

基于 HDLC 和 FR 分析通信环境 对协议设计的影响

蒋绍林¹, 姚金魁¹, 施祖清¹, 王金双¹, 陆晓雯²

(1. 解放军理工大学 指挥自动化学院, 江苏 南京 210007;

2. 南京军区指挥自动化工作站, 江苏 南京 210016)

摘要:协议设计质量的好坏直接关系到所开发出来的协议功能、性能等是否满足用户需求,以及协议后期维护成本。通信环境是协议设计需要优先考虑的问题。只有充分了解和定义了协议运行的通信环境,才能准确地设计出协议的其它元素,保证协议在功能上和性能上满足用户的需求。基于此,重点讨论了高级数据链路控制协议(HDLC)和帧中继(FR)两种协议的运行环境和特点,通过与其他协议的对比,总结了通信环境对协议设计可能产生的影响。只有从通信环境中的用户需求、(n-1)层通道性质等各方面去把握协议将来的运行环境,才能设计出实际可行的协议。

关键词:协议工程;协议设计;通信环境;高级数据链路控制协议;帧中继

中图分类号:TP393.0

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)06-0022-04

Influence of Communication Conditions to Protocol Design Based on HDLC & FR

JIANG Shao-lin¹, YAO Jin-kui¹, SHI Zu-qing¹, WANG Jin-shuang¹, LU Xiao-wen²

(1. Institute of Command Automation, PLA University of Science and Technology, Nanjing 210007, China;

2. Workstation of Command Automation, PLA Nanjing Military Region, Nanjing 210016, China)

Abstract: The quality of protocol design will be able to influence the performance of protocol, the cost of protocol maintenance, and whether the protocol function meet the needs of user. At the same time, communication condition should be the first issue which to be considered in the process of protocol design. Other elements can be designed exactly unless comprehend and define the communication conditions of the protocol adequately, and then the protocol meets the requirements of the user on function and performance. First introduce something about the HDLC and FR, and then analyze the communication condition of these two protocols. At last, it summarizes the influence of communication condition to protocol design.

Key words: protocol engineering; protocol design; communication conditions; HDLC; FR

0 引言

随着计算机技术的飞速发展,计算机网络技术也不断飞升,作为信息快速流动的通道,网络已成为人们工作生活不可或缺的一部分。

计算机网络的主要功能就是进行信息交换,而要做到有条不紊的交换各种数据,就要求通信双方遵守一些事先约定好的规则,这些规则就是所谓的通信协议,它规定了交换数据的格式以及有关的同步问题^[1]。因此,协议设计的好坏直接影响到网络通信的正确性

和有效性。同时,由于计算机网络和分布式系统的分布性、并发性、实时性、异步性、不稳定性等,造成了协议的复杂性^[1-4]。这就要求在协议设计过程中采用一种一体化(Integrated)、形式化(Formal)的设计方法,即协议工程。所谓“一体化”就是指协议描述、验证、实现和测试等技术前后衔接,并在同一个开发系统中完成^[2];所谓“形式化”就是将形式化描述技术用于协议开发,并贯穿于整个设计过程,利用形式化的精确性消除自然语言的二意性,同时为协议的仿真验证提供可行性。

在协议工程中,网络协议的开发包括协议的设计、描述、验证、实现、性能分析和测试等几个阶段^[1]。在协议设计阶段,分析协议的通信环境是一项基本内容。由于不同的通信环境对协议所要提供的服务、所采取的差错控制机制、所要构造的通道性质会提出不同的

收稿日期:2011-10-16;修回日期:2012-01-20

基金项目:国家高技术研究发展计划“863”项目(2009AA01Z40)

