



文章编号:1001-9081(2019)05-1416-05

DOI:10.11772/j.issn.1001-9081.2018051122

区分站点状态的两级轮询控制系统

杨志军^{1,2*}, 孙洋洋¹

(1. 云南大学 信息学院, 昆明 650500; 2. 云南省教育厅, 昆明 650223)

(*通信作者电子邮箱 2489978962@qq.com)

摘要:针对提高轮询控制模型工作效率和区分网络优先级的问题,提出了区分站点忙闲状态的完全-门限两级轮询控制模型(ETTPSS)。模型以两级优先级为基础,依据站点的忙闲状态采用并行处理方式只对忙站点进行信息分组发送服务。模型既能区分传输服务优先级又能避开对无信息分组的空闲站点的查询,从而提高了模型资源利用率和工作效率。运用概率母函数与马尔可夫链相结合的方法对该模型进行理论分析研究,精确解析了模型各个重要性能参数。仿真实验结果表明,仿真值与理论值近似相等,说明理论分析正确合理。与普通轮询模型相比,该模型性能大幅度提高。

关键词:优先级;忙站点;轮询模型;利用率;工作效率

中图分类号: TN911 **文献标志码:**A

Two-level polling control system for distinguishing site status

YANG Zhijun^{1,2*}, SUN Yangyang¹

(1. School of Information Science and Engineering, Yunnan University, Kunming Yunnan 650500, China;

2. Yunnan Provincial Department of Education, Kunming Yunnan 650223, China)

Abstract: To improve the work efficiency of polling control model and distinguish network priorities, an Exhaustive-Threshold Two-stage Polling control model based on Site Status (ETTPSS) was proposed. Based on two levels of priority, parallel processing was used to only send information to busy sites according to busy and idle states of sites. The model could not only distinguish the priorities of transmission services but also avoid the queries to the idle sites without information packets, thereby improving model resource utilization and work efficiency. The method of probabilistic generating function and Markov chain was used to analyze the model theoretically, and the important performance parameters of the model were analyzed accurately. The simulation results show that the simulation values and the theoretical values are approximately equal, indicating that the theoretical analysis is correct and reasonable. Compared with normal polling model, the model performance is greatly improved.

Key words: priority; busy site; polling model; utilization; work efficiency

0 引言

轮询控制模型具有服务质量保障的优点,一直是通信网络中媒体访问控制(Media Access Control, MAC)一种重要的调度方式,使其在现代网络中应用非常普遍^[1]。文献[2]分析研究了轮询控制模型在大数据流式计算平台Apache Storm中的应用;文献[3-5]分析研究了轮询控制模型在计算机网络异构无线网络以及信息采集的应用。

轮询控制模型中,对无信息分组的空闲站点的查询会浪费模型资源。文献[6]通过对有信息分组发送需求的忙站点分配信道避免空闲查询,且服务器完成对当前站点的信息发送后需要经过一个转换查询时间才能对下一个需要信息发送的站点进行服务,而采用并行调度控制方式^[7],就是把查询和服务过程进行并行处理,不再消耗模型的转换查询时间。不过,轮询表的生成与站点忙闲状态相互独立,特别是当站点空闲时间较长时,接收者每次轮询都要对空闲站点进行查询监听,造成模型的工作效率和资源利用率大幅度降低,并且也

不能区分网络业务优先级。文献[8]构建“完全+门限”轮询服务两级模型以区分业务优先级,但是该模型查询服务包括空闲站点在内的所有站点,信道利用率受到限制。文献[9]提出区分站点状态的限定($K=2$)服务方式。文献[10]提出区分站点状态的完全服务方式,虽然文献[9-10]基于不同的轮询服务方式来区分站点的忙闲状态,以降低系统的平均等待时间和能耗来提高系统网络资源利用率,但并未设置中心站点和普通站点来区分网络业务的传输优先级。

针对上述问题,本文依据轮询模型的动态性^[11],提出了区分站点忙闲状态的完全-门限两级轮询控制模型(Exhaustive-Threshold Two-level Polling control model based on Site Status, ETTPSS)。该模型算法与文献[9-10]相比,最大的创新是进行中心站点与普通站点的两级设置,中心站点传输高优先级业务,普通站点传输低优先级业务,解决了网络业务传输优先级的问题。该模型算法与文献[9-10]模型算法相同之处就是同样根据站点的忙闲状态,对有发送需求的忙站点进行信息分组的发送服务,且服务过程与查询过程采用

