

第 3 章 控制网络基础

3.1 控制网络与计算机网络

计算机网络是指由多台相互连接、可共享数据资源的计算机构成的集合,是采用传输线路将计算机连接起来的计算机群。网络中的单台计算机除了为本地终端用户提供有效的数据处理与计算能力之外,还能与网络上挂接的其他计算机彼此交换信息。具有独立功能的多台计算机,通过通信线路和网络互连设备相互连接在一起,在网络系统软件的支持下,所形成的实现资源共享和协同工作的系统,就是计算机网络。计算机网络节点的主要成员是各种类型计算机及其外设。

由现场总线把具备数字计算、处理与通信能力的自控设备连接组成的系统,称为控制网络。控制网络节点的主要成员是各种类型的自控设备。通过现场总线,把单个的控制设备连接成能够彼此交换信息的网络系统,连接成协同完成测量控制任务的控制系统。

计算机网络使计算机的功能与作用范围发生了神奇的变化,对社会的发展乃至人类的生活方式产生了重要影响。计算机网络从最初局域网内部的计算机互连,局域网与局域网之间互连而逐步发展,导致 Internet 的出现。Internet 就是当今世界上最大的计算机网络的集合,是全球范围成千上万个网连接起来的互联网,已成为当代信息社会的重要基础设施,成为沟通世界的信息高速公路。

在通常意义上,计算机网络是指已在办公和通信等领域广为采用的、由包括 PC 在内的各种计算机及网络连接设备构成的系统,也被称之为信息网络。计算机之间通过信息网络共享资源与数据信息,人们也可以直接从数据网络获取数据信息。这类网络的特点是,数据通信量较大,需要支持传送文档、报表、图形,以及信息量更大的音频、视频等多媒体数据。

计算机网络是以各式各样的计算机为网络节点而形成的系统。计算机网络的种类繁多,分类方法各异。按地域范围可分为广域网(wide area networks, WAN),城域网(metropolitan area networks, MAN)、局域网(local area networks, LAN)。

广域网的跨越范围可从几十公里到几百公里,其传输线造价较高。考虑到信道上的传输衰减,其传输速率不能太高。提高传输速率要受到增加通信线路费用的限制。为提高传输线路的利用率,广域网通常采用多路复用技术,或采用通信卫星、微波通信技术。

局域网的作用范围较小,一般在 10km 以内。往往为某个单位或某个部门所有,用于连接单位内部的计算机资源,如一所学校或一幢办公楼,因而一般属于专用。局域网内部

的传输速率较高,一般为 10Mb/s、100Mb/s 乃至 1000Mb/s。随着高速以太网技术的发展,局域网内部的传输速率还在不断提高。局域网具有多样化的传输介质,如同轴电缆、光缆,双绞线,电话线等。

城域网的范围通常在一座城市的范围之内。其规模介于局域网与广域网之间,可看作是一种大型局域网,但它属于为多用户提供数据、语音、图像等传输服务的公用网。采用与局域网相同的技术,传输速率在千兆位以上的高速以太网技术已经可以用于城域网。

控制网络属于一种特殊类型的计算机网络。控制网络技术与计算机网络技术有着千丝万缕的联系,也受到计算机网络,特别是互联网、局域网技术发展的影响,有些局域网技术可直接用于控制网络。但由于控制网络大多工作在生产现场,从节点的设备类型、传输信息的种类、网络所执行的任务、网络所处的工作环境等方面,控制网络都有别于由各式计算机所构成的信息网络。

3.2 控制网络的特点

控制网络一般为局域网,作用范围一般在几 km 之内。将分布在生产装置周围的测控设备连接为功能各异的自动化系统。控制网络遍布在工厂的生产车间、装配流水线、温室、粮库、堤坝、隧道、各种交通管制系统、建筑、军工、消防、环境监测、楼宇家居等处,几乎涉及生产和生活的各个方面。控制网络通常还与信息网络互连,构成远程监控系统,并成为互联网中网络与信息拓展的重要分支。

