



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103634842 A

(43) 申请公布日 2014.03.12

(21) 申请号 201310719759.0

(22) 申请日 2013.12.20

(71) 申请人 大连大学

地址 116622 辽宁省大连市经济技术开发区
学府大街10号大连大学

(72) 发明人 刘治国 张自敬

(74) 专利代理机构 大连智高专利事务所(特殊
普通合伙) 21235

代理人 胡景波

(51) Int. Cl.

H04W 28/02(2009.01)

H04W 40/02(2009.01)

H04L 12/721(2013.01)

H04L 12/801(2013.01)

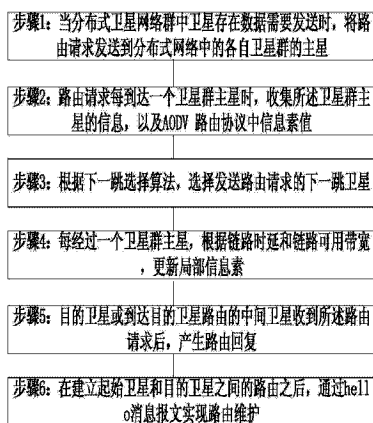
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种分布式卫星网络群间路由方法

(57) 摘要

本发明提供一种分布式卫星网络群间路由方法,包括:当分布式卫星网络中源卫星群存在数据需要发送时,将路由请求发送到分布式网络中的各自卫星群的主星处;路由请求每到达一个卫星群主星时,收集卫星的信息,以及AODV路由协议中信息素值;根据下一跳选择算法,计算路由请求将要发送到各个卫星的概率,从各个卫星中,根据计算的各个卫星概率,选择发送路由请求的下一跳卫星;每经过一个卫星,根据链路时延和链路可用带宽,更新局部信息素,根据局部信息素,选择发送路由请求的下一跳卫星;当目的卫星收到路由请求后,产生路由回复,从而建立源卫星和目的卫星之间的反向路由。本发明降低了通信时延,提高链路可用带宽,提高链路的通信质量。



1. 一种分布式卫星网络群间路由方法,其特征在于,包括:

当分布式卫星网络中源卫星群存在数据需要发送时,将路由请求发送到分布式网络中的各自卫星群的主星处;

所述路由请求每到达一个卫星群主星时,收集所述卫星的信息,以及 AODV 路由协议中信息素值;

根据下一跳选择算法,计算所述路由请求将要发送到各个卫星的概率,从各个卫星中,根据计算的各个卫星的概率,选择发送路由请求的下一跳卫星;

每经过一个卫星,根据链路时延和链路可用带宽,更新局部信息素,根据所述局部信息素,选择发送路由请求的下一跳卫星;

当所述目的卫星或到达目的卫星路由的中间卫星收到所述路由请求后,产生路由回复,从而建立源卫星和目的卫星之间的反向路由。

2. 如权利要求 1 所述的一种分布式卫星网络群间路由方法,其特征在于,还包括:

在建立源卫星和目的卫星之间的路由之后,通过 hello 消息报文实现路由维护。

3. 如权利要求 1 所述的一种分布式卫星网络群间路由方法,其特征在于,所述下一跳选择算法具体为蚂蚁算法,具体为:

$$P_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \times [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{z \in allowed_k} [\tau_{iz}(t)]^\alpha \times [\eta_{iz}(t)]^\beta} & j \notin tabu_k \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

其中,式中 $P_{ij}^k(t)$ 为 t 时刻蚂蚁 k 选择路径 (i, j) 行进的概率; α 为信息素因子,表征信息素的重要程度; $\eta_{ij}(t)$ 为启发函数,等于节点 i 与节点 j 距离的倒数,表征路径 (i, j) 的权重, β 为启发信息因子,表征启发信息的重要程度; $tabu_k$ ($k=1, 2, \dots, m$) 为蚂蚁 k 的禁忌表,记录了蚂蚁 k 已走过的节点; $allowed_k = \{c - tabu_k\}$ 表示在 t 时刻蚂蚁 k 下一步允许选择的节点。

4. 如权利要求 1 所述的一种分布式卫星网络群间路由方法,其特征在于,所述根据链路时延和链路可用带宽,更新局部信息素,具体为:

