

船用雷达多批运动目标模拟回波软件的实现

刘 亮

陕西长岭电子科技有限责任公司 陕西 宝鸡 721006

摘要: 为辅助船用雷达导航目标跟踪、避碰算法的研究、验证,本文介绍了基于C++编程及多线程技术,实现下船用雷达多批运动目标模拟回波软件的方法,为雷达导航跟踪算法研究提供更灵活、更低成本的手段。

关键词: 船用雷达, 多批运动目标, 模拟回波软件

1 概述

船舶避碰作为船舶航行安全的核心问题,船用雷达导航目标跟踪、避碰算法的研究有助于提升船用雷达的使用性能,更好的辅助船舶航行。若在真实环境中研究、验证算法的准确性和性能,将受制于天气、目标数量、目标运动趋势及经济成本等因素。为方便研究、验证船用雷达目标跟踪、避碰算法,本文提出基于多线程技术,实现船用雷达多批运动目标模拟回波软件,以满足船用导航雷达目标跟踪、避碰算法的研究需求。

2 系统原理

2.1 雷达回波数据结构

船用雷达以圆周扫描方式,对外辐射电磁波,电磁波被目标反射后,由船用雷达天线接收并处理,最终形成雷达回波数据用于回波显示。雷达回波由M个方位,每个方位N个距离点数据组成,船用雷达回波数据结构可使用二维数组表示,记为Data[M][N]。相同方位上相邻距离点实际距离用距离单元cell表示,回波对应的最大实际距离如式1所示:

$$MaxDis = cell \times N \quad (式1)$$

本模拟软件采用的方位数M为4096,距离数N为4096。

2.2 本船及目标数据结构

本船数据结构中主要包括本船距离(bdis)、方位(bazi)、对地航速(bsog)、对地航向(bcog)、正北方位(heading)、天线转速(rpm)等参数。

目标数据结构中主要包括目标批号(ID)、距离(dis)、方位(azi)、对地航速(sog)、对地航向(cog)、目标幅度(amplitude)等参数。

2.3 坐标系建立

船用雷达一般架设在船舶上,用于探测发现水面目标,为船舶航行提供安全保障,因此船用雷达为运动平

台。雷达探测时,所探测到目标的位置信息时相对本船雷达的位置,由于本船雷达自身运动,以雷达为参照计算目标的位置较繁琐。为方便计算及理解,在实现模拟运动船舶雷达探测目标的回波时,以大地为参照,以软件开始运行行为起始时刻 T_0 ,以雷达初始位置为原点 $P_0(0,0)$,以相对大地正北方向为y轴正向建立直角坐标系。

2.4 船用雷达目标计算

基于初始化时本船的位置 P_0 ,在2.4节中建立的坐标系下计算目标当前时刻相对于 P_0 的距离和方位。

由于雷达目标的距离、方位信息均为极坐标系下的参数,为方便计算,一般将目标的位置信息转换为直角坐标系下进行计算,极坐标距离方位(dis,azi)转为直角坐标位置信息(x,y),如式2:

$$\begin{cases} x = dis \times \sin(azi) \\ y = dis \times \cos(azi) \end{cases} \quad (式2)$$

将极坐标航速航向(speed,course)转换为直角坐标下x轴、y轴速度(vx,vy),如式3:

$$\begin{cases} vx = speed \times \sin(course) \\ vy = speed \times \cos(course) \end{cases} \quad (式3)$$

为模拟动平台下船用雷达运动目标,将本船和目标均看作是基于大地参照的运动目标,设 T_n 时刻位置为 (x_n, y_n) ,在直角坐标系下,在 $T_{(n+1)}$ 时刻位置 $(x_{(n+1)}, y_{(n+1)})$ 采用式4进行计算:

$$\begin{cases} x_{n+1} = x_n + vx \times (T_{n+1} - T_n) \\ y_{n+1} = y_n + vy \times (T_{n+1} - T_n) \end{cases} \quad (式4)$$

由此可计算在 $T_{(n+1)}$ 时刻目标相对于本船位置,如式5所示,

$$\begin{cases} rx_{n+1} = tx_{n+1} - bx_{n+1} \\ ry_{n+1} = ty_{n+1} - by_{n+1} \end{cases} \quad (式5)$$

再经过直角坐标转极坐标如式6所示,即可计算目标相对本船的距离和方位。

$$\begin{aligned} dis &= \sqrt{rx_{n+1}^2 + ry_{n+1}^2} \\ azi &= \arctan\left(\frac{ry_{n+1}}{rx_{n+1}}\right) \end{aligned} \quad (式6)$$

由于 \arctan 函数的值域为 $\left(-\frac{\pi}{2}, +\frac{\pi}{2}\right)$,在计算方位值时需注意 ry_{n+1} 取值范围。

