

【武器装备】

基于 Simulink 的机载蓝绿激光对潜通信仿真^{*}田厚义^a, 刘翠海^b, 刘中华^c

(海军潜艇学院 a. 研究生2队; b. 航海观通系; c. 训练部, 山东 青岛 266071)

摘要: 蓝绿激光通信因其自身的特点, 是对潜通信的理想手段. 基于此, 提出了利用机载蓝绿激光进行对潜通信以实现飞机与潜艇之间的双向、隐蔽通信. 分析并建立了潜艇的捕获通信模型, 并进行了仿真分析, 仿真结果表明, 利用机载蓝绿激光进行对潜通信具有广泛的应用前景.

关键词: 蓝绿激光通信; 捕获通信模型; 仿真分析

中图分类号: TN929.1

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2010)01-0041-04

海水对电磁波有很强的吸收作用, 而且波长越短, 频率越高, 海水的吸收作用就越明显, 由此自潜艇的诞生之日起, 潜艇的隐蔽性一直是制约着潜艇作战效能发挥的重要因素, 在目前使用的对潜通信的手段中, 短波、超短波、卫星波段几乎不具备穿透海水的能力. 甚低频波段的海水通信数据率不高, 穿透海水的能力有限. 超低频波段虽具有较强的穿透海水的能力, 但超低频通信数据率极低, 不利于潜艇的通信. 且庞大的甚低频、超低频发射设施在战争中极易遭敌打击, 抗毁性能差. 因此有必要寻求其它的通信方式, 以满足对潜通信的隐蔽、快速、准确地要求.

1 蓝绿激光对潜通信的优点^[1-2]

早在 20 世纪 60 年代, 科学家们即发现当光线透过海水时, 不同波长的光衰减不同, 在 450~520 nm 波长上存在着一个光衰减最小的窗口(如图 1), 这个波长范围内的光即为蓝绿光. 随着这一重大现象的发现, 蓝绿激光对潜通信的研究即得到了相应的开展.

蓝绿激光具有通信频带宽, 数据传输能力强, 传输速率高, 隐蔽性好和方向性好等特点, 可实现水下 300 m 的通信, 可发送静止图像, 且不受天气、电磁和核爆的影响, 是目前来看可实现潜艇隐蔽、双向、高速通信的有效手段, 具有广阔的应用前景.

2 机载蓝绿激光对潜通信应用

2.1 机载蓝绿激光对潜通信的特点

机载蓝绿激光对潜通信是通过飞机向水下潜航的潜

艇发射高能脉冲束, 同时, 潜艇上的激光发射系统, 也向机载平台发射高能激光脉冲而构成的激光双向通信, 具有穿透海水深、信息容量大、信息传输速率高、抗电磁干扰能力强、抗截获能力强、通信不影响潜艇的机动性等优点, 能有效满足潜艇通信的隐蔽、快速、准确的要求.

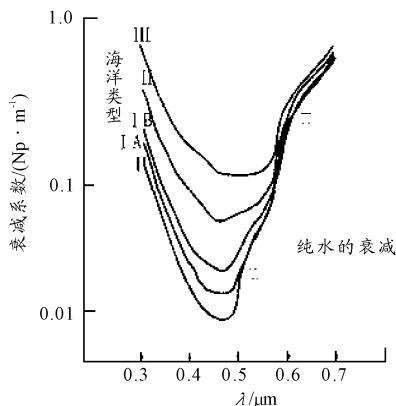


图 1 蓝绿激光在水中的衰减

机载蓝绿激光双向对潜通信系统包括机载蓝绿激光对潜通信发射、接收系统和艇载蓝绿激光发射、接收系统. 它是由飞机飞临潜艇的预案航行区, 对潜艇实施扫描, 光束在由艇载接收机捕获后在整个通信期间进行跟踪(双向的)通信的过程. 图 2 为机载蓝绿激光通信示意图.

