



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114301512 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 08

(21) 申请号 202111507530.1

H04L 45/00 (2022.01)

(22) 申请日 2021.12.10

H04L 45/122 (2022.01)

(71) 申请人 西安电子科技大学

地址 710071 陕西省西安市太白南路2号西安电子科技大学

(72) 发明人 盛敏 李建东 周笛 白卫岗 史琰 胡少凡

(74) 专利代理机构 西安长和专利代理有限公司 61227

代理人 何畏

(51) Int. Cl.

H04B 7/185 (2006.01)

H04L 43/0882 (2022.01)

H04L 41/12 (2022.01)

H04L 41/14 (2022.01)

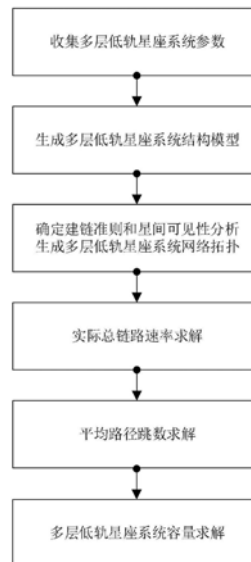
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

一种面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法及系统

(57) 摘要

本发明属于无线通信技术领域,公开了一种面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法及系统,包括:收集多层低轨星座系统参数;生成多层低轨星座系统结构模型;确定建链规则,进行星间可见性分析,并生成多层低轨星座系统网络拓扑模型;构建路由表,计算总的实际链路速率和平均路径跳数,评估多层低轨星座系统容量。本发明根据区域中多层低轨星座系统参数,建立了All-to-All业务模型下的多层低轨卫星网络承载容量评估方法,填补了现在对于大规模多层低轨星座系统容量评估的空缺,指导了大规模多层低轨星座系统的设计,使研究者在设计时,可以对比相同规模但不同网络拓扑的的多层低轨星座系统,设计容量高的多层低轨星座系统网络拓扑。



1. 一种面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法,其特征在于,所述面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法包括:收集多层低轨星座系统参数;生成多层低轨星座系统结构模型;确定建链规则,进行星间可见性分析,生成多层低轨星座系统网络拓扑模型;构建路由表,计算总的实际链路速率;计算平均路径跳数;评估多层低轨星座系统容量。

2. 如权利要求1所述的面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法,其特征在于,所述面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法包括以下步骤:

步骤一,获取多层低轨星座系统参数;

步骤二,生成多层低轨星座系统结构模型;

步骤三,确定建链规则,进行星间可见性分析,并生成多层低轨星座系统网络拓扑模型;

步骤四,根据获得的多层低轨星座系统网络拓扑模型计算多层低轨星座系统实际总的链路速率;

步骤五,根据获得的多层低轨星座系统网络拓扑模型计算平均路径跳数;

步骤六,利用所求得的多层低轨星座系统的平均路径长度和实际总的链路速率,求得多层低轨星座系统的容量。

3. 如权利要求2所述的面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法,其特征在于,所述步骤一中的多层低轨星座系统为极轨星座系统或倾斜轨星座系统;所述多层低轨星座系统参数包括多层低轨星座系统层数、轨道高度、轨道倾角、升交点赤经、每层的轨道数、每层的每轨卫星数以及星间链路速率。

4. 如权利要求2所述的面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法,其特征在于,所述步骤四中的根据获得的多层低轨星座系统网络拓扑模型计算多层低轨星座系统实际总的链路速率包括:

计算每一条链路在All-to-All业务模型下的使用次数,归一化每一条链路的利用率;若多层低轨星座系统拓扑具有对称性,则将所有链路按每层的同轨异轨来分类;使用次数最多的链路的利用率为1,并将使用次数为分母,其他类型链路的使用次数为分子,归一化其他链路的链路利用率;利用归一化的链路利用率,得到多层低轨星座系统实际总的链路速率。

5. 如权利要求2所述的面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法,其特征在于,所述步骤五中的根据获得的多层低轨星座系统网络拓扑模型计算平均路径跳数包括:

平均路径跳数的普适计算公式如下:

$$E(H) = \frac{H_{sum}}{T(T-1)};$$

其中,T表示多层低轨星座系统的卫星总数, H_{sum} 表示多层低轨星座系统在All-to-All业务模型下的总的路径跳数。

6. 如权利要求2所述的面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法,其特征在于,所述步骤六中的利用所求得的平均路径长度和实际总的链路速率,评估多层低轨星座系统的容量包括:

根据吞吐量容量的定义,所述多层低轨星座系统的容量等于多层低轨星座系统实际总

的链路速率除以平均路径跳数。

7. 一种实施权利要求1~6任意一项所述的面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法的面向多层低轨卫星网络承载容量评估系统,其特征在于,所述面向多层低轨卫星网络承载容量评估系统包括:

系统参数获取模块,用于获取多层低轨星座系统参数;

系统结构模型构建模块,用于生成多层低轨星座系统结构模型;

网络拓扑模型构建模块,用于确定建链规则,进行星间可见性分析,并生成多层低轨星座系统网络拓扑模型;

总链路速率计算模块,用于根据获得的多层低轨星座系统网络拓扑模型计算卫多层低轨星座系统实际总的链路速率;

平均路径跳数计算模块,用于根据获得的多层低轨星座系统网络拓扑模型计算平均路径跳数;

