

# VSAT 系统改进隔离型随机 N 叉树形冲突分解算法研究

李 莉<sup>1</sup> 彭云帆<sup>2</sup> 刘丽梅<sup>1</sup> 云利军<sup>1</sup>

(云南师范大学计算机科学系 昆明650092)<sup>1</sup> (云南英茂通信股份有限公司 昆明650228)<sup>2</sup>

## Study on a Random N-Ary Tree Collision Resolution Algorithm of Improved Isolation Type Based on VSAT System

LI Li<sup>1</sup> PENG Yun-Fan<sup>2</sup> LIU Li-Mei<sup>1</sup> YUN Li-Jun<sup>1</sup>

(Department of Computer Science, Yunnan Normal University, Kunming 650092)<sup>1</sup>

(Yunnan Yingmao Communication Stock Limited Company, Kunming 650228)<sup>2</sup>

**Abstract** In this paper, a new random N-ary tree collision resolution algorithm of improved isolation type is used to analyze the packet collision resolution in VSAT random multiple access system. The analytic formulae of the mean slot number which is needed by packet collision resolution and the average throughput for dynamic and static system are given, the more results are verified by experiments.

**Keywords** VSAT random multiple access, N-ary tree, Packet collision resolution, Throughput

### 1 引言

VSAT 卫星通信网作为高新技术,已成为20世纪80年代以来卫星通信发展的一个重要领域。多址接入协议是 VSAT 网的关键技术之一,关系着网络的运行效率。该技术的特点是用户动态地占用公共资源,从而能最大限度地利用已有的数据存贮区和信息传输信道。随机多址接入方式的缺点是稳定性不够良好,当信道负载较小时,冲突机会少,信道利用率提高。当信道的负载较大时,冲突频繁发生,导致多个信息分组重发,加重了信道负载,系统性能急剧下降。信息分组是随机接入的,必然会引起冲突出现。因此,冲突分解能力的好坏就成了随机接入系统能否高效工作的关键。

在各种冲突分解算法中树形算法是一种较有效的冲突分解算法<sup>[1-5]</sup>,它研究如何在 VSAT 网用户之间合理、有效地共享一条卫星信道,实现网络用户间的多址通信。Capetanakis 提出的一种二叉树形冲突分解算法<sup>[1]</sup>的最大动态平均吞吐量为 0.430,静态平均吞吐量为 0.347。后来 Tsybakov、Vvedenskaya、黄建成和 Dolors 等人又分别对树形冲突分解算法进行了改进<sup>[2-4]</sup>,其改进算法的性能参数有所提高。这些算法都是适用于卫星 VSAT 网的吞吐量大、稳定性好的随机多址接入方式。

本文采用一类新的改进隔离型随机 N 叉树形冲突分解算法,对随机访问多址接入系统的冲突分解进行了研究,得到了冲突信息分组平均分解的时隙数和吞吐量的解析式。

### 2 隔离型随机 N 叉树形冲突分解算法之改进思想

在改进隔离型随机 N 叉树形冲突分解算法分析的过程中,在每次对 N 个冲突信息分组分解时需要用 N 个时隙,进一步分析 N 个冲突信息分组在 N 个分解时隙中进行分解,会产生一些空闲时隙,而其中一些是可以通过对 VSAT 上行信道状态的检测而省略的。当 N 个冲突的信息分组分配在一个分解时隙中的所有 N 种排列情形如图1所示。

