

计算机辅助网络工程设计^{*}

Computer Aided Design of Network Engineering

刘培玉 李凤英 薛庆水

(山东师范大学计算机科学系 济南250014)

Abstract Computer network engineering are very complicated and change with time and space easily. First, the current condition of computer network engineering's design is analyzed and main questions that will be solved in network engineering are researched; then the major performance parameters of networks are modeled by mathematical methods; next computer aided design system of network engineering is developed for CSMA/CD(IEEE 802.3) and token-ring(IEEE 802.5); at last it lists the advantages and disadvantages of computer aided design system of network engineering.

Keywords Aided design, Network, Modeling, Analysis, CSMA/CD, Token-Ring

1. 引言

计算机网络工程既很复杂又容易随时间和空间的变化而变化,况且通常由手工完成,显然这样做会浪费大量的人力和财力,特别是当环境条件发生变化时,以前的工程设计在很多方面都需要改变。因此,计算机网络工程的许多问题需要自动地完成。

计算机网络工程需要解决的主要问题是,网络需求分析、网络性能分析及评价。网络性能分析就是分析协议对网络性能的影响,分析在执行某一确定的协议时,网络所表现出来的性能情况。性能分析意味着建立和研究数学模型,以便尽可能精确地预测网的性能。

建立网络工程性能模型需要考虑下面几个问题:(1) LAN(局域网)拓扑结构的确定:LAN的拓扑结构常用总线形、环形,本文建立的LAN模型的拓扑结构即基于该二种。(2) LAN通信协议的确定:通信协议,本文选择的是CSMA/CD和令牌环。(3) 各种网络参数的确定:该模型的主要参数有提供的负载、输入负载、站点个数、传播速率、传输速率、通信距离、帧的长度。(4) 模型的一些假设:假设报文的到达是泊松分布,到达率为 λ 报文/秒;报文的长度分二种情况:固定长度和指数型分布长度。

2. LAN(局域网)的性能分析

对待建LAN的性能进行分析,性能参数主要为延迟时间、吞吐量和介质利用率。分析这几种参数是否在网络正常工作范围之内。

2.1 性能分析模型

2.1.1 延迟分析

(1) CSMA/CD的延迟分析。我们只找到非持续型时隙CSMA/CD的分析结果。Tobagi和Hunt采用嵌入式马尔可夫链的方法寻找时延随吞吐量变化的特性的数值解答。Tobagi-Hunt的分析假设:退避时间是由具有固定平均 β 时隙的指数型分布选择的。每个工作站的缓冲器中只能容纳一个报文,其延迟特性为:

$$D = N_1 / S \quad (1)$$

$$S = \left(\sum_{i=0}^M \pi_i P_i(i) T \right) / \left\{ \sum_{i=0}^M \pi_i [1/(1-\delta_i) + 1 + P_i(i) T + (1 - P_i(i)) r] \right\}$$

$$N_1 = \sum_{i=0}^M \pi_i [i/(1-\delta_i) + A(i)] / \left\{ \sum_{i=0}^M \pi_i [1/(1-\delta_i) + 1 + P_i(i) T + (1 - P_i(i)) r] \right\}$$

$$A(i) = \sum_{j=0}^M \sum_{k=1}^M [j(SQ')_{ij}] + \sum_{j=0}^r \sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^M [j(FQ')_{il}]$$

式中, S 指系统吞吐量, N_1 指整个周期内信道的平均积压站数, $A(i)$ 指在系统开始时刻积压站数为 i 时,忙碌期间内积压站之和, D 指每个报文的平均时延, T 指报文长度, M 指工作站数, r 指冲突时间, $P_i(i)$ 指一个周期内成功传送的概率, $(1-\delta)^{-1}$ 指空闲期间的平均长度。

各种网络参数对CSMA/CD时延的影响:(1) 工作站数目 N 对延迟时间的影响:当工作站数目增多以后,竞争的概率增加,冲突处理的等待时间增长;(2) 网络传输能力 C 对延迟时间的影响:为了得到较短的延迟时间,可以提高传输的速率 C 去实现。