星座系统容量评估模块,用于利用所求得的多层低轨星座系统的平均路径长度和实际总的链路速率,求得多层低轨星座系统的容量。

8. 一种计算机设备,其特征在于,所述计算机设备包括存储器和处理器,所述存储器存储有计算机程序,所述计算机程序被所述处理器执行时,使得所述处理器执行如下步骤:收集多层低轨星座系统参数;生成多层低轨星座系统结构模型;确定建链规则,进行星间可见性分析,生成多层低轨星座系统网络拓扑模型;构建路由表,计算总的实际链路速率;计算平均路径跳数;评估多层低轨星座系统容量。

9. 一种计算机可读存储介质,存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时,使得所述处理器执行如下步骤:收集多层低轨星座系统参数;生成多层低轨星座系统结构模型;确定建链规则,进行星间可见性分析,生成多层低轨星座系统网络拓扑模型;构建路由表,计算总的实际链路速率;计算平均路径跳数;评估多层低轨星座系统容量。

10. 一种信息数据处理终端,其特征在于,所述信息数据处理终端用于实现如权利要求7所述的面向多层低轨卫星网络承载容量评估系统。

一种面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法及系统

技术领域

[0001] 本发明属于无线通信技术领域,尤其涉及一种面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法及系统。

背景技术

[0002] 目前,对于不同的卫星星座系统,往往关注的重点是其对业务的承载能力。反应卫星星座系统对业务的承载能力的指标,就是卫星星座系统的容量。如今,多层卫星网络由于其更好的通信能力而成为研究和发展的主流。

[0003] 影响多层低轨星座系统容量的主要因素有多层低轨星座系统结构和多层低轨星座系统网络拓扑。对于单层卫星网络而言,其结构主要包括轨道高度、轨道倾角、轨道数、每轨卫星数等。这些同层的卫星通过层内的星间链路进行连接,形成单层星座网络拓扑。而不同高度的星座系统中的卫星,通过层间星间链路进行连接,最终形成了多层低轨星座系统网络拓扑。多层低轨星座系统的设计是根据业务需求以及星座系统规模,设计最合理的星座系统网络拓扑。通过优化卫星星座系统网络拓扑,在相同卫星规模的条件下,获得更高的容量。对此我们提出了一种面向多层低轨卫星网络承载容量的评估方法,一方面填补了当下针对大规模多层低轨卫星网络承载容量评估方法的空缺,另一方面可以指导今后多层低轨卫星网络的设计。

[0004] 卫星星座系统容量评估方法主要针对的是吞吐量容量,即多层低轨星座系统中源节点单位时间内能够向目的节点传输的数据量。公式如下:

$$[0005] \quad C = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{B(T)}{T}$$

[0006] B(T)为时间T内所有目的节点接收到的数据量总和。

[0007] 需要指出:以星座系统中所有星间链路的总速率来评估整个网络的容量是不合理的。传统的评估方式是用网星座系统中所有星间链路的总速率除以平均路径跳数来充当容量上界,作为评估星座系统容量的指标。但是实际应用中,由于星座系统网络拓扑和路由等各方面因素,星座系统中的每条链路的利用率并不能都达到百分之百,导致实际系统中的容量远远小于上界。所以,依据星座系统中所有星间链路的总速率来评估整个多层低轨星座系统的容量不能反应星座系统结构、建链规则,路由等一系列因素对星座系统容量的影响。

[0008] Shi、H.Li和L.Suo在“Temporal graphbased energy-limited max-flow routing over satellite networks”中探索了能量受限卫星网络的端到端最大流量的问题。Y.Xiao、T.Zhang和L.Liu在“Addressing subnet division based on geographical information for satellite-ground integrated network”中提出了一种单层卫星网络模型,其中探讨了单层卫星网络拓扑和路由策略对网络吞吐能力的影响。Y.Ruan、Y.Li、C.-X.Wang、R.Zhang和H.Zhang在“Effective capacity analysis for underlay cognitive satellite-terrestrial networks”中研究了辅助卫星网络的有效容量。R.Liu、W.Wu、

Q.Yang、D.Zhou和W.Zhang在“Exploring the information capacity of remote sensing satellite networks”中,提出了一种新的容量定义和网络模型来捕捉卫星网络的服务能力。R.Liu、M.Sheng、K.-S.Lui、X.Wang、D.Zhou和Y.Wang在“Capacity analysis of two-layered LEO/MEO satellite networks”中研究了二层异构卫星网络的容量性能。资源有限的小型卫星网络的容量在“Toward high throughput contact plan design in resource-limited small satellite networks”中由D.Zhou、M.Sheng、J.Li、C.Xu、R.Liu和Y.Wang给出。可以看到,这些文章要么关注不超过三层的多层低轨星座系统容量,要么关注简单、小规模多层低轨星座系统容量。

[0009] 此外,由于卫星资源昂贵,空间段资源和卫星发射天线功率的限制,人们希望以有限的卫星数量为更多用户提供服务。这些问题都需要建立一个合适的多层低轨星座系统并评估其容量。

[0010] 通过上述分析,现有技术存在的问题及缺陷为:

[0011] (1) 以星座系统中所有星间链路的总速率来评估整个网络的容量是不合理的,依据星座系统中所有星间链路的总速率评估整个多层低轨星座系统容量不能反应星座系统结构、建链规则,路由等一系列因素对星座系统容量的影响。

