

# 基于 FDM - TDM 的 V/UHF 地空战术数据链研究

王 锋<sup>1</sup>, 廉保旺<sup>1</sup>, 丁在田<sup>2</sup>

(1. 西北工业大学 电子工程系, 陕西 西安 710072; 2. 空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

**摘 要:**目前的 V/UHF 地空战术数据链主要以固定时隙分配模式工作,存在着用户容量与信息刷新速率之间的矛盾。针对这一问题,结合新一代地空战术数据链的需求,通过分析空中态势信息和指挥引导信息的传输和要求,提出了一种基于 FDM - TDM 的 V/UHF 地空战术数据链传输方案,该方案在保证较高信息刷新速率情况下,可使指挥引导飞机容量增加 5 倍以上。

**关键词:**地空数据链; FDM - TDM; 空中态势信息; 指挥引导信息

**中图分类号:** V243    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1009 - 3516(2004)01 - 0042 - 03

地空战术数据链常用的工作模式有:点对点全双工工作、点对多点半双工工作、多点对多点的时分多址工作<sup>[1-3]</sup>。其中重点应用的是点对多点半双工工作方式,这种链路是有节点的组织形式,有一个控制中心站,其余是应答站。网内采取循环点名呼叫方式,由控制中心站在固定时隙内发送控制消息帧,在预留的时间周期内接收应答站的回答。指令格式是由固定长度数据组成。其特点是占用固定时隙、循环点名,是以固定时隙进行资源分配的,属于时分复用(TDM)工作方式。

当多架不同型号飞机编队时,地面指挥中心需要把各种不同的战场态势信息和指挥引导指令传送到不同型号飞机上,这就形成了一个典型的以地面指挥中心为中心点对多点的地空战术数据链组织形式。然而在以 TDM 方式传输信息时,每架单机所需信息数据位较多,而且为了保证其较高的信息刷新速率,对信息数据的传输速率提出了较高要求。针对实际应用,考虑到 V/UHF 地空数传电台所能达到的数据传输能力,提出了一种基于频分时分复用(FDM - TDM)的 V/UHF 地空数据链传输方案,可以在现有地空数传信道的基础上,实现较大用户容量的地空战术数据链信息传输。

## 1 地空战术数据链的数据传输

在地空战术数据链中,需要传输的数据信息主要有空中态势信息和指挥引导信息。空中态势信息包括目标批号、目标架次、方位、速度、威胁等级、距离、航向角等,指挥引导信息主要包括指挥引导命令、回传确认和状态信息。下面对空中态势信息和指挥引导信息的传输分别进行分析。

### 1.1 空中态势信息的传输

设每批架飞机的空中态势信息由  $m_1$  bit 位数据表示,考虑到所需加的报头、纠错编码等开销,按 2 倍数据率扩展计算,则传送每批架飞机的信息数为  $2m_1$  bit。

设空中同时有  $A_1$  批架我机和  $A_2$  批架敌机,又设每架飞机只需同时显示以本机为中心的  $B_1$  批架我机和  $B_2$  批架敌机的空中态势即可,则采取点名呼叫轮询方式上传空中态势信息时,需要传输数据量  $Y$  为

$$Y = A_1 \times (B_1 + B_2) \times 2m_1$$

假如信息刷新速率为  $T$  秒钟一次,则所需数据传输速率  $c$  为:

$$c = Y/T$$

收稿日期:2003 - 07 - 11

基金项目:空军科研基金资助项目(KJ02143)

作者简介:王 锋(1970 -),男,山西临汾人,讲师,博士生,主要从事通信、导航与测控技术研究。

通常情况下,选取  $B_1 = B_2 = 10$  批架,表 1 给出了此时不同的空中态势和信息刷新速率情况下,数据链系统对数据传输速率的要求。

由表 1 可知,所需数据传输速率要求太高,如果考虑采用回传确认方式,则信息数据传输速率要求会更高,而目前现有的地空数传设备要完成如此高速率的数据传输还有一定的困难。

表 1 不同情况下系统对数传速率的要求

T/s	c/kpbs		
	20 批架	100 批架	150 批架
1	86.4	432	648
2	43.2	216	324
3	28.8	144	216
4	17.28	86.4	129.6

