

文章编号: 1001-893X(2010)11-0005-05

直升机战术数据链的轮询组网方式分析^{*}

赵 琪, 毛玉泉, 任 浩

(空军工程大学 电讯工程学院, 西安 710077)

摘 要: 轮询组网方式对直升机战术数据链的通信性能有着重要的影响。通过借鉴 Link-22 数据链的多链路思想, 提出了一种多链路轮询组网方式, 并对其系统组成和网络结构进行了分析和讨论。最后通过 OPNET 建模仿真验证了这种组网方式可以有效提高直升机战术数据链的通信性能。

关键词: 直升机作战; 战术数据链; 多链路; 轮询组网

中图分类号: TN915.01; V243.1 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1001-893x.2010.11.002

Poll Network Mode Analysis of Tactical Data Link for Helicopter

ZHAO Qi, MAO Yu-quan, REN Hao

(The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

Abstract: The poll network mode has a great influence on the communication performance of tactical data link (TDL) for helicopter. Taking examples from multilink concept of Link-22 data link, a new poll network mode based on the multilink is proposed, its system composition and network structure are analysed and discussed. Finally, OPNET simulation proves that this network mode can improve the communication performance of TDL for helicopter.

Key words: helicopter; combat; tactical data link (TDL); multilink; poll network

直升机以低空、超低空为主要作战区域, 具有较强的空中攻击、空中机动和空中保障能力, 是合成军队实施立体、全纵深、机动作战的重要力量^[1,2]。

为了适应直升机作战范围广泛、作战方式灵活多样的特点, 直升机需要及时获取大量的战场态势消息和指令消息等, 而传统的话音通信很难满足大量消息的实时传递。通过在直升机上加装战术数据链, 可以使战场态势和指令等战术数据消息按照规定的格式实时、自动、保密地传输和交换, 从而实现信息资源共享, 提高直升机快速反应能力和协同作战能力, 最大限度地发挥直升机的作战效能。

在直升机的作战过程中, 地面指挥所指挥引导所有参战直升机, 并向其发送战场态势消息和各种指令消息, 发送的数据量较大; 而直升机主要发送指

令应答消息和直升机状态回传消息, 发送的数据量较少, 这种结构比较适合采用轮询组网方式^[3,4]。轮询组网方式决定了直升机战术数据链的网络工作方式, 进而决定了网络的时延、吞吐量等重要参数, 对直升机战术数据链的通信性能有着重要影响。

1 现有的轮询组网方式分析

1.1 单网轮询

在单网轮询组网方式中, 指定一个入网单元为网络控制站(或称主站, 一般为地面指挥所), 其它入网单元为前哨站(或称从站, 一般为各型直升机)。每个入网单元都分配一个唯一的地址, 并且它们采用时分复用的方式共用一个工作频率。单网轮询的

^{*} 收稿日期: 2010-07-15; 修回日期: 2010-09-02

网络结构如图 1 所示。

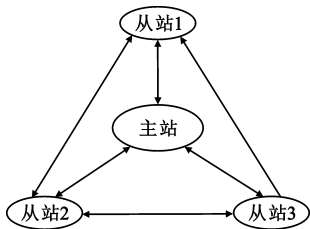


图 1 单网轮询的网络结构

Fig.1 The network structure of single network poll

主站根据各从站的地址建立一个轮询顺序表,依次询问从站是否有消息需要发送,此时所有的从站处于接收状态并接收主站发送的询问包,该询问包中含有被询问从站的地址以及战术数据消息^[5]。

当从站识别出自己的地址与询问包中的轮询地址相同时,则切换到发送状态并发送包含战术数据消息的应答包,主站和其它从站都要接收该应答包并提取利用其中共享的战术数据消息;如果从站的地址与轮询地址不同,则其只接收询问包并提取利用其中共享的战术数据消息。

主站接收到从站的应答包后,继续询问下一个从站,而从站则继续重复前述操作,这一过程不断重复,直到所有从站都被询问到为止,就算完成了一个轮询周期,而该轮询周期自动重复,直到通信结束。

1.2 多网级联轮询

单网轮询组网方式比较简单,容易实现。但是随着战争的样式和空间不断发展变化,网络规模也随之扩大,通信节点越来越多,通信要求也越来越高。若仍然采用由一个主站轮询各从站的单网方式,显然会大大增加网络循环时间,这样通信的实时性无法得到保障。而通过采用多网级联轮询组网方式,能够较好地扩大系统容量和满足较高的实时性^[6,7]。

