

一种高可靠性的 TCP 协议设计模式

李鹏², 邵志举¹, 蔡洋²

(1. 北京森泰克数据通信技术有限公司, 北京 100081; 2. 北京科技大学, 北京 100083)

摘要: 该文根据 TCP 协议的特点, 在原有协议的基础上新增了一个三层结构的网络应用层, 通过对其中的逻辑链路层和会话层的研究与设计, 提高 TCP 协议通信传输的可靠性。这种新的 TCP 协议的设计模式, 在逻辑链路层采用我们所提出的一系列安全管理机制, 在会话层采用简化的滑动窗口技术, 解决了数据传输过程中的丢包和失序等问题。该文所提出的 TCP 协议的设计模式作为一种成熟的通讯技术, 已经被成功应用于北京梦天游短信增值平台系统中, 取得令人满意的运营效果。

关键词: 可靠性; 安全管理机制; 滑动窗口; 传输控制协议

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A

A New Design Mode for High - Reliability TCP

LI Peng², SHAO Zhi - ju¹, CAI Yang²

(1. Beijing Centek Data Communication Technology Com., Ltd., Beijing 100081, China;

2. University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

ABSTRACT: Based on the character of TCP, The article enhances a three - layer net application, which includes the Logical Link Control and Session Layer, to raise the reliability of communication. The new design mode of TCP can eliminate the phenomena of the packet lost and out - of - order by using the methods of Secure Management provided by us and the technology of Sliding Window modified by us. The design mode of TCP, as a mature communication protocol, has been successfully adopted in the SMS value - added platform made by the company of MeToYou Beijing.

KEYWORDS: Reliability; Secure management; Slidding window; Transmission control protocol

1 引言

传输控制协议/网际协议 (Transmission Control Protocol/Internet Protocol, TCP/IP) 起源于 60 年代末美国政府资助的一个分组交换网络研究项目, 它能够让各种各样的计算机在一个共同的网络环境下运行^[1]。经过几十年的研究和应用, TCP/IP 协议已经充分显示出它强大的连网能力以及对各种应用环境的适应能力^[2]。目前 TCP/IP 协议已被各界公认为异种计算机、异种网络彼此通信的重要协议, 是一个真正的开放系统, 是发展至今最成功的通信协议之一, 该协议在通信领域已经成为事实上的国际标准和工业标准^[3]。

TCP 协议是面向连接的可靠的数据传输协议^[4], 本身具有很高的数据传输安全性, 然而在某些特殊情况下 (如出现网络硬件故障、错误的应用模型时), 数据传输的可靠性也将会出现问题。

本文通过对 TCP 协议可靠性的研究和协议模型的设计来改善 TCP 协议网络通信的可靠性, 本文所提出的研究方案

已经成功应用于北京森泰克通信技术有限公司的所有系统解决方案中, 包括短信增值业务平台, 无线固定点报警系统, 移动警务系统, 手机银行系统等, 在实际的商业应用中, 获得非常理想的效果。

2 TCP 的可靠应用模型设计与实现

2.1 TCP 协议的不足

TCP 协议现存的可靠性问题主要体现在两个方面

1) 链路状态的不可靠性: TCP 在网络硬件出现故障时, 由于接收不到对端发送的链路故障状态通知信息, 因此本端就无法感知网络状态发生的变化。此时没有数据可以接收, 同时发送数据也无法感知到对端的错误回应, 底层数据窗口只会超时并重发数据, 而不会得到错误状态, 因此发送的数据不会成功送达对端。但是本端的发送函数返回的状态却是正确的, 所以发送的这些数据会被误认为已经发送到了对端, 这样会造成这些发送数据的丢失。

