基于数字孪生的低轨巨型星座QoS路由算法研究

摘要

为解决多可见卫星场景下，低轨巨型星座网络链路频繁切换，负载严重不均衡，导致业务服务质量（Quality of Service, QoS）无法得到保障的问题，本文提出了一种基于数字孪生的QoS保障的路由算法。首先利用数字孪生卫星网络的历史存储、实时分析和推演能力，根据链路稳定性和拥塞可能性两个维度评估链路质量，对网络拓扑进行剪枝；然后对剪枝后的网络应用改进的蚁群算法，选择出满足QoS约束的最优路径。仿真结果表明，和传统的路由算法相比，该算法的丢包率、系统吞吐量和网络负载均衡性等方面均具有明显优势。

关键词：低轨巨型星座、数字孪生、多可见卫星、QoS路由、

介绍

近年来，国际上低轨卫星网络迅速发展，以Starlink、LightSpeed等为代表的低轨巨型星座网络工程已经进入实际部署阶段，成为天地一体化通信系统的重要组成部分。

低轨巨型星座场景

相比于传统LEO卫星网络，低轨巨型星座网络规模庞大，单层卫星数量增大到几百、甚至上千的量级。巨大的规模带来了可接入用户数量和网络容量的大幅提升，但也使得网络拓扑结构更加复杂，且网络的星间路由切换也因为卫星密度增大而更加频繁，导致了网络的管理难度急剧增大。

于此同时，随着卫星密度的大幅增加，单颗卫星可以连接到巨型星座架构中的多个可见卫星。然而传统研究中，仅采用了曼哈顿街道网络的模型，即卫星只能和同轨道面上下，以及左右轨道面相邻最近的卫星建立链路。