

以太网帧

范兴刚 孙优贤 浙江大学工业控制国家重点实验室(310027)

Abstract

Frame is one of key components in Ethernet.The structure of frame is introduced in this paper.Ethernet transmits frame through the rulrl of CSMA/CD (carrier sense multiple access with collision detection).The frame of PAUSE is MAC control frame,which finished flow control in full-duplex link.

Keywords:Ethernet,Frame,CSMA/CD,IPG,MAC

摘 要

帧是一系列标准化的数据位,是网络通信的基本单元。本文对帧的基本结构、传输和控制功能进行了简要介绍。帧结构的提供一种封装来承载数据。以太网使用载波侦听多路访问/冲突检测 CSMA/CD 规则控制帧的传输。PAUSE 帧是一种 MAC 控制帧,用来实现 PAUSE 功能,在全双工以太网链路上实现流量控制。

关键词:以太网,帧,载波侦听多路访问/冲突检测,帧间隙时间,MAC 控制

帧是一系列标准化的数据位,是以太网系统的核心部件。以太网站点采用发送信息帧的方式进行通信。帧是网络通信的基本单元。节点间发送任何信息,都要将内容放在帧的有效部分当中,通过一个或多个帧进行传送。节点之间可靠的帧传输不仅是相互通信的保障,通过帧的传输还可以实现对网络的控制等各种功能。要了解以太网,必须对帧有一个清楚的认识。

1 帧结构

帧结构的目的是提供一种封装来承载数据。帧的基本结构是由原始的 DEC-Intel-Xerox(DIX)以太网标准定义的,最后由 IEEE802.3X 提出官方标准。

1.1 字节的位序

帧是由字节组成的,要了解帧,要先了解字节。以太网同大多数数据通信系统一样,传输一个字节的顺序是从最低有效位(对应于 20 的数字位)到最高有效位(对应于 27 的数字位)。一般二进制数字最低位写在最左边,而最高位写在最右边,这被称为小端形式或正规形式。一个字节可以写成两个十六进制数字,第一个数字(最左边)是最高位数字,第二个(最右边)是最低位数字。例如,6 字节域:

08-00-60-01-2C-4A

将按以下顺序从左向右串行发送:

0001 0000 -0000 0000 -0000 0110 -1000
0000-0011 0100 0101 0010

1.2 帧的基本结构

帧的结构最先由的 DEC-Intel-Xerox 以太网标准定义的。IEEE802.3 标准是后来官方的统一标准,本

文介绍 IEEE802.3 标准的帧格式,如表 1 所示。

表 1 帧结构

前同步信号 64bytes	目的地址 48bytes	源地址 48bytes	类型/长度 16bytes	数据 46 to 1500bytes	帧校验序列 32bytes
------------------	-----------------	----------------	------------------	-----------------------	------------------

前同步信号:一般分为两部分:7 个字节的前同步信号和 1 个字节的“起始帧定界符 SFD”组成。起始帧定界符的最后两位是“1,1”。

以太网地址:地址是一个指明特定站或一组站的标识。以太网地址是 6 字节(48 比特)长,有源地址和目的地址之分。如表 2 所示。

表 2 帧地址

I/G (1 比特)	U/L (2 比特)	OUI (22 比特)	OUA (24 比特)
---------------	---------------	----------------	----------------

地址的第一位是独立和组地址标志 (I/G, individual or group address flag),用来标示地址是一个独立地址还是组地址,独立地址是分配给一个,并且只能是一个网络上的接口。I/G 位等于 0 的地址是节点地址;等于 1 时是组播地址,又叫功能地址。组播地址能够使帧发到局域网上的一个节点子集。帧源地址的 I/G 位必须为 0。帧的第二位是通用或局部管理标志(U/L, universal or local administration flag),用来标示网络接口的分配方式,U/L 位是 0 表示地址是全局管理的唯一地址;1 标示是局部唯一地址,是一个局部管理地址,是由非网络接口制造商设置的地址。IEEE 用来管理地址的基本工具是组织唯一标识 OUI (organizationally unique identifier),22 位的 OUI 字

发送帧之间的间隔最少为一个 IPG。如果一个站点发送完 512 位,而没有检测到冲突,就认为这个站点获得了信道,直到传送完这一帧,这段时间不应再检测到冲突。如果在传送完帧的 512 位后,检测到冲突,这称为迟冲突,这是一种严重的错误,表明网络产生了故障。