2.2 模型与仿真^[3-5]

在进行通信时, 飞机可采用多种搜索方式对潜艇进行搜索, 现假设飞机采用长条矩形光斑搜索海域如图 3. 光斑尺寸 $x \times y$, 飞机高度 h , 飞行速度 v , 搜索一个 $c \times d$ 面积的区域需要时间为 t , 飞机与潜艇的通信时间为 τ , 激光器的频率为 m , 潜艇完成捕获接收需要的最小脉冲数为 n , 飞机

* 收稿日期: 2009-11-06

作者简介: 田厚义(1985—), 男, 山东滨州人, 主要从事军事通信理论研究.

的视场角为 θ . 由于潜艇的速度远远小于飞机的速度, 因此在仿真运算的过程中潜艇的速度可以忽略不计, 飞机采用的搜索间隔为 $x/2$, 可确保飞机在完成一次搜索后, 将潜艇的所在区域搜索 2 遍. 图 4 为飞机在某时刻搜索潜艇的运动分析图.

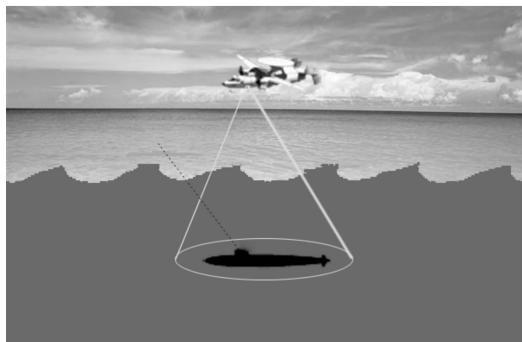


图 2 机载蓝绿激光通信示意图

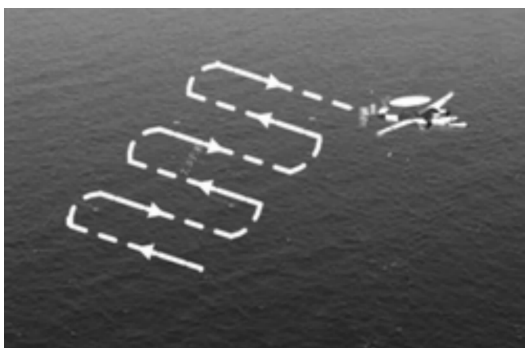


图 3 飞机在预定海区搜索潜艇示意图

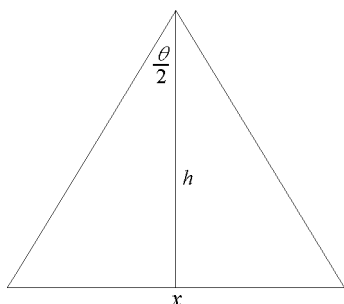


图 4 飞机在某时刻搜索潜艇的运动分析图

由图 4 可得如下关系:

$$x = 2 \tan \frac{\theta}{2} \times h \quad (1)$$

由图 5 可得, 飞机完成一次搜索所用的时间满足如下关系式:

$$t = \frac{d}{v} \left(\frac{2c}{x} + 1 \right) + \frac{c}{v} \quad (2)$$

由式(1)和式(2)可得, 飞机搜索潜艇所在区域所用的时间模型为

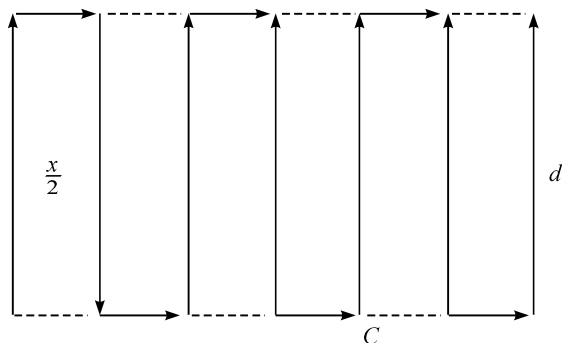


图 5 为飞机搜索潜艇的分析图

$$t = \frac{dc + (d + c)h \tan \frac{\theta}{2}}{hv \tan \frac{\theta}{2}} \quad (3)$$