收稿日期:2018-06-01;修回日期:2018-07-30;录用日期:2018-07-31。 基金项目:国家自然科学基金资助项目(61461054, 61461053)。

作者简介:杨志军(1968—),男,云南保山人,研究员,博士,主要研究方向:计算机网络; 孙洋洋(1993—),男,河南周口人,硕士研究生,主要研究方向:轮询控制模型、无线网络。



并行处理方式,节省了转换查询时间,提高了模型工作效率。运用概率母函数^[12]与马尔可夫链^[13]相结合的方法对该模型进行分析研究,仿真实验表明该模型理论分析的正确合理性。

1 模型分析

1.1 模型描述

如图1所示,模型由1个服务器、1个中心站点 h 和 N 个普通站点组成。

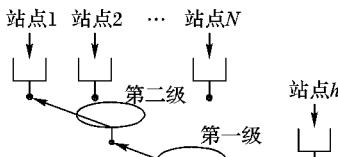


图1 轮询模型

Fig. 1 Polling model

根据模型原理把站点区分为忙闲两种状态:

- 1) 忙状态。站点存储器中有等待发送的信息分组。
- 2) 闲状态。站点存储器中无等待发送的信息分组。

每次轮询前服务器根据站点状态更新轮询表,服务器只对忙站点进行发送服务。由于忙站点均有信息分组等待发送,所以在查询时间小于服务时间的前提下,依据并行处理,服务器在服务当前站点时采用捎带技术对下一个站点进行查询,所以在服务过程中服务器不再消耗单独的站点之间的转换查询时间,还避免了对无信息分组的空闲查询,从而提高了模型工作效率和资源利用率。服务器按照两级轮询原则进行服务:服务器每次服务完一个普通忙站点后,都要转向中心站点进行服务,中心站点服务完成后,服务器再转向下一个需要服务的普通忙站点。服务过程中服务器对中心站点采用完全服务方式:服务器每次都要将站点存储器内的信息分组全部发送完成后才转至普通忙站点,对普通忙站点采用门限服务方式:服务器每次只发送服务开始时刻之前到达的信息分组,对于服务期间到达的信息分组,将在下一次轮询时进行发送。

1.2 变量定义

$\mu_i(n)$:表示 i 号普通忙站点完成发送服务后,转换到中心站点的时间损耗;

$v_i(n)$:表示服务器对 i 号忙站点完成发送服务所需要的时间;

$v_h(n^*)$:表示服务器对中心站点完成发送服务所需要的时间;

$\mu_j(\mu_i)$:表示在 $\mu_i(n)$ 时间内进入第 j 个站点的数据信息分组个数;

$\eta_j(v_i)$:表示在 $v_i(n)$ 时间内进入第 j 个站点的数据信息分组个数;

$\eta_j(v_h)$:表示在 $v_h(n^*)$ 时间内进入第 j 个站点的数据信息分组个数。

1.3 模型假设条件

1) 到达各站点的信息分组服从独立同分布的泊松分布,其分布的概率母函数、均值、方差分别是 $A_i(z_i)$ 、 $\lambda = A'(1)$ 、 $\sigma_{\lambda}^2 = A''(1) + \lambda - \lambda^2$;中心站点的信息分组分布为 $A_h(z_h)$ 、

$\lambda_h = A'_h(1)$ 以及 $\sigma_{\lambda_h}^2 = A''_h(1) + \lambda_h - \lambda_h^2$ 。

2) 服务器对任意一个站点内的信息分组的服务时间服从独立、同分布的概率分布,其分布的概率母函数、均值、方差分别是 $B_i(z_i)$ 、 $\beta = B'(1)$ 、 $\sigma_{\beta}^2 = B''(1) + \beta - \beta^2$;中心站点的信息分组分布为 $B_h(z_h)$ 、 $\beta_h = \beta'_h(1)$ 以及 $\delta_{\beta_h}^2 = B''_h(1) + \beta_h - \beta_h^2$ 。

