

具有优先级的一类多站循环服务系统分析¹

王思明 何春燕 汪虹*

(暨南大学电子工程系 广东广州 510632)

*(广东电信科学技术研究院 广州 510630)

摘要 该文讨论具有优先级、容量有限的多站循环服务系统;分析系统及其站点队列的结构与运行特点;队列状态转移特征;队列状态转移概率算法;队列状态概率非常规算法;系统和队列其它有关工作特性参数算法。文中提出状态条件转移和状态转移组合等新概念,以及提出集中参数替代分布参数反求等方法。

关键词 多站循环服务, 优先级, 有限容量, 状态概率, 状态条件转移, 状态转移组合, 马尔可夫链

中图分类号 TN919.3

1 前言

在电子信息技术领域中,具有优先权的多站循环服务(作业)系统是一种广为应用的随机运作典型系统,其运行方式种类繁多,根据需要在不同场合下可加以选择。现将目前常用的多站循环服务系统(包括带有优先权)进行分类,如表 1 所示。各种方式的数学建模方法有所不同或部分不同。

在随机服务系统理论的有关著作中,讨论了具有优先级的排队系统,如文献[1-5],模型特点为由若干队列组成单一优先序列以及队列容量无限。有关文献[6-10]等,探讨了具有优先级的多站循环服务系统,每个站点各有优先级别不同的若干队列,为了便于数学建模,这些文章把系统理想化,也设定队列容量无限等。该种模式的具有优先权的多站循环服务系统,主要采用积分变换方法、状态概率母函数方法和剩余服务时间方法等建模和求解^[4,6,7]。从数学建模的角度考察,容量无限的具有优先权多站循环服务系统的各种运行方式,可归属同一种类。

众所周知,实际系统的队列容量均有限,因此队列的状态有限、存在溢出损失等,原来采用的数学建模方法基本上不再适用。

本文利用马尔可夫链理论等,建立基于容量有限、具有优先级的多站循环服务系统的队列状态方程,给出队列状态转移概率矩阵等,并通过集中参数替代分布参数反求等特殊方法,近似解出系统和队列有关工作特性参量。因此,从数学建模的角度考察,容量有限系统有不同的特色,可归属另一种类。

无论是容量无限还是容量有限具有优先权的多站循环服务系统,其共同点是系统均为间歇服务的非经典 Kendall 模型。与此同时,由于系统结构与运作方式有区别,服务对象的随机特性差异,以及实施的服务(调度)策略不同,所以,不言而喻,表 1 中各种方式的具体数学建模与解法也有其特殊性。实际运行的系统便是从表 1 中选择不同的组合所构成。

由于在各站中存在优先权不等的若干队列,因此非最高级优先的队列状态,其部分转移是有条件的。本文为此而提出状态条件转移和状态转移组合等新概念。作者认为,本文对于带有优先级的一类多站循环服务系统,具有一定代表性和广泛性。