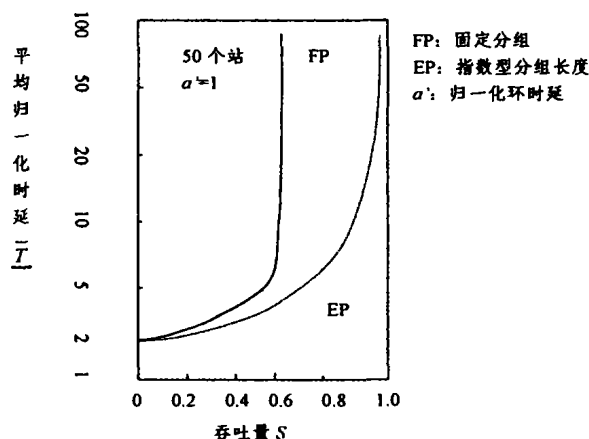


图1 单令牌平均归一化时延随吞吐量的变化曲线

^{*} 本文受山东省教委“信息网络系统的规划模型研究与软件开发”课题资助(项目号 J98F01)。刘培玉 教授,主要研究领域为计算机网络系统、数据库系统。李凤英 硕士,主要研究领域为计算机应用。薛庆水 硕士,讲师,主要研究领域为计算机网络系统。

(2)令牌环时延分析。令牌环的平均传送时间表达式:

$$t_f = \rho E[TP^2]/2(1-\rho)E[TP] + E[TP] + \tau(1-\rho/S)/2(1-\rho) + \tau/2$$

其中 $\rho = \lambda E[TP]$, $E[TP]$ 代表平均信息包服务时间, λ 为每个站到达客户数据的速率(信息包发生速率), TP 为信息包服务时间, τ 为总线情况下的最大端间延时, S 为工作站数。

对于单令牌操作有固定长度分组: 归一化平均传送延时 T' 为:

$$\text{当 } a' \leq 1 \text{ 时, } T' = 1 + a'/2 + a'(1-S/M)/2(1-S) + S/2(1-S); \text{ 当 } a' > 1 \text{ 时, } T' = 1 + a'/2 + a'(1-Sa'/M)/2(1-Sa') + S(a')^2/2(1-Sa').$$

指数型分布长度分组:

$$T' = 1 + a'/2 + a'[1 - S(e^{-a'} + a')/M]/2[1 - S(e^{-a'} + a')] + S[(a')^2 + 2(1+a')e^{-a'}]/2[1 - S(e^{-a'} + a')]$$

其中 $a' = a(1+MB)/X$, $\tau' = \tau + MB/R$, B 为站延时比特。 T 随 S 、 a' 、 L 、 M 的增加而上升, 随 R 、 X' 的增加而下降。

单令牌平均归一化时延随吞吐量和归一化环延时 a' 的变化曲线见图1和图2。

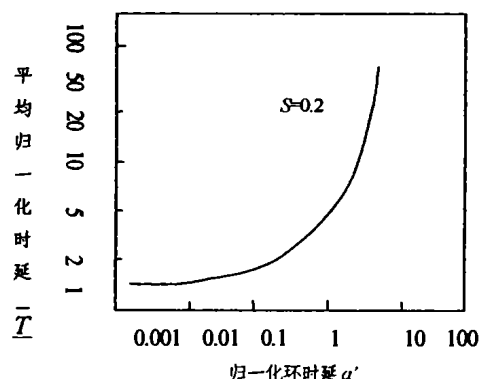


图2 单令牌平均归一化时延 a 变化曲线
(50个站、指数型分布分组长度)

2.1.2 吞吐量分析

(1)CSMA/CD 的吞吐量分析。非持续型 CSMA/CD(无限用户):

$$S = (Ge^{-aG})/[Ge^{-aG} + raG(1-e^{-aG}) + 2aG(1-e^{-aG}) + (2-e^{-aG})]$$

其中 $r = J/\tau$, τ 为传播周期, J 为阻塞信号时长。

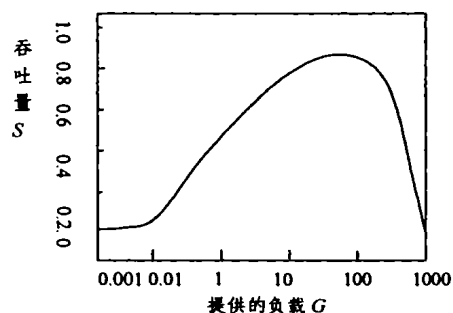


图3 非持续型 CSMA/CD 吞吐量随负载 G 的变化曲线
— $a=0.01$; $T=1$

非持续型时隙 CSMA/CD(无限用户):

$$S = (aGe^{-aG})/[aGe^{-aG} + ar(1-e^{-aG} - aGe^{-aG}) + a(2-e^{-aG} - aGe^{-aG})]$$