3) 每个终端站点内的存储器有足够的缓存容量,不会发生信息分组丢失。

4) 对于进入到存储器内的信息分组,将按照先到先服务(First Come First Service, FCFS)的策略进行发送服务。

1.4 概率母函数

假定在 t_n 时刻 $i(i=1,2,\dots,N)$ 号普通忙站点接受服务器的发送服务,当 i 号忙站点按门限服务的规则对存储器内缓存的信息分组服务完成后,在 t_{n+1} 时刻服务器转去服务中心站点。定义随机变量 $\xi_i(n)$ 为 $i(i=1,2,\dots,N)$ 号普通忙站点在 t_n 时间其存储器内缓存的等待被服务的信息分组的个数,则在 t_n 时刻的状态可表示为 $\{\xi_1(n), \xi_2(n), \dots, \xi_N(n)\}$,随机变量 $\xi_h(n)$ 为中心站点在 t_{n+1} 时刻其存储器内缓存的等待被服务的信息分组的个数,在 t_{n+1} 时刻模型的状态可表示为 $\{\xi_1(n+1), \xi_2(n+1), \dots, \xi_N(n+1)\}$ 。轮询模型的站点数量相对确定,服务开始时刻模型状态是可数的,由离散时间可数状态变量可构成嵌入式马尔可夫链,在模型稳定条件下,该马尔可夫过程是齐次、不可约、非周期的、并且有唯一的稳态分布。稳态状态下概率分布为 $p[\xi_i(n) = x_i; i = 1, 2, \dots, N] = \pi_i(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N, x_h)$ 。

轮询控制模型的状态变化可以用马尔可夫链来描述,在模型稳定条件下,该马尔可夫过程是齐次、不可约、非周期的、并且有唯一的稳态分布。在 $\sum_{i=1}^N \rho_i + \rho_h = N\rho + \rho_h < 1$ 的模型稳定分布下其概率分布母函数^[11]定义为:

$$G_i(z_1, z_2, \dots, z_N, z_h) = \sum_{x_1=0}^{\infty} \sum_{x_2=0}^{\infty} \dots \sum_{x_i=0}^{\infty} \dots \sum_{x_N=0}^{\infty} \sum_{x_h=0}^{\infty} \pi_i(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N, x_h) \cdot z_1^{x_1} \dots z_i^{x_i} \dots z_N^{x_N} z_h^{x_h} \quad (1)$$

当服务器在 t_{n+1} 时刻开始对 $i+1$ 号忙站点服务时,有关系式:

$$\begin{cases} \xi_j(n^*) = \xi_j(n) + \mu_j(\mu_i) + \eta_j(v_i), & j = 1, 2, \dots, N, h, i \neq j \\ \xi_i(n^*) = \mu_j(\mu_i) + \eta_j(v_i) \\ \xi_j(n+1) = \xi_j(n^*) + \eta_j(v_h), & j = 1, 2, \dots, N, h \\ \xi_h(n+1) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

服务器查询中心站点时模型状态变量的概率母函数为:

$$G_{ih}(z_1, z_2, \dots, z_n, z_h) = \lim_{t \rightarrow \infty} E \left[\prod_{j=1}^N z_i^{\xi_j(n^*)} z_h^{\xi_h(n^*)} \right] \quad (3)$$

将式(1)、(2)代入式(3)得到:

$$\begin{aligned} G_{ih}(z_1, z_2, \dots, z_n, z_h) &= G_i(z_1, z_2, \dots, \\ &\quad B_i \left(\prod_{j=1}^N A_j(z_j) A_h(z_h) \right), z_{i+1}, \dots, z_n, z_h) - G_i(0, 0, \dots, 0, \\ &\quad 0) + \prod_{j=1}^N A_j(z_j) A_h(z_h) \cdot G_i(0, 0, \dots, 0, 0) \end{aligned} \quad (4)$$



服务器查询 $i+1$ 号普通站点时模型状态变量的概率母函数为:

$$G_{i+1}(z_1, z_2, \dots, z_n, z_h) = \lim_{t \rightarrow \infty} E\left[\prod_{i=1}^N z_i^{\xi_i(n+1)} z_h^{\xi_h(n+1)}\right] \quad (5)$$

将式(1)、(2)代入式(5)得到:

$$G_{i+1}(z_1, z_2, \dots, z_n, z_h) = G_{ih}\left(z_1, z_2, \dots, z_N, B_h\left(\prod_{j=1}^N A_i(z_j) F\left(\prod_{j=1}^N A_i(z_j)\right)\right)\right) \quad (6)$$

其中: $i = 1, 2, \dots, N, F_h(z_h) = A_h(B_h(z_h)F_h(z_h)))$, $G_i(0, 0, \dots, 0, 0)$ 为 t_n 时刻全部 N 个普通站点存储器内存储的信息分组数均为 0 时的模型状态变量概率分布母函数。

1.5 平均排队队长

定义 1 在 t_n 时刻第 i 号站点开始接受发送服务时, 第 j 号站点存储器内缓存的等待发送的信息分组数为 $g_i(j)$ 就是模型平均排队队长。定义模型一阶偏导:

$$g_i(j) = \lim_{z_1, z_2, \dots, z_N \rightarrow \infty} \frac{\partial G_i(z_1, z_2, \dots, z_N, z_h)}{\partial z_j}; \quad i = 1, 2, \dots, N, h, j = 1, 2, \dots, N, h \quad (7)$$

