

基于 MapX 的甚低频通信信号场强预测系统研究*

李光明¹, 宋裕农¹, 初松涛²

(1. 海军潜艇学院, 山东 青岛 266071; 2. 91049 部队, 山东 青岛 266000)

摘要: 利用甚低频电波传播的可预测性, 对其信号场强进行预测, 实现通信效果的精确预报, 可提高对潜通信效能。论述了应用 MapX 技术和波导模式理论开发甚低频通信信号场强预测系统的基本思路、功能设计和实现方法。实际应用表明, 该系统预测结果与实测数据相吻合, 具有很高的工程应用价值。

关键词: 甚低频; 场强; MapX; 计算机仿真

中图分类号: TP311 文献标识码: A

Development of VLF field strength prediction system based on MapX

LI Guang Ming¹, SONG Yu Nong¹, CHU Song Tao²

(1. Navy Submarine Academy, Qingdao 266071, China; 2. No. 91049 Unit of PLA, Qingdao 266000, China)

Abstract: Making use of the prediction of the VLF wave propagation to predict the signal field strength of VLF can implement the accurate prediction of the communication effect and enhance the efficiency of submarine communication. This article presents a series of fundamental ideas, function analyses and implement based on the technology of MapX and the theory of waveguide mode. The practical applications show that the prediction results are accord with the measuring datas and this system has very high engineering value.

Key words: VLF; field strength; MapX; computer simulation

甚低频(VLF)通信是海军远程、水下对潜指挥的最有效通信手段。甚低频电波在地面与低电离层之间以一种“波导”方式传播。大量的实验证明, 由于受发射、接收位置、传播路径、太阳辐射、昼夜、季节、气候以及水文条件等诸多因素的影响, 甚低频通信传播参数分布存在明显差异, 导致潜艇在不同海域、不同时间和不同频率的收信效果明显不同^[1]。加上对潜通信采用单向通信方式, 在战时极易造成军令不通、指挥不畅, 致使战机延误, 其后果是严重的。由于甚低频电波传播具有良好的可预测性, 因此应用 MapX 技术和波导模式理论开发甚低频通信信号场强预测系统, 对甚低频通信信号场强进行预测, 实现通信效果的精确预报, 从而对通信过程中的传播影响进行预测修正, 使通信系统工作性能与信道特性达到良好匹配, 对于提高潜通信效能具有重要意义。

地理信息系统(GIS)是在计算机硬件、软件系统支持下, 对整个或部分地球表层空间中的有关地理分布数据

进行采集、存储、管理、运算、分析和可视化表达的信息处理与管理系统。MapX 是 GIS 系统领域比较著名的组件式二次开发平台, 是对象链接和嵌入(OLE)技术的 ActiveX 控件, 其内部提供了 40 多个父类为 MFC 的 OLE 对象, 采用该控件可方便地将地图控制集成到使用标准可视化编程工具 VC++ 等开发的应用中。因此, 甚低频通信信号场强预测系统选用 VC++ 为开发平台, 以 MapX 控件为图形平台进行开发。

1 系统功能

甚低频通信信号场强预测系统主要由基础数据维护子系统、地理信息管理子系统、信号场强分析子系统和系统输出子系统组成。

1.1 基础数据维护子系统

基础数据维护子系统主要包括地面电导率数据、海水电导率数据、电离层数据、地磁场数据和发射台数据等基础数据的更新、综合查询、增加、删除和修改等功能。

* 基金项目: 军队重点预研基金项目(6140426)

技术与方法 Technique and Method

1.2 地理信息管理子系统

地理信息管理子系统提供以下功能:(1)地理信息数据分层显示功能:根据地图视野的范围,自动确定图层的可见性判断,同时可手动控制图层的可见性显示。(2)地理数据编辑功能:根据发射台的地理位置数据,在地图上编辑、修改移动发射台的位置。(3)地图操作功能:地图的漫游、放大、缩小和移动。(4)地图信息查询功能:提供属性数据的可视化。

1.3 信号场强分析子系统

信号场强分析子系统主要功能:(1)现有固定和移动发射台的信号场强分布、通信覆盖范围和多重覆盖查询功能。(2)新建发射台信号场强分布和通信覆盖范围辅助分析功能,具有模拟仿真的能力,可预先评估通信效果。(3)保障某潜艇通信的最佳发射台、最佳发射频率、最佳通信时段和最佳通信海区的辅助决策功能。

1.4 系统输出子系统

系统输出子系统主要功能:(1)提供图形输出功能,系统能按指定地图显示比例范围,输出地图和信号场强分布图及通信覆盖分析结果,并可增加图例、比例尺、标题等辅助内容。(2)提供多种图形格式转换功能。(3)提供数据输出功能。

2 功能实现

2.1 信号场强计算方法

信号场强预测采用目前发展较为成熟的波导模式理论。模式方程如下^[2]:

$$E_{z,n} = \frac{\eta_0}{v_0} \left[\frac{h_c f^2 \Delta_n G_n(z) \cos^2 \phi}{h [R_0 \sin \frac{r}{R_0}]^2} \cdot \exp \left[-\frac{\alpha_n r}{10^6} + i \left(\frac{\pi}{4} - \beta r + \omega t \right) \right] \right]$$

