



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112803989 A

(43) 申请公布日 2021.05.14

(21) 申请号 202110253090.5

(22) 申请日 2021.03.09

(71) 申请人 北京航空航天大学
地址 100000 北京市海淀区学院路37号

(72) 发明人 刘锋 黄陈旭 翟煜璐 徐桢
刘凯

(74) 专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务
所(特殊普通合伙) 11463
代理人 安卫静

(51) Int.Cl.
H04B 7/185 (2006.01)

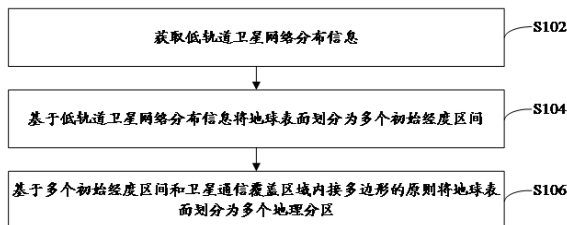
权利要求书3页 说明书14页 附图3页

(54) 发明名称

低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方法和装置

(57) 摘要

本发明提供了一种低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方法和装置,涉及航天信息的技术领域,包括:获取低轨道卫星网络分布信息;基于低轨道卫星网络分布信息将地球表面划分为多个初始经度区间;基于多个初始经度区间和卫星通信覆盖区域内接多边形的原则将地球表面划分为多个地理分区。本发明提供的低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方法,在将地球表面划分为多个初始经度区间之后,采用基于卫星通信覆盖区域内接多边形的原则对地球表面进行分区,分区边界明确,且能够满足分区尽量均匀且足够大,从而有效地缓解了现有技术中的地理分区方法存在分区不均匀的技术问题。



1. 一种低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方法,其特征在于,包括:
获取低轨道卫星网络分布信息;

基于所述低轨道卫星网络分布信息将地球表面划分为多个初始经度区间;

基于所述多个初始经度区间和卫星通信覆盖区域内接多边形的原则将地球表面划分为多个地理分区;其中,所述地理分区包括:包含极点的极地地理分区和不包含极点的非极地地理分区;所述卫星通信覆盖区域内接多边形的原则包括:所述极地地理分区为球面三角形,所述非极地地理分区为内接于卫星通信覆盖区域的球面梯形,且所有地理分区由经纬线包围。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,基于所述低轨道卫星网络分布信息将地球表面划分为多个初始经度区间,包括:

基于所述低轨道卫星网络分布信息确定所述多个初始经度区间的数量;其中,所述多个初始经度区间的数量小于2倍轨道面数;

基于所述多个初始经度区间的数量确定每一个初始经度区间的经度范围;其中,第 p 个初始经度区间表示为 $\left[-\pi + \frac{2\pi}{Z}(p-1), -\pi + \frac{2\pi}{Z}p\right]$, $p=[1, 2, \dots, Z]$; Z 表示所述多个初始经度区间的数量。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,基于所述多个初始经度区间和卫星通信覆盖区域内接多边形的原则将地球表面划分为多个地理分区,包括:

针对第一初始经度区间,以第一极点为起点确定内接于卫星通信覆盖区域的第一个地理分区;其中,所述第一初始经度区间为所述多个初始经度区间中的任意一个初始经度区间;所述第一极点包括以下任意一个极点:南极点,北极点;所述第一个地理分区为球面三角形,且所述球面三角形由经纬线包围,所属于第 p 个经度区间的第 k 个地理分区的经度区间表示为 $\left[-\pi + \frac{2\pi m_k}{Z}(p-1), -\pi + \frac{2\pi m_k}{Z}p\right]$, m_k 表示预设经度区间调整参数,且 $m_k > 0$;

以上一个地理分区的终止纬线作为下一个地理分区的起始纬线,迭代计算所属于所述第一初始经度区间的其余地理分区,直至满足预设结束条件,并将第二极点与迭代计算得到的最后一个地理分区之间的区域划拨至所述最后一个地理分区;其中,所述第二极点为与所述第一极点不同的极点;迭代计算得到的地理分区为内接于卫星通信覆盖区域的球面梯形,且所述球面梯形由经纬线包围;所述预设结束条件包括:所述最后一个地理分区的终止纬线与所述第二极点之间的纬度差小于 $\frac{R_s}{L}$,所述第一初始经度区间划分的地理分区总数

不大于 $\frac{N}{2}$; $R_s = R(\pi/2 - \gamma - \arcsin(R/(R+h)\cos\gamma)) = R\theta$, R_s 表示卫星的覆盖半径, R 表示地球半径, γ 表示覆盖仰角, h 表示卫星轨道高度, θ 表示地球中心与目标地理分区中心的连线与地球中心和目标地理分区所有顶点连线之间的最大夹角; L 表示纬度变化1度的距离; N 表示每个轨道面上的卫星数;

针对第二初始经度区间,以所述第二极点为起点,并采用与所述第一初始经度区间划分地理分区相同的方法为所述第二初始经度区间划分地理分区;其中,所述第二初始经度区间为所述第一初始经度区间的相邻经度区间。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,

针对第一初始经度区间,若所述第一极点为南极点,则计算所述第一初始经度区间内位于北极区域之外的任意一个目标地理分区时,判断所述目标地理分区的中心是否位于赤道以下;其中,所述北极区域表示北极点与迭代计算得到的最后一个地理分区之间的区域;

若是,则所述目标地理分区满足以下第一分区条件: $b_k = b_0 + \sum_{i=1}^k \frac{a_i R_s}{L}$,
 $\cos \theta = \cos\left(\frac{b_{k-1} + b_k}{2}\right) \cos b_k \cos\left(\frac{m_k \pi}{Z}\right) + \sin\left(\frac{b_{k-1} + b_k}{2}\right) \sin b_k$, 其中, $b_0 = -90$, b_{k-1} 表示所述目标地理分区的目标起始纬度, b_k 表示所述目标地理分区的目标终止纬度, $a_k R_s$ 表示所述目标终止纬度与所述目标起始纬度之间的距离, a_k 表示比例系数, 且 $1 \leq a_k \leq 2$, m_k 为满足 $R^2 (\sin b_k - \sin b_{k-1}) \left(\frac{2\pi m_k}{Z}\right) < S$ 的向下取整值, $\frac{2\pi m_k}{Z}$ 表示所述目标终止纬度上地理分区的两个顶点之间的经度差值, S 表示卫星的覆盖面积;

若否,则所述目标地理分区满足以下第二分区条件: $b_k = b_0 + \sum_{i=1}^k \frac{a_i R_s}{L}$,
 $\cos \theta = \cos\left(\frac{b_{k-1} + b_k}{2}\right) \cos b_{k-1} \cos\left(\frac{m_k \pi}{Z}\right) + \sin\left(\frac{b_{k-1} + b_k}{2}\right) \sin b_{k-1}$ 。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

基于以下接入原则为每个所述非极地地理分区确定一颗接入卫星:

判断当前时刻是否只有一颗卫星满足第一地理分区的接入条件;其中,所述第一地理分区表示地球表面上的任意一个所述非极地地理分区,所述接入条件为所述第一地理分区的中心点位于卫星覆盖范围内;

若是,则控制所述第一地理分区接入所述卫星;

若否,则排除已接入其他地理分区的卫星,并判断剩余卫星是否唯一;

若所述剩余卫星唯一,则控制所述第一地理分区接入所述剩余卫星;

若所述剩余卫星不唯一,则判断所述剩余卫星中是否存在只满足所述第一地理分区接入条件的第一卫星;

若存在,则控制所述第一地理分区接入所述第一卫星;