定义 2 当 $z_i = 0$ 时的数据信息数为 $g_{i0}(j)$:

$$g_{i0}(j) = \lim_{z_1, z_2, \dots, z_{i-1}, z_{i+1}, \dots \rightarrow 1} \frac{\partial G_i(z_1, z_2, \dots, z_{i-1}, 0, z_{i+1}, \dots, z_N, z_h)}{\partial z_j}; \quad i = 1, 2, \dots, N, h; j = 1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, N, h \quad (8)$$

式中将 $G_i(0, 0, \dots, 0, 0)$ 记为 C , 且 $\rho = \lambda\beta$ 。

根据式(7)、(8), 对式(3)、(4)求其一阶偏导计算化简得到式(9)和式(10)。

模型普通站点平均排队队长:

$$g_i(i) = NCA\lambda/(1 - \rho_h - N\rho) \quad (9)$$

模型中心站点平均排队队长:

$$g_{ih}(h) = C\lambda_h(1 - \rho_h)/(1 - \rho_h - N\rho) \quad (10)$$

1.6 模型吞吐量

定义 3 模型吞吐量是指单位时间内模型所能传输的信息分组数。根据模型原理得到模型吞吐量为:

$$T = N\lambda\beta + \lambda_h\beta_h \quad (11)$$

1.7 平均等待时间

定义 4 信息分组平均等待时间为信息分组进入站点存储器到其开始被发送出去的这段时间。

定义模型二阶偏导特性:

$$g_i(j, k) = \lim_{z_1, z_2, \dots, z_{N-1}} \frac{\partial^2 G_i(z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_k, \dots, z_N, z_h)}{\partial z_j \partial z_k}; \quad i = 1, 2, \dots, N, h, j = 1, 2, \dots, N, h, k = 1, 2, \dots, N, h \quad (12)$$

根据式(7)、(8)、(12), 对式(3)、(4)求其二阶偏导计算得到:

$$\begin{aligned} g_{i+1}(k, l) &= \lambda^2\beta^2 g_i(i, i) + \lambda\beta g_i(i, l) + [\lambda^2 B''(1) + \\ &\quad \lambda^2\beta] g_i(i) + C\lambda^2 + \lambda\beta_h[1 + F'(1)] g_{ih}(k, h) + \\ &\quad \lambda^2 B_h''(1)[1 + F'(1)]^2 g_{ih}(h) + \lambda\beta g_i(k, i) + g_i(k, l) + \\ &\quad \lambda^2\beta_h[1 + 3F'(1) + F''(1)] g_{ih}(h) + \lambda\beta_h[1 + \\ &\quad F'(1)] g_{ih}(h, l) + \lambda^2\beta_h^2[1 + F'(1)]^2 g_{ih}(h, h) \end{aligned} \quad (13)$$

$$g_{i+1}(k, i) = \lambda^2\beta^2 g_i(i, i) + [\lambda^2 B''(1) + \lambda^2\beta] g_i(i) +$$

$$\begin{aligned} &g_i(k, i) + \lambda^2 B_h''(1)[1 + F'(1)]^2 g_{ih}(h) + \lambda^2\beta_h[1 + \\ &\quad 3F'(1) + F''(1)] g_{ih}(h) C\lambda^2 + \lambda\beta_h[1 + F'(1)] g_{ih}(k, \\ &\quad h) + \lambda\beta_h[1 + F'(1)] g_{ih}(h, i) + \lambda^2\beta_h^2[1 + \\ &\quad F'(1)]^2 g_{ih}(h, h) \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} g_{i+1}(i, l) &= \lambda^2\beta^2 g_i(i, i) + \lambda\beta g_i(i, l) + [\lambda^2 B''(1) + \\ &\quad \lambda^2\beta] g_i(i) + \lambda^2 B_h''(1)[1 + F'(1)]^2 g_{ih}(h) + \lambda^2\beta_h[1 + \\ &\quad 3F'(1) + F''(1)] g_{ih}(h) + C\lambda^2 + \lambda\beta_h[1 + \\ &\quad F'(1)] g_{ih}(i, h) + \lambda\beta_h[1 + F'(1)] g_{ih}(h, l) + \\ &\quad \lambda^2\beta_h^2[1 + F'(1)]^2 g_{ih}(h, h) \end{aligned} \quad (15)$$

$$g_{ih}(k, h) = \lambda\lambda_h\beta^2 g_i(i, i) + [\lambda\lambda_h B''(1) + \lambda\lambda_h\beta] g_i(i) + \lambda\beta g_i(k, i) + g_i(k, h) + \lambda\lambda_h C + \lambda\beta g_i(i, h) \quad (16)$$