2) 应用数据传输的不可靠性: 在网络出现故障时, 接收和发送方都感知了错误状态, 当双方断开连接时, 底层滑动窗口中的消息会出现丢失^[5]。

收稿日期: 2004 - 08 - 11

针对上述问题,本文提出一种可靠的 TCP 通信协议模型,在 TCP 协议之上增加了一个三层结构的网络应用层,其中的逻辑链路层和会话层具有保证 TCP 协议传输可靠性的功能。

2.2 可靠 TCP 应用协议模型设计

为了保证 TCP 协议通信的可靠性,本协议模型将网络应用层设计为三层结构,如图 1 所示。在逻辑链路层采用我们所制定的安全管理机制(#1),保证数据在链路正常的时候发送,确保数据发送的成功率;在会话层(#2)采用简单滑动窗口机制,它可以保证数据发送过程中丢失帧的处理和重发。

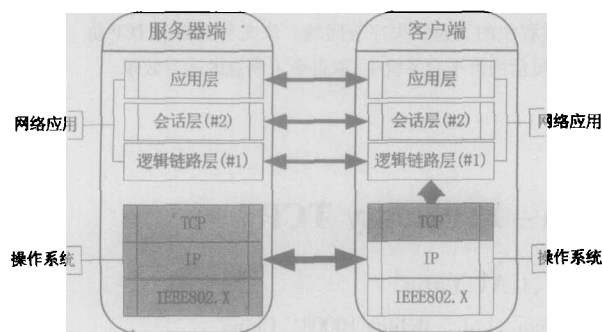


图1 TCP通信协议模型示意

1) 逻辑链路层

逻辑链路层主要为会话层提供服务,其基本服务是将源计算机中来自会话层的数据传输给目的计算机的会话层。它一般提供三种基本服务,无确认的无连接服务,有确认的无连接服务和有确认的面向连接的服务。在逻辑链路层,我们采用了逻辑链路的安全管理机制(链路检测、自动链路恢复等技术),保证数据在发送时链路的正确性,进而保证协议支撑链路的可靠性。

2) 会话层

会话层是 ISO 特意提出的,它在传输层提供的服务之上,给表示层提供服务,加强了会话管理、同步和活动管理等功能。在此层协议中我们使用简化的滑动窗口机制(#2),保证数据传输的可靠性,并实现数据重发功能。

3) 应用层

最上层是应用层,用来实现业务逻辑。用户在应用层上进行业务操作如手机聊天,查看新闻,参与游戏等。根据协议来解释指令并且正确处理指令给予回复,应用层协议与实际的应用行业相关,其数据的可靠性和有效性验证属于应用层协议范畴,本文不加详细描述。

为了保证 TCP 协议通信的可靠性,我们在逻辑链路层采用安全管理机制,保证数据在链路正常的时候发送,确保数据发送的成功率;在会话层采用改进后的滑动窗口机制,它可以保证数据发送过程中丢失帧的处理和重发。下面将详细介绍我们在逻辑链路层和会话层对 TCP 通讯协议的设计原理。

3 可靠 TCP 逻辑链路层设计

为了保证 TCP 协议的无差错数据传输,本文设计的逻辑链路层中的安全管理机制主要包括数据链路的建立与拆除,数据发送与接受,链路故障诊断,链路自动恢复,数据加密等功能。下面将根据本文所设计的网络协议模型的特点,着重介绍逻辑链路层的工作原理和功能特征。



图2 链路层报文结构

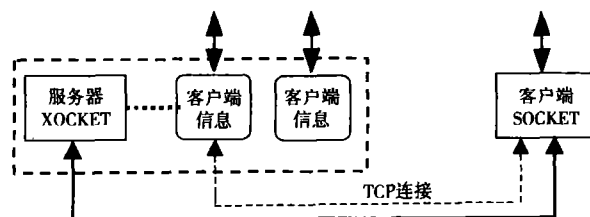


图3 逻辑链路层运行实例图

3.1 链路建立与拆除

如图 3 所示,服务器端创建 SOCKET,绑定(BIND)监听端口,并启动监听线程(LISTEN),当客户端创建 SOKET 并发起连接包(CONNECT),服务器端接受(ACCEPT)该请求包。经过完整性、合法性验证。如果通过验证即建立连接,将记录连接客户端的请求信息,并标记链路可用,同时回复验证结果给客户端。如果没有通过验证或者数据包在传输过程中丢失,客户端自动重新发送连接数据包,直到收到正确的连接回应为止;同时记录服务器的信息和链路状态,至此我们建立了一个有效的连接。

