

海上无线电通信 中信息可信度的控制

〔苏〕E. B. 米特里亚耶夫 等著

高志伟 译 胡生甫 校

国防工业出版社

海上无线电通信中信息 可信度的控制

E. B. 米特里亚耶夫
〔苏〕 Ю.Г. 罗斯托夫采夫 著
Ю.П. 雷什柯夫

高志伟 译
胡生甫 校

国防工业出版社

内 容 介 绍

本书主要阐述数据在信道中传输的信息可信度控制问题。书中论述了一种以最大似然法为基础的研究方法,并列举出有关信息可信度的动态估算和通信信道质量估算的实例。介绍了利用在通信信道、离散信道和数据传输信道中的可信度局部估算可获得可信度总体估算的方法。提出了几种利用可信度估算结果自适应处理接收信号装置的工作原理及其电路结构。

本书适于从事无线电系统研究、设计和试验的工程技术人员阅读,也可供大专院校有关专业师生参考。

КОНТРОЛЬ ВЕРНОСТИ ИНФОРМАЦИИ В МОРСКОЙ РАДИОСВЯЗИ

Е. В. Митряев Ю. Г. Ростовцев Ю. П. Рышков
Ленинград "Судостроение" 1979

*

海上无线电通信中信息可信度的控制

Е. В. 米特里亚耶夫

〔苏〕 Ю. Г. 罗斯托夫采夫 著

Ю. П. 雷什柯夫

高 志 伟 译

胡 生 甫 校

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

河北涿中印刷厂印装

*

787×1092 $1/32$ 印张 6 128千字

1987年9月第一版 1987年9月第一次印刷 印数: 0,001—2,920册

ISBN 7-118-00126-0/TN24 定价: 1.25元

译 者 的 话

通信技术自从1837年诞生数字电报以来, 1850年以后出现了高速自动电报机, 到十九世纪七十年代出现模拟电报, 再从模拟电报发展到近代使用的数字通信系统。这一百多年间, 看起来是交替地使用着模拟和数字这两种手段, 但每一步的发展都有所提高, 不断增添新的内容。这里所谓近代使用的数字通信系统, 是指美国的T1数字载波通信系统, 它是采用基带脉冲, 在双绞线上传送二进制(二电平)数字信号, 再生转发器的间隔达数公里。此后, 便出现了许多数字通信系统, 这些系统的能力更强, 采用的媒质有无线电和光纤等等。

随着数字通信技术的发展, 有关信息收集、存储、传输和处理的各種技术不断出现。在建立自动通信系统和其他数据通信系统的时候, 需要通过通信信道传送大量离散信息, 从而又刺激了数据传输的急剧发展。这样一来, 那些原先用于传输模拟信号的实际信道网络, 又必须承担起传输离散信号的任务, 从而实现数据传输。

早先在电报通信中, 就在通信信道内传送了离散信号, 但是数据传输却与电报的传输有着实质性的差别, 这些差别表现在传输速度和传输可信度上。电报通信的传输速率一般为50~100波特, 要在话路内进行数据传输, 速度往往要提高到1200~9600波特, 这就需提高单位频带内传送信息字符的速度(通常用波特/赫表示)。这不仅在技术上会带来

一定问题，而且由于速度的提高，又不可避免地导致数据传输设备更加复杂，而数据传输设备结构上的特点与复杂程度又与设备的可靠性和传输可信度密切相关。这样，可信度控制问题就显得日趋重要了。

通信从话音过渡到数据，这也增加了性能监控的重要性。一般说来，在信号失真值的范围非常广的情况下，数字通信系统的性能变化就显得很大，只要失真超过一定界限，便会使用性能急剧下降。这在性能估价方面产生的问题就比模拟传输的问题要多。模拟信号的逐渐恶化，对于用户来说通常直接变为性能的恶化，并且也容易进行控制。然而，数字信号的逐渐恶化，对系统性能的影响却是不容易被觉察的，直到非常突然地出现引人注目的错误，而且初始错误与性能恶化之间的界限也非常不明显。因此，为了指出这类界限，并且着手进行诊断和维修，就必须进行性能监控。到目前为止，在控制误码率方面所采用的手段大致已有如下四种：

