工方式下使用 CSMA/CD 协议(全双工方式不需要使用 CSMA/CD 协议)。

使用 802.3 协议规定的帧格式。

与 10BASE-T 和 100BASE-T 技术向后兼容。

2) 吉比特以太网的物理层

1000BASE-X 标准是基于光纤通道的物理层。

- 1000BASE-SX: SX 表示短波长,多模光纤,最大段距离 550m。
- 1000BASE-LX: LX 表示长波长,单模或多模,最大段距离 5000m。
- 1000BASE-CX: CX 表示铜线,最大段距离 25m。
- 1000BASE-T 是使用 4 对 5 类线 UTP。

3. 10 吉比特以太网

10 吉比特以太网与 10Mbps、100Mbps 和 1Gbps 以太网的帧格式完全相同。

10 吉比特以太网还保留了 802.3 标准规定的以太网最小和最大帧长,便于升级。

10 吉比特以太网不再使用铜线而只使用光纤作为传输媒体。

10 吉比特以太网只工作在全双工方式,因此没有争用问题,也不使用 CSMA/CD