

文章编号: 1001 - 893X(2012)06 - 1014 - 04

# 空中骨干网络路由协议改进设计\*

王文骏

(中国西南电子技术研究所, 成都 610036)

**摘要:**空中骨干网络由多个空中平台通过无线连接构成,并能够为各类中小型空中平台提供网络服务。空中骨干节点具有动态性,造成骨干网拓扑结构具有可变性,采用商用路由协议将会造成网络开销过大、无法维护正确的网络拓扑信息等问题。通过对空中骨干网络特点进行分析,在商用主动式路由算法的基础上进行跨层设计,并优化泛洪机制,实现了网络开销随着链路状态进行动态变化,利用较小的网络开销来维护准确网络拓扑结构。仿真结果表明,改进的路由协议基本满足空中骨干网的要求。

**关键词:**空中骨干网络;路由协议;跨层设计;泛洪机制

中图分类号:TN915;TN923 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2012.06.037

## Improvement of Route Protocol for Air Backbone Network

WANG Wen-tao

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

**Abstract:** Air backbone network is composed of many air platforms which are connected by wireless communication and can provide network service. The mobility of air platforms causes variability of network topology. If it uses commercial route protocol, route overhead will be large and network topology information can be wrong. Through analysing the characteristic of air backbone network, cross-layer design and flooding process optimization are performed based on commercial route protocol. Route overhead can change dynamically according to link state while maintaining correct network topology. Simulation result demonstrates that the improved route protocol meets the requirement of air backbone network.

**Key words:** air backbone network; route protocol; cross-layer design; flooding mechanism

### 1 引言

20 世纪 90 年代末,美国国防部提出了全球信息栅格(Global Information Grid, GIG)的概念。GIG 是美军实施信息化战争的关键信息基础设施,它强调分布式、网络化地覆盖全球,并从数据中提炼出有用信息,使信息在所有入网的作战实体之间安全、畅快地流动,目标是为世界任何地方的美军提供端到端的信息互联能力。GIG 分为空间、空中和地面三部分,提供语音、视频和数据通信,形成一个全球范围

内的端-端、无缝、类似互连网的网络。

美国空军的空中网络是国防部信息交换的一个空中网络设施,为 GIG 提供空中连通性,连接 GIG 的陆地网络和空间网络。处理各种 GIG 用户的信息,包括为 IP 节点传送 IP 业务,为传统节点传送传统业务(非 IP),通过网关为传统节点传送 IP 业务,通过网关节点为 IP 节点传送传统业务。空中网络由一个骨干网络和多个边界网络组成(战术子网、ISR 子网、传统子网)<sup>[1]</sup>。

关于空中骨干网的路由协议研究有很多。由于

\* 收稿日期:2012-05-09;修回日期:2012-06-05

空中骨干网节点大多是根据预定航迹运动<sup>[2-3]</sup>,骨干网路由协议的研究主要集中在主动式路由协议,以及主动式路由协议与地理位置等信息相结合进行设计的路由协议<sup>[4]</sup>。

本文在充分研究空中骨干网络特点的基础上,分析空中骨干网络对路由协议的需求及约束条件,提出基于现有主动式路由协议的改进技术点,并针对主要技术指标进行仿真。

## 2 路由协议分析

### 2.1 骨干网对路由协议的约束

骨干链路由多个平台之间的稳定、高带宽链路组成。理想情况下,骨干链路应该是对称的点对点链路,并且带宽、时延和损失特性均相等,其主要特点如下:一是降低网络复杂度,相对于子网来说,骨干网变化很小;二是网络节点数小于 20 个;三是增加网络稳定性,平台位置和飞行特性相对稳定,节点之间都可以形成相对稳定的交互能力,提供持续连接服务;四是性能更可靠,为高可靠性需求业务保存路径资源;五是提供通用网络服务,比如目录、网关等。

进行路由协议时应该考虑以下几个方面:

(1)空中骨干网络拓扑结构相对比较稳定,在路由选择上应选择更简单和更高效的路由协议,可以参考有线网的路由协议,针对无线环境进行一定改进后使用;

