

第3章

计算机网络

本章学习目标

- 了解计算机网络的定义。
- 了解因特网的特点及其发展趋势。
- 掌握传输控制协议和互联网协议的相关使用方法。
- 了解物联网的概念及应用。

当今世界计算机通信网络的飞速发展,极大促进了信息系统的发展,网络化的信息系统正在取代传统的单机信息系统,以便适应网络化发展的趋势。本章介绍的是计算机网络的定义和网络拓扑结构、网络分层模型、互联网协议使用方法以及物联网的概念和应用。

3.1 计算机网络的基本概念

3.1.1 计算机网络的定义

计算机网络是将地理上分散的、具有独立功能的、自治的多个计算机系统通过通信线路和设备连接起来,并在相应的通信协议和网络操作系统的控制下,实现信息交流和资源共享的系统。从资源共享观点出发,计算机网络又可定义为,以能够相互共享资源的方式互联起来的自治计算机系统的集合。

概括起来说,一个计算机网络必须具备以下 3 个基本要素。

- (1) 至少有两个具有独立操作系统的计算机,且它们之间有相互共享某种资源的需求。
- (2) 两个独立的计算机之间必须有某种通信手段将其连接。
- (3) 网络中的各个独立的计算机之间要能相互通信,必须制定相互可确认的规范标准或协议。

以上 3 条是组成一个网络的必要条件,三者缺一不可。

3.1.2 网络协议

不同类型的计算机通信需要遵守共同的规则和约定,就像讲不同语言的人进行对话需要一种标准语言才能沟通,在计算机网络中双方需共同遵守的规则和约定称为网络协议,通过它可以解释、协调和管理计算机之间的通信和相互间的操作。

3.1.3 网络的基本特征

计算机网络具有以下基本特征。

- (1) 资源共享,包括硬件资源共享、软件资源共享和数据资源共享。
- (2) 拥有多台独立的“自治计算机”。
- (3) 通守共同的网络协议。

3.1.4 计算机网络的功能

计算机网路的功能主要体现在资源共享、信息交换、协同处理和提高系统的可靠性 4 方面。

1. 资源共享

充分利用计算机网络中提供的资源(包括硬件、软件和数据)是计算机网络组网的主要目标之一。依靠功能完善的网络系统能实现网络资源共享。这里的资源是指构成系统的所有要素,包括计算机处理能力、数据、应用程序、硬盘、打印机等。资源共享也就是共享网络中所有硬件、软件和数据。由于受经济和其他因素的制约,这些资源并非(也不可能)所有用户都能独立拥有,所以网络上的计算机不仅可以使自身的资源,也可以共享网络上的资源。因而增强了网络上计算机的处理能力,提高了计算机软硬件的利用率。

在全网范围内提供对硬件资源的共享,尤其是对一些昂贵的设备,如大型机,高分辨率打印机、大容量外存、绘图仪、通信线路、数据库、文件和其他计算机上的有关信息实行资源共享,可节省投资和便于集中管理。对软件和数据资源的共享,可允许网上用户远程访问各种类型的数据库及得到网络文件传送服务,可以进行远程终端仿真和远程文件传送服务,避免了在软件方面的重复投资。数据资源包括各种数据文件、各种数据库等,共享数据资源是计算机网络重要的目的,这是由于数据产生的“源”在地理上是分散的,用户无法(用投资)改变这种状况。

2. 信息交换

利用计算机网络提供的信息交换功能,计算机网络中的计算机之间或计算机与终端之间,可以快速、可靠地传递数据、程序文件。用户可以在网上传送电子邮件,发布新消息,进行远程电子购货、电子金融贸易、远程电子教育,等等。

3. 协同处理

协同处理是指计算机网络在网上各主机间均衡负荷,把一项复杂的任务划分成许多

部分,把在某时刻负荷较重的主机的任务传送给空闲的主机,利用多个主机协同工作来完成靠单一主机难以完成的大型任务,使整个系统的性能大为增强。

4. 提高系统的可靠性

对于一些计算机实时控制和可靠性要求高的场合,通过计算机网络实现备份技术可以提高计算机系统的可靠性。

3.1.5 计算机网络的分类

可以从不同的角度对计算机网络进行分类。

1. 按网络的作用范围不同进行分类

(1) 局域网(local area network, LAN)。局域网一般用微型计算机或工作站通过高速通信线路相连,但地理上则局限在较小的范围内,如一个实验室、一幢楼或一个校园内,距离一般在 1km 以内。

局域网通常由某个单位单独拥有、使用和维护。在局域网发展的初期,一个学校或工厂往往只拥有一个局域网。现在局域网已被非常广泛地使用,一个学校或企业大都拥有许多个互连的局域网(这样的网络常称为校园网或企业网)。

(2) 城域网(metropolitan area network, MAN)。城域网的作用范围一般是一个城市,可跨越几个街区甚至整个城市,其作用距离为 5~50km。城域网通常作为城市骨干网,互连大量企业、机构和校园局域网。近几年,城域网已开始成为现代城市的信息服务基础设施,为大量用户提供接入和各种信息服务,并有趋势将传统的电信服务、有线电视服务和互联网服务融为一体。

(3) 广域网(wide area network, WAN)。广域网的作用范围通常为几十到几千千米,可以覆盖一个国家、地区,甚至横跨几个洲,因而有时也称为远程网(long haul network)。广域网是因特网的核心部分,其任务是为核心路由器提供远距离(例如,跨越不同的国家)高速连接,互连分布在不同地区的城域网和局域网。

(4) 个人区域网(personal area network, PAN)。个人区域网不同于以上网络,不是用来连接普通计算机的,而是在个人工作的地方把属于个人使用的电子设备(如笔记本电脑、打印机、鼠标、键盘、耳机等)用无线技术(取代传统导线)连接起来的网络,因此也常称为无线个人区域网(wireless personal area network, WPAN),其范围通常在 10m 以内。

2. 按网络的使用者不同进行分类

(1) 公用网(public network)。这是指电信公司(国有或私有)出资建造的大型网络。“公用”的意思就是所有愿意按电信公司的规定交纳费用的人都可以使用这种网络。因此公用网也可称为公众网。

(2) 专用网(private network)。这是某个部门为本单位的特殊业务工作的需要而建造的网络。这种网络不向本单位以外的人提供服务。例如,军队、铁路、电力等系统均有