若不存在,则控制所述第一地理分区接入第二卫星,其中,所述第二卫星为所述剩余卫星中距离所述第一地理分区的分区中心最近的卫星。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

基于以下接入原则为每个所述极地地理分区确定一颗接入卫星:

判断上一时刻接入第二地理分区的第三卫星是否依然满足所述第二地理分区的接入条件;其中,所述第二地理分区表示地球表面上的任意一个所述极地地理分区;

若是,则控制所述第二地理分区继续接入所述第三卫星;

若否,则控制所述第二地理分区接入第四卫星,其中,所述第四卫星为排除已接入其他地理分区的剩余卫星中距离所述第二地理分区的分区中心最近的卫星。

7. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述多个初始经度区间的数量为 $2(M-1)$,其中, M 表示轨道面数。

8. 一种低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区装置,其特征在于,包括:

获取模块,用于获取低轨道卫星网络分布信息;

第一划分模块,用于基于所述低轨道卫星网络分布信息将地球表面划分为多个初始经度区间;

第二划分模块,用于基于所述多个初始经度区间和卫星通信覆盖区域内接多边形的原则将地球表面划分为多个地理分区;其中,包含极点的极地地理分区为球面三角形,不包含极点的非极地地理分区为内接于卫星通信覆盖区域的球面梯形,且所有地理分区由经纬线包围。

9. 一种电子设备,包括存储器、处理器,所述存储器上存储有可在所述处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述计算机程序时实现上述权利要求1至7中任一项所述的方法的步骤。

10. 一种具有处理器可执行的非易失的程序代码的计算机可读介质,其特征在于,所述程序代码使所述处理器执行权利要求1至7中任一项所述的方法。

低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及航天信息的技术领域,尤其是涉及一种低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方法和装置。

背景技术

[0002] 低轨卫星网络是一种用多个卫星节点组成能覆盖全球的网络,通过星地链路连接到地面通信系统,可以直接与覆盖范围内的终端用户通信。由于地面用户众多,且相对于卫星具有高移动性,若用户IP地址随着接入的卫星而变化,会发生频繁的切换。因此将IP地址独立于用户和卫星的位置关系之外,并将地球表面划分为若干个区域,让IP地址只与地理位置有关,这样可以处理卫星和用户的相对移动所带来的问题。

[0003] 地理分区就是将地球表面划分为若干形状规则的区域,对于低轨道卫星网络,现有的地理分区方案常采用等经纬度分区的模式,也即,根据卫星轨道 $M \times N$ 分布(M 为轨道面数, N 为每个轨道面上的卫星数),将地球表面划分为 $M \times N$ 个分区,每个分区的经度区间跨度与纬度区间跨度均相同。但按照这种方式划分得到的地理分区会导致极点附近的分区非常的小,而赤道附近的分区会相对非常大,也就是说,分区不均匀。由于分区的不均匀性,在相同的通信仰角条件下,卫星在极点附近的接入持续时间会较短,切换会比较快,而赤道附近的分区有可能会超出了卫星的最大通信覆盖范围。

[0004] 综上所述,现有技术中的地理分区方法存在分区不均匀的技术问题。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方法和装置,以缓解了现有技术中的地理分区方法存在分区不均匀的技术问题。

[0006] 第一方面,本发明提供一种低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方法,包括:获取低轨道卫星网络分布信息;基于所述低轨道卫星网络分布信息将地球表面划分为多个初始经度区间;基于所述多个初始经度区间和卫星通信覆盖区域内接多边形的原则将地球表面划分为多个地理分区;其中,所述地理分区包括:包含极点的极地地理分区和不包含极点的非极地地理分区;所述卫星通信覆盖区域内接多边形的原则包括:所述极地地理分区为球面三角形,所述非极地地理分区为内接于卫星通信覆盖区域的球面梯形,且所有地理分区由经纬线包围。

[0007] 在可选的实施方式中,基于所述低轨道卫星网络分布信息确定所述多个初始经度区间的数量;其中,所述多个初始经度区间的数量小于2倍轨道面数;

基于所述多个初始经度区间的数量确定每一个初始经度区间的经度范围;其中,第 p 个初始经度区间表示为 $\left[-\pi + \frac{2\pi}{Z}(p-1), -\pi + \frac{2\pi}{Z}p\right]$, $p=[1, 2, \dots, Z]$; Z 表示所述多个初始经度区间的数量。

[0008] 在可选的实施方式中,基于所述多个初始经度区间和卫星通信覆盖区域内接多边形

形的原则将地球表面划分为多个地理分区,包括:针对第一初始经度区间,以第一极点为起点确定内接于卫星通信覆盖区域的第一个地理分区;其中,所述第一初始经度区间为所述多个初始经度区间中的任意一个初始经度区间;所述第一极点包括以下任意一个极点:南极点,北极点;所述第一个地理分区为球面三角形,且所述球面三角形由经纬线包围,所属

于第 p 个经度区间的第 k 个地理分区的经度区间表示为 $\left[-\pi + \frac{2\pi m_k}{Z}(p-1), -\pi + \frac{2\pi m_k}{Z}p\right]$,

m_k 表示预设经度区间调整参数,且 $m_k > 0$;以上一个地理分区的终止纬线作为下一个地理分区的起始纬线,迭代计算所属于所述第一初始经度区间的其余地理分区,直至满足预设结束条件,并将第二极点与迭代计算得到的最后一个地理分区之间的区域划拨至所述最后一个地理分区;其中,所述第二极点为与所述第一极点不同的极点;迭代计算得到的地理分区为内接于卫星通信覆盖区域的球面梯形,且所述球面梯形由经纬线包围;所述预设结束条件包括:所述最后一个地理分区的终止纬线与所述第二极点之间的纬度差小于 $\frac{R_s}{L}$,所

述第一初始经度区间划分的地理分区总数不大于 $\frac{N}{2}$;

$R_s = R(\pi/2 - \gamma - \arcsin(R/(R+h)\cos\gamma)) = R\theta$, R_s 表示卫星的覆盖半径, R 表示地球半径, γ 表示覆盖仰角, h 表示卫星轨道高度, θ 表示地球中心与目标地理分区中心的连线与地球中心和目标地理分区所有顶点连线之间的最大夹角; L 表示纬度变化1度的距离; N 表示每个轨道面上的卫星数;针对第二初始经度区间,以所述第二极点为起点,并采用与所述第一初始经度区间划分地理分区相同的方法为所述第二初始经度区间划分地理分区;其中,所述第二初始经度区间为所述第一初始经度区间的相邻经度区间。

[0009] 在可选的实施方式中,针对第一初始经度区间,若所述第一极点为南极点,则计算所述第一初始经度区间内位于北极区域之外的任意一个目标地理分区时,判断所述目标地理分区的中心是否位于赤道以下;其中,所述北极区域表示北极点与迭代计算得到的最后一个地理分区之间的区域;若是,则所述目标地理分区满足以下第一分区条件:

$$b_k = b_0 + \sum_{i=1}^k \frac{a_i R_s}{L}, \quad \cos\theta = \cos\left(\frac{b_{k-1} + b_k}{2}\right) \cos b_k \cos\left(\frac{m_k \pi}{Z}\right) + \sin\left(\frac{b_{k-1} + b_k}{2}\right) \sin b_k, \quad \text{其中}, b_0 = -90,$$

b_{k-1} 表示所述目标地理分区的目标起始纬度, b_k 表示所述目标地理分区的目标终止纬度,

$a_k R_s$ 表示所述目标终止纬度与所述目标起始纬度之间的距离, a_k 表示比例系数,且

$1 \leq a_k \leq 2$, m_k 为满足 $R^2(\sin b_k - \sin b_{k-1})\left(\frac{2\pi m_k}{Z}\right) < S$ 的向下取整值, $\frac{2\pi m_k}{Z}$ 表示所述目标