在多网级联轮询组网方式中,网络结构由主网和多个子网组成,地面指挥所与长机组成的网络称为主网,各长机与编队内僚机组成的网络称为子网。其中地面指挥所称为主站,负责对整个网络进行管理控制。长机称为次主站,它在网络中具有双重身份,从逻辑上讲它既是各子网中的主站,也是主网中的从站。僚机称为从站,工作在子网频率上,它可以通过次主站与主站联系。主网与子网、子网与子网之间使用的工作频率各不相同。多网级联轮询网络结构如图 2 所示。

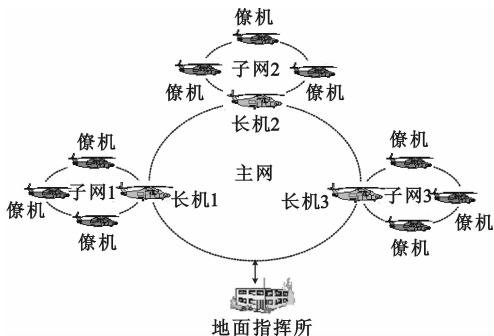


图 2 多网级联轮询的网络结构

Fig.2 The network structure of cascade connected multi-network poll

网络初始化完成之后,首先是进行主网轮询,即主站对各个次主站进行轮询,其过程与单网轮询类似,此时从站在各自的子网频率上处于等待状态。当主网轮询完毕之后,次主站切换到各自的子网频率上开始对子网内的从站进行轮询,子网内部的轮询过程也与单网轮询类似,而此时主站处于等待状态。各个子网并行轮询完毕之后,次主站再都回到主网频率上,主站开始新的轮询周期。

2 多链路轮询

为了进一步提高直升机战术数据链的通信性能,提出了多链路轮询组网方式。多链路轮询组网方式主要借鉴了 Link - 22 构建多链路网络的思想。Link - 22 是一种抗电子干扰、保密可靠、灵活机动の中速率战术数据链,旨在以低费用更新美军于 20 世纪 60 年代研发的 Link - 11,最终取代 Link - 11 和补充完善 Link - 16。

2.1 多链路轮询的系统组成

在多链路轮询组网方式中,每个网络单元可同时最多提供 4 对无线收发链路,即可同时接入 4 个网络。网络单元的组成配置如图 3 所示。

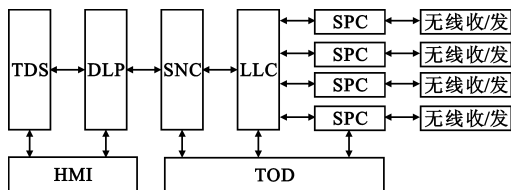


图 3 多链路轮询的系统组成

Fig.3 The system composition of multilink poll

网络单元的逻辑功能模块包括战术数据系统 (TDS)、数据链处理器 (DLP)、人机接口 (HMI)、系统网络控制器 (SNC)、链路层通信安全 (LLC)、信号处

理控制器 (SPC) 及其无线收发设备和日时间基准 (TOD)^[8]。

(1) 战术数据系统

严格讲应属于网络单元的扩展部分,它是消息传输的来源和归宿,其功能主要为:把战术数据消息传送给 DLP、恢复和处理从 DLP 传来的战术数据消息。

(2) 数据链处理器

DLP 是多链路轮询系统的实际接口部件。它支持网络应用层功能,主要包括产生和构造战术消息、数据翻译格式化处理和翻译语法选择。它还能与其它战术数据链接口,以便与它们进行链路数据转发。

(3) 人机接口

HMI 子系统提供以下功能:控制、初始化和必要时重新初始化网络操作方式、协议和无线电台;在网络级和平台级对系统进行故障隔离和故障诊断;平台和网络的管理及监视。

(4) 系统网络控制器

SNC 支持 SPC 配置和网络协议。还支持消息投递服务,主要包括:消息寻址、消息时间戳戳、消息中继与路由、初始入网或传输入口。当 SNC 发现网络出现堵塞时,它询问 DLP 是否可以丢弃一些已过时的消息,以便减缓网络的流量。

(5) 链路层通信安全

LLC 是保密安全设备,它最多支持 SNC 与 4 个 SPC 的接口服务,最多支持 4 个网络的并行操作。其主要功能为:对发送消息加密和接收消息解密、核实传输数据的完整性。

