

普适服务模式下的网络拥塞控制方法的研究

张德干 刘微微 陈绪延 王园园

(天津理工大学智能计算与软件新技术重点实验室 天津 300384)¹

(天津理工大学教育部计算机视觉与系统重点实验室 天津 300384)²

摘要 随着社会科学的发展,传统网络服务模式已经被普适计算的新型模式所代替,并随之出现了各种终端设备并存的网络局面,在网络服务的任务迁移中,不可必免地产生拥塞,其直接影响了网络的传输性能。针对当前传统的Red算法在拥塞问题中的不足等问题,设计了一种新的DARed拥塞控制算法,通过NS2的实验仿真表明,该算法在普适计算环境中表现出极好的性能,能有效地避免拥塞,满足了普适服务的要求。

关键词 普适计算,拥塞控制,Red,NS2

Research of Network Congestion Control of Ubiquitous Service

ZHANG De-gan LIU Wei-wei CHEN Xu-yan WANG Yuan-yuan

(Tianjin Key Lab of Intelligent Computer & Novel Software Technology, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China)¹

(Key Laboratory of Computer Vision and System, Ministry of Education, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China)²

Abstract With the development of social science, the traditional network services model has been replaced by a new model called for pervasive computing model. And then the coexistence of a variety of terminal equipments network situation comes up. When the task is in the migration of network services, the generation of congestion is inevitable. The result is that congestion has a direct impact on the transmission performance of networks. For the problems of the current traditional algorithm, for example congestion problems, a new congestion control algorithm DARed was designed. That the algorithm in ubiquitous computing environment has shown excellent performance is shown by NS2 simulation experiments. It can be effective for avoiding for network congestion, and meet the universal service requirements.

Keywords Ubiquitous computing, Congestion control, Red, NS2

1 引言

随着普适计算时代的到来,各种各样的新型计算机设备已被广泛地应用在计算机网络上,并渗透到社会生活的方方面面,因此带来了无线网络与有线网络共存的新局面^[1]。由于无线网络和有线网络的差异,现有的TCP拥塞控制算法已经明显表现出不足。学者通过对多种拥塞控制算法的研究发现,基于主动队列管理的(Active Queue Management, AQM)算法能够在异构的网络环境中表现出良好的性能,其中AQM基本原理是通过在路由器上实现对排队数据包的管理,由路由器监测网络拥塞并进行分组数据包的丢失,当路由器检测到潜在的拥塞(即拥塞还没有发生)时,马上将某些分组进行标记或者直接丢弃从而减轻拥塞^[2]。随机早期检测(Random Early Detection, RED)作为AQM拥塞控制机制中具有代表性的控制策略,RED算法在无线网络和有线网络组成的异构网络上表现出了很好的性能。因此,本文重点研究RED算法及其改进。

2 随机早期检测(Red)

2.1 RED简介

S. Floyd^[3]等人提出了随机早期检测Red算法,Red算法

的基本思想是:通过不停地探测缓冲区中队列的长度来检测是否发生拥塞,如果队列的长度到小于门限阈值 Q_{min} ,则没有包被丢失;如果队列的长度位于最小门限阈值 Q_{min} 和最大门限阈值 Q_{max} 之间,则根据相应的丢弃概率对正在进入路由缓冲区的包进行丢弃,以达到减轻拥塞的目的。

2.2 平均队列长度的计算

当新的分组到达路由器时,Red算法根据低通滤波器计算平均队列长度,如式(1)所示:

$$Q_{av} = (1 - w_q) \times Q_{av} + w_q \times q \quad (1)$$

式中, W_q 为权值, q 为采样测量时的当前主动队列长度。 W_q 的大小选择非常重要,如果 W_q 过大,RED将不能有效地过滤短暂的拥塞;如果 W_q 太小, Q_{av} 会对实际队列长度的变化反应过慢,不能合理地反映拥塞状况,在这种情况下,路由器将不能有效检测到早期拥塞^[3]。

