

# 圆极化天线在舰地图像传输中的应用

李现亭<sup>1</sup> 齐文军<sup>2</sup> 白龙江<sup>2</sup> 何其洪<sup>1</sup>

1. 中国电子科技集团公司第 54 研究所 2. 91550 部队指控中心

**摘要** 海面属于强反射平面,如何在强反射信道中抑制多径分量,实现信号可靠传输,工程中已积累了许多经验和方法。本文从圆极化天线抑制反射信号的原理、使用和安装的角度出发,提出了在海面强多径传播环境下,采用圆极化天线可以改善图像传输质量。试验结果表明:该方法切实可行,效果明显。

**关键词** 多径干扰 圆极化天线 莱斯信道 莱斯因子

## 1 引言

电波在海面上传输时,反射影响较为严重,而且反射波的幅度和相位随时间在不断地变化,属于时变信号。设备完成舰船到地面数字图像的实时传输,所以系统设计的主要矛盾就是如何解决海面多径反射信号的干扰,从而保证图像信号的可靠传输。开始设计时,考虑抗多径较多采用的空间分集和频率分集措施,然而采用空间分集,需要多组天线,设备笨重,而且对于不同的布放地点,欲得到适当的分集效果,天线每次架设的位置是否合适也不易选择;采用频率分集,设备体积同样较大,且占用的频带较宽,这就带来了试验场区的电磁兼容问题。

如何能够在满足信号传输可靠性前提下,又适合机动使用呢?设计中分别从系统使用的工作频段、调制体制、天线型式以及设备的工作方式等方面采取措施。试验结果表明:采取上述措施后,设备性能稳定,接收图像的质量较好,现场连续无线测试的误码率  $P_e < 1 \times 10^{-6}$ ,满足用户提出的技术要求。

本文从圆极化天线抑制反射信号的原理、天线方向图设计、天线的安装和使用等方面说明:采用圆极化天线技术在海面传播的环境下,可以有效地抑制多径分量,改善图像传输质量。

## 2 圆极化天线抑制反射波效果分析

### (1) 圆极化天线抑制反射波原理

对于强反射环境,必须考虑多径效应的影响。多径信号处理:一种方法是把它视为干扰,阻止多径信号进入或少进入接收机;另一种方法将它作为有用信号的一个分量,先让多径信号进入接收机,再按一定规则进行合并处理,例如空间分集和 RAKE 接收技术等分集措施就是基于这种思路。而采用圆极化天线方式则属于第一种情况,它可以有效地阻止反射信号进入接收天线。

假设收、发天线均采用左旋圆极化。下面简要分析经反射后,左旋圆极化波会变为右旋圆极化波。如图 1 所示,将圆极化波分解为水平极化波和垂直极化波的矢量合成,二者相位差  $90^\circ$ 。

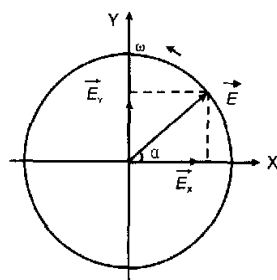


图 1 圆极化波的分解

其中  $\vec{E} = \vec{E}_x + \vec{E}_y$ ,  
合成场的幅度  $|\vec{E}| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = E_m = \text{常数}$ 。

其方向由此式决定:  $\tan \alpha = \frac{E_y}{E_x} = \tan \omega t$ , 即  $\alpha = \omega t$ 。

这表示合成场大小不随时间改变,但方向却随时间而变。当  $\vec{E}_y$  滞后  $\vec{E}_x 90^\circ$  时,合成矢量沿逆时针方向以  $\omega$  旋转,为左旋极化;当  $\vec{E}_y$  超前  $\vec{E}_x 90^\circ$  时,合成矢量沿顺时针方向以  $\omega$  旋转,为右旋极化。因此矢量  $\vec{E}_y$  与  $\vec{E}_x$  相对位置不同,合成矢量的极化方向就不同。当左旋极化波(分量为  $\vec{E}_y$  与  $\vec{E}_x$ )入射到反射面,经反射后,垂直分量  $\vec{E}_y$  不改变方向,而水平分量  $\vec{E}_x$  在方向上被反转,合成的反射波表现为右旋。

圆极化天线对反射波的抑制作用,可以通过下述公式计算。

$$P = 0.5 \pm \frac{2V_1 V_2}{(1 + V_1^2)(1 + V_2^2)} + \frac{(1 - V_1^2)(1 - V_2^2)}{2(1 + V_1^2)(1 + V_2^2)} \cos 2\alpha \quad (1)$$

其中,  $P$  为接收信号归一化电平;  $V_1$  为接收天线的极化轴比;  $V_2$  为发射天线的极化轴比;  $\alpha$  为接收和发射天线两个极化长轴之间的夹角。“+、-”分别对应接收天线与发射天线极化旋转方向相同和相反,二者相同时,取“+”;相反时,取“-”。