作者简介:蒋绍林(1988-),男,硕士研究生,研究方向为嵌入式系统应用技术;王金双,博士,研究方向为网络信息安全和协议形式化验证。

要求,所以分析通信环境成为协议设计的重要环节。只有充分了解和定义了协议运行的通信环境,才能准确地设计出协议的其它元素,保证协议在功能上和性能上满足用户的需求。如果设计的通信协议与它的运行环境不符,那么只会降低协议的效率,甚至会影响它的正确性。

比如已广泛使用的 TCP/IP 协议是专为短时延、高可靠性的地面网络而设计的,所以当用于长时延、高误码率的卫星信道时,性能急剧下降;为此,如何根据卫星信道协议的通信环境对 TCP/IP 作改进并运用于卫星通信网络中已成为相关领域的研究热点。文献[5,6]就针对卫星信道通信环境的特点,对 TCP 用于卫星网络提出了改进方案。同样,由于电力系统的特殊性,当 HDLC 用于电力系统时也应针对不同的环境作相应的改进。文献[7]就分析了 HDLC 用于光纤差动、光纤命令、光纤高频等保护装置的信息传输时存在的问题,面对不同的通信环境,对 HDLC 的使用提出了几点建议。

鉴于通信环境对协议设计与运行的重要性,文章就基于现有的高级数据链路控制协议(HDLC)和帧中继(Frame Relay),从差错控制机制等各方面,分析了通信环境对协议设计的影响,从而为后续的协议设计过程提供一些参考。

1 HDLC & Frame Relay

1.1 HDLC

HDLC(High Level Data Link Control),高级数据链路控制,是面向比特的数据链路控制的典型代表,该协议不依赖于任何字符编码集,数据报文可透明传输。

HDLC 最初是由 IBM 的同步数据链路控制协议(SDLC,Synchronous Data Link Control Protocol)发展起来的,后来又被国际电信同盟(ITU,International Telecommunications Union)作为实验室标准,同时又被美国国家标准化组织(ANSI,American National Standard Institute)制定出一个统一的版本,高级数据通信控制规程(ADCCP,Advanced Data Communication Control Protocol)^[8]。

HDLC 已在多种协议栈中实现,在 X.25 协议栈中被称作平衡型链路接入规程(LAPB,Link Access Procedure Balanced for X.25),在 V.42 协议栈中被称作调制解调器链路存取协议(LAPM,Line Access Protocol for Modem),在帧中继协议栈中又被称作数据链路层帧方式接入协议(LAPF,Link Access Procedure to Frame Mode Bearer Services)^[8~10]。

HDLC 既可以在同步链路上传输,也可以在异步链路上传输,但是由于这些链路都没有提供一种标记

帧头和帧尾的机制或服务,所以 HDLC 必须自行完成帧头和帧尾的标记,这是通过一个标记字段完成的。

HDLC 帧结构如表 1 所示。分为标记字段、地址字段、控制字段、信息字段、帧校验字段。

表 1 HDLC 帧结构

Flag	Address	Control	Information	FCS	Flag
8 bits	8 or more bits	8 or 16 bits	Variable length, 0 or more bits	16 or 32 bits	8 bits

a) 标记字段:用于标记帧头和帧尾,通常取值“01111110”;同时,根据同步通信链路和异步通信链路的不同,在帧数据中分别采用位填充技术(Bit Stuffing)和字节填充技术(Byte Stuffing)来区分标记字段和帧数据;

b) 帧校验字段:采用 16 位(CRC-CCITT)或 32 位(CRC-32)的循环冗余校验法,对地址字段、控制字段和信息字段进行差错检测;

c) 控制字段:根据不同的取值,将帧分为信息帧(I-frames)、控制帧(C-frames)和无编号帧(U-frames)。

1.2 Frame Relay

帧中继(FR,Frame Relay)是一种面向分组帧长度可变的广域网连接标准^[11]。它发展于综合业务数字网(ISDN,Integrated Services Digital Network),并在 1984 年被推荐为国际电话与电报顾问委员会(CCITT,International Telephone and Telegraph Consultative Committee)的一项标准。帧中继可以提供跨局域网的广域网数据和语音传输服务。