丢包的概率如式(2)所示:

$$p = \begin{cases} 0, & 0 \leq Q_{av} < Q_{min} \\ p_{max} \times \frac{Q_{av} - Q_{min}}{Q_{max} - Q_{min}}, & Q_{min} \leq Q_{av} < Q_{max} \\ 1, & Q_{max} \leq Q_{av} < B \end{cases} \quad (2)$$

式中,两个参数是和队列长度相关的阈值: Q_{max} 和 Q_{min} 。当包到达路由器时,RED计算出平均队长 Q_{av} 。若 $Q_{av} < Q_{min}$ 时,

本文受国家863计划(2007AA01Z188),国家自然科学基金(60773073),教育部重点科研基金(208010)资助。

张德干(1969—),男,博士,教授,主要研究方向为移动计算等;刘微微(1984—),女,硕士,主要研究方向为移动计算,E-mail: hikliu@163.com;

陈绪延(1982—),男,硕士,主要研究方向为移动计算;王园园(1986—),女,硕士,主要研究方向为移动计算。

则没有数据包要丢弃;当 $Q_{\min} \leq Q_{av} < Q_{\max}$ 时,计算出丢弃概率;当 $Q_{av} \geq Q_{\max}$ 时,所有的包都被丢弃。总的丢包公式如式(3)所示^[5]:

$$P_d = \frac{P}{1 - Count \times P} \quad (3)$$

式中, $Count$ 为从上一次丢包开始到现在进入队列的包的数量。

3 基于升半正态分布的自适应拥塞控制算法(DARed)

基于升半正态分布的自适应拥塞控制算法的基本原理是:利用模糊分布中的升半正态分布的隶属函数代替原来的线性增加分组丢弃概率的函数。从而改变线性丢包曲线,其中参数包括以平均队列长度,最大门限阈值和最小门限阈值,将队列长度控制在最大队列长队和最小队列长度之间。

升半正态分布的隶属函数如式(4)所示:

$$u_{\wedge}(\mu) = \begin{cases} 0, & \mu \leq \alpha \\ 1 - e^{-\alpha(\mu - \beta)^2}, & \mu > \alpha, \alpha > 0, \beta < 0 \end{cases} \quad (4)$$

式中, α 取值根据算法的自适应控制机制获得的不同的 $P_{\max}$ 而定。取 μ 为平均队列长 Q_{av} , β 为 $Q_{\min}$, 数据包丢弃概率如式(5)所示:

$$P(Q_{av}) = \begin{cases} 0, & Q_{av} \leq Q_{\min} \\ 1 - e^{-\alpha(Q_{av} - Q_{\min})^2}, & Q_{av} > Q_{\min} \end{cases} \quad (5)$$

为了计算方便,我们设定 k 为最大门限阈值 $Q_{\max}$ 和最小门限阈值 $Q_{\min}$ 之差,如式(6)所示:

$$k = Q_{\max} - Q_{\min} \quad (6)$$

根据 RED 算法可知,当平均队列长度 Q_{av} 达到最大的门限阈值 $Q_{\max}$ 时,分组丢弃概率为 $P_{\max}$,带入得到 α 的值为式(7)所示:

$$\alpha = -\frac{\ln(1 - P_{\max})}{k^2} \quad (7)$$

将参数的值带入式(5)中,就可以得到升半正态分布的分组丢弃分布概率函数,如(式 8)所示:

$$P(Q_{av}) = \begin{cases} 0, & Q_{av} \leq Q_{\min} \\ 1 - (1 - P_{\max})^{-\left(\frac{Q_{av} - Q_{\min}}{k}\right)^2}, & Q_{av} > Q_{\min} \end{cases} \quad (8)$$

从公式可以看出随着 $P_{\max}$ 的增大,丢弃概率收敛的速度也将增大,反之随着 $P_{\max}$ 的减小,收敛的速度也将减小。其函数曲线如图 1 所示。