- (1) 使用测试信号的误码率监控；
- (2) 测量信号参数的误码率监控；
- (3) 使用干扰检测法的误码率监控；
- (4) 控制伪错误的误码率监控。

苏联从六十年代初就十分重视提高通信信道内数传可信度和可靠性问题，许多科学家、工程师和高等学校的教师进行过各种研究，发表了大量的著作。随着七十年代中期苏联在国家计算中心网的基础上建立起全国统一自动化通信网，可信度和传输可靠性的问题就更加迫切地提出来了。微电子学的发展，使微处理器和微型计算机在苏联迅速地推广使用，通信自动化系统的建立就逐渐渗透到各个应用领域，海上通信也不例外。

本书是专门就海上无线电通信系统中的信息可信度控制问题进行研讨的著作，它除了对解决海上无线电通信中的信息可信度控制问题有特殊的指导作用之外，对整个无线电通信系统都有普遍的意义，因此有广泛的实用价值。

本书在翻译过程中，得到了陆建勋同志的关怀和 帮助，在此谨表示衷心的感谢。由于译者水平所限，译稿中一定还有不少错误之处，希望得到读者的批评指正。

前 言

研究无线电通信中的信息可信度估算方法及其有关设备，这一课题在B. A. 科捷里尼柯夫所发展的潜在抗干扰理论的各种应用问题中，占据着显著的地位。

作者撰写本书的目的，是要使各位专家对研制一些带有信息可信度动态控制装置的接收机引起高度的重视，这对于自动化海上无线电通信的非稳定信道来说，乃是一项非常迫切的任务。

本书第一章给出了一些必要的定义和概念，对可信度的估算作了定量分析，提出了数据传输系统的各个组成部分，明确了最佳接收与可信度估算之间的相互关系。

第二章介绍了海上无线电通信线路与设备的各种工作方式的特性，通过对这些特性的分析可以确定运用信息可信度控制设备的最合适的领域。此外，本章还简要论述了海上无线电通信所采用的数据传输信道、离散信道，以及通信信道的模型。

第三章论述了离散信道中采用测试控制法和非测试控制法获得可信度估算的最佳动态值，研究了鉴别各种有关可信度假说所采用的算法，分析了进行控制的实际效能与精确度之间的相互关系，在状态方程的基础上综合了用于通信信道状态估算的最佳滤波器。

第四章在第三章所论述方法的基础上，综合对比了离散信道中可信度控制的若干算法，提出了带有传输可信度控制

功能的接收机电路结构方案。

第五章论述了数据传输信道中的可信度控制法、总体可信度估算法，以及在用代码法检测出误码率估算值的基础上采取的离散信道可信度估算法，同时还介绍了海上无线电通信信道中可以采用的若干种干扰抑制器和分离器的算法方案及其电路结构。

目 录

绪论	1
缩略语符号	4
第一章 信息可信度及其控制问题	6
§ 1 关于通信系统的功效和质量的概念	6
§ 2 数据传输系统的组成和各单元的名称	10
§ 3 数字信息传输可信度的定量估算	15
§ 4 数据接收与可信度控制问题	21
第二章 海上无线电通信的信号模型、信道模型和 噪声模型	34
§ 5 海上无线电通信收发信机的工作方式和无线电路特 性简述	34
§ 6 卫星通信系统信息传输的特点及其可信度估算	39
§ 7 可信度的静态模型和动态模型	45
§ 8 海上短波无线电通信的信道模型、信号模型和噪声 模型	52
§ 9 数据传输信道中的时间失真模型和错误序列模型	59
第三章 信息可信度的估算方法	67
§ 10 可信度估算的统计特性	67
§ 11 可信度的最佳测试估算法	71
§ 12 可信度控制中各种假说的差异	78
§ 13 采用非测试控制法估算可信度	85
§ 14 可信度的动态范围及其控制精度	89
§ 15 状态方程在信息传输可信度控制问题中的应用	96
第四章 离散信道中的可信度控制	108
§ 16 可信度控制方法的特点	108