3.2.1 控制网络的节点

作为普通计算机网络节点的 PC 或其他种类的计算机、工作站,当然也可以成为控制网络的一员。但控制网络的节点大都是具有计算与通信能力的测量控制设备。它们可能具有嵌入式 CPU,但功能比较单一,其计算或其他能力也许远不及普通 PC,也没有键盘、显示等人机交互接口。有的甚至不带 CPU、单片机,只带有简单的通信接口。具有通信能力的以下设备都可以成为控制网络的节点成员:

- 限位开关、感应开关等各类开关
- 条形码阅读器
- 光电传感器
- 温度、压力、流量、物位等各种传感器、变送器
- 可编程控制器 PLC
- PID 等数字控制器
- 各种数据采集装置
- 作为监视操作设备的监控计算机、工作站及其外设
- 各种调节阀
- 马达控制设备

- 变频器
- 机器人
- 作为控制网络连接设备的中继器、网桥、网关等

受制造成本和传统因素的影响,作为控制网络节点的上述自控设备,其计算、处理能力等方面一般比不上普通计算机。

把这些单个分散的有通信能力的测量控制设备作为网络节点,连接成如图 3.1 所示的网络系统,使它们之间可以相互沟通信息,由它们共同完成自控任务,这就是控制网络。

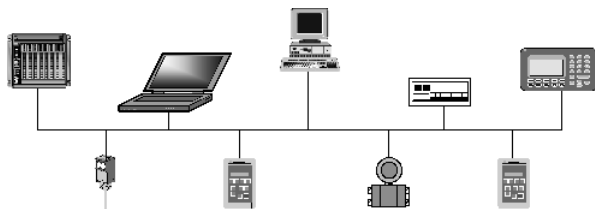


图 3.1 组成控制网络的节点示例

3.2.2 控制网络的任务与工作环境

控制网络以具有通信能力的传感器、执行器、测控仪表作为网络节点,以现场总线作为通信介质,连接成开放式、数字化、多节点通信,完成测量控制任务的网络。控制网络要将现场运行的各种信息传送到远离现场的控制室,在把生产现场设备的运行参数、状态以及故障信息等送往控制室同时,又将各种控制、维护、组态命令等送往位于现场的测量控制现场设备,起着现场级控制设备之间的数据联系与沟通作用。同时控制网络还要在与操作终端、上层管理网络的数据连接和信息共享中发挥作用。近年来随着互联网技术的发展,已经开始对现场设备提出了参数的网络浏览和远程监控的要求,甚至要求控制网络与信息网络连通,协同完成远程监控的任务。在有些应用场合,还需要借助网络传输介质为现场设备提供工作电源。

与工作办公室的普通计算机网络不同,控制网络要面临工业生产的强电磁干扰,面临各种机械震动,面临严寒酷暑的野外工作环境,要求控制网络能适应这种恶劣工作环境。另外,自控设备千差万别,实现控制网络的互连与互操作往往十分困难,这也是控制网络必须要解决的问题。

控制网络肩负的特殊任务和工作环境,使它具有许多不同于普通计算机网络的特点。控制网络的数据传输量相对较小,传输速率相对较低,多为短帧传送。但它要求通信传输的实时性强,可靠性高。

网络的拓扑结构,传输介质的种类与特性,介质访问控制方式,信号传输方式,网络与系统管理等都是影响控制网络性能的重要因素。为使控制网络适应完成自控任务的需要,人们在开发控制网络技术时,注意力往往集中在满足控制的实时性要求,工业环境下的抗干扰,总线供电等控制网络的特定需求上。

3.2.3 控制网络的实时性要求

计算机网络普遍采用以太网技术,采用带冲突检测的载波监听多路访问的媒体访问控制方式,一条总线上挂接的多个节点,采用平等竞争的方式争用总线。节点要求发送数据时,先监听总线是否空闲,如果空闲就发送数据,如果总线忙就只能以某种方式继续监听,等总线空闲后再发送数据。即便如此还是会出现几个节点同时发送而发生冲突的可能性,因而被称之为非确定性(nondeterministic)网络。由于计算机网络传输的文件、数据一般在时间上没有严格的要求,一次连接失败之后还可继续要求连接。因而这种非确定性不致于造成严重的不良后果。