[0012] (2) 现有技术的关注不超过三层的多层低轨星座系统容量,关注简单、小规模多层低轨星座系统容量。

[0013] (3) 由于卫星资源昂贵,空间段资源和卫星发射天线功率的限制,如何以有限的卫星数量为更多用户提供服务是亟需解决的技术问题。

[0014] 解决以上问题及缺陷的难度为:如今,多层低轨星座系统因为其良好的通信性能而成为研究和发展的主流。相比于单层低轨卫星网络,太空环境的复杂多变以及卫星的移动性会给多层低轨星座系统网络拓扑建模以及容量分析带来更大的阻碍。此外,不同的建链规则以及路由算法也都会形成不同的多层低轨星座系统网络拓扑,从而影响容量。并且多层低轨星座系统规模的增加会放大这些阻碍。这也是现有的研究都是针对小规模简单多层低轨星座系统的主要原因。所以,一种具有普适性的,能够评估任意大规模多层低轨星座系统容量的方法便成了亟需解决的技术问题。

[0015] 解决以上问题及缺陷的意义为:本发明提出的多层低轨星座系统容量评估方法,填补了如今任意大规模多层低轨星座系统容量评估方法的空缺,可以指导今后多层低轨星座系统的设计。

发明内容

[0016] 针对现有技术存在的问题,本发明提供了一种面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法及系统,尤其涉及一种多层低轨星座系统容量评估方法及系统,旨在解决现有卫星星座系统设计中的多层低轨星座系统容量评估问题。

[0017] 本发明是这样实现的,一种面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法,所述面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法包括:

[0018] 收集多层低轨星座系统参数;生成多层低轨星座系统结构模型;确定建链规则,进行星间可见性分析,生成多层低轨星座系统网络拓扑模型;构建路由表,计算总的实际链路速率;计算平均路径跳数;评估多层低轨星座系统容量。

[0019] 进一步,所述面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法包括以下步骤:

[0020] 步骤一,获取多层低轨星座系统参数;

[0021] 步骤二,生成多层低轨星座系统结构模型;

[0022] 步骤三,确定建链规则,进行星间可见性分析,并生成多层低轨星座系统网络拓扑模型;

[0023] 步骤四,根据获得的多层低轨星座系统网络拓扑模型计算卫多层低轨星座系统实际总的链路速率;

[0024] 步骤五,根据获得的多层低轨星座系统网络拓扑模型计算平均路径跳数;

[0025] 步骤六,利用所求得的多层低轨星座系统的平均路径长度和实际总的链路速率,求得多层低轨星座系统的容量。

[0026] 多层低轨星座系统的建模包含两步:多层低轨星座系统结构建模以及多层低轨星座系统网络拓扑建模。步骤一中获取的多层低轨星座系统参数可以确定多层低轨星座系统的类型:倾斜轨星座或是极轨星座,多层低轨星座系统的层数、轨道数、每轨卫星数等一系列参数,确保步骤二可以生成准确的多层低轨星座系统结构模型。步骤三中确定的建链规则可以在多层低轨星座系统结构模型的基础上形成网络拓扑,并且星间可见性分析可以保证形成的网络拓扑的可行性和正确性。步骤四、五和六是在根据生成的多层低轨星座系统网络拓扑的基础上,计算相关统计量,完成容量的评估。

[0027] 进一步,所述步骤一中的多层低轨星座系统为极轨星座系统或倾斜轨星座系统;所述多层低轨星座系统参数包括多层低轨星座系统层数、轨道高度、轨道倾角、升交点赤经、每层的轨道数、每层的每轨卫星数以及星间链路速率。

[0028] 进一步,所述步骤四中的根据获得的多层低轨星座系统网络拓扑模型计算卫多层低轨星座系统实际总的链路速率包括:

[0029] 计算每一条链路在All-to-All业务模型下的使用次数,归一化每一条链路的利用率;若多层低轨星座系统拓扑具有对称性,则将所有链路按每层的同轨异轨来分类;使用次数最多的链路的利用率为1,并将其的使用次数为分母,其他类型链路的使用次数为分子,归一化其他链路的链路利用率;利用归一化的链路利用率,得到多层低轨星座系统实际总的链路速率。

[0030] 进一步,所述步骤五中的根据获得的多层低轨星座系统网络拓扑模型计算平均路径跳数包括:

[0031] 平均路径跳数的普适计算公式如下:

$$[0032] \quad E(H) = \frac{H_{sum}}{T(T-1)};$$

[0033] 其中,T表示多层低轨星座系统的卫星总数, H_{sum} 表示多层低轨星座系统在All-to-All业务模型下的总的路径跳数。

[0034] 进一步,所述步骤六中的利用所求得的路径长度和实际总的链路速率,评估多层低轨星座系统的容量包括:

[0035] 根据吞吐量容量的定义,所述多层低轨星座系统的容量等于多层低轨星座系统实际总的链路速率除以平均路径跳数。

[0036] 本发明的另一目的在于提供一种应用所述的面向多层低轨卫星网络承载容量评

估方法的面向多层低轨卫星网络承载容量评估系统,所述面向多层低轨卫星网络承载容量评估系统包括:

[0037] 系统参数获取模块,用于获取多层低轨星座系统参数;

