

低轨卫星移动通信系统馈电链路切换方案

刘严静, 苟定勇, 吴诗其

(电子科技大学通信与信息工程学院 成都 610054)

【摘要】研究了无星际链路低轨卫星移动通信系统中的馈电链路的切换问题,提出了两种馈电切换方案-最短馈电链路切换方案和最长可视时间切换方案。结合两种已有的用户链路切换准则,在构造的非均匀分布全国话务密度模型上进行了系统仿真。仿真结果表明馈电链路切换方案对系统开销影响较大,选择最长可视时间馈电链路切换方案,可以减少切换带来的信令开销,提高服务质量,具有较高的参考和实用价值。

关键词 馈电链路; 切换; 低轨卫星移动通信系统; 用户链路

中图分类号 TN927

文献标识码 A

Feeder Link Handover Schemes of Low Earth Orbit Satellite Mobile Systems

LIU Yan-jing, GOU Ding-yong, WU Shi-qi

(School of Communication and Information Engineering, Univ. of Electron. Sci. & Tech. of China Chengdu 610054)

Abstract This paper discusses issues of feeder link handover and user link handover in Low Earth Orbit (LEO) satellite mobile communication systems without Inter-Satellite Links (ISL). Two feeder link handover schemes are presented. These two schemes are simulated based on two user link handover principles and non-uniform distributed national traffic model of china. Simulation results show that the longest visible duration scheme can greatly reduce the handover frequency of gateway and improve system performance. Consequently this scheme has better value in practice.

Key words feeder link; handover; LEO satellite mobile communication system; user link

由于低轨卫星相对于地面的高速移动性,低轨卫星移动通信系统在通信过程中将发生大量的切换(包括用户到卫星的用户链路切换和卫星到信关站的馈电链路切换)。在无星际链路的低轨卫星移动通信系统中,卫星无星上处理能力,卫星之间也无星际链路,采用“弯管式”透明转发通信方式,所有的信号处理和交换都在地面进行,因此需要建立大量的地面信关站。如Globalstar系统实现全球实时通信大致需要150~210个信关站^[1]。当不涉及信关站切换时,切换相对来说要容易处理一些。因为这些信令是在用户-卫星-信关站之间的本地链路传输。但是,当涉及到信关站切换时,用户位置管理和路由信息更新,需要较多的信令交换以及大量的地面路由重建,对于网络设计和管理维护形成较大的压力^[2]。本文研究涉及信关站切换的切换问题,即馈电链路在不同信关站的切换和用户链路在不同卫星之间的切换。

1 切换方案

1.1 馈电链路切换方案

本文提出了最短馈电链路切换方案和最长可视时间切换两种馈电链路切换方案。

1) 最短馈电链路切换方案

在最短馈电链路切换方案中,卫星移入所需要服务的地区,首先选择距离自己最近(接收信号功率最强)的信关站作为自己的服务信关站。当仰角低于给定门限需要切换时,卫星在候选信关站中选择距离最近的信关站进行切换。

最短馈电链路切换方案实现简单方便,链路性能良好,但未能利用卫星移动通信系统星座运行规律的先验知识,未能有效地减少卫星切换信关站的次数。

2) 最长可视时间切换策略

为了减少卫星切换信关站的次数,从而降低用

收稿日期: 2005-02-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60372013)

作者简介: 刘严静(1980-),女,硕士,主要从事卫星移动通信方面的研究。

户与信关站之间的切换频率,在选择馈电链路时,可以摒弃距离最近(接收信号功率最强)的信关站,而是选取可视时间(信关站对卫星的可视时间)最长的一个,在仰角低于给定门限以前,始终保持与当前信关站相连,不发生切换。低轨卫星移动通信系统的许多特性保证了这一方案的有效性:

(1) 信关站的冗余度特性:在卫星移动通信系统中,出于通信网络可靠性考虑,信关站配置一般具有较多冗余度。当某个工作的信关站失效或者相应的地面通信链路失效时,处于热备份状态的信关站可以立即投入工作。因此,一颗卫星往往可以同时覆盖多个信关站。此外,信关站的设置是不受限制的,它可服务于几个重叠的卫星覆盖区^[2]。

(2) 系统星座运行具有规律性:由于卫星移动通信系统按照其特定的卫星星座规律运行,任意时刻卫星的位置坐标是可确定和预见的,因而,卫星对候选信关站的可视时间是可确定预见的。系统控制中心根据候选信关站的坐标和卫星的位置关系,通过查阅星历计算出各自的可视时间,从而决定卫星切换到哪个信关站^[4]。