可以说,控制网络不同于普通数据网络的最大特点在于它必须满足对控制的实时性要求。实时控制对某些变量的数据往往要求准确定时刷新,控制作用必须在一定时限内完成,或者相关的控制动作一定要按事先规定的先后顺序完成。这种对动作时间有严格要求的系统称为实时系统。实时系统不仅要求测量控制作用满足时限性要求,而且要求系统动作在顺序逻辑上的正确性。否则会对生产过程造成破坏,甚至酿成灾难。

实时系统又可分为硬实时、软实时两类。硬实时系统要求实时任务必须在规定的时限内完成,否则会产生严重的后果。而在软实时系统中,实时任务在超过截止期后的一定时限内,仍可以执行处理。在计算机控制系统中,硬实时往往与系统时钟、中断处理、电子线路等硬件实现联系在一起,而软实时则往往与软件的程序循环、调用相关联。

由控制网络组成实时系统一般为分布式实时系统,其实时任务通常是在不同节点上周期性执行的,往往要求通过任务的实时调度,使得网络系统的通信具有确定性(deterministic)。

例如一个控制网络由几个 PLC 作为网络节点而构成,每个 PLC 连接着各自下属的电气开关或阀门,由这些 PLC 共同控制管理着一个生产装置不同部件的动作。这些电气开关或阀门的动作应该满足一定的时序与时限要求,而且这些电气开关或阀门的动作先后通常需要严格互锁,例如锅炉启动、停车中鼓风、引风机及其相关阀门的动作,就有严格的时序与互锁要求。对于此类分布式系统来说,其网络通信就应该满足实时控制的要求。

控制网络中传输信息内容通常有生产装置运行参数的测量值、控制量、开关阀门的工作位置、报警状态、系统配置组态、参数修改、零点量程调校信息、设备资源与维护信息等。其中一部分参数的传输有实时性的要求,有的参数要求周期性刷新,如参与控制的测量值与开关状态数据。而像系统组态、参数修改、趋势报告、调校信息等则对传输时间没有严格要求。应根据各自的情况分别采取措施,让现有的网络资源能充分发挥作用,满足各方面的应用需求。

3.3 网络拓扑

网络的拓扑结构是指网络中节点的互连形式。控制网络中常见的拓扑结构如图 3.2 所示,按它们在图中排列的位置从左到右分别是环形、星形、总线形和树形。

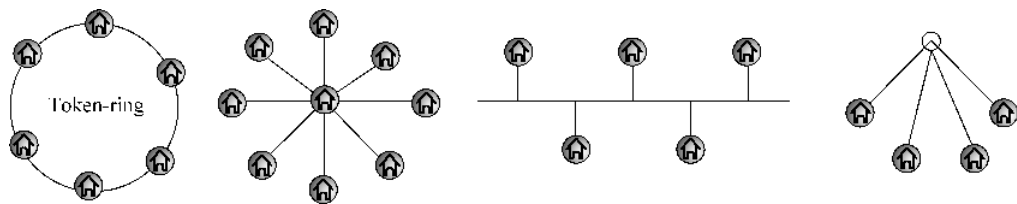


图 3.2 控制网络中常见的拓扑结构

3.3.1 环形拓扑

图 3.3 为环形拓扑的连接示意图。在环形拓扑中,通过网络节点的点对点链路连接,构成一个封闭的环路。信号在环路上从一个设备到另一个设备单向传输,直到信号传输到目的地为止。每个设备只与逻辑或空间上与它相连的设备链接。每个设备都集成有一个中继器。中继器接收前一个节点发来的数据,然后按原来速度一位一位地从另一条链路发送出去。

