

空间信息网络环境下一种基于双层卫星网络的认证路由协议

郝选文^{1,2} 马建峰¹ 任 方¹ 刘小跃¹ 钟焰涛¹

(西安电子科技大学计算机网络与信息安全教育部重点实验室 西安 710071)¹

(陕西师范大学计算机科学学院 西安 710062)²

摘 要 以空间信息网络环境为背景,介绍了空间信息网络的概念,分析了卫星网络路由的研究现状和卫星网络拓扑结构路由需求。在卫星网络安全路由需求的基础上研究了卫星网络路由协议,提出了一种基于双层卫星网络的认证路由协议,并对该认证路由协议的安全性进行了证明。结果表明,该认证路由协议对卫星网络路由消息的安全性有了很大提高。

关键词 SIN, 卫星, 认证, 路由

中图法分类号 TP393 **文献标识码** A

A Kind of Authentication Routing Protocol Based on Double Satellite Network in Space Information Network

HAO Xuan-wen^{1,2} MA Jian-feng¹ REN Fang¹ LIU Xiao-yue¹ ZHONG Yan-tao¹

(Ministry of Education Key Laboratory of Computer Networks and Information Security, Xidian University, Xi'an 710071, China)¹

(School of Computer Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)²

Abstract The concept was introduced about of Space Information Network. The present condition for research on satellite network routing and the routing needs for satellite network topology were analyzed with space information network environment as background. Based on the routing safety needs for satellite network, the satellite network routing protocol was studied and an authentication routing protocol, based on double satellite network, was proposed. Furthermore, the safety of the authentication routing protocol was proved. The research finds that the safety of satellite network routing information is significantly advanced.

Keywords SIN, Satellite, Authentication, Routing

1 引言

随着航天技术的迅猛发展和快速应用,发展以卫星系统为核心的空间信息网络(Space Information Network, SIN)已经成为世界各国发展航天力量的重要任务之一。空间信息网是以卫星系统为主的通信、导航、信息支援与保障的综合信息体系,它能把位于不同轨道高度、执行不同任务的卫星、其他各类飞行器及地面系统联系起来。空间信息网络作为一种新型无线移动网络,更容易受到安全攻击,比如受到窃听、伪造、拒绝服务等攻击。路由交换部件由于担负着星间数据链路的实现、各种数据的安全监测与分发等重任,从而成为网络中的一个关键环节。路由技术是空间信息网得以持续、安全运转的关键所在。因此,开展在空间信息网络环境下的卫星网络的安全路由交换技术研究是非常必要的。

2 卫星网络路由需求

2.1 卫星网络路由研究现状

目前国内外专家学者在卫星网络路由方面已经提出了许多算法。根据算法的主要特征,现有路由算法可以划分为单层星座路由算法和多层星座路由算法。

单层星座路由算法可以分为面向连接的路由算法和非面

向连接的路由算法。具有代表性的面向连接的路由算法有 Markus Werner 提出的基于 ATM 路由和离散时间动态拓扑路由 DT-DVTR^[1]、HongSeong Chang 等人提出的基于 FSA 的路由^[2]和 Gounder 提出的基于快照序列的路由^[3]。具有代表性的非面向连接的路由算法有 Hashimoto 提出的基于 IP 的路由^[4]和 Eylem Ekici 提出的分布式路由^[5]。

多层星座路由算法主要针对 MEO 和 LEO 两层星座构成的系统,算法采用主从模式,以 MEO 为主干,LEO 为接入卫星。具有代表性的路由是 Ian F. Akyildiz 提出的多层卫星路由 MLSR^[6]。

2.2 卫星网络拓扑结构路由需求

卫星网络拓扑结构动态变化,链路切换频繁,路由有效时间短,链路传输时延长、误码率高。要求路由算法收敛速度快,路由查找时间短,路由协议信令交互次数少,路径优化速度快。卫星网络的子网是网状结构,任意颗星座卫星之间都存在多条可用路径,存在物理环路。要求信令报文扩散过程应该能够避免重复分组,路由查找不产生环路路由^[7]。星上设备使用宇航级芯片,处理能力和存储器容量受到很大限制,因此路由算法必须简洁,数据库容量不能太大。星上设备难以维修,为保证可靠性和抗毁性,任何一颗卫星的功能失效对全网不应该造成致命影响,因此路由算法必须具备一定的容