FR 最初是基于 X.25 协议实现,并对 X.25 进行了改进,去掉了 X.25 协议的差错恢复和流量控制机制,增加了拥塞控制。设计者的主要目的是想利用现有资源尽可能地提高数据传输效率,用最小的成本达到最大的收益。

FR 的帧结构与 HDLC 类似,也分为标记字段、地址字段、控制字段、信息字段和帧校验字段。

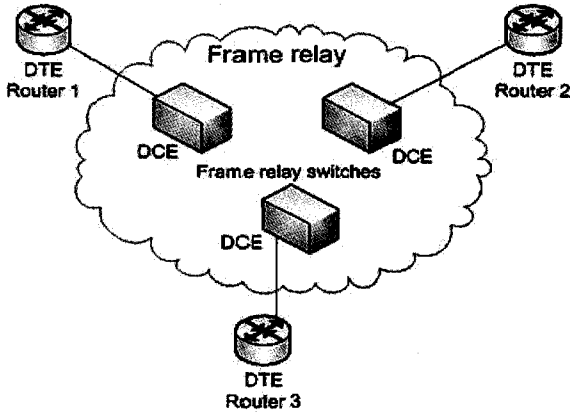


图 1 一个简单的 FR 网络

图 1 就是一个简单的帧中继网络结构图,其中包含了四个组成部分:

a) 数据终端设备 (DTE, Data Terminal Equipment): 用户端设备或 FR 逻辑端系统;

b) 数据通信设备 (DCE, Data Communication Equipment): 包括调制解调器和分组交换机;

c) 包交换 (PSE, Packet Switching Exchange): 分组交换机自身;

d) 未采用 FR 的服务提供商。

FR 为用户提供永久式虚电路服务 (PVC, Permanent Virtual Circuit), 这就意味着用户可以用更低的费用享用逻辑上独享的虚电路服务。

2 协议通信环境

在协议框架中, n 层中的任何两个协议实体通过 ($n-1$) 层的服务访问点 (SAP, Service Access Point) 所形成的数据逻辑通路称为 ($n-1$) 层通道^[1-3]。用户需求、($n-1$) 层通道的性质以及 n 层协议运行的操作系统和硬件环境构成了 n 层协议的通信环境。通信环境是协议设计需要考虑的首要问题, 只有对协议的通信环境有了充分的了解和定义才可能设计出满足用户功能和性能需求的协议。

根据通道容纳报文的数量, 可将通道分为: 空通道 (Empty Channels)、非缓冲通道 (Non-buffered Channels)、缓冲通道 (Buffered Channels)^[1]。空通道就是传输通道中任何时候都没有报文, 报文一旦从发送方进入通道就立刻传出通道, 是一种理想化的通道。空通道可大大降低协议状态数, 减少协议仿真耗费, 所以常常将协议通道看成空通道。

2.1 HDLC 通信环境

HDLC 属于数据链路层的传输控制协议, 其底层通道是物理层, 它所处的通信环境如下所述:

1) 用户要求: 对于 HDLC 来说, 它提供的服务是面向网络层的, 所以其用户就是网络层的各项协议, 它们通常要求数据链路层提供透明的数据传输, 并且可以提供适当的差错检测和控制功能;

2) ($n-1$) 层通道性质: HDLC 的底层通道是通过物理层来构建的, 该通道不提供数据帧的拆分机制, 同时提供的是不可靠的数据传输服务; 通常情况下, 该通道是同步数据链路; 此外, 该链路可能是单工、半双工、全双工中的任何一种;

3) 协议运行的操作系统: HDLC 没有指定特殊的操作系统, 可用于多种系统的协议栈中;