1.2 用户链路切换准则

在低轨卫星移动通信系统中,常用的用户链路切换准则主要有五种^[3],本文只考虑:最近卫星准则和最长可视时间准则两种。

(1) 最近卫星准则:用户终端在切换发生时选择距离自己最近的卫星,也称为最大仰角准则。

(2) 最长可视时间准则:用户终端在切换发生时选择可以提供最长通信连接保持的卫星,并在到达给定门限以前,始终保持与当前卫星的连接。

2 非均匀分布业务密度模型

为了更好地模拟实际系统,根据中国的人口密度和人口经济密度,构造了非均匀分布业务密度模型:在地理上将中国分割为东中西三大地区,不同的地区分配不同的业务密度系数,业务密度系数是人口密度和人口经济密度的加权组合。具体地理划分和密度系数如表1所示。文献^[4]也提出了类似的业务分布模型。

表1 业务密度模型区域分割以及密度系数

区域	地理位置/(°)	密度系数
东部	东经112~135,北纬24~49	1.00
中部	东经107~121,北纬21~54	0.46
西部	东经73~107,北纬20~48	0.23

3 仿真结果及分析

本文选用Globalstar系统星卒进行仿真分析,其轨道参数如表2所示。

表2 Globalstar星座的轨道参数

卫星星座方案	轨道高度/km	轨道倾角/(°)	卫星总数	轨道面数	相邻轨道相邻卫星相位差/(°)
Globalstar	1 410	52	48	8	7.5

3.1 仿真参数设置

Globalstar系统在中国范围内设置五个信关站可为99%以上的地区提供实时覆盖^[3]。考虑到网络可靠性和冗余度的要求,选择九个信关站,位置分别为:北京、哈尔滨、乌鲁木齐、喀什、拉萨、海口、福州、兰州、海拉尔。对此,系统在不同的切换方案下对中国非均匀分布移动用户呼叫进行仿真,仿真时间为48 h,仿真时间步长10 s,整个仿真过程共计算了17 280个取样点。为评估切换性能,本文定义三个评价参数:星座系统对信关站的切换频率 f_{chg} (简称切换频率),单个用户一次通话过程中的平均信关站切换次数 N_{uhg} 和信关站累计服务时间 T_{sum} 。它们分别为:

$$f_{\text{chg}} = C_{\text{chg}} / T_{\text{sim}} \quad (1)$$

$$N_{\text{uhg}} = \frac{1}{N_c} \sum_{i=1}^{N_c} C_{\text{ugh}}(i) \quad (2)$$

$$T_{\text{sum}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{SAT}}} T_{\text{accessed}}(i) \quad (3)$$

式中 C_{chg} 为星座系统在仿真时间内切换信关站的总次数; T_{sim} 为仿真时间; $C_{\text{ugh}}(i)$ 为用户在第 i 次通话过程中切换信关站的次数, N_c 为用户在仿真时间内发起呼叫的次数; n_{SAT} 为卫星的个数; $T_{\text{accessed}}(i)$ 为卫星 i 接入信关站的时间总和。

3.2 仿真结果分析

Globalstar系统的最小仰角为 10° ,图1是在不同的最小仰角要求下,Globalstar星座对纬度 $20^\circ \sim 50^\circ$ 区域的覆盖特性,可看出只有在 10° 和 15° 以下才能实现真正的全覆盖。在以下的仿真中,用户接入系统的最小仰角始终为 10° ,卫星接入信关站的最小仰角(简称卫星接入仰角 α)为 $(10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ)$ 。图2是不同的卫星接入仰角下,两种馈电链路切换方案的信关站切换频率对比。从图2可看出,在 $\alpha = 10^\circ$ 时,最长可视时间切换方案比最短馈电链路切换方案的信关站切换频率低45%; $\alpha = 15^\circ$ 时,两种方案的信关站切换频率相差最大,达50%;当 α 大于 15° 后,随着 α 的增加,两种方案的切换频率差距减少。