根据链路权重更新公式,计算局部信息素 $\Delta\tau_{ij}^k(t)$, 其中,链路权重更新公式为:

$$\Delta\tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{Q + w_{ij}}{d_{ij}} & w_{ij} \leq w \\ \frac{Q - w_{ij}}{d_{ij}} & Else \end{cases}$$

其中, Q 表示信息素的增强系数; w 表示链路权重的阈值,其初始值为 w_0 ; d_{ij} 表示在本次循环中第 k 只蚂蚁所走的路径 (i, j), w_{ij} 表示节点 i 到邻居节点 j 之间链路 (i, j) 的权重,其表达式如下:

$$w_{ij} = \frac{D(i, j)^{\alpha_1}}{B(i, j)^{\beta_1}}$$

其中, D(i, j) 表示链路 (i, j) 上的时延, B(i, j) 表示链路 (i, j) 上的可用带宽, α_1 和

β_1 分别表示带宽和时延的相对重要系数。

一种分布式卫星网络群间路由方法

技术领域

[0001] 本发明属于星群网络技术领域,涉及到一种分布式卫星网络群间路由方法。

背景技术

[0002] 目前,现有的卫星路由算法根据网络的拓扑结构分为虚拟拓扑路由算法和虚拟节点路由算法两类。这些卫星路由算法大多针对低轨卫星设计,星座拓扑变化较快,并且没有考虑链路的状态。而分布式星群的拓扑相对稳定,所以传统的路由协议已经不能直接适用于分布式星群网络。

发明内容

[0003] 本发明针对以上问题的提出,而提出的分布式卫星网络群间路由方法,解决了分布式星群路由的问题。

[0004] 一方面,本发明提供了一种分布式卫星网络群间路由方法,包括:

[0005] 当分布式卫星网络中源卫星群存在数据需要发送时,将路由请求发送到分布式网络中的各自卫星群的主星处;

[0006] 所述路由请求每到达一个卫星群主星时,收集所述卫星的信息,以及 AODV 路由协议中信息素值;

[0007] 根据下一跳选择算法,计算所述路由请求将要发送到各个卫星的概率,从各个卫星中,根据计算的各个卫星的概率,选择发送路由请求的下一跳卫星;

[0008] 每经过一个卫星,根据链路时延和链路可用带宽,更新局部信息素,根据所述局部信息素,选择发送路由请求的下一跳卫星;

[0009] 当所述目的卫星或到达目的卫星路由的中间卫星收到所述路由请求后,产生路由回复,从而建立源卫星和目的卫星之间的反向路由。

[0010] 进一步的,该分布式卫星网络路由方法,还包括:

[0011] 在建立源卫星和目的卫星之间的路由之后,通过 hello 消息报文实现路由维护,所述 hello 消息报文中添加能量目的,动态地通知邻居节点能量的剩余情况,为选择路由时提供更为准确的能量信息。

[0012] 进一步的,上述下一跳选择算法具体为蚂蚁算法,具体为:

$$[0013] \quad P_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \times [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{Z \in allowed_k} [\tau_{iz}(t)]^\alpha \times [\eta_{iz}(t)]^\beta} & j \notin tabu_k \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

[0014] 其中,式中 $P_{ij}^k(t)$ 为 t 时刻蚂蚁 k 选择路径 (i, j) 行进的概率; α 为信息素因子,表征信息素的重要程度; $\eta_{ij}(t)$ 为启发函数,等于节点 i 与节点 j 距离的倒数,表征路径 (i, j) 的权重, β 为启发信息因子,表征启发信息的重要程度; $tabu_k (k=1, 2, \dots, m)$ 为蚂蚁 k 的禁忌表,记录了蚂蚁 k 已走过的节点; $allowed_k = \{c - tabu_k\}$ 表示在 t 时刻蚂蚁 k 下一步

允许选择的节点。

[0015] 进一步的,上述根据链路时延和链路可用带宽,更新局部信息素,具体为:

[0016] 根据链路权重更新公式,计算局部信息素 $\Delta\tau_{ij}^k(t)$,其中,链路权重更新公式为:

$$[0017] \quad \Delta\tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{Q+w_{ij}}{d_{ij}} & w_{ij} \leq w \\ \frac{Q-w_{ij}}{d_{ij}} & \text{Else} \end{cases}$$

