

第三章 数据链路层

一、解决的主要问题

本章主要解决相邻两站点间可靠数据通信问题。包括：

- 1、成帧
- 2、差错控制
- 3、流量控制

二、本章知识点

1、概念

(1) 帧 frame：是数据链路层传输数据的单位，分为数据帧和控制帧。

(2) 汉明距离：码表中两个编码不同比特的数量称为这两个编码的距离，码表中最小的距离值为该码表的汉明距离。

(3) 捎带确认：适用于双工通信，接收端收到数据帧时，不立即发送单独的 ACK 帧进行确认，而是通过后续的数据帧将应答信息回送给另一端。

(4) 累积确认

(4) 发送窗口：滑动窗口协议中发送方保持的一组序号，对应可发送的数据帧。

(5) 接收窗口：滑动窗口协议中接收方保持的一组序号，对应可接收的数据帧。

2、提供的服务类型

数据链路层提供的服务有三种：无连接且无确认的服务、无连接有无确认的服务、面向连接的可靠的服务。

3、成帧的方法

数据链路层的成帧方法有 4 种：字符计数法、字符填充法、比特填充法和物理层编码违例法。

4、差错控制技术

差错控制技术用于检测物理层的传输误码并进行纠正，包括两种：纠错码和检错码。

纠错码是指在发送端在发送的信息中采用相关算法加上足够多的冗余信息，使接收端不仅可以判断接收的信息有误码，还可纠正出现的错误。纠错码的实例：纠正单比特差错的汉明码。

检错码是指在发送端在发送的信息中采用相关算法加上有限的冗余信息，使接收端仅可判断接收的信息有误码。检错码的实例包括：奇偶校验、校验和、循环冗余校验码（CRC）等。

纠错和检错能力与汉明距离有关。若码表的汉明距离为 $d+1$ ，则可检查出 d 比特的错误，汉明距离为 $2d+1$ ，则可纠正 d 比特的错误。

5、ARQ 技术

ARQ (Automatic Repeat reQuest)即自动重传请求。若数据链路层向网络层提供可靠的数据传输服务，当物理链路有传输误码时，出现的传输错误需数据链路层进行恢复。目前大部分数据链路层协议采用的差错控制技术为检错码，对于差错的恢复必须由发送端对出错的数

据帧进行重传，且重传是由发送端自主完成的，因而这种技术称作 ARQ。

6、滑动窗口协议

流量控制问题是数据链路层需处理的另一重要问题，解决的是接收端处理能力不能及时处理到达的帧而导致帧丢失的问题。简单的方法是采用停等的方式，发送端每次只发送一个数据帧，收到确认后再发送下一个数据帧。这种方法的缺点是，当收发两端距离较远（传播时间较大）时，系统的性能较差。

为改善停等协议的性能问题，可采用的策略是每次发送的帧数不是一个而是若干个，这种方案即为滑动窗口协议。滑动窗口协议又分为两种：接收窗口为 1 时，为 Go Back N 协议，接收窗口大于 1 时为选择重传协议（Selective Repeat）。

发送窗口和接收窗口的大小与帧序号的比特数有关，通常情况下，Go Back N 协议的发送窗口最大值为 2^n-1 ，SR 协议的发送窗口最大值为 2^{n-1} ，

7、协议性能（效率计算）

滑动窗口协议的效率与发送窗口的大小有关，若帧发送时间为 T_f ，两站间的传播时间为 T_p ，设发送窗口的大小为 W ， $a=T_p/T_f$ ，则信道利用率为：

$U=100\%$ ， $W \geq 1+2a$ （如果计算出来不是整数，为了达到效率 100%，需要向上取整）

$U=W/(1+2a)$ ， $W < 1+2a$

采用捎带确认时，信道利用率为：

$U=100\%$ ， $W \geq 2+2a$

$U=W/(2+2a)$ ， $W < 2+2a$

三、相关协议和设备

1、协议（功能、特点、应用）

(1) PPP

(2) HDLC

四、实验内容

在数据链路层的实验中，设计并实现了涵盖物理层和数据链路层功能，并存在信道错误和延时的仿真平台环境，通过安排数据链路层的协议设计实验，让学生使用仿真通信平台，实现一个数据链路层的滑动窗口协议，通过该实验学生可掌握计算机网络协议的一般实现和调试方法并对网络中讲授的流量控制算法进行验证。该仿真平台提供基本的网络层和物理层功能，并可对通信环境进行仿真，包括数据流模型、传输延迟和误码率等。

缩写	英文全称	中文
ACK	Acknowledgement	确认(帧)
ARQ	Automatic Repeat reQuest	自动请求重发

BER	Bit Error Rate	误码率
-----	----------------	-----