

## 低轨卫星系统中的一种带优先级的信道预留策略

李庆 朱立东 吴诗其

(电子科技大学通信抗干扰技术国家级重点实验室 成都 610054)

**摘要:** 在卫星通信系统中,可能需要同时支持地面普通终端及一些快速移动特殊终端的通信,因此需要综合考虑不同类型终端的通信服务质量要求。该文从切换的角度考虑,针对两种不同用户终端及非均匀的业务分布,提出一种带优先级的信道预留策略。通过理论分析和仿真结果表明,该策略提高了特殊用户的切换性能,对低轨卫星通信系统的研究有一定的参考价值。

**关键词:** 卫星通信; 低轨卫星系统; 切换; 优先级; 信道预留

中图分类号: TN927

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2008)08-1820-04

## A Channel Reservation Algorithm with Priorities in LEO Satellite Systems

Li Qing Zhu Li-dong Wu Shi-qi

(National Key Laboratory of Communication, UESTC, Chengdu 610054, China)

**Abstract:** In satellite communication systems, some special users which are usually fast-moving terminals may need to be supported as well as the common users sometimes. Since the two types of users exist, the communication performances for both of them should be considered. In this paper, a novel channel reservation algorithm is proposed for this case. The theoretic analysis and simulation results show that the handover performances of the special users are improved by this algorithm.

**Key words:** Satellite communication; LEO; Handover; Priority; Channel reservation

### 1 引言

随着通信技术的发展,卫星移动通信正发挥着越来越大的作用。其中低轨卫星系统(LEO)以其覆盖范围广、成本低等优点得到了广泛应用,它不仅能像地面移动网络一样为地面移动用户提供通信服务,而且能够支持一些快速移动的特殊终端的通信,如飞机、飞船等,甚至高度比较低的小卫星。因此,在卫星通信系统中可能同时出现普通用户和特殊终端。在这种情况下,如果对它们进行同等对待是不合理的,因为特殊终端通信中断的代价要远大于普通用户通信中断的代价,在通信中应该优先保证特殊终端的通信质量。

文献[1]讨论了单个快速移动特殊终端的通信性能,在本文中,作者针对地面普通终端和快速特殊终端共存的情况,考虑特殊终端的重要性,同时兼顾普通用户,提出了一种带优先级的动态信道预留策略,通过仿真得到其切换相关性能,并与无优先级的策略及传统固定信道预留策略加以比较。

### 2 切换模型

#### 2.1 LEO 星座

本文采用类似于全球星系统的48星座,高度1414km,倾角 $52^\circ$ ,每颗卫星有16个点波束,其排列方式如图1所

示,每个点波束为一个小区。当用户终端从一个小区进入另一个小区时,发生切换,文献[2]中介绍了点波束的确定方法。系统采用CDMA方式,同时支持语音和数据业务。为了支持境外用户的通信,卫星之间具有铱星一样的星间链路,如图2所示。境外用户可以通过星间链路将信息传回布置在国内的数个信关站。48星座对于地面具有良好的覆盖特性,用户可以同时看到2颗以上卫星,在切换时,用户要先选择一颗卫星作为接入星。在本文中,用户切换时按照以下的准则选择接入的卫星:

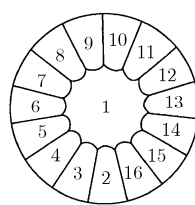


图1 卫星点波束排列图

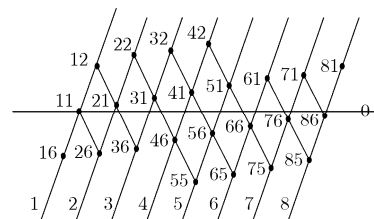


图2 星间链路

若用户在境内,则选择剩余信道数最多的卫星(最小负荷准则);