[0018] 其中,Q表示信息素的增强系数;w表示链路权重的阈值,其初始值为 w_0 ; d_{ij} 表示在本次循环中第k只蚂蚁所走的路径(i,j), w_{ij} 表示节点i到邻居节点j之间链路(i,j)的权重,其表达式如下:

$$[0019] \quad w_{ij} = \frac{D(i,j)^{\alpha_1}}{B(i,j)^{\beta_1}}$$

[0020] 其中,D(i,j)表示链路(i,j)上的时延,B(i,j)表示链路(i,j)上的可用带宽, α_1 和 β_1 分别表示带宽和时延的相对重要系数。

[0021] 本发明的效果和益处是,可有效避免链路状态拥塞而引起的等待时延增大等问题,提高路由效率。

附图说明

[0022] 附图1为本发明提供了一种分布式卫星网络群间路由方法的流程图;

[0023] 附图2为本发明的改进的蚁群算法和AODV协议应用到卫星网络的流程图;

[0024] 附图3为本发明仿真采取的三星群通信的等效拓扑结构图;

[0025] 附图4为本发明仿真采取的时隙分割图;

[0026] 附图5为本发明仿真带宽瓶颈比较图;

[0027] 附图6为本发明仿真端到端时延比较图。

具体实施方式

[0028] 以下结合技术方案和附图详细叙述本发明的具体实施方式。

[0029] 针对现有卫星网络路由算法以路径长度作为路由评价标准,导致最近的路径不一定是最优的路径的特点,提出一种快速高效的路由选择算法。该方法考虑链路的状态,如可用带宽、传输时延及误码率等,并将源驱动路由协议(Ad hoc on-demand distance vector routing,AODV)应用其中,保证在路径最优情况下降低卫星网络通信的时延,以此达到通信最优目的。

[0030] 如图1所示,本发明实施例的一种分布式卫星网络星群路由方法,包括:

[0031] 步骤1:当分布式卫星网络群中卫星存在数据需要发送时,将路由请求发送到分布式网络中的各自卫星群的主星,由主星建立群间路由。

[0032] 步骤2:所述路由请求每到达一个卫星群主星时,收集所述卫星群主星的信息,以及AODV路由协议中信息素值。

[0033] 步骤3:根据下一跳选择算法,计算所述路由请求将要发送到各个卫星群主星的

概率,从各个卫星群主星中,根据计算的各个卫星群主星的概率,选择发送路由请求的下一跳卫星。

[0034] 具体的:可以利用蚂蚁算法,从而选择下一跳选择算法,具体的过程如下:

[0035] 设定常数 N 、 w_0 、 Q 、 ρ 、 n 、 α 、 β ,并为每只蚂蚁设置一个空的禁忌表 $tabu_k$ 。

[0036] 通过以下公式 (1) 给出了蚂蚁 k 在节点 i 选择移动到相邻节点 j 的概率:

$$[0037] \quad P_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \times [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{z \in allowed_k} [\tau_{iz}(t)]^\alpha \times [\eta_{iz}(t)]^\beta} & j \notin tabu_k \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

[0038] 其中,式中 $P_{ij}^k(t)$ 为 t 时刻蚂蚁 k 选择路径 (i, j) 行进的概率; α 为信息素因子,表征信息素的重要程度; $\eta_{ij}(t)$ 为启发函数,等于节点 i 与节点 j 距离的倒数,即 $\eta_{ij}(t) = 1/d_{ij}$,表征路径 (i, j) 的权重,对蚂蚁 k 而言, d_{ij} 越小,则 $\eta_{ij}(t)$ 越大, $P_{ij}^k(t)$ 也就越大; β 启发信息因子,表征启发信息的重要程度; $tabu_k (k=1, 2, \dots, m)$ 为蚂蚁 k 的禁忌表,记录了蚂蚁 k 已走过的节点; $allowed_k = \{c - tabu_k\}$ 表示在 t 时刻蚂蚁 k 下一步允许选择的节点。