4) 硬件环境: 各种通信链路, 包括传统以太网链路和光纤。

2.2 FR 通信环境

FR 是在通信链路快速发展、光纤技术不断推进的情况下孕育而生的。为了提高数据传输效率, 帧中继

去掉了差错控制和流量控制机制, 同时加入了拥塞控制机制。其通信环境如下所述:

a) 用户要求: FR 所面对的用户与 HDLC 相同, 所以用户要求与 HDLC 相同;

b) ($n-1$) 通道的性质: FR 的底层链路是高可靠性的光纤链路;

c) 协议运行的操作系统: FR 没有指定特殊的操作系统, 可用于多种系统的协议栈中;

d) 硬件环境: 光纤链路、帧中继交换机、各种终端。

3 通信环境对协议设计的影响

通信环境作为协议运行和工作的前提条件, 对协议提供的服务、性能、可靠性都具有深远的影响。协议设计针对不同的通信环境需要对所提供的服务、采用的差错控制机制进行相应的调整, 以获得较高的数据传输率。

3.1 对协议数据单元格式的影响

协议数据单元 (PDU, Protocol Data Unit): (n) 层对等实体之间, 为实现该层协议所交换的信息单元^[1]。对于数据链路层的协议来说 PDU 就是帧。

根据用户要求, 数据链路层的协议将涉及 3 个基本问题: 封装成帧、透明传输和差错检测^[12]。

封装成帧就是在一段数据链路的前后分别添加首部和尾部, 这样就构成一个帧。在 HDLC 和 FR 中, 这个首部和尾部就是帧标记字段 (Flag), 这个值通常为 "01111110"。协议通过 Flag 来标记帧头和帧尾, 实现帧同步。

这样一来, 又要求该标记字段具有唯一性, 使得在协议设计时不得不加入一些额外的机制来实现透明传输。HDLC 和 FR 就采用了比特填充技术和字节填充技术两种技术分别用于同步通信和异步串行通信。

此外, 为了提供差错检测功能, HDLC 和 FR 在帧中都设计了帧校验字段 (FCS), 以此来检测数据传输过程中可能发生的传输错误。虽然差错检测不可能发现所有的传输错误, 但这极大地提高了数据传输的可靠性。

3.2 对差错控制机制的影响

任何实用的通信系统都必须具备检测和纠正差错的能力, 尤其是数据通信系统, 要求最终的数据差错率达到极低的程度。因此差错控制成为数据链路层协议需完成的重要功能之一。链路层协议根据底层物理链路的可靠性的不同, 应该采取不同的差错控制机制, 这一点在 FR 上体现得尤为明显。

首先, 在 HDLC 和 FR 中均采用了 FCS 帧校验字段, FCS 是通过 CRC 计算得到。由于随着 CRC 序列长

度的增长,漏检率将会上升;同时,序列长度的增加会降低 CRC 校验带来的开销,从而提高协议性能。对于传统通信链路,可靠性低,容易出现传输错误,HDLC 采用 16 位的 CRC-CCITT;而对于可靠性较高的光纤链路,FR 则选择了 32 位的 CRC-32。

其次,从 FR 和 X.25 的区别同样可以看出通信链路性质对协议设计的影响。X.25 是为不稳定连接的运行而开发的,强调数据传输的高可靠性;而 FR 是因光纤技术的发展而发展起来的,在高可靠性的光纤链路中,差错控制显得不太重要,所以 FR 强调数据的快速传输以最大程度地提高网络吞吐量。同时,在早期的通信链路中,由于可靠性差,如果采用检错重传机制,那么重传的帧也很可能发生错误,所以 X.25 更倾向于采用前向纠错的方法。

此外,为了避免 CRC 数据序列过长导致漏检率增高,通常情况下,数据链路层协议都规定了上层协议交互的数据最大长度,即最大传输单元(MTU, Maximum Transmission Unit)。