错能力。承载的业务具有不同的优先级和不同的服务质量要求。

2.3 卫星网络安全路由需求

卫星网络作为一种无线移动网络更容易受到比如窃听、伪造、拒绝服务等攻击。卫星网络安全目标与传统网络中的安全目标是一致的,如可用性、机密性、完整性、安全认证和抗抵赖性,但两者却具有不同内涵。在传统网络中,主机之间的连接是固定的,网络采用层次化的体系结构,并具有稳定的拓扑,提供了多种服务以充分利用网络的现有资源,包括路由器服务、命名服务、目录服务等,在此基础上提出了相关的安全策略,如加密、认证、访问控制和权限管理、防火墙等等;而在卫星网络中,节点之间通过无线信道相连,没有专门的路由器,由节点自身充当路由器,也没有命名服务、目录服务等网络功能,这就导致了在传统网络中的安全机制不再适用于卫星网络。

3 基于 MEO-LEO 双层卫星网络的认证路由

3.1 MEO-LEO 双层卫星网络

卫星网络由 LEO 卫星层和中轨道(MEO)卫星层组成,如图 1 所示,两个卫星层都能够提供全球覆盖。MEO 层包括卫星网络中所有的 MEO 卫星,第 i 轨道平面内第 j 颗 MEO 卫星用 $M_{i,j}$ 表示;LEO 层包括卫星网络中所有的 LEO 卫星,第 i 轨道平面内第 j 颗 LEO 卫星用 $L_{i,j}$ 表示。

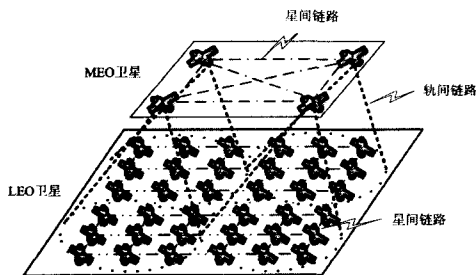


图 1 MEO-LEO 双层卫星网络结构示意图

当有 LEO 卫星进入一颗 MEO 卫星的覆盖区域时,LEO 卫星注册到该 MEO 卫星,这些在同一 MEO 卫星下的 LEO 卫星构成一个 LEO 卫星组。每颗卫星都存储该卫星在轨道周期内与其它卫星的链路时延变化情况。

3.2 基于双层卫星网络的认证路由

借鉴移动自组织网络(Mobile Ad hoc Network, MANET)^[8,9] 中路由算法的设计思想,在对已经较为成熟的 Ad Hoc 路由协议 ARAN 进行针对卫星网络适应性精简改进的基础上,提出基于双层卫星网络的认证路由技术。在此认证路由技术中,MEO 卫星组及其组内卫星主要提供针对 LEO 卫星的分组管理和认证服务功能;LEO 卫星组及其组内卫星则担任主要通信任务。

(1) 证书申请

每个 LEO 卫星在加入到一个 MEO-LEO 卫星组之前,首先需要通过 MEO 卫星的身份认证,经过认证后方可获得一个证书。

LEO 卫星 $L_{i,j}$ 获得 MEO 卫星 $M_{i,j}$ 颁发的证书格式如下:

$$\text{Cert}L_{i,j} = [\text{IPL}_{i,j}, \text{KL}_{i,j}^+, \text{Time}, \text{Pov}] \text{KM}_{i,j}^-$$

式中, $\text{IPL}_{i,j}$: $L_{i,j}$ 的 IP 地址; $\text{KL}_{i,j}^+$: 节点 $L_{i,j}$ 的公钥; Time : 证书创建时间; Pov : 证书有效期。

