

A Channel assignment strategy based on terminal location and preferential queuing in Constellation Communication System

Song Yu¹, Xie Zhi-dong², Hai-jun Zhou³,

1.3. Xi'an institute of communication, Xi'an, China

2. Postgraduate Team 4 ICE, PLAUST, Nanjing, China

1. yuqi_602@sohu.com, 2. xzd313@gmail.com, 3. navy_z@163.com

Abstract: To the question of Terminal Channel Switch frequently and the large Call-Blocking Probability in Constellation Communication System, propose a Channel assignment strategy based on terminal location and Preferential queuing, which is testified for reducing Call-Blocking Probability remarkably at Channel Switch times by Theoretical analysis, math deduce and Simulation. Synchronously, because the Terminal location could localize by itself, this strategy would implement simply in actual Constellation Communication Systems.

Keyword: LEO; Constellation Communication System; channel switch; channel assignment

一种基于终端位置和优先排队的星座卫星信道分配策略

宋宇¹, 谢智东², 周海军³

1, 3. 西安通信学院, 西安, 中国, 710106

2. 解放军理工大学, 南京, 中国, 210007

1. yuqi_602@sohu.com, 2. xzd313@gmail.com, 3. navy_z@163.com

【摘要】针对终端在低轨星座卫星通信系统中信道切换频繁, 呼叫阻塞概率较大的问题, 提出了一种基于终端位置和优先排队的信道分配策略。通过理论分析、数学推导和仿真证明该策略能够显著降低信道切换时的呼叫阻塞概率, 同时由于终端位置可以自主确定, 使得该策略实现简单, 能够在实际的星座卫星通信系统中使用。

【关键词】 LEO; 星座通信系统; 信道切换; 信道分配

1 引言

在低轨卫星星座通信系统中, 卫星的高速运动会使用户信道频繁地发生切换问题, 如“铱星”系统的用户信道平均每 50 秒发生一次波束间切换, 平均每 5 分钟发生一次卫星间切换。与新呼叫的阻塞相比, 切换时的掉话更让人难以接受, 为了保证在合理的新呼叫阻塞概率前提下获得最小的切换阻塞概率, 必须合理设计切换过程中的信道分配策略。

针对这一目标人们提出的信道分配策略主要分为两类: 一类是引入保护信道的概念, 即专门预留出一些信道供切换呼叫使用, 这类策略最大的缺点是增加了新呼叫的阻塞概率和信道利用率不高; 另一类是引入各种排队方法, 由于各卫星波束覆盖区间总有些地方是互相重叠的, 因而切换请求有一定的等待时间, 从而使排队成为可能。

目前的多种排队算法, 如 FIFO, MBPS, SPPQ, LUI 等, 都是针对地面蜂窝系统提出的, 没有考虑星座卫星通信系统卫星运行的规律性, 而且一般都

因为计算量大或实现复杂无法在实际中运用。

本文结合星座卫星通信系统的特点, 提出了一种基于终端位置和优先排队的信道分配策略——EMDT 信道分配策略。通过理论分析、推导和仿真证明该策略在不增加新呼叫阻塞概率的前提下, 能够显著降低切换呼叫的阻塞概率。同时由于终端具有位置自主确定的功能, 使得该策略实现简单, 能够在实际的星座卫星通信系统中使用。

2 EMDT信道分配策略

低轨星座系统中, 在 15~30 度的低纬度地区, 通过合理的轨道面选择, 可供切换的排队时间绝大多数情况下大于 100 秒。同时星座拓扑的变化具有可预测性, 完全可以通过合理设计基于排队的信道分配策略来降低切换的阻塞概率。

首先对星座卫星通信系统做如下假设:

1) 终端具有自主位置确定功能, 位置误差小于 10km, 由于卫星波束相对于终端的运动速度为 8758m/s 左右, 因此这一误差引起的切换时间误差为 1s, 不会影响排队策略的性能, 而且这一假设符

合实际情况；

2) 在星座卫星通信系统中，卫星的运动速度远大于终端的运行速度，因此可以认为终端总是垂直穿过两个相邻波束的重叠区，如图 1 所示；

3) 切换由终端申请，由网络控制。

参考基于地面蜂窝系统的 MDT（最小驻留时间）算法，EMDT（增强的最小驻留时间）队列中的服务优先级由移动终端用户在切换区域的驻留时间决定，EMDT 还考虑了移动终端在连续切换过程两个因素：1) 本次切换后下次可能的切换保护时间，2) 完成整个切换流程的执行时间。新呼叫的优先权始终小于切换呼叫的优先权，假设新呼叫的耐心等待时间为一固定值，且只考虑话音呼叫。