(6) 信号处理控制器

SPC 支持战术报文分割与组合、转发误码校正 (FEC)、调制解调、无线收发配置和链路质量反馈。

无线收发设备(数字电台)支持网络单元实现无线电路路连结。网络单元配备数字电台的数量依据具体的网络结构而定。

2.2 多链路轮询的网络结构

假设地面指挥所的多链路轮询系统配备有一部超短波数字电台和两部短波数字电台,可提供 3 条数据链路,即地面指挥所可同时参与 3 个轮询网络并行操作;长机的多链路轮询系统配备有两部超短波数字电台和一部短波数字电台,可提供 3 条数据链路,即长机可同时参与 3 个轮询网络并行操作;僚机的多链路轮询系统中配备有一部超短波数字电台和一部短波数字电台,可提供两条数据链路,即僚机可同时参与两个轮询网络并行操作。每个轮询网络

的工作频率各不相同,其网络结构如图 4 所示。

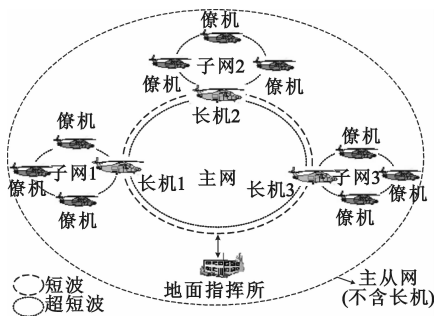


图 4 多链路轮询的网络结构
Fig.4 The network structure of multilink poll

(1) 主网

地面指挥所和各个长机组成主网,地面指挥所在超短波和短波两条链路上同时且独立地对各个长机进行轮询,两条链路的轮询过程与单网轮询类似。

由于超短波链路的数据传输速率较快,因而设置超短波链路的轮询网络主要用于发送数据量较大的战场态势消息。但在特殊需要情况下(例如当短波信道质量较差或被干扰时),超短波链路的轮询网络也可以传输指令消息,以保障直升机作战指挥的顺畅;而短波链路的数据传输速率较慢,因而设置短波链路的轮询网络主要用于传输数据量较小的各种指令消息。但在特殊需要情况下(例如当部分重要的战场态势消息需要特殊保障时),短波链路的轮询网络也可以传输重要的战场态势消息,这样重要的战场态势消息可同时在两条链路上传输,相当于增加了传输的可靠性。

(2) 子网

长机和编队内的僚机组成子网,长机在超短波链路上对僚机进行轮询,轮询过程与单网轮询类似。在该超短波链路上既传输战场态势消息也传输各种指令消息。

(3) 主从网

地面指挥所和所有僚机组成主从网,地面指挥所在短波链路上对所有僚机进行轮询,轮询过程与单网轮询类似。

该轮询网络主要用于地面指挥所给僚机传输少数的指令消息,提供了地面指挥所直接指挥引导僚机的通信机制,一方面可以有利于地面指挥所快速对僚机进行指挥引导(不需要通过长机转发),另一方面也增加了对僚机指挥引导的的可靠性(长机有可能在作战过程中通信失效或被击毁)。

3 仿真分析

本文采用 OPNET^[9-10] 进行仿真。网络仿真模型如图 5 所示,网络由地面主站和 12 架直升机组成。每 4 架直升机组成一个作战编队,编号为{0,1,2,3}、{4,5,6,7}、{8,9,10,11}的直升机各组成一个编队,其中编号为 0、4、8 的直升机设定为编组内的长机,其余为僚机。

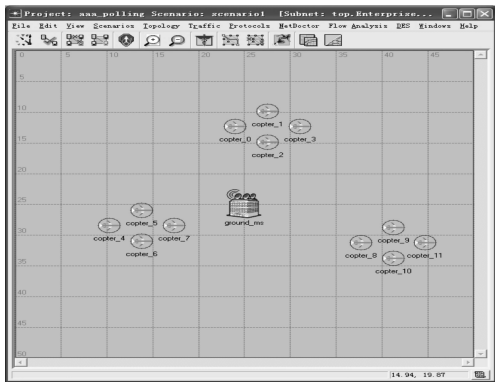


图 5 网络仿真模型
Fig.5 The simulation model of network

假设这些直升机随机分布在50 km × 50 km的范围内进行无线链路通信。地面主站和所有直升机的发射功率足够大,其通信范围满足任何两点都能进行直接通信。底层物理链路采用无线收发信机的管道模型,在战场带宽受限的环境下,超短波链路的用户数据传输速率为10 kbit/s,短波链路的用户数据传输速率为1 kbit/s。

