

# 一种基于 Internet 的短波接入数据链路传输协议的改进方法

马 伟

(江苏信息学院 科技处, 江苏 无锡 214153)

**摘 要:** 讨论了数据链路数据包长度与传输出错率的关系以及数据包合理长度的范围, 进而对无帧序号自适应选择式 ARQ 传输方式的改善进行了分析, 提出采用无帧序号自适应选择式 ARQ 传输方式节省时间的定量分析方法, 得出了节省时间的仿真测试结果。采用改进的数据传送方式可以有效减少链路上的传送和应答开销, 提高了短波系统的传输效率。

**关键词:** 数据包长度; 误码率; 链路层协议; 传送方式

中图分类号: TP393

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2012)11-0059-03

## An improvement method of short wave access data link protocol based on Internet

Ma Wei

(Science and Technology Department, Jiangsu Institute of Information Technology, Wuxi 214153, China)

**Abstract:** This paper discusses the relationship of data packet length and transmission error rate of data link, as well as packets of reasonable length range. Then the improved frame number adaptive selection of type ARQ transmission mode is analysed. It puts forward the quantitative analysis method of time saving by adopting adaptive selection of type ARQ frame number transmission, and gets the time saving simulation test results. By using the improved data transfer mode, it can effectively reduce the transmission link, response cost, and improve the short wave transmission efficiency.

**Key words:** packet length; bit error rate; link layer protocol; transmission mode

短波通信系统亦称为高频(HF)通信系统, 它能实现远距离、低成本的通信, 在边远地区野外作业、抢险救灾等领域有着广泛的应用。将短波通信系统接入 Internet, 除需优化短波信道传输的无线接入协议, 也需要在数据链路层加以研究和优化, 网络技术的发展将更多形式的信息融入网络, 更大程度上丰富人们的日常生活。

### 1 短波接入系统

短波接入系统作为一个独立的子系统, 与其他接入系统通过网关相连接, 可以成为整个互联网系统的一部分。

#### 1.1 短波接入系统构成

一个典型的短波接入系统主要包括无线终端、无线接入点、网络控制器以及与无线接入系统连接的外部网络 4 个部分, 如图 1 所示。HF 网关处有 HF 节点控制器 HFNC (High Frequency Node Controller), 它在与之相连

的以太网终端和本地 HF 电台节点之间充当网关。HFNC 主要完成 HF 自适应通信系统的链路层和网络层功能, 具有根据寻径表完成子网内寻径、存储转发报文以及 HF 子网内自动信息交换功能。网关与移动电台之间可以直接通信, 也可以利用中继站作为中间节点进行通信。

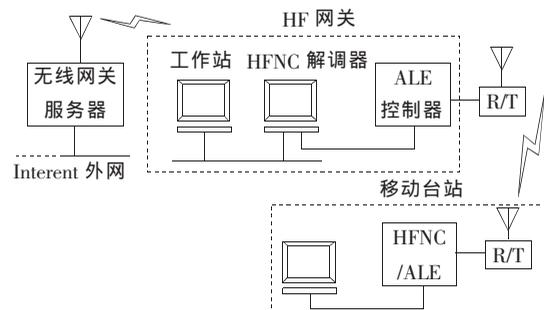


图 1 短波接入系统构成

# 网络与通信

Network and Communication

## 1.2 短波接入系统协议结构

短波接入 Internet 协议结构如图 2 所示。其应用层与 TCP/IP 终端保持一致。当在短波子网内部进行数据传输时,可以直接采用短波子网的网络层协议 AME (Automatic Message Exchange),而无须经过 TCP 和 IP,以减小其报头开销。此外,由于短波子网需通过以太网接入 Internet,因此,该协议包含了 IEEE 802 协议与子网的互连。其中,HFDLP(Data Link Protocol)的主要任务是保证数据传输的可靠性,ALE 以及 ALE MODEM 则保障无线链路的建立。

	应用层		
传输层	TCP		
网络层	IP		
	AME		
数据链路层	HFDLP	ALE	IEEE 802.2
物理层	数据 MODEM	ALE MODEM	IEEE 802.3 (CSMA/CD)

图 2 短波接入 Internet 协议结构

## 2 数据链路层协议改进的意义

逻辑链路控制层(LLC 层)的任务是完成两通信实体间点到点的数据帧传输与控制。由于短波信道利用电离层传输的不稳定性,在 IEEE 802.2 标准的基础上设计短波逻辑链路控制协议。在这种 LLC 协议中规定收发双方在交换任何带有信息的协议数据单元(PDU)之前,必须先建立链路,收方接收到信息后必须以确认帧应答<sup>[1]</sup>。

### 2.1 数据包长度对出错概率的影响

由于短波通信系统大多是半双工工作方式,因此,在这里采用译码后的 LLC 数据包中的 CRC 校验来判断接收是否正确。若接收错误,则发送否定应答 NAK (Negative Acknowledge) 给发送端,要求重传;否则,发 ACK (Acknowledge) 给发送端,停止本次传送。