使用 $M_{i,j}$ 的私钥 $\text{KM}_{i,j}^-$ 签名所有信息,LEO 卫星节点之间交换路由信息时利用以上的证书相互认证。

(2) 路由查找

由源卫星节点发出一条广播路由查找消息,目的卫星节点单播返回应答。从源卫星节点至目的卫星节点或从目的卫星节点至源卫星节点的每一跳,均进行路由消息鉴别。

源卫星节点 $L_{x,y}$ 开始查找目的卫星节点 $L_{x,y}$ 的路由,向它的近邻广播一条路由查找分组,定义为:

$$L_{x,y} \rightarrow \text{Broadcast: } [\text{RDP}, \text{IPL}_{x,y}, \text{Cert}L_{i,j}, \text{IDL}_{i,j} L_{x,y}] \text{KL}_{i,j}^-$$

路由查找分组 RREQ 包括分组类型标识 RDP、目的卫星节点的 IP 地址 $\text{IPL}_{x,y}$ 、源卫星节点 $L_{i,j}$ 的证书 $\text{Cert}L_{i,j}$ 、路由查找标识 $\text{IDL}_{i,j} L_{x,y}$ 以及利用源卫星节点 $L_{i,j}$ 的私钥 $\text{KL}_{i,j}^-$ 计算的签名。

每次源卫星节点 $L_{i,j}$ 执行路由查找时,均单调增加路由查找标识 $\text{IDL}_{i,j} L_{x,y}$ 的值,以标识路由查找的新鲜性。其它卫星节点需为该卫星节点存储最新的路由查找标识。

当一个卫星节点收到 RREQ 消息后,记录其上游卫星节点,以建立至源卫星节点的反向路径,以便收到的应答消息能转发回源卫星节点。该卫星节点利用从源卫星节点 $L_{i,j}$ 的证书中提取的公钥验证签名的正确性,验证源卫星节点 $L_{i,j}$ 的证书是否过期。该卫星节点还须验证 $(\text{IPL}_{x,y}, \text{IDL}_{i,j} L_{x,y})$ 对的新鲜性。若该卫星节点以前处理过此数据对,则丢弃该 RREQ;否则,该卫星节点对消息的内容进行签名,再附加自己的证书广播给转发它的每个近邻。

假设 $L_{m,n}$ 为收到 $L_{i,j}$ 的 RREQ 广播的近邻卫星节点,则 $L_{m,n}$ 转发的广播如下:

$$L_{m,n} \rightarrow \text{Broadcast: } [[\text{RDP}, \text{IPL}_{x,y}, \text{Cert}L_{i,j}, \text{IDL}_{i,j} L_{x,y}] \text{K} L_{i,j}^-] \text{KL}_{m,n}^-, \text{Cert}L_{m,n}$$

$L_{m,n}$ 的近邻 $L_{p,q}$ 收到 RREQ 后,利用其中给定的卫星节点 $L_{m,n}$ 的证书验证签名。若不正确,则丢弃;否则,去掉 $L_{m,n}$ 的签名,并记录 $L_{m,n}$ 为其前趋,再对 $L_{i,j}$ 原始广播的内容进行签名,并附加自己的证书转发广播此消息。 $L_{p,q}$ 转发的广播如下:

$$L_{p,q} \rightarrow \text{Broadcast: } [[\text{RDP}, \text{IPL}_{x,y}, \text{Cert}L_{i,j}, \text{IDL}_{i,j} L_{x,y}] \text{K} L_{i,j}^-] \text{KL}_{p,q}^-, \text{Cert}L_{p,q}$$

路径上的每个卫星节点重复以上步骤。

目的卫星节点收到 RREQ 后,沿着源的反向路径单播应答分组。

(3) 最优路径

最优路径是指路由花费时间最少的路径。当链路空闲时,最短距离路由路径即为最优路径;当某条链路任务繁忙时,最短距离路由路径就不一定是最优路径。

在第(2)步路由查找中,当目的卫星节点 $L_{x,y}$ 第一次收到源卫星节点 $L_{i,j}$ 广播的路由查找分组 RREQ 后,目的卫星节点验证签名的正确性、源证书是否过期和 $(\text{IPL}_{x,y}, \text{IDL}_{i,j} L_{x,y})$ 对的新鲜性。若验证通过,则立即沿着源节点的反向路径单播目的节点 $L_{x,y}$ 经过签名的应答分组。此后,若再收到与第一次收到源卫星节点 $L_{i,j}$ 广播的路由查找分组 RREQ 的路由查找标识 $\text{IDL}_{i,j} L_{x,y}$ 值相同的数据,即 $(\text{IPL}_{x,y}, \text{IDL}_{i,j} L_{x,y})$ 对相同,则予以丢弃。若源卫星节点 $L_{i,j}$ 收到目的卫星节点 $L_{x,y}$ 返回的 RREP,则说明这条路径是当前路由花费时间最少的最优路由路径。因为花费时间稍多的其它路由路径已经被