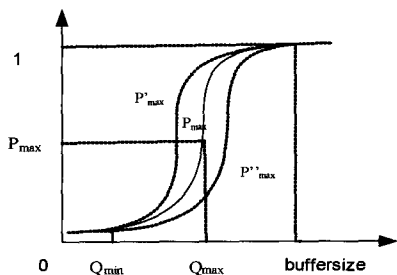


图 1 基于升半正态分布的概率丢包图

图 2 为传统的 Red 算法队长和包丢弃概率公式,从图 2 可以看出,当 Q_{av} 在 $Q_{\min}$ 附近时,Red 算法并不能很好地利用系统资源,存在一定丢包的可能性。但是对于改进的基于升半正态分布的 DARed 算法,当 Q_{av} 在 $Q_{\min}$ 附近时,丢包概率 P

接近 0,这样可以使更多的分组通过节点,有效地提高了系统资源的利用率,达到更好的拥塞控制效果;当 Q_{av} 在 $Q_{\max}$ 附近时,DARed 算法可以使 $P_{\max}$ 平滑地接近 1,丢弃概率迅速增大,这样可以使网络快速的恢复到适合的发送速率,从而避免进入到分组丢弃的阶段。由图形可以知道,基于升半正态分布的 DARed 算法,可以有效的进行拥塞控制。

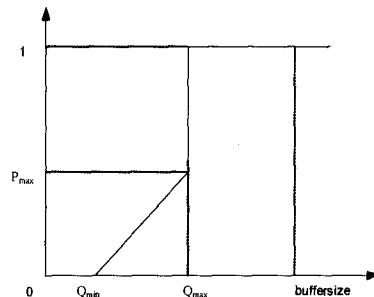


图 2 Red 平均队长和包丢弃概率关系图

4 具体算法分析

DARed 算法通过路由器来计算出 Q_{av} 的值,并与最大阈值 $Q_{\max}$ 和最小阈值 $Q_{\min}$ 进行比较,通过差值来计算丢包概率 P 值。其中 3 种状态转换图如图 3 所示。

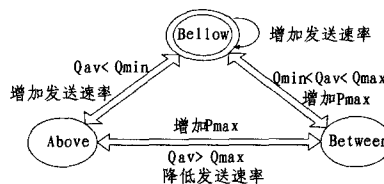


图 3 3 种状态转换图

如果 Q_{av} 处于最大阈值 $Q_{\max}$ 和最小阈值 $Q_{\min}$ 之间,则认为队列处于稳定状态,将 $states$ 设置为 $between$;如果 Q_{av} 处于 $Q_{\min}$ 以下,将 $states$ 的状态设置为 $bellow$;如果 Q_{av} 大于最大阈值 $Q_{\max}$,将状态设置为 $above$ 。

5 仿真结果及性能分析

5.1 网络模拟环境设置

在异构网络环境下,网络拥塞发生的根本原因在于网络的异构性。由于网络的切换,链路中的路由器来不及处理网络中突发的数据包,而造成数据包的丢失。本次实验设置了有线和无线网络组成的混合式网络拓扑结构,其中包含了 3 个发送端和 1 个接收端,这样就认为设计了瓶颈链路,带宽为 10kb/s,时延为 5ms,其他的带宽也为 10kb/s。模拟使用网络拓扑图如图 4 所示。

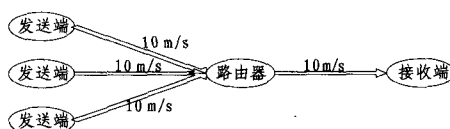


图 4 网络拓扑图

5.2 仿真结果及性能分析

为了验证基于正态分布 DARed 算法所能达到的性能,我们使用 NS-2.34 进行试验仿真,是在操作系统为 Fedora11 Linux 上进行的。通过 NS2 网络仿真,在异构网络环境下分别应用传统的 Red 拥塞控制算法和 DARed 算法进行比较,

从队列长度和丢包率两个方面来进行比较。

图 5 为传统的 Red 算法的队列长度随时间变化的曲线, 图 6 为 DARED 算法的队列长度随时间变化的曲线。通过两幅图对比, 我们可以看出, 传统的 Red 算法的队列长度变化比较大, DARED 算能够较好地保持队列的长度, 变化的幅度较小。