本系统的专用网。

公用网和专用网都可以传送多种业务,若传送的是计算机数据,则分别是公用计算机网络和专用计算机网络。

3.2 网络拓扑结构

1. 总线拓扑

总线拓扑结构采用公共总线作为传输介质,各节点都通过相应的硬件接口直接连向总线,信号沿介质进行广播式传送。如图 3.1 所示,任何一个节点都可以通过总线传输介质发送或接收数据,但一段时间内只允许一个节点利用总线发送数据。当一个节点利用总线传输介质以“广播”方式发送数据时,其他结点可以用“收听”方式接收数据。

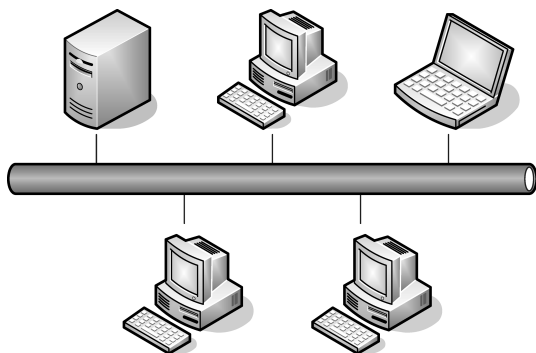


图 3.1 总线拓扑结构

总线拓扑结构的主要优点如下。

- (1) 布线简单。布线时只需简单地从一处拉到另一处即可,布线容易。
- (2) 电缆长度短、安装成本低。因为所有结点都接到公共总线上,因此只需很短的电缆长度,安装费用也较少。

总线拓扑结构的主要缺点如下。

- (1) 由于采用分布式控制,故障检测需在各结点进行,不易管理,因此故障诊断和隔离比较困难。
- (2) 加入或减少一台计算机时,会使网络暂时中断,这在重视网络管理与质量的今天是不可容忍的。

总线拓扑结构曾是使用最广泛的结构,是最传统的网络结构。目前这一结构主要应用于一些特种网络。

2. 星形拓扑

星形拓扑是由一中心主结点和一些与它相连的从结点组成。如图 3.2 所示,主结点可与从结点直接通信,而从结点之间必须经中心结点转接才能通信。星形拓扑一般有两

类：一类是中心结点为一功能很强的计算机，它具有数据处理和转接双重功能，为存储转发方式，转接会产生时间延迟。另一类是转接中心仅起各从结点间的连通作用，例如，计算机交换分机系统或集线器转接系统。目前较为流行的是在中心结点配置集线器，然后向外伸出许多分支电缆，每个入网设备通过分支电缆连到集线器，集线器可执行简单网络协议。

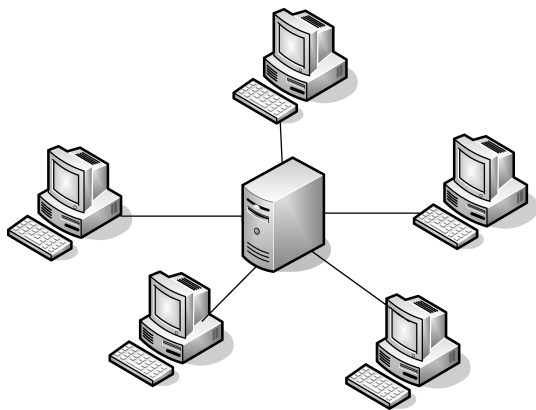


图 3.2 星形拓扑结构

星形拓扑结构的主要优点如下。

(1) 维护管理容易。由于星形拓扑结构的所有数据通信都要经过中心结点，通信状况在中心结点被收集，所以维护管理比较容易。

(2) 重新配置灵活。通过集线器连成的星状结构，若移去、增加或改变一个设备配置，仅涉及被改变的那台设备与集线器某个端口的连接，不会造成网络中断，因此改变起来比较容易，适应性强。

(3) 故障检测容易。由于各分结点都直接连向集线器，通常从集线器的灯信号便能检测到故障。

(4) 网络延迟时间较小，传输误差较低。

星形拓扑结构的主要缺点如下。

(1) 安装工作量大，连线长，费用高。

(2) 依赖于中心结点，如果处于连接中心的集线器出现故障，则全网瘫痪，故要求集线器的可靠性和冗余度都很高。

由于集线器、交换机的性价比越来越高，目前星形拓扑结构已成为小型局域网的首选。

一般来说，拓扑结构会影响传输介质的选择和控制方法的确定，因而会影响网络上结点的运行速度和网络软、硬件接口的复杂程度。网络的拓扑结构和介质访问控制方法是影响网络性能的最重要因素，因此应根据实际情况选择最合适的拓扑结构，选用相应的网络适配器和传输介质，确保组建的网络具有较高的性能。

3.3 数据通信基本概念

3.3.1 数据通信模型

数据通信是计算机与计算机或计算机与终端之间的通信。从数据通信原理角度来看,数据通信系统是通过数据电路将分布在异地的数据终端设备与计算机系统连接起来,实现数据传输、交换、存储和处理的系统。基于点到点协议的通信系统的模型如图 3.3 所示。

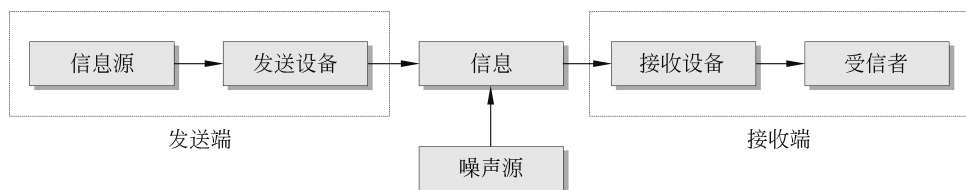


图 3.3 通信系统一般模型

信息源是消息的产生地,其作用是把各种消息转换成原始电信号。发送设备的基本功能是将信息源产生的消息信号变换成适合在信道中传输的信号。

信道是指传输信号的物理介质。在无线信道中,信道可以是大气(自由空间),在有线信道中,信道可以是明线、电缆或光纤。

噪声源是通信系统中与外界所固有的,来源是多样的。它可分为内部噪声和外部噪声,而且外部噪声往往是从信道进入的。因此,为了分析方便,把噪声源视为各处噪声的集中表现而抽象加入信道。