3.3 对协议通信模式的影响

针对不同的通信链路,HDLC 和 FR 采用不同的通信模式,最基本的有请求响应模式和同步响应模式,前者用于单工或半双工链路,后者用于全双工链路。在请求响应模式下,从站只有收到主站的请求命令才可以传输数据;在同步响应模式下,一个终端同时既可以是主站又可以是从站,请求命令和传输数据可同时进行。

4 结束语

为了设计出稳定性、可靠性和正确性都有所保证的协议,通常需要采用系统化、形式化的协议工程方法

论。在协议设计过程中,必须对协议运行的前提、通信环境,做准确明了的分析,这是协议设计需要考虑的首要问题。只有从通信环境中的用户需求、 $(n-1)$ 层通道性质等各方面去把握协议将来的运行环境,才能设计出实际可行的协议。同一协议在不同的通信环境下应有不同的实现。

参考文献:

- [1] 吴礼发. 网络协议工程[M]. 北京:电子工业出版社,2011.
 - [2] 龚正虎. 计算机网络协议工程[M]. 长沙:国防科技大学出版社,1993.
 - [3] 古天龙,蔡国勇. 网络协议的形式化分析与设计[M]. 北京:电子工业出版社,2003.
 - [4] Holzman G J. Design and Validation of Computer Protocol [M]. New Jersey:Prentice Hall,1991.
 - [5] 刘炯,曹志刚. 卫星网络中的 TCP[J]. 数字通信世界,2006(12):77-81.
 - [6] 陆建文,周波,李志强. 基于跨层设计的高速卫星信道 TCP/IP 协议改进[J]. 数字通信世界,2008(10):71-74.
 - [7] 王苹,刘革明,吴通华. HDLC 应用中的几点建议[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(18):196-198.
 - [8] Andrew S T. Computer Networks[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
 - [9] Reed K D. Wide area networks[M]. Beijing:Publishing House of Electronics Industry,2003.
 - [10] 谢希仁. 计算机网络[M]. 第5版. 北京:电子工业出版社,2007.
 - [11] Fike J L, Baker H C, Bellamy J C. Understanding Data Communications[M]. 2nd ed. Indianapolis:Howard W. Sams & Company,1988.
 - [12] William S. Data and Computer Communications[M]. 7th ed. Upper Saddle River:Pearson/Prentice Hall,2004.
-
- (上接第21页)
- (3):1-5.
 - [3] Sainter P, Oldham K, Kneebone S. The need for product knowledge reuse and sharing with knowledge-based engineering systems[R]. Coventry:Coventry University,1998.
 - [4] 宋满仓,周茂军. 塑料模具设计[M]. 北京:电子工业出版社,2010:2-5.
 - [5] 吕林. 模具制造技术[M]. 北京:化学工业出版社,2009:89-91.
 - [6] 张为民,李爱平. 模具设计案例知识库管理系统的研究与开发[J]. 计算机工程,2005,31(6):197-199.
 - [7] 年志刚,梁式,麻芳兰,等. 知识表示方法研究与应用[J]. 计算机应用研究,2007,24(5):234-236.
 - [8] Walczak S. Knowledge acquisition and knowledge representation with class;the object-oriented paradigm[J]. Expert System with Applications,1998,15(3):235-244.
 - [9] 姜开宇,孙传亭,于同敏. 注塑模具设计知识的表达与获取[J]. 大连轻工业学院学报,2003,22(4):281-283.
 - [10] 张科杰,袁国华,彭颖红. 知识表示及其在机械工程设计中的应用探讨[J]. 机械设计,2004,21(6):4-6.
 - [11] 邓志鸿,唐世渭,张铭,等. Ontology 研究综述[J]. 北京大学学报(自然科学版),2002,38(5):730-738.
 - [12] Studer R, Benjamins V R, Fensel D. Knowledge Engineering: Principles and Methods[J]. Data and Knowledge Engineering, 1998,25(1-2):161-197.
 - [13] 单东林,张晓菲,巍然. 锋利的 JQuery[M]. 北京:人民邮电出版社,2009:179-191.