[0039] 步骤 4:每经过一个卫星群主星,根据链路时延和链路可用带宽,更新局部信息素,当所述路由请求到达目的卫星或到达目的卫星路由的中间卫星为止。

[0040] 具体的过程如下:随着时间的推移,当所有蚂蚁完成一次迭代后,要对蚂蚁走过路径上的信息素进行更新。首先挥发原有的信息素,然后增加蚂蚁经过路径的信息素,信息素的更新公式如下:

$$[0041] \quad \tau_{ij}(t + \Delta t) = (1 - \rho) \tau_{ij}(t) + \tau_{ij}(\Delta t) \quad (2)$$

$$[0042] \quad \tau_{ij}(\Delta t) = \sum_{k=1}^m \tau_{ij}^k(\Delta t) \quad (3)$$

[0043] 其中: $\rho (0 \leq \rho < 1)$ 代表路径上信息素的挥发系数, $(1 - \rho)$ 代表的是信息素的残留因子, $\tau_{ij}(\Delta t)$ 代表在路径 (i, j) 上的信息素增量的大小,初始时刻 $\tau_{ij}(\Delta t) = 0$ 。

[0044] 如果本发明实施例中只考虑带宽和时延 2 种权重类型,则节点 i 到邻居节点 j 之间链路的权重 w_{ij} 计算如下:

$$[0045] \quad w_{ij} = \frac{D(i, j)^{\alpha_1}}{B(i, j)^{\beta_1}} \quad (4)$$

[0046] 其中 $D(i, j)$ 表示链路 (i, j) 上的时延, $B(i, j)$ 表示链路 (i, j) 上的可用带宽。 α_1 和 β_1 分别表示带宽和时延的相对重要性,可以根据对带宽和时延的具体要求进行调节。

[0047] 群路由算法是根据路径上信息素的大小来做出路由决策,所以可以将链路的状态作为影响信息素增量的因素,根据链路的拥塞情况来增大或减小信息素增量。在算法开始时,设定一个初始的链路权重阈值 w_0 ,当所经过的链路权重小于该阈值时,信息素强度 Q 就加上该链路的权重,否则就减去此链路权重。这样权重较小的链路增加的信息素就较大,从而被后续蚂蚁选中的可能性就越大。 $\Delta \tau_{ij}^k(t)$ 的信息素根据链路权重更新规则由式 (5) 表示。

$$[0048] \quad \Delta\tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{Q+w_{ij}}{d_{ij}} & w_{ij} \leq w \\ \frac{Q-w_{ij}}{d_{ij}} & \text{Else} \end{cases} \quad (5)$$

[0049] 其中 Q 表示信息素的增强系数; w_{ij} 表示链路 (i, j) 的权重; w 表示链路权重的阈值, 其初始值为 w_0 ; d_{ij} 表示在本次循环中第 k 只蚂蚁所走的路径 (i, j)。

[0050] 步骤 5: 所述目的卫星或到达目的卫星路由的中间卫星收到所述路由请求后, 产生路由回复, 从而建立源卫星和目的卫星之间的反向路由。

[0051] 步骤 6: 在建立起始卫星和目的卫星之间的路由之后, 通过 hello 消息报文实现路由维护, 所述 hello 消息报文中添加能量目的, 动态地通知邻居节点能量的剩余情况, 为选择路由时提供更为准确的能量信息。

[0052] 如图 2 所示, 本发明实施例的蚁群算法和 AODV 协议应用到卫星网络流程图, 具体的过程如下: 当一个节点第一次收到前向蚂蚁的时候, 它会在它的路由表中创建一个记录。这个记录包括目的节点地址, 下一跳地址, 信息素浓度等参数。其中信息素浓度的更新过程中, 将链路权重考虑进去。节点会根据信息素的浓度来选择这个前向蚂蚁的下一跳节点, 同时更新信息素的值, 前向蚂蚁会将这个节点的地址加入到自己的路由信息表中。后来的前向蚂蚁根据前面的蚂蚁经过后留下的信息素值来确定自己的下一跳节点, 当前向蚂蚁到达目的节点之后, 将它所携带的路由信息交给目的节点, 目的节点将这个路由信息与已有的路由信息进行比较, 找到最佳路由。目的节点将发送一个后向成功蚂蚁给源节点, 后向成功蚂蚁将经过由前向蚂蚁查找到的最佳路径回到目的节点, 并更新所经过路由的信息素值。这样, 一个由源节点到目的节点的路由就建立了。若前向蚂蚁在合理的时间内达不到目的节点, 则由其经过的中间节点依次发送后向失败蚂蚁并依次释放链路。使用后向失败蚂蚁避免了使用反向路径生存时间导致的路径不可达问题。