在图1(1)中 N 个冲突的信息分组分配在第1个时隙中,其它第2,3,⋯, N 个时隙中均为0个信息分组,即空闲时隙;可

将第2,3,⋯, N 个时隙,即(N-1)个空闲时隙用于下一次冲突分解;在图1(2)中 N 个冲突的信息分组分配在第2个时隙中,其它第1,3,4,5,⋯, N 个时隙中均为空闲时隙;而只有第3,4,5,⋯, N 个时隙,即(N-2)个空闲时隙可用于下一次冲突分解;在图(3)中 N 个冲突的信息分组分配在第3个时隙中,其它第1,2,4,5,6,⋯, N 个时隙中均为空闲时隙;而只有第4,5,6,⋯, N 个时隙,即(N-3)个空闲时隙用于下一次冲突分解;依次类推分析,在图(N-1)中 N 个冲突的信息分组分配在第(N-1)个时隙中,其它第1,2,3,⋯, (N-2), N 个时隙中均为空闲时隙。但是,在图(N-1)中只有第 N 个时隙,即1个空闲时隙用于下一次冲突分解;在图(N)中 N 个冲突的信息分组分配在第 N 个时隙中,其它第1,2,3,⋯, (N-1)个时隙中均为空闲时隙。由 VSAT 上行信道状态的检测反馈信息得第1,2,3,⋯, (N-1)个时隙中均为空闲时隙,则 N 个冲突信息分组一定分配在第 N 个时隙中,此时可将第 N 时隙用于下一次冲突分解。因此,在图(N)中只有第 N 个时隙,即1个空闲时隙用于下一次冲突分解。

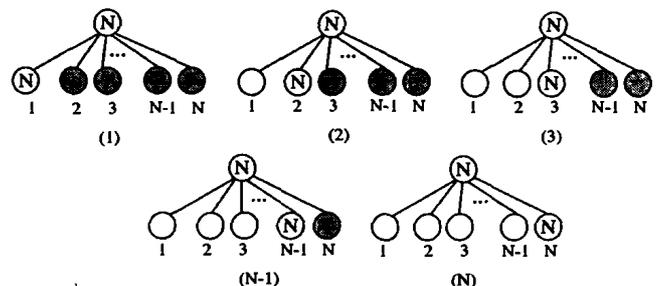


图1 N 个冲突信息分组分配在一个分解时隙中的 N 种状态

### 3 隔离型随机 N 叉树形冲突分解算法之改进解析

改进隔离型随机 N 叉树形冲突分解算法分析模型为:无数的独立用户共享一条卫星传输信道;假设信道是无噪声的;信道划分成时隙,每个分组恰好占用一个完整的时隙,且不考虑卫星信道传播延迟;在一个时隙中有两个以上的分组被发

送,它们就会产生分组冲突,规定冲突分组不能被正确接收,必须进行冲突分解,直至冲突的分组能正确发送;如果该时隙无分组,那么它被视为空闲时隙;若在一个时隙中仅有一个分组发送,本次发送成功。在每个时隙到达的分组数服从均值为G的泊松分布;在时隙结束时刻,可以检测到有冲突(C)、无冲突(NC)的反馈信息。

基于以上分析,改进隔离型随机N叉树形冲突分解算法过程如下:

(1) 在同一时隙中发送信息分组冲突的N个激活用户编成一组;

(2) 该组中的每一个激活用户独立地做N点均匀分布试验若结果为i(i=1,2,3,...,N),则选择第i个时隙发信;

(3) 考查N个分解时隙中的冲突信息分组数,当出现N个冲突的信息分组分配在一个分解时隙中,可根据以上N个冲突信息分组在N个时隙中的分配情形,将可用的空闲时隙用于下一次分解;

(4) 依次分解单独占用第i(i=1,2,3,...,N)时隙的激活用户,其信息分组发送成功,并停止N点分布试验。否则重复(1)、(2)的过程,分解过程直至单独占用第N个时隙的激活用户数为零停止。

在改进隔离型随机动态N叉树形冲突分解算法分析的过程中,N个冲突信息分组在一次冲突分解过程中,当出现N个冲突的信息分组分配在一个分解时隙中,可根据以上N个冲突信息分组在N个时隙中的分配情形,将可用的空闲时隙用于下一次分解,以减小冲突分解所需的时隙数,从而提高系统的吞吐量性能。

