

◀◀◀ 民航特色专业系列教材

现代民用飞机 通信系统

钱小燕 编著



科学出版社

民航特色专业系列教材

现代民用飞机通信系统

钱小燕 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书立足现代民用飞机的机载通信系统和技术,从数据通信和无线通信技术基础出发,对机载数据总线通信、机载话音通信、机载数据链通信和机载网络通信技术进行了系统全面的介绍。全书共8章,内容包括:民航飞机通信技术概述,民航机载数据总线通信技术基础,民航机载移动通信技术基础,民航机载数据总线通信,先进的机载数据传输网络,民航机载移动语音通信,民航机载卫星通信,民航通信网络。

本书可作为民航空中交通管理和飞机电子维修类专业的教材,也可供航空相关专业工程技术人员参考和使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代民用飞机通信系统/钱小燕编著. —北京:科学出版社, 2018.6

民航特色专业系列教材

ISBN 978-7-03-057289-9

I. ①现… II. ①钱… III. ①民用飞机—航空通信—通信系统—高等学校—教材 IV. ①V24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 084378 号

责任编辑:余江 于海云/责任校对:郭瑞芝

责任印制:吴兆东/封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京九州迅驰传媒文化有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年6月第一版 开本:787×1092 1/16

2018年6月第一次印刷 印张:12

字数:284 000

定价:49.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

随着民用航空业的不断发展,飞机数量和载客量日益增加,地面航管人员和航空公司管理人员对于实时掌握飞行数据的需求越来越大。传统依靠地面人员与飞行员之间的语音通信已无法满足安全性、准确性、数据量大的需求,数据通信的优势日益凸显;同时随着现代通信技术的飞速发展以及大规模的建设,民用飞机通信技术也快速进步并逐步完善。民用飞机通信系统是民航飞机之间、民航各部门之间利用通信设备进行联系,用以传递飞机飞行动态、空中交通管制指示、气象情报和航空运输业务信息等的一种飞行安全保障体系,是集成了通信基础、网络技术、移动通信技术的综合技术。

“现代民用飞机通信系统”是民航电子电气专业的专业课,是南京航空航天大学民航学院根据民航空中交通管理与民用飞机(简称民机)维护实际要求建议开设的课程。本书可供民航空中交通管理和飞机电子维修类专业的本科生、高职高专学生参考与使用,也可作为航空单位的新员工的培训教材。本书在选材方面力求将数据通信、无线通信的基本技术和原理与民机的传统通信系统、现代典型通信系统相结合,使读者能够全面掌握机载电子通信的发展、基本通信技术和系统组成以及民机通信的新技术。

本书内容共8章。第1章对民航飞机通信技术进行概述;第2、3章分别从数据通信和移动通信两方面介绍民航机载通信技术的基础;第4、5章分别介绍民航机载数据总线通信和先进的机载数据传输网络;第6~8章介绍民航机载移动语音通信、民航机载卫星通信和民航通信网络等内容。本书的编写力求深入浅出,图文并茂。

作者参阅了大量的相关文献,包括同行学者的有关论著和讲稿,在此谨向相关人士表示衷心感谢。由于时间有限,现代民航通信技术涉及面广,加之作者水平有限,难以做到一书概全,不足之处在所难免,恳请读者和同行批评指正。

编 者

2018年4月

目 录

第 1 章 民航飞机通信技术概述	1
1.1 民航飞机通信技术发展历程	1
1.1.1 民航通信历史	1
1.1.2 民航通信现状与下一代通信体系	2
1.2 民航飞机通信的基础知识	2
1.2.1 民航飞机模拟通信系统模型	2
1.2.2 民航飞机数字通信系统模型	3
1.3 民航通信	7
1.3.1 民航移动通信频谱	7
1.3.2 民航机载移动通信	7
1.3.3 民航机载通信	9
1.3.4 民航通信网络	9
1.4 民航通信的性能指标	10
1.4.1 信息及其度量	10
1.4.2 有效性指标表述	13
1.4.3 可靠性指标的具体表述	15
第 2 章 民航机载数据总线通信技术基础	16
2.1 数据交换的原理	16
2.1.1 交换的引入	16
2.1.2 交换节点中传送的信号	17
2.1.3 电路交换与分组交换	18
2.2 开放系统互连参考模型与节点交换技术	20
2.2.1 开放系统互连参考模型	20
2.2.2 无连接与面向连接	23
2.3 分组交换基本原理	23
2.3.1 分组交换的概念	23
2.3.2 X.25 分组交换网	25
2.4 帧中继技术	26
2.4.1 帧中继的基本概念	26
2.4.2 帧中继工作原理及技术特点	27
2.5 以太网技术	28
2.5.1 以太网的协议结构和网络系统组成	28
2.5.2 共享型以太网与交换型以太网	29
2.6 信道共享的多址技术	31