3.2 链路故障检测

对于 TCP 来说,协议本身不提供网络状况的管理和检测机制。在某些意外情况下(如路由器中断,网络交换机意外),对于正处于运行状态的客户端和服务器端是感知不到的。这个问题可以通过对每个安全管理机制在没有消息往来,也就是链路空闲时,定时发送一个握手消息(SHAKEHAND_REQ),启动一个 60 秒的定时器,等待握手响应(SHAKEHAND_RESP)。如果期间没有消息响应,说明链路出现了异常,那么就修改链路的连接状态为异常状态,并重新启动上述建立连接的过程。

3.3 链路自动恢复

链路异常中断后,客户端自动启动重连功能,要求在客户端准备一个相应重连线程。当链路异常中断时激活这个线程就可以重新连接到服务器,恢复链路正常状态。同时链路恢复后,服务器端和客户端都必须及时通知上层——会话层,这样数据传输就可以正常地继续进行了。

3.4 数据发送

当收到上层数据发送请求时,链路层将数据传送给对

3.5 数据接收

3.6 数据加密

综上所述,本文所设计的网络应用层中的逻辑链路层的工作原理和数据传输流程如图4所示。

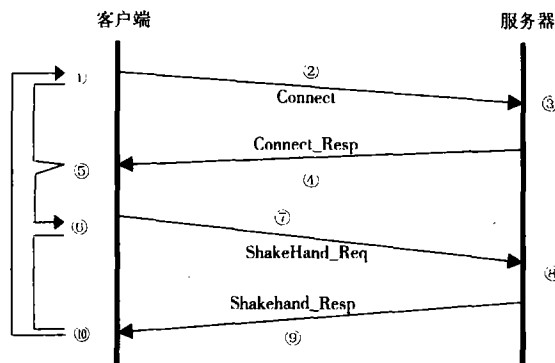


图4 可靠TCP协议逻辑链路层设计流程

- ① 连接服务器;
- ② 发送连接包到服务器;
- ③ 服务器验证连接合法性和有效性;
- ④ 回应服务器验证结果给客户端;
- ⑤ 判断服务器回应结果,成功:则转⑥(启动链路检测);
失败或超时转①(启动重连功能);
- ⑥ 启动链路检测,在链路空闲时发送链路检测消息;
- ⑦ 发送链路检测请求到服务器;
- ⑧ 判断链路状态,链路正常:回应正确测试回应;
链路异常:回应错误的测试回应;
- ⑨ 发送链路测试回应给客户端;
- ⑩ 判断链路测试回应状态,正确:继续定时发送测试消息;
错误或超时:转①(启动重连功能)。

本文所设计的逻辑链路保证了数据发送通道的畅通,为了进一步提高数据传输的可靠性,我们在会话层使用了简化的滑动窗口机制,保证数据包的安全性传输,同时提供了流量限制,数据包重发功能。如图 5 所示,协议的会话层主要包括如下的功能:

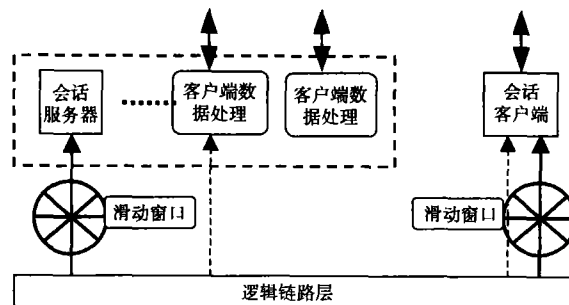


图5 会话层运行示意图

4.1 会话建立

会话连接过程中需要处理两件事情,第一是鉴权,分析连接请求的合法性,通过密码确认实现,密码传递通过 MD5 加密,在生成过程中必须做重复连接请求等异常检测处理。第二是生成会话实例,生成的会话实例中包括链路安全管理机制实例信息。

