

# 时隙式多址访问系统分析方法研究<sup>\* \*</sup>

赵东风<sup>\* \*</sup>

(云南大学信息与电子科学系 昆明 650091)

**【摘要】** 采用一种新的平均周期分析方法对时隙式多址访问系统进行了分析,得到了系统的信息分组发送成功的平均长度公式、信息分组发生碰撞的平均长度公式和空闲时隙的平均长度公式;讨论了系统的捕获效应特性和冲突分解特性,给出了系统的吞吐量和计算机模拟实验结果。

**关键词** 平均周期分析方法; 多址访问系统; 捕获效应; 冲突分解

中图分类号 TN 914.5

多址访问接入技术在卫星通信系统、无线分组网络和计算机通信网络中都有着广泛的应用,其传输理论也得到了极大的丰富和发展。在时隙式多址访问系统的研究中,除吞吐量和信息分组延迟是系统的两个重要性能指标外,还要考虑与之相关联的系统稳定性、捕获效应和冲突控制等特性<sup>[1-9]</sup>。

本文对时隙式多址访问系统进行了深入地研究,在文献[3]的研究基础上,给出了一种新的平均周期分析方法,并由此得到了信息分组发送成功的平均长度、信息分组发生碰撞的平均长度和空闲时隙的平均长度,以及一些相关的重要参数。在此基础上,研究了系统的捕获效应特性和冲突分解特性,从系统的角度讨论了时隙式多址访问系统的接入与传输控制机理。

## 1 平均周期分析方法

时隙式多址访问系统的时间轴按单位时间划分,而信息分组的长度刚好为一个时隙的宽度。在信道上传送的信息分组信息就会出现三种情况:信息分组信号被成功发送;信息分组信号发生碰撞;无信号发送的空闲时隙。将碰撞事件和其后出现的空闲时隙复合成为一种事件,再将成功事件和其后出现的空闲时隙复合成为一种事件,这样在时间轴上出现的事件就减少成两种事件,即信息分组发送成功及时隙空闲的复合事件(UI)和信息分组发生碰撞及时隙空闲的复合事件(BI),并且这两种事件在时间轴上是循环发生的,其循环发生的时间变量用  $T_{UBI}$  表示。

如果系统中的终端用户数不受限制,并假定进入信道的信息分组的到达过程是一 Poisson 分布,到达率为  $G$ 。随机变量 UI、BI 的联合概率分布为

$$P(UI = j, BI = k) = Ge^{-G} [(1+G)e^{-G}]^{j-1} (1-e^{-G}-Ge^{-G})(1-Ge^{-G})^{k-1} \quad j = 1, 2, \dots; k = 1, 2, \dots \quad (1)$$

信息分组发送成功及时隙空闲随机变量的概率分布为

$$P(UI = j) = Ge^{-G} [(1+G)e^{-G}]^{j-1} \sum_{k=1}^{\infty} (1-e^{-G}-Ge^{-G})(1-Ge^{-G})^{k-1} = (1-e^{-G}-Ge^{-G}) [(1+G)e^{-G}]^{j-1} \quad j = 1, 2, \dots \quad (2)$$

\* 1997年6月30日收稿

\* 国家科委 863 高科技项目和云南省教委科学基金资助项目

\* \* 男 41 岁 硕士 副教授

随机变量  $UI$  的均值为

$$E(UI) = \sum_{j=1}^{\infty} j(1 - e^{-G} - Ge^{-G})[(1+G)e^{-G}]^{j-1} = \frac{1}{1 - (1+G)e^{-G}} \quad (3)$$

在随机变量  $UI$  中空闲时隙的平均长度为

$$R(I_{UI}) = (1 - e^{-G} - Ge^{-G}) \sum_{j=1}^{\infty} \sum_{i=0}^{j-1} (j-i-1) \binom{j-1}{i} (Ge^{-G})^i (e^{-G})^{j-i-1} = \frac{e^{-G}}{1 - (1+G)e^{-G}} \quad (4)$$

信息分组发送成功的平均长度为

$$E(U) = E(UI) - E(I_{UI}) = \frac{1 - e^{-G}}{1 - (1+G)e^{-G}} \quad (5)$$

信息分组发生碰撞及时隙空闲随机变量的概率分布为

$$P(BI = k) = (1 - e^{-G} - Ge^{-G})(1 - Ge^{-G})^{k-1} \sum_{j=1}^{\infty} Ge^{-G} [(1+G)e^{-G}]^{j-1} = Ge^{-G}(1 - Ge^{-G})^{k-1} \quad k = 1, 2, \dots \quad (6)$$