N个冲突的信息分组在第j次冲突分解后的状态为 $\{\pi_1^j, \pi_2^j, \pi_3^j, \dots, \pi_{N-1}^j, \pi_N^j\}$ ,其中 $\pi_k^j$ 表示有k(k=2,...,N-1,N)个信息分组未分解成功的状态, $\pi_1^j$ 表示有N个冲突信息分组分解成功的状态。

**引理1** N个冲突信息分组在N个时隙中进行分解,出现N个冲突的信息分组分配在一个时隙中的所有N种排列情形中,可用于下一次分解的总空闲时隙数为:

$$S' = (N-1)N/2 + 1 \quad (1)$$

**引理2** N个冲突信息分组在N个时隙中进行分解,出现N个冲突的信息分组分配在一个时隙中的概率为P(N,1),平均可用于下一次分解的空闲时隙数为:

$$S = S'/N = (N-1)/2 + 1/N \quad (2)$$

**引理3** x个冲突的信息分组在一次冲突分解中分成(j+1)组,即有j个组中均为k(k=1,2,...,N)个信息分组,其余1组为(x-jk)个信息分组。所有分法的组合数:

$$\begin{aligned} \binom{x}{k, \dots, k, x-jk} &= C_x^k C_{x-k}^k C_{x-2k}^k \dots C_{x-(j-1)k}^k C_{x-jk}^1 \\ &= x! / (k!)^j (x-jk)! \end{aligned} \quad (3)$$

**引理4** x个冲突的信息分组在一次冲突分解时隙数为y的冲突分解中,无k(k=2,...,N)个信息分组单独占用一个时隙的排列组合数:

$$h(x, y) = y^x - \sum_{j=1}^{\lfloor x/k \rfloor} \frac{x! P_j^k h(x-jk, y-j)}{(k!)^j (x-jk)! j!} \quad (4)$$

其中,  $h(0,0)=1, x=2,3,\dots,N; y=2,3,\dots,N$  且  $y \geq x$ ;

**引理5** N个冲突的信息分组中有且只有i组(每组k个信息分组)单独占用一个冲突分解时隙的概率:

$$P(k, i) = \frac{N! P_N^k}{N^N (k!)^i (N-ik)! i!} h(N-ik, N-i) \quad (5)$$

其中,  $i=1,2,\dots, \lfloor \frac{N}{k} \rfloor; k=2,\dots,N$

**定理1** N个冲突信息分组完全分解所需的平均时隙数:

$$E(L_N) = \frac{1}{N^{N-1} - 1} \left\{ N^N + \sum_{i=2}^{N-1} [E(L_i) - (\frac{k-1}{2} + \frac{1}{k})] \sum_{i=1}^{\lfloor N/A \rfloor} \frac{P_N^i (N-1)! h(N-ik, N-i)}{(k!)^i (N-ik)! (i-1)!} \right\} \quad (6)$$

其中  $E(L_0)=0$ 。

证明:根据N个冲突信息分组完全分解出现状态 $\pi_i$ 的概率,可得

$$\begin{aligned} E(L_N) &= N + \sum_{i=2}^N [E(L_i) - S] \cdot \sum_{i=1}^{\lfloor N/A \rfloor} i \cdot P(k, i) \\ &= \frac{1}{1 - P(N, 1)} \left\{ N + \sum_{i=2}^{N-1} [E(L_i) - S] \cdot \sum_{i=1}^{\lfloor N/A \rfloor} i \cdot P(k, i) \right\} \end{aligned}$$

由引理1、2、3、4、5,经化简得

$$P(N, 1) = 1/N^{N-1}$$

将此式代入上式,即得到(6)式,可得证。

系统的吞吐量由下式计算

$$S = G e^G / (1 + G + \sum_{i=2}^N \frac{E(L_i) \cdot G^i}{k!}) \quad (7)$$

### 4 实验结果分析

假设N个冲突信息分组中的任何一个独立的激活用户都以相同概率p选择N时隙中的一个时隙发送信息分组,并且 $Np=1$ 。表1中给出N叉树形冲突分解改进算法 $E(L_N)$ 的理论计算值和计算机模拟实验结果。在计算机模拟实验过程中选取了95%的概率取值的置信区间。该改进算法的最大吞吐量为0.581,静态吞吐量为0.478。