§ 17	非可靠检测信号的可信度控制	114
§ 18	对非可靠检测信号产生算法的管理	119
§ 19	可信度控制设备的分析对比问题	125
第五章	数据传输设备中的可信度控制	133
§ 20	用编码法控制可信度的原理	133
§ 21	可信度总体估算法在数传设备中的应用	137
§ 22	根据码组译码结果估算离散信道可信度的统计方法	143
§ 23	根据码组译码结果控制离散信道中可信度的间接方法	147
§ 24	数据传输信道状态的统计控制	154
§ 25	利用控制结果提高数据传输的可信度	154
§ 26	可信度总体估算信号产生器的电路结构	164
§ 27	逻辑信号处理器与噪声分离器使用的算法	168
结论		178
参考文献		179

绪 论

所谓信息的可信度，无论对收信还是对发信而言，都是确定通信系统质量的一项最重要的性能指标。当把信号与噪声均看作是在平稳过程的信道中进行数据传输时，通常采用信号单位码元的错误接收概率（误码率）和码组(KK)变换概率（误字率）去度量可信度。对于这类信道来说，已有几种所谓最佳信号接收法，可以保证在一定干扰情况下有最大的传输可靠性^[8, 13, 50]。实际上确定在接收机输入端上的信号与噪声分布方式和参数的各种原始数据，通常都是用先处理实验数据，后按时间求平均值的办法，然而，这种做法仅仅适用于各态历过程。

已知的各种信道模型^[13, 19, 23, 35, 38]，对于在信号与噪声诸参数为非平稳过程的情况下通信状态的估算来说，都是不适用的。因此，毫无疑问，正如文献^[58]所指出的那样，当采用文献^[78]论述的那种模型时，每次海上无线电通信所获得的实验数据和计算数据，都存在很大的误差。

应当指出，一次通信的好坏，并不是妨碍获得准确先验估算通信实际状态的唯一原因，因为短波无线电通信的传输可信度还要取决于以下一些因素：通信季节、白昼与夜晚、太阳活动、船只的坐标与岸台位置、干扰情况、采用的设备，以及通信设备的工作方式等等。所有这些因素都会在实际通信过程中对动态估算信息可信度和干扰情况带来问题。干扰和信号特性的不稳定性使得在不知道实际值的情况下，无法

进行可信度的计算评定。

在考虑无线电通信设备的要求时，必须首先提出确定该设备各项质量指标的平均值。根据这一观点，可以说最重要的可信度指标就是所谓双参数指标^[16, 76]，也就是既考虑到通信的可信度，又考虑到通信可信度不低于给定值的概率（这在文献^[16]中叫做通信可靠性）。

对发送信号码元进行最佳接收时，最佳滤波器或者相关器输出端的响应信号及其随后送到判决电路的信号都会随时间发生变化。利用传输可信度控制设备，对这类响应信号的变化进行观测，便可以确定码组各码元的接收不可靠性的等级，并对较短时间间隔内通信信道的状态做出定量估算。然而，由于最佳接收机能够保证有最大潜在的允许可信度，因此，当观测出在该接收机输出端有唯一的响应信号时，如果事先不了解信号能量与噪声功率谱密度之比，那么便不能对接收可信度做出估算。

加到传输可信度控制设备上的信号，可能来自接收机线性部分的输出端，也可能来自检波器、门限电路、自动记录器，以及接收机的纠错设备。

传输可信度控制设备与信息线路并行工作，其功能是要取得对信号与噪声参数的动态估算值。由于这类估算值的误差最小，因此就能反映出真实的通信状况。在规定的时间内，码元的错误接收概率乃是一个随机变量，它随时间的变化可看成是一种随机过程。由此获得的可信度估算值，必要时可以用来控制接收机信息线路的信号处理方式和算法。

目前最为流行的，可算是利用无线电信道的数据传输系统，它能满足下列要求：

——按照双参数指标^[16]估算出的系统参数，应满足一

定的标准;

——无线电信道接收设备中包括传输可信度控制设备,从而可保证按规定精度获得可信度的动态估算值;