帧间隙时间规定了帧的最小长度为 512 位。一方面,为了区别有效帧和残余帧,规定从目的地址到校验和的最短长度为 64 字节,而且数据部必须不少于 46 字节。任何小于 512 比特的帧都是残帧。要求满足最短帧长的另一个原因是为了防止一个站点发送短帧时,在第一比特尚未到达信道的最远节点就已完成发送,可能造成有冲突发生却检测不到的现象。

3 帧的控制功能

以太网本质上是无连接的,不能提供可靠的端到端通信,不能提供流量控制,即不能保证数据发送在接受方没有足够资源处理数据时及时停止。IEEE802.3x 定义 MAC 控制,用于对全双工以太网进行显式流量控制。MAC 控制帧就是由 MAC 控制产生的,并把它发送到底层使用标准 MAC 的以太网上,同样以太网 MAC 接收 MAC 控制帧,并把它提交到 MAC 控制子层的相应模块。在 MAC 控制出现以前,在以太网上传送的帧都是应高层协议或应用的要求而产生的,并且每个数据帧都携带了与该协议或应用相关的数据。MAC 控制引出了一个概念:帧是在数据链路层自身内部产生和接收的。

MAC 控制帧是正规的、合法的以太网帧,它包括了上面讨论的帧的所有域,并使用标准以太网 MAC 算法传送。所有 MAC 控制帧的长度都恰好是以太网帧的最小长度—64 字节,不包括前导码和帧起始定界符。MAC 控制帧是通过唯一的类型标识符(0x8808)标识出的,这个类型域 专门保留用于以太网 MAC 控制。MAC 控制帧格式组成如表 3。

表 3 MAC 控制帧组成

7 各字节前导码
1 个字节的帧起始定界符
6 个字节的地址
6 字节的源地址
类型=0x8808(2 个字节)
2 字节 MAC 控制操作代码
MAC 控制参数共 44 字节,不够时用 0 补起
帧校验序列

PAUSE 帧用来实现 PAUSE 功能,在以太网链路上实现流量控制。PAUSE 帧中的前导码、帧起始定界符以及 FCS 与普通的以太网帧相同。其不同在于:

①目的地址,它总是包含一个为 PAUSE 保留的唯一组播地址:01-80-C2-00-00-01。这样可以保证接收并解释这些帧的式那些真正懂得 PAUSE 协议的站;使发送者不必知道链路另一端的唯一地址。所有标准的网桥和交换机都回阻塞这组地址使得 PAUSE 帧只在与之相关的单双工链路上使用。②源地址,这个域包含了发送 PAUSE 帧的站单播地址,这样可于其它类型的以太网帧保持一致,正确监控设备上的管理计数器,便于纠正错误。③类型域,类型域包含了所有 MAC 控制帧的保留值:0x88008。④MAC 控制操作码和参数。

PAUSE 帧的控制操作码为 0x0001。PAUSE 帧只带一个称为暂停时间的参数,这是两个字节的无符号整型值,用于发送方请求接受方停止发送数据帧的时间长度。时间度量以 512 位时间为度量,也就是说,接收者应暂停的时间等于 pause_time 乘以用当前数据率传输 512 比特的时间。用这种方式设定 PAUSE 操作时,发送者暂停发送与速率无关的若干比特。例如,当交换机网络接口剩下一定比特量的缓冲时,它发送一个 PAUSE 帧,并以剩下的比特量作为 pause_time 参数,而不必考虑使用什么样的速率。

PAUSE 功能为:在缓冲区将要溢出时,站点发出信号对链路进行控制。因此 PAUSE 帧必须具有传送优先权。另一方面,在任意时刻,链路上只能有一个流量控制操作,所以 PAUSE 帧不用像普通的帧那样由传送队列。PAUSE 帧的内容是相对固定的,唯一随时间改变的参数是 pause_time,实现中可以在静态缓冲区保存构造好的 PAUSE 帧,在需要时进行传输。

传送 PAUSE 帧不能打断正在传输的帧,接口在收到 PAUSE 帧后,完成正在进行的帧传送,等待一个帧间隙以后,传送 PAUSE 帧。

4 结束语

帧是以太网的基本单元, 帧的结构标是由 IEEE802.3 定义。以太网中,节点之间采用 MAC 协议实现帧的传输。国内外提出多种 MAC 算法,目的就是提高帧传输的快速和可靠。实现可靠的、快速的帧传输是以太网的发展方向。

参考文献

1 Spurgeon,C.E.Practical Network with Ethernet,1997
2 Liam B.Quinn Richard g.Russell. Fast Ethnernet,1998
3 沈志伟. 基于以太网的工业网络系统研究,2002
4 Rich Seifert.Gigabit Ethernet:technology and applications for high-speed LANs,1998

[收稿日期:2002.4.10]