[0053] 附图 3 为本发明仿真采取的三星群通信的等效拓扑结构图, 方案中的仿真网络是采用有线链路连接的普通地面网络。作为地面有线网络, 正常情况下网络中各个路由节点间连通与否是固定不变的, 即网络的拓扑是固定不变的, 这主要是由于网络建设初期的规划所决定。在仿真过程中, 通过人为的干预来控制各个路由节点向线路的通断, 从而达到控制和改变网络的拓扑的目的。在 NS2 中建立了模拟移动卫星网, 网络的条件如下: ①网络采用中轨与低轨结合的三个星座相互通信模型。②低轨为 5 条 780 公里高的极轨道, 每条轨道 5 颗卫星。③中轨为两个星座, 每个星座为 4 条 10350 公里高的极轨道, 每条轨道 2 颗卫星。④在低轨层内, 每颗星只与前后左右相邻的四颗星保持星间链路; 高轨层内, 每颗星只与相邻的三颗卫星保持星间链路。⑤星间链路的切换主要发生在层间, 即低轨和中轨星之间, 且低轨星以距离最短的原则选择中轨星建立星间链路。⑥可以根据仿真的要求选取时隙的长度。在本仿真中, 为了提高仿真速度, 设定每个时隙长 5 分钟。

[0054] 图 4 为本发明仿真采取的时隙分割图, 具体方法是: 仿真中将整个系统周期分成若干个长度为 Δt 的时间片, 即分成 N 个时隙, 时间片的大小取决于要求达到的仿真精度, 时间片选取的越小方案对真实情况的仿真程度越好, 最终仿真结果的精度就高。仿真过程中, 采取在每个时隙的初始更新网络拓扑。

[0055] 仿真时,设定源节点为星群 1,目的节点为星群 2,迭代次数 $N=60$,信息素强度 $Q=10$,挥发系数 $\rho=0.5$,启发式因子 $\alpha=1$, $\beta=5$,蚂蚁数目 $n=20$ 。开始时每条链路上的信息素浓度是相同的,蚂蚁随机地选择路径,每次选择一个节点之后,对经过的两个节点间链路根据路径的时延,带宽情况进行信息素更新,此后的蚂蚁选择路径会受前代蚂蚁的影响,经过 n 代更迭进而找到最优路径。

[0056] 最后对建立的卫星网进行了简单的性能仿真及评估,附图 5 本发明仿真宽带瓶颈比较图,和附图 6 为本发明仿真端到端时延比较图。

[0057] 通过本发明的分布式卫星网络路由方法,通过将 AODV 协议应用到改进的基于链路权重的蚁群算法中,该路由算法符合实际需求,具有很强的通信路由选择意义,并且克服了传统的忽视链路权重的缺点,降低了卫星网络路由建立时延,提高了卫星网络通信效率。

[0058] 以上所述,此为本发明较佳的具体实施方式,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,根据本发明的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