接收设备的基本功能是完成发送设备的反变换,即进行解调、译码、解码等。它的任务是从带有干扰的接收信号中正确恢复成信宿可以理解的信息。

信宿是传输信息的归宿点,是信息的接收者。

3.3.2 数据通信技术涉及的基本概念和评价指标

1. 基本概念

在计算机网络的数据通信中,数据、信号和信道是最基本的概念。

(1) 数据(data)。在计算机网络系统中,数据即为在网络中存储、处理和传输的二进制数字编码。

(2) 信号(signal)。信号是数据在传输过程中电信号的表示形式,可分为模拟信号(analog signal)和数字信号(digital signal)。模拟信号的信号电平是连续变化的;而数字信号是用两种不同的电平表示由 0、1 组成的比特序列的电压脉冲信号。

(3) 信道(channel)。信道就是通信双方以传输媒介为基础的传递信号的通路。信道也有模拟信道和数字信道之分,模拟信道是以连续模拟信号形式传输数据的信道。数字信道是以数字脉冲形式(离散信号)传输数据的信道。

2. 评价指标

在计算机网络的数据通信中,常用的数据通信技术评价指标如下。

(1) 数据传输速率。数据传输速率是指单位时间内传输的信息量,常用“比特率”和“波特率”来表示。比特率是每秒传输二进制信息的位数,即为“位/秒”,通常记作 b/s。常用单位符号有 Kb/s、Mb/s、Gb/s。

(2) 数据传输带宽。带宽(bandwidth)是指网络中每秒传输的最大字节数,也就是一个信道的最大数据传输速率,单位也为“位/秒”(b/s)。高带宽则意味着系统的高处理能力和通信能力。

传输带宽与数据传输速率是有区别的,前者表示信道的最大数据传输速率,是信道传输数据能力的极限,而后者是实际的数据传输速率,就像公路上的最大限速与汽车实际速度二者的关系一样。

(3) 传输延迟。传输延迟就是信息从网络的一端传送到另一端所需的时间。

传输延迟=处理延迟+传播延迟+发送延迟

其中,处理延迟是数据在交换结点为存储转发而进行的一些必要的数据处理所需要的时间。传播延迟是电磁波在信道中传播一定距离所需要的时间。发送延迟是结点在发送数据时使数据块从结点进入传输介质所需要的时间,也就是从数据块的第一比特开始发送算起,到最后一比特发送完毕所需要的时间。

(4) 误码率。误码率(bit error ratio, BER)是指二进制数据位传输时出错的概率。它是衡量数据通信系统在正常工作情况下的传输可靠性的指标。

3.3.3 网络要素

计算机网络有不同的类型,大小及功能也各有不同,但是所有的网络都有消息、介质、设备这3个共同的基本要素。

1. 消息

无论是文本、语音还是视频,都可转换为二进制编码的数字信号,在无线、有线铜缆或者光纤上传输。传输介质不同,数字信号的形式也不尽相同,但原始信息的内容不会改变。

2. 介质

网络连接分为有线连接和无线连接。常用的有线连接的介质有传送电信号的铜缆和传送光信号的光纤。无线连接可以是使用无线路由和无线网卡的办公或家庭连接、地面站之间的无线连接及地面设备与卫星之间的连接。

1) 有线传输介质

(1) 双绞线。双绞线是指按一定规则螺旋缠绕在一起的两根绝缘铜线,它是应用最普遍的一种传输介质,例如电话线。两条线绞扭在一起的目的是为了减少导线之间的电磁干扰。双绞线的线路损失大、传输速率低、抗干扰能力较弱,但由于其价格便宜、易于安装、可实现结构化布线、传输数字信号的距离可达数百米,因此在局域网中应用得很普遍。

(2) 同轴电缆。同轴电缆由内外两条导线构成,内导线是单股粗铜线或多股细铜线,外导线是一条网状空心圆柱导体,内外导线之间隔有一层绝缘材料,最外层是起保护作用塑料外皮。同轴电缆可以在较宽的频率范围内工作,抗干扰能力强,传输距离可达几千米,在早期的计算机网络中被广泛采用。

(3) 光导纤维(光纤)。光导纤维是由高折射率的细玻璃或塑料纤维外包低折射率的外壳构成。其基本工作原理是,在发送端通过发光二极管将电脉冲信号转换成光脉冲信号,在光纤中以全反射的方式传输,在接收端通过光电二极管将光脉冲信号转换还原成电脉冲信号。

由于光波的频率范围很宽,所以光纤具有很宽的频带。光可以在光纤中进行几乎无损耗的传播,因此可以实现远距离高速数据传输。此外,由于是非电磁传输,所以无辐射。光纤的抗干扰能力强、保密性好、误码率低,但光纤传输系统价格较贵,因此一般用作通信的主干线。

2) 无线传输介质

(1) 微波。微波是利用高频无线电波来进行通信的,发送站将数据信号载波到高频微波信号上并进行定向发射,接收站对信号进行接收并进行处理或转发。微波是直线传输的,具有很强的方向性,而地球表面是弯曲的,因此传输距离会受到限制,如果传输超过一定距离(最长不能超过 50km),就要通过中继站进行接力传输。

微波传输频带较宽,成本比同轴电缆和光纤低,但误码率高。微波传输安装迅速、见效快、易于实现,是在不能敷设线路时进行远程传输、移动通信等场合中最经济便利的通信手段。

(2) 卫星通信。卫星通信是利用地球同步卫星做微波中继站进行远距离传输的。地球同步卫星位于地面上方 $3.6 \times 10^7 \text{m}$ 的高空,其发射角度可以覆盖地球的 1/3 地区,三颗同步卫星就可以覆盖整个地球表面。通过地球同步卫星上的转发设备,可将来自地面的微波信号发送给所覆盖的区域或转发给其他同步卫星,因此可将信号发送到全球任何一个区域。卫星通信传输的突出特点是具有一发多收的传输功能,覆盖面积大,传输距离远,传输成本不随传输距离的增加而提高,特别适合于广域网络远程互连。卫星通信的缺点是成本高、传输延迟较长、存在泄密风险等问题。

3. 设备

信号在计算机网络中传输,除了需要传输介质,还需要网卡、交换机等很多其他的连接设备。下面,着重介绍信息系统建设中常见的网络设备。

(1) 网络适配器。网络适配器又称为网络接口卡(network interface card, NIC)或网卡。它是计算机连接通信介质的接口,主要用于实现物理信号的转换以及执行网络协议。由于网络的体系结构、传输介质和访问方式等各不相同,使得网卡的种类繁多、功能差异很大。由于文件服务器上的网卡速度会直接影响整个网络的性能,所以应使用尽可能好的网卡。

(2) 中继器(repeater)。中继器也称为重发器,是计算机网络中最简单的设备,用来连接相同拓扑结构的局域网。它的作用是清除信号噪声,对信号进行放大和整形,增加网