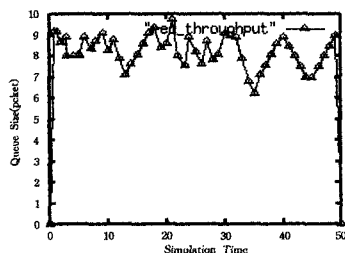


图 5 传统 Red 算法队列长度变化

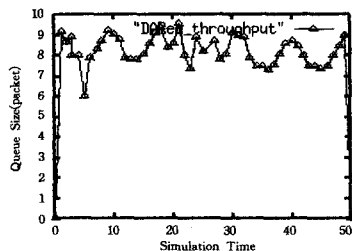


图 6 改进的 Red 算法队列长度变化

图 7 和图 8 是在实验中突然增加发送速率的情况下, 前 25 秒的发送速率为 10kb/s, 后 25 秒为 10mb/s。通过比较可以看出, 传统的 Red 算法由于无法快速更改 P_{max} 的值, 导致队列的长度变化过大, 相比较而言, 改进的 DARED 算法则通过动态的调整 P_{max} 值, 更好地适应了网络的突发数据流。

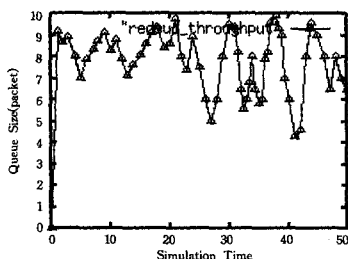


图 7 突然改变发送速率时传统 Red 算法队列长度的变化

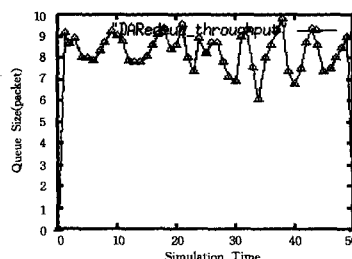


图 8 突然改变发送速率时改进 Red 算法队列长度的变化

从仿真结果可知, DARED 算法比传统的 Red 算法异构网络环境中表现出了更好的性能: DARED 算法能够较好地保持队列的长度、网络资源利用率高、变化平稳、能够有效地降低网络丢包率。说明网络的状态良好、能够对突发的网络流量做出及时的拥塞控制处理、初步满足了普适服务的性能需求。

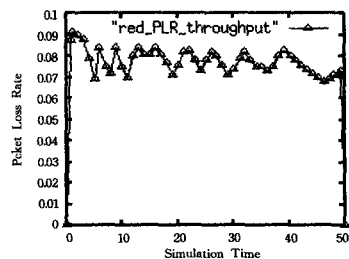


图 9 传统 Red 算法丢包率

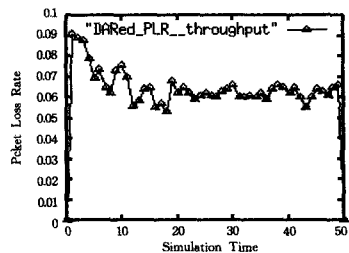


图 10 改进的 Red 算法丢包率

结束语 本文提出的改进的拥塞控制算法中, 使用了模糊控制理论的升半正态分布来计算主动队列的长度, 对 Red 算法做了比较大的改动; 但是在拥塞控制中仍然存在一些问题有待改进, 如进一步降低网络在未发生拥塞状态下的丢包率是下一步研究的主要目标。