2.6.1	多址技术	31
2.6.2	竞争的介质访问技术	37
第3章	民航机载移动通信技术基础	41
3.1	概述	41
3.2	无线通信的概念	42
3.2.1	无线电波的产生	42
3.2.2	无线电波自由空间传播	43
3.3	电波传播的几何模型	46
3.4	电波的复杂传播	49
3.4.1	非视距传播	50
3.4.2	多径衰落和快衰落	52
3.4.3	多普勒效应	53
3.4.4	各频段无线电波的传播方式及特点	54
3.5	无线通信技术	55
3.5.1	调制技术	55
3.5.2	抗衰落和抗干扰技术	56
3.5.3	多天线与空时编码技术	59
3.6	天线技术	62
3.6.1	民航机载天线	63
3.6.2	半波振子天线	63
3.6.3	天线的性能指标	65
第4章	民航机载数据总线通信	71
4.1	机载数据总线技术概述	71
4.1.1	机载数据总线技术的发展	71
4.1.2	常用民用机载网络与总线	73
4.1.3	机载数据总线与计算机网络的区别	74
4.2	ARINC429 数据总线	75
4.2.1	ARINC429 总线特点	75
4.2.2	ARINC 429 数据字格式和编码规则	77
4.3	ARINC629 数据总线	81
4.3.1	ARINC629 数据总线协议	81
4.3.2	ARINC629 总线物理层规范	83
4.3.3	数据链路层——介质访问控制子层规范	84
第5章	先进的机载数据传输网络	88
5.1	ARINC664	88
5.2	AFDX 工作原理	89
5.3	AFDX 的端系统协议结构	94
5.3.1	端系统的保证服务	94
5.3.2	端系统的协议栈	95

5.3.3	端口举例	105
5.4	端系统数据流传输协议栈	108
第 6 章	民航机载移动语音通信	110
6.1	概述	110
6.2	甚高频语音通信系统	110
6.2.1	甚高频航空通信的发展历程	110
6.2.2	VHF 通信系统概述	111
6.2.3	甚高频信号收发原理	113
6.2.4	甚高频收发机的自检操作	119
6.3	高频通信系统	120
6.3.1	高频通信系统组成	120
6.3.2	高频收发机接收工作原理	122
6.3.3	收发机发射工作原理	127
6.3.4	高频天线耦合器	127
第 7 章	民航机载卫星通信	130
7.1	卫星通信系统概述	130
7.1.1	背景知识	130
7.1.2	卫星通信系统基本概念与特点	131
7.1.3	机载卫星通信系统的主要运营商	135
7.1.4	航空移动卫星业务	135
7.2	INMARSAT 的海事卫星系统	138
7.2.1	INMARSAT 通信系统地面站	139
7.2.2	通信卫星	142
7.3	机载卫星通信系统	143
7.3.1	机载 SATCOM 的组成	144
7.3.2	机载 SATCOM 的操作	149
7.3.3	卫星与飞机通信网络	152
第 8 章	民航通信网络	153
8.1	概述	153
8.1.1	产生背景	153
8.1.2	ATN 的系统结构	153
8.1.3	现有空-地数据链通信系统的发展	155
8.2	ATN 的协议体系结构	156
8.2.1	ATN/OSI 协议栈	156
8.2.2	ATN 的分级路由	158
8.3	ATN 网络层协议	159
8.3.1	移动路由协议	159
8.3.2	移动路由策略	165
8.3.3	通信子网接口-SNDCF	168

8.4 HF 数据链	170
8.5 甚高频空地数据链	171
8.5.1 ACARS 通信系统	173
8.5.2 VDL2	174
8.5.3 VDL3	177
8.5.4 VDL4	180
参考文献	183

第 1 章 民航飞机通信技术概述

1.1 民航飞机通信技术的发展历程

1.1.1 民航通信历史

20 世纪的第一次世界大战，飞机作为一种战争工具进入世界舞台。第一次世界大战后，大量的军用飞机由军事用途转变为商业用途，专门运输人员和货物的航空公司开始成立。航空公司拥有多架飞机后，地面人员就需要经常与空中的飞行员进行通信，飞机通信技术就此开始发展起来。