目的节点 $L_{x,y}$ 丢弃, 不会把 RREP 返回给源节点 $L_{i,j}$ 。当然, 这条最优路由路径不一定是距离最短的。

(4) 路由维护

当一条路由在其生命周期内没有出现业务, 则该路由在路由表中被标为无效路由。无效路由上收到数据, 将引起卫星节点产生错误消息 ERR。该 ERR 消息将沿着反向路径发往源卫星节点。

当某个有效路由上的链路由于卫星节点移动出其逻辑位置而损坏, 利用错误消息 ERR 进行报告。所有 ERR 消息均要求报告节点进行签名。

(5) 证书吊销

当某个卫星节点由于出现故障或遭受恶意攻击而需要吊销一个证书时, MEO 卫星向注册在其下的 LEO 组网络发送广播消息, 通知此吊销信息。假设被吊销的证书为 $Cert_{L_{m,n}}$, 则吊销广播消息为:

$M_{i,j} \rightarrow \text{Broadcast: [Revoke, Cert}_{L_{m,n}}] KM_{i,j}^{-}$

收到此消息的任何节点向它的近邻广播此消息, 并将此吊销通知存储下来, 直到吊销证书过期为止。

4 路由协议安全性证明

在本文协议中, 处于任何配置 (config) 下, 对于任意的现实世界攻击者 A, 令理想世界攻击者 $A' = A$ 。下面将证明 C' 读取的路由回复消息中不可模糊路由的数目可以忽略。

假定存在一条不可模糊路由回复信息 (l_1, l_2, \dots, l_n) 被 C' 读取, 并且 v_1, v_2, \dots, v_k 是卫星网络节点序列, 使得 ① $j_1 + j_2 + \dots + j_k = n$; ② 标识符序列可以按照顺序分隔为 k 份, 第 i 份包含于 $L(v_i)$, 其中 $1 \leq i \leq k$ 。因为该路由消息是不可模糊路由, 那么以下两种情况至少有一种发生:

i) 存在两个顶点 v_{i-1} 和 v_i , 其中 $2 \leq i \leq k$, 使得 $\{l_{j_{i-1}}\} = L(v_{i-1})$, $\{l_{j_i}\} = L(v_i)$, 并且 $l_{j_{i-1}}$ 和 l_{j_i} 是两个不相邻的诚实卫星节点的标识符。

ii) 存在一个划分 $\{l_j\}, \{l_{j+1}, l_{j+2}, \dots, l_{j+q}\}, \{l_{j+q+1}\}$, 其中 $1 \leq j < j+q \leq n-1$, 使得 l_j 和 l_{j+q+1} 是诚实卫星节点的标识符, $\{l_{j+1}, l_{j+2}, \dots, l_{j+q}\}$ 是攻击者控制的节点标识符, 并且 l_j 和 l_{j+q+1} 至少有一方没有攻击者控制的邻居节点。

(1) 在第 i) 种情况中, 因为 $l_{j_{i-1}}$ 和 l_{j_i} 都是诚实的卫星网络节点, 根据协议, 当 l_j 发现收到的路由请求信息的最后一个签名是与自己不相邻的卫星节点 $l_{j_{i-1}}$ 的签名时, l_j 应该抛弃这条路由信息, 而不是在该信息后加上自己的签名, 继续转发该消息, 所以如果存在这样的路由信息, 必定是攻击者伪造了 l_j 的签名。