4.2 会话管理

会话层实体之间的交互活动需协调、管理和控制。我们使用滑动窗口技术来支持和管理同等对接会话实体之间的数据交换。由于会话往往是由一系列交互对话组成,对话的次序、对话的进展情况必须加以控制和管理,所以我们在会话层管理数据传输与对话单元,以及解决同步与重新同步的问题。

4.3 可靠性数据发送

改进后的滑动窗口有如下几种功能,首先是严格地限制了已发送出去而未被确认的数据帧的个数;其次是确定发送失败的数据报,根据需要进行重发和补发;第三是对数据发送和接收进行了合理、有效的流量控制。

改进后的滑动窗口在发送数据报时,不仅可以限制连续发送的数据帧个数,而且还可利用较少的比特对所需传送的大量数据帧进行唯一编码,大大减少了额外开销。同时为了减少通信开销,接收端不一定每收到一个正确的数据帧就必须发回一个确认帧,而是可以在连续收到好几个正确的数据帧以后,才对最后一个数据帧发确认信息。也就是根据累计确认原则,对某一数据帧的确认既表明了该数据帧和它以前所有的数据帧均已正确无误地收到了,从而减少接收端发出确认帧的数量,大大地降低了通信的开销量。

4.4 可靠性数据接收

同样我们对滑动窗口在接受数据报时也做了相应的改进工作,改进后的接收窗口的工作原理如图 6 所示,主要包括如下步骤:

1)若接收窗口指明现在应接收第*i*号帧,而实际收到的是*i*+1号帧,则产生的原因可能是第*i*号帧丢失。此时的处理策略是将第*i*+1号帧丢弃,接收窗口不变。

2)若接收窗口指明现在应接收第*i*号帧,而现在收到的是*i*-1号帧,该问题产生的原因可能是第*i*-1号帧的确认应答帧丢失,超时处理导致的重发。此时的处理策略是重发第*i*-1号帧的确认,接收窗口不变。

3)若接收窗口不变,则发送窗口的大小也保持不变。关键在于发送窗口大小的确定,发送窗口越大,“连续”的特征越明显。

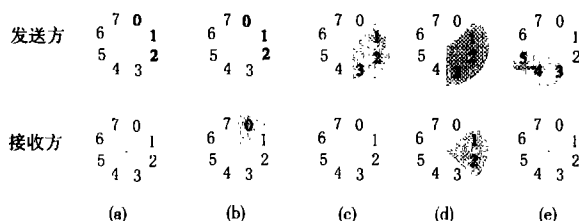


图6 滑动窗口工作原理示意

- (a) 开始发送时的情况
- (b) 发送端发送一帧,接收方接收到一帧时的情况
- (c) 发送方接收到第一帧回应时的情况
- (d) 发送方发送两帧,接收方接收到两帧时的情况
- (e) 发送方接收到这两帧回应时的情况

5 应用实例

5.1 梦天游短信增值平台系统功能

本文所设计的可靠的 TCP 通信传输协议,已经成功应用于梦天游短信增值平台系统中。梦天游短信增值平台系统主要实现了如下功能:用户管理,应用接入管理,通道接入管理,消息集中处理,统一查询。

5.2 梦天游短信增值平台系统实现

梦天游短信增值平台系统采用面向对象编程思想:把系统计划分为四个模块——用户管理中心,消息处理中心,业务接入管理,通讯管理。其中我们主要讨论消息业务接入管理模块的实现细节。见图7。