终止纬度上地理分区的两个顶点之间的经度差值, S 表示卫星的覆盖面积;若否,则所述目

标地理分区满足以下第二分区条件: $b_k = b_0 + \sum_{i=1}^k \frac{a_i R_s}{L}$,

$$\cos\theta = \cos\left(\frac{b_{k-1} + b_k}{2}\right) \cos b_{k-1} \cos\left(\frac{m_k \pi}{Z}\right) + \sin\left(\frac{b_{k-1} + b_k}{2}\right) \sin b_{k-1}.$$

[0010] 在可选的实施方式中,所述方法还包括:基于以下接入原则为每个所述非极地地理分区确定一颗接入卫星:判断当前时刻是否只有一颗卫星满足第一地理分区的接入条件;其中,所述第一地理分区表示地球表面上的任意一个所述非极地地理分区,所述接入条件为所述第一地理分区的中心点位于卫星覆盖范围内;若是,则控制所述第一地理分区接入所述卫星;若否,则排除已接入其他地理分区的卫星,并判断剩余卫星是否唯一;若所述剩余卫星唯一,则控制所述第一地理分区接入所述剩余卫星;若所述剩余卫星不唯一,则判断所述剩余卫星中是否存在只满足所述第一地理分区接入条件的第一卫星;若存在,则控制所述第一地理分区接入所述第一卫星;若不存在,则控制所述第一地理分区接入第二卫星,其中,所述第二卫星为所述剩余卫星中距离所述第一地理分区的分区中心最近的卫星。

[0011] 在可选的实施方式中,所述方法还包括:基于以下接入原则为每个所述极地地理分区确定一颗接入卫星:判断上一时刻接入第二地理分区的第三卫星是否依然满足所述第二地理分区的接入条件;其中,所述第二地理分区表示地球表面上的任意一个所述极地地理分区;若是,则控制所述第二地理分区继续接入所述第三卫星;若否,则控制所述第二地理分区接入第四卫星,其中,所述第四卫星为排除已接入其他地理分区的剩余卫星中距离所述第二地理分区的分区中心最近的卫星。

[0012] 在可选的实施方式中,所述多个初始经度区间的数量为 $2(M-1)$,其中, M 表示轨道面数。

[0013] 第二方面,本发明提供一种低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区装置,包括:获取模块,用于获取低轨道卫星网络分布信息;第一划分模块,用于基于所述低轨道卫星网络分布信息将地球表面划分为多个初始经度区间;第二划分模块,用于基于所述多个初始经度区间和卫星通信覆盖区域内接多边形的原则将地球表面划分为多个地理分区;其中,包含极点的极地地理分区为球面三角形,不包含极点的非极地地理分区为内接于卫星通信覆盖区域的球面梯形,且所有地理分区由经纬线包围。

[0014] 第三方面,本发明提供一种电子设备,包括存储器、处理器,所述存储器上存储有可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现上述前述实施方式中任一项所述的方法的步骤。

[0015] 第四方面,本发明提供一种具有处理器可执行的非易失的程序代码的计算机可读介质,所述程序代码使所述处理器执行前述实施方式中任一项所述的方法。

[0016] 本发明提供的低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方法,包括:获取低轨道卫星网络分布信息;基于低轨道卫星网络分布信息将地球表面划分为多个初始经度区间;基于多个初始经度区间和卫星通信覆盖区域内接多边形的原则将地球表面划分为多个地理分区;其中,地理分区包括:包含极点的极地地理分区和不包含极点的非极地地理分区;卫星通信覆盖区域内接多边形的原则包括:极地地理分区为球面三角形,非极地地理分区为内接于卫星通信覆盖区域的球面梯形,且所有地理分区由经纬线包围。

[0017] 现有技术中,利用等经纬度分区的方法对地球表面进行地理分区时,会导致极点附近的分区非常的小,而赤道附近的分区会相对非常大,存在分区不均匀问题。与现有技术相比,本发明实施例提供的低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方法,在将地球表面划分为多个初始经度区间之后,采用基于卫星通信覆盖区域内接多边形的原则对地球表面进行分区,分区边界明确,且能够满足分区尽量均匀且足够大,从而有效地缓解了现有

技术中的地理分区方法存在分区不均匀的技术问题。

附图说明

[0018] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,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。

[0019] 图1为本发明实施例提供的一种低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方法的流程图;

图2为本发明实施例提供的一种卫星轨道示意图;

图3为本发明实施例提供的一种以南极点为边界顶点的极地地理分区的示意图;

图4为本发明实施例提供的一种非极地地理分区的示意图;

图5为本发明实施例提供的一种卫星对地面进行通信覆盖的示意图;

图6为本发明实施例提供的一种低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区装置的功能模块图;

图7为本发明实施例提供的一种电子设备的示意图。

具体实施方式

[0020] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。

[0021] 因此,以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围,而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0022] 下面结合附图,对本发明的一些实施方式作详细说明。在不冲突的情况下,下述的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0023] 低轨卫星波束对地面的通信覆盖区域可近似为球面圆形。低轨卫星网络是一种用多个卫星节点组成能覆盖全球的网络,通过星地链路连接到地面通信系统,可以直接与覆盖范围内的终端用户通信。由于地面用户众多,且相对于卫星具有高移动性,为了防止用户IP地址随着接入的卫星变化而发生频繁切换,现有技术中将地球表面划分为若干个区域,让IP地址只与地理位置有关,这样可以处理卫星和用户的相对移动所带来的问题。

[0024] 现有的地理分区方案中,常采用等经纬度分区的方法,也即,划分得到的所有地理分区的经度区间跨度与纬度区间跨度均相同,这种分区方法虽然简单易懂,但是由于靠近极点附近的纬线长度非常短,赤道附近的纬线相对较长,因此会导致极点附近的分区非常的小,而赤道附近的分区会相对非常大,分区不均匀。此时,在相同的通信仰角条件下,卫星在极点附近的接入持续时间会较短,切换会比较快,而赤道附近的分区有可能会超出了卫星的最大通信覆盖范围。有鉴于此,本发明实施例提供了一种低轨卫星网络的内接多边形

均匀覆盖地理分区方法,用以缓解上文中所提出的技术问题。

[0025] 实施例一

图1为本发明实施例提供的一种低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方法的流程图,如图1所示,该方法具体包括如下步骤:

步骤S102,获取低轨道卫星网络分布信息。

[0026] 具体的,在对地球表面进行分区之前,首先要获取低轨道卫星网络分布,图2示出了一种卫星轨道示意图,低轨道卫星网络中卫星节点具有如下分布规律:低轨道卫星网络包括多个半径相同的轨道,每个轨道上有多个卫星节点,相邻两个轨道所在平面之间的夹角均相同,每个轨道上的相邻两个卫星节点之间的纬度差值均相同。若低轨道卫星网络为 $M \times N$ 分布,则表示低轨道卫星网络的轨道面数为 M 个,每个轨道面上的卫星数为 N 个。

[0027] 步骤S104,基于低轨道卫星网络分布信息将地球表面划分为多个初始经度区间。

[0028] 在确定低轨道卫星网络分布信息之后,本发明实施例首先根据低轨道卫星网络分布信息将地球表面划分为多个初始经度区间,初始经度区间的数量与低轨道卫星网络的轨道面数相关,由于地球自转、轨道倾角等原因,卫星在经线上并不是均匀分布,所以如果低轨道卫星网络的轨道面数为 M 个,那么实际上绕纬线一圈初始分区数应取小于 $2M$ 的数量,本发明实施例不对初始经度区间的数量进行具体限定,用户可以根据实际需求进行具体设定。

