

一种基于神经网络的无线 TCP 性能改进机制

刘俊

(深圳信息职业技术学院电子通信技术系,深圳 518029)

摘要 传统 TCP 拥塞控制机制由于无法区分拥塞丢包与无线误码丢包,使其在无线环境中传输性能急剧恶化。从避免无线误码丢包出发,提出一种利用传统拥塞控制机制得到的参数(往返时间、重传数据量、拥塞窗口等)。基于无线环境的误码情况和神经网络算法进行 TCP 段尺寸调整的 TCP 性能改进方案。仿真结果表明,基于神经网络的 TCP 改进机制性能得到明显改善。

关键词 传输控制协议 无线网络 神经网络 段尺寸

中图法分类号 TN915.65; **文献标志码** A

传输层是计算机网络体系结构中极为重要的一层。传输层以下各层仅提供相邻机器的点到点传输,无法提供端到端的服务,而因特网最重要的特性之一就是提供端到端的服务。因此,做为对点到点层的加强和补充,传输层提供了基于连接的端到端的可靠数据传输。它屏蔽通信子网细节,向应用层提供通用的通信进程服务。TCP 是传输层最为重要的协议之一,也是因特网实现的关键。但是,由于 TCP 是为有线网络设计的,它固有的机制^[1,2]无法适用无线网络,改进 TCP 使其适应蓬勃发展的无线网络成为一个迫切需要解决的问题。针对 TCP 在无线环境中的问题,提出一种基于神经网络的新机制,有效地改进了 TCP 性能。

1 无线环境对 TCP 性能的影响及改进机制

1.1 无线误码环境对 TCP 性能的影响

无线环境的高误码率、带宽有限、移动性不对称、大延迟带宽乘积等特性对 TCP 的性能有较大影响。本文主要讨论高误码率对无线 TCP 性能的影响。

响及改进机制。

由于无线环境造成的分组延迟或丢失多是由于误码造成,而不是网络拥塞造成。传统的 TCP 关键机制会引起差错的错误检测或判断,进一步造成拥塞控制和流量控制的过激反应,最终严重影响网络资源的低效率利用。

根据 TCP 拥塞控制原理,一旦发生数据段的丢失,必须启动拥塞控制机制——或者启动快速重传/快速恢复(收到三个重复的 ACK 时);或者将拥塞窗口降为一个段进入慢启动(重传时钟超时时),同时要重传时钟的退避处理。如果发生了误判断,无论是哪一种机制,都会造成网络资源的浪费。特别在无线环境中,超时的概率增大,慢启动是一种侦测网络容量的机制,常常进入慢启动会降低网络带宽利用率和吞吐量;而无线环境造成的数据丢失一般并不是网络拥塞造成。

为了解决这个问题,提出了许多解决方案。链路层的增强可靠性方案(ARQ、FEC 及其融合),但 ARQ 会引入较长的时延,FEC 会造成稀缺无线带宽的浪费,而且要求的准确性越高,带宽的浪费越大;拥塞避免方案和带宽估计方案,现有的这些方案对改善无线 TCP 性能的帮助并不明显;丢包区分机制,通过区分无线损坏和拥塞丢失进行分离的差错控制和拥塞控制,但这些机制的准确性有待进一步研究;分割连接的方法,或者失去了 TCP 端到端的

2010年12月22日收到

作者简介:刘俊(1969—),男汉族,湖南邵阳人,深圳信息职业技术学院电子通信技术系副教授,硕士,研究方向:计算机网络、移动通信研究。

语义,或者导致网关路由的代价太高。而从降低丢包率出发,提出根据误码环境的变化动态调整 TCP 段尺寸可有效提升 TCP 在无线环境中的性能,同时代价极低。

1.2 调整 TCP 段尺寸改进 TCP 性能机制

无线网络不同于有线网络的最大特点是误码率很高,TCP 段的一个比特发生错误都会造成该段的重传,无线环境中频繁发生的误码造成网络带宽的浪费和可能的拥塞。自然地,减少 TCP 段尺寸,就减少了 TCP 段出错的概率;另一方面,减少 TCP 段尺寸也减少了数据分组在不同网络链路上分片的概率,因为无线链路带宽相对比较小(尤其是最后一跳的情况),从而有可能改善 TCP 的吞吐量。但是减少 TCP 段尺寸,可能造成信道利用率的下降,需要考虑协议头部的开销。