根据模型二阶特性, 对式(13)~(16)进行化简叠加求和计算得到:

模型普通站点平均等待时间:

$$\begin{aligned} E(W_i) &= \frac{(1 - \rho_h - N\rho + \rho)(1 - \rho_h)^2 A''(1) + N\lambda^3(1 - \rho_h)B''(1)}{2\lambda^2(1 - \rho_h)(1 - \rho_h + \rho)(1 - \rho_h - N\rho)^2} + \\ &\quad \frac{(\lambda\beta_h)^2(1 - \rho_h)A_h''(1) + \lambda^2\lambda_h(1 - \rho_h)B_h''(1) + \lambda^2(N\rho - \rho + 2\rho_h)}{2\lambda^2(1 - \rho_h)(1 - \rho_h + \rho)(1 - \rho_h - N\rho)^2} \end{aligned} \quad (17)$$

模型中心站点平均等待时间:

$$\begin{aligned} E(W_h) &= \frac{\lambda\lambda_h^2\beta^2(1 - \rho_h - N\rho + \rho)(1 - \rho_h)^2 A''(1)}{2\lambda_h^2(1 - \rho_h)^2(1 - \rho_h + \rho)(1 - \rho_h - N\rho)} + \\ &\quad \frac{N\lambda\lambda_h^2\beta^2(1 - \rho_h)^2 B''(1) + \lambda_h^3(1 - \rho_h)^2(\rho - \rho_h)B_h''(1)}{2\lambda_h^2(1 - \rho_h)^2(1 - \rho_h + \rho)(1 - \rho_h - N\rho)} + \\ &\quad \frac{\rho_h(1 - \rho_h)^2[N\rho^2\rho_h - (1 - \rho_h - N\rho)(1 - \rho_h + \rho)]}{2\lambda_h^2(1 - \rho_h)^2(1 - \rho_h + \rho)(1 - \rho_h - N\rho)} + N\lambda_h^2\rho^2(1 - \rho_h)^2 \end{aligned} \quad (18)$$

2 实验分析

2.1 实验仿真

根据 1.5、1.6、1.7 节所求得的 ETTPSS 模型的平均排队队长、吞吐量、平均等待时间的表达式, 在满足模型稳定条件下进行仿真实验, 且 ETTPSS 模型平均排队队长的理论值为式(9)、(10), 吞吐量理论值为式(11), 平均等待时间理论值为式(17)、(18)。模拟仿真在 Matlab 2014a 平台完成。在程序中调用函数生成以 λ_i 为平均值的随机泊松序列来模拟站点单位时间内信息分组的到达数量。仿真实验处于理想状态, 也就是所有的信息分组都能够发送成功, 不会发生重传和信息分组丢失, 归一化处理后, 时间轴按时隙划分, 且时隙是以 μs 为单位, 定义一个时隙宽度为 $20 \mu s$ 。到达率以分组/时隙为单位, 平均排队队长以信息分组为单位, 定义信息分组长度为 $1100 B$ 。平均等待时间以时隙为单位, 吞吐量的单位是信息分组, 并且模拟仿真结果均作了归一化处理, 是系统各个特性的归一化的平均值, 故模拟仿真结果是一条不间断的连续实线。仿真实验满足下列条件:

1) 采用并行调度方式, 无转换查询时间。

2) 每个站点在任一单位时隙内进入其存储器内的数据包数服从泊松分布。



3)对称控制模型即到达各站点的信息分组服从相同的概率分布。

$$4) \text{ 模型稳定条件为 } \sum_{i=1}^N \rho_i + \rho_h = N\rho + \rho_h < 1.$$

5)模型各仿真参数标注于图形下方。

2.2 结果分析

首先从图2~8能够看出,本文采用的概率母函数与马尔可夫链相结合的理论分析方法能较为合理地描述ETTPSS两级轮询控制模型,理论计算值和模拟仿真值近似程度较好。

图2~3分别描述了平均排队队长和平均等待时间与到达率的关系,随着到达率的增加平均排队队长与平均等待时间也相应合理增加,且中心站点与普通站点的平均排队队长与平均等待时间优先级区分明显。当普通站点的到达率远小于中心站点时其平均排队队长与平均等待时间还是明显大于中心站点,这是因为每次对普通站点服务完成后,服务器都要转向中心站点进行服务,因此中心站点得到更多服务时间,所以其平均排队队长与平均等待时间明显低于普通站点。

