

# Application of TCP Congestion Control Characteristic in Communications System of Operational Command Network

Xinhua Zhang<sup>1</sup>, Haixia Shao<sup>2</sup>, Nan Sun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PLA 31432 Troops, Shenyang Liaoning

<sup>2</sup>PLA 31441 Troops, Shenyang Liaoning

Email: 543856926@qq.com

Received: July 4<sup>th</sup>, 2019; accepted: July 19<sup>th</sup>, 2019; published: July 26<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Simulink was used to simulate the common non-linear model (AIMD) in TCP congestion control algorithm, and it was applied to the communications system of operational command network. The results showed that the method was feasible, and the performance of the communications system of operational command network could be improved by using TCP congestion control characteristic.

## Keywords

TCP Congestion Control, Simulink, Operational Command Network, Performance

---

# TCP拥塞控制特性在作战指挥网络通信系统中的应用

张新华<sup>1</sup>, 邵海霞<sup>2</sup>, 孙楠<sup>2</sup>

<sup>1</sup>解放军31432部队, 辽宁 沈阳

<sup>2</sup>解放军31441部队, 辽宁 沈阳

Email: 543856926@qq.com

收稿日期: 2019年7月4日; 录用日期: 2019年7月19日; 发布日期: 2019年7月26日

---

## 摘要

利用Simulink对TCP拥塞控制算法中常见的非线性模型(AIMD)进行了模拟, 并将其应用于作战指挥网络

通信系统中。结果证明该方法是可行的,利用TCP拥塞控制特性可以提高作战指挥网络通信系统的性能。

## 关键词

TCP拥塞控制, Simulink, 作战指挥网络, 性能

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

作战指挥网络是战时各作战单元进行信息通联的载体,是实现信息上传下达的核心,网络本身运行性能的好坏会直接决定一次战事的成败,作为指挥员,关注作战指挥网络的实时运行状况,根据实际找出网络故障症结,并给出解决方案已迫在眉睫。也就是说,当作战指挥网络的整体负载超出自身的处理极限时,网络通信将会发生阻塞现象[1]。如何找出网络拥塞症结并有效避免阻塞现象的发生,从而确保网络正常有效运转已成为关键问题,而灵活运用 TCP 拥塞控制机制值得借鉴。因为运行中的作战指挥网络可以看成是一个随机服务系统,通过 TCP 拥塞控制特性提高随机服务系统的性能,从而可以改变作战指挥网络的拥塞现状。

## 2. 随机服务系统

随机服务系统又称排队系统,是研究排队现象规律的一门学科,它适用于一切服务系统,包括通信系统、计算机系统等[2] [3] [4]。正确地模拟排队系统可以得到一些重要的参数,如服务员平均服务时间、顾客平均等待时间等,这为我们考虑是否改进服务系统的性能提供了参考。如图 1 所示。

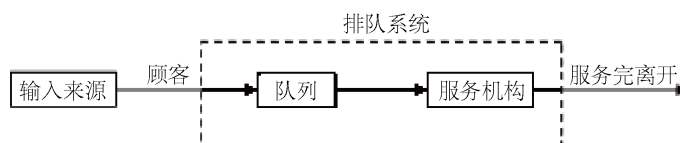


Figure 1. Stochastic service system flow

图 1. 随机服务系统流程

随机服务系统由三部分组成[5] [6]:

- 1) 信息流的依次到达规律,即信息流的抵达过程;
- 2) 未进入服务系统的信息流的排队规律,即以什么样的排队规律等待随机服务系统的服务;
- 3) 服务系统(类似于排队系统中处理信息流的节点的数量,以及处理方式等)。

根据信息流的到达时间规律/网络处理节点的处理时间分布规律/网络处理节点数目/排队规律可以将随机服务系统分成多种,这里以 M/M/1/FCFS 型随机服务系统为例进行讨论。其中 M 是指网络信息流到达时间规律和网络处理节点的处理时间分布规律均满足负指数分布,网络处理节点的数目为 1,排队规律为先到先服务。