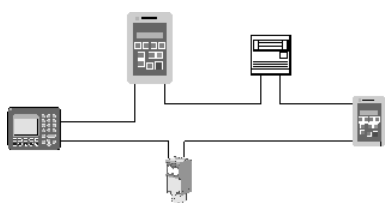


图 3.3 环形拓扑的连接示意图

由于有多个设备共享环路,需有某种访问控制方式来确定每个站何时能向环上插入本节点要发送的数据报文。每个节点都应具备存取逻辑和收发控制。

环形拓扑中的网络连接设备只是简单的中继器,由节点提供拆包和存取控制逻辑。环形网络的中继器之间可使用适用于工业环境的光纤,作为高速链路。与其他拓扑结构相比,光纤环网可提供更大的吞吐量。

信号只能单向传输是环形拓扑的一个缺陷。另外环路中一个设备的故障有可能导致网络瘫痪。因而工业应用环境下通常采用冗余的光纤环网。

3.3.2 星形拓扑

在星形拓扑中,每个节点通过点对点连接到中央节点,任何两节点之间通信都通过中央节点进行。一个节点要传送数据,首先向中央节点发出请求,要求与目的站建立连接。连接建立后,该节点才向目的节点发送数据。这种拓扑采用集中式通信控制策略,所有通信均由中央节点控制,中央节点必须建立和维持许多并行数据通路,因此中央节点的结构显得非常复杂,而每个节点的通信处理负担很小,只需满足点对点的链路连接要求,结构简单。

星形拓扑可实现数据通信量的综合,每个终端节点只承担较小的通信处理量。适合用于终端密集的地方。

图 3.4 为星形拓扑的连接示意图。常见的将几台计算机通过 HUB 相互连接的方式就是典型的星形拓扑结构。星形连接中,如果一条线路受损,不会影响其他线路的正常工作。

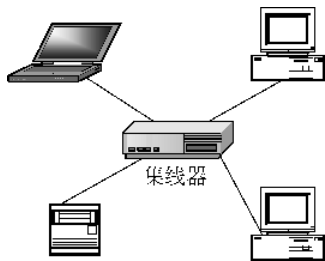


图 3.4 星形拓扑的连接示意图

3.3.3 总线拓扑

由一条主干电缆作为传输介质,各网络节点通过分支与总线相连的网络拓扑结构,称为总线拓扑。图 3.5 为总线拓扑的连接示意图。

在总线拓扑的网络结构中,总线上一个节点发送数据,所有其他节点都能接收。由于所有节点共享一条传输链路,某一时刻只允许一个节点发信息,因此需要有某种介质存取访问控制方式,来确定总线的下一个占有者,也就是下一时刻可以向总线发送报文的节点。

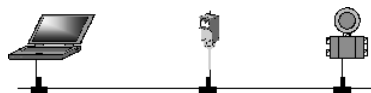


图 3.5 总线拓扑连接

报文可以在总线上一对一地发送,也可以在总线上分组发送,即通过地址识别,把报文送到某个或某组特定的目的节点。总线拓扑上也可以发送广播报文,让总线上所有节点有条件同时接收。

总线拓扑是工业数据通信中应用最为广泛的一种网络拓扑形式。总线拓扑易于安装,比星形、树形和网状拓扑更节约电缆。随着信号在总线段上传输距离的增加,信号会逐渐变弱。将一个设备连接到总线时,其分支也会引起信号反射而降低信号的传输质量。因而在总线拓扑中,对可连接的节点设备数量,总线长度、分支个数、分支长度等都要受到一定程度的限制。

3.3.4 树形拓扑

可以认为树形拓扑是星形拓扑的扩展形式,图 3.6 表明了由树形拓扑连接的网络。也有人认为树形拓扑是总线拓扑的扩展形式。在一条总线或分支的终端,通过接线盒扩展连接多个节点设备,便可形成树形拓扑。树形拓扑和总线拓扑一样,一个站点发送数据,其他站点都能接收。因此,树形拓扑也可完成多点广播式通信。