随机变量  $BI$  的均值为

$$E(BI) = \sum_{k=1}^{\infty} kGe^{-G}(1 - Ge^{-G})^{k-1} = \frac{1}{Ge^{-G}} \quad (7)$$

在随机变量  $BI$  中空闲时隙的平均长度为

$$E(I_{BI}) = Ge^{-G} \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{i=0}^{k-1} (k-i-1) \binom{k-1}{i} (1 - e^{-G} - Ge^{-G})^i (e^{-G})^{k-i-1} = \frac{1}{G} \quad (8)$$

信息分组发生碰撞的平均长度为

$$E(B) = E(BI) - E(I_{BI}) = \frac{1 - e^{-G}}{Ge^{-G}} \quad (9)$$

平均循环周期为

$$E(T_{UBI}) = E(UI) + E(BI) = \frac{1 - e^{-G}}{Ge^{-G}(1 - e^{-G} - Ge^{-G})} \quad (10)$$

## 2 吞吐量上限值

在一个碰撞时隙中碰撞的信息分组数的概率分布为

$$P(N_b = k) = \frac{G^k e^{-G}}{(1 - e^{-G} - Ge^{-G})k!} \quad k = 2, 3, \dots \quad (11)$$

平均碰撞的信息分组数为

$$E(N_b) = \sum_{k=2}^{\infty} kP(N_b = k) = \frac{G(1 - e^{-G})}{1 - e^{-G} - Ge^{-G}} \quad (12)$$

如果捕获效应的成功概率为  $P_c$ , 则在  $BI$  事件中实际碰撞失败的平均信息分组数为

$$E(N_{zb}) = \{P_c[E(N_b) - 1] + (1 - P_c)E(N_b)\}E(B) = \left[ \frac{G(1 - e^{-G})}{1 - e^{-G} - Ge^{-G}} - P_c \frac{1 - e^{-G}}{Ge^{-G}} \right] \quad (13)$$

在系统稳定状态下, 碰撞失败的信息分组在后继空闲时隙中经过平均  $E(M)$  次重发传送成功, 则有

$$E(M)E(N_{zb}) \leq E(I_{UI}) + E(I_{BI}) \quad (14)$$

由于在  $T_{UBI}$  时间内平均成功传送的信息分组数为

$$E(N_U) = E(U) + E(N_b)E(B) = \frac{1 - e^{-G}}{e^{-G}(1 - e^{-G} - Ge^{-G})} \quad (15)$$

根据吞吐量  $S$  的定义, 则由式(14)得

$$E(M)[S(1 - e^{-S}) - P_c(1 - e^{-S} - Se^{-S})] \leq e^{-S} \quad (16)$$

系统吞吐量的上限也由式(16)计算而得。这里取  $P_c = 0.85$ ,  $E(M) = 1.5$  值<sup>4</sup>, 则可得到  $S_{\max} = 0.824$ 。

### 3 理论计算与计算机模拟实验

在以上分析结果的基础上, 我们对时隙式多址访问系统进行了计算机模拟, 实验的参数取值与理论计算相同, 并且在计算机模拟实验过程中选取了 95% 的概率取值的置信区。表 1 给出了随机变量  $U$  和  $I_{UI}$  的均值计算结果; 表 2 给出了随机变量  $B$  和  $I_{BI}$  的均值计算结果。

表 1  $E(U)$ 、 $E(I_{UI})$  分析实验值

$G$	$E(U)$		$E(I_{UI})$	
	理论值	模拟值	理论值	模拟值
0.5	4.362 0	4.371 3±0.012 8	6.724 0	6.741 5±0.024 1
0.6	3.701 3	3.705 5±0.009 3	4.502 1	4.510 2±0.014 7
0.7	3.231 1	3.233 4±0.007 2	3.187 2	3.192 6±0.009 8
0.8	2.880 0	2.879 0±0.005 8	2.350 0	2.347 2±0.007 0
0.9	2.608 3	2.608 2±0.004 8	1.787 0	1.783 6±0.005 2
1.0	2.392 3	2.392 6±0.004 1	1.392 2	1.389 4±0.004 1
1.1	2.216 6	2.217 0±0.003 5	1.106 0	1.103 3±0.003 3
1.2	2.071 3	2.072 2±0.003 1	0.892 3	0.890 7±0.002 7
1.3	1.949 4	1.949 0±0.002 8	0.730 3	0.727 4±0.002 3
1.4	1.845 8	1.845 2±0.002 5	0.604 2	0.602 3±0.002 0
1.5	1.756 9	1.756 4±0.002 3	0.504 6	0.503 0±0.001 8