CSMA/CD 吞吐量随负载 G 的变化曲线($a=0.01$; $T=1$)见图3和图4。

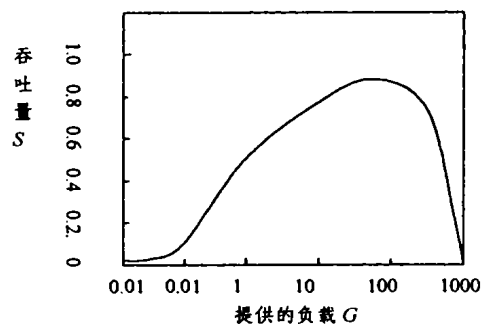


图4 非持续型时隙 CSMA/CD 吞吐量随负载 G 的变化曲线— $a=0.01$; $T=1$

(2)令牌环吞吐量分析

$$S = M\lambda(X/R)$$

S 随 M 、 λ 、 X 的增加而线性增加, 随 R 的增加而减少。

2.1.3 介质利用率分析

(1)CSMA/CD 介质利用率分析

$$U = 1/[1 + 2a(1-A)/A], U_{N \rightarrow \infty} = 1/(1 + 3.44a)$$

其中 $A = (1 - 1/N)^{N-1}$ 。工作站数目 N 对网络效率 U 的影响: 当工作站数目 N 增加时, 导致网络效率 U 下降。

帧长 P 对网络效率 U 的影响: 效率 U 随 P 增加而增大。在网络的使用中, 传输长的信息组较传输短的信息组有较高的效率。

网络长度 L 对网络效率 U 的影响: 随 L 的增加, U 降低。故 L 的长度除受限于网络驱动器的驱动能力外, 还受限于时间片、 U 等因素, 不可太长。

网络传输能力 C 对网络效率 U 的影响: 提高 C 会提高网络的工作速度, 使传输加快, 但同时却会使 U 下降, 因为它增加的效果恰好与信息组长度 P 减小的效果相同, 这会使竞争所占用的时间比例增加。

上述结论都是在连续不断的重负载条件下推出的, 在轻负载条件下, 情况有所不同。在轻负载条件下, 提高 C 值可以加快信息的传递过程, 有可能减小冲突产生的概率。

(2)令牌环介质利用率分析。当 $a < 1$ 时, 介质利用率 $U = 1/(1 + a/N)$; 当 $a > 1$ 时, $U = 1/[a(1 + 1/N)]$ 。

各种网络参数对令牌环介质利用率的影响: (1)工作站数目 N 对网络效率的影响: 当工作站数目 N 增加时, 效率 U 增高; (2)网络总线长度 L 对效率的影响: 当网络总线介质的长度 L 增加时, U 会有所下降; (3)帧信息长度 P 对效率的影响: 当帧信息组长度 P 增加后, 效率 U 会有所增加; (4)数据传输速率 C 对效率的影响: 当数据传输速率 C 提高时, 会使效率 U 有所下降。

2.2 CSMA/CD 和令牌环的性能比较及结论

通过上面的分析, 比较 CSMA/CD 和令牌环的性能得出结论: (1)CSMA/CD 和令牌环对站点个数都不是很敏感, 对实际的输入负载比较敏感。(2)CSMA/CD 对传播时延 a 比较敏感, 令牌环对环路传播时延不是很敏感。(3)CSMA/CD 冲突不可避免, 令牌环不发生冲突。(4)CSMA/CD 的介质利用率随 a 的上升下降较快, 而令牌环的介质利用率随 a 的上升下降较慢。

3. 计算机辅助网络工程规划设计系统

计算机辅助网络工程规划设计系统主要由以下几个功能模块组成:

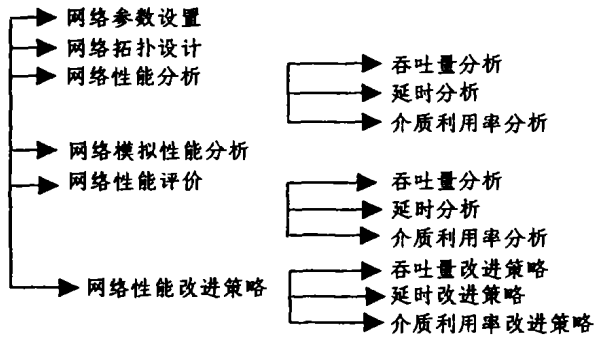


表1所示为令牌环的部分模拟结果,根据模拟得到的数据绘出的吞吐量-平均延迟曲线如图5:

表1

包的最大个数	平均延迟(ms)	吞吐量(packets/s)
100	0.128	436
200	0.139	439
300	0.140	442
400	0.141	458
500	0.141	465
1000	0.140	482

