

一个应用于短波通信的差错控制协议——动态滑动窗口协议

金 燕 文 立

(中国科学院软件研究所 北京100080)

Dynamic Sliding Window Protocol for Short-Wave Communication

JIN Yan WEN Li

(Institute of Software, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

jin-yan-77@yahoo.com.cn

Abstract Dynamic sliding window is a novel ARQ protocol for half-duplex short-wave channel. This algorithm extracts the virtue of Stop-and-Wait and Sliding Window protocols, uses acknowledgements and timeouts to implement reliability, and changes sliding window size according to channel quality. The paper puts forward the idea and the model of this protocol. The paper also analyzes the performance of this protocol, compared to the case using Wait-and-Stop protocol.

Keywords Half-duplex, Full-duplex, Stop-and-wait, Sliding window, Dynamic sliding window protocol, Automatic repeat reQuest

1. 引言

在短波信道上通信,人们普遍采用的差错控制协议为自动回询纠错(Automatic Repeat reQuest)协议,简称 ARQ 协议。ARQ 是通过应答和超时实现的一类协议。传统的 ARQ 分为停等协议和滑动窗口协议两种。在具体应用时,人们通常根据两种协议的链路利用率、所需的缓冲区资源和通信方式(半双工还是双工)来决定选择何种协议。

停等协议中发送方发送一个数据帧以后停下来,等应答帧到来后,发下一数据帧,否则重发该数据帧。滑动窗口协议允许发送方发送多个数据帧,而并不是停下来等待应答帧的到来;当发送方在发送数据帧时,接收方可以向发送方发送应答帧;所以滑动窗口协议一般适用于双工信道。对于半双工的信道,一般采用停等协议,但是由于短波设备延迟长,从发送状态转入接收状态和从接收状态转入发送状态所需的时间比较长,为了提高链路的效率,只能一次传送尽可能多的数据,即数据帧尽可能大,然后再转入接收状态,等待应答帧的到来。而在信道可靠性较差的情形下,一次传送尽可能多数据,将导致大量数据的重传,反而降低信道利用率。由于上面的这些原因,现有的差错控制协议在短波半双工通信中不能很好地发挥功能。本文综合了停等协议和选择性重发的滑动窗口协议的特点,并在其基础上做了一些修改,开发出了动态滑动窗口协议,用 VC 加以实现,应用于实际项目中,取得了较好的效果。

2. 功能概述

本文所描述的动态滑动窗口协议将滑动窗口协议的优点利用于半双工通信,在通信出错时采用了更加灵活有效的处理方式。动态滑动窗口协议每次发送的数据由重发的数据和窗口大小的新数据帧组成,它的窗口的定义同传统的滑动窗口的定义不同。其发送方和接收方的工作模式如下。

发送方主动发送握手信号,请求建立通道,等待接收方的应答。发送方收到握手应答以后,开始以初始窗口的大小发送

数据帧,等待接收方的应答:

1. 如果收到应答帧,并且全部应答了发送的数据帧,则窗口变大;

2. 如果收到应答帧,但只是部分应答发送的数据帧,则再次发送未被应答的数据帧,并将窗口缩小,再附加发送窗口大小的新数据帧;

3. 如果没有收到应答帧,则再次发送未被应答的数据帧,窗口大小变为0,并且不再附加发送任何新的数据帧。

接收方收到建立通道请求,发送应答,准备接收。收到数据以后启动计时器,以后每收到一个数据帧就将计时器复位。如果收到的数据帧通过校验,进行如下处理:

1. 存入缓冲区;

2. 根据数据帧号将应答帧的相应的应答位置为 TRUE;

3. 判断该数据帧是否是最后一个数据帧,如果是,则发送应答帧,撤销计时器;