### (2) 圆极化天线抑制反射波效果工程分析

工程上采用的接收天线的轴比为 1.5dB,发射  
收稿日期:2003 年 11 月 17 日

天线的轴比为 2.23dB,当两个极化长轴之间的夹角按相对较坏的 45°考虑时,据公式(1)可以计算出:

$$P_{\perp} = 0.0844 = 10.74\text{dB}$$

该数值说明:发射天线如果采用左旋极化,当采用左旋极化天线接收时,理论上接收天线对右旋信号具有 10.74dB 的隔离度,即对多径反射信号具有 10.74dB 的抑制。考虑到天线的制作精度、极化损失和电波传输的复杂性,实际测试的结果:左旋极化接收天线对右旋信号的隔离度是 7.8dB。

假设传输环境为莱斯信道,下面分析当隔离度为 7.8dB 时,采用圆极化天线对系统误码率的影响。

对于莱斯信道,莱斯因子定义为直射波功率与反射波功率之比。由莱斯因子对误码性能影响曲线可知:莱斯因子越小,则反射信号的总和越强,衰落深度越大,输出相同误码率所需要的信号  $E_b/N_0$  就越大。当反射信号被抑制 7.8dB 时,意味着信道的莱斯因子提高了 7.8dB(数值 6.03)。对比莱斯因子对误码性能影响曲线可以得到:假设系统误码率要求  $1 \times 10^{-4}$ ,当莱斯因子  $\xi = 2$  时,所需要的信号  $E_b/N_0$  约为 33dB;当  $\xi = 2 + 6.03 = 8.03$  时,需要输入信号的  $E_b/N_0$  仅为 16dB,信号质量改善了近 17dB。也就是说:通过采用圆极化天线,在相同发射功率、相同误码率的前提下,系统的储备余量增加了 17dB。

### 3 天线的设计、安装和使用

#### (1)天线的方向图设计原则

考虑到舰船在航行过程中方向的不确定性,本系统发射采用全向天线,而接收采用定向天线。结合使用情况,对接收天线方向图设计主要考虑了如下几个问题:

①舰船运行的速度和执行任务的时间,这决定了天线的波束宽度;

②天线的增益和天线重量,这决定了系统设计的电平余量。天线增益越高,系统的电平余量越大,但相应的天线越重,设计时需要折中考虑;

③从抑制多径信号角度出发:天线方向图越尖锐,反射波进入天线主瓣的概率越小,所以精心设计接收天线的方向图对抑制多径信号也可以起到一定作用。

#### (2)天线的安装

发射天线的安装位置有二处可以选择:船的甲板和桅杆。甲板较矮,设备安装和拆卸比较方便,但是当船转向时,会对信号造成阻挡;桅杆较高,装卸均不太方便,然而它不会对信号造成阻挡。理论分析表明:在满足微波通视条件下,收、发天线高度差

越大,对抑制多径信号越有效<sup>[1]</sup>。当接收天线位置固定后,降低发射天线的高度可以减小多径信号的影响,所以天线最好固定在甲板上。

试验时,分别在甲板和桅杆处放置了一台发射机,地面用相应的接收机接收。甲板上的发射机调制的是摄像机输出的视频信号,用于观察图像传输的质量;桅杆上的发射机调制的是误码仪输出的伪码数据流,用于测试系统的传输误码率。试验结果如下:接收的图像除发射天线受到阻挡时有通断现象外,其他时刻图像质量均较好;误码仪连续测试的误码率  $P_e < 1 \times 10^{-6}$ 。

#### (3)天线的使用

设备完成舰船到地面图像的实时传输,地面海拔高于舰船的高度,如果要保证天线接收的信号最强,应使接收天线的主瓣正对发射机,此时接收天线应有一定的俯角。这样设计虽然可以使接收信号最强,但同时也使进入接收机主瓣的多径信号增加,从而使干扰作用增强。当反射信号和接收信号电平相当时,系统将无法区别信号和干扰。如果调整接收天线上仰一个角度,使天线的主瓣稍稍偏离传输方向,也可以抑制多径信号。其原理如图 2 所示。

由图 2 可见,一部分反射波将落入天线的副瓣内,甚至天线方向图的最小方向。由接收天线方向图可以看出,主瓣和副瓣电

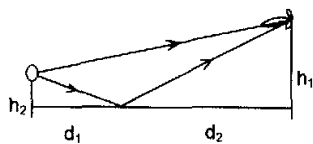


图2 调整接收天线仰角抑制反射信号

平至少差 25dB,也就是说,上仰的天线对进入副瓣内的反射波可以抑制 25dB,因此这种方式也可以极大地减弱反射波的作用。

### 4 结束语

设备分别通过近距离海边试验、近距离海面传输试验、远/近距离海面拉距试验,结果表明:设备性能稳定,运行可靠。在强反射海面传播环境条件下,设备没有采取分集措施而能可靠传输,说明采用圆极化天线对抑制多径信号是有效的,也是可行的。

海面是一种非常复杂的传播环境,如何能实现高可靠性的无线传输一直是人们不断探求的问题。以上所述仅是本人一点经验所得,不妥之处还望大家不吝指正。

#### 参考文献

[1]陈建民.地空天线的高度与多径干扰.无线电通信技术,2000;26(1)