¹ 1999-12-01 收到, 2000-01-06 定稿

“211 工程”重点学科建设项目《电子信息系统与通信技术》资助课题

表 1 多站循环服务系统分类

一级分类	二级分类	三级分类
按系统结构和运作分类	按管理(控制)模式	有集中管理和分布管理
	按系统对称与否	有 对称型 (各站点队列一次参量相同)和非对称型
	按构型(拓扑)	有物理环(如令牌环网)和非物理环(如线形轮询网)
	按队列容量是否有限	有 容量有限 和容量无限
	按对象源有限与否	有有限源和 无限源
	按“服务员”是否固定地点服务	有固定地点服务和移动(传送)服务
	按“服务员”运动方向	有 单向 和双向(多个“服务员”场合)
	按“服务员”数量	有 单个“服务员” 和多个“服务员”
按服务对象随机特性(非可控)分类	按对象到达分布	有 泊松到达 、一般到达等
	按每次到达对象数量	有 单个到达 和批量到达等
	按对象服务时间分布	有负指数分布、定常分布(如时分多路复用)、 一般分布 (其中有连续分布和离散分布)等
按实施的服务策略(可控)分类	按每次服务对象数量	有 单个服务 和多个服务(即批量服务,其中又分固定数量服务、上额限制服务、下额和上额均限制服务和根据届时队长确定本次服务数量等)、 穷尽服务(即全服务)
	按本次服务期间到达者能否参与本次服务	有 门限服务 和 非门限服务 (均针对上额限制服务而言)
	按是否需要反馈服务	有有反馈(有错重传等)服务和 无反馈 服务
	* 按被赋予优先权的单元的不同	有站优先、队列优先和对象优先。站优先:系统各站划分为优先站和非优先站; 队列优先 :每站设立优先权不等的若干队列;对象优先(如期限最短者优先服务等)
	* 按服务能否实现中断	有 中断(占先)型 和 非中断(非占先)型
	* 按队列的优先权高低是否固定	有 固定不变 和可变(如按队长的长短等确定优先级别)
	* 按优先是否需要预约	有 预约优先 (首先服务已预约当中的高优先级别者)和 无需预约 的优先

注: (1) 带 * 的二级分类, 为具有优先权的多站循环服务系统所特有。(2) 表中的黑体字为本文讨论的组合模型

2 假设条件与有关参量变量符号

本文作如下假设:

(1) 每个站点设立 $K(2 \leq K < \infty)$ 个优先级别不同队列, 其中 B_1 为优先级别最高者, B_K 为最低者。对 B_i 而言, $B_1 \sim B_{i-1}$ 为优先级别高的队列, 称为高优先者, B_i 为低(非)优先者。服务员抵站后, 至多为该站服务一个对象, 如 B_1 无对象则为 B_2 服务, 依次类推。 K 个队列均无对象时, 服务员随即离去;

(2) 所有队列的对象到达均为泊松流, 到达率的比值 $\lambda_i/\lambda_1(i = 1, 2, \dots, K, \text{下同})$ 已知, 并且 $\lambda_i > 0$;

(3) B_i 的队列容量为 $C_i, 1 \leq C_i < \infty$;

(4) B_i 的对象服务时间 t_{is} 为服从已知分布的随机变量, 均值为 $1/u_{is}$, 分布函数为 $F_{is}(t)$;

(5) 系统的站点数为 $N, 2 \leq N < \infty$, 系统有一个服务员, 单向依序周而复始为物理分布的各个站点服务;

(6) 服务员有相邻站之间行走时间 t_b , 为服从已知分布的随机变量, 均值为 \bar{t}_b , 分布函数为 $F_b(t)$ 。

队列依据对象多少来区别其状态的不同, 相对而言, 多时称高态, 少时称低态, 最低态为 0 态, B_i 的最高态为 C_i 态。

有关参量和变量符号说明:

t_c : 系统工作周期, 服务员巡回工作一周的时间, 均值和分布函数分别用 T_c 和 $F_c(t)$ 表示。

t_r : 重访(间歇活动)时间, 服务员离开某站后又抵达该站的时间。

$\pi_n^{(i)}$: 队列 i 的状态概率, 服务员抵站时, 该站 B_i 有 n 个对象 (即 n 态) 的概率, ($n = 0, 1, 2, \dots, C_i$).

$P_{m,n}^{(i)}$: 队列 i 的状态转移概率, B_i 在周期中, 从 m 态转为 n 态的概率, ($m = 0, 1, 2, \dots, C_i$).

P_i : B_i 的周期状态转移概率矩阵.

$p_k^{(i)}(T_c)$: B_i 在 T_c 中到达 k 个对象的概率.

Q_0, Q_s, Q_{is} : 服务员抵站时, 不服务、为该站服务、为该站 B_i 服务的概率.

r_i : B_i 的对象溢出损失率.

$G_i(z)$: 概率 $p_k^{(i)}$ 的母函数.

$LS[F(t)]$: 函数 $F(t)$ 的 Laplace-Stieltjes(LS) 变换, 记作 $F(s)=LS[F(t)]$.

