



第六届导航及海上通信 学术年会论文集 (下)

中国电子学会导航分会 编
中国航海学会通信导航专业委员会

导航编辑部

2001年9月

责任编辑：魏 斌

编辑出版：《导航》编辑部

排版印刷：西安导航技术研究所

通信地址：西安 92 信箱 68 分箱

邮政编码：710068

陕西省报刊型资料准印证：第 61—1009 号

ZG4

第六届导航及海上通信
学术年会论文集
(下)

中国电子学会导航分会
中国航海学会通信导航专业委员会 编

导航编辑部

中国 西安

第六届导航及海上通信学术年会

大会主席 千国强

大会副主席 吴兆麟

委 员 任德生 刘人杰 谢世富 季必达

王厚基 王世远 张淑芳

本刊编辑委员会

主任委员 郑德芳

副主任委员 谢世富 刘人杰 李文革

委 员 李洪涛 吴晓进 魏 斌 刘玉民 袁建国

袁红卫 焦守峰 范淑敏 徐 芸 黄晓利

编者的话

在中国电子学会导航分会成立 39 周年之际，由中国电子学会导航分会和中国航海学会通信导航专业委员会联合召开了第六届导航及海上通信学术年会。同时将正式组成中国电子学会导航分会第六届委员会，从此开始谱写导航学会新的一章，令人十分高兴。

本届学术年会收到的论文不少，经专家评审，录用了 62 篇，其中属于导航的在一半以上。文章涉及面广，而且颇有深度，基本上反映了我国近年来科研、生产、使用 and 教学等研究的最新成果。内容丰富，很有参考价值。

特别值得一提的是这次提交论文最多的单位是大连海事大学，信息产业部电子第 20 研究所，以及陆军航空兵学院，海军大连舰艇学院和天津海事局。

目 录

1. 对海上通信现状与未来的思考	华 夏 赵 昕 (1)
2. 扩频通信中窄带干扰的抑制	陈长英 刘人杰 邵方明 (6)
3. 应用于 GPS 抗干扰的自适应调零天线技术研究	党明杰 彭新建 余 昉 刘江宏 (10)
4. 大张角对数周期天线的宽带特性	刘江宏 (15)
5. 短波宽带平面阵列天线系统的研究	刘江宏 (23)
6. 用谱域矩量法分析差分 GPS 微带天线	栾秀珍 邵佑诚 金 红 (29)
7. 用于便携通信设备的小型微带天线	栾秀珍 周方明 邵佑诚 (33)
8. 航海信息——潮流数据库建立方法的研究	王旭东 王 静 王景宇 (36)
9. 离散付立叶变换在窄带干扰抑制中的应用	陈长英 刘人杰 邵方明 (41)
10. 加性高斯白噪声信道差错序列的软件产生	王 静 连 萍 林茂生 (46)
11. 基于 IFS 的海杂波模型	王景宇 李春庚 王百锁 (50)
12. 一种利用宽带卫星网提供 Internet 业务的结构	连 萍 王 静 (53)
13. 新型 GMDSS 综合测试仪	张庆平 (57)
14. GMDSS 系统功能检验和技术性能测试	张来保 李光宏 (60)
15. 关于 GMDSS 系统中的 NBDP 窄带直接印字电报的探讨	赵文祥 (65)
16. 空管设备集中监控系统	胡汝林 (75)
17. 谈 VTS 的交通组织功能	杨会明 (83)
18. 浅论 VTS 与船舶冰期航行安全	吴景波 (89)
19. VTS 系统投资和收益的评价问题	刘人杰 邵方明 柳晓鸣 (94)
20. AIS 的现状及其关键技术的分析	李瑞洋 柳晓鸣 (100)
21. AIS 与 VTS 融合技术的研究	刘 畅 刘人杰 (105)
22. 通用船载自动识别系统 (AIS) 的研究	刘 畅 刘人杰 (109)
23. AIS 技术在 VTS 中的应用展望	杨会明 (115)
24. 通用 AIS 在 VTS 中的应用分析	李国成 史光平 (120)
25. AIS 的信息融合与目标跟踪	索继东 柳晓鸣 刘人杰 刘玉民 (126)
26. 用 Huffman 编码实现的 VTS 通信话音记录器	王 昕 柳晓鸣 (131)
27. VTS 系统中 VHF 语音的回放	王 昕 柳晓鸣 (135)