定义如下变量:

$\lambda$ ——信息流的平均到达率, 满足负指数分布, 即  $\frac{1}{\lambda}$  表示信息流的平均到达时间间隔;

$\mu$ ——网络节点的平均处理率, 满足负指数分布, 即  $\frac{1}{\mu}$  表示平均处理时间;

$\rho$ ——网络信息流的平均处理强度, 即  $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$  (对于稳定系统,  $\rho \leq 1$ );

$L$ ——信息流的平均长度, 即  $L = \frac{\rho}{1-\rho}$  (包括等待处理的信息流数和正在接受处理的信息流数)。

### 3. TCP 拥塞控制模型

基于流体流和微分方程的 TCP 拥塞控制模型精确再现了 TCP 的瞬态特性。本文引用这个模型但是省去了 TCP 中的慢启动机制和超时重传机制[7], 用非线性微分方程表示如下:

$$\begin{cases} (1) \dot{W}(t) = \frac{1}{R(t)} - \frac{W(t)W(t-R(t))}{2R(t-R(t))} p(t-R(t)) \\ (2) \dot{q}(t) = \frac{W(t)}{R(t)} N(t) - C \\ (3) R(t) = \frac{q(t)}{C} + T_p \end{cases}$$

其中  $W(t)$  为 TCP 拥塞窗口大小,  $q(t)$  为队列长度,  $R(t)$  为返回时间,  $N(t)$  表示 TCP 进程数量,  $C$  为链路容量,  $T_p$  为传播延时,  $p(t)$  [8] 表示延迟包被标记的概率,

$p(t) = p(0) + K_p \left( q(t) - q(0) + \frac{1}{T_i} \int_0^t (q(t) - q(0)) dt \right)$ , 其中  $p(0)$ ,  $q(0)$  可通过令(1)、(2)式为零得到, 即

$p(0) = \frac{2}{W_0^2}$ ,  $W_0 = \frac{CR_0}{N}$ , ( $R_0$  为平均往返时间),  $q(0) = C(R_0 - T_p)$ ,  $T_i$ ,  $K_p$  为定值参数。

### 4. TCP 拥塞控制特性在随机服务系统中的应用

通过上述分析可知, TCP 拥塞控制特性运用于随机服务系统可通过下列变量建立联系:

$\lambda(t) = \frac{q(t)}{t}$ ——系统  $t$  时刻顾客到达率;

$\mu(t) = \frac{W(t)}{t}$ ——系统  $t$  时刻服务率;

$\rho(t) = \frac{\lambda(t)}{\mu(t)}$ ——系统  $t$  时刻服务强度;

$N(t) = L(t)$ ——系统  $t$  时刻队长;

(当系统达到稳定时,  $N(t) = L(t) = N = L = \frac{\overline{\rho(t)}}{1-\rho(t)} = \frac{\rho}{1-\rho}$ )

$T_p$ ——由于服务窗口拥塞导致的顾客等待时延。

## 5. Simulink 模拟 TCP 拥塞控制特性[9][10][11]

### 5.1. 仿真环境

Operating System: Microsoft Windows XP Version 5.1 (Build 2600: Service Pack 2)

MATLAB Version: 7.1.0.246 (R14) Service Pack 3

Simulink Version: 6.3 (R14SP3)

这里取  $R_0 = 0.2\text{ s}$ ,  $T_p = 0.05\text{ s}$ ,  $C = 3750\text{ packets/s}$ ,  $N = 60$  (稳态值)。具体仿真框图如图 2 所示。