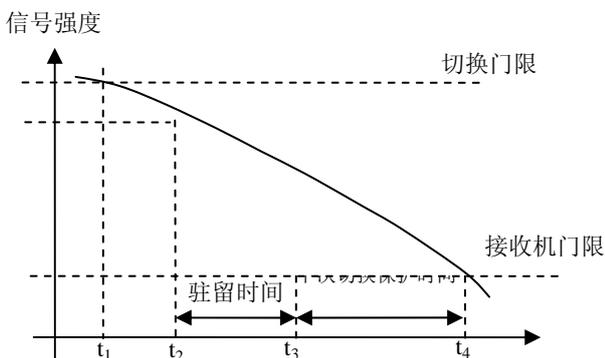


Figure 1. Queue PRI algorithm

图 1 中，纵轴表示移动终端接收到的信号强度，在 t_1 时刻移动终端提出切换请求， t_4 时刻将离开切换区域，假设在 t_2 时刻有信道释放， t_3 时刻与 t_4 时刻的时间间隔为预留给本次切换的后续切换的保护时间， t_3 时刻与 t_2 时刻之间的时间即为驻留时间。切换用户的驻留时间越小，优先级越高。切换用户的驻留时间可以根据网络拓扑和终端位置计算得到。

信道分配策略流程：当呼叫到达时，先判断呼叫的类型：如果是新呼叫，若有空闲信道则接入，否则插到切换队列的末尾等待空闲信道，如果在耐心等待时间内，队列前面的所有呼叫进入服务且有信道释放则进入服务，否则被阻塞；如果是切换呼叫，若有空闲信道则接入，否则根据网络拓扑和终端位置计算驻留时间，然后按优先级插入到切换队列。在队首呼叫的驻留时间内若有信道释放，则排在队首的呼叫进入服务，否则队首呼叫被阻塞，排在第二位的呼叫进入队首的位置，依次运作。信道分配策略的流程如图 2 所示。

3 信道分配策略性能分析

3.1 EMDT 概率密度函数

卫星在地面上覆盖区域为圆形，两颗卫星的覆

盖区域如图 3 所示。一颗卫星覆盖区域的半径为 r ，相邻两颗卫星重叠区域（切换区域）的长度为 L ，宽度为 p 。基于前面的假设条件，终端只能垂直穿过重叠区域，可能的进入重叠区域的距离到整个重

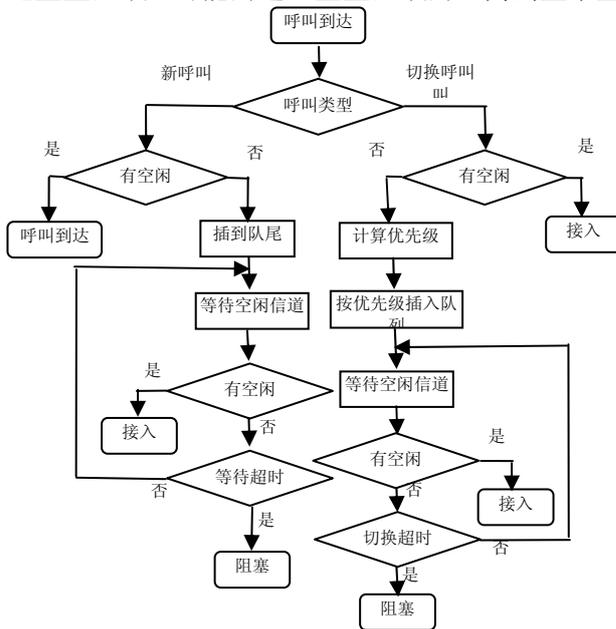


Figure 2. Flow chart of channel distribute strategy

叠区域边缘的距离为 d 。

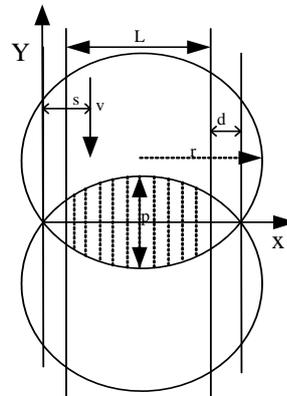


Figure 3. Overlap of satellite wave beam

假设终端相对卫星的移动速度为 v ，在如图所示的区间内进入的概率是均匀的。即：

$$f(x) = \begin{cases} 1/L & d \leq x \leq L + d \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

重叠区域的上半边界弧的方程为：

$$y = \begin{cases} p/2 + \sqrt{r^2 - (x - d - L/2)^2} - r & d \leq x \leq d + L \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