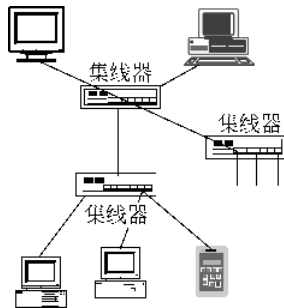


图 3.6 树形拓扑

树形拓扑是适应性很强的一种,可适用于很宽范围,如对网络设备的数量、传输速率和数据类型等,没有太多限制,可达到很高的带宽。

如果把多个总线型或星形网连在一起,也会形成树形拓扑结构。树形结构比较适合于分主次、分等级的层次型系统。

在实际应用中,经常还会把几个不同拓扑结构的子网结合在一起,形成混合型拓扑的更大网络。

3.4 网络的传输介质

网络中常用的传输介质包括有线、无线两大类。有线介质中常见的有双绞线、同轴电缆、仪表电缆、电力电缆,光纤、光缆等。

3.4.1 双绞线

无论对于模拟数据还是对于数字数据信号,双绞线都是最常见的传输介质。

1. 物理特性

双绞线由按规则螺旋结构排列的两根或四根绝缘线组成。一对线可以作为一条通信线路,各线对螺旋排列的目的是使各线对之间的电磁干扰最小。

2. 传输特性

双绞线最普遍的应用是语音信号的模拟传输。用于 10Mb/s 局域网时,节点与集线器的距离最大为 100m。

3. 连通性

双绞线可以用于点对点连接,也可用作多点连接。

4. 抗干扰性

双绞线的抗干扰性取决于线对的扭曲长度及屏蔽条件。在低频传输时,其抗干扰能力相当于同轴电缆。在 10~100KHz 时,其抗干扰能力低于同轴电缆。

5. 价格

双绞线的价格低于其他传输介质,具有安装、维护方便的优点。

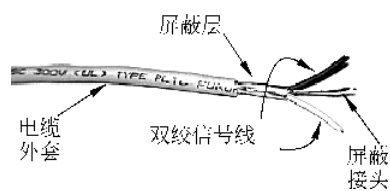


图 3.7 屏蔽双绞线电缆

在工业生产环境下使用的双绞线电缆,在其抗伸强度、抗电磁干扰方面的要求是不可忽视的。因而现场总线系统的传输介质往往采用屏蔽双绞线电缆。图 3.7 为屏蔽双绞线电缆的示意图。它在双绞信号线的基础上添加了屏蔽层和保护层,以提高电缆抗伸、抗电磁干扰的能力。

3.4.2 同轴电缆

同轴电缆也是网络中应用十分广泛的传输介质之一。

1. 物理特性

同轴电缆的结构如图 3.8 所示,它由内导体、外导体、绝缘层及外部保护层组成。同轴介质的特性参数由内、外导体及绝缘层的电气参数和机械尺寸决定。

2. 传输特性

根据同轴电缆通频带,同轴电缆可以分为基带同轴电缆和宽带同轴电缆两类。基带同轴电缆一般仅用于单通道数据信号的传输。而宽带同轴电缆可以使用频分多路复用方法,将一条宽带同轴电缆的频带划分成多条通信信道,支持多路传输。

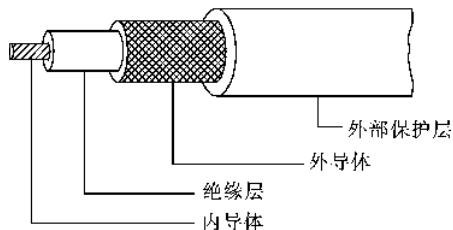


图 3.8 同轴电缆结构示意图

描述同轴电缆的另一个电气参数是它的特征阻抗。特征阻抗的大小与内、外导体的几何尺寸、绝缘层介质常数相关。

在以太网的基带传输中,常使用特征阻抗为 50Ω 的同轴电缆。而在电视天线电缆中,通常采用特征阻抗为 75Ω 同轴电缆。这种电视电缆既可以用于传输模拟信号,也可以用于传输数字信号。当用于模拟信号传输时,其带宽可达 400MHz 。也可采用频分多路复用 FDM 技术,将电视天线电缆的带宽分成多个通道,每个通道既可以传输模拟信号,也可以传输数字信号。