28. 雷达控制器	冯 浩 柳晓鸣 (140)
29. 雷达信号记录仪的设计与实现	张 静 索继东 刘玉民 (145)
30. AEV 技术在海上油田安全管理中的应用	柳晓鸣 刘昌文 (148)
31. MSM6882-5MSK 调制解调器的应用	夏志忠 姚 晓 刘爱娟 马云升 (153)
32. DSC 系统 CNM-159A DSC MOD 单元板的电路分析	徐 成 (158)

对海上通信现状与未来的思考

华 夏 赵 昕

(青岛远洋船员学院)

摘 要: 本文论述了海上通信的现状、现存的一些主要问题及目前解决这些问题的方法; 阐述了技术革新是解决海上通信中现存问题、提高通信质量的根本途径, 提出了解决现存问题、提高通信质量的一些技术方案。

关键词: GMDSS 误报警 集中控制 自适应 高速数据传输
软件扩展技术

自 GMDSS 全面实施以来, 海上通信, 尤其是海上遇险与安全通信较之摩尔斯报时代, 在技术上有重大突破, 通信质量上有了很大的提高, 遇险与安全通信有了可靠的保障。

GMDSS 通信系统除担负遇险与安全通信外, 也提供常规通信。

目前海上通信系统除有 GMDSS 通信系统外, 还有诸如 MARITLX、Globe Wireless、GLOBALSTAR、ORBCOMM 及 ICO 许多通信系统。

目前海上通信仍以电传、电话、传真为主要通信手段, 数据传输、高速数据传输、互联网等仅占很少份额, 多媒体通信和电子商务等则在运筹之中。

海上通信从使用传统的摩尔斯电报和模拟电话终端, 进行用单一的调制方式、单一的模拟信号传输, 发展到今天使用数字选择性呼叫、电传终端和个人计算机终端; 采用模拟和数字传输、多种调制方式, 逐渐改变陈旧落后的状态, 进入了海上通信的新时代。

但是, GMDSS 全面实施以来, 全球通信领域有了飞速的发展, 新技术、新设备、新系统层出不穷, INTERNET 风靡全球, 全球已经进入了信息时代, 海上通信的发展滞后于全球通信的发展, 海上通信的现状与信息时代不相适应, 与今天海上运输发展的需求不相适应。下面就海上通信的现状、现存的一些主要问题, 解决这些问题的方法及提高通信质量的一些技术方案谈一些笔者的看法。

1 海上通信的现状

无线电通信正处于剧烈变革的时代, 海上通信虽全面实施了采用先进技术和适宜通信方式的 GMDSS, 但目前无论是设备还是使用人员两方面均存在一定的问题。

GMDSS 主要包括海事卫星通信系统和地面频率通信系统, 海事卫星通信系统提供全方位, 高质量、高可靠性的通信服务, 是遇险通信的可靠保障, 但其通信设备和通信费用均较贵, 进入信息时代, 需进行大量的信息交换, 这缺点就显得尤为突出。

地面频率通信系统包括中频, 高频和甚高频无线电通信, 中频和甚高频通信的通信质

量及可靠性较好，但通信距离有限，高频虽可实现远距离通信，但由于它是利用电离层的反射实现通信的，致使其工作不稳定、可靠，地面频率通信系统显著优点是，通信费用较低廉。

GMDSS 实施之后，许多船舶都取消了专职无线电人员，由驾驶员承担通信任务，使用人员变了，但是，通信机制基本沿用了原有的机制，智能化程度较低，目前大多数使用人员都仅能完成通信任务，而不能充分利用和挖掘通信系统的潜能，尤其是当设备一旦出现故障时，则常常是束手无策、茫然不知所措。

GMDSS 包含有多个分系统，各分系统包含有多种类型的设备，而各种类型的设备又由各生产厂家提供型号各异的设备，由于没有统一的标准和操作界面，致使用户界面和操作方法千差万别，操作繁杂不易掌握和记忆，这种状况极不适宜于通信技能较低、人员流动极为频繁的今天。