1)滑动窗口类:实现简化的滑动窗口机制,负责消息的发送管理和同步机制。

2)业务连接类:负责链路管理,所有的客户端连接服务器时由业务连接类负责处理,同时负责链路维护,链路测试消息处理,其中包含了消息处理功能和滑动窗口类的继承。

3)业务管理类:继承了业务连接类,在基类实现消息可靠性收发、链路管理的基础上,处理相关的消息,管理业务连接的状态,并同步各连接之间的数据传输,达到数据安全处理和传输。

5.3 部分实现代码

系统开发使用 C++ 语言,采用面向对象编程模式,由于篇幅所限在这里主要介绍用户接口部分的实现方法。

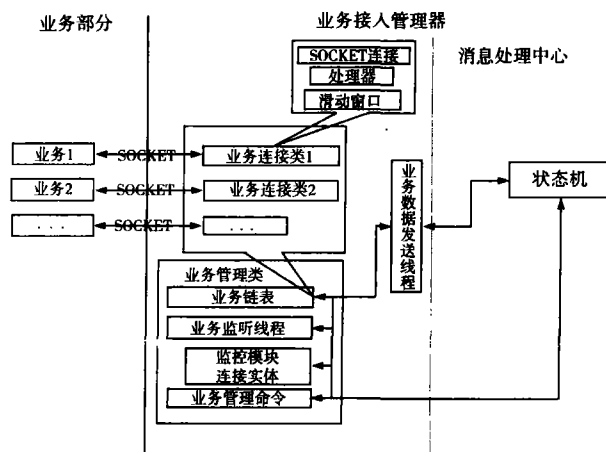


图7 业务接入管理模块示意

用户接口类

class CappEntityManager: CappEntitySocket

```
{
public:
    CappEntityManager();
    virtual ~CAppEntityManager();

public:
    //类初始化函数
    BOOL Init();
    //类释放函数
    BOOL UnInit();
    //创建业务连接服务线程
    BOOL CreateAppServerThread();
    //创建循环取消息线程
    BOOL CreatePeekMsgThread();
    //消息处理
    BOOL SubmitMessage(char pszMsg[], int pnLen, UINT pnCommandID, BOOL pbPeekMsgCall = FALSE);
    //处理消息管理中心的提交的短消息
    BOOL ProcessKernelMessage(char pszMsg[], int pnLen, WORD &pwAppID, WORD &pwPacket, BOOL pbPeekMsgCall = FALSE);
    //处理 Submit_REQ 短消息
    BOOL ProcessAppMessage(char pszMsg[], int pnLen, BOOL pbPeekMsgCall = FALSE);
    //添加业务到列表
    BOOL AddApp(CAppEntitySocket * ppAppEntitySocket);
    BOOL DelAppFromList(WORD pwAppID);
    //从列表中删除一个业务
    BOOL DelApp(WORD pwAppID);
    //接收业务的 TCP 连接
    BOOL AcceptApp();

public:
```

```

BOOL ModifyApp( APPPARAMETER sAppPara);
//发送错误报告给业务
BOOL SendErrorReportToApp( WORD wAppID, DWORD
dwErrorID, DWORD dwSequenceID, BOOL pbPeekMsgCall
= FALSE);
//派送消息
BOOL PeekMsg();
//清除业务
BOOL DelAppAll();
//线称结束标志
BOOL m_bEndThread;
//业务连接实体链表
CList< CAppEntitySocket *, CAppEntitySocket * > m_
AppEntityList;
protected:
//循环取消息线程句柄
HANDLE m_hPeekMsgThreadHandle;
//业务服务器
CZSocket m_AppServerSocket;
//业务服务器
HANDLE m_hServerAcceptThreadHandle;
//待连接业务实体
CAppEntitySocket * m_pAppEntitySocket;
//互发消息序号
DWORD m_dwSequenceID;
}