地面主站和次主站发送的询问包的格式采用自定义的格式化包,其中含有轮询地址和多条战术数据消息(战场态势消息或指令消息)。由于战场态势消息更新率较高且数据量较大,其产生的时间间隔服从参数为 1 的指数分布,大小为225 bit;而指令消息产生的时间间隔服从参数为 1 的指数分布,大小为75 bit。从站发送的应答包的格式也采用自定义的格式化包,其中含有指令应答消息或直升机状态回传消息,但这两种消息都是即时处理产生,其大小都设置为75 bit^[11,12]。

仿真时间为1 000 s,种子数为 128。
在相同的场景和条件下,分别实现多网级联轮询和多链路轮询,通过收集统计结果(端到端平均时延、网络平均吞吐量)来比较其通信性能。仿真结果如图 6 和图 7 所示。

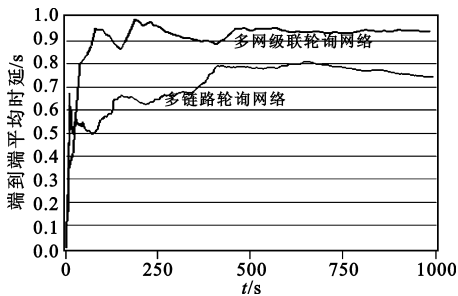


图 6 两种轮询网络的端到端平均时延对比
Fig.6 The comparison of average end – to – end delay between two poll networks

由图 6 可以看出,在多网级联轮询组网方式下,端到端平均时延为 0.9 ~ 1.0 s,而在多链路轮询组网方式下,端到端平均时延为 0.7 ~ 0.8 s。这主要是因为,在多网级联轮询时,只有当主网轮询结束后,各子网才能开始工作,等到子网轮询结束后,主网才能开始新的轮询周期,从而影响了实时性,增大了端到端时延。而在多链路轮询时,主网、各个子网以及主从网 3 种轮询网络同时且独立地并行运行,因而可以使各网的轮询周期大大缩减,端到端时延也随之减小。

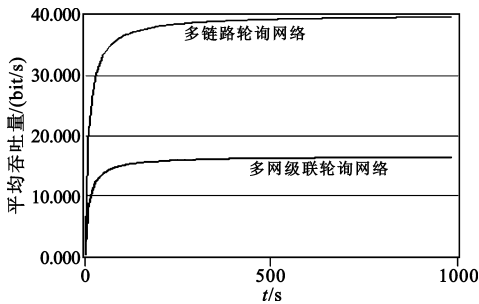


图 7 两种轮询网络的平均吞吐量对比
Fig.7 The comparison of average throughput between two poll networks

由图 7 可以看出,在多网级联轮询组网方式下,网络的平均吞吐量为16 kbit/s左右,而在多链路轮询组网方式下,网络的平均吞吐量为40 kbit/s左右。这主要是因为后者采用了多链路,可以使主网、各个子网以及主从网 3 种轮询网络同时且独立地并行运行,同时发送数据,这样势必会增加网络的吞吐量。

4 结束语

轮询组网方式是一种比较成熟的组网协议,早期较为实用,也比较容易实现,但是随着战争样式和规模的不断发展变化,它在实时性、系统容量和传输效率等方面都存在着一些不足。为了满足直升机在

信息化战争中更高的通信需求,因而必须通过对轮询组网方式进行改进。本文通过借鉴 Link-22 数据链的多链路思想,提出了多链路轮询组网方式,并且通过 OPNET 进行了建模仿真,验证了多链路轮询组网方式的可行性和有效性,为进一步研究直升机战术数据链的发展提供了对比和参考。

参考文献:

- [1] 张陵,程峰,顾欣.直升机战术数据链应用分析[J].外军信息战,2005(4):32-34.
ZHANG Ling, CHENG Feng, GU Xin. Application Analysis of Helicopter's Tactical Data Link[J]. Foreign Military Information Warfare, 2005(4): 32-34. (in Chinese)
- [2] 王立强,李炯.数据链在陆航典型作战样式中的应用[J].电讯技术,2004,44(6):18-20.
WANG Li-qiang, LI Jiong. Application of Data Link in Army Aviation Typical Combat Forma[J]. Telecommunication Engineering, 2004,44(6): 18-20. (in Chinese)
- [3] 李林,毛玉泉,李连宝.陆航数据链轮询组网方式应用研究[J].通信技术,2009,42(1):143-145.
LI Lin, MAO Yu-quan, LI Lian-bao. Research on Network Mode for Data Link of Army Aviation[J]. Communications Technology, 2009, 42(1): 143-145. (in Chinese)
- [4] 戴苏榕,徐晓辉,王瑾.地空“数据链”传输内容的研究[J].现代电子技术,2005(21):28-29,32.
DAI Su-rong, XU Xiao-hui, WANG Jin. Research of the Air-to-ground Data Link's Transmission Contents[J]. Modern Electronics Technique, 2005(21): 28-29, 32. (in Chinese)
- [5] 骆光明,杨斌,邱致和,等.数据链[M].北京:国防工业出版社,2008.
LUO Guang-ming, YANG Bin, QIU Zhi-he, et al. Data Link[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2008. (in Chinese)
- [6] 丁笑亮,毛玉泉,耿腊元,等.基于战术数据链的轮询网络研究[J].电子技术,2010(3):6-8.
DING Xiao-liang, MAO Yu-quan, GENG La-yuan, et al. Research on the Poll Network Based on Tactical Data Link[J]. Electronics Technology, 2010(3): 6-8. (in Chinese)
- [7] 王莹.战术数据链 Link11 的仿真研究[D].成都:西南交通大学,2008.
WANG Ying. Simulation Research of Tactical Data Link Link11[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2008. (in Chinese)
- [8] 梁炎,陆建勋.Link22—北约国家的下一代战术数据链[J].舰船电子工程,2006,26(1):3-7.
LIANG Yan, LU Jian-xun. Link22 - A Next Generation Tactical Data Link for NATO[J]. Ship Electronic Engineering, 2006, 26(1): 3-7. (in Chinese)
- [9] 李科华,李笑歌,吴进华,等.基于 OPNET 的 TDMA 多路访问技术仿真研究[J].海军航空工程学院学报,2005,20(6):641-643.
LI Ke-hua, LI Xiao-ge, WU Jin-hua, et al. Research of Simulating TDMA Technology Based on OPNET[J]. Journal of Naval Aeronautical Engineering Institute, 2005, 20(6): 641-643. (in Chinese)
- [10] 陈敏.OPNET 网络仿真[M].北京:清华大学出版社,2004.
CHEN Min. OPNET Network Simulation[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004. (in Chinese)
- [11] 王峰,廉保旺,丁在田.基于 FDM-TDM 的 V/UHF 地空战术数据链研究[J].空军工程大学学报(自然科学版),2004,5(1):42-44.
WANG Feng, LIAN Bao-wang, DING Zai-tian. Study of V/UHF Air Ground Tactical Data Link Based on FDM-TDM[J]. Journal of Air Force Engineering University (Natural Science Edition), 2004, 5(1): 42-44. (in Chinese)
- [12] 耿腊元,毛玉泉,王哲.可变报文格式技术及性能分析[J].电讯技术,2009,49(11):95-97.
GENG La-yuan, MAO Yu-quan, WANG Zhe. Variable Message Format Technology and Performance Analysis[J]. Telecommunication Engineering, 2009, 49(11): 95-97. (in Chinese)

作者简介:

赵琪(1985-),男,河北衡水人,2008 年于空军工程大学获学士学位,现为硕士研究生,主要研究方向为航空数据链;

ZHAO Qi was born in Hengshui, Hebei Province, in 1985. He received the B.S. degree from Air Force Engineering University (AFEU) in 2008. He is now a graduate student. His research direction is aviation data link.

Email: zq2157122@163.com

毛玉泉(1961-),男,陕西西安人,副教授、硕士生导师,主要研究方向为军用无线抗干扰通信、航空数据链;

MAO Yu-quan was born in Xi'an, Shaanxi Province, in 1961. He is now an associate professor and also the instructor of graduate students. His research direction is military wireless anti-jamming communication and aviation data link.

任浩(1985-),男,江苏金坛人,2008 年于空军工程大学获学士学位,现为硕士研究生,主要研究方向为航空数据链。

REN Hao was born in Jintan, Jiangsu Province, in 1985. He received the B.S. degree from AFEU in 2008. He is now a graduate student. His research direction is aviation data link.