GMDSS 设备生产厂家在设备研制时，常侧重功能的开发，各项功能独立分散，很少结合通信程序整体设计，因而致使设备分散、体积大和占用空间多，GMDSS 的各种设备大都由几个相对独立的组件组成，许多组件都由各自的微机控制，如组合电台的单边带收发信机，DSC 终端和 NBDP 终端大都有各自的控制台，如此微机资源浪费，且设备容易产生故障。

数字选呼技术是实现通信自动化的基础，在 GMDSS 中虽有 DSC（数字选择性呼叫）终端设备，但目前仅在遇险与安全呼叫中得到普遍使用，在非遇险与安全呼叫中由于没有合理布点，没有形成全球或局域呼叫网，不能实现漫游寻呼，由于 DSC 格式固定，可传输信息量较少，这阻碍了船岸通信自动化的发展。

全球已经进入了信息时代，各国都在建立信息高速公路，航运业人士也意识到船岸之间必须建立高效、高速和低廉的数据通信链路，因为世界海运正朝着船舶管理自动化和船舶岸基管理的方向发展，今后船舶管理将越来越依赖于岸基，诸如电子报关、电子海图的修订、备件供应、远程主机故障诊断等。目前许多船公司都借助于计算机对船舶进行管理，在船上配备了计算机，有的船上配备了多台计算机，配备了多种操作系统软件，但这些计算机大都是单机使用，软件大都仅用于完成某项功能，如货物配载、防避台风决策等，多数船未实现船内计算机联网，实现资源共享，更未实现与陆地计算机网的联网。INTERNET 风靡全球，通过国际互联网发送电子邮件，其费用比通过电传网发送要便宜的多，但目前船岸间信息交换的主要手段仍是电传、电话和传真，仅在局域区域和少数船舶上使用了电子邮件等数据通信手段。

GMDSS 设备使用人员存在的主要问题有：

- 1) 培训中学过的设备和船上配置设备不同，不能融会贯通，操作产生一定困难；
- 2) 驾驶员缺乏足够无线电知识和通信业务知识，致使在通信时无所适从、错误百出，或虽能完成通信，但缺乏时效；
- 3) 误报警对海上通信产生严重干扰，对航行安全造成威胁，误报警时有发生，究其原因，除某些设备设计不周，容易意外发射外，大多数则是由于使用人员不熟悉设备或不负责贸然实施或对无线电规则理解不透或管理不善等原因所造成。

2 加强 GMDSS 培训, 弥补现存缺陷

目前船用 GMDSS 设备大多数是近几年才配置的, 不可能在短期内增补或更新换代。因而只能通过加强对使用人员的培训, 提高他们的素质来弥补现存设备和人员的某些不足。

1) 在通信系统的培训过程中, 通信程序和无线电规则中的有关规定始终应是一条主线, 每个终端设备也应围绕通信程序来讲。培训中常见驾驶员只会具体操作步骤、完成某一功能, 但要完成整个通信过程就显得十分困难。各产品操作方法不同, 但通信程序是共同的, 通信业务知识融会贯通, 操作使用不同的设备就不会成为难题了。

2) 培训是减少人为误报警的有效措施, 在培训中, 对具体设备, 要讲如何进行遇险报警, 但目前对如何避免误报警, 一旦误报警后如何取消误报警讲的较少。这方面应引起培训人员的足够重视。《无线电信号表》第五卷中规定了各种设备取消误报警的程序, 例如, VHF DSC 误报警的解除: 立即关发射机, 再开机并设定 CH 16 信道向“所有电台”广播, 提供船名、呼号、MMSI 码、解除误报警; MF、HF、DSC 误报警后, 应立即关机, 再开机, 视情况, 选择与误报警相同的频段的无线电话遇险频率, 调机后向所有电台广播, 内容同 VHF。在培训时, 所有设备讲完后, 应综合归纳 GMDSS 中各种遇险报警手段, 并进行如何避免和消除误报警的训练, 并可列入考核内容, 使学员充分认识不正确操作的危害性, 以减少误报警的人为因素。

3) 培训中应增加新技术新知识的内容, 一方面促进教师不断学习, 知识常备常新, 不断提高教学水平, 使培训更加充实; 另一方面使学员不断了解新技术、新发展、新动向、放眼未来, 更有利于工作。