[0029] 步骤S106,基于多个初始经度区间和卫星通信覆盖区域内接多边形的原则将地球表面划分为多个地理分区。

[0030] 在将地球表面划分为多个初始经度区间之后,为了得到数量尽量少且分区更加均匀的地理分区,本发明实施例采用卫星通信覆盖区域内接多边形的原则将地球表面划分为多个地理分区,也可以理解为针对每个经度区间,根据卫星通信覆盖区域内接球面多边形来划分出多个纬度区间。其中,地理分区包括:包含极点的极地地理分区和不包含极点的非极地地理分区;卫星通信覆盖区域内接多边形的原则包括:极地地理分区为球面三角形,非极地地理分区为内接于卫星通信覆盖区域的球面梯形,且所有地理分区由经纬线包围。

[0031] 本发明实施例中,为了满足地理分区尽量均匀且足够大的需求,在保证每个地理分区不大于卫星的通信覆盖区域的前提下,采用卫星通信覆盖区域内接多边形的原则对每个初始经度区间进行分区,进而得到的包含极点的球面三角形(极地地理分区),和不包含极点且内接于卫星通信覆盖区域的球面梯形(非极地地理分区),图3示出了一种以南极点为边界顶点的极地地理分区的示意图,图4示出了一种非极地地理分区的示意图。由于分区时还要求所有的地理分区均由经纬线包围,因此,每个地理分区的边界都非常直观明确,能够满足后续卫星节点与移动用户的地址汇聚关系。

[0032] 现有技术中,利用等经纬度分区的方法对地球表面进行地理分区时,会导致极点附近的分区非常的小,而赤道附近的分区会相对非常大,存在分区不均匀问题。与现有技术相比,本发明实施例提供的低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方法,在将地球表面划分为多个初始经度区间之后,采用基于卫星通信覆盖区域内接多边形的原则对地球表面进行分区,分区边界明确,且能够满足分区尽量均匀且足够大,从而有效地缓解了现有技术中的地理分区方法存在分区不均匀的技术问题。

[0033] 上文中对本发明实施例提供的低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方

法进行了简要的描述,下面对其中涉及的相关方法步骤进行详细的介绍。

[0034] 在一个可选的实施方式中,上述步骤S104,基于低轨道卫星网络分布信息将地球表面划分为多个初始经度区间,具体包括如下步骤:

步骤S1041,基于低轨道卫星网络分布信息确定多个初始经度区间的数量。

[0035] 具体的,考虑到低轨道卫星网络的实际分布,以及地球自转、轨道倾角等原因,本发明实施例中,在根据低轨道卫星网络分布信息确定多个初始经度区间时,上述多个初始经度区间的数量小于2倍轨道面数;在一个可选的实施方式中,多个初始经度区间的数量为 $2(M-1)$,其中, M 表示轨道面数,用户也可以根据实际需求将初始经度区间设置为其他的数量,本发明实施例不对其进行具体限定。

[0036] 步骤S1042,基于多个初始经度区间的数量确定每一个初始经度区间的经度范围。

[0037] 在确定初始经度区间的数量之后,即可初步将地球表面划分为多个初始经度区间,其中,第 p 个初始经度区间表示为 $\left[-\pi + \frac{2\pi}{Z}(p-1), -\pi + \frac{2\pi}{Z}p\right]$, $p=[1, 2, \dots, Z]$; Z 表示多个初始经度区间的数量。

[0038] 在一个可选的实施方式中,上述步骤S106,基于多个初始经度区间和卫星通信覆盖区域内接多边形的原则将地球表面划分为多个地理分区,具体包括如下步骤:

步骤S1061,针对第一初始经度区间,以第一极点为起点确定内接于卫星通信覆盖区域的第一个地理分区。

[0039] 具体的,在将地球表面初步划分成多个初始经度区间之后,针对第一初始经度区间,首先确定其以第一极点为起点且内接于卫星通信覆盖区域的第一个地理分区,其中,第一初始经度区间为多个初始经度区间中的任意一个初始经度区间;第一极点包括以下任意一个极点:南极点,北极点;第一个地理分区为球面三角形,且球面三角形由经纬线包围。也就是说,第一初始经度区间的第一个地理分区为以南极点或北极点为顶点的球面三角形,且要求该球面三角形由经纬线包围并内接于卫星通信覆盖区域,因此可以确定该球面三角形上另外两个顶点的纬度相同。

[0040] 由于越靠近极点的纬线越短,越靠近赤道的纬线越长,因此,在基于初始经度区间对地球表面划分地理分区时,对于不同纬度区域的经度区间需要不同的考虑。本发明实施例中,所属于第 p 个经度区间的第 k 个地理分区的经度区间表示为

$\left[-\pi + \frac{2\pi m_k}{Z}(p-1), -\pi + \frac{2\pi m_k}{Z}p\right]$, m_k 表示预设经度区间调整参数,且 $m_k > 0$ 。也即,在对

某一初始经度区间进行分区时,其第 k 个地理分区根据 m_k 的不同取值,第 k 个地理分区的经度范围可以在初始经度区间的基础上进行微调。例如,如果在划分初始经度区间之后,靠近赤道的经度区间跨度过大,超过了卫星通信覆盖区域的直径,那么为了确保每个地理分区都能在卫星通信覆盖区域之内,则需要将该经度区间再次进行细分,进而满足卫星通信覆盖区域内接多边形的原则。

[0041] 步骤S1062,以上一个地理分区的终止纬线作为下一个地理分区的起始纬线,迭代计算所属于第一初始经度区间的其余地理分区,直至满足预设结束条件,并将第二极点与迭代计算得到的最后一个地理分区之间的区域划拨至最后一个地理分区。

[0042] 在确定了经度区间内的第一个地理分区之后,接下来,以第一个地理分区的终止纬线作为第二个地理分区的起始纬线,确定所属于第一初始经度区间的第二个地理分区,然后再以第二个地理分区的终止纬线作为第三个地理分区的起始纬线,确定所属于第一初始经度区间的第三个地理分区,以此类推,确定出所属于第一初始经度区间的其余地理分区,直至满足预设结束条件,其中,迭代计算得到的地理分区为内接于卫星通信覆盖区域的球面梯形,且球面梯形由经纬线包围;预设结束条件包括:最后一个地理分区的终止纬线与第二极点之间的纬度差小于 $\frac{R_s}{L}$,第一初始经度区间划分的地理分区总数不大于 $\frac{N}{2}$;其中,第二极点为与第一极点不同的极点。

[0043] 最后一个地理分区的终止纬线与第二极点之间的纬度差表达式中, $R_s = R(\pi/2 - \gamma - \arcsin(R/(R+h)\cos\gamma)) = R\theta$, R_s 表示卫星的覆盖半径, R 表示地球半径, γ 表示覆盖仰角, h 表示卫星轨道高度, θ 表示地球中心与目标地理分区中心的连线与地球中心和目标地理分区所有顶点连线之间的最大夹角; L 表示纬度变化1度的距离,约111km; N 表示每个轨道面上的卫星数。

[0044] 为了便于理解,下面对 θ 的定义进行解释,若地球中心为 O_e ,目标地理分区中心为 S' ,目标地理分区顶点分别为A,B,C,D,且 O_eS' 与 O_eA 之间的夹角为 θ_1 , O_eS' 与 O_eB 之间的夹角为 θ_2 , O_eS' 与 O_eC 之间的夹角为 θ_3 , O_eS' 与 O_eD 之间的夹角为 θ_4 ,则 θ 为 $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ 之中的最大值。因此只有夹角 θ 对应的弧长为卫星的覆盖半径 R_s 才能满足内接于卫星通信覆盖区域的条件。