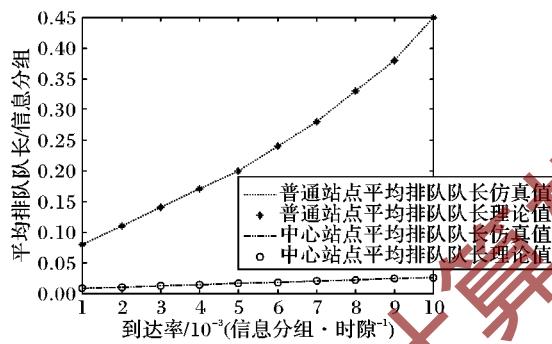


图2 平均排队队长与到达率关系($N=20, \beta=2, \beta_h=1, \lambda_h=0.01$)

Fig. 2 Relationship between average queue length and arrival rate ($N=20, \beta=2, \beta_h=1, \lambda_h=0.01$)

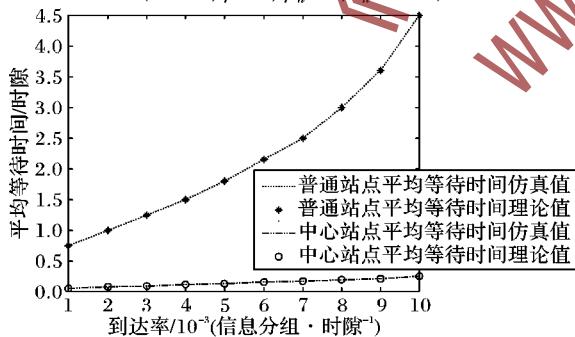


图3 平均等待时间与到达率关系($N=20, \beta=2, \beta_h=1, \lambda_h=0.01$)

Fig. 3 Relationship between average waiting time and arrival rate ($N=20, \beta=2, \beta_h=1, \lambda_h=0.01$)

图4描述了模型吞吐量与到达率的关系,吞吐量随到达率的增大合理增加,另一方面,如图2~3所示到达率的增大同时造成平均排队队长与平均等待时间的增加,所以应该以平均排队队长或平均等待时间作为增加模型吞吐量时的限制条件。

ETTPSS控制模型的核心为区分站点忙闲状态来提高模型工作效率,与文献[8]的“完全+门限”普通两级轮询控制模型比较,得出下列结果。

图5描述了在相同实验环境条件下,普通“完全+门限”

两级轮询模型的普通站点与中心站点的平均等待时间明显大于ETTPSS轮询模型,这是因为ETTPSS轮询模型避免了对无信息分组的空闲站点的查询,使得忙站点得到查询服务的频率增加,从而缩短了模型平均等待时间。

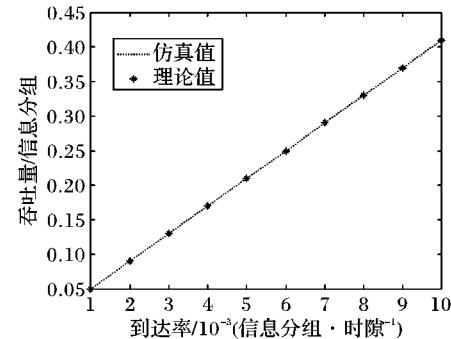
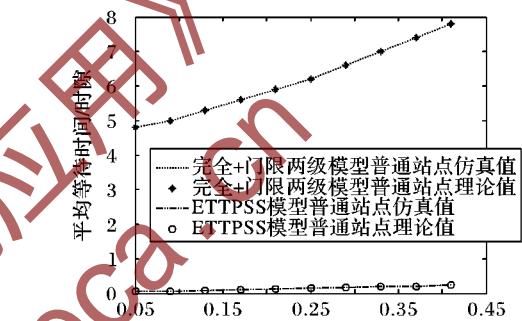
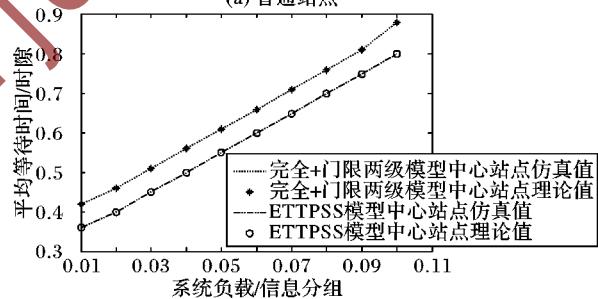