终端从横坐标 X 处经过重叠区域的长度为：

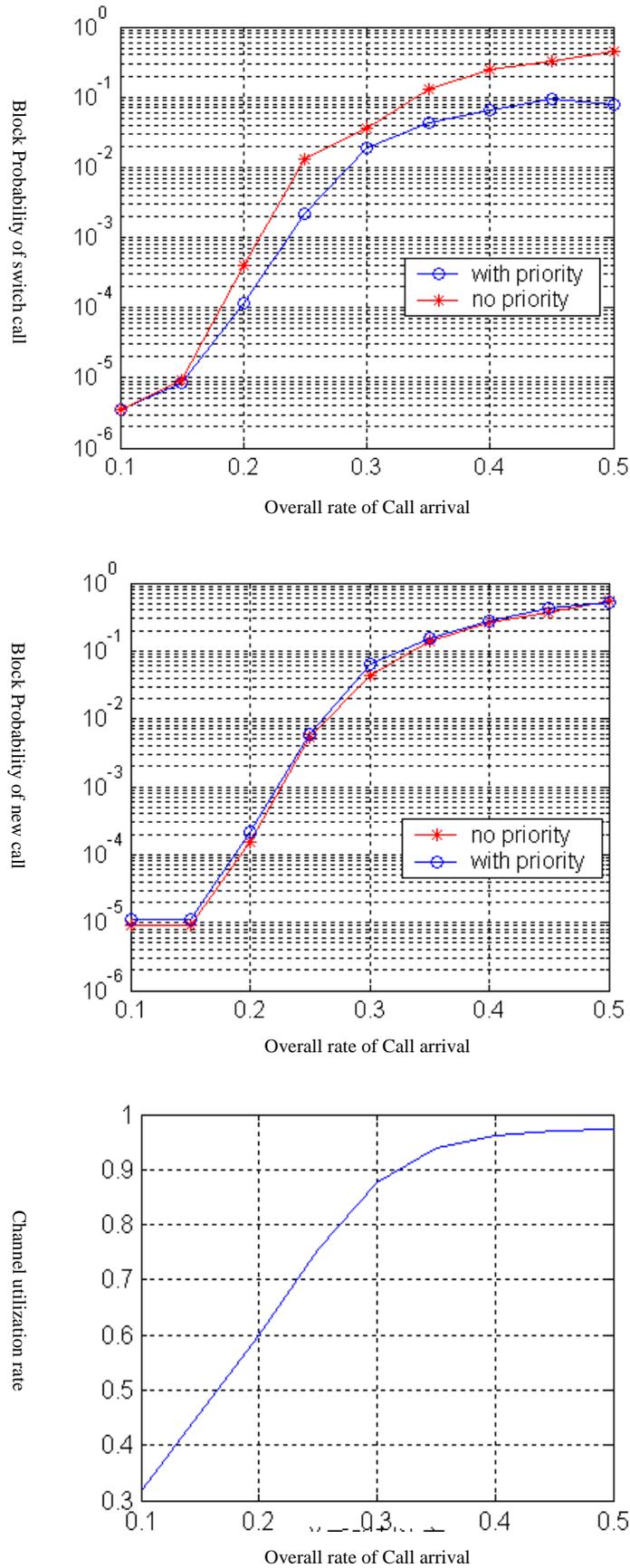


Figure 5. Simulation of the channel assignment strategy

$$l(x) = 2y \tag{3}$$

由随机变量函数的概率分布定理：设随机变量 X 具有概率密度函数 $f_X(x), a < x < b$ ，又设函数 $g(x)$ 处处可导且有 $g'(x) > 0$ （或 $g'(x) < 0$ ），则 $Y = g(x)$ 是连续型随机变量，其概率密度为：

$$f_Y(y) = \begin{cases} f_X[h(y)]|h'(y)| & \alpha < y < \beta \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \tag{4}$$

其中 $\alpha = \min(g(a), g(b)), \beta = \max(g(a), g(b))$ ， $h(y)$ 是 $g(x)$ 的反函数。

因此经过重叠区域的长度的概率密度函数为：

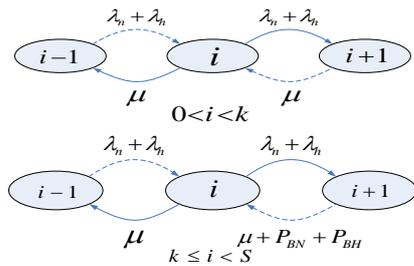
$$f(y) = \begin{cases} (y/2+r-p/2)/(L\sqrt{r^2-(y/2+r-p/2)^2}) & 2(p/2+\sqrt{r^2-L^2/4-r}) \leq y \leq p \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \tag{5}$$

从而可以得出驻留时间的概率密度函数为：

$$T(t) = \begin{cases} (v\cdot t/2+r-p/2)/(L\sqrt{r^2-(v\cdot t/2+r-p/2)^2}) & 2\cdot(p/2+\sqrt{r^2-L^2/4-r})/v \leq t \leq p/v \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \tag{6}$$