(下转第 47 页)

也没有提高。因此,为了保证通信的可靠性,即保证一定的码率分辨率,通信速率就要有所减小。

从上面的分析中可以看到,采样率的变化既可以在时域,又可以在频域。在频域提高采样率只得到更好的可视频率分辨率。而在时域提高采样率,对频率分辨率没有任何影响。但是,频域采样率的提高(补零 FFT),并不是一般意义上的采样率的变化。因为,数字频率  $\omega = 2\pi$  所对应的模拟频率并没有变化,仍然是采样率  $f_s$ 。

## 6 结论

本文从带通信号的采样定理出发,首先确定出最低采样率,然后以此为基础进行信号的多采样率处理;着重分析了补零 FFT 及其频域采样率的变化。

(上接第 19 页)

接入控制以及安全认证等方面还需引起我们的关注并作相应的工作,进而不断对 AP 的功能进行完善,以此为无线局域网的实用化打下基础。

### 参考文献

- [1] Shiann - Tsong Shen and Chih - Chiang Wu. Dynamic Access Point Approach (DAPA) for IEEE802.11 Wireless LANs. VTC'99:2646 ~ 2650
- [2] 黄振海,李建东,刘乃安等.宽带无线 IP 网卡的研究和实现.西安

(上接第 36 页)

```
backup backupset all;
sql 'alter system archive log current';
backup
filespersect 20
format '/oracle/backup/%d_arch_t%t_s%s_p%p'
archivelog all;
delete archivelog until time 'sysdate-7';
}
```

## 6 结束语

随着数据库容量的增长和数据库连续可用的需要,实施数据库备份和恢复的可用时间变得越来越小,因此如何利用有效的备份工具并结合 Oracle 数据库管理系统的特性来提高数据库备份与恢复的效率,已成为数据库设计中至关重要的一个环节。本文

(上接第 42 页)

- [2] Henry L. Bertoni 著,顾金星等译.现代无线通信系统电波传输.北京:电子工业出版社,2002
- [3] 姚彦,梅顺良,高保新等.数字微波中继通信工程.北京:人民邮电出版社,1993

### 作者简介

从时频对应的角度讨论了采样率变化对频率分析的影响。

### 参考文献

- [1] Oppenheim, A. V. 离散时间信号处理.西安:西安交通大学出版社,2001
- [2] Crochiere, R. E. Multirate Digital Signal Processing Prentice - Hall 1983
- [3] Rodney, G. V. The Theory of Bandpass Sampling IEEE Trans. Signal Process., 1991;39(9)
- [4] Kenneth, F. S. A new FFSK Acoustic Modem for Operation in Adverse Underwater Channels Ocean'97
- [5] Daniel, B. k. The State of the Art in Underwater Acoustic Telemetry IEEE J. Ocean. Engineer., 2000;25(1)

### 作者简介

李 钢 男,华中科技大学电信系,信号与信息处理专业,2001 级硕士研究生。  
黄瑞光 男,华中科技大学电信系,教授,研究方向:通信信号处理、统计信号处理、网络通信。

电子科技大学学报(自然科学版),2002;(8):433 ~ 438

- [3] 王孜,沈建华.一种嵌入式系统无线局域网的设计与实现.计算机应用研究.2002;(9):143 ~ 145

### 作者简介

周国超 男,1978 年生,西安电子科技大学硕士研究生,现从事嵌入式系统的应用和无线局域网网络设备的研究。  
刘乃安 男,1966 年生,副教授,目前主要从事 WLAN 和 RFID 技术的研究。

提出的方法应用在遥感影像数据库中,具有一定的局限性,但通过更好地理解 Oracle 的体系结构,其实现思想和方法可以在多种应用开发中加以利用。

### 参考文献

- [1] Rama Velpuri, Anand Adkoli 著,蒋蕊,王燕等译.Oracle8i 备份与恢复手册.北京:机械工业出版社,2001
- [2] Kenny Smith, Stephan Haisley 著,周琦,韩岷,李渝琳等译.Oracle 备份与恢复培训教程.北京:机械工业出版社,2002
- [3] 胡欣杰著.Oracle9i 数据库管理指南.北京:希望电子出版社,2002
- [4] Thomas Kyte 著,袁勤勇,张玉魁等译.Oracle 专家高级编程.北京:清华大学出版社,2002

### 作者简介

王立申 男,辽宁朝阳市人,1968 年 2 月出生,高级工程师,硕士研究生,研究方向:信号分析与信息处理。  
周常柱 男,副教授,硕士,研究方向:信号分析与信息处理。

李现事 中国电子科技集团公司第 54 研究所遥控遥测专业部工程师。  
齐文军 91550 部队指控中心副主任。  
白龙江 91550 部队指控中心通信设备室主任。  
何其洪 中国电子科技集团公司第 54 研究所天线伺服专业部工程师。

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 关于易迪拓培训：

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com))，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势：

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

## 联系我们：

- ※ 易迪拓培训官网：<http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网：<http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店：<http://shop36920890.taobao.com>