```

5 结论

目前,在通讯研究领域存在许多种方法来提高 TCP 协议

数据传输的可靠性,本文采用在 TCP 传输协议之上增加网络应用层,来控制通信传输的思想提高 TCP 协议的传输可靠性,根据本文的思想所设计的 TCP 协议通信模式具有高可靠性的特点,更适合作为电信设备模块间的通讯协议,并且具有更大的实用和推广价值。

参考文献:

- [1] W Feng, D Kandlur. Understanding and Improve TCP Performance over Networks with Minimum Rate Guarantees[J]. Trans on Networks, 1999,7(2): 173-186.
- [2] D Sisalem, H Schulzrinne. The Loss-delay Based Adjustment Algorithm: A TCP-friendly Adaption Scheme[C]. In: Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video. Cambridge, UK, 1998: 350-354.
- [3] J Y Zheng, J J Wu, M Q Hu. A Communication Controller for Heterogeneous Network Interconnection[J]. Automation of Electric Power System, 2003,27(12): 55-58.
- [4] 赵榛,鲍飞,刘克钧. 一个改进的 TCP 三路握手方案[J]. 华中科技大学学报(自然科学版),2004,32(4):77-79.
- [5] 孙光,赵志敏. TCP/IP 滑动窗口技术在单片机通讯中的应用[J]. 工业控制计算机,2002,15(2):22-24.
- [6] 王晓东,夏亮,郑启华. TCP 及其可靠性分析[J]. 河南师范大学学报(自然科学版),2001,29(2):75-77.



[作者简介]

李 鹏(1977-),女(汉族),湖北武汉人,硕士研究生,研究方向为计算机通信;

邵志举(1976-),男(汉族),河南禹州人,硕士研究生,研究方向为信息与通信工程;

蔡 洋(1973-),男(汉族),北京人,博士研究生,研究方向为多智能生产调度。

(上接第 61 页)

仿真得到的结果,我们可以看到新的控制律比传统的控制律在很多方面都有了提高。使网络容错性更高,系统更稳定;同时,模糊运算采用了动态的全局优化运算,并且在神经网络的学习算法中,又动态地优化了补偿模糊运算,使得网络更适应、更优化。网络不仅能适当调整输入、输出隶属函数,也能借助于补偿逻辑算法动态地优化模糊推理,使网络参数具有明确的物理含义,可以用一个启发式算法去预置,加快训练速度。

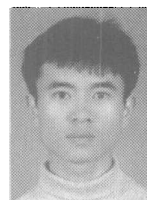
因此仿真结果证实了基于神经网络的模糊控制系统应用于飞机刹车系统的开发和研制有着很好的发展潜力。

参考文献:

- [1] 黄伟明,吴瑞祥,张燮年. 神经网络及模糊控制在飞机防滑刹车系统中的应用[J]. 航空学报,北京,2001,22(4):317-320.
- [2] 何恒,吴瑞祥. 改进的 BP 神经网络在飞机防滑刹车系统的应

用[J]. 北京航空航天大学学报,2004,30:561-564.

- [3] 张瑜,王纪森,史殿芸. 飞机数字式电子防滑系统采用新控制律的仿真研究[J]. 航空学报,北京,1995,16:123-127.
- [4] 楼顺天,施阳. 基于 MATLAB 系统分析与设计-神经网络[M]. 西安电子科技大学出版社,西安,1999.
- [5] 楼顺天,胡昌华,张伟. 基于 MATLAB 系统分析与设计-模糊系统[M]. 西安电子科技大学出版社,西安,2001.



[作者简介]

李 潇(1982-),男(汉族),江西人,硕士研究生,北京航空航天大学机器人研究所。研究方向:人工智能、智能控制、计算机仿真。

吴瑞祥(1944-),男(汉族),湖北人,北京航空航天大学教授,国务院政府津贴获得者。研究方向:机械学、机器人学、机电一体化。