[0038] 系统结构模型构建模块,用于生成多层低轨星座系统结构模型;

[0039] 网络拓扑模型构建模块,用于确定建链规则,进行星间可见性分析,并生成多层低轨星座系统网络拓扑模型;

[0040] 总链路速率计算模块,用于根据获得的多层低轨星座系统网络拓扑模型计算卫多层低轨星座系统实际总的链路速率;

[0041] 平均路径跳数计算模块,用于根据获得的多层低轨星座系统网络拓扑模型计算平均路径跳数;

[0042] 星座系统容量评估模块,用于利用所求得的多层低轨星座系统的平均路径长度和实际总的链路速率,求得多层低轨星座系统的容量。

[0043] 本发明的另一目的在于提供一种计算机设备,所述计算机设备包括存储器和处理器,所述存储器存储有计算机程序,所述计算机程序被所述处理器执行时,使得所述处理器执行如下步骤:

[0044] 收集多层低轨星座系统参数;生成多层低轨星座系统结构模型;确定建链规则,进行星间可见性分析,生成多层低轨星座系统网络拓扑模型;构建路由表,计算总的实际链路速率;计算平均路径跳数;评估多层低轨星座系统容量。

[0045] 本发明的另一目的在于提供一种计算机可读存储介质,存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时,使得所述处理器执行如下步骤:

[0046] 收集多层低轨星座系统参数;生成多层低轨星座系统结构模型;确定建链规则,进行星间可见性分析,生成多层低轨星座系统网络拓扑模型;构建路由表,计算总的实际链路速率;计算平均路径跳数;评估多层低轨星座系统容量。

[0047] 本发明的另一目的在于提供一种信息数据处理终端,所述信息数据处理终端用于实现所述的面向多层低轨卫星网络承载容量评估系统。

[0048] 结合上述的所有技术方案,本发明所具备的优点及积极效果为:本发明提供的面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法,根据多层低轨星座系统层数、轨道倾角、轨道数、轨道倾角、每轨卫星数,链路速率等参数,给出了多层低轨星座系统容量评估的方法。本发明只需要获取目标多层低轨星座系统参数后,建立相应的多层低轨星座系统网络拓扑,计算相关统计量,便可获得多层低轨星座系统容量。解决了卫星移动性和大规模的卫星规模,以及不同路由算法和建链规则给多层低轨星座系统容量评估带来的困难。本发明填补了现在大规模多层低轨星座系统容量评估方法的空缺,可以指导今后多层低轨星座系统的设计。

[0049] 本发明根据区域中多层低轨星座系统参数,建立All-to-All业务模型下的,以最少传输跳数为前提的多层低轨卫星网络承载容量评估方法,可用于评估多层低轨星座系统容量以及指导卫星星座的拓扑设计。

[0050] 本发明在获取多层低轨星座系统的参数的前提下,建立多层低轨星座系统容量与星座系统层数、每层轨道数和每轨卫星数以及链路速率之间的关系,来评估多层低轨星座系统容量,一方面填补了现在对于大规模多层低轨星座系统容量评估的空缺;另一方面,指

导了大规模多层低轨星座系统的设计,使研究者在设计时,可以对比相同规模但不同网络拓扑的多层低轨星座系统,设计容量高的多层低轨星座系统网络拓扑。

[0051] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0052] 第一,现有理论与技术大都针对单层以及最多不多于三层的多层低轨星座系统,或者是针对小规模简单多层低轨星座系统而研究设计的。本发明建立的多层低轨星座系统容量评估方法,适用于大规模任意多层低轨星座系统。

[0053] 第二,由于本发明是以虚拟节点建立了大规模多层低轨星座系统的模型,克服了卫星的移动性给系统建模以及容量分析带来的困难。

[0054] 第三,本发明将多层低轨星座系统按照倾斜轨星座系统和极轨星座系统分类,建立了多层低轨星座系统容量与多层低轨星座系统层数、轨道数、每轨卫星数以及链路速率等参数的关系;指导了大规模多层低轨星座系统的设计,使得研究者可以在有限的卫星资源的前提下,设计出承载能力最优的多层低轨星座系统网络拓扑。

[0055] 仿真结果表明,本发明的多层低轨星座系统容量评估方法可以根据多层低轨星座系统层数、轨道高度、轨道数、每轨卫星数、轨道倾角、链路速率等参数,评估多层低轨星座系统容量,填补了现在大规模多层低轨星座系统容量评估方法不足的空缺,指导了多层低轨星座系统拓扑的设计。

附图说明

[0056] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对本发明实施例中所需要使用的附图做简单的介绍,显而易见地,下面所描述的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0057] 图1是本发明实施例提供的面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法流程图。

[0058] 图2是本发明实施例提供的面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法原理图。

[0059] 图3是本发明实施例提供的面向多层低轨卫星网络承载容量评估系统结构框图;

[0060] 图中:1、系统参数获取模块;2、系统结构模型构建模块;3、网络拓扑模型构建模块;4、总链路速率计算模块;5、平均路径跳数计算模块;6、星座系统容量评估模块。

[0061] 图4是本发明实施例提供的计算实际总链路速率与平均路径长度的流程图。

具体实施方式

[0062] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0063] 针对现有技术存在的问题,本发明提供了一种面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法及系统,下面结合附图对本发明作详细的描述。