(2)空中骨干网络节点数目相对有限,节点位置及运动轨迹相对较为固定,路由维护产生的开销不会太大;

(3)空中骨干节点之间的无线传输链路传输速率较宽。

通过上述分析,空中骨干网络路由协议采取主动式平面路由协议,该协议的主要特点是不管是否有通信需求,都要进行路由信息交换。该类协议的优点是只要到达目的节点的路由存在,则寻找路由所需的时延很小,但为了使得路由更新能够适应网络拓扑的变化,主动式路由协议需要花费较大开销周期更新路由表。但如果拓扑动态性较高,则容易造成路由信息过时,从而导致路由协议不易收敛。

### 2.2 现有路由协议分析比较

考虑到空中网络应能够提供较低的传输时延,因此空中骨干网络路由协议将主要针对开放式最短

路径优先(OSPF)<sup>[5]</sup>和优化链路状态路由协议(OLSR)<sup>[6]</sup>两类主动式路由协议进行改进。

OSPFv2 路由协议是在因特网中运用最广的路由协议之一,它是一种链路状态协议,通过可靠的泛洪算法将整个拓扑信息分发到网络中的所有节点,运用 Dijkstra 最短路径算法来找出以自己作为根节点的到所有网络的最短路径树,路由器的路由表就是从最短路径树得来的。

OLSR 路由协议的突出特点是采用多点中继(MPR)技术,该技术是在泛洪过程中对转发广播消息的节点进行选择,链路状态信息只能是那些被选为 MPR 的节点来生成,该技术相对于经典泛洪机制来说,极大地减少了消息开销。在 OLSR 中,链路状态信息只能是那些被选为 MPR 的节点来生成;MPR 节点可以选择只报告自身和它的 MPR 选择者之间的链路,因此只有部分链路状态信息分发到网络中。

在相同的无线网络仿真场景下,针对 OLSR 和 OSPFv2 协议进行的仿真结果表明,OLSR 占用的网络开销远小于 OSPF 的网络开销,但由于 OLSR 采用的是部分泛洪机制,导致数据可靠传输率低于 OSPF 协议。

## 3 路由协议改进设计

由于空中骨干网络传输容量较大,但要求具有较高的可靠传输能力,因此空中骨干网路由协议在 OSPF 协议基础上,结合 OLSR 协议的优点进行改进。主要改进包括以下几个方面:

(1)结合 OSPF 全网泛洪机制和 OLSR 多点中继节点选取机制,并在流程和算法上进行优化,避免网络拓扑维护的不完整性,提高传输可靠性;

(2)采用跨层设计,结合无线链路特性,使用链路监视以及节点监视等功能,为路由算法提供无线链路状态、节点位置、节点工作状态以及收发质量等信息来优化 hello 消息发送周期以及路径选择,进一步减小网络开销;

(3)制定节点在静默、摧毁等特殊情况下的路由建立、维护及拆除流程。

### 3.1 优化泛洪机制

选取合适的中继节点来中继链路状态信息是降低网络开销的有效手段,但中继节点如果选取不当则容易造成网络拓扑维护不完整,从而降低数据传输可靠性。在网络的初始建立过程中,承载的业务

较少,网络容量主要用来传输 hello 消息,因此采用 OSPF 泛洪机制建立全网路由表。在网络运行过程中,随着承载业务的增多,通过选取多点中继节点进行部分泛洪,进而实现在全网泛洪和部分泛洪相结合的机制。网络运行流程如图 1 所示<sup>[7]</sup>。

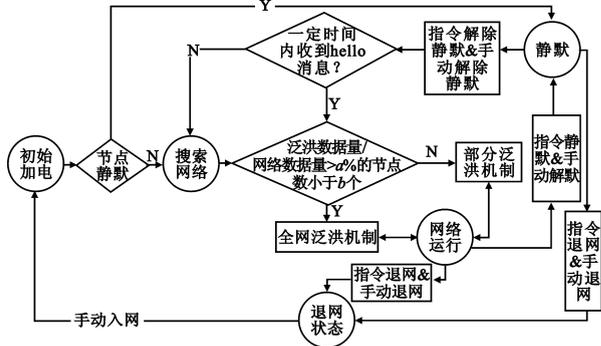


图 1 网络运行过程  
Fig.1 The process of network running

(1) 搜索网络

节点完成初始加电,搜索当前网络。如果收到网络成员发送的消息,则网络存在,获取通信密钥,完成成员入网。如果超时未收到网络成员发送的消息,则网络不存在,发起建立网络,产生通信密钥等安全参数。