段以延长传输距离。总线拓扑结构的局域网经常用重发器延长网段。例如,某公司租用了智能大厦的1层和3层,在1层建立一个总线拓扑结构的局域网,在3层也建立一个总线拓扑结构的局域网,为了使公司内部的信息系统能够正常运转,要将这两个局域网互连起来。解决方案之一就是在这两个局域网间加一个中继器以延长网段。但随着光纤网络的普及,网络的范围已大大扩展,中继器现在已基本不再使用。

(3) 集线器与交换机。集线器是一种用于物理层连接的网络互连设备,相当于一个多口的中继器,以星形拓扑结构将局域网中的多台设备连接起来。在局域网中,集线器常通过双绞线将各个入网设备进行连接。

交换机又称交换式集线器,目前已广泛使用。它通过对信息进行重新生成和处理转发至指定端口,具备自动寻址和交换功能。由于交换机可根据所传递数据包的目的地址将每个信息包独立地从源端口送至目的端口,因此避免了和其他端口发生冲突。

(4) 路由器(router)。路由器是局域网和广域网之间互连的关键设备,常见的路由器都具有负载平衡、阻止广播风暴、控制网络流量、增强系统容错性等功能。一般情况下,路由器都支持多种协议,可提供多种物理接口,使不同厂家,不同规格的网络产品,以及不同协议的网络实现网络互连。此外,市场上也可见到支持多种协议的复合路由器。

(5) 网关(gateway)。网关又称为协议转换器,是一种复杂的网络互连设备,用于在不兼容的协议之间进行信息转换。和路由器一样,网关既可用于广域网互连,也可用于局域网互连。其基本功能是容纳不同网络间的各种差异,对互联网间的网络协议进行转换。可对数据重新进行分组,执行数据报文存储、转发功能,实现网络间的通信。由于历史原因,网关这个术语的使用不太严谨。有时候网关指的是路由器。例如,主机在连接网络时,需要指定IP地址和网关,这里的网关就是路由器。

3.4 网络分层模型

计算机网络系统功能强,规模大,因此计算机之间的通信相当复杂,协议的制定和应用极为纷繁复杂。为了简化通信功能的设计和实现,计算机网络系统的设计像结构化程序设计一样,实行了高度结构化的分层设计方法,将复杂的通信功能分解成一组功能明确、相对独立并且易于操作的层次功能,各层执行自己所承担的任务,依靠各层功能的组合,为用户或应用程序提供与另一端点用户之间的通信。具体如下:

- (1) 每一层向上一层提供服务。
- (2) 每一层利用下一层的服务传递信息。
- (3) 相邻层间有明显的接口。

在这个分层结构中,各层界限分明,避免了功能的重复,使得某层的变更不至于影响其他层。分层结构中的每一层都有相应的协议,以指导本层功能的完成。网络的这种分层结构与各层协议的集合就构成了计算机网络的体系结构。

国际标准化组织(International Standard Organization, ISO)在20世纪70年代后期提出的开放系统互连参考模型(open system interconnection reference model, OSI-RM),规定了一个7层的网络通信协议,如图3.4所示。7层的含义如下。



图 3.4 OSI 提出的 OSI-RM

- (1) 物理层：通过物理介质传送和接收原始的二进制电脉冲信号序列(位流)。
- (2) 数据链路层：将位流以数据报文分组为单位分解为数据包，附加上数据报头、数据报尾等信息，向网络层提供数据报文分组的发送和接收服务。
- (3) 网络层：根据数据报文分组中的地址提供连接和路径选择。
- (4) 传输层：提供计算机之间的通信联系。
- (5) 会话层：负责建立、管理和拆除进程之间的连接。
- (6) 表示层：负责处理不同数据表达方式的差异，并提供相互转换。
- (7) 应用层：直接和用户交互作用，具体取决于通信应用软件的特征。

3.5 常用的网络体系结构

网络体系结构是指完成网络上的一个计算任务或应用服务占用共享资源的形式和使用共享资源方式。目前，信息处理上常用的分布式体系结构有客户-服务器体系结构(client-server architecture)、浏览器-服务器体系结构(browser-server architecture)及对等体系结构(peer-to-peer architecture)。

1. 客户-服务器体系结构

在客户-服务器体系结构中，一个总是打开的主机称为服务器，用于响应其他客户的请求。例如 Web 服务器响应客户通过浏览器发来的请求。

这种结构不同于多用户联机系统和传统文件服务器-工作站结构，主要区别在于对数据的处理分前台和后台，客户程序完成屏幕交互和输入输出等前台任务，而服务器则运行 DBMS，完成大量的数据处理及存储管理等后台任务。这种处理方式使后台处理的数据不需要与前台频繁传输，从而有效解决了文件服务器-工作站模式下的“传输瓶颈”问题。网络上的用户不仅可共享打印机、硬盘或数据文件，而且可共享数据处理。客户-服

务器体系结构是采用分布式数据库管理系统的基础。

2. 浏览器-服务器体系结构

因特网的迅猛发展为管理信息系统的建立与应用提供了新的机遇,越来越多的企业利用互联网技术来建立自己的管理信息系统。基于互联网技术一个典型的分布式体系结构就是浏览器-服务器体系结构。当管理信息系统使用浏览器-服务器体系结构后,不需要专用的客户端软件,客户端使用浏览器访问 Web 服务器,信息系统的业务逻辑和数据库访问在 Web 服务器上实现。Web 服务器将业务处理结果以“页面”形式发给浏览器。

从结构上看,浏览器发送请求,Web 服务器响应,所以浏览器-服务器体系结构是一种特定的客户-服务器体系结构。

3. 对等体系结构

与客户-服务器体系结构下一个服务器服务多个客户不同,对等体系结构是两个实体之间进行对等通信。在客户-服务器体系结构下,服务器需要不间断运行;而在对等体系结构下,参与的通信是临时执行的。

例如,在进行文件共享时,如果使用客户-服务器体系结构,则需要建立一个用于文件分发的服务器,供客户下载文件;而在对等体系结构下,则服务会被分布到许多的对等体上,参与者可以从另一个对等体接收文件,也可以将文件提供给其他对等体。