[0064] 如图1所示,本发明实施例提供的面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法包括以下步骤:

[0065] S101,获取多层低轨星座系统参数;

[0066] S102,生成多层低轨星座系统结构模型。给每个卫星分配一个虚拟节点 $S_a(i, j,$

k),其中i表示卫星所处的层数,j表示卫星处所的轨道数,k表示卫星在自己所处的轨道上的位置编号;

[0067] S103,确定建链规则,进行星间可见性分析,并生成多层低轨星座系统网络拓扑模型;

[0068] S104,根据获得的多层低轨星座系统网络拓扑模型计算卫多层低轨星座系统实际总的链路速率;

[0069] S105,根据获得的多层低轨星座系统网络拓扑模型计算平均路径跳数;

[0070] S106,利用所求得的多层低轨星座系统的平均路径长度和实际总的链路速率,求得多层低轨星座系统的容量。

[0071] 值得注意的是:

[0072] S102中,用来建模并表示各个卫星的虚拟节点所对应的卫星并不是固定的,而是会随着时间而改变的。当上一时刻的卫星离开所对应的虚拟节点时,这个虚拟节点会被接下来移动到这个位置的另一颗卫星占据。所以,虽然卫星是在不断的移动的,但虚拟节点确是固定的,很好的解决的卫星的移动性对多层低轨星座系统容量分析带来的困难。

[0073] S103中,卫星的星间可见性分析,是根据卫星间的通信不被地球以及电离层遮挡为依据的。首先算法根据根据相邻两层低轨卫星网络的高度以及电离层的厚度计算最大可视距离,接着根据需要建链的两卫星的海拔以及经纬度,两卫星间的物理距离,若两卫星的距离小于最大可视距离,则可以进行建链,否则不存在星间链。

[0074] S105和S106中的实际总的链路速率以及平均路径跳数的计算可以根据具体的多层低轨星座系统网络拓扑进行合理的简化,包括但不限于:根据多层低轨星座系统网络拓扑是否具有对称性进行星间链路的分类、根据多层低轨星座系统的路由算法简化统计等。

[0075] 本发明实施例提供的面向多层低轨卫星网络承载容量评估方法原理见图2。

[0076] 如图3所示,本发明实施例提供的面向多层低轨卫星网络承载容量评估系统包括:

[0077] 系统参数获取模块1,用于获取多层低轨星座系统参数;

[0078] 系统结构模型构建模块2,用于生成多层低轨星座系统结构模型;

[0079] 网络拓扑模型构建模块3,用于确定建链规则,进行星间可见性分析,并生成多层低轨星座系统网络拓扑模型;

[0080] 总链路速率计算模块4,用于根据获得的多层低轨星座系统网络拓扑模型计算卫多层低轨星座系统实际总的链路速率;

[0081] 平均路径跳数计算模块5,用于根据获得的多层低轨星座系统网络拓扑模型计算平均路径跳数;

[0082] 星座系统容量评估模块6,用于利用所求得的多层低轨星座系统的平均路径长度和实际总的链路速率,求得多层低轨星座系统的容量。

[0083] 下面结合具体实施例对本发明的技术方案作进一步描述。

[0084] 实施例1

[0085] 本发明的目的在于针对上述现有技术存在的不足,提出了一种多层低轨星座系统容量评估方法。用于解决现有卫星星座系统设计中,多层低轨星座系统容量评估问题。

[0086] 实现本发明目的的技术思路是,在获取多层低轨星座系统的参数的前提下,建立多层低轨星座系统容量与星座系统层数、每层轨道数和每轨卫星数以及链路速率之间的关

系,来评估多层低轨星座系统容量。一方面填补了现在对于大规模多层低轨星座系统容量评估的空缺。另一方面,指导了大规模多层低轨星座系统的设计,使研究者在设计时,可以对比相同规模但不同网络拓扑的的多层低轨星座系统,设计容量高的多层低轨星座系统网络拓扑。

[0087] 实现本发明目的的具体步骤如下:

[0088] (1) 获取多层低轨星座系统的参数:

[0089] 包括:极轨星座系统或是倾斜轨星座系统,多层低轨星座系统的层数、轨道倾角、每层的轨道数、每层的每轨卫星数以及星间链路的速率。

[0090] (2) 生成多层低轨星座系统结构模型。

[0091] (3) 确定建链规则,进行星间可见性分析。生成多层低轨星座系统网络拓扑模型。

[0092] (4) 根据获得的多层低轨星座系统参数计算平均路径跳数:

[0093] 平均路径跳数的普适计算公式如下:

$$[0094] \quad E(H) = \frac{H_{sum}}{T(T-1)}$$

[0095] 其中T表示多层低轨星座系统的卫星总数, H_{sum} 表示多层低轨星座系统在All-to-All业务模型下的总的路径跳数。

[0096] (5) 根据获得的网络拓扑参数计算卫星网络实际总的链路速率:

[0097] 计算多层低轨星座系统实际总的链路速率需要计算每一条链路在All-to-All业务模型下的使用次数,以此来归一化每一条链路的利用率。若多层低轨星座系统拓扑具有对称性,则可以将所有链路按每层的同轨异轨来分类,方便计算。使用次数最多的链路的利用率为1,并将其的使用次数为分母,其他类型链路的使用次数为分子,归一化其他链路的链路利用率。