从避免分组丢失或重传出发,本文提出一个简单、有效的解决方案——根据 TCP 关键机制产生的参数,如往返时间、重传数据量、拥塞窗口等,实现无线误码环境的检测,从而进行 TCP 段尺寸的调整来改善无线 TCP 的性能。

1.2.1 TCP 段尺寸和误码率的关系

在数据传输中,数据块中只要有一个比特发生损坏就会使该数据块无法使用。调整数据块的大小可以相应减少或增加数据块损坏的概率,由概率知识,可以得到 TCP 段尺寸($segment_size$)、损坏率($segment_loss$)和误码率(p_e)的关系如下:

$$segment_loss = 1 - (1 - p_e)^{segment_size \times 8} \quad (1)$$

由式(1)可知, $segment_size$ 越小, $segment_loss$ 越小,即 TCP 段出错的可能性越小。

1.2.2 调整 TCP 段尺寸的新机制

在无线环境中,影响 TCP 段尺寸选择的主要因素为误码率,误码率的变化是不可预知的,然而,受误码率影响的 TCP 机制参数是可以维护的,如往返时间、重传数据量、拥塞窗口等,这些参数之间的影响与关系非常复杂,无法推断一个确定模型。

本文建立神经网络模型,并基于该模型进行 TCP 段尺寸选择,通过选择最佳段尺寸获得最佳的传输性能。调整 TCP 段尺寸机制的关键是建立一

个能获得最佳传输性能的 TCP 机制参数与段尺寸对应表,可采用具有一个隐层的三层 BP 网络构造误码率与段尺寸对应表。方法如下:

TCP 发送方根据 TCP 机制参数,通过建立的神经网络模型推测出网络环境(误码率),选取合适的 TCP 段尺寸进行数据发送。

2 神经网络模型及仿真分析

神经网络^[3]具有复杂的非线性特征、并行计算模式、高度自组织、自适应能力和灵活性,具备学习、模拟和记忆等功能。多层前馈网络是目前应用最为广泛的神经网络模型之一,其神经元结点分层排列,组成输入层、隐层和输出层,每层的神经元只接收前层神经元的输出信号,采用反向误差传播训练算法(BP 算法)。文献[4]提出基于 BP 神经网络进行 RED 算法改进提高 TCP 性能,本文则基于多层前馈网络对无线环境下 TCP 报文段尺寸进行预测,以选择最佳传输段尺寸,改进 TCP 传输性能。

2.1 网络结构设计

根据网络参数和 BP 神经网络结构,建立如图 1 的神经网络结构。

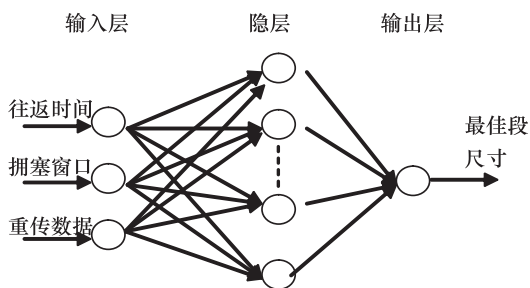


图1 神经网络结构

输入层神经元选取往返时间、重传数据量、拥塞窗口三个参数。

隐层神经元节点数的一个大致范围,可先采用“ $2N+1$ ”法确定一个值,在本文预测网络中就是 $2 \times 3 + 1 = 7$ 个,在神经网络仿真时,需要进一步推测得到最佳隐层神经元节点数。