表1  $E(L_N)$ 理论计算值和实验值(单位:时隙)

N	理论值	模拟值	N	理论值	模拟值
2	3.000	3.000	15	32.849	32.854
3	5.682	5.685	16	35.143	35.152
4	6.966	6.710	17	37.437	37.445
5	10.219	10.223	18	39.731	39.745
6	12.202	12.215	19	42.025	42.034
7	14.496	14.5.2	20	44.319	44.324
8	16.790	16.802	21	46.613	46.625
9	19.084	19.092	22	48.907	48.914
10	21.378	21.385	23	51.201	51.216
11	23.672	23.682	24	53.495	53.509
12	25.966	25.971	25	55.790	55.812
13	28.261	28.276	26	58.084	58.095
14	30.555	30.562	27	60.378	60.386

本文采用改进隔离型随机N叉树形冲突分解算法,对VSAT卫星通信网上行随机多址接入信道的冲突分解过程进行了研究,得到了N个激活用户的冲突信息分组平均分解的时隙数和吞吐量的解析式,并且对理论计算结果与计算机模拟实验结果分析可得:

(1)从表1中可见,本节中提出的改进隔离型随机N叉树形冲突分解算法的 $E(L_N)$ 理论计算值与计算机模拟实验值在误差允许范围内相一致;

(2)本节中给出改进隔离型随机动态N叉树形冲突分解算法 $E(L_N)$ 的解析式,可用递推求解当N较大时的理论计算值,该算法可用于各类树型冲突分解算法的分析;

# 基于网络资源消费者模型的调度策略

杨祥茂 谭 曦

(西南财经大学信息工程学院 成都610074)

## Scheduling Based on Network Resources Consumer Models

YANG Xiang-Mao TAN Xi

(College of Information Engineering, Southwest University of Finances & Economics, Chengdu 610074)

**Abstract** With the popularity of Internet, technological advance is less than the demand of network resources. In this paper, first we introduce that consumer models in the today's technique condition, how to make prices in light to the models. Then discuss how to schedule network resources, and achieve the maximum of efficiency with the minimum of input.

**Keywords** Consumer model, Price, Network resource

## 1 引言

微观经济学中阐明了价格配置资源的理论,利用价格如何把资源配置到效用最高的具有独立主体的消费者中去,以实现资源配置的效用最大化。本文所论及的网络资源的价格配置策略将以下的假设为条件:

①资源稀缺性假设:网络资源是有限的,需求是无限的。

②经济人假设:网络资源消费者有确定的目标函数,有某些偏好,并在其实现过程中有追求自身目标最大化的欲望;精于计算;信息是充分的;且不存在外部性。

③环境假设:Internet 服务商是一种完全竞争模式的市场参与者<sup>[3]</sup>。

## 2 网络资源的消费者模型

网络资源调度的消费者模型中的消费者,指消费者使用价格手段购买网络资源的最终用户,获取网络产品,产品主要包括网络响应时间、网络服务内容;供应商网络包括网站服务商和网络基础设施。我们用微观经济学的效用分析法研究:网络消费者决定购买网络消费品的种类和数量,是由哪些因素和什么原则来决定的,以及如何达到均衡状态的条件等问题。

### 2.1 基数效用分析法的网络消费者模型

**定义1**(消费者效用,  $U$ )  $U$  为某个人的满意度(即效用),  $u$  为效用函数,  $x_i$  表示享受到的第  $i$  种消费品的数量,在  $t_r$  时间段内享受网络产品  $x_i$ , 其个体消费者的效用为  $u_{ir}$ 。

$$U = u_{ir} = u(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n, t_r) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$\text{当 } t_r \text{ 固定时, } U = \underline{u}_{ir} = \underline{u}_i(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)$$