3 系统和站点队列特点

系统和站点队列的排队服务模型如图 1 所示, 工作时间示意图如图 2 所示, 它们具有如下特点:

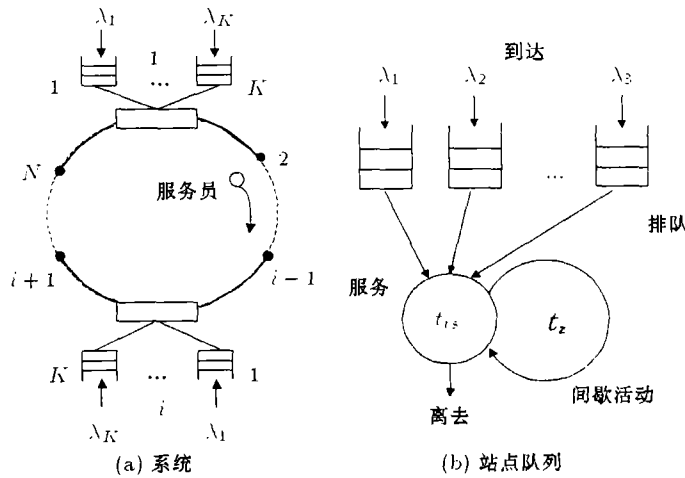


图 1 系统排队服务模型

(1) 整个系统由 N 个相对独立又相互联系的站点结合而成, 每个站点由到达独立、优先级别不同的 K 个队列组合, 系统的 $N \times K$ 个队列共享一个服务员;

(2) 服务员对站点实行间歇式服务, 站点的重访 (即间歇活动) 时间长短与其它站点队列的状态有关, 这是因为在 t_z 间隔里, 服务员除在站与站之间行走外, 还要为其它站点服务.

(3) 站点的 K 个队列的状态, 在周期中形式上各自发生变化, 但在实际运行中低优先者的状态变化与高优先者的状态有关, 因为仅在高优先者不服务的前提下, 低优先者才能获得服务机会; 而且所有队列状态变化与 t_c 长短等相关.

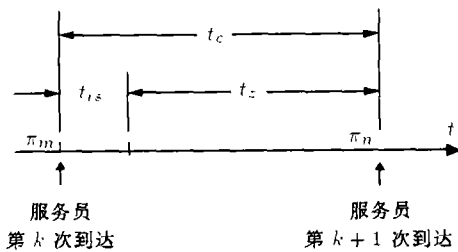


图 2 站点工作时间示意图

(4) 服务员抵站时, 必为下列 $K + 1$ 种情况之一: B_1 有对象, 为 B_1 服务一个, 概率为 Q_{1s} ; B_1 无对象而 B_2 有, 为 B_2 服务一个, 概率为 Q_{2s} ; \dots ; $B_1 \sim B_{i-1}$ 均无对象而 B_i 有, 为 B_i 服务一个, 概率为 Q_{is} ; \dots ; $B_1 \sim B_{k-1}$ 均无对象而 B_k 有, 为 B_k 服务一个, 概率为 Q_{ks} ; $B_1 \sim B_k$ 均无对象, 不服务, 概率为 Q_0 。因此

$$Q_0 + \sum_{i=1}^k Q_{is} = 1 \tag{1}$$

上式中, $\sum_{i=1}^k Q_{is} = Q_s$, 并且有 $Q_s \leq 1$ 。

- (5) 在周期中, 该站点平均服务 Q_s 个对象, 其中为 B_i 平均服务 Q_{is} 个对象;
- (6) 在平稳状态下, 队列的状态概率与服务员抵达本队列所处站点的次数无关。

4 队列的周期状态转移

图 3 显示 B_1 周期状态转移。图 4 显示 $B_2 \sim B_k$ 周期状态转移, 其中图 4(a) 为高优先者中有接受服务时, 本队列的周期状态转移, 图 4(b) 为高优先者不服务时, 本队列的周期状态转移。因此, 图 4(a) 和 4(b) 均为状态条件转移。以下叙述队列的周期转移特征:

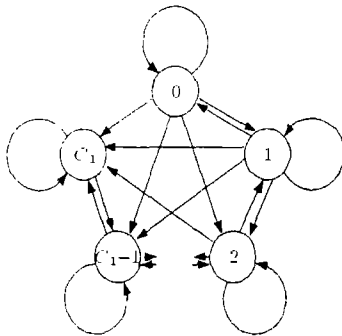
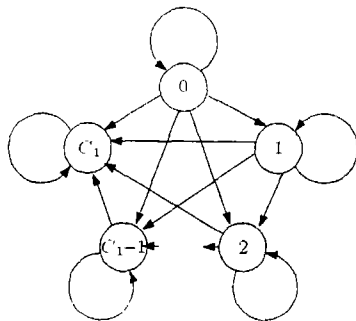


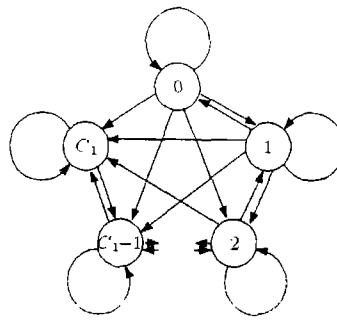
图 3 B_1 状态转移图

- (1) 所有队列的各状态均可自返, 自返出现在本队列不服务, 且在周期中无新到达, 或者出现在本队列接受服务, 且在周期中新到达一个; 特别的是最高态在队列接受服务时, 其自返出现在新到达一个和一个以上。此外, 在高优先者有接受服务时, 低优先者的 C_i 态即使有新到达也自返;

- (2) 由于在周期中可能有若干新到达, 所以低态可以转向任何高态;



(a) 高优先者中有接受服务



(b) 高优先者不服务时

图 4 $B_2 \sim B_k$ 周期状态转移图

- (3) 由于站点限定每次至多服务一个, 所以某队列在接受服务时, 该队列的高态只能转向邻近低态 (或自返), 而不能超越转向更低态;

(4) 高优先者接受服务时, 低优先者的高态不能转向低态.

根据队列的周期状态转移图和特征分析, 可以列出状态转移概率矩阵.

$$P_1 = \begin{bmatrix} P_{0,0}^{(1)} & P_{0,1}^{(1)} & P_{0,2}^{(1)} & \cdots & P_{0,C_1-1}^{(1)} & P_{0,C_1}^{(1)} \\ P_{1,0}^{(1)} & P_{1,1}^{(1)} & P_{1,2}^{(1)} & \cdots & P_{1,C_1-1}^{(1)} & P_{1,C_1}^{(1)} \\ 0 & P_{2,1}^{(1)} & P_{2,2}^{(1)} & \cdots & P_{2,C_1-1}^{(1)} & P_{2,C_1}^{(1)} \\ 0 & 0 & P_{3,2}^{(1)} & \cdots & P_{3,C_1-1}^{(1)} & P_{3,C_1}^{(1)} \\ & & & \ddots & & \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & P_{C_1-1,C_1-1}^{(1)} & P_{C_1-1,C_1}^{(1)} \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & P_{C_1,C_1-1}^{(1)} & P_{C_1,C_1}^{(1)} \end{bmatrix} \quad (2)$$

(2) 式为 B_1 的周期状态转移概率矩阵, (3) 式为 $B_2 \sim B_k$ 在高优先者中有接受服务时的周期状态转移概率矩阵. 在高优先者不服务时的周期状态转移概率矩阵 P_i'' 形式类同 (2) 式, 但改为 $C_i \times C_i$ 方阵, 并将 (2) 式中的上标 (1)、下标 C_1 分别改为 (i) 和 C_i 便可. P_i, P_i' 和 P_i'' 分别对应图 3、图 4(a) 和图 4(b) 的周期状态转移, 具体的有