3 应用新技术, 有效克服海上通信现存缺陷

要较好地克服海上通信中现存的某些缺陷和克服某些人为因素, 提高海上通信质量的根本出路在于技术更新, 随着科学技术的不断进步, 原先认为是不可克服的固有缺陷, 现有可能得以克服, 如原认为短波通信工作不稳定、可靠是由于利用电离层反射所造成的, 它是不可变更的固有缺陷, 但现应用新技术, 这一缺陷将有可能得到弥补。笔者认为, 为提高海上通信的质量, 可在新一代船用通信设备中应用下述新技术。

3.1 船舶通信智能化

目前, GMDSS 通信系统包括了许多分立的船用 GMDSS 设备, 这些设备自成一体, 相对独立, 每一设备都由各自的计算机控制, 当欲进行通信时, 需由操作人员根据船舶所航行的海区, 选择适当的通信设备进行通信。今后 GMDSS 设备应有高性能的计算机作平台, 通过各种扩展的接口连接地面通信系统、卫星通信系统、EGC、NAVTEX 接收机等全部 GMDSS 设备, 不论哪个厂家生产的哪一种类型的设备, 操作人员不直接与它们打交道, 而由工作平台集中控制, 利用主菜单选择通信设备, 再由分菜单操作控制各设备的功能, 以统一操作界面进行操作, 使操作简便易学, 并能满足 GMDSS 和无线电规则中的全

部要求。各设备由中控机集中控制、统一管理,甚至实现智能化管理,作为工作站的计算机应有较好的性能,工作站进行系统设计时应采用多总线结构,可按不同速率设置不同通道;有较强的联网和分布式处理的能力,能配置多任务,多用户分时交互工作的操作系统。除现有的通信方式外,还能利用 INMARSAT 系统和 MF/HF 数据通信系统收发 E-MAIL、在技术上采用超标量技术和多 CPU 技术。这样的系统既能克服多种设备多个控制器的缺点,实现统一集中控制,即节省了微机资源,又克服了各厂家产品繁杂不统一的特点。能规范各厂家产品的人机对话界面,便于设备的统一和人员操作与培训。当进行通信时,只需进行简单地操作,系统便会根据船舶所在的位置,地理区域,无线波传播条件,优选最佳通信设备和具有最低通信费用和最佳传播条件的通信信道,自动完成通信链路的建立。现已有一些厂家正致力于把 GMDSS 设备和现代通信技术、计算机技术结合起来的研究,并已有把 GMDSS 设备和现代通信技术,计算机技术结合起来的船舶通信智能化雏形产品。相信今后一定会有更趋完善的智能化产品出现。

3.2 建立呼叫中心,实现漫游寻呼航行于世界各地的船舶

建立全球或区域寻呼网,选取合适的网点和呼叫频率建立呼叫中心,各呼叫中心之间通过专网或国际互联网连接。当接收到用户的呼叫申请时,呼叫中心根据船位报告确定最佳首发呼叫台,对船舶进行呼叫,被叫船收到呼叫后应答,完成呼叫,或传送短信息或转至相应设备进行后续通信。

3.3 自适应通信技术

自适应通信技术是指在通信的各种环境下,尽可能达到最佳通信效果而采用的对信道、信号、天线等的实时处理技术。目前应用于短波通信的主要是频率(信道)自适应技术,它可以克服短波通信受电离层、太阳黑子和地磁场等影响而使工作不稳定的缺点,使短波通信系统能实时地或接近实时地选用最佳工作频率,以适应电离层的种种变化。克服多径衰落效应,提高抗干扰能力。

频率自适应技术包括自动选频建立通信链路和自动调频技术。

通信系统在所有已编程信道上发送探测信息,接收方根据接收的信息质量,对信道进行综合质量评估,由好到差顺序排列并存入存储器中,以便通信时选用。

通信时,主叫台自动选择最佳可用信道进行呼叫,接收方则对已编入本台地址的全部信道进行扫描,随时准备接受对本台的呼叫和应答,如由分布在全球合适的地理位置的十几个岸台组成的 GLOBLE E-MAIL 系统,在短波信道上进行数据通信,该系统要求每一 HF 信道空闲时自动播发由本台识别码组成的“自由信号”,船舶数据终端控制接收机扫描,捕捉各信道的“自由信号”,将其中强信号作为可选信道的依据进行存储。当进行数据通信时,自动选择最强信号的信道,若最强信号的信道忙,自动依次选取下一个频道使用。