4. 判断该数据帧是否是缓冲区里最靠前的数据帧,如果是,则将该数据帧以及紧随其后的缓冲区里相邻的数据帧提交到上层,并将之从缓冲区删除。

如果接收方收到数据帧通不过校验,那么将之丢弃,等待下一个数据帧。如果最后一个数据帧通不过校验,则在计时器超时以后,发送应答帧。等待的这段时间主要用于确认发送方不再发送数据,已处于接收应答状态。

发送方的发送窗口尺寸根据信道质量而变,而接收方的接收窗口的最大长度是缓冲区的长度。设接收方的缓冲区大小为 2^n ,那么发送方的发送窗口尺寸应该在 $0-2^{n-1}$ 之间,如果上一次为 2^m ,其中 $1 \leq m < n-1$,窗口大小只能增大为 2^{m+1} ,或缩小为 2^{m-1} ,才能保证接收方缓冲区不重叠、不溢出的情况下,以最大效率传输。显然,如果接收方不能正确接收到最期待的数据帧(即最靠前的数据帧),那么缓冲区就不能向上层提交,也就不能删除任何一个已经正确接收的缓冲区内的包。极端的情况是初始窗口为 2^{n-1} ,每一次发送方发送的数据帧均不被应答,那么窗口不停缩小,发送方重发的数据帧不停增加,直到窗口长度为1时,发送方总共要发送 2^{n-1} 个数据帧,仍

然在接收方的接收缓冲区以内。

3. 动态滑动窗口的具体实现

3.1 动态滑动窗口协议中的帧格式

具体实现时,我们采用 CRC 编码作为差错检测技术来及时地检测出错误所在,并采用一定的算法进行链路加密以保证安全性。下面是帧格式的说明:

表1 数据帧格式定义

内容	长度(byte)
同步信息	1
帧长度	2
帧类型	1
帧号	1
帧状态	1
源地址	2
目的地址	2
备用字段	4
数据段	256
CRC 校验和	4

表2 应答帧格式定义

内容	长度(byte)
同步信息	1
帧长度	2
帧类型	1
应答字段	2
备用字段	4
CRC 校验和	4

帧长度:标示整个帧的长度;虽然应答帧的长度远远小于数据帧,但是为了互相兼容,帧结构里的帧长度字段仍然占2字节。

帧类型:标示是何种帧格式(1-数据帧,2-应答帧)。

帧状态:标示该帧是否是本次传输的最后一个数据帧(1-是,0-否)。

其中计算 CRC 校验和的多项式是32阶的,以保证高度准确性。

应答字段占2个字节,共16个位串,每一位应答一个数据帧(1表示 ACK,0表示 NAK),根据数据帧号模16的结果对应相应的一位。

3.2 动态滑动窗口协议的流程图

程序的输入参数有:接收方与发送方超时的时间长度、传输速率、初始窗口尺寸和最大窗口尺寸(一般我们将其设置成8)等等。发送方和接收方控制流程如图1、图2所示。

说明:在发送方传输发送队列里的数据帧时,需要在每个数据帧前加入同步信息,作为一帧的开始。接收方根据同步信息来确认数据帧的到达,并根据帧长度字段来确定本帧的范围。接收方一旦收到数据便启动计时器,以后每收到一个数据帧,计时器复位。接收方发送应答帧后,将撤销计时器。发送方一旦发送完发送队列里的数据后启动计时器,收到应答帧以后撤销计时器。由于上面的流程只是用来解释整个协议的大概思路,在实际应用中还应该考虑数据帧重发次数的限制,当重发次数超过一定的数量时,需要自行降低传输速率,或向主控程序报告,由主控程序重建链路。此外,如果文件传输过程中出现链路出错,还需要考虑文件的断点续传。