3.6 传输控制协议和互联网协议

3.6.1 TCP/IP 概述

传输控制协议/互联网协议(transmission control protocol/internet protocol, TCP/IP)是针对 Internet 开发的一种体系结构和协议标准,其目的在于解决异构计算机网络的通信问题,使得网络在互连时把技术细节隐藏起来,为用户提供一种通用、一致的通信服务。TCP/IP 起源于美国 ARPANET,由它的 TCP 和 IP 这两个主要协议而得名。通常所说的 TCP/IP 实际上包含了大量的协议和应用,且由多个独立定义的协议组合在一起。

OSI 参考模型研究的初衷是希望为网络体系结构与协议的发展提供一种国际标准,但由于 Internet 在全世界的飞速发展,使得 TCP/IP 得到了广泛的应用,虽然 TCP/IP 不是 ISO 标准,但广泛的使用也使 TCP/IP 成为一种“实际上的标准”,并形成了 TCP/IP 参考模型。不过,ISO 的 OSI 参考模型的制定也参考了 TCP/IP 及其分层体系结构的思想,而 TCP/IP 在不断发展的过程中也吸收了 OSI 标准中的概念及特征。

TCP/IP 具有以下 4 个特点。

(1) 它是开放的协议标准,可以免费使用,并且独立于特定的计算机硬件与操作系统。

(2) 它独立于特定的网络硬件,可以运行在局域网、广域网中,更适用于互联网中。

(3) 它提供了统一的网络地址分配方案,使得整个 TCP/IP 设备在网络中都具有唯

一的地址。

(4) 它是标准化的高层协议,可以提供多种可靠的用户服务。

3.6.2 互联网协议

互联网协议(internet protocol, IP)是因特网中最重要的协议,对应于因特网参考模型(又称 TCP/IP 参考模型)的网络层。IP 详细定义了 IP 数据报(datagram)的组成格式。数据报由数据报正文和数据报头两部分组成,数据报头包括发送主机的网络地址、接收主机的网络地址、数据报的数据报头校验和数据报的长度等。

IP 的主要功能包括数据报的传输、数据报的路由选择和拥塞控制。

IP 用统一的 IP 数据报格式在帧格式不同的物理网络之间传递数据,数据报的传递采用一种所谓的“无连接”方式,这里的无连接指两台主机在通信之前不需要建立好确定的连接。一台主机发出一个数据报,如果目的主机是同一子网内的一台计算机,那么它将被直接送到那台计算机上,如果这个数据报是送往子网外的另一台主机的,该数据报将先被送往子网中的路由器,然后被路由器送到因特网上进行传递。

路由器是因特网中负责进行路由选择的专用计算机。路由选择就是在网络中找到一条最合适的传输路径,将分组数据从发送端的子网送往接收端的子网的过程。路由器接收到一个分组后,取出其中数据报头部分的有关目的地址的信息,根据目的地址将数据报转发到合适路径上的下一个路由器,如果这个路由器和目的子网直接相连,那么这个数据报就被直接送到目的主机。

1. IP 地址构成

所有因特网上的计算机都必须有一个因特网上唯一的编号作为其在因特网上的标识,这个编号称为 IP 地址。每个数据报中包含有发送方的 IP 地址和接收方的 IP 地址。

IP 地址是一个 32 位的二进制数,占用 4B 存储空间,为方便起见,通常将其表示为 $w.x.y.z$ 的形式。其中 w, x, y, z 分别为一个 $0 \sim 255$ 的十进制整数,对应二进制表示法中的 1B。这样的表示称为点分十进制表示。例如,某台计算机的 IP 地址为 1100101001110010010000000000010,则写成点分十进制表示形式是 202.114.64.2。

整个因特网由很多独立的网络互连而成,每个独立的网络,就是一个子网,包含若干台计算机。根据这种结构,因特网的设计人员用两级层次结构构造 IP 地址,结构类似于电话号码。电话号码的前面一部分是区号,后面一部分是客户号,例如 0371-63519885, 0371 是郑州的区号,63519885 则是一个单独的客户号码。IP 地址的 32 个二进制位也被分为两部分,即网络地址和主机地址,网络地址就像电话的区号,标明主机所在的子网,主机地址则在子网内部区分具体的主机。

2. IP 地址分类

根据网络号和主机号的不同,通常可以将 IP 地址分为 A、B、C 三类地址,如图 3.5 所示。

(1) A 类地址。地址的前 8 位为网络地址,且最高位为 0,在申请地址时由管理机构

主机地址范围			
A类地址	0	网络号(7位)	主机号(24位) 1.0.0.0~ 127.255.255.255
B类地址	10	网络号(14位)	主机号(16位) 128.0.0.0~ 191.255.255.255
C类地址	110	网络号(21位)	主机号(8位) 192.0.0.0~ 223.255.255.255

图 3.5 IP 地址分类

设定。24 位为主机地址,由网络管理员分配给本机构子网的各主机。一个 A 类地址最多可容纳 2^{24} (约 1600 万) 台主机,最多可有 2^7 (即 128) 个 A 类地址。

(2) B 类地址。地址的前 16 位为网络地址,后 16 位为主机地址,且第一位为 1,第二位为 0。一个 B 类网络最多可容纳 2^{16} (即 65 536) 台主机,最多可有 2^{14} (即 16 384) 个 B 类地址。

(3) C 类地址。地址的前 24 位为网络地址,后 8 位为主机地址,且第一位、第二位均为 1,第三位为 0。一个 C 类网络最多可容纳 2^8 (256) 台主机,共有 2^{21} (约 200 万) 个 C 类地址。

3. 特殊 IP 地址

在网络系统中并不是所有的 IP 地址都能分配给主机,有些 IP 地址具有特定的含义,因而不能分配给主机。

(1) 回送地址。回送地址是指前 8 位为 01111111 (十进制的 127) 的 IP 地址,这个地址用于网络软件测试和本机进程间通信。

(2) 子网地址。主机地址全为 0 的 IP 地址为子网地址,代表当前所在的子网。例如,当提到网络 150.24.0.0 时,指的是整个子网,150.24.0.0 这个地址不会分配给网络中的任何一台主机。

(3) 广播地址。主机地址全为 1 的 IP 地址为广播地址,向广播地址发送信息就是向子网中的每个成员发送信息。例如,在 A 类网络 16.0.0.0 中向地址 16.255.255.255 发出一条信息时,网络中的每台计算机都将接收到该信息。

另外,如果需要在本网内广播,但又不知道子网地址,可以用地址 255.255.255.255 代替本网广播地址。

3.6.3 传输控制协议

IP 只负责产生符合 IP 格式的数据报并进行路由选择,然后将数据报向外发送,它并不关心数据报能否正常到达目的计算机。因为网络拥挤和其他种种可能的网络故障,数据报在传输时可能会出现损坏或丢失,有时接收方可能会接收到一个数据报的多个副本,或者数据报到达目标计算机的顺序颠倒。