早期的地空通信曾经使用目视的方法，例如，灯光、旗帜（模仿自航海用的旗语），甚至于篝火（最早的夜航通信手段），但采用这些方法进行地空通信显然是远远无法满足航空业快速发展的需求。随着 20 世纪初无线电通信技术的广泛应用和推广，无线电通信技术开始被应用在飞机上。早期采用莫尔斯电码进行通信，这是在飞机上最早的数据通信方式。当时在飞机驾驶舱内需要配备一名专职的报务员来收发电报，后来随着无线电模拟调制技术的发展，飞机逐步开始采用模拟语音通信，并取代了莫尔斯电码通信。语音通信简单来说就是对话来实现双方的通信交流；数据通信传输的是文字、图片等信息，如同手机上发送的短信。

模拟通信技术直观且易于实现，但存在保密性差、抗干扰能力弱等缺点，而且这些缺点难以克服。近 30 年来，随着计算机和网络技术的发展和成熟，数字通信技术在越来越多领域逐步取代了模拟通信技术。数字通信技术具有频谱利用率高、抗干扰能力强、纠错机制完善、便于采用计算机处理等优点，因此成为现代通信技术的主流。现代民航飞机上，无论是语音通信设备还是数据通信设备，多数设备实现了从模拟通信技术向数字通信技术的转变。

在某些方面，数据通信具有较大的优势，例如，有朋友要告诉你一件非常重要的事情，用语音还是发短信哪个好呢？如果这位朋友说话有浓重的地方口音，要做到准确传递信息基本上是一件让人崩溃的事情。如果这种情况的对话发生在地面航管人员和飞行员之间，则极易造成理解错误，而通过数据通信，一方面可以有信息记录留底备案，另一方面可以避免语种、口音、语言习惯等多种原因造成的沟通误会。

随着民航飞机的数量和载客量不断增加，地面航管人员和航空公司管理人员对于实时掌握飞机中飞机参数的需求越来越多，传统的依靠地面人员与飞行员之间语音对话了解双方状态、实现信息沟通的语音通信方式，使飞行员难以集中精力，在飞行中容易造成飞行安全隐患，即语音通信已无法满足地-空交流需要，数据通信的优势越发凸显。从 1987 年起，美国的航空公司开始使用一种甚高频数据链——飞机通信、寻址与报告系统(Aircraft Communications Addressing and Reporting System, ACARS)，从此现代数据通信业务在民航地-空通信中发挥着越来越重要的作用，ACARS 在飞机上自动生成数据信息并自动发送给

地面接收站,信息经地面中继站传送到航空公司的计算机系统保留和分析,该系统目前已广泛应用在我国各航空公司。

1.1.2 民航通信现状与下一代通信体系

机载早期通信模式是独立系统通过专用连接线完成点到点通信,在20世纪70年代随着电子技术和处理器的应用发展到系统总线通信,现在和即将应用的机载网络通信模式属于第三代机载通信。

目前,针对航空移动通信系统需要增强已有的战术与战略移动通信服务性能,以提供更多功能、更加灵活、抗干扰和可靠的服务,针对机内通信需要增强传输数据速率、增强实时性应用。从一定程度上,如ACARS、基于VHF通信的数据链服务、通用数据链和航空卫星服务作为第二代无线通信、机载通信总线和网络已经开始实施并在填补这个缺口。

鉴于第三代航空通信系统的技术已经成熟,并且使用的设备成本也在不断降低,未来几年,在当前部分老旧系统导致信息传输拥塞、饱和问题以及在新技术、新体系的可实现性的驱动下,将看到航空通信系统的革新变化。此外,很明显航空通信体系需要合理化的系统、接口、模块等设计,以简化长期使用的整套装备更新模式,提高系统开放性和可扩展性。同时,航空移动通信的伙伴——公共移动通信,已经完成了第三代系统并已经计划向第四代和认知无线电发展,航空通信在新技术、新体制的应用和部署上处于落后状态,但也有优势条件,航空移动通信的发展可受益于移动通信的经验,甚至可以利用公共移动通信技术发展的教训。通过对现有基于先进移动通信标准的模块无线电装备进行移植,并部署到新的航空移动通信中,可以促成航空移动通信的跨越式发展。航空机载通信网络同样受益于现代公共互联网的应用技术。当然,应用到航空通信系统中的技术移植需要考虑应用系统的环境和具体需求,这与其他工业应用是类似的。