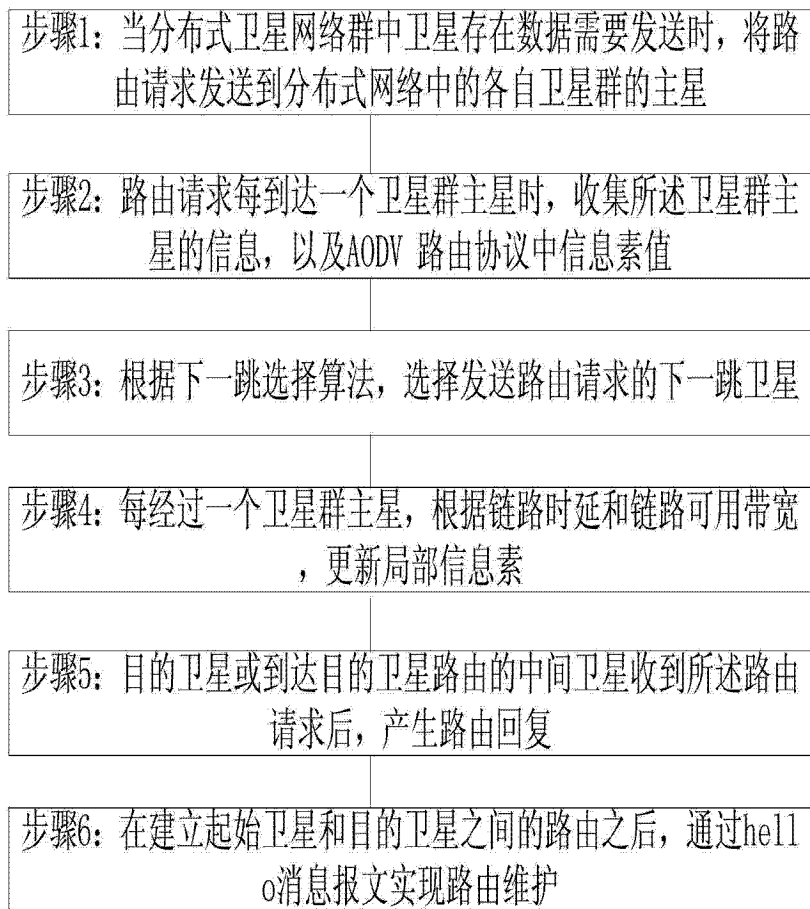


图 1

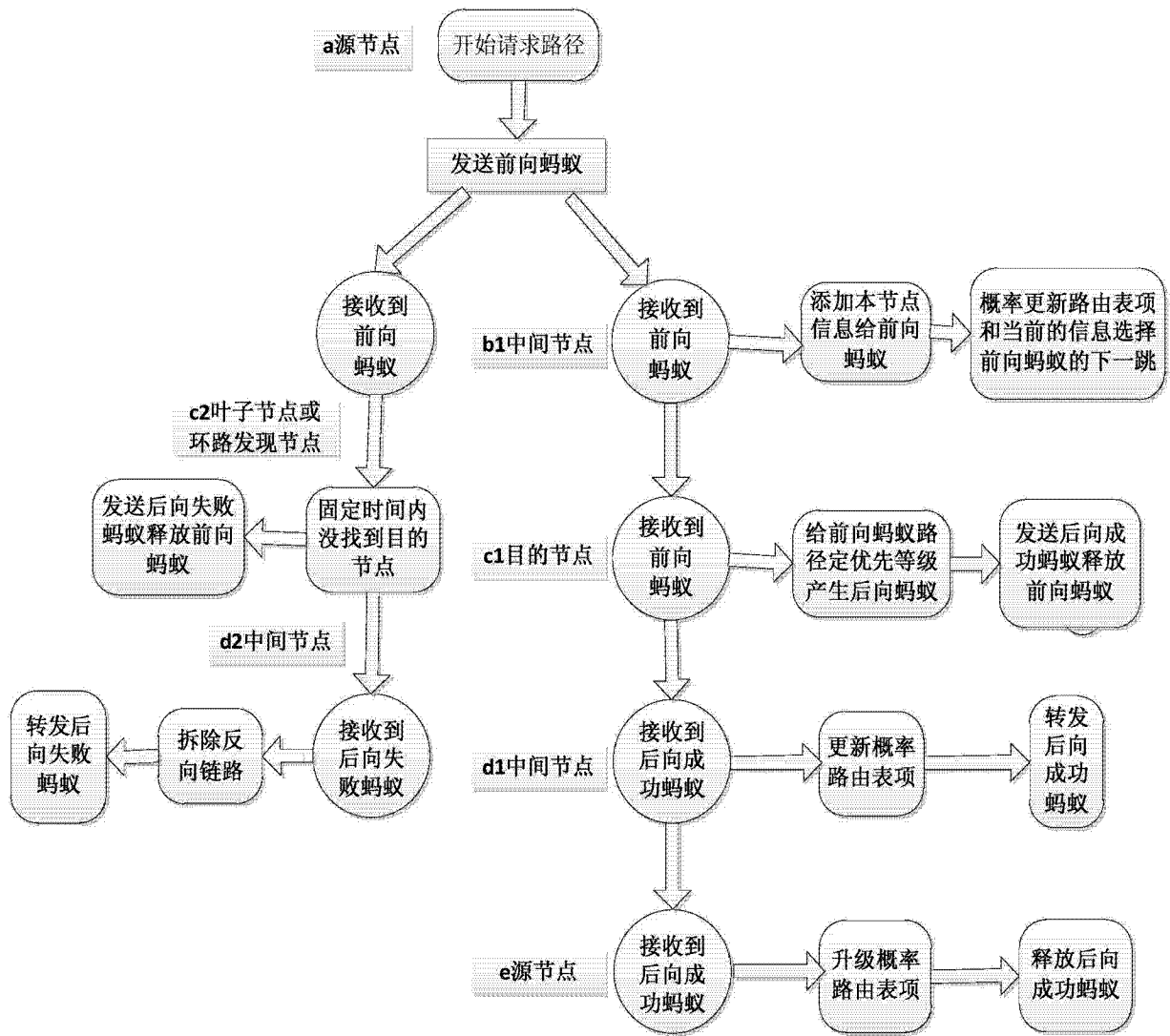


图 2