图4 吞吐量与到达率关系($N=20, \beta=2, \beta_h=1, \lambda_h=0.01$)

Fig. 4 Relationship between throughput and arrival rate ($N=20, \beta=2, \beta_h=1, \lambda_h=0.01$)



(a) 普通站点



(b) 中心站点

图5 新模型平均等待时间与“完全+门限”模型比较

($N=10, \beta=1, \beta_h=2, \lambda_h=0.01$)

Fig. 5 Comparison of average waiting time of new model with “exhaustive + threshold” model ($N=10, \beta=1, \beta_h=2, \lambda_h=0.01$)

由图3~4可知,模型平均等待时间与模型吞吐量随到达率的增加也相应增大,图6表明了普通站点平均等待时间与模型吞吐量的关系,可以看出在相同的吞吐量下,普通“完全+门限”两级轮询模型的平均等待时间明显大于ETTPSS轮询模型,也就是在相同的平均等待时间条件下ETTPSS轮询模型能实现更大吞吐量。

由图7可以看出,完全门限普通站点与中心站点的平均等待时间明显大于本文ETTPSS轮询模型,这是因为本文区分站点的忙闲状态,只对有信息分组发送需求的忙站点提供服务,使得中心站点与普通站点的工作效率均得以大幅度提高。

QoS关键技术指标包含吞吐量、时延和时延变化等。如



图3~7所示,ETTPSS模型可以实现更高的吞吐量,极大降低模型时延且时延变化缓慢波动小,具有良好的QoS保障。

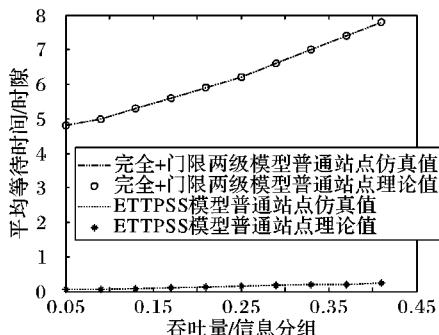


图6 普通站点平均等待时间比较($N=10, \beta=1, \beta_h=2, \lambda_h=0.01$)

Fig. 6 Comparison of average waiting time for regular sites

$$(N=10, \beta=1, \beta_h=2, \lambda_h=0.01)$$

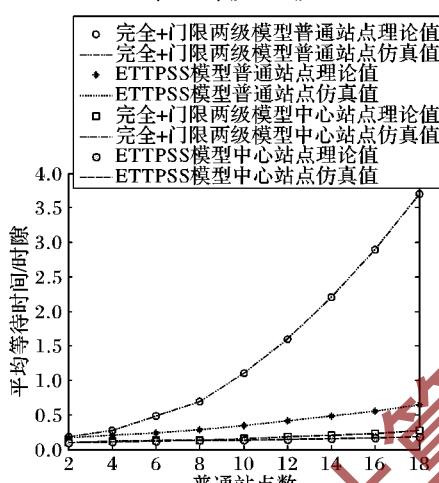


图7 平均等待时间比较($\gamma=1, \beta=2, \beta_h=1, \lambda_h=0.02, \lambda=0.05$)

Fig. 7 Comparison of average waiting time

$$(\gamma=1, \beta=2, \beta_h=1, \lambda_h=0.02, \lambda=0.05)$$

3 结语

本文提出的ETTPSS模型,设置中心站点采用完全服务而普通站点采用门限服务方式以区分网络优先级,再依据站点忙闲状态仅对有服务需求的忙站点进行服务,这样减少了查询耗能,提高了模型工作效率,且对模型进行了精确研究分析得出了模型的平均排队队长、平均等待时间和模型吞吐量等重要特性参数。

随着5G的快速发展,基于MIMO(Multiple-In Multiple-Out)通信技术提出了5G蜂窝网络,而轮询控制模型时延敏感类业务提供时延保障,相信ETTPSS模型将在5G的发展中起到巨大作用^[14]。

参考文献(References)