式中: $E_{z,n}$ 为 n 阶模垂直电场(v/m); η_0 为自由空间波阻抗, $\eta_0=120\pi(\Omega)$; l 为发射天线电流(A); h_c 为发射天线有效高度(m); f 为发射频率(Hz); Δ_n 为相对激励系数; $G_n(z)$ 为天线高度增益系数; ϕ 为发射天线相对于地表面的波角; v_0 为自由空间电磁波速度(m/s); h 为电离层假定的发射边界的高度(km); R_0 为地球半径, $R_0=6\ 370(\text{km})$; r 为波传播的距离(m); α_n 为衰减率(N_p/km); β 为波在波导内的传播常数, $\beta=\omega/v$ 。

模式方程仅能对均匀波导中的信号场强进行计算,而由于传播环境媒质特性在时空域中是逐点和瞬时随机变化的,因此信号场强预测模型总是对应于一定时空区间的统计平均特性。在实际的推算中采用路径分割法,将传播路径根据地面与电离层参数的不同分割成若干条水平窄段,在每一段内认为其媒质特性参数(衰减率、高度增益系数、激励系数)是恒定的。分别对各小段传播进行推算,再通过一个模转换模型将各段连接起来,就得到场强随路径分布的预测数据^[3-5]。在实际计算

甚低频信号场强时,首先输入发射台地理参数及接收时间、天线效率,发射功率、频率,接收点地理位置参数,然后算出接收点相对于发射台的距离和传播方向。再根据传播路径的长短及所经过路径的介质不均匀性将路径分段。对于每一小段路径由地面导电率数据库、电离层数据库和地磁场数据库得出相应的数据资料,计算传播参数,然后利用场强计算数学模型算出接收点场强。其计算流程如图1所示。



图1 场强预测计算流程

2.2 MapX应用

MapX 主要用来完成信号场强分布和通信覆盖范围显示与控制模块的制作。该模块为本系统的重要组成部分,主要完成以下功能:

- (1)地图变换,完成电子地图的放大、缩小、漫游等功能。
- (2)地图量算,计算任意路径的长度及两点间方位角。
- (3)态势显示,提供发射台及其信号场强分布和通信覆盖范围的标绘。
- (4)信息查询,提供地面、海水电导率、电离层数据、地磁场数据和发射台相关信息的查询功能。

2.3 实现方法

(1)添加文件

首先把 MapX 控件提供的文件 MapX.cpp 和 MapX.h 包含到工程中去,可通过 Insert 菜单中的 File Into Project 菜单,选中相应的文件来实现,生成 CMapX 类。但不能像使用其他 ActiveX 控件那样,用 component 菜单来实现。因为这样生成的是 CCMAPX 类,用起来极其不便,且会使某些功能受限。将文件加入工程后,就可以在工程中采用如下语句为类创建相应的对象:

```
CMapX m_ctrlMapX;
```

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 83

技术与方法 Technique and Method

(2) 地图加载

MapX 支持的是 MapInfo Professional 格式的电子地图, 可通过以下方式加载:

利用 MapX 提供的 GeosetManage 工具, 将所需显示的图形文件添加进来, 并将当前所有图形集合存为 1 个 XXX.GST 文件, 然后在程序中调用, 代码如下:

```
TRACE0("Old Geoset: "+m_ctrlMapX.GetGeoSet());
m_ctrlMapX.SetGeoSet("世界地图.gst");
TRACE0("New Geoset: "+m_ctrlMapX.GetGeoSet());
```

(3) 定制工具

地图的放大、缩小、漫游等功能可通过 MapX 提供的标准工具来实现。方法简单, 只需设定 MapX 对象的 Current Tool 属性即可。例如, 当需缩小工具时:

```
m_ctrlMapX.SetCurrentTool(miZoomOutTool);
```

对一些特殊的需要, 例如标注发射台站、地图量算等操作, 需用户自定义相应的特殊工具。具体方法是使用 MapX 对象的 CreateCutomTool 方法, 例如:

```
m_ctrlMapX.CreateCutomTool (MYTOOL_STATION, mi-
ToolTypePoint, miCrossCursor)
```

上面语句中 3 个参数为用户预先定义的常量:(1) MYTOOL_STATION 表示所创建的工具常量, 指明是标注发射台, 它可直接引用(如: m_ctrlMapX.SetCurrentTool(MYTOOL_STATION))。(2) miToolTypePoint 是决定工具行为的常量, 表明该工具在鼠标指定位置显示点。(3) miCrossCursor 是直到光标的常量, 表示十字光标。该工具的具体行为则要编写代码来实现。