$$P_1' = \begin{bmatrix} P_{0,0}^{(i)} & P_{0,1}^{(i)} & P_{0,2}^{(i)} & \cdots & P_{0,C_i-1}^{(i)} & P_{0,C_i}^{(i)} \\ 0 & P_{1,1}^{(i)} & P_{1,2}^{(i)} & \cdots & P_{1,C_i-1}^{(i)} & P_{1,C_i}^{(i)} \\ 0 & 0 & P_{2,2}^{(i)} & \cdots & P_{2,C_i-1}^{(i)} & P_{2,C_i}^{(i)} \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & P_{3,C_i-1}^{(i)} & P_{3,C_i}^{(i)} \\ & & & \ddots & & \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & P_{C_i-1,C_i-1}^{(i)} & P_{C_i-1,C_i}^{(i)} \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & P_{C_i,C_i-1}^{(i)} & P_{C_i,C_i}^{(i)} \end{bmatrix} \quad (3)$$

(1) B_2 在 B_1 服务时, 其周期状态转移对应图 4(a), 出现概率为 Q_{1s} ; B_2 在 B_1 不服务时, 其周期状态转移对应图 4(b), 出现概率为 $(1 - Q_{1s})$, 因此

$$P_2 = Q_{1s}P_2' + (1 - Q_{1s})P_2'' \quad (4)$$

(2) B_3 在 B_1 服务时或者 B_1 不服务而 B_2 服务时, 其周期状态转移对应图 4(a), 出现概率为 $Q_{1s} + (1 - Q_{1s})Q_{2s}$; B_3 在 B_1 和 B_2 均不服务时, 其周期状态转移对应图 4(b), 出现概率为 $(1 - Q_{1s})(1 - Q_{2s})$, 因此

$$P_3 = [Q_{1s} + (1 - Q_{1s})Q_{2s}]P_3' + (1 - Q_{1s})(1 - Q_{2s})P_3'' \quad (5)$$

(3) B_k 在 $B_1 \sim B_{k-1}$ 之中有接受服务时, 其周期状态转移对应图 4(a), 出现概率为 $Q_{1s} + (1 - Q_{1s})Q_{2s} + (1 - Q_{1s})(1 - Q_{2s})Q_{3s} + \cdots + (1 - Q_{1s})(1 - Q_{2s}) \cdots (1 - Q_{(k-2)s})Q_{(k-1)s}$; B_k 在 $B_1 \sim B_{k-1}$ 均不服务时, 其周期状态转移对应图 4(b), 出现概率为 $(1 - Q_{1s})(1 - Q_{2s}) \cdots (1 - Q_{(k-1)s})$, 因此

$$\begin{aligned} P_k = & [Q_{1s} + (1 - Q_{1s})Q_{2s} + (1 - Q_{1s})(1 - Q_{2s})Q_{3s} + \cdots \\ & + (1 - Q_{1s})(1 - Q_{2s}) \cdots (1 - Q_{(k-2)s})Q_{(k-1)s}]P_k' \\ & + (1 - Q_{1s})(1 - Q_{2s}) \cdots (1 - Q_{(k-1)s})P_k'' \end{aligned} \quad (6)$$

综上所述, 对于 $B_2 \sim B_k$ 存在 P_i 为 P'_i 和 P''_i 的组合, 即

$$P_i = \left[\sum_{j=1}^{i-1} Q_{js} \prod_{k=1}^{j-1} (1 - Q_{ks}) \right] P'_i + \left[\prod_{j=1}^{i-1} (1 - Q_{js}) \right] P''_i \quad (7)$$

5 队列周期状态转移概率算法

用集中参数 T_c 替代分布参数 t_c 近似计算, 并依据假设 (2), 对于 B_i 在 T_c 中有

$$p_k^{(i)}(T_c) = \frac{(\lambda_i T_c)^k}{k!} e^{-\lambda_i T_c} \quad (8)$$

按照队列周期状态转移特征, B_1 在 T_c 中有

$$P_{m,n}^{(1)} = \begin{cases} p_0^{(1)}(T_c), & m = n = 0 \text{ 或 } m - n = 1, \quad 0 \leq n < c_1 \\ p_1^{(1)}(T_c), & m = n, \quad 1 \leq m < c_1 \\ p_{n-m+1}^{(1)}(T_c), & m < n, \quad 1 \leq n < c_1 \\ \sum_{k=n}^{\infty} p_k^{(1)}(T_c), & m = 0, \quad n = c_1 \\ \sum_{k=n-m+1}^{\infty} p_k^{(1)}(T_c), & m \geq 1, \quad n = c_1 \\ 0, & m - n > 1 \end{cases} \quad (9)$$