- [1] 赵继军,谷志群,薛亮. WSN中层次型拓扑控制与网络资源配置联合设计方法[J]. 自动化学报,2015,41(3):646~660.(ZHAO J, GU Z Q, XUE L. A joint design method of hierarchical topology control and network resource allocation in WSN [J]. Acta Automatica Sinica, 2015, 41(3): 646 ~ 660.)
- [2] 鲁亮,于炯,卞琛. Storm环境下基于权重的任务调度算法[J]. 计算机应用,2018,38(3):699~706.(LU L, YU J, BIAN C. Weight-based task scheduling algorithm in Storm environment [J]. Journal of Computer Applications, 2018, 38(3): 699 ~ 706.)
- [3] 余东平,张剑峰,王聪. 多路并行传输中数据调度算法的优化[J]. 计算机应用,2014,34(5):1227~1231.(YU D P, ZHANG J F, WANG C. The optimization of data scheduling algorithm in multi-channel parallel transmission [J]. Journal of Computer Applications, 2014, 34(5): 1227 ~ 1231.)
- [4] 黄业文,邝神芬,杨荣领. 非强占有有限优先权M/G/1排队模型[J]. 计算机应用,2016,36(7):1779~1783.(HUANG Y W, KUANG S F, YANG R L. Non-dominant limited priority M/G/1 queuing system [J]. Journal of Computer Applications, 2016, 36(7): 1779 ~ 1783.)
- [5] 于艳艳,黄倩,王磊. 基于FPGA的动态优先轮询策略在Ad Hoc网络数据采集模型中的研究与应用[J]. 云南大学学报(自然科学版),2014,36(1):16~20.(YU Y Y, HUANG Q, WANG L. FPGA-based dynamic priority polling strategy in Ad Hoc network data acquisition system research and application [J]. Journal of Yunnan University (Natural Sciences Edition), 2014, 36(1): 16 ~ 20.)
- [6] ZHAO W B, TANG X Y. Scheduling sensor data collection with dynamic traffic patterns [J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2013, 24(4): 789~802.
- [7] 王海涛,谢江,张武. 自优化转导支持向量机并行化[J]. 计算机应用,2017,37(S2):27~31.(WANG H T, XIE J, ZHANG W. Self-optimizing transduction support vector machine parallelization [J]. Journal of Computer Applications, 2017, 37(S2): 27 ~ 31.)
- [8] 杨志军,丁洪伟,陈传龙. 完全服务和门限服务两级轮询模型E(x)特性分析[J]. 电子学报,2014,42(4):774~778.(YANG Z J, DING H W, CHEN C L. Full-service and threshold-service two-stage polling system E(x) characteristics analysis [J]. Acta Electronica Sinica, 2014, 42(4): 774 ~ 778.)
- [9] 杨志军,孙洋洋. 分忙闲站点的限定($K=2$)轮询控制系统分析研究[J]. 计算机科学,2018,45(11):70~74.(YANG Z J, SUN Y Y. Analysis of the polling control system for the limited ($K=2$) busy and busy sites [J]. Computer Science, 2018, 45(11): 70 ~ 74.)
- [10] 杨志军,孙洋洋. 依据站点状态的完全服务轮询控制系统[J]. 云南师范大学学报(自然科学版),2018,38(4):31~35.(YANG Z J, SUN Y Y. Full service polling control system based on site status [J]. Journal of Yunnan Normal University (Natural Science Edition), 2018, 38(4): 31 ~ 35.)
- [11] 李佳佳,刘晓静,刘向宇. 基于动态选择启发值的改进TD-FITT算法[J]. 计算机应用,2018,38(1):120~125.(LI J J, LIU X J, LIU X Y. Improved TD-FITT algorithm based on dynamic selection of heuristics [J]. Journal of Computer Applications, 2018, 38(1): 120 ~ 125.)
- [12] 张顺森,黄德根. 基于概率母函数的无线传感器网络功率控制研究[J]. 小型微型计算机系统,2015,36(4):739~743.(ZHANG S M, HUANG D G. Research on power control of wireless sensor networks based on probabilistic parent function [J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2015, 36(4): 739 ~ 743.)
- [13] 余森,胡占义. 高阶马尔科夫随机场及其在场景理解中的应用[J]. 自动化学报,2015,41(7):1213~1234.(YU M, HU Z Y. Higher order Markov random field and its application in scene understanding [J]. Acta Automatica Sinica, 2015, 41(7): 1213 ~ 1234.)
- [14] GE X, TU S, MAO G, et al. 5G ultra dense cellular networks [J]. IEEE Wireless Communications, 2016, 23(1): 72~79.

This work is partially supported by the National Natural Science Foundation of China (61461054, 61461053).

YANG Zhijun, born in 1968, Ph. D., research fellow. His research interests include computer network.

SUN Yangyang, born in 1993, M. S. candidate. His research interests include polling control model, wireless network.