在进行通信的同时,电台仍应对通信的质量实施监督。当正在通信的信道受到强烈干扰,使通信质量下降到低于门限值时,通信双方将自动切换到另一个信道上工作,这就是自适应跳频技术。这是自动频谱分析处理技术和跳频传输处理技术的结合。首先要对频谱的占有率进行分析,经过自动频率分类,找出无干扰和未被占用的频率点,然后在这些频率上进行跳频;还应能根据需要,自动改变跳频序列来有效地适应电磁波的各种变化。这项技术能大大提高通信的抗干扰能力,同时也解决了操作人员不能适时正确选择工作频率

的问题,补偿了操作人员对通信业务不够精确的缺陷。

跳频是在一个预定的伪随机码序列的控制下,使发送信号的载波以伪随机离散取值的方式,针对不同的干扰进行跳变,并要求接收机的本机振荡信号除了总是与接收信号的载波频率相差一个固定的中频以外,还要随时与接收信号有相同的跳频规律,并且跳变的起止时刻完全同步。所以在这项技术中,对跳频的方案,跳频带宽,跳频数目,跳频速率,跳频频率表,频率合成器,伪随机码发生器等,都要有相应的技术指标和规范。

3.4 高速数据传输技术

用短波信道进行数据传输,主要的问题是短波多径效应,导致接收端信号相位起伏,包络形状畸变等,增加了码间的干扰和错误的概率,所以较难提高传输速率。例如目前 Globle-Email 系统的最高传输速率只有 600bps。要提高传输速率,主要是要不断发展和完善调制解调技术,进行短波数据通信要依靠短波 MODEM 来实现。目前的短波 MODEM 有多音并行和单音串行两种。多音并行 MODEM 是把待传输的一路高速率的串行数据信号变成多路低速率的信号,同时进行发送传输,在接收端重新恢复为串行高速信号。在短波信道的有效带宽内,用若干副载波来并行传输信息,每个副载波留取一定的保护时隙,并采用尽可能长的码元信号来避开或削弱码间串扰的影响,采用正交相移调制技术。但这种体制有频率利用率不高,功率利用率低,抗选择性衰落性能差的缺点。

单音串行体制是利用自适应信道均衡技术来补偿信道状态的变化,用先进的数字算法,自适应差错控制等方法,对误码率进行信号控制,用速率自适应技术使线路在条件变化时也能保持良好的性能。它的传输速率高,频谱利用率高,并有抗干扰、保密性强和高速数据突发能力强等优点。这种体制,有赖于自适应算法的进步,是国内外积极探索的重点。

3.5 软件扩展技术

这项技术是通过软件编程灵活的实现各种功能。从而实现各种体制的通信系统的兼容,并通过加载新的软件引入新业务、新技术,这就可以大大降低硬件成本,缩小设备体积和缩短设备研制时间。例如在数据传输过程中,需要帧同步,可以通过硬件实现,也可以通过软件得以实现。通过软件实现,可大大地缩小设备的体积,并且无需更新设备,便可实现升级换代。

现行的 GMDSS 船用设备多为分立式的,每种设备完成一种或几种通信功能,各种设备有许多共同的部分,各设备使用相同的外设,例如,打印机、终端显示单元、电源、电话、传真机和数据传输设备等;使用相同的部件,例如,低放、功放、频率合成器,液晶显示和电源等。新一代 GMDSS 设备可采用两种方案,一种是单机方案,每一通信分系统有各自的主框架,而适用于各分系统的各种功能如 DSC、NBDP、声卡和显示卡等则均做成模块,各种模块和打印机、显示器等外设均有各自的驱动程序,通过软件设计,各种模块和外设可加到各种设备的主框架中,各种设备可使用相同的用户界面。另一种是集成方案,把各分系统的共同部分集成在一起,做成主框架,各分系统的特殊部分做成外设,通过接口或网络与主框架相连,由主控台选择和控制各通信分系统的工作。