$B_2 \sim B_k$ 在高优先者中有接受服务时的周期状态转移概率如下所示:

$$P_{m,n}^{(i)} = \begin{cases} p_0^{(i)}(T_c), & m = n, \quad \begin{cases} 0 \leq m \leq c_i \\ 0 \leq n \leq c_i \end{cases} \\ p_{n-m}^{(i)}(T_c), & m < n, \quad \begin{cases} 0 \leq m < c_i \\ 1 \leq n < c_i \end{cases} \\ \sum_{k=n-m}^{\infty} p_k^{(i)}(T_c), & m < n, \quad n = c_i \\ 0, & m > n \end{cases} \quad (10)$$

$B_2 \sim B_k$ 在高优先者不服务时的周期状态转移概率 $p_{m,n}^{(i)}$ 类同 (9) 式, 不再赘述. 并且 $p_{m,n}^{(i)}$ 是 $p_{m,n}^{(i)}$ 和 $p_{m,n}^{(i)}$ 的组合.

(9) 式和 (10) 式中的

$$\sum_{k=j}^{\infty} p_k(T_c) = 1 - \sum_{k=0}^{j-1} p_k(T_c)$$

6 队列状态概率和有关工作特性参量算法

根据马尔可夫链理论和队列状态转移图、状态转移概率矩阵，当 $\lambda_i > 0$ 时，由于队列状态为正常返，并构成的马氏链是齐次、不可约、非周期的，因此有

$$\sum_{n=0}^{C_i} \pi_n^{(i)} = 1, \tag{11}$$

$$\pi_n^{(i)} = \sum_{m=0}^{C_i} \pi_m^{(i)} P_{m,n}^{(i)} \tag{12}$$

对于 B_1 ，用相关的 $p_k^{(1)}(T_c)$ 代入 $P_{m,n}^{(1)}$ ，联立方程 (12) 的具体表达如下：

$$\left. \begin{aligned} \pi_n^{(1)} &= \pi_0^{(1)} p_n^{(1)}(T_c) + \sum_{j=1}^{n+1} \pi_j^{(1)} p_{n+1-j}^{(1)}(T_c), & 0 \leq n < C_1 \\ \pi_{C_1}^{(1)} &= \pi_0^{(1)} \sum_{k=C_1}^{\infty} p_k^{(1)}(T_c) + \sum_{j=1}^{C_1} \pi_j^{(1)} \sum_{k=C_1+1-j}^{\infty} p_k^{(1)}(T_c) \end{aligned} \right\} \tag{13}$$