[0098] 利用归一化的链路利用率,便可以得到多层低轨星座系统实际总的链路速率。

[0099] (6) 利用所求得的路径长度和实际总的链路速率,求多层低轨星座系统容量:

[0100] 根据吞吐量容量的定义,其就等于多层低轨星座系统实际总的链路速率除以平均路径跳数。

[0101] 本发明实施例提供的计算实际总链路速率与平均路径长度的流程图见图4。

[0102] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0103] 第一,现有理论与技术大都针对单层以及最多不多于三层的多层低轨星座系统,或者是针对小规模简单多层低轨星座系统而研究设计的。本发明建立的多层低轨星座系统容量评估方法,适用于大规模的任意多层低轨星座系统。

[0104] 第二,由于本发明是以虚拟节点建立了大规模多层低轨星座系统的模型,克服了卫星的移动性给系统建模以及容量分析带来的困难。

[0105] 第三,本发明将多层低轨星座系统按照倾斜轨星座系统和极轨星座系统分类,建立了多层低轨星座系统容量与多层低轨星座系统层数、轨道数、每轨卫星数以及链路速率等参数的关系。指导了大规模多层低轨星座系统的设计,使得研究者可以在有限的卫星资源的前提下,设计出承载能力最优的多层低轨星座系统网络拓扑。

[0106] 实施例2

[0107] 参照图2,对本发明的实现步骤作进一步详细描述。

[0108] 步骤1,收集多层低轨星座系统的设置参数。

[0109] 本发明的实施例首先收集所需要评估的多层低轨星座系统的参数设置。包括是倾斜轨星座系统还是极轨星座系统、多层低轨星座系统的层数、每层的轨道数、每轨卫星数,以及链路速率建立多层低轨星座系统结构模型。

[0110] 步骤2,生成多层低轨星座系统结构模型。

[0111] 本发明的实施例是在STK中建立多层低轨星座系统仿真场景,导出卫星运动轨迹的拓扑信息。

[0112] 步骤3,将导出的卫星运动轨迹的拓扑信息输入matlab程序,确定建链规则,进行层间建链可见性判断。生成多层低轨星座系统网络拓扑模型。生成多层低轨星座系统网络拓扑模型。

[0113] 本发明的实施例是根据最少传输跳数算法作路由,在同层的建链中,以相同虚拟节点编号做同轨星间链与异轨星间链的建链规则,在异层之间的建链中,以最短距离建链为层间建链规则,并以及星间可见性为约束条件。

[0114] 步骤4,本发明的实施例根据多层低轨星座系统拓扑计算多层低轨星座系统的实际总的链路速率。

[0115] 计算多层低轨星座系统实际总的链路速率需要计算每一条链路在All-to-All业务模型下的使用次数,以此来归一化每一条链路的利用率。若多层低轨星座系统网络拓扑具有对称性,则可以将所有链路按每层的同轨异轨来分类,方便计算。使用次数最多的链路的利用率为1,并将其的使用次数为分母,其他类型链路的使用次数为分子,归一化其他链路的链路利用率。利用归一化的链路利用率,便可以得到多层低轨星座系统的实际总的链路速率:

[0116] 步骤5,本发明的实施例根据多层低轨星座系统拓扑以及最少平均路径跳数规则来计算平均路径跳数。

[0117] 平均路径跳数的普适计算公式如下:

$$[0118] \quad E(H) = \frac{H_{sum}}{T(T-1)}$$

[0119] 其中T表示多层低轨星座系统的卫星总数, H_{sum} 表示多层低轨星座系统在All-to-All业务模型下的总的路径跳数。

[0120] 步骤6,本发明的实施例根据多层低轨星座系统拓扑计算多层低轨星座系统容量。

[0121] 根据吞吐量容量的定义,其就等于多层低轨星座系统实际总的链路速率除以平均路径长度。

[0122] 本发明的实施例所需的卫多层低轨星座系统拓扑参数包括:多层低轨星座系统层数、轨道高度、轨道倾角、升交点赤经、轨道数目、每轨道卫星数,链路速率等。

[0123] 本发明的实施例是根据步骤3中所述的星间可见性分析与建链规则来进行星间链路的建立。

[0124] 本发明的实施例是根据步骤4中所述的方法计算平均路径跳数。

[0125] 本发明的实施例是根据步骤5中所述的方法计算实际总的链路速率。

[0126] 本发明的实施例是根据步骤6中所述的方法评估多层低轨星座系统容量。

[0127] 下面结合仿真实验对本发明的技术效果作详细的描述。

[0128] 1. 仿真实验条件：

[0129] 本发明的仿真实验的软件平台为：Windows 7操作系统，MATLAB R2018b和卫星工具箱 (Satellite ToolKit 11.6)。

[0130] 本发明仿真实验中以倾斜轨星座系统和极轨星座系统为仿真场景，对比了理论容量与仿真容量。

[0131] 2. 仿真内容及其结果分析：

[0132] 具体参数与结果如表1所示。

[0133] 表1仿真参数与结果

[0134]

	场景1	场景2	场景3	场景4
层数	2	2	2	2
轨道数	24	30	15	30
每轨卫星数	28	30	40	60
链路速率 (Gbps)	1	0.5	1	0.5
轨道高度 (Km)	445, 455	1100, 1300	450, 500	600, 700
轨道倾角 (°)	30	60	89	89
理论容量 (Gbps)	383.71	239.87	253.06	247.88
仿真容量 (Gbps)	383.71	239.60	235.87	237.95