随着 INMARSAT 第四代卫星在 2004 年投入使用,以它为代表的海上电子商务和融话音、数据和图像为一体的多媒体通信的序幕将拉开,海上通信的功能和通信质量将会得到进一步提高,将会适应海上运输发展的需求,与全球通信领域同步发展,共同步入信息时代。

扩频通信中窄带干扰的抑制

陈长英 刘人杰 邵方明

(大连海事大学信息工程学院)

摘要: 提高接收信号的接收质量是扩频通信中的关键问题,而在制约接收信号质量的诸多因素中,窄带干扰的影响是一个比较关键的因素。本文对以前在这方面的研究成果做了概括性的回顾,并对今后进一步的研究谈了自己的看法。

关键词: 扩频通信; 窄带干扰; 干扰抑制

1 引言

窄带干扰对扩频通信中接收信号质量的影响是国内外比较关注的课题。其中国外在这方面的研究较多。应当说,扩频系统本身发送的宽带信号使它具有有一定的抑制窄带干扰的能力,由于窄带干扰信号经过解扩,其频谱扩展为整个扩谱信号所占的频带,因而其幅度下降,对扩谱信号的影响减小,但是这种能力的大小取决于其扩展因子的大小,扩展因子越大,对窄带干扰的抑制能力越强。由于扩展因子的增大程度受到一定制约,因而在保持扩展因子不变的情况下,可以考虑采取其它的措施。

2 窄带干扰的抑制方法

在这方面的研究成果大致可归结为:滤波法;频率分集法;高阶累积量法;多用户检测法。

2.1 滤波法

这是以前研究较多的方法。这方面的研究成果可归纳为以下几个方面:

基于线性预测和常规的谱分析方法基础上的自适应算法^[1]。将干扰的抑制方法分为参数法和非参数法。非参数法因为没有干扰特征的先验知识,因而得名。它使用 FFT 算法进行谱分析,由此确定一个合适的横向滤波器。它是基于伪码(PN)序列的功率密度谱相对平坦而窄带干扰的频谱则很尖锐的特点,先对接收信号的功率谱密度进行估计,然后将设计的干扰抑制滤波器的频谱取为被估计的功率谱密度在等间隔频率间隔上的平方根的倒数。这样当接收信号通过滤波器时,窄带干扰所占的频带受到很大衰减,而其它频带的

衰减很小。参数法是将窄带干扰模型化为白噪声通过一个全极点滤波器产生，它是基于线性预测方法的基础上。设计出的干扰抑制滤波器是一个全零点的横向滤波器，零点的位置对应于估计出的极点位置。零点的位置与真实的极点位置重合得越好，窄带干扰的抑制效果就越理想。

非线性技术。此方法是通过研究直接序列信号的二进制特点而得到非线性滤波器，它对窄带干扰的抑制效果要优于线性滤波器。可以看到，如将窄带干扰模型化为一个阶数为 p 的高阶 AR 过程，在此基础上得到的接收信号状态向量 X_k 的第一个元素即是干扰 $i(k)$ 。通过估计状态向量 X_k 就可得到干扰 $i(k)$ 的估计。此结论的前提是假定 AR 过程的参数对接收机已知。Masreliez 研制了一个近似条件均值 (ACM) 滤波器，可用于实际估计状态向量 X_k 。假定状态向量 X_k 的状态预测概率密度是高斯的，具有均值 X_k^- 和协方差矩阵 M_k 。在此假定下， X_k 的估计 $X_k^{\wedge}$ 和它的协方差矩阵 P_k 可通过更新方程回归得到。通过解此回归更新方程，即可得到状态向量 X_k 的估计值 $X_k^{\wedge}$ 。

利用实时付氏变换。接收信号首先通过窗函数的加窗处理，以把干扰的能量集中在一个相对较小的频域范围内，防止能量扩散造成干扰去除过程引起的扩谱信号的大量失真。再将结果通过付氏变换变到频域。假定干扰的频带是固定的，干扰的抑制是将变到频域的信号乘以一个陷波函数，陷波的中心频率固定在干扰的频率中心，陷波的带宽由干扰的频带宽度和窗函数的频带宽度决定，最后将处理的结果通过付氏反变换变回到时域。