(2) 网络运行

网络中每个节点实时计算本节点发送和接收的泛洪数据量与所有数据量的比值,当该比值大于  $a$  时,说明本节点实际需要传输的业务量较小,并将业务量大小通过 hello 消息包中特定字段来反映,如果业务量较小的节点个数大于  $b$ ,则网络采用泛洪机制周期进行全网拓扑维护,同时通过邻居选择算法进行邻居节点选择,构建并维护邻居节点集;如果上述两个条件没有同时满足,则网络采用部分泛洪机制,通过邻居节点传输链路状态广播等泛洪类数据包。

(3) 静默

成员静默定义为只能接收数据包且不能发送数据包。成员静默状态通知到全网,所有网络成员保留静默成员的路由信息,并正常转发目的地址为静默成员地址的数据包。成员静默超时未收到解除静默或继续静默通知,则删除静默成员路由信息。

(4) 退网

网络管理站收到成员发送的退网消息视为成员退网。网络管理站将成员退网消息传输到网络的所有网络成员,网络成员收到成员退网消息,则停止转发所有发往该成员的数据包。

3.2 跨层设计

为了适应无线链路特点,骨干网路由协议采用跨层设计,并将跨层设计与实际应用相结合,制定适合空中骨干网络路由算法策略集,涉及到的具体策略包括以下两方面。

(1) 动态调整 Hello 消息时间间隔

路由协议应在规定的时间间隔发送 hello 消息,hello 消息主要用于维护和发现邻居节点,构建邻居节点集。影响 hello 消息发送周期的事件包括:初始入网节点/退网(含静默节点)在一段时间内大于几个;某条链路链路质量;链路业务负载等。

(2) 优化初始入网节点获取全网拓扑的流程

初始入网节点发送的 hello 消息不采用泛洪机制,初始入网节点的邻居节点接收到 hello 消息后,只发送路由表中变化的表项;初始入网节点通过比较邻居节点的链路质量、传输业务量、节点 ID 等因素,向某一个邻居节点发送路由表请求信息,由该邻居节点将本节点建立的路由表发送到初始入网节点,随后初始入网节点通过路由表计算、接收其他邻居节点 hello 消息等途径完善路由表,从而减少路由开销。

4 仿真实验及结果分析

为了在实际网络中分析路由协议,采用 OPNET 进行了路由协议仿真,网络节点数设置为 20 个,节点移动模型设置为椭圆形飞行轨迹,节点通过参数设置随机进行入网、退网或者静默,节点传输速率设置为 10 Mbit/s,主要针对路由协议开销和数据可靠传输率两项指标进行分析和评估。

数据可靠传输率,定义为源节点的数据发出后被目的节点正确接收的数量多少。仿真结果如图 2 所示。

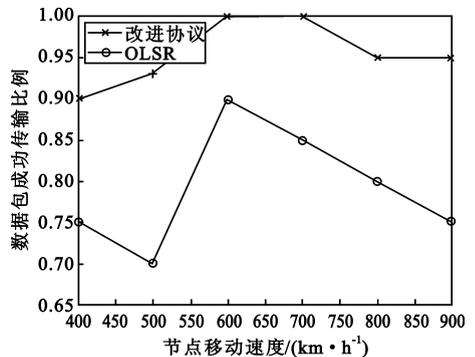


图 2 数据可靠传输率  
Fig.2 Packet delivery ratio

从图 2 可以看出,OLSR 和经过改进的路由协议数据传输可靠率都高于 70%,经过改进的路由协议数据传输可靠率普遍比 OLSR 协议高。

网络刚开始运行时,数据可靠传输率较低,主要由于当时网络拓扑还没有完全建立起来,随着网络的运行,数据传输可靠率逐渐提高,直到 100%,但随着节点运动速度的加快,数据传输可靠率有所下降,这是因为网络节点运动的加快引起了网络拓扑的变化,而 hello 消息包更新率没有适应网络拓扑的变化。