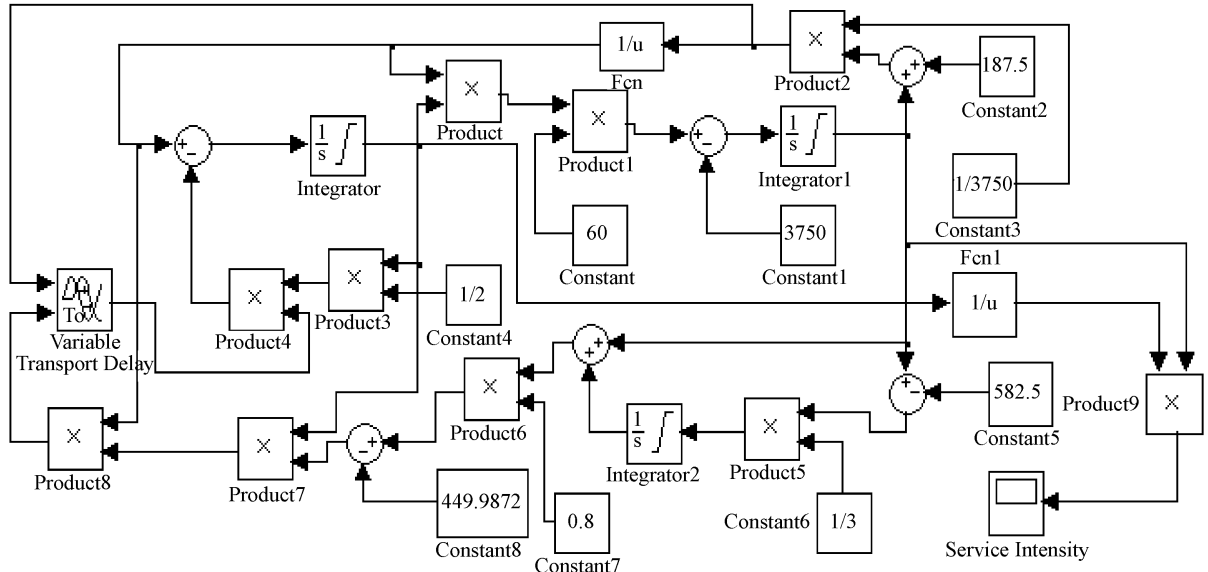


Figure 2. Simulink simulates TCP congestion control characteristics

图 2. Simulink 模拟 TCP 拥塞控制特性

### 5.2. 仿真结果演示

结果如图 3 所示。

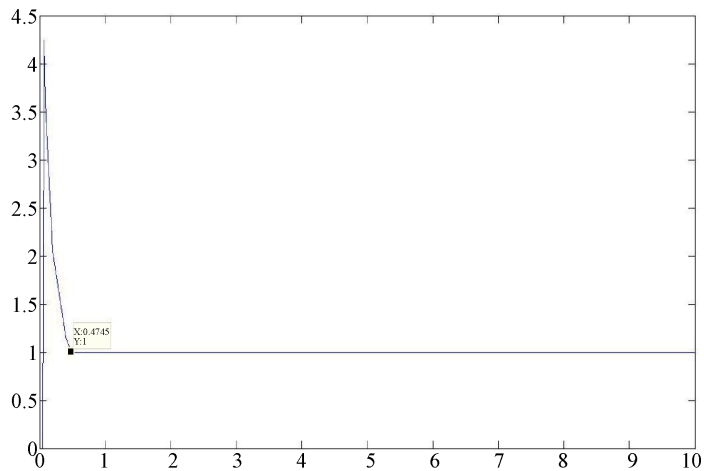


Figure 3. System service intensity

图 3. 系统服务强度  $\rho(t)$

由图 3 可以看出，当  $\rho(t) = 1$  时，即系统达到了稳定状态。此时由

$$L(t) = N(t) = N = L = \frac{\overline{\rho(t)}}{1 - \overline{\rho(t)}} = \frac{\rho}{1 - \rho} \quad (4)$$