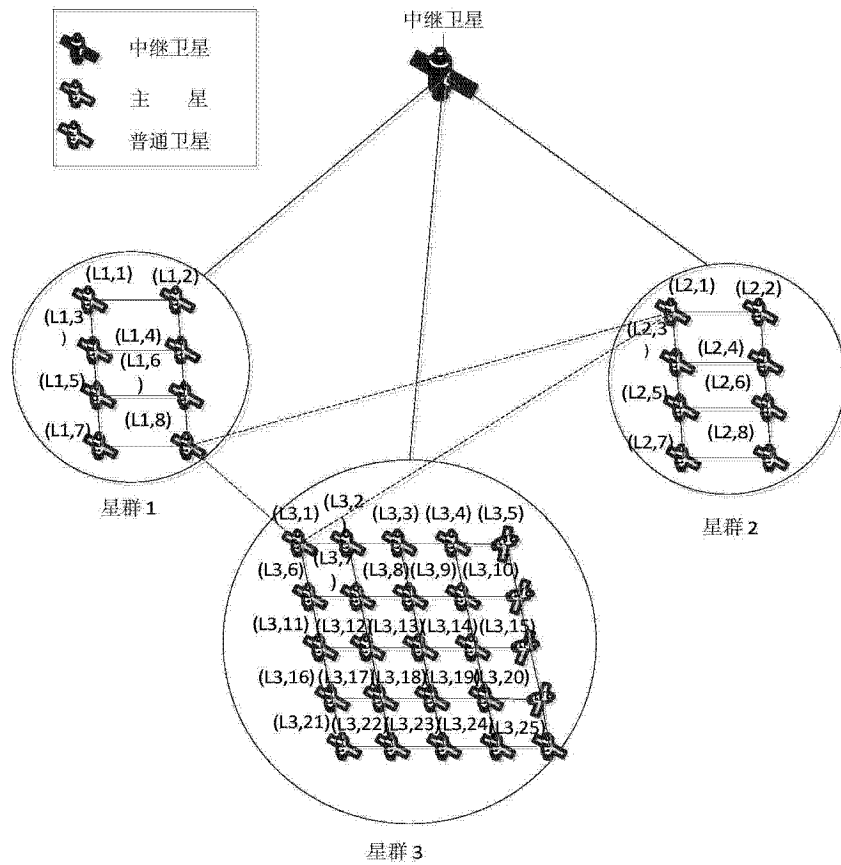


图 3

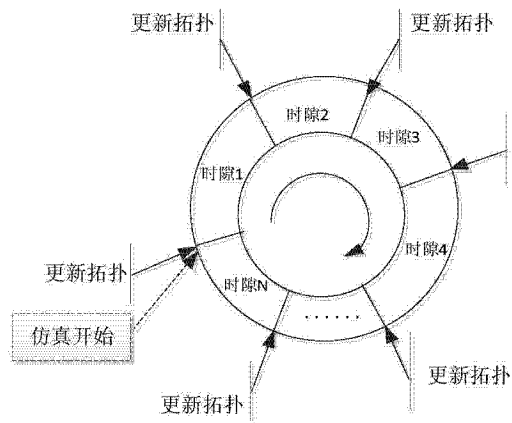


图 4

