

浅析集线器，交换机，路由器如何实现网络通信

薛婉玲

武昌职业学院，湖北 武汉 430202

DOI: 10.61369/TACS.2025050037

摘 要： 集线器，交换机和路由器作为计算机网络当中的必要部件，它们都能实现网络通信，但通信的方式和工作原理大不相同，在学习计算机网络之前，最重要的任务便是理清这三个设备的功能和工作原理，不同的网络在实施和建立时，建立和实施的设备不一样、方式不一样，会使得网络提供和使用的网络服务不同。本文以通信技术为切入点，对三个设备的工作过程做简单分析。

关 键 词： 集线器 / 交换机 / 路由器；工作原理；通信技术

A Brief Analysis of How Hubs, Switches, and Routers Facilitate Network Communication

Xue Wanling

Wuchang Polytechnic College, Hubei, Wuhan 430202

Abstract： Hubs, switches, and routers are essential components in computer networks that can all achieve network communication, but their communication methods and working principles are very different. Before learning computer networks, the most important task is to clarify the functions and working principles of these three devices. Different networks have different devices and methods for implementation and setup, which will result in different network services provided and used. This article takes communication technology as the starting point and provides a brief analysis of the working processes of three devices.

Keywords： hub/switch/router; working principle; communication technology

引言

计算机网络就是实现计算机之间的通信，那么如何去设计一个计算机网络是每个搭建网络的用户所面临的问题。最初我们进行网络搭建，最直接的办法就是直接用一根通信线缆将两台设备连接起来，通过0 1这样的高低电平就能表示数据信号，实现两台设备的基本通信。这种方式最大的问题在于当网络扩张，仍然要实现终端设备的两两通信，那么布线的规模和维护的难度会大大提升^[1]。

计算机网络的建立，基于实现跨越地点的设备间如何进行正常的通信这一要求。那么网络工程师们在设计之初，就必须考虑几个重要的点^[2]：一是消息的转发，即如何将源设备的信息，发送给目标设备，我们可以通过设置中间设备，这个设备专门用于数据转发功能，将所有源设备的信息，发送给目标设备。二是标识，标识在计算机网络当中是非常重要的身份信息。终端设备必须要有自己的标识来表明身份，发送方表明自己的发送身份，接收方表明自己的目标身份^[3]。然后才能进行网络的搭建。基于这两点，计算机网络以这两点为基础，进行网络的搭建。

二、集线器的功能和工作原理

首先是数据转发，这个功能最初网络工程师使用一个专门的设备来完成，其它所有的终端都连接到这个设备上。早期的网络就是这么做的，这个重要的设备，它有个名字——集线器 HUB。

集线器工作在物理层，它主要的功能是信息的转发。如图1所示。pc1发送消息给 pc2，pc1 将消息发给集线器后，集线器此时会将消息进行广播，pc2~pc5 都能收到这条消息。在发送前，数据包上会带相应的标识，pc2 在收到数据包后，发现数据包是发给自己的，才会解读数据包。其它计算机发现数据包不是发给自己的，就会丢弃这个数据。这个过程非常简单，而且设计成本较

低，线材也比较简单，只需要双绞线就能达成目的，在计算机网络发展初期，集线器占据了一定的地位^[4]。

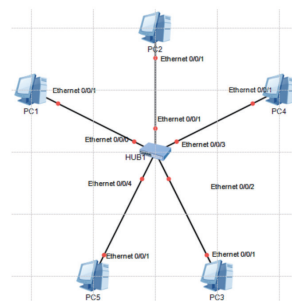


图1 基于集线器的拓扑结构

随着网络用户需求的增加,工程师们发现这种设计有一个问题:如果 pc3 在同一时间也要发送消息,而集线器只能进行转发,无法分辨这两个消息,那么集线器就会将两则消息杂糅起来一同发送,那么其他设备收到的就是消息的混合^[5]。任何设备都无法解析。为了解决这个问题,工程师使用了一种技术叫做 CSMA/CD。它的工作模式是:任何设备在发送消息前,都会进行载波侦听,检测链路上是否有其他人正在发送消息,没有则发送,避免冲突。这种方式适用于网络规模较小的环境,只适用于物理层。设备数量过多,会影响网络的传输效率^[6],而且这种发送消息的方式只能将消息广播出去,不能进行一对一的发送,占用网络通道,浪费资源。

计算机网络诞生之初大多采用集线器进行数据转发,那么这种方式,还存在一些问题。首先用户在发送数据时,集线器的无条件转发会导致网络带宽利用率较低;另外,在链路发送数据时,只能有一路信号进行发送,会降低链路的利用率,随着网络规模的扩大,网络用户数量从一个家庭增加到一个城市的用户,那么传输等待时间倍数增大,严重影响传输效率。