**定理1**(边际效用) 当  $x_i$  增加  $\Delta x_i$ , 其它产品占有量不变,  $\Delta x_i$  所产生的满意度  $\Delta U$  大于0, 即边际效用为  $\partial u / \partial x_i > 0$ , 则对该网络产品消费越多越好。

**定理2**(边际效用递减效应) 当  $\partial^2 u / \partial x_i^2 < 0$  时, 随着对消费品占有量  $X$  的增加, 再增加1单位该种消费品所得到满意度将减少。

**定理3**(消费者均衡) 消费者拥有确定数量的货币 ( $M$ ) 用于购买何种商品的数量, 其消费的总效用 ( $u$ ) 最大时达到均衡状态。

向量  $X = (x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)^T$  是不同的网络产品,  $P = (p_{x_1}, \dots, p_{x_n})$  是购买不同网络产品的价格。当  $p_{x_1} x_1 + p_{x_2} x_2 + \dots + p_{x_n} x_n = M$ ,  $\text{St } \max u(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)$ , 只有  $\frac{\partial u}{\partial p_{x_1}} = \frac{\partial u}{\partial p_{x_2}} = \dots = \frac{\partial u}{\partial p_{x_n}}$  时, 其总效用最大。

**定理4**(系统内消费者效用模型) 各消费者和 ISP 服务商构成了整个网络系统, 设网络产品为  $s = (s_1, s_2, \dots, s_m)$ , 消费者向量为  $c = (c_1, \dots, c_i, \dots, c_n)$ , 则  $c_i$  消费网络产品  $s_j$  的效用  $u_{ij}$  依赖价格  $p_{ij}$ , 效用矩阵为  $(U_{ij})_{n \times m}$ , 在某时刻, 系统效用为  $u = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m u_{ij}$ , 要使得  $\max u$ , 只有各个  $u_{ij}$  值都最大。系统内各消费者  $u_{ij}$  的定价模型主要有服务商定价模型和问价模型两大类, 基于服务商成本定价模型以 Kelly 模型为代表; 基于市场问价模型以 PSP 拍卖与投标模型为代表。具体模型请见文[3]。

### 2.2 序数效用分析法的网络消费者模型

在基数效用分析法中, 要求能准确地确定消费者的效用

杨祥茂 讲师, 硕士, 主要研究领域为电子商务与程序设计。谭 曦 工程师, 主要研究领域为现代教育技术与程序设计。

(3)改进隔离型随机动态 N 叉树形冲突分解算法的最大动态吞吐量为 0.581, 静态吞吐量为 0.478。从表1可见, 随着激活用户数的增加, 冲突信息分组完全分解所需的平均时隙数  $E(L_N)$  近似线性增加, 说明该算法是稳定的、有效的。改进隔离型随机动态 N 叉树形冲突分解算法对提高 VSAT 卫星通信系统的性能将是有益的。

## 参 考 文 献

1 Capetanakis J I. Tree algorithms for packet broad-cast channels. *IEEE Inform Theory*, 1979, 25(5): 505~515

- 2 Tsybakov B S. Resolution of a conflict of know multiplicity. *Prob. Information Transmission*, 1980, 16(2): 69~82
- 3 Gulko E. Tree-based multi-access protocols where collision multiplicities are know. *IEEE Trans Commun*, 1985, 33: 999~1001
- 4 Georgiadis L, Papantoni-Kazakos P. A collision resolution protocol for random access channels with energy detectors. *IEEE Trans. Commun*, 1982, 30: 2413~2420
- 5 黄建成, 谢海, 徐秉铮. 分解信息包冲突的随机树形协议. *通信学报*, 1983, 4(3): 21~28
- 6 赵东风, 李必海, 郑苏民. 二叉树形冲突分解算法研究. *电子科技大学学报*, 1996, 25(8): 260~264
- 7 赵东风, 赵雪春. 随机 N 叉树形冲突分解算法研究. *云南大学学报*, 2000, 22(1): 23~25