潜艇与飞机的通信时间 τ 满足

$$\tau = \frac{y}{v} \quad (4)$$

潜艇接收到的脉冲数 p 满足

$$p = \tau \times m \quad (5)$$

若使潜艇在 τ 时间内完成捕获接收, p 应该满足

$$p \geq n \quad (6)$$

由式(4)~式(6)可得飞机的搜索光斑的宽度 y 的模型为

$$y \geq \frac{nv}{m} \quad (7)$$

在我国的试验设备研制水平下, 激光器的频率可达 1~10 Hz, 接收系统在接收 30 个脉冲后即可完成捕获通信. 取海域的面积为 40×40 km, 飞机高度 h 为 15 km, 飞机视场角 θ 为 30° . 图 6 为飞机速度 v 取 (100~340) m/s 时, 搜索时间 t 与 v 的仿真结果.

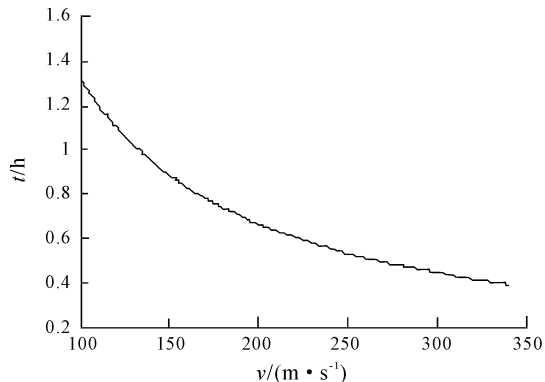
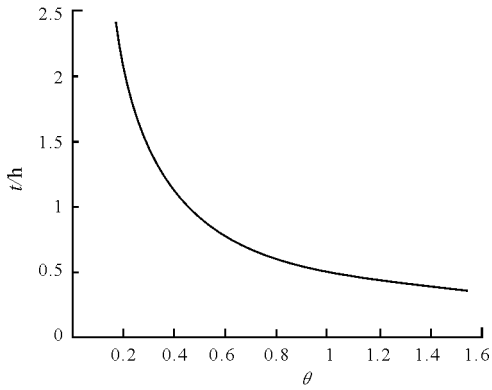
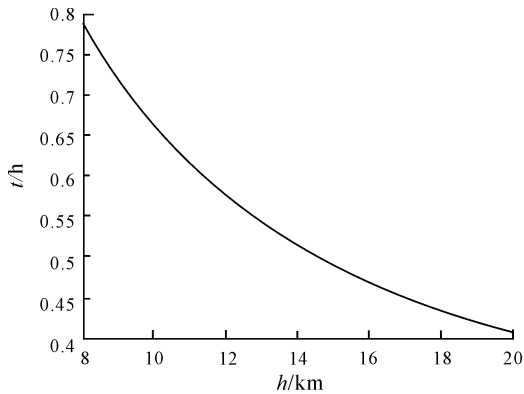


图 6 捕获时间 t 与 v 的仿真结果

取 v 为 150 m/s, 其他条件不变, 图 7 为 θ 取 (10~90)° 时, 搜索时间 t 与 θ 的仿真结果.

取 θ 为 60° , 其他条件不变, 图 8 为 h 取 (8~20) km 时, 搜索时间 t 与 h 的仿真结果.