路由协议开销,定义为建立和维护路由表所引起的额外分组数据包个数,主要包括 hello 消息包、链路状态通告消息等。仿真结果如图 3 所示。

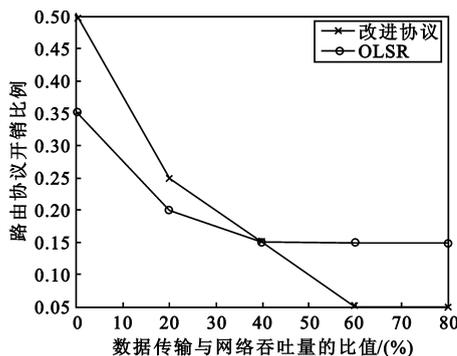


图 3 路由协议开销  
Fig.3 Routing overhead

从图 3 可以看出,随着网络中数据传输比例的增加,路由开销比率越来越小,主要因为随着数据传输比例增加,hello 消息包、链路状态通告消息等消息的传输采取了优化措施,减少了这两类消息发送的长度、相关内容及频率等。

网络中数据传输较少时,经过改进的路由协议开销比率比 OLSR 协议开销比率高,主要是因为改进的路由协议在数据传输较少时,路由开销的传输长度、频率都会增加,从而更好地维护网络拓扑。

## 5 结 论

本文分析了空中骨干网络的基本特点,并比较了

OSPF 和 OLSR 两个典型主动式路由协议的特点,在优化泛洪机制和跨层设计两方面提出了改进研究方案,并针对数据可靠传输率和路由协议开销这两个主要指标进行了仿真分析。仿真表明,提出的改进路由协议在一定范围内提高了数据传输可靠率,并减小了路由开销,基本满足空中骨干网运行特点。下一步工作包括:将改进后的协议与网络节点位置信息相结合,使骨干网路由协议更加高效可靠;同时,还将通过软硬件实现平台,对改进后的路由协议进行工程实现,并在工程实际中进一步验证技术指标。

## 参考文献:

- [1] Tiwari A, Ganguli A, Anderson D S, et al. Mobility Aware Routing For the Airborne Network Backbone[C]//Proceedings of 2008 IEEE Military Communications Conference. San Diego, CA: IEEE, 2008: 1 - 7.
- [2] Tiwari A, Ganguli A, Kothari A, et al. Feasibility of Communication Planning in Airborne Networks using Mission Information [C]//Proceedings of 2009 IEEE Military Communications Conference. Boston, MA, USA: IEEE, 2009: 1233 - 1239.
- [3] Compton M, Hopkinson K, Graham S. The Network Tasking Order (NTO)[C]//Proceedings of 2008 IEEE Military Communication Conference. San Diego, CA, USA, 2008: 1 - 7.
- [4] Kothari A, Shen B H, Tiwari A. Performance characterization of ad hoc routing protocols with mobility awareness[C]//Proceedings of IEEE Military Communication Conference. San Jose, CA, USA: IEEE, 2010: 778 - 783.
- [5] RFC 5613, OSPF Link - local Signaling[S].
- [6] RFC 3626, Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)[S].
- [7] 王文骏, 卿利. 高动态无线自组网路由协议设计[J]. 电讯技术, 2012, 52(5): 804 - 807.  
WANG Wen - tao, QING Li. Route protocol design in high - mobility wireless Ad Hoc network[J]. Telecommunication Engineering, 2012, 52(5): 804 - 807. (in Chinese)

## 作者简介:

王文骏(1975—),女,山西太原人,2004年获工学硕士学位,现为工程师,主要研究方向为自组织网络、数据链等。

WANG Wen - tao was born in Taiyuan, Shanxi Province, in 1975. She received the M.S. degree in 2004. She is now an engineer. Her research concerns Ad Hoc networks, data link, etc.

Email: Wang\_wentao555@163.com