同轴电缆也用作某些现场总线系统的传输介质。

3. 连通性

同轴电缆支持点对点连接,也支持多点连接。基带同轴电缆可支持数百台设备的连接。而宽带同轴电缆可支持上千台设备的连接。

4. 地理范围

基带同轴电缆最大距离限制在几千米范围内,而宽带同轴电缆最大距离可达几十千米。

5. 抗干扰性

同轴电缆的结构使得它的抗干扰能力较强。

6. 价格

同轴电缆造价介于双绞线与光缆之间,维护方便。

3.4.3 光缆

光缆是光导纤维构成的线缆,它是网络传输介质中性能最好、应用前途广泛的一种。

1. 物理特性

光纤是直径为 $50\sim 100\mu\text{m}$ 的能传导光波的柔软介质。有玻璃和塑料材质的光纤,用超高纯度石英玻璃纤维制作的光纤的传输损耗很低。把折射率较高的单根光纤用折射率较低的材质包裹起来,就可以构成一条光纤通道。多条光纤组成一束就构成光缆。光缆的结构如图 3.9(a)所示。

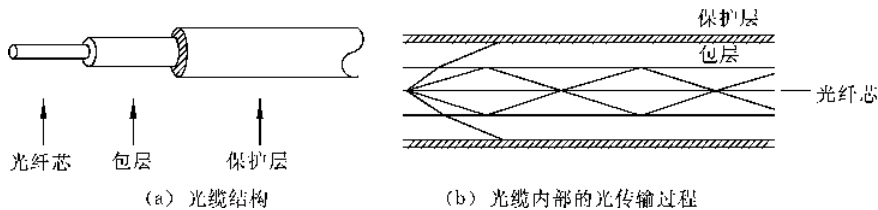


图 3.9 光缆

2. 传输特性

光导纤维通过内部的全反射来传输一束经过编码的光信号。光波通过光导纤维内部全反射进行光传输的过程如图 3.9(b)所示。由于光纤的折射系数高于外层的折射系数,因此可以形成光波在光纤与包层界面上的全反射。光纤可以作为频率从 $10^{14}\sim 10^{15}\text{Hz}$ 的光波的导线。这一频率范围覆盖了可见光谱与部分红外光谱。典型的光纤传输系统的结构如图 3.10 所示。在发送端采用发光二极管或注入型激光二极管作为光源。光波以小角度进入光纤,按全反射方式沿光纤向前传播。在接收端使用光电二极管检波器再将光信号转换成电信号。光纤传输速率可达几千 Mb/s 。

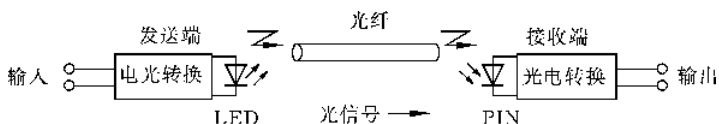


图 3.10 光缆传输系统示意图

光纤传输分为单模与多模两类。所谓单模光纤是指光纤中的光信号仅沿着与光纤轴成单个可分辨角度的单光纤传输,而多模光纤中,光信号可沿着与光纤轴成多个可分辨角度的多光纤传输。单模光纤在性能上一般优于多模光纤。

3. 连通性

光纤最普遍的连接方式是点对点,在某些系统中也采用多点连接方式。

4. 地理范围

光纤信号的衰减极小,它可以在 6~8km 距离内不使用中继器实现高速率数据传输。

5. 抗干扰性

光纤不受外界电磁干扰与噪声的影响,能在长距离、高速率传输中保持低误码率。双绞线典型的误码率在 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 之间,基带同轴电缆为 10^{-7} ,宽带同轴电缆为 10^{-9} ,而光纤误码率可以低于 10^{-10} 。此外光纤传输的安全性 with 保密性也很好。