隐层激活函数采用双曲正切 S 形 tansig 函数,其数学表达式为:

$$y=f(x)=\frac{e^x-e^{-x}}{e^x+e^{-x}} \tag{2}$$

以吞吐量和信道利用率综合性能为期望,输出神经元为最佳 TCP 段尺寸指标。输出层传递函数为 purelin 函数。

使用 trainlm 函数进行训练,选择附加动量因子的 learngdm 函数作为学习函数进行训练。选取了均方误差性能函数(mse 函数),作为网络的误差性能函数。神经网络模型可通过式(3)进行表示,式中,w 为神经网络加权参数,seg_index 为最佳 TCP 段尺寸指标。

$$seg_size=f_{NN}(rtt,cwnd,nresmitbytes,w) \tag{3}$$

2.2 样本建立

通过 NS 软件^[5],构造不同的误码环境和选择不同的段尺寸,建立往返时间、重传数据量、拥塞窗口样本数据,并进行归一化处理得到样本数据,如表 1。

表 1 样本数据

段尺寸	误码率	归一化 往返时间	归一化 拥塞窗口	归一化 重传数据
1 000	0.000 1	0	0.100 514 391	0.018 394 872
900	0.000 1	0	0.100 514 391	0.016 555 385
800	0.000 1	0	0.100 514 391	0.014 715 898
700	0.000 1	0.375 706 09	0.075 557 815	0.095 728 416
600	0.000 1	0.318 502 96	0.076 152 302	0.179 953 334
500	0.000 1	0.362 994 08	0.097 026 313	0.217 976 553
1 000	0.000 01	0.405 837 72	0.198 797 183	0.999 999 951
900	0.000 01	0.393 361 46	0.202 132 101	0.889 936 406
800	0.000 01	0.374 764 01	0.206 813 125	0.806 306 774
700	0.000 01	0.356 403 25	0.237 847 886	0.732 115 911
600	0.000 01	0.356 873 82	0.251 433 748	0.633 368 161
500	0.000 01	0.335 452	0.279 545 988	0.513 916 796
1 000	0.000 001	1	0.761 622 861	0.214 517 459
900	0.000 001	0.982 344 63	0.846 580 731	0.172 986 879
800	0.000 001	0.878 059 89	0.847 003 339	0.169 576 052
700	0.000 001	0.789 783 05	0.871 156 109	0.161 555 78
600	0.000 001	0.694 443 87	0.908 369 458	0.148 451 445
500	0.000 001	0.625 941 38	1	0.131 123 797

2.3 神经网络仿真

通过选取不同的误码环境产生的往返时间、拥塞窗口、重传数据为样本,采用 BP 神经网络,通过 matlab 对本网络进行验证仿真。

在具体的仿真中,隐层神经元节点数不是越多越好,而以隐层神经元节点数 7 为中心,进行隐层神经元节点数的范围测试,发现本网络隐层神经元节点数选取 16,神经网络模型的性能最佳。该网络以均方误差性能函数进行评价,其性能如图 2。

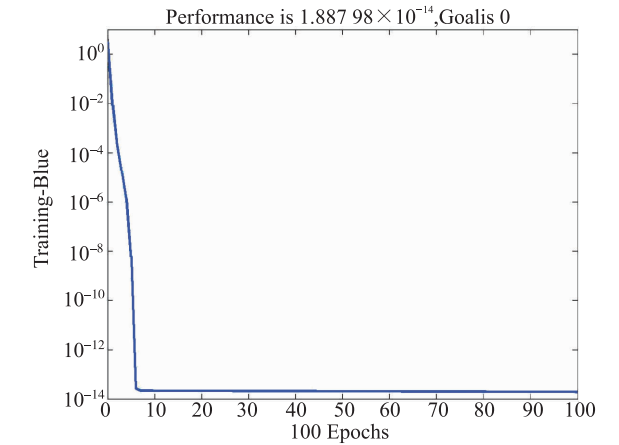


图 2 神经网络模型性能

根据得到的神经网络模型,可根据无线通信环境,选取对应的最佳段尺寸。综合考虑吞吐量和信道利用率,选取段尺寸参考值如表 2,作为最佳 TCP 段尺寸期望值。

表 2 误码率与归一化段尺寸对应表

误码率	归一化段尺寸参考值
10 ⁻⁴	0.556
10 ⁻⁵	0.75
10 ⁻⁶	1

2.4 部署神经网络模型的无线 TCP 仿真分析

本仿真中无线链路仅仅考虑误码率,不考虑移动性等其他无线特性。在节点之间的误码率呈均匀分布,在通信过程中,误码率分别在 10⁻⁴ - 10⁻⁶ 之间变化。路由策略为尾部丢弃。