### 1.2 指挥引导信息的传输

设上传每批架我机指挥引导信息数据为  $m_2$  bit (依目前指挥自动化网要求,  $m_2 = 40$  bit),经纠错编码按 2 倍数据扩展计算,则每批架飞机所需的信息位数为  $2m_2$ ,飞机收到指挥引导数据信息后,回传的确认信息或附带的一些状态信息所需位数设为  $m_3$ , (一般确认信息为 40 bit, 状态信息为 120 bit, 实际应用中, 大多数时间是确认信息回答状态, 统计平均后以  $m_3 = 60$  bit 计算), 又假设以 32 kbps 数据速率的信道设备传输数据, 则以点名呼叫轮询方式传输一架飞机的指挥引导指令所需时间  $t_1$  计算如下

以 32 kbps 的数据速率传送  $2m_2$  bit 位数据需要时间  $t_1$  为

$$t_1 = 2m_2 \div 32 = 2 \times 20 \div 32 = 2.5 (\text{ms})$$

电波传播视距范围 350 km 的双程路程大约需要时间为

$$t_2 = 2 \times 350 \div (3 \times 10^5) \approx 2.3 (\text{ms})$$

机载设备对信息的处理时延以  $t_3 = 20$  ms 计;

以 32 kbps 的数据速率传送  $m_3$  bit 数据需要时间  $t_4$  为

$$t_4 = m_3 \div 32 = 60 \div 32 \approx 1.9 (\text{ms})$$

设地面设备对回传信息的处理时延  $t_5 = 10$  ms; 则每条指挥引导指令的传送处理总共大约花费时间

$$t_s = \sum_{n=1}^5 t_n = 36.7 \text{ ms}$$

这样, 指挥引导 50 批架我机需要时间周期为  $50 \times 36.8 \text{ ms} = 1.84 \text{ s}$ , 若指挥引导 100 批架我机则需要周期时间  $100 \times 36.8 \text{ ms} = 3.68 \text{ s}$ , 考虑到时隙冗余量, 所需时间还要更长。如果再加上空中态势信息传输所需要的时间, 可以看出, 当需要指挥引导的我机数量较大时, 指挥引导信息传输的实时性就受到了极大的限制。

## 2 FDM - TDM 工作模式

为了解决上述问题, 结合指挥自动化信息网的信息传输要求, 以及国内外 V/UHF 频段数传设备的发展情况, 这里提出了 FDM - TDM 地空数据链工作模式。其系统模型如图 1 所示。在这种工作模式下, 首先对整个指挥空域中的所有我机进行分组, 不同组分别用不同的 V/UHF 数传电台工作在不同的频段上, 在多个信道上以并发的方式进行数据信息的传输, 实现 FDM 的目的。每组利用一部电台的信道传输数据信息, 在该信道上再利用 TDM 的方式将时隙分配给各架飞机, 保证每架飞机有序地实时进行通信。这样, 各小组架次可以不必很多, 容易实现态势信息的快速分发和指挥引导信息的短周期轮询, 小组架次与数传信道性能和指挥自动化中心的信息格式要求有关, 目前可考虑其数量以 10 批架为宜。

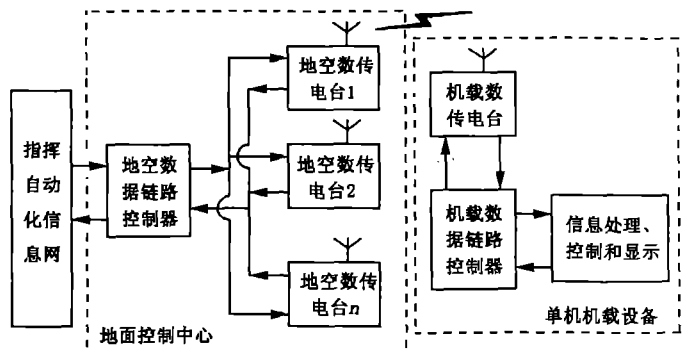


图 1 FDM - TDM 地空数据链工作模型

由 1.1 节分析可知, 10 批架我机以点名呼叫轮询方式上传空中态势信息需要的数据为

$$Y = A_1 (B_1 + B_2) \times 2m_1 = 10 \times (10 + 10) \times 2 \times 108 = 43.2 (\text{kbit})$$