[0045] 图5示出了一种卫星对地面进行通信覆盖的示意图,根据图5可知,一个地理分区的终止纬线与起始纬线之间的距离最长为 $2R_s$ 。迭代计算结束,对于非常靠近第二极点的区域,由于区域面积很小,所以将第二极点附近的区域作为辅助区间(第二极点与迭代计算得到的最后一个地理分区之间的区域),并将其归于相邻的地理分区之中,不单独进行分区编号,当卫星的星下点位于极点时,辅助区间的终止纬线与极点之间的距离最大为 R_s ,也

即,北极点附近的辅助区间最大为 $\left[90 - \frac{R_s}{L}, 90\right]$,南极点附近的辅助区间最大为 $\left[-90, -90 + \frac{R_s}{L}\right]$ 。因此,本发明实施例中,迭代计算结束条件中要求最后一个地理分区的终止纬线与第二极点之间的纬度差小于 $\frac{R_s}{L}$ 。

[0046] 由于第一初始经度区间是某一卫星轨道的一半轨道所覆盖的区域,且每个轨道面上的卫星数为 N 个,为了满足一个地理分区接入一颗卫星的需求,所以要求第一初始经度区间划分的地理分区总数不能大于 $\frac{N}{2}$ 。

[0047] 步骤S1063,针对第二初始经度区间,以第二极点为起点,并采用与第一初始经度区间划分地理分区相同的方法为第二初始经度区间划分地理分区;其中,第二初始经度区

间为第一初始经度区间的相邻经度区间。

[0048] 由于轨道卫星网络相邻轨道面的卫星交错排列,每颗星都位于邻轨道相邻两颗卫星的中垂线上,所以为了契合轨道特性,需满足任意地理分区的中心应当位于与它相邻的两个地理分区中心的纬线中垂线附近。若第一初始经度区间以第一极点为起始点计算地理分区,那么第一初始经度区间的相邻经度区间,也即第二初始经度区间应以第二极点为起点开始计算地理分区,且第二初始经度区间划分地理分区的方法与上文步骤S1061-S1062中的方法相同。以此类推,可计算出地球表面上所有经度区间的地理分区。

[0049] 在一个可选的实施方式中,针对第一初始经度区间,若第一极点为南极点,则计算第一初始经度区间内位于北极区域之外的任意一个目标地理分区时,判断目标地理分区的中心是否位于赤道以下;其中,北极区域表示北极点与迭代计算得到的最后一个地理分区之间的区域。

[0050] 若是,则目标地理分区满足以下第一分区条件: $b_k = b_0 + \sum_{i=1}^k \frac{a_i R_s}{L}$,

$$\cos \theta = \cos\left(\frac{b_{k-1} + b_k}{2}\right) \cos b_k \cos\left(\frac{m_k \pi}{Z}\right) + \sin\left(\frac{b_{k-1} + b_k}{2}\right) \sin b_k, \text{ 其中, } b_0 = -90, b_{k-1}$$

表示目标地理分区的目标起始纬度, b_k 表示目标地理分区的目标终止纬度, $a_k R_s$ 表示目标终止纬度与目标起始纬度之间的距离, a_k 表示比例系数,且 $1 \leq a_k \leq 2$, m_k 为满足 $R^2 (\sin b_k - \sin b_{k-1}) \left(\frac{2\pi m_k}{Z}\right) < S$ 的向下取整值, $\frac{2\pi m_k}{Z}$ 表示目标终止纬度上地理分区的两个顶点之间的经度差值, S 表示卫星的覆盖面积。

[0051] 若否,则目标地理分区满足以下第二分区条件: $b_k = b_0 + \sum_{i=1}^k \frac{a_i R_s}{L}$,

$$\cos \theta = \cos\left(\frac{b_{k-1} + b_k}{2}\right) \cos b_{k-1} \cos\left(\frac{m_k \pi}{Z}\right) + \sin\left(\frac{b_{k-1} + b_k}{2}\right) \sin b_{k-1}.$$

[0052] 具体的,在对第一初始经度区间进行地理分区时,若第一极点为南极点,则在计算除了北极区域(北极点与利用上述步骤S1062中的方法迭代计算得到的最后一个地理分区的终止纬线之间的区域)之外的任意一个目标地理分区时,需要根据分区中心的位置来确定分区需要满足的条件,如果 $\frac{b_{k-1} + b_k}{2} < 0$,也即目标地理分区的中心位于赤道以下,则目标地理分区需满足上述第一分区条件;如果 $\frac{b_{k-1} + b_k}{2} \geq 0$,也即目标地理分区的中心位于赤道上或赤道以上,则目标地理分区需满足上述第二分区条件。

[0053] 通过比对上述第一分区条件和第二分区条件可知,地理分区的中心点的位置不同,其相应的 $\cos \theta$ 的表示式不同,这是因为内接球面梯形时,梯形上下底边长度不同,如果用短边作为计算边,那么计算出来的长边会超出卫星的通信覆盖范围,因此只能用长边去做内接球面梯形的运算。当地理分区的中心点位于赤道下方时,目标终止纬线(纬度为 b_k)为长边。当地理分区的中心点不位于赤道下方时,目标起始纬线(纬度为 b_{k-1})为长边。

[0054] 当以南极点为起点时,第一个地理分区为球面三角形,且该球面三角形的中心点位于赤道以下,因此,第一个地理分区同样适用上述第一分区条件。

[0055] 为了满足分区尽量少且尽量均匀的原则,因此,在本发明实施例中,理论计算时限定目标地理分区的目标终止纬度与目标起始纬度之间的距离不小于卫星的覆盖半径 R_s ,同时通过上文中的描述可知,目标终止纬度与目标起始纬度之间的距离最大为 $2R_s$,所以比例系数 $1 \leq a_k \leq 2$ 。

[0056] 上文中算式 $R^2(\sin b_k - \sin b_{k-1})\left(\frac{2\pi m_k}{Z}\right) < S$ 表示目标地理分区的面积不得大于卫星的覆盖面积,因此,预设经度区间调整参数 m_k 应取符合该条件的向下取整值。 m_k 确定后, b_k 即可根据 $\cos \theta$ 的表达式确定处理,进一步即可确定出 a_k 的值。

[0057] 上文中对第一极点为南极点时计算第一初始经度区间的地理分区的情况进行了详细的介绍,当第一极点为北极点时, $b_0 = 90$,上文中所描述的分区条件同样适用,但需要将第一分区条件和第二分区条件中目标地理分区的目标终止纬度的表达式进行适应性修改,即 $b_k = b_0 - \sum_{i=1}^k \frac{a_i R_s}{L}$ 。

[0058] 在本发明实施例中,用户还可以根据实际需求动态调整目标地理分区的目标终止纬度 b_k ,但调整时,需要满足 $b_k - b_{k-1} \leq \frac{a_k R_s}{L}$ 以及上述预设结束条件。

[0059] 当地球表面的地理分区确定之后,由于低轨卫星星座必然全覆盖整个地球,所以每个地理分区至少有一颗满足接入条件的卫星,但是由于中高纬度地区必然存在多重覆盖问题,所以需要一套完整的接入策略,来满足每个地理分区都有一颗卫星接入,且同一卫星不能同时接入两个地理分区。接入判定条件为:设定当地理分区中心点进入卫星覆盖范围时,即满足接入条件。

[0060] 在本发明实施例中,针对非极地地理分区和极地地理分区分别设定了相应的接入判定规则,具体的,在一个可选的实施方式中,本发明方法还包括如下内容:

基于以下接入原则为每个非极地地理分区确定一颗接入卫星:

判断当前时刻是否只有一颗卫星满足第一地理分区的接入条件;其中,第一地理分区表示地球表面上的任意一个非极地地理分区,接入条件为第一地理分区的中心点位于卫星覆盖范围内。

[0061] 若是,则控制第一地理分区接入卫星。

[0062] 若否,则排除已接入其他地理分区的卫星,并判断剩余卫星是否唯一。

[0063] 若剩余卫星唯一,则控制第一地理分区接入剩余卫星。

[0064] 若剩余卫星不唯一,则判断剩余卫星中是否存在只满足第一地理分区接入条件的第一卫星。

[0065] 若存在,则控制第一地理分区接入第一卫星。

[0066] 若不存在,则控制第一地理分区接入第二卫星,其中,第二卫星为剩余卫星中距离

第一地理分区的分区中心最近的卫星。

[0067] 具体的,针对非极地地理分区,其接入原则可以理解为设置了三个优先级,其第一优先级为判断卫星与第一地理分区是否为一对一的用户区域,也即,是否只有一颗卫星满足第一地理分区的接入条件,如果是,则控制第一地理分区接入该卫星;如果卫星与第一地理分区不是一对一的用户区域,也即,当前时刻存在多颗卫星满足第一地理分区的接入条件,则进入第二优先级的判断,首先将已经接入其他地理分区的卫星排除,因为本发明实施例要求一颗卫星仅接入一个地理分区,然后判断排除掉已经接入地理分区的剩余卫星是否唯一,也即,剩余卫星的数量是否为1,如果是1,则控制第一地理分区接入这一颗剩余卫星;如果剩余卫星的数量不是1,则进入第三优先级的判断,判断多颗剩余卫星中是否存在只满足第一地理分区接入条件的第一卫星,如果存在,则控制第一地理分区接入上述第一卫星;如果不存在,则控制第一地理分区接入剩余卫星中距离第一地理分区的分区中心最近的卫星(第二卫星),也即,剩余卫星中,第二卫星的星下点与地球中心的连线,和第一地理分区的分区中心与地球中心的连线之间的夹角最小。

[0068] 在一个可选的实施方式中,本发明方法还包括如下内容:

基于以下接入原则为每个极地地理分区确定一颗接入卫星:

判断上一时刻接入第二地理分区的第三卫星是否依然满足第二地理分区的接入条件;其中,第二地理分区表示地球表面上的任意一个极地地理分区。

[0069] 若是,则控制第二地理分区继续接入第三卫星。

[0070] 若否,则控制第二地理分区接入第四卫星,其中,第四卫星为排除已接入其他地理分区的剩余卫星中距离第二地理分区的分区中心最近的卫星。

[0071] 针对极地地理分区,由于其地理位置的特殊性,所以为了降低卫星切换频率,针对第二地理分区,首先判断上一时刻接入该地理分区的第三卫星是否依然满足该区域的接入条件,如果满足,则第二地理分区继续选择接入第三卫星;如果当前时刻第三卫星不再满足第二地理分区的接入条件,则控制第二地理分区接入排除已接入其他地理分区的剩余卫星中距离第二地理分区的分区中心最近的卫星,以满足接入持续时间更长的要求。

[0072] 利用上述基于优先级的接入原则为地球表面上的每个地理分区确定接入卫星,能够保证在多重覆盖下,每个地理分区都能接入一颗不重复的卫星,进而降低卫星切换频率,提高路由计算效率,且满足后续的卫星节点与移动用户的地址汇聚关系,服务于后续的IP编址方案。

[0073] 综上所述,本发明实施例提供的低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方法,与等经纬度分区的方式相比,其得到的地理分区更加的均匀,且地理分区足够大,不会出现赤道附近的地理分区比极点附近的地理分区大几倍的情况,不会出现地理分区面积超过卫星的最大通信覆盖范围的情况,同时,能使卫星切换频率充分降低,卫星的通信持续时间增长,可以提高路由计算效率。

[0074] 实施例二

本发明实施例还提供了一种低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区装置,该低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区装置主要用于执行上述实施例一所提供的低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方法,以下对本发明实施例提供的低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区装置做具体介绍。

[0075] 图6是本发明实施例提供的一种低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区装置的功能模块图,如图6所示,该装置主要包括:获取模块10,第一划分模块20,第二划分模块30,其中:

获取模块10,用于获取低轨道卫星网络分布信息。

[0076] 第一划分模块20,用于基于低轨道卫星网络分布信息将地球表面划分为多个初始经度区间。

[0077] 第二划分模块30,用于基于多个初始经度区间和卫星通信覆盖区域内接多边形的原则将地球表面划分为多个地理分区;其中,包含极点的极地地理分区为球面三角形,不包含极点的非极地地理分区为内接于卫星通信覆盖区域的球面梯形,且所有地理分区由经纬线包围。

[0078] 现有技术中,利用等经纬度分区的方法对地球表面进行地理分区时,会导致极点附近的分区非常的小,而赤道附近的分区会相对非常大,存在分区不均匀问题。与现有技术相比,本发明实施例提供的地理分区装置,在将地球表面划分为多个初始经度区间之后,采用基于卫星通信覆盖区域内接多边形的原则对地球表面进行分区,分区边界明确,且能够满足分区尽量均匀且足够大,从而有效地缓解了现有技术中的地理分区方法存在分区不均匀的技术问题。

[0079] 可选的,第一划分模块20包括:

第一确定单元,用于基于低轨道卫星网络分布信息确定多个初始经度区间的数量;其中,多个初始经度区间的数量小于2倍轨道面数。

[0080] 第二确定单元,用于基于多个初始经度区间的数量确定每一个初始经度区间的经度范围;其中,第 p 个初始经度区间表示为 $\left[-\pi + \frac{2\pi}{Z}(p-1), -\pi + \frac{2\pi}{Z}p\right]$, $p=[1, 2, \dots, Z]$; Z 表示多个初始经度区间的数量。

[0081] 可选的,第二划分模块30包括:

第三确定单元,用于针对第一初始经度区间,以第一极点为起点确定内接于卫星通信覆盖区域的第一个地理分区;其中,第一初始经度区间为多个初始经度区间中的任意一个初始经度区间;第一极点包括以下任意一个极点:南极点,北极点;第一个地理分区为球面三角形,且球面三角形由经纬线包围,所属于第 p 个经度区间的第 k 个地理分区的经度

区间表示为 $\left[-\pi + \frac{2\pi m_k}{Z}(p-1), -\pi + \frac{2\pi m_k}{Z}p\right]$, m_k 表示预设经度区间调整参数,且 $m_k > 0$ 。

[0082] 迭代计算单元,用于以上一个地理分区的终止纬线作为下一个地理分区的起始纬线,迭代计算所属于第一初始经度区间的其余地理分区,直至满足预设结束条件,并将第二极点与迭代计算得到的最后一个地理分区之间的区域划拨至最后一个地理分区;其中,第二极点为与第一极点不同的极点;迭代计算得到的地理分区为内接于卫星通信覆盖区域的球面梯形,且球面梯形由经纬线包围;预设结束条件包括:最后一个地理分区的终止纬线与第二极点之间的纬度差小于 $\frac{R_p}{L}$,第一初始经度区间划分的地理分区总数不大于 $\frac{N}{2}$;

$R_s = R(\pi/2 - \gamma - \arcsin(R/(R+h)\cos\gamma)) = R\theta$, R_s 表示卫星的覆盖半径, R 表示地球半径, γ 表示覆盖仰角, h 表示卫星轨道高度, θ 表示地球中心与目标地理分区中心的连线与地球中心和目标地理分区所有顶点连线之间的最大夹角; L 表示纬度变化1度的距离; N 表示每个轨道面上的卫星数。