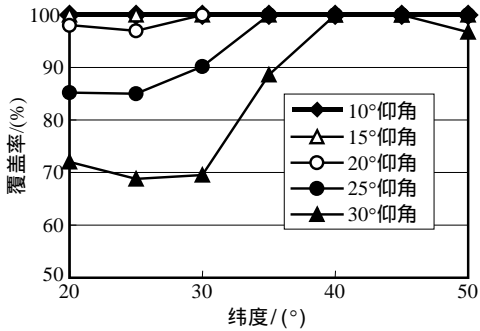


图1 Globalstar系统的覆盖性能

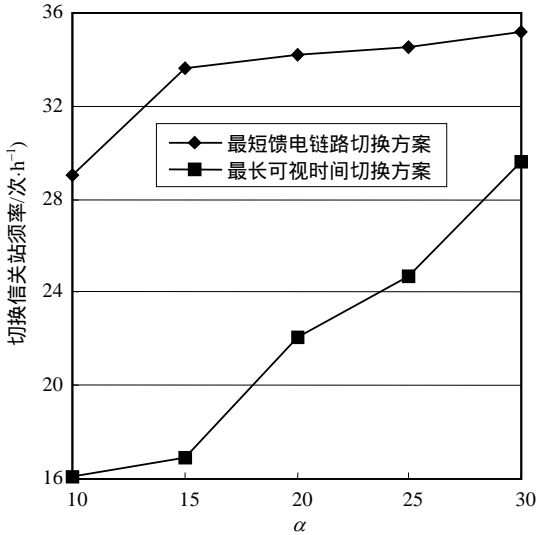


图2 星座系统切换信关站的频率

图3和图4分别是卫星接入仰角为10°和15°时,不同的呼叫平均持续时间下的一次呼叫过程内切换信关站次数。由图可见,馈电链路方面,最长可视时间切换方案明显地减小了信关站切换次数。用户链路方面,相比最近卫星准则,最长可视时间切换准则也能减小信关站切换次数。馈电链路切换方案比用户链路切换准则对本文讨论的系统性能影响就更大。

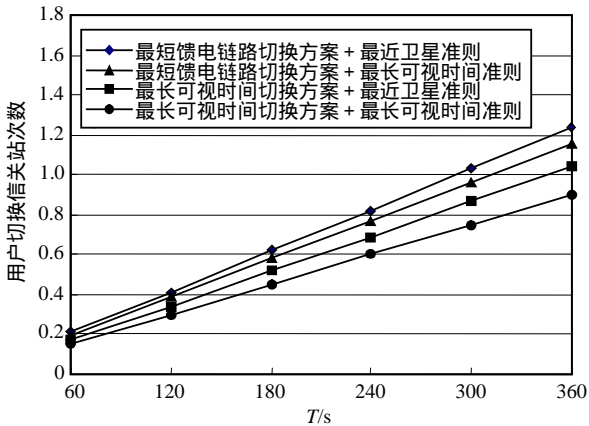


图3 10°仰角下用户切换信关站的次数

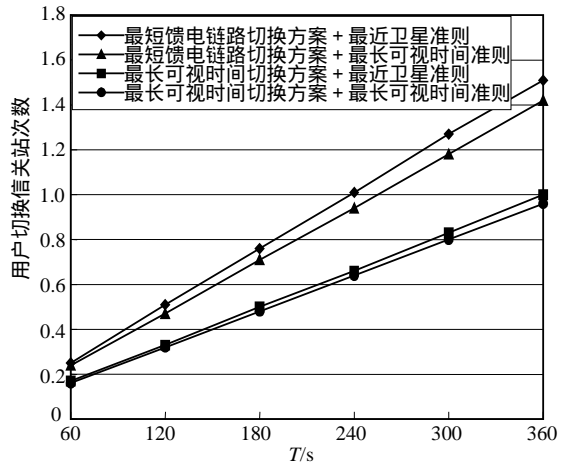


图4 15°仰角下用户切换信关站的次数

图5和图6分别是卫星接入仰角为10°和15°时,各信关站的累计服务时间对比,两种方案差别显著。由图可见,最短馈电链路切换方案的信关站业务相对分散,而最长可视时间切换方案的业务明显集中于五个信关站。同时,仰角的变化对最长可视时间切换方案的影响更大。信关站的业务分布集中,可能会带来业务突发,破坏信息的可靠性传输,是需要考虑的问题。

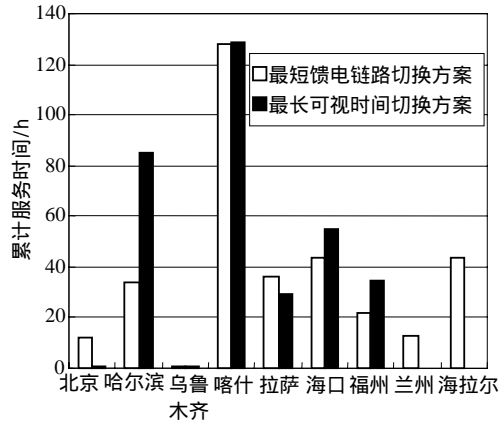


图5 10°仰角下各信关站累计服务时间

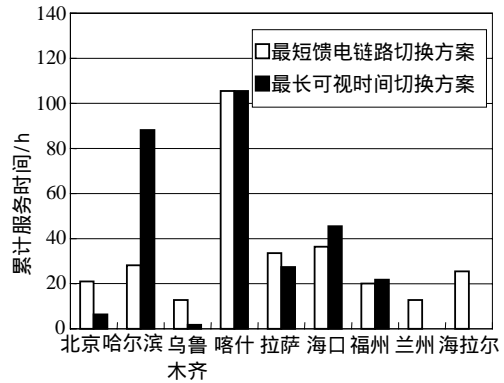


图6 15°仰角下各信关站累计服务时间

(下转第175页)