1.2 民航飞机通信的基础知识

民航通信是空中运输中信息、指令传输的统称,用于完成消息、文字、情报、指令、图像等信息的传输和交换,完成航空通信所需的一切技术设备和传输媒介统称为民航通信系统。按照民航通信传输交换的范围可分为外环通信和内环通信。外环通信是指飞行器与其他通信终端的信息传输,通常采用无线通信传输方式,可分为空空、空地和空天通信;内环通信是指机载设备内部的信息交换,通常使用有线通信模式,借助电缆、光纤等媒介实现信息传输,主要分为总线模式和网络模式。按照通信过程中传输的信息类型又可分为模拟通信系统和数字通信系统。采用模拟通信方式传输信息的通信系统称为模拟通信系统,包括HF COMM和VHF COMM系统。而用数字信号作为载体来传输信息的通信方式称为数字通信系统,包括ACARS、机载数据总线通信等。

1.2.1 民航飞机模拟通信系统模型

图1.1所示为模拟通信系统模型。从通信系统的信源输出的电信号称为基带信号,在模拟通信系统中,信源输出的为模拟基带信号,基带信号通常是含有直流分量和频率很低的电信号,不适合远距离传输,因此信号需要经过调制。调制是指用基带信号去控制另一作为

载体的信号(载波信号),让载波的某一参数(幅值、频率、相位等)按前值变化。信号调制中通常以一个较高频率的正弦信号作为载波信号,模拟通信系统中常用的调制方式有调幅(AM)、调频(FM)、调相(PM)等。如图 1.1 所示,框图中画出了基带信号采用调幅方式在模拟通信系统中传输时信号波形变化情况。模拟基带信号和载波信号在调制器中实现调制,经过调制器调制后输出的信号称为已调信号。已调信号有三个基本特性:一是携带有信息,二是适合在信道中传输,三是频谱具有带通性质,且中心频率远离零频。经过调幅调制的已调信号为调幅信号,经过调频调制的已调信号为调频信号。已调信号需要经过解调才能将载波和基带信号分离,还原出基带信号,解调是调制的逆过程。典型的调幅信号调制器为乘法器,解调器为包络检波,例如,民航飞机上 VHF COMM 系统为采用调幅调制方式的模拟通信系统。

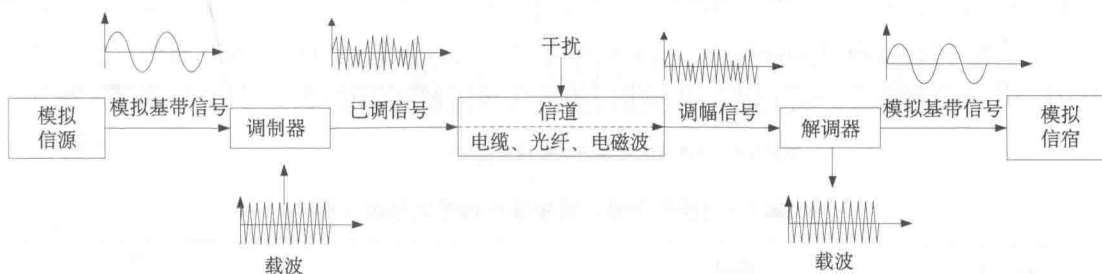


图 1.1 采用调幅调制方式的模拟通信系统模型

基带信号用光波作为载波进行调制,通过光纤作为传输介质,可以实现光纤通信。光纤信道具有传输频带宽、抗干扰能力强和信号衰减小等优点,远优于电缆、电磁波等信道,现在已成为通信领域主要信道传输方式。将基带信号经过调制,“搬移”到较高频率的载波上,在电磁波信道中传输,信号频率较高,则收发双方所需要的天线尺寸较小,维护和使用成本低。在电缆信道中传输,因为电阻具有高通频率特性,即在一定范围内,频率越高,其阻抗越低,所以远距离传输的信号衰减较小。