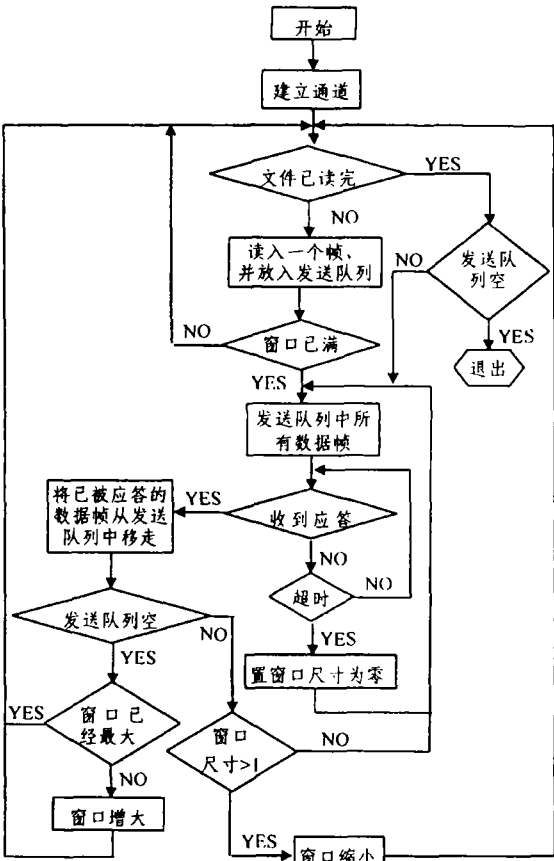


图1 发送方控制流程

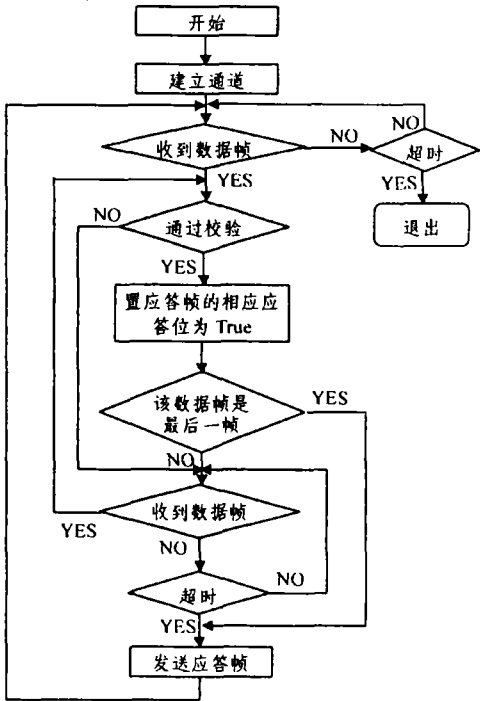


图2 接收方控制流程

4. 效率分析

在实例测试中,为了比较两种协议控制下的效果,必须创造相同的通信环境。由于短波信道的干扰是突发性的,很难找(下转封四)

(上接第 112 页)

到两个干扰效果完全相同的干扰时段。所以我们使用计算机模拟干扰环境,修改经过 CRC 校验以后的待发送数据帧,人为地创造数据错误。

如果将发送方的最大窗口尺寸设置成 1,那么动态滑动窗口协议将变成停等协议。在信道质量非常可靠的情况下,即不发生任何包损坏,包丢失的事件,并且信道传输速率相同,我们来比较一下停等协议与动态滑动窗口的效率。因为信道质量可靠性强,所以,动态滑动窗口将以最大窗口 8 进行通信,每一次传送的有效字节为 $8 \times 256 = 2048$ 个。为了使在两种协议系统下一次传输的有效数据相同,停等协议系统下数据帧格式中数据字段的长度改成 2048 字节。这里动态滑动窗口和停等协议的数据帧中有效数据占的比例分别是 93.4% 和 99.2%,而对于短波设备不能避免的冗长的延迟时间来说,在动态滑动窗口中开销字节所浪费的带宽完全可以忽略。综上所述,在理想信道情况下,本协议的效率基本上等同于停等协议。