船用雷达通过圆周扫描辐射电磁波形式可以直接获得目标相对于雷达的距离(dis)、舷角(ang)信息,经由传感器设备提供正北方位($heading$),计算目标的方位(azi);在计算船用目标模拟回波位置时,需要计算目标相对本船的距离和舷角,如式7所示:

$$\begin{cases} ang = azi - heading, (azi \geq heading) \\ ang = azi - heading, (azi < heading) \end{cases} \quad (式7)$$

即可获取目标在当前时刻相对于本船的位置,基于该位置计算目标回波在回波数据区域内的位置,为回波数据结构赋值,形成船用雷达目标回波。

2.5 方位生成原理

根据本船转速可计算经过 ΔT 时刻转动的方位数如式8所示:

$$\Delta azi = M \times rpm \times \Delta T \quad (式8)$$

其中 M 为扫描一转的方位数, rpm 为天线转速,每经过 ΔT 时刻,雷达天线扫描 Δazi 个方位。

3 软件实现

3.1 软件处理流程

多批运动目标模拟回波软件主要处理流程如下:

- 1) 初始化本船及目标参数、初始化定时器,计本船初始位置为 P_0 ,计算各目标与 P_0 的位置关系;
- 2) 计算第 $n+1$ 次与第 n 次定时器时刻来临时的是时间差 ΔT ,基于本船与目标在第 n 次定时器时刻位置与运动信息,计算第 $n+1$ 次定时器时刻来临时本船与目标的位置关系;
- 3) 结合本船正北方位,计算第 $n+1$ 次定时器时刻目标相对本船的距离和舷角;
- 4) 基于目标相对本船的距离和舷角,更新回波数据;
- 5) 计算第 $n+1$ 次与第 n 次定时器时刻来临之间方位转动范围 Δazi ,并发送该方位范围内回波数据;
- 6) 新的定时器时刻来临,重复第2)至5)中步骤。

3.2 多线程创建

本文中模拟软件采用C++语言基于Qt进行编程,Qt是跨平台C++图形用户界面应用程序开发框架,同时其中包含很多方便使用的类,如容器类QVector、线程类QThread、定时器类QTimer、信号量类QSemaphore、信号槽机制,为开发人员提供快速创建多线程应用的方法^[1]。

创建模拟目标生成类CreatTargets,通过继承QThread类,重新实现虚函数run(),将需要在线程中执行的部分放在run()函数内,通过循环即可在线程中运行指定功能。模拟目标生成类代码示意如下:

```
class CreatTargets : public QThread
{
    Q_OBJECT
public:
    explicit CreatTargets(QObject *parent = 0);
protected:
    void run();
};
```

3.3 目标计算及回波更新

1) 本船及目标参数初始化

采用配置文件形式,存储模本船及拟目标初始化参数,初始化本船参数包括航速、航向。艏向、转速,目标的参数包括目标的批号、距离、方位、航速、航向、幅度。在软件启动后加载配置文件,将本船及目标参数读取并保存到目标数据结构中。

2) 目标更新计算

使用QTimer创建定时器,本文模拟软件预设定时器为50ms,即每50ms计算一次目标位置。每次定时器时刻来临时,释放1个信号量,线程run()函数内请求信号量,若有信号量,则执行目标计算功能,否则线程阻塞,并等待信号量来临。计算目标完成后并根据目标位置在回波数据结构中进行更新。

3) 回波更新

当完成目标计算后,使用QDateTime::currentMsecsSinceEpoch()函数计算两次定时器来临的时间间隔,结合天线转速,计算方位差,作为当前回波数据需要发送并更新的区域。

3.4 软件实现结果

目标模拟回波软件实现的模拟回波数据有某雷达显示界面显示结果如图1所示。

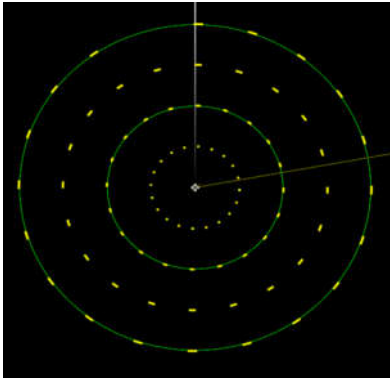


图1 模拟目标回波效果图

经测试，在Intel E3845处理器平台下运行该软件，当

模拟目标数量为100批时，CPU占用不超过5%，模拟回波效果良好。

4 结束语

通过船用雷达多批运动目标模拟回波软件，可以实现低成本、高灵活性的目标模拟软件平台，为研究、验证船用雷达导航、避碰算法，提供一种有效的手段。后续可对不规则运动目标增加轨迹数据，从而实现各种运动趋势目标的模拟。

参考文献：

[1]Jasmin Blanchette,Mark Summerfield.C++ GUI Qt4编程(第二版)[M].北京:电子工业出版社，2008.