(2) 现在分析第 ii) 种情况。我们先假定攻击者不能伪造任何诚实节点的签名。诚实节点不会伪造其他参与方的签名, 所以 l_{j+q} 的签名一定是攻击者生成的。由于 l_{j+q+1} 为诚实节点, 当收到的路由请求消息的最后一个签名是 l_{j+q} 签名时,

除非 l_{j+q+1} 和攻击者控制的节点相邻, 否则 l_{j+q+1} 应该抛弃该路由请求信息, 而不是加上自己的签名继续转发。另一方面, 因为不能伪造 l_j 的签名, 为了生成发给的 l_{j+q+1} 路由请求信息, 攻击者必然要收到最后由 l_j 签名的消息, 这样就导致 l_j 和 l_{j+q+1} 同时都是攻击者控制节点的邻居节点。所以假定不成立。如果存在这样的路由信息, 攻击者必须伪造 l_j 的签名。

综上所述, 如果理想模型中出现可模糊路由, 攻击者必然能够伪造诚实卫星节点的签名。因为本协议中采用的签名算法是不可伪造的, 所以本协议是统计安全的。

结束语 空间信息网络环境下的卫星网络路由消息的安全性日益重要。本文在分析了卫星网络路由的研究现状、卫星网络拓扑结构和卫星网络安全路由需求的基础上, 研究了卫星网络路由协议, 提出了一种基于 MEO/LEO 双层卫星网络的认证路由协议。该认证路由协议经过扩展还可以应用于 GEO/MEO/LEO 三层卫星网络, 其在一定程度上提高了卫星网络路由消息的安全性。

参考文献

- [1] Werner M, Delucchi C, Vogel H-J, et al. ATM-Based Routing in LEO/MEO Satellite Networks with Intersatellite Links [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1997, 15 (1): 69-82
- [2] Chang Hong Seong, Kim Byoung Wan. FSA-based link assignment and routing in low earth orbit satellite networks [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1998, 47 (3): 1037-1048
- [3] Gounder VV, Prakash R, Abu-Amara H. Routing in LEO-based satellite networks [C] // Proceedings of IEEE Emerging Technologies Symposium on Wireless Communications and Systems. Richardson, 1999: 91-96
- [4] Hashimoto Y. Design of IP-based routing in a LEO satellite network [C] // Proceedings of the 3rd International Workshop on Satellite-based Information Services. Dallas, 1998: 81-88
- [5] Ekici E, Akyildiz I F, Bender M D. A distributed routing algorithm for datagram traffic in LEO satellite networks [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2001, 9 (2): 137-147
- [6] Akyildiz I F, Ekici E, Bender M D. MLRSR: A Novel Routing Algorithm for Multi-layered Satellite IP Networks [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2002, 10 (3): 411-424
- [7] 孙利民, 卢泽新, 吴志美. LEO 卫星网络的路由技术 [J]. 计算机学报, 2004, 27 (5): 659-667
- [8] Sanzgiri K, Dahill B, Levine B N, et al. Belding-Royer, E. M. A secure routing protocol for ad hoc networks [C] // Proceedings of 2002 IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP). Paris, France, 2002: 78-86
- [9] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [10] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [11] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [12] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [13] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [14] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [15] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [16] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [17] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [18] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [19] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [20] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [21] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [22] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [23] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [24] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [25] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [26] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [27] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [28] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [29] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [30] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [31] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [32] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [33] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [34] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [35] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [36] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [37] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [38] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [39] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [40] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [41] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [42] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [43] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [44] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [45] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [46] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [47] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [48] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [49] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [50] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [51] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [52] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [53] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [54] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [55] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [56] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [57] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [58] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [59] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [60] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [61] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [62] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [63] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [64] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [65] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [66] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [67] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [68] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [69] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [70] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [71] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [72] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [73] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [74] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [75] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [76] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [77] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [78] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [79] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [80] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [81] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [82] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [83] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [84] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [85] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [86] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [87] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [88] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [89] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [90] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [91] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [92] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [93] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [94] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [95] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [96] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [97] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [98] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [99] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62
- [100] 李喆, 李冬妮, 王光兴. LEO/MEO 卫星网络中运用自组网思想的动态路由算法 [J]. 通信学报, 2005, 26 (5): 50-62