采用具有回归结构的数字滤波器。此方法先对干扰的频率进行估计，然后根据估计的频率得到带通误差滤波器的滤波器系数，滤波器的中心频率位于估计的频率上，得到的滤波器具有回归结构，实现起来仅需六次乘法而且具有近似的零相位。将接收信号减去误差带通滤波器输出的信号即可实现干扰的抑制。

采用线性最小二乘估计方法。此方法采用最小二乘准则预测接收信号的当前值，然后将预测值从实际的接收信号中减去。由于 PN 序列信号和高斯白噪声都是不相关的，因此不能预测，最后只有干扰从总的接收信号中减去。

采用判决反馈和横向滤波器结构。此方法的特点是用判决反馈和横向滤波器取代以前的双边横向滤波器，目的是为了减少对有用信号产生的畸变，从而使得抑制窄带干扰的能力提高。采用此种结构后，误差传播的影响还可大大减小。

Widrow-LMS 方法。此方法用于对干扰进行线性预测，它采用梯度算法更新横向滤波器的抽头权重向量，无须对样值的协方差矩阵计算和求逆，而且对维纳-霍夫方程的解提供了渐进的无偏估计。

使用平方限制的最小均方误差滤波器。此方法是在原来的最小均方误差方法的基础上又增加了一个限制条件，即除了要满足最小均方误差准则外，还应使抽头权重向量的共扼转置与 $L \times L$ 的单位矩阵以及此抽头权重向量三者的乘积是一个标量。通过合适地选取 $L \times L$ 的单位矩阵和标量的值，使滤波器在干扰处具有非常陡峭的槽陷。此方法只适用于单音干扰。

使用自适应格型滤波器结构。此方法是将原来的 LMS 横向滤波器结构改为格型结构。它的特点 1 是滤波器包含了所有低阶的滤波器，总的误差的最小化归结为各级局部的最小化，2 是收敛速率由输入信号的自相关矩阵的实际特征值决定而不是由特征值的扩展决定，因而收敛时间比相应的 LMS 横向滤波器更短。

2.2 频率分集方法^[2]

此方法用于抑制限带高斯干扰。信息符号首先由块信道编码器编码，然后交织形成 N 个符号组成的块，块中的每个符号和一个扩频码相乘，乘积的结果去调制脉冲函数的幅度，最后将被调制的 N 个脉冲求和形成发射信号。要求被调制的这些函数应是正交的，占有未知频段的限带干扰存在的情况下，这些函数应具有分离的频率支持，以形成频率分集的效果。在接收端信号先经与发射端的被调制函数集成共扼关系的函数集的解调，再经与扩频码乘共扼关系的扩频码解扩，最后进行解码和判决，它的特点是将干扰的影响限制到经过编码的符号的子集上，不足之处是没有恒定的包络。

2.3 高阶累积量法^[3]

此方法的限制条件是干扰是非高斯的，并且辅助参考信号和干扰高度相关，且可以得到利用。干扰的消除采用自适应噪声消除法完成。参考信号通过自适应处理，使其与干扰尽可能严密地匹配，然后将原始的输入信号与滤波器的输出相减。它的特点是对步长和参考信号的统计特性不敏感。而且当噪声是高斯噪声时，滤波器系数的更新不受噪声的影响。不足之处是计算过于复杂。

2.4 多用户检测法^[4]

此方法假定窄带干扰是由窄带用户发送的数字通信信号，把这个干扰看成是一个虚拟的扩谱用户集合。假定对于扩谱用户发送的每个比特间隔，窄带用户发送了 m 个比特，把这 m 个比特分别分配给一个虚拟的扩谱用户，这样就把干扰看成了 m 个正交的扩谱用户。对于窄带干扰和扩谱信号同步的简单情况，尽管 m 个虚拟用户彼此正交（不相关），但通常第 i 个虚拟用户和扩谱用户存在交叉相关，正是由于交叉相关的存在，使得窄带数据比特对扩谱比特产生了干扰，因此抑制干扰的目的就变为消除交叉相关的影响。解决方法是将匹配滤波器的输出做线性变换（消除交叉相关的影响），干扰的影响就可完全消除。