表 2  $E(B)$ 、 $E(I_{BI})$  分析实验值

$G$	$E(B)$		$E(I_{BI})$	
	理论值	模拟值	理论值	模拟值
0.5	1.297 4	1.298 1±0.002 1	2.000 0	2.002 3±0.008 2
0.6	1.370 2	1.370 7±0.002 1	1.666 7	1.670 7±0.006 2
0.7	1.448 2	1.448 8±0.002 2	1.428 6	1.428 8±0.005 0
0.8	1.531 9	1.533 6±0.002 2	1.250 0	1.253 6±0.004 2
0.9	1.621 8	1.622 7±0.002 4	1.111 1	1.113 1±0.003 6
1.0	1.718 3	1.717 6±0.002 5	1.000 0	0.998 8±0.003 2
1.1	1.822 0	1.823 1±0.002 6	0.909 1	0.909 9±0.002 8
1.2	1.933 4	1.934 7±0.002 8	0.833 3	0.834 2±0.002 6
1.3	2.053 3	2.053 5±0.003 0	0.769 2	0.769 8±0.002 4
1.4	2.182 3	2.180 7±0.003 3	0.714 3	0.713 9±0.002 4
1.5	2.321 1	2.320 7±0.003 5	0.666 7	0.666 7±0.002 1

## 4 结束语

本文在文献[3]的基础上给出了一种新的时隙式多址访问系统的随机事件划分类型,并进行了分析研究,从表1和表2结果可以看到,理论计算和计算机模拟结果相一致;研究了时隙式多址访问系统中冲突发生、捕获效应和冲突分解之间的量值关系,并在给定的条件下,得到吞吐量的上限值为0.824。

本文所给出的分析方法及计算结果,对进一步研究时隙式多址访问系统和完善系统性能都将是有意义的。

### 参 考 文 献

- 1 Raychaudhuri D, Harman J. Daynamic performance of ALOHA type VSAT channels : a simulation study. IEEE Trans Commun, 1990, COM-38(2) :251 ~ 259
- 2 Zhao Dongfeng, Li Bihai, Zheng Sumin *et al.* Ayalysis and optimization of a slotted access channel with capture effect. 1994 International Conference on Personal, Mobile Radio and Spread Spectrum Communications (ICPMSC'94), Beijing, 1994. 265 ~ 267
- 3 Zhao Dongfeng, Li Bihai, Zheng Sumin. Ayalysis of a slotted access channel with average cycle method. Proceedings of 1996 International Conference on Communication Technology, Beijing, 1996. 33(4) :1 ~ 4
- 4 赵东风, 李必海, 郑苏民. 二叉树形冲突分解法研究. 电子科技大学学报, 1996, 25(8) :260 ~ 264
- 5 Limartz Jean-Paul M G. Imperfect sector antenna diversity in slotted ALOHA mobile network. IEEE Trans Commun, 1996, COM-44(10) :1 322 ~ 1 328
- 6 Zdunek Kenneth J, Ucci Donald R, LoCicero Joseph L. Packet radio performance of inhibit sense multiple access with capture. IEEE Trans Commun, 1997, COM-45(2) :164 ~ 168

## Study on A Analyzing Method for Slotted Access Channel

Zhao Dongfeng

(Department of Information and electronic Science, Yunnan University, Kunming 650091)

**Abstract** In this paper, the mean cycle times of the slotted access channel are analyzed by using the average cycle method. Analytical formulae to obtain mean values of a successful period, a colliding period and an idle period are derived. The upper bounds on the throughput of the system with capture effect and packet conflict resolution are provided. The simulation results of the random access channel are given.

**Key words** average cycle method; random access channel; capture effect; packet collision resolution

编辑 徐培红