在模拟通信系统中常用的载波是正弦波,通信系统中传输的信号为电信号,一般采用时域分析和频域分析来理解、描述与分析电信号。时域分析法研究的是电信号的电压或电流随时间变化的情况;频域分析法研究的是电信号的电压或电流等参数在频域中的分布情况,电信号在频域上可以分为基带信号和频带信号(已调信号)。图 1.2 所示为对调幅和调频信号进行时域分析的信号波形,图 1.3 为对调幅和调频信号进行频谱分析的波形。

1.2.2 民航飞机数字通信系统模型

模拟通信技术代表着通信技术的过去,数字通信技术代表着通信技术的未来。计算机技术和互联网技术的发展促进了数字通信技术的发展。数字信号是指电压、电流等电信号参数在幅度和时间上都是离散的信号,例如,现代计算机中使用的二进制信号就是典型的数字信号。由于计算机技术是现代民航通信数字化、网络化的基础,因此数字通信一般指传输二进制数字信号 0 和 1 的通信方式,图 1.4 给出了数字通信系统模型。

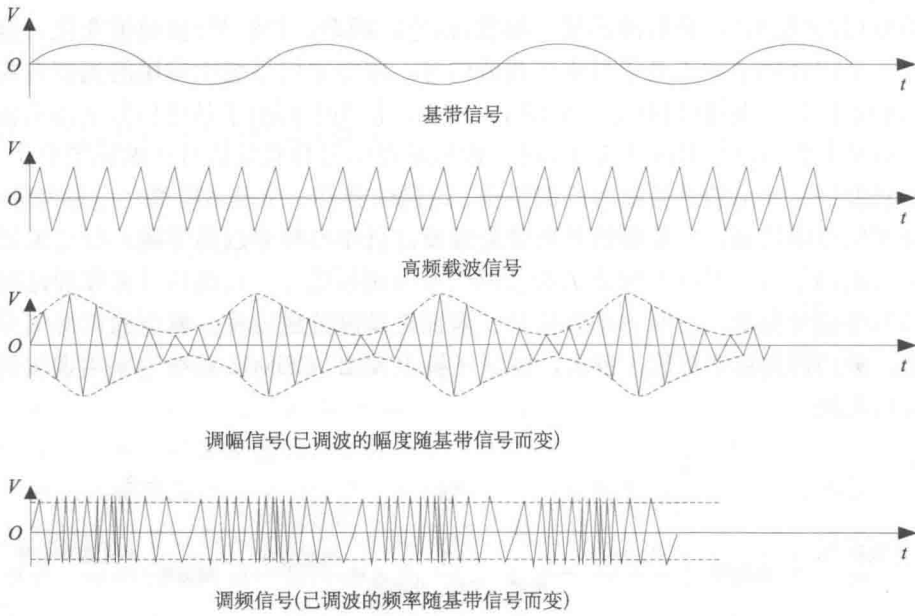


图 1.2 模拟调幅、调频信号的时域分析波形

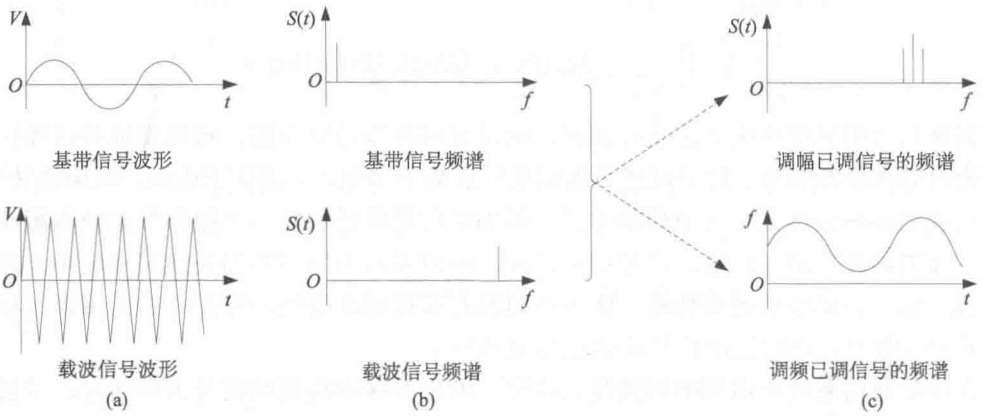


图 1.3 模拟调幅、调频信号的频域分析频谱

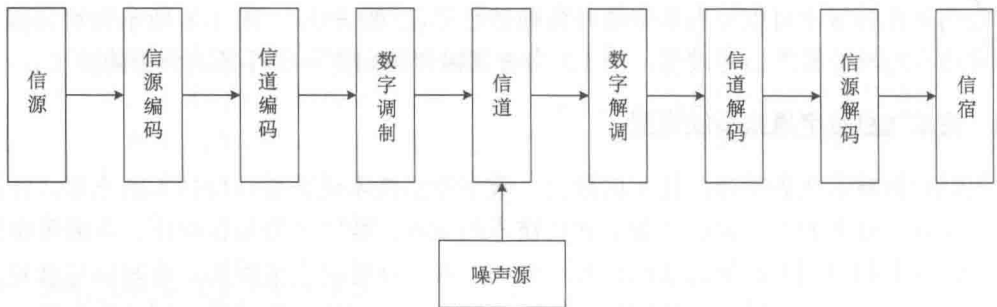


图 1.4 数字通信系统模型

1. 模型简介

与模拟通信系统相比,数字通信系统增加了信源编码器和信道编码器,以及信源解码器和信道解码器等功能模块,这是数字通信特有的功能。下面简要介绍各功能模块的功用。

1) 信源

产生基带信号,包括模拟信号和数字信号,例如,民航飞机通信系统中的信源是 HF COMM 系统、VHF COMM 系统。

2) 信源编码

信源基带信号需要转换成数字信号 0 和 1 才能在数字信号中传输,将模拟信号转换为用 0 和 1 表示的数字量的过程称为模数(A/D)转换,模数转换是信源编码的功用之一。信源编码的第二个作用就是将模数转换后的数字信号 0 和 1 组合成可识别的字符,例如,信源基带信号转换成一串二进制数字“0110001001001”,如果这串数字没有进行编码,没有任何意义;根据某种编码规则编码后,将有不同的含义。在民航飞机通信系统中,常见的十进制数的编码有二-十进制编码(8421BCD 码)、BNR 码、格雷码、五中取二码等,如表 1.1 所示。

表 1.1 民航飞机通信系统中常见的十进制编码规则

十进制数	8421BCD	BNR 码	典型格雷码	五中取二码