3 窄带干扰抑制方法的进一步研究

多速率滤波理论是一种比较新的理论，它具有采样速率可变、子带分割等特点，将信号的分析 and 处理放到各子带上进行，各个子带并行处理，使得信号的分析 and 处理更加方便和快捷，为窄带干扰的抑制提供了一个新的解决方法。如将自适应滤波环节放到各个子带上进行，收敛速度会有大的提高。

神经网络方法也可以考虑利用来抑制窄带干扰。因为自适应滤波抑制窄带干扰本身就是一个自学习的过程，而这恰恰正是神经网络所具备的特点。

5 结束语

如今第三代移动通信系统（即码分多址通信系统）正在逐步在我国推广，而原有的窄带通信系统又不能马上退出历史舞台，这样就会形成窄带通信系统和宽带通信系统并存的局面，因此窄带用户对宽带用户的干扰就成了一个急待解决的问题，因此研究扩频通信中的窄带干扰抑制问题更具实际意义。

参考文献

- [1] JOHN W.KETCHUM ,et al. Adaptive Algorithms for Estimating and Suppressing Narrow-Band Interference in PN Spread-Spectrum Systems. IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, VOL. COM-30, No.5, May 1982:913-923.
- [2] Ghassan Kawas Kaleh .Frequency-Diversity Spread-Spectrum Communication System to Counter Bandlimited Gaussian Interference IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, VOL. 44,No.7, July 1990:886-893.
- [3] Dae C.Shin ,et al.Adaptive Noise Canceler for Narrowband /Wideband Interferences Using Higher-order Statistics.IEEE ICASSP, Vol.3, Minneapolic, MN,USA,1993:364-367.
- [4] L.A.Rusch,H.V.Poor.Narrowband Interference Suppression in Spread Spectrum Communications Via Multi-user Detection Techniques.Mobile and Personal Communications, December, 1993:13-15.

应用于 GPS 抗干扰的自适应调零天线技术研究

党明杰 彭新建 余 昉 刘江宏

(西安导航技术研究所)

摘 要: 本文首先计算论证了 GPS 抗同频强信号干扰技术研究的必要性, 简述了自适应调零天线的工作原理, 并举例说明了其工作过程, 对功率反演算法的特性进行了综合归纳, 提出了两种可实现的天线形式, 并给出了 4 元阵列的计算结果和小型化微带天线工作原理的解释, 最后提出了在设备研究中, 应注意解决的问题和今后发展的方向。

关键词: GPS 抗干扰 算法 调零天线 阵列天线

1 引 言

随着 GPS 接收机的大量使用, 它易于受到电磁干扰的问题日益显现出来。GPS 的卫星信号传播到地球表面时是很微弱的, 约为-160dBW, 因而极易受到干扰。

若设 P_s 为卫星信号功率, G_s 为卫星发射天线增益, P_j 为干扰功率, G_j 为干扰发射天线增益。C/A 码接收机输出的信干比可由下式估算:

$$SIR_{out} \approx \frac{P_s G_s}{P_j G_j} \times \frac{\Delta f}{\Delta F}$$

若干扰源与被干扰的 GPS 接收机之间的距离为 100km, 可根据下式估算 C/A 码 GPS 接收机干扰距离和干扰功率之间的关系:

$$\left[\frac{R_s}{R_j} \right]^2 = \left(\frac{\Delta f}{\Delta F} - M_j \right) \left[\frac{P_s G_s}{P_j G_j} \right]$$

式中, $R_s=20000\text{km}$, $R_j=100\text{km}$, $P_s=30\text{W}$, 卫星发射天线增益 G_s 取为 20dB, 干扰天线增益 G_j 取为 3dB, M_j 为干扰容限 (通常为 13dB), 计算出干扰功率为:

$$P_j = 10^{\left(\frac{44-13}{10}\right)} \times \frac{30 \times 100}{1.995} \times \left[\frac{100}{20000} \right]^2 \approx 47(\text{w})$$

可见, 采用 50W 左右的干扰机, 对 100km 范围内的民用 C/A 码接收机可实施有效的