图7 捕获时间 t 与 θ 的仿真结果图8 捕获时间 t 与 h 的仿真结果

由上面的仿真结果可得,飞机的搜索时间 t 与飞机的飞行高度 h 、飞机的视场角 θ 和飞机的飞行速度 v 成反比关系。

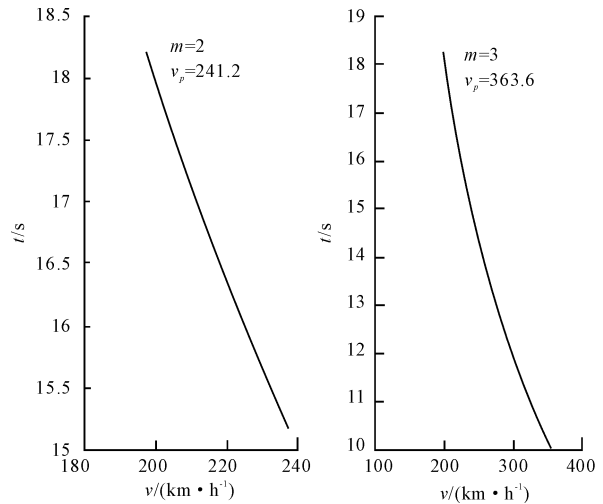
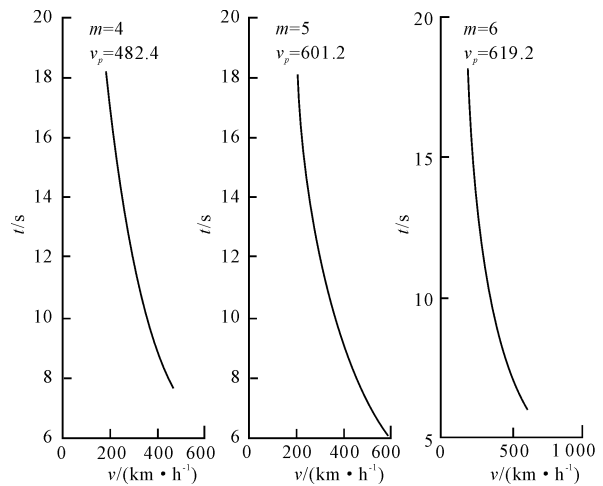
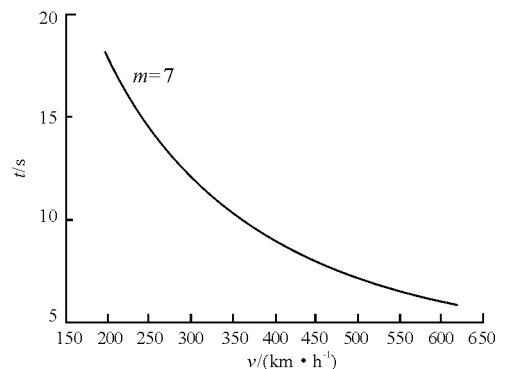
由式(7)可知,潜艇捕获的脉冲个数与飞机飞行的速度有关,根据相关资料得飞机的光斑宽度在几千米,现取光斑宽度 y 为 1 km,其他条件不变。目前可用于机载蓝绿激光对潜通信的预警机和侦察机的速度在(460~620) km/h 之间,直升机的速度在(200~280) km/h 之间。图9、图10、图11为通信时间 τ 与飞机飞行速度 v 的仿真结果,其中: v_p 为在仿真计算过程中,飞机对潜通信时,在满足潜艇最小接收脉冲数的条件下的飞机的最大速度。

从仿真结果看,飞机飞行的速度范围,受机载激光器频率的影响较大,现将飞机飞行速度范围、机载脉冲数和在实施机载对潜通信时的适用机型列表如下。

表1 机载对潜通信的适用机型与实验结果

m/Hz	$v/(\text{km} \cdot \text{h}^{-1})$	适用机型
1	—	—
2	200~241.2	直升机
3	200~363.6	直升机
4	200~482.4	直升机、侦察机
5	200~601.2	直升机、侦察机
6	200~619.2	直升机、侦察机
7,8,9,10	200~620	直升机、侦察机