——在接收设备中应当能够控制信号处理的算法和工作方式,以便当信号与噪声参数在某种程度上发生变化时提高传输的可信度。

缩 略 语 符 号

ABC	自动沟通通信系统
AMPC	自动化海上无线电通信
АПД	数据传输设备
AC	耦合设备
ACC	自动化通信系统
АСУ	自动化管理系统
БМК	非测试控制法
ВАКР	世界无线电通信行政会议
ГУ	群设备
Д	检波器
ДК	性能检测器
ДК	解调器
ДС	动态系统
ДЧТ	双重频率键控
ИМКО	国际政府间海事协商组织
KB	短波
KK	码组
ЛАГ	假说算法分析器
ЛЧП	接收机线性部分
МККР	国际无线电通信咨询委员会
МККТТ	国际电报电话咨询委员会
МПЧ	最大可用频率

ОФ	最佳滤波器
ОФТ	相对移相电报
ПВ	中短波
ПРД	数据传输设备的发端
ПРМ	数据传输设备的收端
ПС	门限电路
РЛ	无线线路
РПД	无线电发射机
РПМ	无线电接收机
РУ	判决装置
СВ	中波
СНО	非可靠检测信号
СПД	数据传输系统
ССС	卫星通信系统
ТМК	测试控制法
УЗО	纠错设备
УКВ	超短波
УКВП	传输可信度控制设备
УКСК	信道状态控制设备
УПС	信号变换设备
УПЧ	中频放大器
ФФ	整形滤波器
ЧМ	调频

第一章 信息可信度及其控制问题

§1 关于通信系统的功效和质量的概念

在人们有意识的活动过程中，或者在各类自动装置的工作过程中，都必然需要在这个用户（发端）与那个用户（收端）之间进行信息传输。按照文献^[69]的观点，所谓信息乃是指需要保存、传输和变换的对象，而信息的表达形式（如语言、报文、图像等等），就叫做消息。

消息只有在经过变换成为某些物理量之后，才有可能通过通信系统进行传输，而这些物理量就叫做信号，它所表达的概念与消息是完全相等的，并且又是时间的函数。在通信系统的收端，要将发来的信号变换成收信者所需要的消息。

通信系统分为电话、电报、电视等各种类型。数据传输系统在各种终端设备和电子计算机处理设备之间，甚至也在成套使用的各种电子计算机处理设备之间，担负起交换信息的使命。因此，数据传输系统的广泛应用，就使得各种自动化管理系统得以推广到国民经济的一切部门。随着海上船队自动化管理系统的研制成功和推广使用，必然会要求建立自动化的通信系统，其组成部分之一就是数据传输系统。

利用数据传输系统所传送的，是一些特殊形式的消息，即所谓数据。按照文献^[23]的概念，所谓数据都是具有固定格式，并且需要通过技术手段进行处理的一种信息，或者是已经由这些技术手段处理过的信息。显然，数据传输系统可以

看成是通信系统中的一种类型。

信号的传输是在通信信道上实现的，而信道本身又是为确保信息传输所必需的线路、交换和其它技术手段的总和^[28]。为此，在通信信道发端产生的信号，就要通过物理媒质（即所谓通信线路）来传播。在无线电线路中，这种媒质就是自由空间；在电缆线路中，信号则通过对称电缆或同轴电缆进行传播。无线电线路是按无线电信号频率的波段划分的。例如，当前远洋无线电通信使用最广泛的是短波波段的无线电线路，而近距离通信则采用超短波波段。不久的将来，海上无线电通信系统将会由于利用国际卫星中继系统《国际海事卫星》，而采用特高频波段^[32]。

电信号在按线性和非线性电路传输的过程中会产生失真，并且受到干扰的影响。当失真和干扰在通信系统的收端达到一定电平的时候，所接收的信号就可能变换成与发送的信息有所误差的消息。表征通信系统收发消息（信号）之间吻合程度的特性指标，就叫做可信度^[69]。

信息传输可信度与可靠性、实用性、保密性等项指标一起，都是决定通信系统质量好坏的最重要的特性指标。这些特性指标中每种都用一定的量度单位来衡量。衡量通信系统每一种特性的数值，都叫做局部质量指标。各个局部指标的总和决定着整个系统的质量。

有的时候，在评定系统质量时，力图找到一种指标，以便通过它能够计算出所有局部质量指标。在这种情况下，一般是先评定通信系统各个性能指标的相对重要性，然后再找出既与系统的局部质量指标有关，又与各个性能指标重要性有关的泛函关系。用数值表示这种泛函关系就叫做综合质量指标。实际上，在选择通信系统的合理设计方案时，采用