在 TCP 发送端增加神经网络预测模块,在一定时间间隔,收集往返时间、重传数据量、拥塞窗口数

据,预测出相应误码环境的数据传输最佳 TCP 段尺寸,并以该尺寸进行数据传输。

仿真结果如图 3—图 5。从仿真结果看,在不同误码环境中,采用基于神经网络模型选择最佳段尺寸进行数据传输,其吞吐量均获得有效提高,误码环境越严重,其吞吐量改善程度越明显。

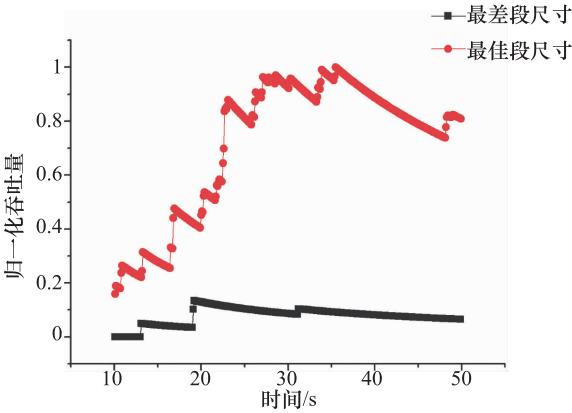


图 3 误码率为 10^{-4} 时归一化吞吐量比较

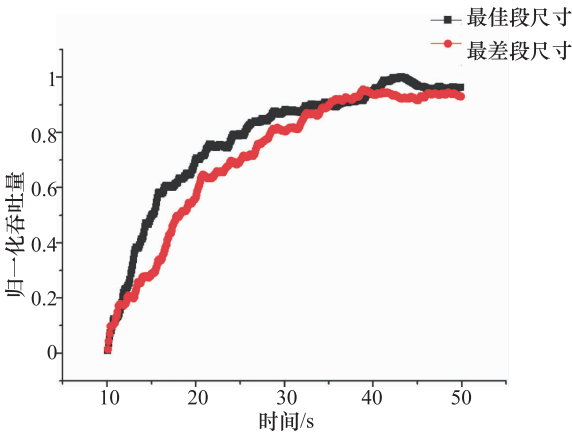


图 4 误码率为 10^{-5} 时归一化吞吐量比较

3 结论

无线业务的迅猛发展对传统网络协议,尤其是对保证数据可靠传输的 TCP 协议提出了挑战。其关键是 TCP 协议的假设——数据丢失的原因是网络

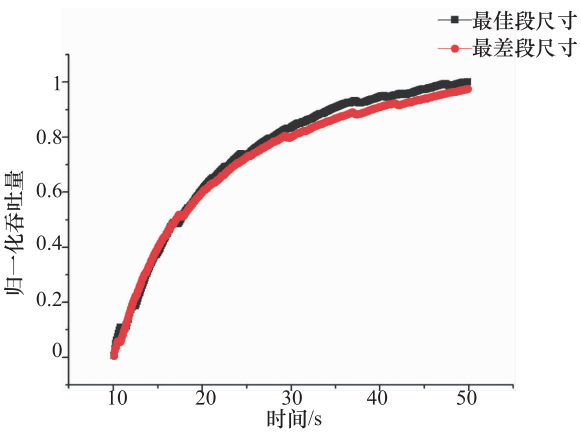


图 5 误码率为 10^{-6} 时归一化吞吐量比较

拥塞造成的——对无线网络不成立,改进 TCP 的难度在于其关键机制难以建立确定的数学模型。采用控制理论实现相关参数的预测是一个重要的思路。

不同误码环境中,不合适的 TCP 报文段尺寸会导致大量的重传,加重网络负担和移动终端的能源消耗。本文根据 TCP 机制产生的往返时间、拥塞窗口、重传数据参数,实现无线误码环境的检测,并针对不同误码环境,基于神经网络的智能模型得出最佳 TCP 段尺寸进行数据传输,仿真证明,网络传输性能得到了一定改善。