可推算出  $\rho = \overline{\rho(t)} = 0.9836$ ，与图 3 中吻合。

另外可以适当增大  $T_p$ ，因服务窗口拥塞而等待的顾客可进一步推迟接受服务时间，这样可以缓解系统压力，即利用时延效应来提高网络性能。但进入稳定状态的时刻推迟。如图 4 所示。

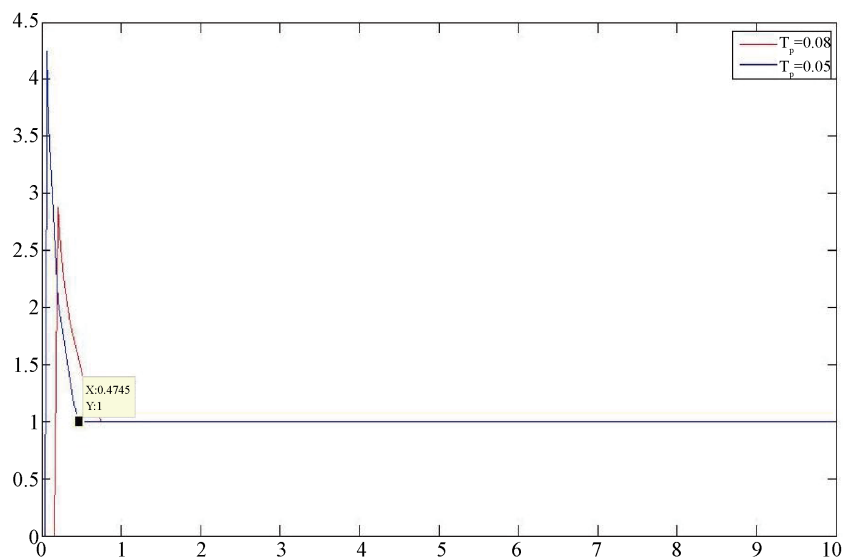


Figure 4. System service intensity with different delays

图 4. 不同时延下的系统服务强度  $\rho(t)$

## 6. 小结

可以看出，TCP 拥塞控制机制是提高随机服务系统性能的有效方法。通过该方法可使随机服务系统在网络性能参数的设置更为合理，对改变作战指挥网络通信系统的拥塞现状具有一定的参考价值。

## 参考文献

- [1] Tanenbaum, A.S. 计算机网络[M]. 潘爱民, 译. 北京: 清华大学出版社, 2004: 467-472.
- [2] 宋振峰, 席志红, 刘飞. 基于 Matlab 的 M/M/m 排队模型的仿真[J]. 现代电子技术, 2005, 28(6): 29-30.
- [3] 陈鑫林. 现代通信中的排队论[M]. 北京: 电子工业出版社, 1999.
- [4] 盛友招. 排队论及其在现代通信中的应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- [5] 杨丰瑞, 刘辉, 等. 通信网络规划[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005: 77-90.
- [6] 叶西荪, 南庚. 军事通信网分析与系统集成[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005: 27-38.
- [7] 董希华, 刘峰. TCP-AQM 拥塞控制机制的稳定性-时间域方法[J]. 微电子学与计算机, 2003, 20(11): 14-16.
- [8] 王德进. 比例-积分 TCP/AQM 网络稳定性分析的参数空间方法(英文)[J]. 自动化学报, 2007, 33(7): 757-758.
- [9] 罗超, 陈宗海, 薛福珍. 基于 Simulink 的 TCP/RED 仿真研究[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(6): 1163.
- [10] 张天魁, 郭彩丽, 曾志民, 冯春燕. 基于 Simulink 的 TCP/PI 模型仿真研究[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(12): 3554-3555.
- [11] 陈相宁, 王京, 程时昕, 等. 多个 TCP 连接的拥塞丢包模型[J]. 电子学报, 2002, 30(7): 990-994.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;  
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7991, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [aam@hanspub.org](mailto:aam@hanspub.org)