[0135] 本发明的仿真实验是使用本发明的方法，根据多层低轨星座系统参数建立多层低轨星座系统网络拓扑模型。在本发明建立的多层低轨星座系统网络拓扑模型的基础上进行容量的评估。

[0136] 本发明的仿真实验场景中，场景1与场景2是倾斜轨星座系统，场景3和场景4为极轨星座系统。

[0137] 对比理论容量和仿真容量可以看到，两者相差无几，二者有差别的主要原因是层间的最短距离建链规则下，层间建链不一定全都是规则的按编号建链，会出现个别的交叉建链或没有建链，从而影响路由，

[0138] 以上仿真结果表明：本发明的多层低轨星座系统容量评估方法可以根据多层低轨星座系统层数、轨道高度、轨道数、每轨卫星数、轨道倾角、链路速率等参数，评估多层低轨星座系统容量。填补了现在大规模多层低轨星座系统容量评估方法不足的空缺，指导了多层低轨星座系统拓扑的设计。

[0139] 在上述实施例中，可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或者其任意组合来实现。当使用全部或部分地以计算机程序产品的形式实现，所述计算机程序产品包括一个或多个计算机指令。在计算机上加载或执行所述计算机程序指令时，全部或部分地产生按照本发明实施例所述的流程或功能。所述计算机可以是通用计算机、专用计算机、计算机网络、或者其他可编程装置。所述计算机指令可以存储在计算机可读存储介质中，或者从一个计算机可读存储介质向另一个计算机可读存储介质传输，例如，所述计算机指令可以从一个网站站点、计算机、服务器或数据中心通过有线（例如同轴电缆、光纤、数字用户线 (DSL)）或无线（例如红外、无线、微波等）方式向另一个网站站点、计算机、服务器或数据中心进行传输）。所述计算机可读存储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质或者是包含一

个或多个可用介质集成的服务器、数据中心等数据存储设备。所述可用介质可以是磁性介质(例如软盘、硬盘、磁带)、光介质(例如DVD)、或者半导体介质(例如固态硬盘Solid State Disk(SSD))等。