[0083] 划分单元,用于针对第二初始经度区间,以第二极点为起点,并采用与第一初始经度区间划分地理分区相同的方法为第二初始经度区间划分地理分区;其中,第二初始经度区间为第一初始经度区间的相邻经度区间。

[0084] 可选的,针对第一初始经度区间,若第一极点为南极点,则计算第一初始经度区间内位于北极区域之外的任意一个目标地理分区时,判断目标地理分区的中心是否位于赤道以下;其中,北极区域表示北极点与迭代计算得到的最后一个地理分区之间的区域。

[0085] 若是,则目标地理分区满足以下第一分区条件: $b_k = b_0 + \sum_{i=1}^k \frac{a_i R_s}{L}$, $\cos\theta = \cos(\frac{b_{k-1} + b_k}{2}) \cos b_k \cos(\frac{m_k \pi}{Z}) + \sin(\frac{b_{k-1} + b_k}{2}) \sin b_k$, 其中, $b_0 = -90$, b_{k-1} 表示目标地理分区的目标起始纬度, b_k 表示目标地理分区的目标终止纬度, $a_k R_s$ 表示目标终止纬度与目标起始纬度之间的距离, a_k 表示比例系数,且 $1 \leq a_k \leq 2$, m_k 为满足 $R^2(\sin b_k - \sin b_{k-1})(\frac{2\pi m_k}{Z}) < S$ 的向下取整值, $\frac{2\pi m_k}{Z}$ 表示目标终止纬度上地理分区的两个顶点之间的经度差值, S 表示卫星的覆盖面积;

若否,则目标地理分区满足以下第二分区条件: $b_k = b_0 + \sum_{i=1}^k \frac{a_i R_s}{L}$, $\cos\theta = \cos(\frac{b_{k-1} + b_k}{2}) \cos b_{k-1} \cos(\frac{m_k \pi}{Z}) + \sin(\frac{b_{k-1} + b_k}{2}) \sin b_{k-1}$ 。

[0086] 可选的,该装置还包括:

第一接入模块,用于基于以下接入原则为每个非极地地理分区确定一颗接入卫星:

判断当前时刻是否只有一颗卫星满足第一地理分区的接入条件;其中,第一地理分区表示地球表面上的任意一个非极地地理分区,接入条件为第一地理分区的中心点位于卫星覆盖范围内。

[0087] 若是,则控制第一地理分区接入卫星。

[0088] 若否,则排除已接入其他地理分区的卫星,并判断剩余卫星是否唯一。

[0089] 若剩余卫星唯一,则控制第一地理分区接入剩余卫星。

[0090] 若剩余卫星不唯一,则判断剩余卫星中是否存在只满足第一地理分区接入条件的第一卫星。

[0091] 若存在,则控制第一地理分区接入第一卫星。

[0092] 若不存在,则控制第一地理分区接入第二卫星,其中,第二卫星为剩余卫星中距离第一地理分区的分区中心最近的卫星。

[0093] 可选的,该装置还包括:

第二接入模块,用于基于以下接入原则为每个极地地理分区确定一颗接入卫星:

判断上一时刻接入第二地理分区的第三卫星是否依然满足第二地理分区的接入条件;其中,第二地理分区表示地球表面上的任意一个极地地理分区。

[0094] 若是,则控制第二地理分区继续接入第三卫星。

[0095] 若否,则控制第二地理分区接入第四卫星,其中,第四卫星为排除已接入其他地理分区的剩余卫星中距离第二地理分区的分区中心最近的卫星。

[0096] 可选的,多个初始经度区间的数量为 $2(M-1)$,其中, M 表示轨道面数。

[0097] 实施例三

参见图7,本发明实施例提供了一种电子设备,该电子设备包括:处理器60,存储器61,总线62和通信接口63,所述处理器60、通信接口63和存储器61通过总线62连接;处理器60用于执行存储器61中存储的可执行模块,例如计算机程序。

[0098] 其中,存储器61可能包含高速随机存取存储器(RAM,Random Access Memory),也可能还包括非不稳定的存储器(non-volatile memory),例如至少一个磁盘存储器。通过至少一个通信接口63(可以是有线或者无线)实现该系统网元与至少一个其他网元之间的通信连接,可以使用互联网,广域网,本地网,城域网等。

[0099] 总线62可以是ISA总线、PCI总线或EISA总线等。所述总线可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示,图7中仅用一个双向箭头表示,但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。

[0100] 其中,存储器61用于存储程序,所述处理器60在接收到执行指令后,执行所述程序,前述本发明实施例任一实施例揭示的流过程定义的装置所执行的方法可以应用于处理器60中,或者由处理器60实现。

[0101] 处理器60可能是一种集成电路芯片,具有信号的处理能力。在实现过程中,上述方法的各步骤可以通过处理器60中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。上述的处理器60可以是通用处理器,包括中央处理器(Central Processing Unit,简称CPU)、网络处理器(Network Processor,简称NP)等;还可以是数字信号处理器(Digital Signal Processing,简称DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,简称ASIC)、现成可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,简称FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。可以实现或者执行本发明实施例中的公开的各方法、步骤及逻辑框图。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。结合本发明实施例所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件译码处理器执行完成,或者用译码处理器中的硬件及软件模块组合执行完成。软件模块可以位于随机存储器,闪存、只读存储器,可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器61,处理器60读取存储器61中的信息,结合其硬件完成上述方法的步骤。

[0102] 本发明实施例所提供的一种低轨卫星网络的内接多边形均匀覆盖地理分区方法和装置的计算机程序产品,包括存储了处理器可执行的非易失的程序代码的计算机可读存储介质,所述程序代码包括的指令可用于执行前面方法实施例中所述的方法,具体实现可参见方法实施例,在此不再赘述。

[0103] 另外,在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。

[0104] 所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个处理器可执行的非易失的计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0105] 应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

[0106] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,或者是该发明产品使用时惯常摆放的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”等仅用于区分描述,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0107] 此外,术语“水平”、“竖直”、“悬垂”等术语并不表示要求部件绝对水平或悬垂,而是可以稍微倾斜。如“水平”仅仅是指其方向相对“竖直”而言更加水平,并不是表示该结构一定要完全水平,而是可以稍微倾斜。

[0108] 在本发明的描述中,还需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“设置”、“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0109] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