数据传输的可靠性是由传输控制协议(TCP)来提供的。TCP 的主要功能如下。

(1) 传输中的差错控制。在发送端,TCP 发出分组后等待从接收端传来的确认信息,如果超时没有收到确认信息就重发分组。在接收端,TCP 对每一个收到的分组进行完整性检测,若分组完整无差错,就向发送端返回一个已正确接收该分组的信息,否则丢弃该分组。

(2) 分组排序。在网络传输数据的过程中,可能会出现同一分组被重复传输的情况,这时接收端的 TCP 只接收第一个正确到达的副本,而对于其他重复分组则自动丢弃。TCP 接收到所有分组后,再按其原来顺序组装成一条完整信息。

(3) 流量控制。当网络因繁忙导致频繁超时, TCP 采用合适的机制来控制向外发送的数据量。

3.6.4 域名技术

IP 地址记忆起来十分不方便,因此为每台主机取了一个便于记忆的名字,这就是域名地址。如主机 211.67.128.10 的域名地址是 www.hnufe.edu.cn。

1. 域名地址的构成

一个完整的域名地址由若干部分组成,各部分之间由“.”隔开,每部分有一定的含义,且从右到左各部分之间大致上是上层与下层的包含关系,域名的级数通常不超过 5。

例如,域名地址 dns.huel.edu.cn 代表中国(cn)教育科研网(edu)上河南财经政法大学校园网(huel)内的域名服务器(dns 代表域名服务器)。

作为因特网的管理机构,因特网体系结构委员会(Internet Architecture Board,IAB)为了表示主机所属的机构的性质,给出了 7 个顶级域名,美国之外的其他国家的互联网管理机构还使用 ISO 规定的国别代码作为域名后缀来表示主机所属的国家。

2. 域名系统

对用户来说,有了域名地址就不必去记 IP 地址了。但对于计算机来说,数据分组中只能是 IP 地址而不是域名地址,这就需把域名地址转换为 IP 地址。通常情况下,因特网服务提供商的网络中心都有一台专门完成域名地址到 IP 地址转换的计算机,这台计算机称为域名服务器,例如河南财经政法大学的域名服务器是 dns.huel.edu.cn。域名服务器上运行着一个数据库系统,数据库中保存的是域名地址与 IP 地址的对应。用户的主机在需把域名地址转换为 IP 地址时向域名服务器提出查询请求,域名服务器根据用户主机提出的请求进行查询并把结果返回给用户主机。

域名系统(domain name system,DNS)采用的是层次式管理机制。如 cn 域代表中国,它由中国互联网信息中心(CNNIC)管理,它的一个子域 edu.cn 由 CERNET 网络中心负责管理,edu.cn 的子域 huel.edu.cn 由河南财经政法大学网络中心管理。域名系统采用层次结构的优点是,每个组织可以在它们的域内再划分域,只要保证组织内的域名是唯一的,就不用担心与其他组织内的域名冲突。

3.7 Web 技术

3.7.1 Web 基础

因特网改变了人们的工作、学习和生活方式,而这一切应主要归功于 WWW(World Wide Web,万维网)。它是因特网最基本、应用最广泛的服务,通过超链接的方式使用户能非常方便地从因特网的一个站点访问另一个站点,从而获取丰富的信息。中国互联网络信息中心印发的《中国互联网络发展状况统计报告》公布的我国网站数量,截至 2021 年 6 月,我国网站数量为 422 万个,在这样的背景下,Web 站点设计技术越来越受到人们的重视,技术发展也日新月异。

Web 出现于 1989 年 3 月,由欧洲粒子物理研究所(European Organization for Nuclear Research,CERN)的科学家 Tim Berners Lee 发明。1990 年 11 月,第一个 Web 服务器 nxoc01.cern.ch 开始运行,Tim Berners Lee 在自己编写的 Web 浏览器上看到了最早的 Web 页面。1991 年,CERN 正式发布了 Web 技术标准。1993 年,第一个图形界面的浏览器 Mosaic 开发成功,1995 年,著名的 Netscape Navigator 浏览器问世。随后,微软公司推出了著名的浏览器软件 IE(Internet Explorer)。目前,与 Web 相关的各种技术标准都由著名的 W3C 组织(World Wide Web Consortium)管理和维护。

Web 是一个分布式的超媒体(Hypermedia)信息系统,它将大量的信息分布于整个因特网上。Web 的任务就是向人们提供多媒体网络信息服务。

从技术层面看,Web 技术核心有以下 3 点。

(1) 超文本传送协议(hyper text transfer protocol,HTTP),实现万维网的信息传输。

(2) 统一资源定位符(uniform resource locator,URL),实现互联网信息的定位统一标识。

(3) 超文本标记语言(hypertext markup language,HTML),实现信息的表示与存储。

1. 超文本传送协议

超文本传送协议是 Web 浏览器和 Web 服务器之间进行通信最常用的应用层协议,采用客户-服务器模型。

2. Web 系统的客户-服务器模式

Web 以客户-服务器模式工作。前面所提及的浏览器就是 Web 客户程序,它的任务是向服务器发出文档访问请求;Web 服务器则负责存储信息,响应客户请求,返回客户所要求的 Web 文档。Web 中的客户和服务器的信息传递使用 HTTP。

常用的 Web 服务器软件有 Apache、IIS 等,Web 浏览器软件有 IE、Firefox、Safari 及 Chrome 等,用户浏览 Web 页面的方法主要有两种,一种方法是在浏览器的地址栏中输

入 URL。另一种方法是单击当前访问的 Web 页面中的超链接。无论采用哪种方法,浏览器都向目标主机(即 Web 服务器)发送一个 HTTP 请求。HTTP 定义的信息交互处理由以下 4 步组成:

- (1) 浏览器与 Web 服务器建立 TCP 连接。
- (2) 浏览器向 Web 服务器提出请求。
- (3) 如果请求被接受,则服务器发送回响应,在响应中包括状态码和所需的文件。
- (4) 浏览器和 Web 服务器断开连接。

在浏览器主窗口中显示的 Web 文档称为 Web 页面(page),它是一种超媒体信息。超媒体信息的基础是超文本(hypertext)信息,超文本指的是一种电子文档,其中的文字包含可以链接到其他段落或文档的超文本链接,即超链接(hyperlink)。利用超链接可以找到连接到因特网上的任何超文本系统,这些超文本系统分布于因特网的众多主机上,形成庞大的分布式信息系统。