6. 价格

光纤价格高于同轴电缆与双绞线。由于光纤具有低损耗、宽频带、高数据传输速率、低误码率、安全保密性好,因此是一种最有前途的传输介质。

3.4.4 无线传输

无线传输指无需线缆类传输介质,依靠电磁波穿越空间运载数据的传输过程。无线传输也属于一种重要的数据传输方式。在某些特殊应用场合具有独特的技术优势,近年来得到了快速发展和广泛应用。

无线传输主要包括有无线电波传输、微波传输、红外传输以及激光传输。卫星传输可以看成是一种特殊的微波传输。

无线电波的频率一般在 1GHz 以下。由于国际上通行把 2.4GHz 频段留给工业、科学和医疗作短距离通信,因而这个频段的无线电波传输近年来发展十分迅速。无线电波的传输特性与频率有关。高频无线电波呈直线传播,对障碍物的穿透能力较差。而低频无线电波对障碍物的穿透能力较强,可穿越某些障碍物。无线电波的传输是全方位的,信号的发送和接收一般借助天线,发送和接收装置一般无需准确对准。但无线电波易受传输途径周围的电磁场干扰,在工业环境下使用无线传输应对此引起足够的重视。

微波的频率范围在 300MHz~300GHz。但用于微波传输的载波频率大多在 2~40GHz。微波沿直线传播,不能绕射。发送端与接收端之间应能直视,中间没有阻挡。其抛物状天线需要对准,远距离传输需要中继。由于微波载波频率很高,可以同时传送大量信息,例如,一个带宽为 2MHz 的微波频段就可以容纳 500 路语言信道。当用于数字通信时,其数据传输速率也很高。

红外线的电磁波频率范围在 $10^{11} \sim 10^{14}$ Hz, 也属于方向性极强的直线传播, 穿障能力很差, 也不适合在户外阳光下使用, 一般用于室内的短距离通信。红外线传输广泛应用于许多家用电器与其遥控器之间的信号通信。

激光的工作频率范围在 10^{14} Hz \sim 10^{15} Hz, 采用调制解调的相干激光实现激光通信。

应根据应用需求, 选择合适的传输介质。选择传输介质需要考虑的相关问题有: 要传输的信号类型, 网络覆盖的地理范围, 环境条件, 节点间的距离, 网络连接方式, 网络通信量, 传输介质与相关设备的性能价格比等。

3.5 网络传输介质的访问控制方式

如前所述, 在总线或环形拓扑中, 网上设备共享传输介质, 为解决在同一时间有几个设备同时发起通信而出现的争用传输介质的现象, 需要采取某种介质访问控制方式, 协调各设备访问介质的顺序。在控制网络中, 这种用于解决介质争用冲突的办法称之为传输介质的访问控制方式, 也被称为总线竞用或总线仲裁技术。

传输介质的利用率一方面取决于通信流量, 另一方面也取决于介质的访问控制方式。通信中对介质的访问可以是随机的, 即网络各节点可在任何时刻随意地访问介质; 也可以是受控的, 即采用一定的算法调整各节点访问介质的顺序和时间。在计算机网络中普遍采用载波监听多路访问/冲突检测的随机访问方式。而在控制网络中则采用主/从、令牌总线、并行时间多路存取等受控的介质访问控制方式。

3.5.1 载波监听多路访问/冲突检测

采用载波监听多路访问/冲突检测(CSMA/CD)的介质访问控制方式时, 网络上的任何节点都没有预定的发起通信的时间, 节点随机向网络发起通信。当遇到多个节点同时发起通信时, 信号会在传输线上相互混淆而遭破坏, 称为产生“冲突”。为尽量避免由于竞争引起的冲突, 每个节点在发送信息之前, 都要侦听传输线上是否有信息在发送, 这就是“载波监听”。

由于传输线上不可避免地存在传输延迟, 有可能多个站同时侦听到线上空闲并开始发送, 从而导致冲突。故每个节点在开始发送信息之后, 还要继续侦听线路, 判定是否有其他节点正与本节点同时向传输介质发送, 一旦发现, 便中止当前发送, 这就是“冲突检测”。