若用户在境外,则选择与信关站之间星间链路跳数最小的卫星(最小跳数准则),然后通过星间链路与国内通信。

### 2.2 普通地面用户

对于地面用户, 本文假设呼叫到达率服从泊松分布, 呼叫到达间隔时间及呼叫持续时间服从负指数分布。由于用户的速度相对于卫星的速度来说可以忽略, 因此可以近似地将用户视为静止的。而从我国的实际应用出发, 本文假设地面用户业务呈非均匀分布, 即境内的业务量要远大于境外, 且同时具有话音和数据业务。

### 2.3 特殊用户

在文献[1]中已经对特殊用户作了相关介绍, 这种用户终端具有这样一些特性: 移动速度快, 时速可以达到 1000km/h 以上, 比普通地面终端快几十甚至上百倍; 高度高, 海拔在 10km 以上, 移动方式多为飞行; 受地形限制小, 可以穿过高山、海洋进行长距离移动; 大多有特殊用途, 比普通终端更为重要。为了研究方便, 本文涉及的特殊用户均作以下假设: (1) 用户呼叫产生仍然服从泊松分布; (2) 用户出发地位置在我国境内均匀分布, 目标位置在全球范围内均匀分布; (3) 用户高度均为 10km, 速度为 1000km/h 左右; (4) 用户从出发地直接飞向目标地, 不考虑方向和路线的改变; (5) 用户只有数据业务。

由于特殊终端的速度及呼叫持续时间(飞行时间)要远大于普通用户, 切换更加频繁, 因此对系统性能的影响很大, 特别是在系统容量不很大的情况下, 如果将其与普通用户同等对待的话就难以保证其通信质量。

## 3 切换策略

文献[3-6]提出了关于卫星通信系统中切换时的信道预留策略, 但是都是对于只有地面用户情况下的策略, 而没有考虑到上述的特殊用户终端。本文针对两种用户同时存在的情况, 提出了一种带有优先级的动态信道预留策略。

### 3.1 无优先级的切换

切换呼叫和新呼叫同时申请空闲信道, 占用信道的概率相同, 当没有可用信道时两种呼叫都会失败。对于用户而言, 通话中被中断比新呼叫无法接通更加难以忍受, 因此切换呼叫比新呼叫更加重要。

### 3.2 传统的信道预留

在信道预留策略中, 分配一定数量的信道给切换呼叫专用, 其余的信道由新呼叫和切换呼叫共用。当小区内可用信道数小于门限值  $C_{gc}$  时, 新呼叫将不再接入系统, 只有切换呼叫能使用剩余的信道, 以此来减小切换失败的概率。

### 3.3 有优先级的动态信道预留

对于特殊用户与普通用户共存的情况, 必须对它们区别对待。由于特殊用户比普通用户更重要, 切换呼叫比新呼叫更重要, 因此对这 4 种呼叫设定优先级, 按优先级从高到低排列为: 特殊用户切换呼叫、普通用户切换呼叫、特殊用户新呼叫、普通用户新呼叫。当确定了呼叫所在的小区后, 针对切换呼叫, 小区分两部分预留信道: 分配  $C_s$  个数据信道给

特殊用户切换呼叫专用, 分配  $C_n$  个基本信道给普通用户切换呼叫(该部分信道特殊用户的切换呼叫可使用), 剩余的信道由所有呼叫共用, 优先级高的呼叫可以占用低优先级的信道, 反之则不行。设小区总信道数为  $C_{max}$ , 当可用信道数  $C > C_s + C_n$  时, 4 种呼叫按照先到达先占用的方式获得信道; 当  $C_s < C \leq C_s + C_n$  时, 新呼叫不能再获得信道; 当  $C \leq C_s$  时, 只有特殊终端的切换呼叫才能获得信道。图 3 表示其状态转移过程, 其中  $C$  为总信道数,  $\lambda_t$  为总呼叫到达率,  $\lambda_h$  为普通用户切换呼叫到达率,  $\lambda_{sh}$  为特殊用户切换呼叫到达率,  $\mu_c$  为信道平均占用时间。