令  $p$  为误码率,且每个数据包的长度为  $B$  bit,可以用下式来估算数据包出错的概率  $p_B$ <sup>[2]</sup>:

$$p_B = 1 - (1-p)^B \quad (1)$$

对于给定的误码率,数据包出错的概率  $p_B$  随其长度  $B$  的增加而增大。假设各二进制位出错概率相同且彼此独立,这样可以估算出,如果  $B=8\ 000$  (即 1 000 B 时),当误码率  $p=10^{-5}$ ,则  $p_B \approx 0.077$ ,当误码率  $p=3 \times 10^{-5}$ ,则  $p_B \approx 0.213$ 。

由此看以得出,误码率和数据包长度的增加会大大增加数据包出错的概率。

### 2.2 合理的数据包长度

令  $\beta$  为信道上的数据速率, $T_w$  为包括双向传播时延以及接收端处理时间在内的空闲时间。这样可以得到发送一个数据包的平均等待时间加上发送时间为  $T_w + B/\beta$ ,而节点每秒最大传输无差错数据包数为<sup>[3]</sup>:

$$S_p = \frac{(1-p)^B}{T_w + \frac{B}{\beta}} \quad (2)$$

经推导可以得到误码率  $p$  与最大数据传输速率时数据包长度  $B$  的关系为:

$$p = \frac{\beta T_w + h}{(B-h)(\beta T_w + B)} \quad (3)$$

其中, $B$  为数据包长度, $h$  为数据包报头及报尾长度, $p$  为误码率, $\beta$  为信道上的数据速率, $T_w$  为发送端等待应答的空闲时间。

在短波系统设计时, $T_w$  可以根据上传流量及等待时间进行估算,而信道上的数据速率  $\beta$  值可以事先得到,误码率  $p$  可以由 ALE 给出,这样系统可以根据  $T_w$  对其数据包大小进行调整,以获得最大数据传输速率。

图 3 给出了最大数据传输速率的数据包长度与系统误码率的关系。这里取  $\beta=1\ 200$ , $h=64$ 。从图 3 可以看出,随着系统误码率的增大,数据包长度迅速减小,这是因为高误码率意味着同样数据包长度内出错概率的增大。

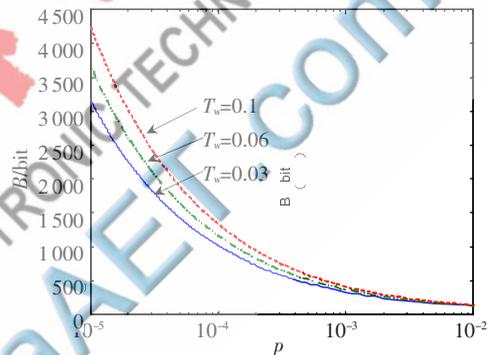


图 3 最大数据传输速率的数据包长度

当  $p=10^{-3}$  时,LLC 帧长为 328 bit,每帧有效数据为 264 bit;当  $p=10^{-4}$  时,LLC 帧长为 1 008 bit,每帧有效数据为 944 bit。

同时,在系统误码率的相同条件下, $T_w$  增大意味着可达到最大数据传输速率的数据包长度的增大。

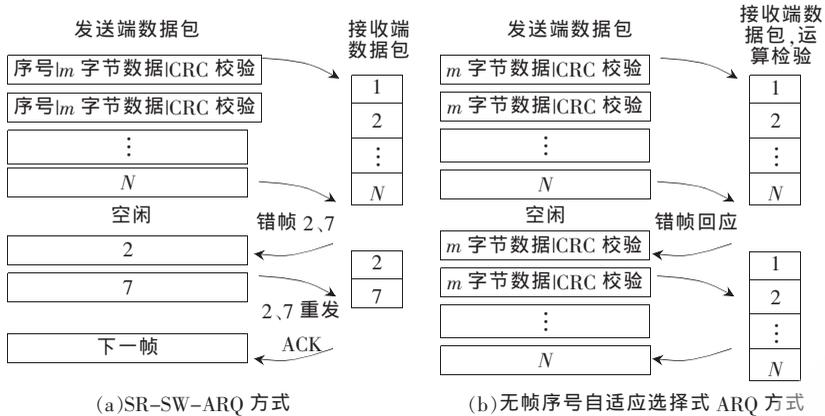
## 3 提高链路传输效率的方法

短波通信系统大多采用半双工工作方式,为了提高系统的有效数据输出,在 SR-SW-ARQ (Selective Repeat SW-ARQ Protocol) 方式基础上,采用一种无帧序号自适应选择式 ARQ 链路层算法,以减小上层报文传输时延,提高系统有效数据吞吐率。

### 3.1 无帧序号自适应选择式 ARQ 的工作方式

SR-SW-ARQ 方式工作流程如图 4 所示。发送报文的过程为:先按 LLC 报文格式将 1 帧上层数据包封装成多个 LLC 数据包,在发送时采用多个 LLC 数据包一起发送,而接收端在接收完全部报文以后,若接收报文中包含出错,则以 NAK 形式将出错 LLC 报文的序号返回发送端,发送端重发出错 LLC 报文,发送端重新发送出错数据包直至所有数据包都正确接收为止。