参考文献

- [1] 徐光祐, 史元春, 谢伟凯. 普适计算[J]. 计算机学报, 2003, 26(9): 1042-1050
- [2] 王岩. 异构网络中基于带宽估计的 TCP 拥塞控制机制的研究[D]. 上海海事大学, 2007, 4
- [3] Floyd S, Jacobson V. Random early detection gateways for congestion avoidance[J]. ACM/IEEE. Transactions on networking, 1993, 1(4): 397-413
- [4] Kim W-J, Lee B G. FRED-fair random early detection algorithm for TCP over ATM networks [J]. Electronics Letters, 32(4): 152-154
- [5] Floyd S, Gummadi R, Shenker S. Adaptive RED: all algorithm for increasing the robustness of RED'S active queue management [EB/OL]. <http://www.icir.org/floyd,Agu>, 2001
- [6] Ott T J, Laksham T V, Wong L H. SRED; Stabilized RED[C]// Doshi, B, ed. Proceedings of IEEE INFOCOM. New York, USA: IEEE Communication Society, 1999: 1346-1355
- [7] Feng W, Kandlur D, Saha D, et al. A New Class of Active Queue Management Algorithms. Technical Report [J]. U. Michigan CSE-TR-3, 1999: 87-99
- [8] Hollot C V, Misra V, Towsley D, et al. On designing improved controllers for AQM routers supporting TCP flows [A]// Proc. of IEEE INFOCOM'01[C]. 2001: 1726-1734
- [9] Athuraliya S, Li V H, Low S H, et al. REM: Active Queue Management[J]. IEEE Network, 2001, 15(3): 48-53
- [10] 张德干, 班晓娟, 曾广平. 普适计算中的任务迁移策略[J]. 控制与决策, 2005, 20(1): 6-11
- [11] 张德干, 曾广平, 尹怡欣. 普适服务中基于模糊神经网络的信任测度方法[J]. 控制与决策, 2006, 21(2): 32-41

(下转第 285 页)

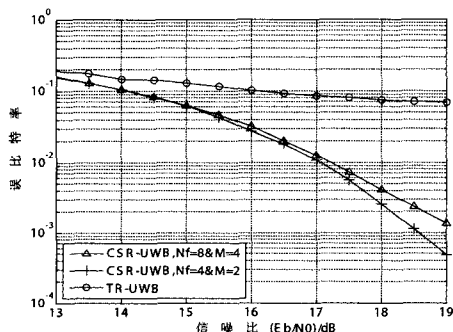


图5 加入窄带干扰后的误比特率性能

4 偏移码字对系统性能的影响分析

为了分析偏移码参数对系统性能的影响,通过计算机仿真得出采用不同偏移码时 CSR-UWB 系统的 BER 性能。

4.1 码字长度对系统性能的影响

从图5可见,当 N_f/M 的比值相同时,选择偏移码长度 $N_f=4$ 比 $N_f=8$ 的 CSR-UWB 系统具有更好的抵抗窄带干扰性能;而在图4中,两种不同偏移码长度的 CSR 系统在仅有噪声影响的信道环境中 BER 性能是一致的。综合图4和图5的结果,CSR-UWB 中选择持续时间较短的码字,不仅不会影响系统在多径信道下的性能,而且在信道中出现窄带干扰时具有更好的 BER 性能,同时,由于码字长度的减小,系统实现的复杂度也会较低。

4.2 不同偏移码对系统性能的影响

图6是当 $M=1$ 时,码字长度 $N_f=8$ 和 $N_f=4$ 两种情况下 CSR-UWB 在 CM7 信道中的误比特率性能。

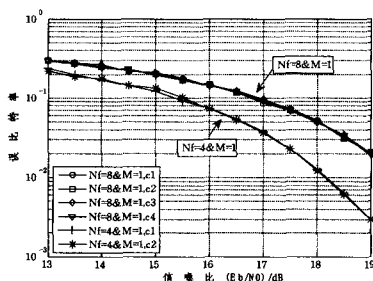


图6 $M=1$ 时多径信道中 CSR-UWB 的误比特率性能

从图6可以看出,在码字长度固定的情况下,选择不同的偏移码,系统在没有窄带干扰的多径信道下具有基本一致的性能。进一步,取 $E_b/N_0=19\text{dB}$,加入窄带干扰,用计算机仿真得出采用不同偏移码的 CSR-UWB 系统的 BER 性能,仿真结果如图7所示。