(4) 绘图

图 2 所示为绘制某一发射台信号场强分布图简要程序流程。以发射台为中心, 依据场强预测计算流程, 逐度逐点进行信号场强计算, 根据每点信号场强的大小渲染为不同颜色, 最终形成场强空间分布图。精度要求不高的情况下, 亦可采用 3°为间隔进行插值计算, 以提高程序运行的速度。下面为部分代码:

```
CMapXPoint pt;
COleVariant vtPoint;
pt.CreateDispatch(pt.GetClsid());
pt.Set(x, y);
vtPoint.vt = VT_DISPATCH;
vtPoint.pdispVal = pt.m_lpDispatch;
vtPoint.pdispVal->AddRef();
m_ctrlMapX.ConvertCoord (&screenX, &screenY, &x, &y,
miMapToScreen);
dc.Attach((HDC)hOutputDC);
dc.SetAttribDC((HDC)hAttributeDC);
dc.SetPixelV(point, (COLORREF)((R*65536)+(G*256)+B));
```

3 系统仿真结果

图 3 所示为某发射台夏季白天发射频率 20.5 kHz 时信号场强空间分布图。从图中可看出, 该发射台信号

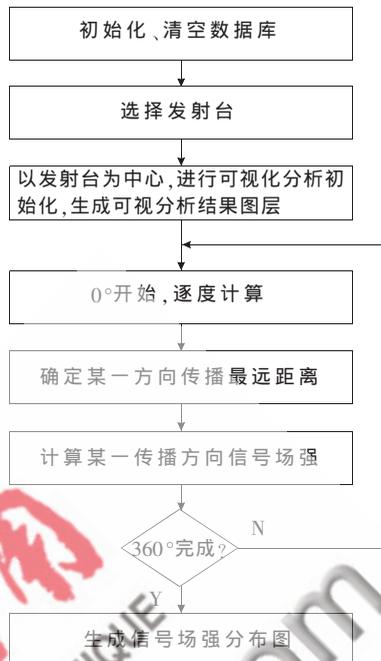


图 2 绘制发射台信号场强分布图程序流程

基本能覆盖整个西北太平洋, 但信号场强分布存在空间不均匀性, 在较近距离也存在信号场强较弱的区域。因此, 通过仿真计算并结合 MapX 进行可视化显示, 可清晰标绘发射台可靠通信覆盖范围, 为潜艇活动区域和收信深度的确定提供依据, 使潜艇主动避开不利通信区域, 提高对潜指挥通信的不间断性和可靠性。此外系统还可辅助进行发射台、功率、通信时间和发射频率的合理选择^[6], 实现通信资源和系统参数的优化配置, 提高对潜通信的效能。

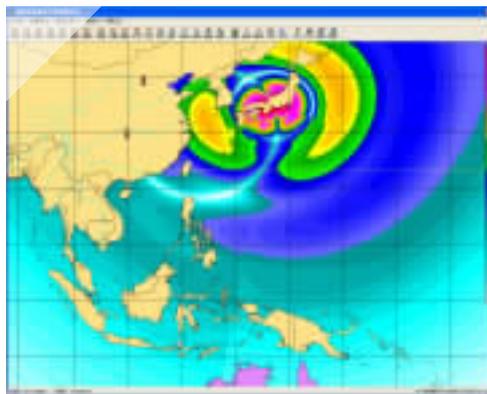


图 3 某发射台信号场强分布图

长期以来, 世界各国海军力求解决的一大难题就是在保持潜艇战斗行动隐蔽性的同时, 如何保证对潜通信指挥的可靠性和不间断性。建立甚低频通信信号场强预测系统的最基本目的是预知发射台有效通信覆盖范围, 并根据出航潜艇所担负的使命任务, 在制定潜艇作战行动预案时选择最佳的收信海区和时段, 为部署潜艇提供

技术与方法 Technique and Method

科学合理的依据。更重要的是,还可以利用预测结果合理地优化和配置通信状态参数,主动适应传播信道,以最大限度发挥甚低频通信系统的效能,对提高潜艇的作战效能具有重大的现实意义和军事价值。

参考文献

- [1] 熊皓.无线电波传播(第1版)[M].北京:电子工业出版社,2002.
- [2] 沃特.甚低频无线电工程(第1版)[M].北京:国防工业出版社,1973.
- [3] FERGUSON J A, SNYDER F P. The segmented waveguide program for long wavelength propagation calculations[R]. San Diego, California :Naval Ocean Systems Center, 1997.
- [4] FERGUSON J A, SNYDER F P. Approximate VLF/LF waveguide mode conversion model[R]. San Diego,California:

Naval Ocean Systems Center, 1980.

- [5] PAPPERT R A, SHOCKEY L R. Simplified VLF/LF mode conversion program with allowance for elevated arbitrarily oriented electric dipole antennas[R]. San Diego, California: Naval Ocean Systems Center Naval Ocean Systems Center, 1976.
- [6] JERRY A. Long wave propagation model [R]. San Diego, California: Naval Ocean Systems Center Naval Ocean Systems Center,1989.

(收稿日期:2009-09-07)

作者简介:

李光明,男,博士,工程师,主要研究方向:潜艇通信、指挥自动化、电波传播。