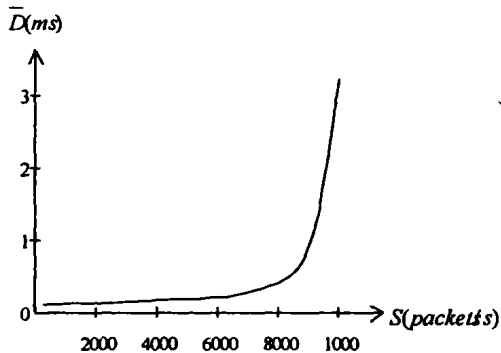


图5 令牌环平均延迟与吞吐量的关系曲线

CSMA/CD 和令牌环系统分析结果如图6:

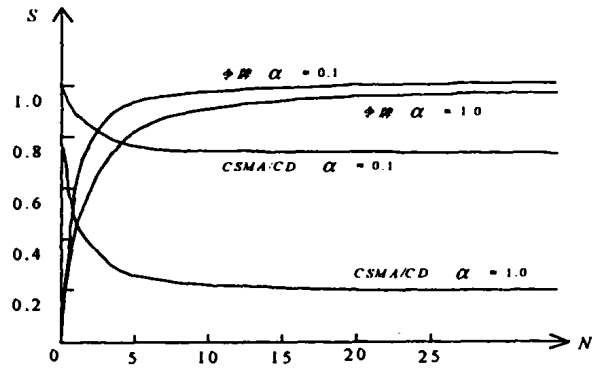


图6 CSMA/CD和令牌环的 N-S 曲线

网络工程辅助设计系统的优点是:大大缩短网络工程建设周期;减少了人力和财力的浪费;提高了工程的可扩展性和适应性;未建网前即可预测网络的性能;为科学规划网络工程提供了理论依据。其不足是:对具体网络设备的考虑上欠缺些;所建立的网络模型并不能完全代替物理系统;系统对高层的协议性能考虑得少些;要想使计算机网络工程辅助设计系统几乎完全接近物理系统,还需要做大量的工作。随着软件技术的迅速发展,相信这种要求是能够逐渐实现的。

参考文献

- 1 黄叔武,杨一平. 计算机网络工程教程. 北京:清华大学出版社, 1999. 100~120
- 2 王宝济. 网络建设实用指南. 北京:人民邮电出版社, 1999. 160~170
- 3 [美]Breger R, Riley S, 肖文贵, 肖丹等译. Switched and Fast Ethernet Second Edition. 电子工业出版社, 1999. 150~167
- 4 钟嘉强译. J. L. Hammond Peter J. P. O'Reilly Performance Analysis of Local Computer Networks. 人民邮电出版社, 1986. 230~245
- 5 Tobagi F A, Hunt V B. Performance Analysis of Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection. Computer Network, 1980(4): 240~255
- 6 何诚. 计算机局部网络结构与性能分析. 北京:中国科学技术出版社, 1989. 240~266
- 7 Tobagi F A, Hunt V B. Performance Analysis of CSMA/CD. Computer Networks, 1980(4): 160~180

(上接第130页)

到一个回叫对象——通常这是一个管理客户机上或网络服务器上持久队列的对象。

·有队列识别的服务器必须提供一个 MOA。服务器必须提供一个由 POA 衍生而来的消息对象适配器(MOA)。MOA 允许有队列识别的服务器控制它处理请求的顺序。

·消息可以是对象。利用 CORBA3.0 按值传送以及象查询和持久性之类的对象服务,可以存储,查询,检索和传送这些消息,在周围传递这些消息。

CORBA MOM 最有可能建立 IIOP 在协议之上,但必须保证 CORBA 和 MOM 的结合是动态的,这为分布对象增加了大量新的可能性。例如:MOM 能与 CORBA 服务——比如事件,查询和交易器一类的服务集成,为 Object Web 提供非常强大的 Publish-Subscribe 系统。

参考文献

- 1 Orfali R, Haarkey D, Edwards J. Instant CORBA. 1997. 202~206
- 2 O MG. The Common Object Request Broker Architecture and Specification. 1998, 7
- 3 OMG. CORBA Messaging. Joint Revised Submission. Document orbos, 1998(5): 5
- 4 Otte R, Patrick P, Roy M. Understanding CORBA. New Jersey: Prentice Hall, 1995
- 5 Vinoski S. CORBA. Integrating diverse application within distributed heterogeneous environments. IEEE Communication Magazine, 1997. 35(2): 45~55
- 6 Object Management Group. CORBA successful stories. <http://www.corba.org/>
- 7 刘锦德, 苏森. CORBA 技术的新发展. 计算机应用, 1999, 19(5): 5
- 8 Craig T, Gil H. Current web architecture. Object services and Consulting, Inc. 1996