从仿真结果可以看出,对于 $N_f=8$ 和 $N_f=4$ 两种情况,采用码字 c_1 的系统具有较好的性能。由表1可知 c_1 码字中“1”和“-1”交替变化,是采用的偏移码中变化最快的码型,可见采用随机化特性好的偏移码可使 CSR-UWB 具有更好的抗窄带干扰能力。

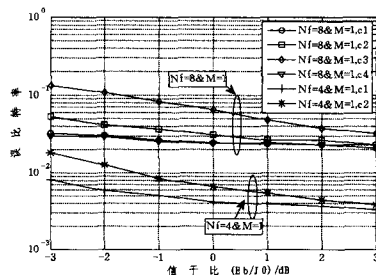


图7 $M=1$ 时加入窄带干扰后的误比特率性能

结束语 本文通过计算机仿真分析了 CSR-UWB 系统中偏移码参数的选择对系统性能的影响。仿真结果表明,在多条信道下,CSR 系统的性能取决于 M/N_f 的比值,即当 M/N_f 的比值为 1/2 时,CSR-UWB 系统和 TR-UWB 系统具有基本一致的 BER 性能,但是前者比后者具有更好的抵抗窄带干扰的能力并且其抗窄带干扰能力随着码字持续时间的缩短而增强。此外,在码字长度固定的情况下,采用随机化特性好的偏移码可以获得更好的抗窄带干扰能力。这些结论为 CSR-UWB 系统在 WSN 应用环境下的优化设计提供了参考准则。

参考文献

- [1] 郭贺铨. 物联网的应用与挑战综述[J]. 重庆邮电大学学报: 自然科学版, 2010, 22(5): 526-531
- [2] Witrisal K, Leus G, Janssen G, et al. Noncoherent ultra-wideband systems [J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2009, 26(4): 48-66
- [3] IEEE 802. 15. 4a. Low rate alternative PHY task group(TG4a) for wireless personal area networks [EB/OL]. <http://ieee802.org/15>, June, 2007
- [4] 张林, 王殊. 一种基于振幅比较的 UWB 信号解调方法[J]. 计算机科学, 2010, 37(10): 68-70
- [5] Hootor R, Tomlinson H. Delay hopped transmitted reference RF communications[C]//Proceedings of IEEE UWBST. Baltimore, USA, 2002: 265-270
- [6] Nie H, Chen Z. Code-Shifted Reference Ultra-Wideband(UWB) Radio[C]//Proceedings of CNSR' 2008. Halifax, NS, Canada, May 2008: 385-389
- [7] Nie H, Chen Z. Code-shifted reference transceiver for impulse radio ultra-wideband systems [J]. Physical Communication, 2009, 2(4): 274-284
- [8] Goeckel D L, Zhang Q. Slightly frequency-shifted reference Ultra-Wideband(UWB) radio [J]. IEEE Transactions on Communications, 2007, 55(3): 508-519
- [9] Zhang J, Hu H Y, Liu L K, et al. Code-orthogonalized transmitted-reference Ultra-Wideband(UWB) wireless communication system [C]//Proceedings of WICOM' 2007. Shanghai, China, 2007: 528-532
- [10] 解武, 曹家年, 刘世航, 等. IEEE802. 15. 4a 信道对 UWB 功率谱影响分析 [J]. 深圳大学学报: 理工版, 2010, 27(1): 43-48

(上接第 278 页)

- [12] 张德干, 班晓娟, 曾广平. 无缝迁移机制中的资源调度策略[J]. 计算机学报, 2006, 11: 2026-2037
- [13] 张德干, 徐光祐, 史元春. 面向普适计算的扩展的证据理论方法[J]. 计算机学报, 2004, 7: 918-927

- [14] 张德干, 班晓娟. 移动多媒体技术及其应用[J]. 国防工业出版社, 2006, 2
- [15] 王凤. 基于视频源端的拥塞控制算法研究[D]. 暨南大学, 2008. 6
- [16] 章森, 吴建平, 林闯. 互联网端到端拥塞控制研究综述[J]. 软件学报, 2002(3): 23-28