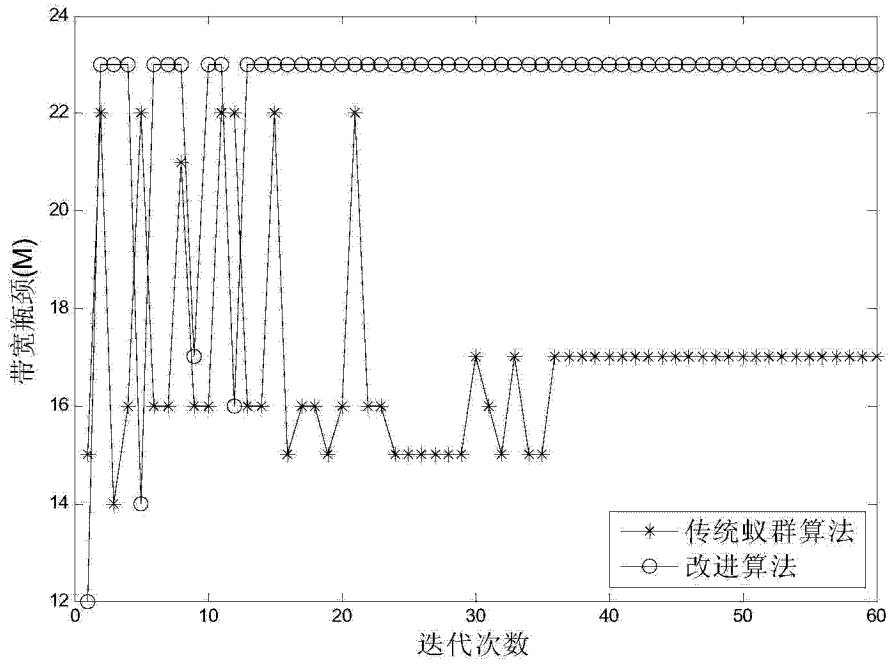


图 5

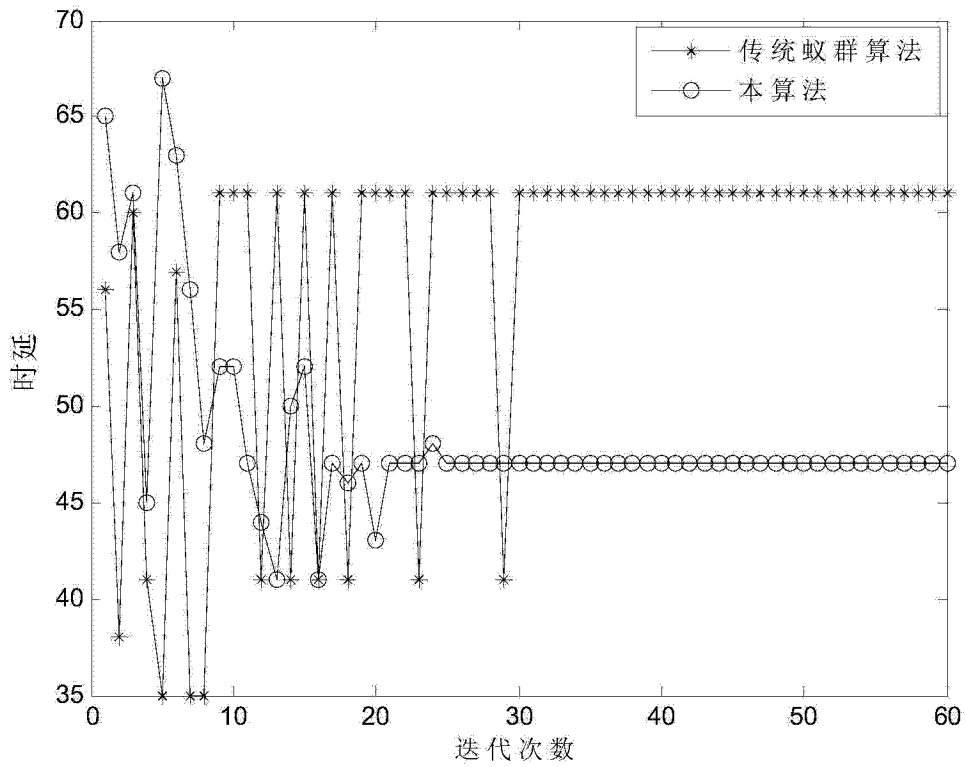


图 6