3.2 切换阻塞概率

设新呼叫和切换呼叫的到达服从泊松分布，到达率分别为 λ_n 和 λ_h ，由泊松分布的性质知：总的到达速率 $\lambda = \lambda_n + \lambda_h$ ，呼叫的服务时间服从均值为 μ 的负指数分布，切换呼叫的驻留时间 t 服从 $T(t)$ ，新呼叫的耐心等待时间为一个固定值 W ，信道数为 k ，系统能够提供的总队列大小为 S ，系统中总的呼叫数为 i ，则系统中有 i 个呼叫的概率为 $P(i)$ ，切换呼叫和新呼叫的阻塞概率分别为 P_{BH} 和 P_{BN} 。则系统平稳时的状态转移图为：



pic4 state transfer of the system

根据状态转移图可以得出状态转移方程：

$$\begin{cases} (i\mu + \lambda_n + \lambda_h)P_i = (i+1)\mu P_{i+1} + (\lambda_n + \lambda_h)P_{i-1}, & 0 < i < k \\ (i\mu + \lambda_n + \lambda_h)P_i = (i+1)(\mu + P_{BN} + P_{BH})P_{i+1} + (\lambda_n + \lambda_h)P_{i-1}, & k \leq i < S \\ (\lambda_n + \lambda_h)P_0 = \mu P_1 \\ (\lambda_n + \lambda_h)P_{S-1} = S\mu P_S \end{cases} \tag{7}$$

$$\text{其中 } \sum_{i=0}^S P_i = 1 \tag{8}$$

联系以上各式，可以解出 $P(i)$ 。则在具有优先权排队的系统中，用户被阻塞的概率为：

$$P_B = \sum_{i=k}^S P_i * P(\text{最小服务时间} > \text{驻留时间})$$

而在无优先权排队的系统中，用户被阻塞的概率为：

$$P_B = \sum_{i=k}^S P_i * P(\text{第}(i-k)\text{最小服务时间} > \text{驻留时间})$$

4 性能仿真

仿真模型的参数配置如表 1 所示：

table1. simulation parameter deployment

参数	取值
信道数 k	40
平均服务时间 u	120s
最大队列长度 S	40
新呼叫耐心等待时间	30s
卫星相对于终端的运动速度	8758m/s
卫星波束半径	500km
卫星波束重叠区域长度 L	270km

根据表 1 的参数配置，并假设新呼叫和切换呼叫的到达服从泊松分布，且到达率相同，呼叫的服务时间服从均值为 μ 的负指数分布，对该信道分配策略进行计算机仿真，仿真结果如图 5 所示。图中横坐标表示总呼叫到达率，即新呼叫和切换呼叫的到达概率之和，为 $\lambda_n + \lambda_h$ ；纵坐标分别为切换呼叫和新呼叫的阻塞概率。从图中可以看出，本文提出的信道分配策略在基本不影响新呼叫阻塞概率的情况下，能够显著降低切换呼叫阻塞概率。

5 结束语

由于星座卫星通信系统中卫星运行具有一定规律性，同时终端具有自主位置确定功能，本文通过分析星座卫星通信系统的特点，提出了一种基于增强最短驻留时间的信道分配策略。通过理论分析和计算机仿真证明该策略在不增加新呼叫阻塞概率的前提下，能够显著降低切换呼叫的阻塞概率，且易于实现，适合在星座卫星通信中使用。

References (参考文献)

[1] 张更新、张杭，卫星移动通信系统，人民邮电出版社，2001.10 Zhang Ming and Tak-Shing P. Yum, "Comparisons of Channel Assignment Strategies in Cellular Mobile Telephone Systems", IEEE Trans. Vehicular Tech, vol.38, No.4, 1989, pp.211-215.
 [2] 牛学宇，乔惠杰，卫星星座通信系统动态分区静态管理策略研究[J]，系统仿真学报，2009，07

- [3] 段彬, 韩潮, 卫星座仿真系统的设计和实现[J], 计算机仿真, 2002, 06
- [4] Sirin Tekinay and Bijan Jabbari, "A Measurement-Based Prioritization Scheme for Handovers in Mobile Cellular Networks", IEEE Journal on Select Areas in Communication, vol.10, No.8, 1992.8.
- [5] 石东海, 唐朝京, 张尔扬, 基于移动式网络的LEO卫星座通信网络研究[J], 宇航学报, 2007, 01
- [6] Howard G. Ebersman and Ozan K. Tonguz, "Handoff Ordering Using Prediction Priority Queuing in Personal Communication Systems", IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol.48, No.1, 1999.1.
- [7] Qian Rong, Feng Guangzeng. A minimum-dwelling-time prioritization scheme for handover in mobile cellular systems. Communication Technology Proceedings, 1998