对于 $p_{m,n}^{(i)}$ ，如前所述，是 $p_{m,n}^{(i)}$ 和 $p_{m,n}^{(i)}$ 的组合，经整理，得

$$\left. \begin{aligned} \pi_0^{(i)} &= \pi_0^{(i)} p_0^{(i)}(T_c) + \pi_1^{(i)} \prod_{j=1}^{i-1} (1 - Q_{js}) p_0^{(i)}(T_c) \\ \pi_n^{(i)} &= \pi_0^{(i)} p_n^{(i)}(T_c) + \sum_{j=1}^n \pi_j^{(i)} \left\{ \left[\sum_{a=j}^{i-1} Q_{as} \prod_{k=1}^{a-1} (1 - Q_{ks}) \right] p_{n-j}^{(i)}(T_c) \right. \\ &\quad \left. + \prod_{k=1}^{i-1} (1 - Q_{ks}) p_{n+1-j}^{(i)}(T_c) \right\} + \pi_{n+1}^{(i)} \prod_{k=1}^{i-1} (1 - Q_{ks}) p_0^{(i)}(T_c), & 1 \leq n < C_i \\ \pi_{C_i}^{(i)} &= \pi_0^{(i)} \sum_{k=C_i}^{\infty} p_k^{(i)}(T_c) + \sum_{j=1}^{C_i} \pi_j^{(i)} \left\{ \left[\sum_{a=j}^{i-1} Q_{as} \prod_{k=1}^{a-1} (1 - Q_{ks}) \right] \sum_{k=C_i-j}^{\infty} p_k^{(i)}(T_c) \right. \\ &\quad \left. + \prod_{k=1}^{i-1} (1 - Q_{ks}) \sum_{k=C_i+1-j}^{\infty} p_k^{(i)}(T_c) \right\} \end{aligned} \right\} \tag{14}$$

式中

$$Q_{1s} = \sum_{j=1}^{C_1} \pi_j^{(1)} \quad (15)$$

$$1 - Q_{1s} = \pi_0^{(1)} \quad (16)$$

$$Q_{is} = \prod_{k=1}^{i-1} (1 - Q_{(i-1)s}) \sum_{j=1}^C \pi_j^{(i)}, \quad i = 2, 3, \dots, k \quad (17)$$

$$Q_0 = \prod_{i=1}^k \pi_0^{(i)} \quad (18)$$

$$Q_s = 1 - Q_0 \quad (19)$$

联立方程 (13) 式和 (14) 式原为超越方程, 且用 T_c 替代的 t_c 为随机变量, 因此无法用常规的数学方法求解。本文采用如下特殊方法:

(1) $[\lambda_i, T_c]$, 表示 B_i 在周期均值 T_c (集中参数) 中到达对象的平均值, 可设 $[\lambda_1 T_c] = 0.1, 0.2, 0.3, \dots, 1.0, 1.5, 2.0$ 等值, 由假设 (2) 已知 λ_i/λ_1 值, 因此 $[\lambda_1 T_c] \cdot \lambda_i/\lambda_1 = [\lambda_i T_c]$ 。

(2) $[\lambda_1 T_c]$ 设定后, 按照 (8) 式可计算 $p_k^{(1)}(T_c)$, ($k = 0, 1, 2, \dots, C_1$), 该计算是用 $[\lambda_1 T_c]$ 替代 $\lambda_1 t_c$ 。

(3) 用有关 $p_k^{(1)}(T_c)$ 代入 (13) 式, 解联立方程, 可求出各 $\pi_n^{(1)}$ 的近似值, Q_{1s} 的近似值亦可相应求出。

(4) 利用各 $[\lambda_i T_c]$ ($i = 2, 3, \dots, k$), 类同代入 (8) 式, 可求解联立方程 (14) 式, 得到各 $\pi_n^{(i)}$ 及 Q_{is}, Q_0, Q_s 的近似值。

(5) 根据参考文献 [11], 有

$$\text{LS}[F_c(t)] = F_c(S) = F_b^N(S) \left[\sum_{i=1}^k Q_{is} F_{is}(S) + Q_0 \right]^N \quad (20)$$

$$T_c = -\frac{dF_c(S)}{dS|_{s=0}} = N\bar{t}_b + N \sum_{i=1}^k Q_{is} \frac{1}{\mu_{is}} \quad (21)$$

(6) 代入不同的 $[\lambda_1 T_c]$ 和对应的 $[\lambda_i T_c]$ 值, 做第 (2)~第 (5) 步, 求出系列的 $\pi_n^{(i)}, Q_{is}, Q_0, Q_s$ 和 T_c 值。如仅求近似值, 上述参量的计算便可到此为止。