超媒体与超文本的区别在于文档的内容不同。超文本文档仅包含文本信息,而超媒体文档除了包含文本信息外,还包含图形、图像、声音、动画以及视频等多媒体信息,其内容更为丰富多彩,表现手段更为多样化。

3. 统一资源定位符

Web 信息分布于全球,要找到所需信息就必须有说明该信息存放在哪台计算机的具体位置的定位信息。统一资源定位符(uniform resource locator, URL)就是用来标识 Web 文档的,任意一个文档在因特网范围内具有唯一标识符 URL。

实际上,URL 不仅用于标识 Web 文档,还用于标识因特网其他类别的文档资源,如 FTP、电子邮件文档等,这也是其名称中“统一资源”所表达的含义。URL 通过定义资源位置的抽象标识来定位网络资源,格式如下:

<信息访问方式>://<主机>:<端口号>/<文件路径>

其中参数含义如下。

<信息访问方式>表示访问信息采用的 TCP/IP 应用协议,最常用的有 HTTP(超文本传输服务)、FTP(文件传输服务)和 News(网络新闻服务)3 种。

<主机>表示网络主机的域名或 IP 地址,它指出信息存放的主机。

<端口号>表示信息服务采用的软件端口。

<文件路径>表示所访问信息的存储路径(通常为虚拟路径而不是存储文件的实际路径)。

在 URL 的各部分中,只有<主机>部分是必需的,其余 3 项均可以省略。若省略<信息访问方式>,则默认采用 HTTP。若省略<端口号>,则采用 TCP/IP 标准的保留端口号(如 HTTP 保留端口号是 80);若省略<文件路径>,则访问该主机的默认文档(如 IIS Web 默认访问文档为 default.html 等)。

4. 超文本标记语言 HTML

HTML 是在因特网上建立超文本文件的语言,源于 SGML(standard generalize

markup language,标准通用标记语言)的设计概念,SGML 是国际标准化组织指定的定义标记语言的国际标准。SGML 的设计目的是为了网络上的文档格式统一,易于交流。SGML 的标记,英文称为 tag,就是在文档需要的地方插入特定记号来控制文档内容的显示,这就是文档格式定义。HTML 采用 SGML 的“文档格式定义”概念,通过标记和属性对文本的语义进行描述,并提供由一个文件到另一个文件或一个文件内部不同部分之间的链接。HTML 标记是区分文本各个部分的分界符,用于将 HTML 文档划分成不同的逻辑部分(如段落、标题等),它描述了文档的结构,与属性一起向浏览器提供该文档的格式化信息以决定 Web 页面的显示特征。

HTML 标记用“<”和“>”包含若干字符表示,通常成对出现,前一个是起始标记,后一个为结束标记。大部分标记都带有一个或多个属性,属性为浏览器提供的执行标记命令所需的附加信息。

HTML 文档的基本结构如下:

```
<HTML>
<HEAD>
文档头部分
</HEAD>
<BODY>
文档的主体部分
</BODY>
</HTML>
```

HTML 页面以<HTML>开始,以</HTML>结束。在它们之间,就是文档头和主体部分。文档头部分用<HEAD>...</HEAD>标记界定,一般包含网页标题、文档属性参数等不在页面上显示的网页元素。而主体部分用<BODY>...</BODY>标记来界定,是网页的主体,其所有内容均会显示在页面上,页面的内容主要包括文字、图像、动画、超链接等。

3.7.2 Web 开发技术

目前开发企业网站主要有两种方法。

方法 1: 使用 Java 开发语言和 Eclipse 开发平台,同时使用 JSP 技术来进行网站的开发,并且由于 Java 语言和 Eclipse 开发平台都是开源的,因此可以节省一次性的软件采购费。

方法 2: 使用微软公司的开发工具,例如使用 C# 编程语言和 Visual Studio 开发平台,同时使用 ASP 技术来开发企业网站。由于微软的产品都是付费的,因此选择本方法需要购买相应软件。

3.7.3 Web 3.0 技术

网络技术的升级依次经历了 Web 1.0 技术、Web 2.0 技术和 Web 3.0 技术。在 Web 1.0 技术下,每个用户在接收到信息后,不能立刻给对方回复信息,必须首先把要回复的信息

发送给服务器,服务器验证通过后再转发给对方指定用户,这种背景下,信息交互的效率非常低下。而在 Web 2.0 技术下,信息是对等的,每个用户既可以作为信息的接收者,又可以作为信息的发送者。用户接收到对方的信息后,就可以直接给对方回复信息,不需要服务器转发。因此 Web 2.0 技术提供了信息交互的高时效性,并且在 Web 2.0 技术背景下,出现了 Facebook、微信、微博等实时聊天工具。Web 3.0 技术在 Web 2.0 技术基础上增加了个性化需求。Web 3.0 技术可以为用户提供更加个性化的通信服务。例如从互联网订购一款专属的个性化水杯等。该技术通过更加简洁的方式为用户提供更为个性化的互联网信息定制的一种技术整合。Web 3.0 技术将会是互联网发展中由技术创新走向用户理念创新的关键一步。

3.7.4 5G 技术

第五代移动通信技术(简称 5G)是具有高速率、低延迟、大连接等特点的新一代宽带移动通信技术,是实现人、机、物互连的网络基础设施。国际电信联盟(International Telecommunication Union,ITU)定义了 5G 的三大类应用场景,即增强移动宽带、超高可靠低延迟通信和海量机器类通信。增强移动宽带主要面向移动互联网流量爆炸式增长,为移动互联网用户提供更加极致的应用体验;超高可靠低延迟通信主要面向工业控制、远程医疗、自动驾驶等对延迟和可靠性具有极高要求的垂直行业应用需求;海量机器类通信主要面向智慧城市、智能家居、环境监测等以传感和数据采集为目标的应用需求。

5G 生活最大的优点是可以实现视频数据资源的实时分享。由于通信带宽和速度的提升,使得用户间在分享视频数据资源时,可以更快、更完整。例如,某场足球比赛,现场观众都用自己的电子设备,从不同角度拍摄了自己喜欢的比赛视频片段。如果现场的观众能把各自拍摄的不同角度的比赛视频片段及时分享在 5G 网络,由于 5G 网络的数据传输速度很快,进而场外观众通过 5G 网络就可以及时观看到不同用户从不同角度拍摄的视频片段。