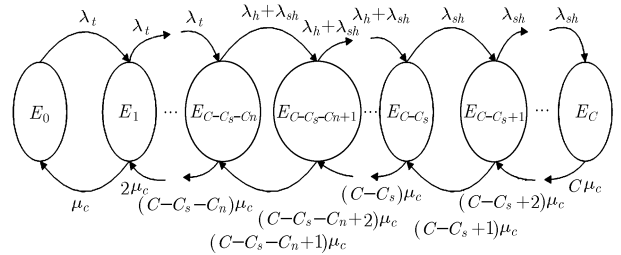


图 3 状态转移图

在系统进入平稳分布后, 流入  $n$  状态的平均转移率等于流出  $n$  状态的平均转移率, 由上述状态转移图可以得到平衡状态方程:

$$\begin{cases} (\lambda_t + n\mu_c)P_n = \lambda_t P_{n-1} + (n+1)\mu_c P_{n+1}, & n < C - C_s - C_n \\ [(\lambda_h + \lambda_{sh}) + (C - C_s - C_n)\mu_c]P_n = \lambda_t P_{n-1} + (C - C_s - C_n + 1)\mu_c P_{n+1}, & n = C - C_s - C_n \\ [(\lambda_h + \lambda_{sh}) + n\mu_c]P_n = (\lambda_h + \lambda_{sh})P_{n-1} + (n+1)\mu_c P_{n+1}, & C - C_s - C_n < n < C - C_s \\ [\lambda_{sh} + (C - C_s)\mu_c]P_n = (\lambda_h + \lambda_{sh})P_{n-1} + (C - C_s + 1)\mu_c P_{n+1}, & n = C - C_s \\ (\lambda_{sh} + n\mu_c)P_n = \lambda_{sh} P_{n-1} + (n+1)\mu_c P_{n+1}, & C - C_s - C_n < n \leq C \end{cases} \quad (1)$$

由式(1)可得小区中的忙信道数为  $n$  的概率  $P_n$ :

$$P_n = \begin{cases} \frac{(\lambda_t/\mu_c)^n}{n!} P_0, & n \leq C - C_s - C_n \\ \frac{\lambda_t^{C-C_s-C_n} (\lambda_h + \lambda_{sh})^{n-(C-C_s-C_n)}}{\mu_c^n n!} P_0, & C - C_s - C_n < n \leq C - C_s \\ \frac{\lambda_t^{C-C_s-C_n} (\lambda_h + \lambda_{sh})^{C_n} \lambda_{sh}^{n-(C-C_s)}}{\mu_c^n n!} P_0, & C - C_s - C_n < n \leq C \end{cases} \quad (2)$$

同时, 总概率满足下面等式:



小的阻塞率, 这是因为传统信道预留策略和本文提出的有优先级的动态信道预留策略都是将一部分信道分配给切换呼叫, 因此会牺牲一部分新呼叫, 系统的效率有所降低。

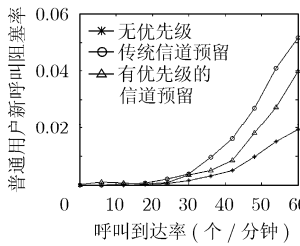


图 5 普通用户新呼叫阻塞率

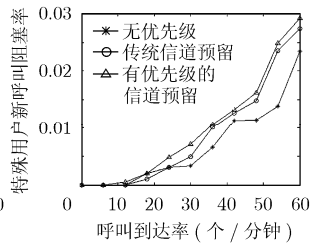


图 6 特殊用户新呼叫阻塞率

由图 7、图 8 可以看到, 对于切换呼叫失败率来说, 不论是普通用户还是特殊用户, 有优先级的动态信道预留策略都具有比其它两种策略更好的性能, 尤其对于特殊用户的切换失败率有了大幅减少, 保证了特殊用户的切换性能, 同时兼顾了普通用户的切换。