三、交换机的功能和工作原理

交换机,简称 SW,与集线器的作用类似,它有数据中心的作用,能够实现数据的转发。交换机与集线器对数据的转发有本质的区别,集线器不能记录设备的标识,只是将消息进行广播,让目标设备自行表明身份,所以这种工作方式效率较低。而交换机可以记录设备的地址,交换机记录的是设备 MAC 地址以和这个地址对应交换机的哪个端口。交换机的主要作用就是记录和维护 MAC 地址表。这张表记录了每台与交换机相连的设备对应的端口号,如图2所示,交换机 LSW1, pc1 的 MAC 地址为 54-89-98-AF-56-01,对应的端口是 GE 0/0/1, pc2 的 MAC 地址为 54-89-98-02-59-02,对应的端口是 GE 0/0/2, pc3 的 MAC 地址为 54-89-98-89-3D-03,对应的端口是 GE 0/0/3。而交换机 LSW2 以及它连接的 pc4、pc5 对应的端口是 GE 0/0/4。

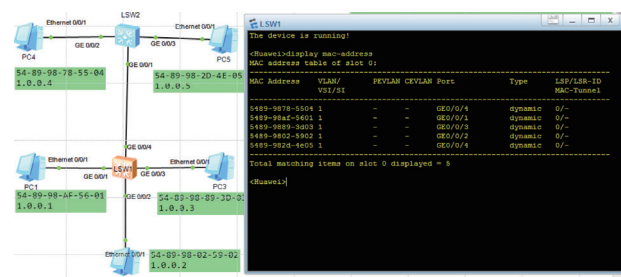


图2 交换机 LSW1 的 MAC 地址表

交换机 MAC 表的构建过程即交换机的功能之一:当 pc4 向 pc5 发送数据时,pc4 先将数据发送给交换机,此时交换机记录下 pc4 MAC 地址对应的端口号,然后在它的表中寻找是否有 pc5 的记录,有记录则直接发送,若没有记录,交换机才会进行广播。并且交换机的通信方式是全双工,pc1 在发送数据的同时,其他设备也能发送,不会产生冲突。交换机的 MAC 地址——端口的映射关系:交换机在初次使用时内部的 MAC 表是空表,将交换机连

接上设备后,pc1 向 pc2 发送数据,pc1 将数据发送给交换机,交换机确定了一个消息,pc1 的 MAC 地址对应的是 GE 0/0/1 端口,交换机记录下来;目标地址是 pc2,交换机没有记录,此时交换机将消息发送给除 pc1 以外的其他所有端口,只有 pc2 能够解析数据并作出回应,此时交换机记录下 pc2 的端口地址映射关系。经过一段时间的记录之后,交换机最终就建立所有与之连接设备的 MAC 地址和端口映射关系^[7]。

交换机所在的这一层叫做数据链路层,数据链路层的数据,分为两个部分,分别是数据头和数据部份。数据头中记录源地址和目的地址(都指 MA 地址)。这种方式是对集线器一个极大的改进。就目前的发展趋势而言,在网络设备当中集线器已经比较少见。再大部分的网络内部一般都是使用交换机,这也是交换机的功能决定了它的现实地位。

交换机还有一个特点是它可以进行桥接,如图 2.1 左图,两台及其以上交换机的端口用网线直接连接,这就是交换机的桥接。两台交换机工作一段时间,都能够记录与之连接设备的地址和端口的映射关系,那么,pc1 向 pc5 发送消息,交换机这是无法从目前的 MAC 地址表中找到发送对象,那么它会将消息广播出去,当消息通过 GE 0/0/4 端口发送给交换机 LSW2,这时就能从与 LSW2 相连的 GE 0/0/3 端口将消息发送给 pc5。也就是说,将两台交换机桥接起来会产生一个现象:pc1 向 pc5 发送消息,会经过 GE 0/0/4 端口,向 pc4 发送消息,也会经过 GE 0/0/4 端口。这个实验验证了交换机的一个端口可以关联多台设备,每个端口能学习到多个 MAC 地址,向这些设备发送消息会经过同一端口。那么,同一台终端设备能否连接交换机的多个端口,这种连接方式是不正确的,这里本文不做详细说明。

四、路由器的功能和工作原理

交换机工作在数据链路层,交换机的规模是有限的家庭交换机的地址表一般情况下几千。几千个的存储量是较少的。随着网络规模的增加,全球范围都建立起网络通信,则需要数十亿的记录^[8]。在这个前提下,设备数量过多,源设备在发送消息,交换机查找不到目标设备,会导致消息在传输过程中一直广播,引起全球范围内的消息泛洪,拉低整个网络的通信效率。因此,交换机适用于一些规模不大的网络,这个网络可以是小型局域网,校园网,也可以是一个工作室或者家庭网络,在这些网络当中,交换机的工作效率最高,但一旦将网络规模扩大,这种方式也会带来很多问题。那么我们可以采用划分分段的方式来解决这个问题。这里就涉及到本文研究的第三个对象——路由器。

工程师在进行组网时会思考另一个问题:交换机满足小规模局域网的互联互通,那如何实现跨网通信,将不同的网络连通起来?以清华和北大的校园网为例,两校的网络用户要进行通信互访,如若使用交换机互联,将两校用户放在一个网络当中,这个网络最大的问题就是传输效率太低^[9]。随着计算机技术和通信技术的发展,网络工程师们提出了一个新的方案,再规定一个新的设备,这个设备用于连接不同的网络,当源设备和目标设备不在同