若选择数传速率为 32 kbps 的数传电台, 则 10 批架我机所需态势信息传输的时间为

$$43.2 \div 32 = 1.35 \text{ s}$$

由 1.2 节分析可知, 10 批架我机的指挥引导信息传输需要时间为

$$t_p \times 10 = 36.8 \text{ ms} \times 10 = 0.368 \text{ s}$$

因此,对 10 批架我机完成以上两部分信息的传输总共需要

$$1.35 \text{ s} + 0.368 \text{ s} = 1.718 \text{ s}$$

若考虑时隙冗余量,则以 2 s 作为信息更新周期,这一指标基本达到了战术地空数据链的任务要求,也基本可以满足对飞机的自动化作战指挥需要。

若需要实现 50 批架我机的空中态势信息发送和指挥引导指令传输,则需要将其分为 5 个功能基本相同的分组,选用 5 部地空数传电台分别工作在 5 个不同的频率上。各分组内的成员以固定时隙分配的方式传输信息。这时,对应图 1 中的  $n$  值等于 5。

### 3 结论

FDM - TDM 方案的引入,虽然可以增加地空战术数据链的用户容量,但是用户数并非可以无限增加。随着系统中用户数量的增加,对信息的分发管理难度增大,数据链路控制器的处理算法更为复杂,以目前的应用需求来看,用户容量最多以 150 批架我机对 150 批架敌机为宜。

虽然 FDM - TDM 工作模式降低了对数传电台的要求,而且扩展了用户容量,但是,却增加了数据链路控制器的复杂性。数据链路控制器是地空数据链系统的核心部件,地面指挥中心和飞机上均有(如图 1 所示),所有来自指挥自动化信息网的信息在通过数传设备提供给各飞机之前,都要经过地空数据链路控制器的选择、加密、变换、时隙分配等处理,机载数据链路控制器则对上传信息进行接收处理,并把下传信息处理打包后通过电台送回地面。TDM 工作模式下,数据链路控制器主要作好时隙分配、数据编码和同步等工作。在 FDM - TDM 工作模式下,数据链路控制器还需要对所辖空域内所有我机进行动态分组、以及分组后的信息筛选分发、频率管理控制、分组同步处理等。

#### 参考文献:

- [1] 余晓刚. 美军主要战术数据链介绍[J]. 航空电子技术, 2002, 33(3): 25 - 28.
- [2] Fred Goldstein. JTIDS/Multi - Link Test Device (MLTD) Laboratory Environment Test System [A]. IEEE MILCOM, 1997 Proceedings [C]. Piscataway NJ USA; IEEE, 1997, 413 - 418.
- [3] 钟青 张其善. VHF 地空数据链网关信息处理模式分析[J]. 航空学报, 2001, 22(1): 51 - 53.

(编辑: 门向生)

## Study of V / UHF Air Ground Tactical Data Link Based on FDM - TDM

WANG Feng<sup>1</sup>, LIAN Bao - wang<sup>1</sup>, DING Zai - tian<sup>2</sup>

(1. The Electronic Engineering Department, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, Shaanxi 710072, China; 2. The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China)

**Abstract:** The work pattern of V / UHF air ground tactical data link mostly is of fixed time apportion. So there exists a contradiction between user capacity and information update velocity. Increasing user capacity could make the information update velocity slow, and expediting information update velocity could cause the user capacity to decline. Aiming at this problem, and considering the demand of new generation air ground tactical data link, after analyzing the transmit requests of air - state information and direct - induct information, a kind of V / UHF air ground tactical data transmit scheme based on FDM - TDM is proposed. The analysis and experiments prove that by adopting this scheme the user capacity will increase 5 times more, and simultaneously the information update velocity is still kept speedy.

**Key words:** air ground data link; frequency division multiplexing - time division multiplexing; air state information; direct - induct information