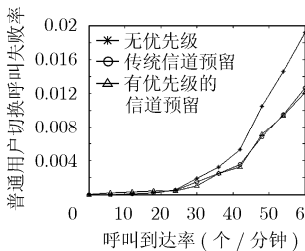


图 7 普通用户切换失败率

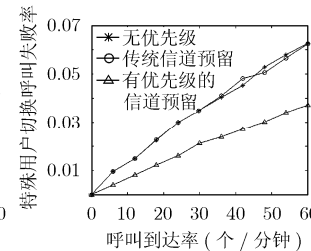


图 8 特殊用户切换失败率

从图 9 中看到, 传统信道预留方式服务等级略优于无优先级, 而本文提出的有优先级的动态信道预留策略由于减小了用户切换呼叫的失败率, 具有比其它两种策略更优的服务等级。

本文提出的有优先级的动态预留策略与传统的信道预留策略一样, 都是以牺牲一部分新呼叫的代价来获得切换性能的提升。从图 10 可以看到, 有优先级的动态信道预留策略的信道利用率比无优先级的策略要低。

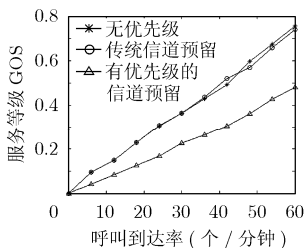


图 9 服务等级 GoS

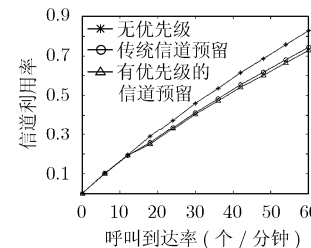


图 10 信道利用率

### 5 结束语

在低轨卫星通信系统中, 可能会出现地面普通用户和一些特殊的快速终端用户同时需要服务的情况, 传统的切换策略中没有考虑这两种用户的区分。本文针对两种用户同时存在的情况, 提出了一种带有优先级的动态信道预留策略, 在牺牲一部分新呼叫的代价下, 减小了普通用户和特殊用户的切换失败率, 保证了特殊用户的切换性能, 对低轨卫星通信系统的研究有一定的参考价值。

### 参考文献

- [1] 李庆, 朱立东, 吴诗其. 低轨卫星通信系统中快速终端的切换技术, 通信学报, 2006, 27(5): 120-125.  
Li Qing, Zhu Li-dong, and Wu Shi-qi. Handover technique of fast-moving terminal in LEO satellite communication systems. *Journal on Communications*, 2006, 27(5): 120-125.
- [2] 刘严静, 刘刚, 吴诗其. 低轨卫星移动系统的点波束确定算法. 中国空间科学技术, 2006, 26(3): 59-66.  
Liu Yan-jing, Liu Gang, and Wu Shi-qi. Spot beam judgement algorithm of low earth orbit satellite mobile system. *Chinese Space Science and Technology*, 2006, 26(3): 59-66.
- [3] Del Re E, Fantacci R, and Giambene G. Different queuing policies for handover requests in low Earth orbit mobile satellite systems. *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, 1999, 48(2): 448-458.
- [4] Hong D and Rappaport S S. Traffic model and performance analysis for cellular mobile radio telephone systems with prioritized and nonprioritized handoff procedures. *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, 1986, 35(3): 77-92.
- [5] Beylot A L and Boumerdassi S. Adaptive channel reservation schemes in multitraffic LEO satellite systems. *IEEE Global Telecommunications Conference*, San Antonio, TX, USA, 2001, Vol. 4: 2740-2743.
- [6] Cho S. Adaptive dynamic channel allocation scheme for spotbeam handover in LEO satellite networks. *IEEE Vehicular Technology Conference*, Boston, MA, USA, 2000, Vol.4: 1925-1929.

李 庆: 男, 1982 年生, 硕士生, 研究方向为卫星通信和移动通信。  
朱立东: 男, 1938 年生, 教授, 博士生导师, 研究方向为卫星通信和个人通信。