一网络下，那么从源设备到目标设备就必须有一个设备知道如何将不同网络的数据转发出去。这个设备即为我们现在使用的路由器。在某些场合它也叫网关。这是由于路由器是跨两个网络之间的一个连接点，这里本文从通信的角度默认路由器和网关是同一功能。不同网络之间的设备，网络1的设备和网络2的设备在进行数据通信，就由路由器进行转发。而网络内部之间进行通信，依旧是交换机来维持。

网络是一个抽象的概念，它不都是以实际的地理位置进行划分，不同的网络也需要给它打上一个标识，在每个网络下也应该有统一的标签去标识每台设备^[10]，这个标识就是IP地址。IP地址两个重要的作用：①用来标识网络；②用来标识设备。前面提出用MAC地址来标识设备，这里又提出用IP地址标识设备，两者是不一样的概念和技术。MAC地址一般和设备的网卡绑定，由厂家在出产时进行设置，属于物理地址。而IP地址用软件进行配置，这个编号是唯一的，属于逻辑地址。TCP/IP规定不同的网络不能直接进行通信，必须由路由器进行路由转发。终端设备跨网通信，不是直接发送消息，而是先发到路由器上，再由路由器寻找最佳路径进行转发。这里可以发现路由器一个重要的工作就是可以同时记录不同网络的IP，路由器有一张路由表去记录网络设备的IP和路由器端口映射关系，它工作在网络层。

网络工程师这里要理清路由表如何建立和维系。路由器的路由表建立过程比交换机的工作要复杂，应用到了很多路由的算法，这个算法到现在仍然在不断的迭代中，许多数学家和工程师们，利用各种定律和模型，定义和组建了计算机网络的通信。路由器经过一系列的算法会自动建立一个完善的路由表。

引入路由器这个设备，是为了在跨网通信时进行数据的转发，上面定义的IP地址，是一个抽象的理念，它不能直接用于通

信，直接通信网络当中用的是MAC地址，它是一个真实的地址。这是每个网络初学者最容易混淆的两个概念。这里以两个网络的通信为例来加强这个概念：IP地址为192.168.1.0/24的网络与IP地址为192.168.0.0/24的网络进行通信，与源IP相连的路由器收到数据后，解封装发现目标网络的IP地址，并在自己的路由表进行查找，发现到达目标网络的下一跳地址，紧接着进行发送。以此往复，就能把数据发送给目标网络。这是基于路由器已经保存网络IP地址的前提，若没有记录，则还需要根据IP地址去查询（ARP协议）。以上就是路由器之所以能够将消息正确转发，实施路由行为的原因。路由器内部也维系了一张路由表，通过路由表查询正确路径^[11]。这个过程也涉及到数据的封装和解封，这是另一方面。若网络还要将这个消息发给对应的设备，那么在数据链路层还要依靠交换机查找目标设备再次转发，这里便不再需要路由器。路由技术是互联网在大范围正常通信的关键设备。

五、小结

随着计算机技术不断更新和迭代，三层交换机也具备一定的路由功能，根据数据包寻找最合适的路径达到目标。本文将搭建计算机网络过程结合通信过程中遇到的问题进行分析，整理了集线器，交换机，路由器三种设备的基本功能和工作原理，对比分析各个设备的功能，分析集线器，交换机，路由器这三种设备对应的使用场景。文中的拓扑结构皆为华为开发的软件eNSP搭建，辅助软件是WinPcap、VirtualBox、Wireshark，实验环境是Windows8及以上，集线器型号使用默认型号，交换机型号是S5700。给计算机专业方向的同行人和想要了解计算机网络设备的人提供更加客观的见解。

参考文献

-
- [1] 谢希仁. 计算机网络（第7版）[M]. 机械工业出版社，2018.
 - [2] 詹姆斯·F. 库鲁兹，基思·W·罗斯. 计算机网络与因特网 [M]. 机械工业出版社，2017.
 - [3] 石志国，薛为民，尹浩. 计算机网络安全教程（第2版）[M]. 清华大学出版社；北京交通大学出版社，2011.
 - [4] 吴功宜. 计算机网络 [M]. 清华大学出版社，2007.
 - [5] 刘天华，孙阳，黄淑伟. 网络系统集成与综合布线 [M]. 人民邮电出版社，2008.
 - [6] 平寒，杨云. 网络服务器搭建、配置与管理项目实训 [M]. 清华大学出版社，2010.
 - [7] Rick Graziani, Allan Johnson. 路由协议与概念 [M]. 人民邮电出版社，2009.
 - [8] 雷维礼，马立香. 接入网技术 [M]. 清华大学出版社，2006.
 - [9] W·理查德·史蒂文斯. TCP/IP 详解 [M]. 机械工业出版社，2018.
 - [10] 刘博士. 路由器 / 交换机通用控制方法与实现 [M]. 电子科技大学，2012年5月10日.
 - [11] 韩法旺. 计算机网络技术教程 [M]. 湖南大学出版社，2023年3月第一版.