但是不发生任何包损坏,包丢失的事件,这在实际的短波数据通讯中只是一个“乌托邦”。当信道有干扰或噪声时,使用动态滑动窗口协议所获得的效率明显超过了停等协议。

如果以 10% 的概率对动态滑动窗口控制下的数据帧进行修改,那么在停等协议控制下的系统,该以多少的概率对发送的数据帧进行修改呢? 停等协议下一个数据帧相当于动态滑动窗口下 8 个数据帧。动态滑动窗口下,8 个数据帧都传输正确的概率 $P = (1 - 10\%)^8 = 43\%$ 。在停等协议下如果要达到相同的干扰效果,必须对每个数据帧以 57% 的概率进行模拟干扰。

在等等的干扰环境及传输速率下,经过多次实验,比较两协议传输时间增加的比例可知,当链路可靠性变差时,停等协议需要增加的通信时间明显要比动态滑动窗口协议多,见图 3。根据图例我们可以发现,出错概率越大,采用动态滑动窗口协议,其结果越显著。这是因为在动态滑动窗口协议下,数据帧比较小,出错时重发数据帧,就减少了重发的数据量,也就减少了再次出错的可能,提高了效率。

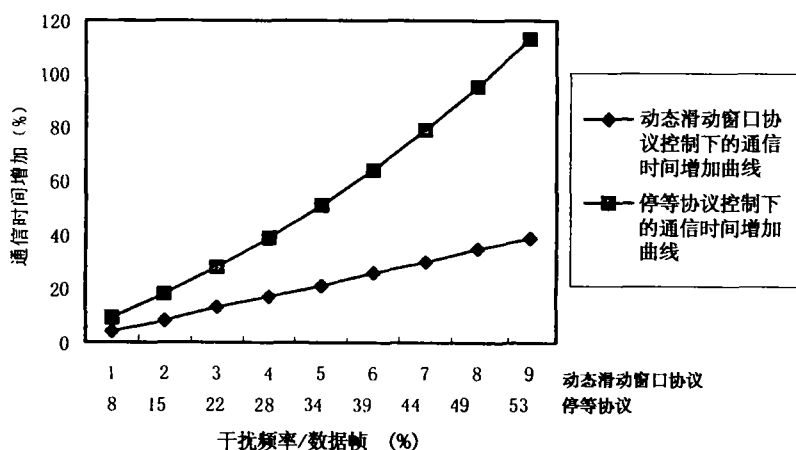


图 3 停等协议和动态滑动窗口协议效率对比

结论 动态滑动窗口协议能根据信道质量自适应地调整窗口尺寸,从而提高传输效率。本协议满足了短波半双工信道高效准确的数据传输的要求;此外还可以用于测试信道的好坏,获得经验数据,用以设置初始窗口和最大窗口的尺寸,使得摸索最佳窗口长度的时间减少,数据传输得更顺利、更有效率。

参考文献

1 Tanenbaum A S. 计算机网络. 北京:清华大学出版社, 1998

2 Comer D E. Internetworking with TCP/IP. 北京:清华大学出版社, 1999
3 Miller M A. Data and Network Communications. New York: Delmar Publisher, 2000
4 陈川,林亚平. 滑动窗口协议分析及其在微机上的模拟实现. 计算机应用, 2000, 20(2)
5 欧阳石林. 电报自动回询纠错设备. 北京:人民邮电出版社, 1980

计算机科学

(1974 年 1 月创刊)

第 30 卷第 1 期 (月刊)

2003 年 1 月 25 日出版

ISSN 1002-137X
CN50—1075/TP

定价: 20.00 元 国外定价: 5 美元

邮发代号: 78—68

发行范围: 国内外公开

主管单位: 国家科学技术部

主办单位: 国家科技部西南信息中心

编辑出版:《计算机科学》杂志社

重庆市渝中区胜利路 132 号 邮政编码: 400013

电话: (023) 63500828 E-mail: jsjxx@swic.ac.cn

社长: 牟炳林

主编: 朱宗元

印刷者: 重庆科情印务有限公司

总发行处: 重庆市邮政局

订购处: 全国各地邮政局

国外总发行: 中国国际图书贸易总公司 (北京 399 信箱)

国外代号: 6210—MO