而无帧序号自适应选择式 ARQ 方式去掉了每个帧



(a)SR-SW-ARQ 方式 (b)无帧序号自适应选择式 ARQ 方式  
图 4 SR-SW-ARQ 方式和无帧序号自适应选择式 ARQ 方式流程图

头部的序号,发送方将没有帧序号的数据帧发送过去,接收方根据收到的数据进行运算和判断。当 1 帧数据到达时,将上 1 帧出错的数据和新数据取出,重新计算后进行排序,发送方在发送下一个数据帧时,优先填入上一次出错的子帧<sup>[4]</sup>,付出的运算开销由接收端的运算能力承担。在信道质量较好的情况下,可以用一个比特表示若干个连续子数据帧的对错,这样可以大大减少 ACK 的发送时间。

### 3.2 SR-SW-ARQ 方式性能分析

若上层数据包分成  $N$  个 LLC 帧,则采用标准 SW-ARQ 传送该  $N$  帧数据包传播时延为  $T_1(N)$ ,采用 SR-SW-ARQ 方式传送  $N$  帧数据包的数据包传播时延为  $T_2(N)$ <sup>[5]</sup>。 $\Delta T(N)=T_1(N)-T_2(N)$ ,显然,当  $N=1$  时,这两种方式是一样的。

短波信道误码率为  $p$ ,误帧率  $p_B=1-(1-p)^B$ 。

$$T_1(N)=\frac{N}{1-p_B}\left(T_w+\frac{B}{\beta}\right) \quad (4)$$

采用无帧序号自适应选择式 ARQ 方式传送  $N$  帧数据包的数据包传播时延为  $T_2(N)$ ,则后者节省的时间为:  
 $\Delta T(N)=T_1(N)-T_2(N)$ 。

经过推导(略),可得到计算公式:

$$\Delta T(N)=\frac{Nh}{2(1-p_B)} \quad (5)$$

其中, $N$  为数据包个数, $h$  为数据包报头及报尾长度, $p_B$  为数据包出错的概率。

由式(5)可以看出,在  $N$  和  $p_B$  不变的情况下,数据包报头及报尾长度减少,将直接节省数据传输时间。同时,ACK 次数的减少,也在一定程度上提高了传输效率。

### 3.3 无帧序号自适应选择式 ARQ 方式的传输的仿真测试

图 5 给出了无帧序号自适应选择式 ARQ 方式比选择重发 SW-ARQ 方式传输一份数据包所节省的时间(时间以  $T_w$  为单位,LLC 帧长度采用上一节的最佳输出

数据包长度方法进行设计)。

选择上层数据包长度分别为  $L=12\ 000$ 、 $6\ 400$  和  $1\ 600$  bit(即  $1\ 500$ 、 $800$ 、 $200$  B)时,从图 5 可以看出,节省时间随着  $L$  的增大而增大,即  $N \uparrow \Rightarrow \Delta T(N) \uparrow$ 。

要提高短波的传输效率,对于给定的误码率而言,数据包出错的概率随其长度的增加而增大,但数据包的长度过小,则意味着增加报头和确认信号的开销相对较大,将影响每次传输数据量。本方案可以根据误码率的情况对其数据包大小进行调整,以获得最大数据传输速率。无帧序号自适应选择式 ARQ 方式比选择重发 SW-ARQ 方式具有更高的传输效率,使短波接入系统的传输性能得以改进,具有较好的现实意义。

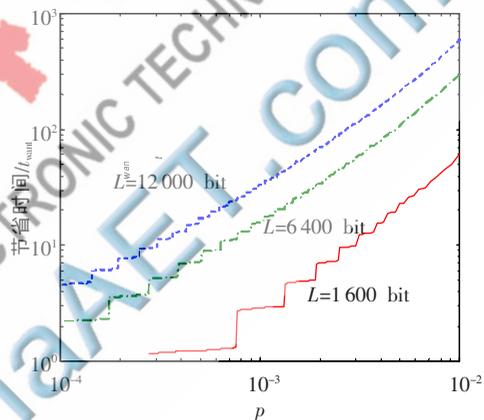


图 5 无帧序号自适应选择式 ARQ 方式传输报文节省时间

### 参考文献

- [1] 党亚斌,自适应短波系统及其链路建立的分析[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2003,35(2):156-157.
- [2] DAYEM R A. Mobile data and wireless LAN technologies[M]. Prentice Hall, 1997.
- [3] JOHNSON E E, et al. Advanced high-frequency radio communications[M]. Artech House, Boston, 1997.
- [4] 曹鹏,宋爱民,杨峰.一种改进的短波链路数据传输协议[J].电光与控制,2008,15(5):77-78.
- [5] 常永宏,第三代移动通信系统与技术[M].北京:人民邮电出版社,2002年.

(收稿日期:2012-02-08)

### 作者简介:

马伟,男,1957年生,硕士,副教授,主要研究方向:计算机应用。