设置为40个分组。对网络性能的评价测度,包括了分组递交率 R 和分组的平均端到端时延 D 。仿真结果如图1和图2所示。

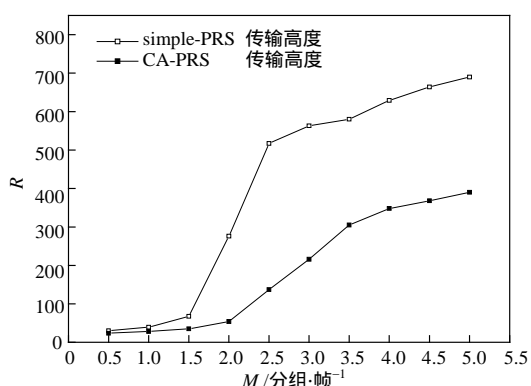


图1 不同分组到达率下的分组递交率

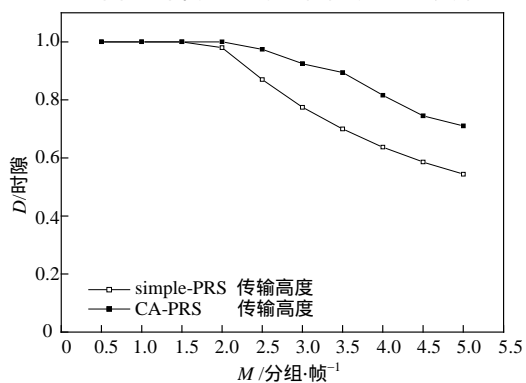


图2 不同分组到达率下的分组平均端到端时延

由图1可知, simple-PRS算法在分组到达率达到1.5(分组/帧)以上时, 分组递交率开始下降; 对于

A-PRS算法, 则出现在2.0(分组/帧)以上。分组到达率从2.5(分组/帧)变化到5(分组/帧)的过程中, A-PRS算法的分组递交率优于simple-PRS算法。由图2可知, 在所有业务量背景下, CA-PRS算法的平均端到端时延始终低于simple-PRS算法, 特别是对于分组到达率高于2(分组/帧)时尤为明显。由此可见, CA-PRS算法更好地利用了无线多跳网的空分复用特性, 明显地改进了传输性能。

4 结束语

本文提出了CA-PRS算法, 为每一条链路分别定义了一个传输调度, 根据网络拓扑的变化, 自适应选择发送分组的传输时隙, 可以实现分组传输中的碰撞避免。CA-PRS算法计算简单, 易于实现, 协议开销小, 适用于拓扑动态变化的无线多跳网。

参考文献

- [1] ZHANG H, CHLAMTAC I. Performance analysis of time-spread multiple access (TSMA) protocol in multihop wireless networks[C]//IPCCC'98, [地址不详]: IEEE, 1998.
- [2] CHLAMTAC I. Making transmission schedules immune to topology changes in multi-hop packet radio networks[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 1994, 2(1): 23-29.
- [3] KANG Kai, GUO Wei, LIU Ren-ting. Topology-independent TDMA transmission scheduling algorithm in wireless multihop networks[C]//ICCCAS, New York: Institute of Electrical and Electronic Engineers Inc., 2004.

编辑 黄莘

(上接第166页)

4 结论

本文针对无星际链路低轨卫星移动通信系统的馈电链路切换问题提出了两种切换方案。研究结果表明, 最长可视时间切换方案的馈电链路切换频率明显低于最短馈电链路切换方案。用户一次通话过程中切换信关站的次数也随之减少, 对于无星际链路低轨道卫星移动通信系统的设计具有较高的参考和实用价值。

参考文献

- [1] BOUKHATEM L, BEYLOT A L, Gaiti D, et al. TCRA: a

resource reservation scheme for handover issue in LEO satellite systems[C]//Proc. of IEEE WCNC2003. New Orleans, Louisiana USA: IEEE, 2003: 114-119.

- [2] HIROSHI T, KOHEI O, NEI K. et al. Supporting IP/LEO satellite networks by handover-independent IP mobility management[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2004, 22(2): 300-307.
- [3] 刘刚, 苟定勇, 吴诗其. 低轨卫星星座网的切换研究[J]. 通信学报, 2004, 25(1): 151-159.
- [4] 凌翔, 胡剑浩, 吴诗其. 低轨卫星移动通信系统接入方案[J]. 电子学报, 2000, 28(7): 55-58.

编辑 刘文珍