3.8 物联网

3.8.1 物联网定义

物联网(internet of things,IoT)的概念是由美国麻省理工学院的 Ashton 教授于 1998 年最早提出的。随着网络技术的发展,物联网技术逐渐受到了全球的广泛关注。物联网是指通过二维码识读设备、射频识别(radio frequency identification,RFID)、全球定位系统(global position system,GPS)、激光扫描器和红外感应器等信息传感设备与技术,实时采集任何需要监控、连接和互动的物体的声、光、电、热、力学、化学、生物、位置等各种信息,按约定的协议,把任何物体与互联网相连接,进行信息交换和通信,以实现人与物和物与物的相互沟通和对话,对物体进行智能化识别、定位、跟踪、管理和控制的一种信息网络。

物联网是“物与物相连的互联网”。物联网的核心和基础仍然是互联网,即它是互联

网的延伸和扩展,允许任何物体之间进行信息交换和通信。物联网不仅是实现物与物之间的连接,更重要的是物与物的信息交互,以及由此衍生出来的各种应用。物联网技术范畴中的“物”一般要满足以下条件:要有相应的信息发送器和接收器;要有一定的存储功能和计算能力;要有专门的应用程序;要遵循物联网的通信协议;在网络中有可识别的唯一标识。

物联网把新一代信息技术充分运用在各行各业之中,具体地说,就是把感应器嵌入和装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统、大坝、油气管道等各种物体中,然后将物联网与现有的互联网整合起来,实现人类社会与物理系统的整合,在这个整合的网络当中,存在能力超级强大的中心计算机群,能够对整合的网络内的人员、机器、设备和基础设施实施实时的管理和控制,在此基础上,人类可以更加精细和动态地管理生产和生活,达到“智慧”状态,提高资源利用率和生产力水平,改善人与自然间的关系。

物联网包括 3 种基本的应用模式:一是对物体的智能识别,即通过二维码或 RFID 等技术来识别和区分特定的对象,并利用网络获取该特定对象的名称、生产日期、价格和用途等相关信息等;二是环境监控和对象跟踪,即利用多种类型的传感器构成的传感器网络,实现对特定对象的实时状态获取和行为监控,如使用分布在市区的化学传感器监控大气中二氧化碳的浓度及通过 GPS 跟踪车辆位置信息等;三是对物体的智能控制,物联网可以对传感器网络获取的数据进行分析和处理,形成科学决策,然后实施有效的对象行为控制,如根据交通路口车辆的流量自动调整红绿灯的时间间隔等。

物联网将现实世界数字化和网络化,其应用范围十分广泛,遍及智能交通、环境保护、政府工作、公共安全、平安家居、智能消防、工业监测、环境监测、路灯照明管控、景观照明管控、楼宇照明管控、广场照明管控、老人护理、个人健康、水系监测、食品溯源等多个方面。国际电信联盟于 2005 年发布的《ITU 互联网报告 2005:物联网》中指出,无所不在的物联网通信时代即将来临。

3.8.2 物联网基础架构

物联网的网络架构由感知层、网络层、应用层组成。各层通过相互配合,协同完成真正意义上的物与物相连。

(1) 感知层。该层也称感知交互层,主要实现智能感知和交互功能,包括信息采集、捕获、物体识别和控制等。感知层的关键技术包括传感器、控制器、RFID、自组织网络、短距离无线通信、低功耗路由等多项技术。

(2) 网络层。该层也称网络传输层,主要实现信息的接入、传输和通信,包括接入层和核心层。网络层可依托公众电信网或互联网,也可以依托行业专业通信网络,或者同时依托公众网和专用网,例如接入层依托公众网、核心层依托专用网,或者接入层依托专用网、核心层依托公众网。通过网络层的信息交换与传输,可以使物联网实现更大范围的覆盖和信息共享。

(3) 应用层。该层也称应用处理层,主要实现信息的处理与决策,通过中间件实现网络层与物联网应用服务间的接口和功能调用,包括对业务的分析整合、共享、智能处理、管理等,具体体现为一系列业务支撑平台、管理平台、信息处理平台、智能计算平台、中间件

平台等。应用层则主要包含监控服务、智能电网、工业监控、绿色农业、智能家居、环境监控、公共安全等各类应用服务。物联网应用层既包括局部区域的独立应用,又包括广域范围的统一应用。部分以楼宇内的控制系统、特定区域的环境监测系统等局部区域的独立应用为主,部分则是手机支付、全球性的 RFID 物流和供应链系统等广域范围的统一应用。

3.8.3 物联网技术应用实例——智能物流

物联网相关技术最有现实意义的应用领域之一是物流领域。物联网的建设会进一步提升物流智能化、信息化和自动化水平,推动物流功能整合,对物流服务各环节运作将产生积极影响。具体地讲,主要有以下几方面。

1. 生产物流环节

基于物联网的物流体系可以实现整个生产线上的原材料、零部件、半成品和产成品的全程识别与跟踪,减少人工识别成本和出错率。通过应用产品电子代码(electronic product code,EPC)技术,就能通过识别电子标签来快速从种类繁多的库存中准确地找出各个工位所需的原材料和零部件,并能自动预先形成详细补货信息,从而实现流水线均衡、稳步生产。

2. 运输环节

物联网能够使物品在运输过程中的管理更透明,可视化程度更高。通过给在途运输的货物和车辆贴上 EPC 标签,在运输线的一些检查点安装上 RFID 接收转发装置,企业能实时了解货物目前所处的位置和状态,实现运输货物、线路、时间的可视化跟踪管理。此外,还能帮助实现智能化调度,提前预测和安排最优的行车路线,缩短运输时间,提高运输效率。

3. 仓储环节

将 EPC 技术等物联网技术应用于仓储管理,可实现仓库的存货、盘点、取货的自动化操作,从而提高作业效率,降低作业成本。入库存储的商品可以实现自由放置,提高了仓库的空间利用率。通过实时盘点,能快速、准确地掌握库存情况,及时进行补货,提高了库存管理能力,降低了库存水平。同时,按指令准确、高效地拣取多样化的货物,减少了出库作业时间。

4. 配送环节

在配送环节,采用 EPC 技术能准确了解货物存放位置,大大缩短拣选时间,提高拣选效率,加快配送的速度。通过读取 EPC 标签,与拣货单进行核对,提高了拣货的准确性。此外,可确切了解目前有多少货箱处于转运途中、转运的始发地和目的地,以及预期的到达时间等信息。