(7) 为使计算逼近精确值, 可用分布参数代入。有兴趣的读者请参见文献 [11] 等, 本文不再赘述。

(8) 每次设定 $[\lambda_1 T_c]$, 算出对应的 $[\lambda_1 T_c]$ 及求出相应的 T_c 后, 便有

$$\lambda_i = [\lambda_1 T_c]/T_c \quad (22)$$

(9) B_i 的损失率 r_i

$$r_i = 1 - Q_{is}/[\lambda_i T_c] \quad (23)$$

(10) 其它有关队列工作特性参量, 如重访时间均值、等待时间均值、平均队长等的算法, 可参看文献 [11]。

第(2)步~第(10)步均用计算机编程计算,最后可给出在不同到达率 λ_i 之下, T_c 、 $\pi_n^{(i)}$ 、 $p_{m,n}^{(i)}$ 、 Q_{is} 、 Q_0 、 Q_s 和 r_i 等的曲线或数据表。

当站点各队列每次服务总共 $M(M > 1)$ 或服务 $1\sim M$ 个对象时,队列状态转移概率将略为复杂, $P_2 \sim P_k$ 将是多项的概率矩阵的组合,作者将另文讨论。

参 考 文 献

- [1] L. Kleinrock, Queueing System (Volume I: Theory), New York, John Wiley & Sons, 1975, 76.
- [2] 邓永录, 运筹学中的随机模型, 广州, 中山大学出版社, 1996, 119-130.
- [3] 吴新皓, 吴新垣, 随机模型与计算机模拟, 北京, 电子工业出版社, 1990, 184-193.
- [4] 哈蒙德, 等著, 钟嘉强, 等译, 计算机局域网性能分析, 北京, 人民邮电出版社, 1991, 111-116.
- [5] Akimaru Haruso, Cooper Robert B, Teletraffic Engineering, Tokyo, Japan, ÔMU Publishing House, 1985, 73-76.
- [6] Ma Zili, Waiting time for a cyclic service system with priority, Appl. Math. Modelling, 1992, 16(6), 320-323.
- [7] Ma Zili, Wang Siming, Li Qinglan, A class of cyclic queue with priority batch service, Appl. Math. Modelling, 1991, 15(9), 450-458.
- [8] Manfield. D. R, Analysis of priority polling system for two-way traffic, IEEE Trans. Commun, 1985, 9(COM-33), 1001-1006.
- [9] Yukinori Fukagawa, An approximate analysis for a multiqueue with a non-preemptive priority and cyclic service, Trans. Inst. Electron, Information Commun. Eng. Jpn. 1987, J70, A(9), 1350-1354.
- [10] 逯昭义, 王思明, 计算机通信网信息量理论, 北京, 电子工业出版社, 1997, 140-144.
- [11] 王思明, 逯昭义, 一种单帧协议令牌环形 LAN 的数学建模与解析, 暨南大学学报, 1993, 14(3), 37-44.
- [12] 王思明, 逯昭义, 带有优先级的令牌环形 LAN 守恒律的探讨, 计算机学报, 1993, 16(11), 862-866.

ANALYSIS OF A CLASS OF PRIORITY MULTI-STATION SYSTEM WITH CYCLIC SERVICE

Wang Siming He Chunyan Wang Hong*

(Department of Electronic Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

*(Guangdong Institute of Telecomm. Sci. and Tech., Guangzhou 510630, China)

Abstract In this paper, a multi-station cyclic service system with priority, limited capacity is discussed. Including: analysis of the construction and performance characteristics of the system, the characteristic of the queue state transition, the algorithm of the queue state transition probability, the unconventional algorithm of queue state probability and other algorithms of the performance characteristic parameters of the system and queue. Some new concepts such as the state conditional transition and the state transition combination and some methods such as the inverse-solution of replacing the distribution parameter with the lumped one, etc. are presented in this paper.

Key words Multi-station cyclic service, Priority, Limited capacity, State probability, State conditional transfer, State transfer combination, Markov-chain

王思明: 男, 1941年生, 教授, 计算机网络与通信系统, 电子信息模拟社会.

何春燕: 女, 1975年生, 硕士生, 计算机网络与通信系统.

汪虹: 女, 1974年生, 硕士, 助理工程师, 计算机网络与通信系统, 电子商务.