[0140] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

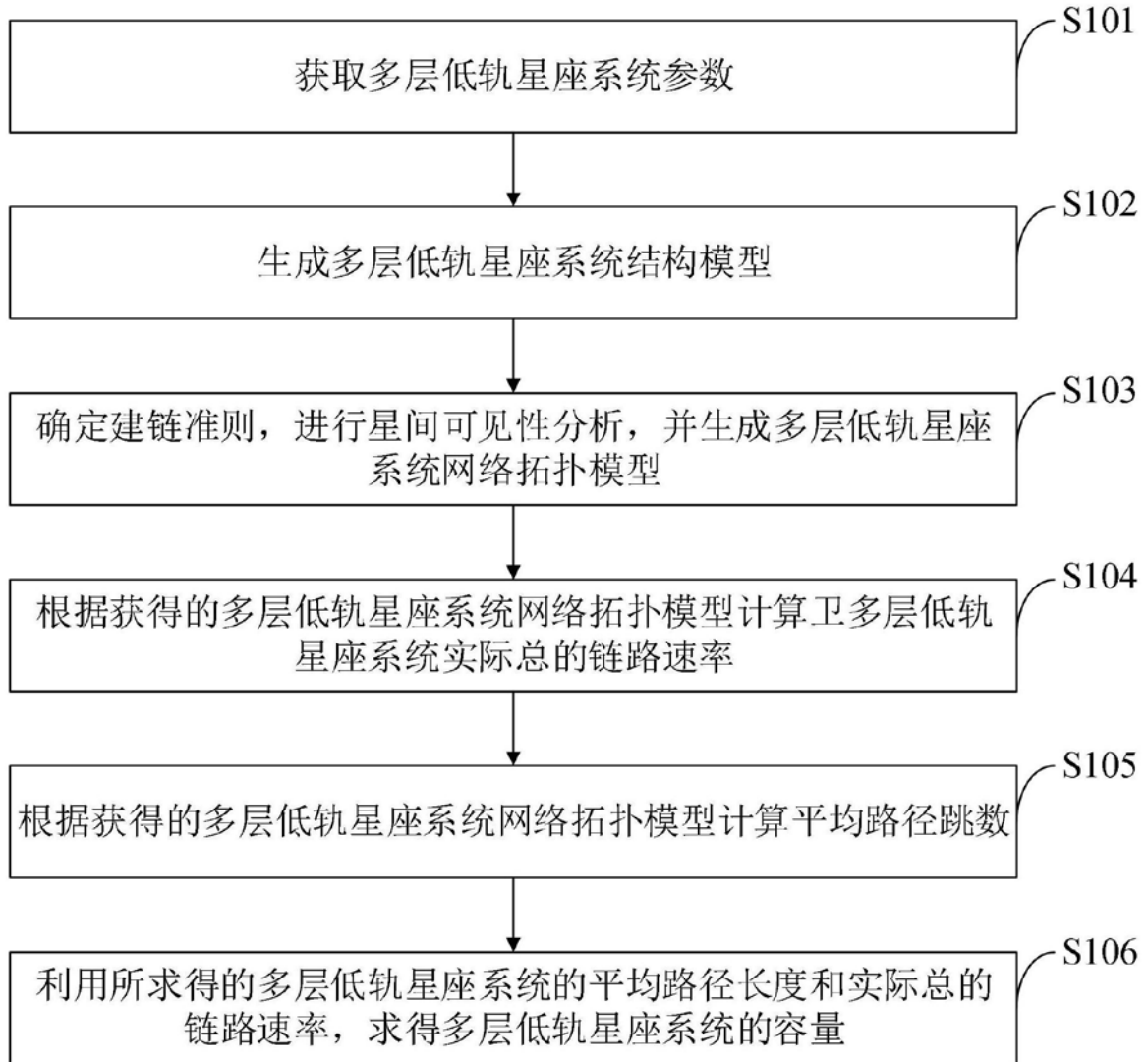


图1

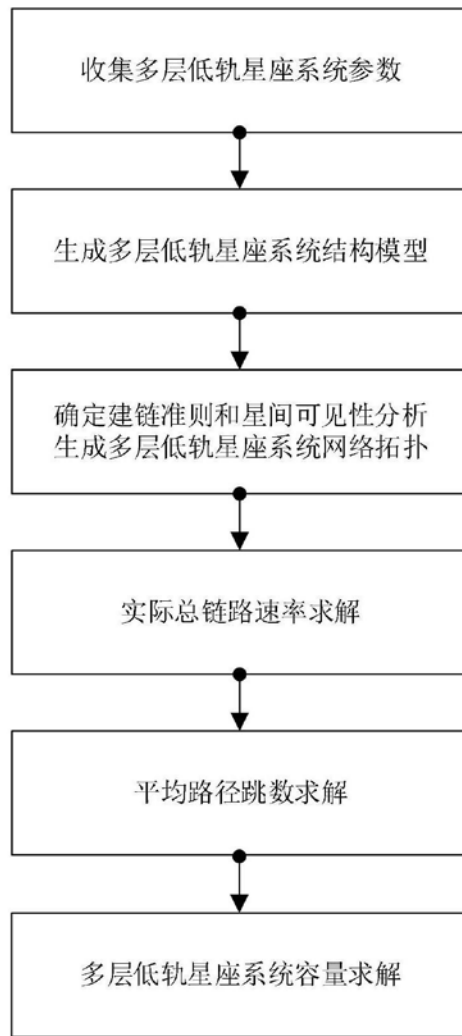


图2

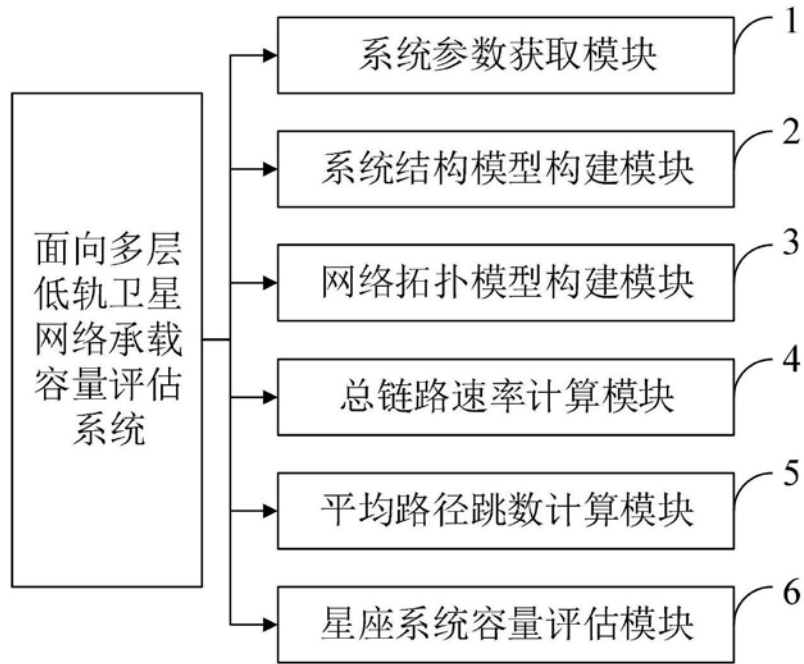


图3

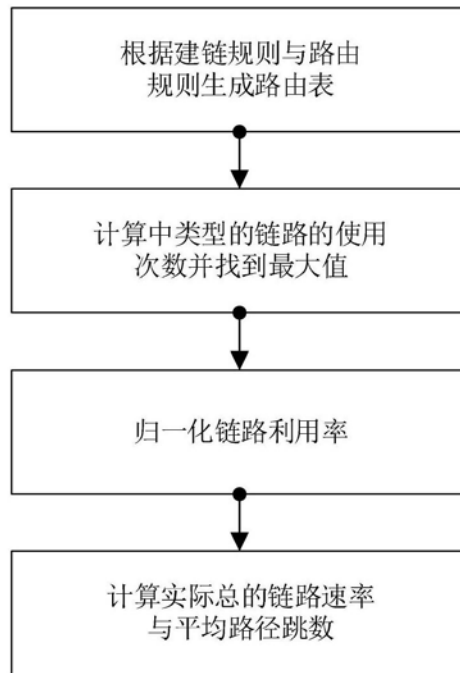


图4