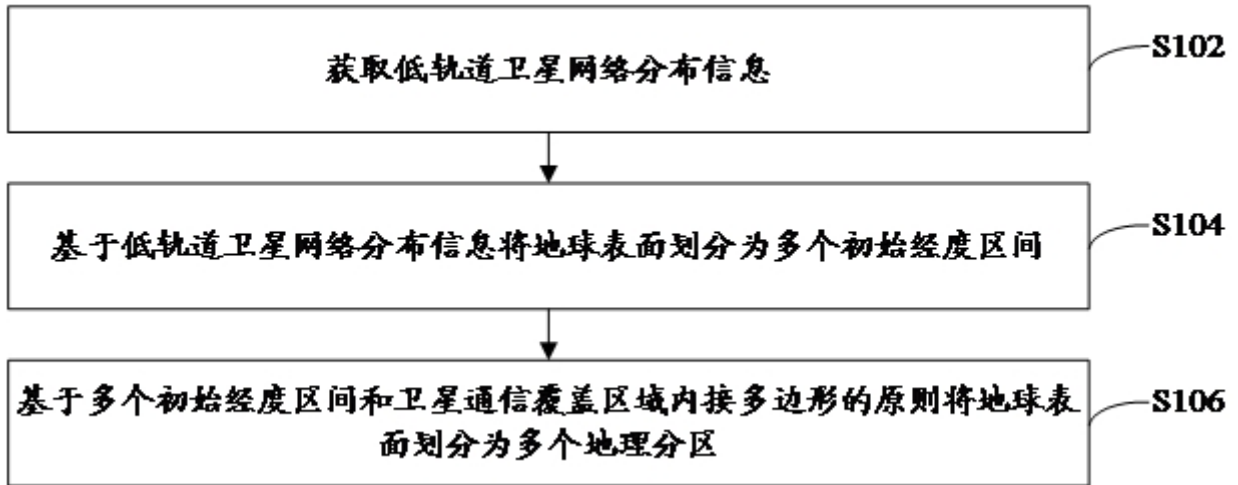


图1

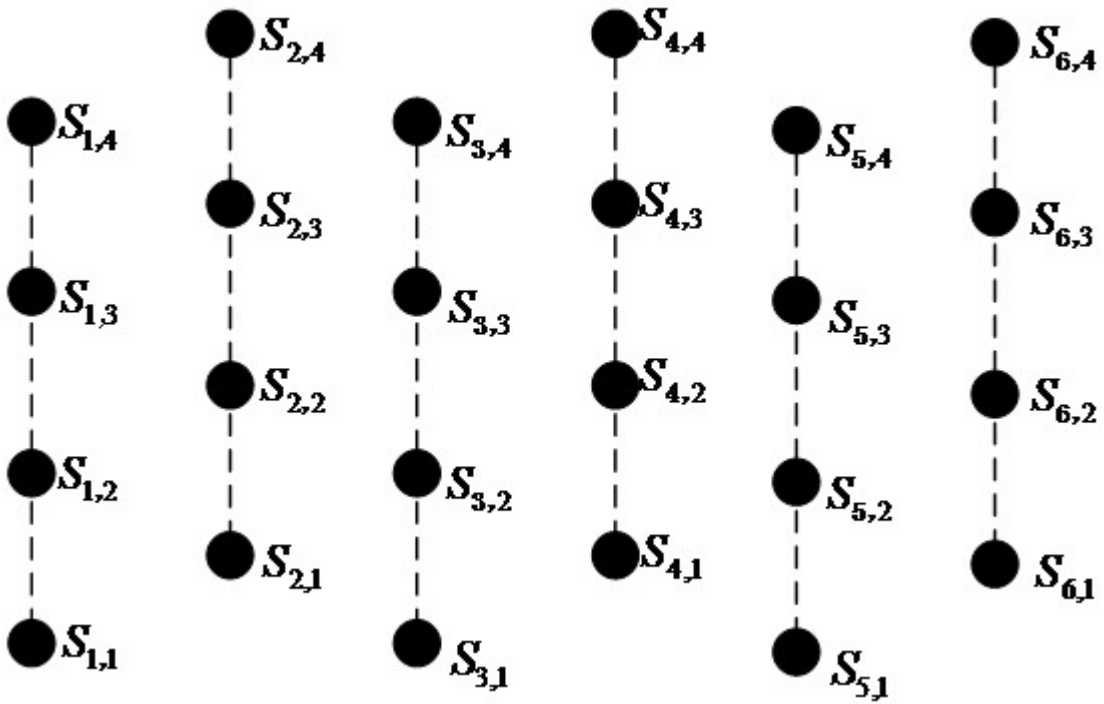


图2

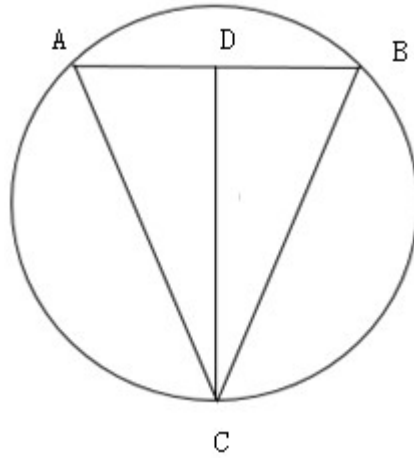


图3

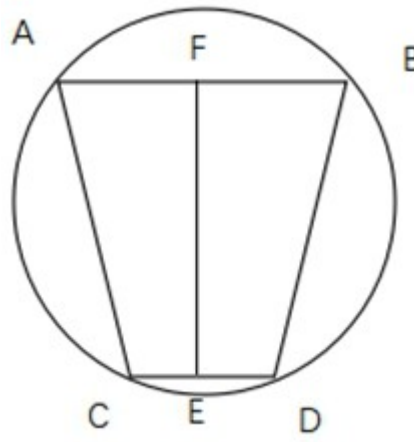


图4

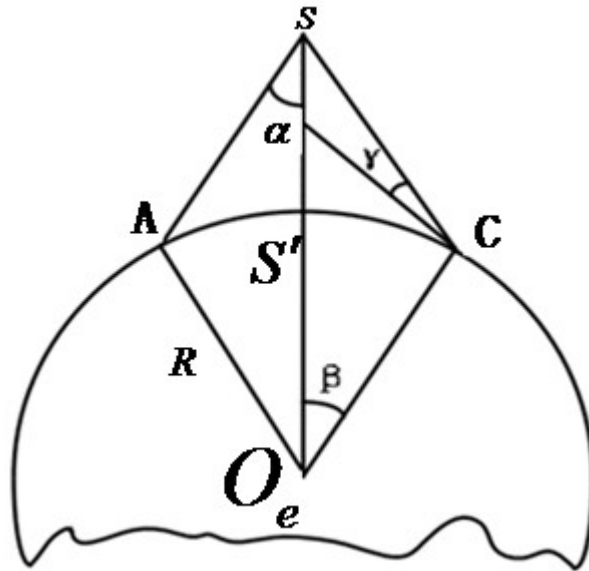


图5



图6

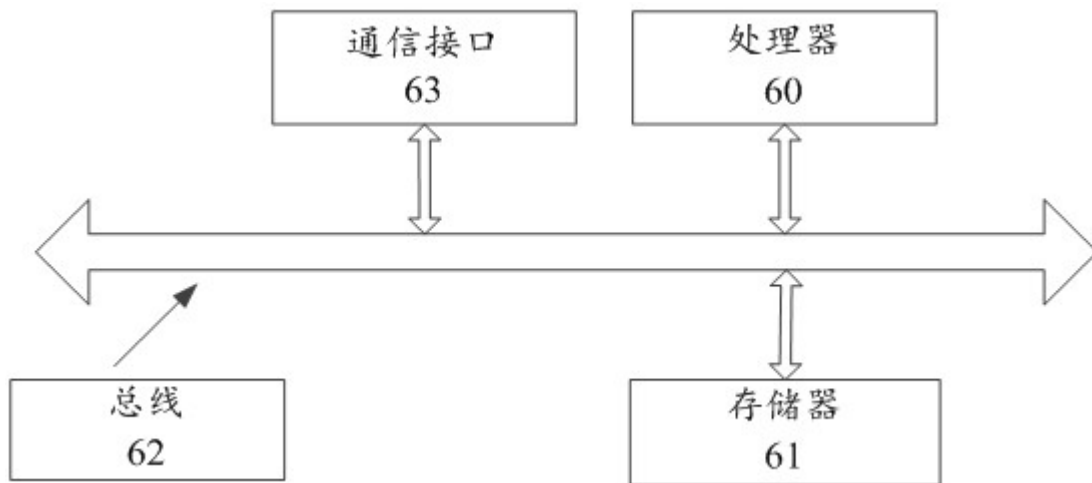


图7