本文提出的机制有效降低 TCP 段的重传,减少不必要启动 TCP 拥塞控制的概率,有效利用无线资源并节省了无线终端宝贵的能源消耗,提高了无线 TCP 的性能,同时,不必改变现有 TCP 关键机制。

参 考 文 献

- 1 Postel J B. Transmission control protocol. RFC 793, Sept. 1981
- 2 Allman M, Paxson V, Stevens W R. TCP Congestion control. RFC 2581, Apr. 1999
- 3 Haykin S. 神经网络原理:第二版. 叶世伟,史忠植,译. 北京:机械工业出版社,2004
- 4 王富良,拱长青,等. 基于 BP 神经网络的 TCP 协议改进研究. 微计算机信息,2009;9:211—213
- 5 NS-2 Website: <http://www.isi.edu/nsnam>

酸溶液中进行水解,文献[3]则采用三氟乙酸,收率都比较低。本文经过改进后,采用乙酸在二氯甲烷溶液进行水解。由于乙酸的酸性较三氟乙酸的酸性弱,且为有机酸,在有机溶剂中的溶解性较好,有利于反应的进行,从而提高了反应的收率。

3 结 论

本文在相关文献的基础上,研究了 2-甲基-3-氨基-5-硝基吡啶的合成方法并进行了改进。以粘溴酸为原料,经五步反应得到目标产物 2-甲基-3-氨

基-5-硝基吡啶。合成方法简单,处理方便。通过对各个反应的条件进行了优化,提高了总反应收率,由 3.9%^[1]提高到 9.1%。

参 考 文 献

1 刘舒畅,张健存,陈赛娟. BCR-ABL 蛋白激酶抑制剂的研究进展. 中国医药工业杂志,2010;41(4):293—296

2 李铭东,李 东,吉 民. 甲磺酸伊马替尼的合成. 中国药学杂志,2008;43(3):228—229

3 Liang C. Kinase inhibitor compounds. WO2008088881, 2008-7-24

4 Boman E, Ernst J, Montlban A, *et al.* Heteroaryl derivatives as cyto-kine inhibitors. WO2008021388, 2008-2-21

A Synthesis Method of 2-methyl-3-Amino-5-nitropyridine

HU Yang, JIN Yun-zhou, XIONG Ya-ping, LI Zhan-cheng
(Chemistry Department of Tongji University, Shanghai 200092, P. R. China)

[Abstract] Nitropyridine compound is widely used in organic synthesis, especially in heterocyclic drugs and cytokine inhibitors. Mucobromic acid as raw material is chosed, achieved the target compound in five steps which are respectively reaction with sodium nitrite, cyclization, hydrolysis, reaction with DPPA and deprotection. The method is simple. The total yield is 9.1%.

[Key words] mucobromic acid inhibitor nitropyridine DPPA

(上接第 1840 页)

A Enhanced Wireless TCP Performance Scheme Based on Neural Network

LIU Jun
(Department of Electronics and Communications Technology, Shenzhen Institute of Information Technology, Shenzhen 518029, P. R. China)

[Abstract] The Transmission Control Protocol (TCP) has been a factual standard in the Internet today and it does not work in gear in wireless network because it only attributes packet loss to congestion. A scheme of adjusting TCP segment size based on neural network and wireless network is proposed. Simulation results show that this scheme can improve TCP protocol performance in wireless network.

[Key words] TCP wireless network neural network segment Size