由表1可以看出,在使用目前的实验设备的情况下,机载激光器的性能参数可满足对潜通信的需求,可应用直升机、侦察机实现对潜的通信。

图9 时间 τ 与速度 v 的仿真结果图10 时间 τ 与速度 v 的仿真结果图11 时间 τ 与速度 v 的仿真结果

2.3 机载蓝绿激光对潜通信实施步骤

在实施机载对潜通信时,飞机在潜艇预航行海域按预

定的搜索形式用长矩形光束进行搜索飞行,同时不断发送敌我识别信号. 潜艇在捕获到入射光束后,伺服系统立即驱动信号接收机的光学天线,将视场中心线对准飞机,在判断收到我方信号后,立即发射激光束,飞机在收到信号后,即进入跟踪状态,同时自动把长条形搜索光斑改变为面积较小的圆形通信光斑,飞行员根据屏幕上监视的潜艇位置,在其上空盘旋,双方开始通信. 双工激光通信与无线电通信不同,在双方的位置存在相对运动的情况下,激光通信不能采用简单的半双工方式,这是因为若一方停止发射,另一方将失去跟踪信号. 双工通信原则上可采用不同频率发射的方法. 在存在相对运动的双工激光通信系统中,实现空间捕获和跟踪将是极为重要的问题. 空间捕获要求把信号接收的光学天线的法线矢量调到与光束的到达角一致. 捕获接收机的广角光学系统应该具有 90° 的视场角. 完成空间捕获之后,艇上信号接收机就可以收到信号. 由于双方存在相对运动,还要求艇上信号接收机的光学天线要能对输入光束进行空间跟踪.

3 结束语

在现有的激光器研制水平和脉冲信号的处理水平的

条件下,研究分析了机载蓝绿激光对潜通信,得出了应用直升机、侦察机可实现飞机—潜艇之间的捕获通信的结论,且在通信的过程中,潜艇和飞机的机动性无明显影响. 从目前掌握的资料看来,机载蓝绿激光对潜通信是较易实现的蓝绿激光对潜通信手段. 开展机载蓝绿激光对潜通信的研究将具有很强的现实意义. 随着激光器研制水平和脉冲处理水平的提高,蓝绿激光对潜通信的研究必将更加深入.

参考文献:

- [1] 杨正兴,梁玉军,张静,等. 蓝绿激光对潜通信研究[J]. 光机电信息,2006(2):48-51.
- [2] 邵晓君. 潜艇通信的现状与发展趋势[J]. 潜艇学术研究,1992(4):71-75.
- [3] 黎洪松. 光通信原理与系统[M]. 北京:高等教育出版社,2008.
- [4] 柳树要,何焰蓝. 激光对潜通信原理及发展[J]. 现代物理知识,2005(5):19-21.
- [5] 裴楠楠,李大社. 激光对潜通信[J]. 光电技术应用,2004(1):24-27.

(上接第40页)

5 结束语

在原分形预测模型的基础上,建立局部变异系数模型,为分维数的选择提供了理论依据,避免了主观判断,较大提高了分形模型预测的精度. 用来对备件消耗量的预测效果较好,误差率全部小于3%,这说明改进的算法可以让分形模型较好的描述备件消耗量的短期趋势,可以为技术保障人员提供可信的备件需要量依据.

参考文献:

- [1] Barnley M F. Fractals Everywhere (Second Edition) [M]. Academic Press,1993.

- [2] 张天文,袁山增. 基于分形理论的目标航路预测[J]. 指挥控制与仿真,2008,30(2):21-23.
- [3] 付昱华,付安捷. 用分形方法预测石油股票价格和指数[J]. 中国海洋平台,2002,17(6):41-45.
- [4] 冯林,汪伦根. 基于BP神经网络的备件消耗量预测模型及其运用[J]. 解放军炮兵学院学报,2004(2):71-73.
- [5] 吴今培,孙德山. 现代数据分析[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [6] 张尧庭,方开泰. 多元统计分析引论[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [7] 万哲. 基于局部统计特征的边缘检测[J]. 电脑知识与技术,2008,3(9):2047-2048.
- [8] 李院生,时和平. 温特法在装备备件消耗预测中的应用研究[J]. 现代电子技术,2007(5):69-71.