载波监听 CSMA 的控制方式是先听再讲。一个节点要发送, 首先需要监听总线, 以判断介质上是否有其他节点正在发送信号。如果介质处于空闲, 则可以发送。如果介质忙, 则要等待一定时间间隔后重试。这种避免冲突的发送等待策略, 称为坚持退避算法。有三种 CSMA 坚持退避算法:

第一种为不坚持 CSMA。假如监听的结果表明介质是空闲的, 则发送。假如介质是忙的, 则等待一段随机时间, 再重新监听。

第二种为 1 坚持 CSMA。假如介质是空闲的, 则发送。假如介质是忙的, 继续监听,

直到介质空闲,立即发送。假如冲突发生,则等待一段随机时间,继续监听。

第三种为 P 坚持 CSMA。假如介质空闲,则以一定的概率 P 坚持发送,或以 $(1-P)$ 的概率延迟一个时间单位后再听。这个时间单位等于最大的传播延迟。假如介质是忙的,继续监听直到介质空闲,再以一定的概率 P 坚持发送。

CSMA/CD 已广泛应用于计算机局域网中。每个节点都具备检测冲突和发送信号帧的能力,即可实现边讲边听。一旦检测到冲突,就立即停止发送,并向总线上发一串 Jam 信号,通知总线上各个节点已经发生冲突,以防止因冲突而传送已损坏的数据帧,白白浪费网络通信资源。

3.5.2 令牌

CSMA 的访问产生冲突的原因是由于各节点发起通信是随机的。为了避免产生冲突,可采取某种方式控制通信的发起者或发起时间。令牌访问就是其中的一种。这种方法按一定顺序在各站点间传递令牌,得到令牌的节点才有发起通信的权力,从而避免了几个节点同时发起通信而产生的冲突。令牌访问原理可用于环形网,构成令牌环形网络;也可用于总线网,构成令牌总线网络。

令牌环是环形局域网采用的一种访问控制方式。令牌在网络环路上不断地传送,只有拥有此令牌的站点,才有权向环路上发送报文,而其他站点仅允许接收报文。一个节点在发送完毕后,便将令牌交给网上下一个站点,如果该站点没有报文需要发送,便把令牌顺次传给下一个站点。因此,表示发送权的令牌在环形信道上不断循环。环路上每个节点都可获得发送报文的机会,而任何时刻只会有一个节点利用环路传送报文,因而在环路上保证不会发生访问冲突。

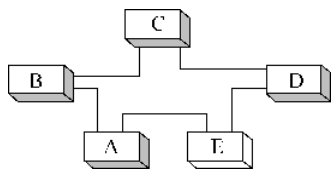


图 3.11 令牌环的网络结构示意图

图 3.11 是令牌环的网络结构示意图。图中每个网络节点都有一个入口和一个出口分别与环形信道相连。通信接口中有缓冲器用来存储转发数据。若 A 站要发送数据给 C 站,则 A 站把目的地址和要发送的数据交给本站的通信处理器组织成帧。一旦 A 站从环上得到令牌,就从它的出口发出该帧。B 站从其入口收到此帧后,查看目的地址与本站地址不符,便将原帧依次转发给 C 站。C 站在查看目的地址时,得知此帧是给本站的,便采用校验和查错,如传输的帧无错误,便将帧中的数据收下,并修改状态位,表示此帧已被正确接收。然后 C 站再把修改了状态位的原帧沿 D、E 站送回 A 站。A 站从返回的帧状态位得知发送成功,从环上取消此帧,再把令牌转交给 B 站,这样完成了一次站点间的通信过程。

采用令牌环方式的局域网,网上每一个站点都知道信息的来去动向,保证了通信传输的确定性。由于能估算出报文传输的延迟时间,所以适合于实时系统的使用。令牌环方式对轻、重负载不敏感,但单环环路出故障将使整个环路通信瘫痪,因而可靠性比较差。

令牌总线方式采用总线拓扑,网上各节点按预定顺序形成一个逻辑环。每个节点在逻辑环中均有一个指定的逻辑位置,末站的后站就是首站,即首尾相连。总线上各站的物