0	0000	0000	0000	01001
1	0001	0001	0001	11000
2	0010	0010	0011	10100
3	0011	0011	0010	01100
4	0100	0100	0110	00110
5	0101	0101	0111	00101
6	0110	0110	0101	00110
7	0111	0111	0100	00011
8	1000	1000	1100	10010
9	1001	1001	1101	10001
10		1010		
11		1011		
12		1100		
13		1101		
14		1110		
15		1111		

结合表 1.1 可以看出,同一串“011001010010101110011”,同样要通过编码来表达 0~9 这十进制数,如果采用 BCD 编码,接收端得到的数字为“652573”,而采用典型格雷码编码,接收端得到的数字为“463652”,得到完全不同的含义。这个例子也间接反映出数字通信的保密性好,如果无法知道信号的编码规则,即使能接收全部的二进制数字串,也很难理解码中的含义。

3) 信道编码

信道编码是为了对抗信道中的噪声和衰减,通过增加冗余,如校验码、监督码等,来提高抗干扰能力以及纠错能力,即解决信息码元进入信道传输的格式以及数字通信的可靠性问题。信息发送端对拟传输的信息码元按一定规则(通信双方为准确有效地进行信息传输所约定的通信协议)加入一些冗余码(校验码),形成数据字,数据字经过信道编码后通过信道传输,接收端按照约定好的规则,从数据字中提取信息码元,并进行检错甚至纠错。

4) 信道

无论是模拟通信系统还是数字通信系统,信道都一样分为有线信道(如电缆、光纤)和无线信道(如电磁波)两种。

2. 数字调制

数字调制就是把数字基带信号的频谱搬移到高频处,形成适合在信道中传输的频带信号。数字调制的主要作用就是提高信号在信道上传输的效率,达到远距离传输的目的。民航飞机的 ACARS,通过机载三号甚高频 VHF-3 通信收发机将 ACARS 报文发送到地面台前,就需要数字基带信号形式的报文调制到甚高频载波上才能发送出去。基本的数字调制方式有幅移键控(ASK)、频移键控(FSK)、相移键控(PSK),在数字通信系统中使用最多的是 PSK。

3. 差错控制编码

数字信号在信道中传输时由于噪声干扰容易造成数字信号传输差错,为此在信号发送端需要安装差错控制编码装置,在接收端需安装解码装置。差错控制编码是为了改善数字通信系统的误码性能而使用的编码方法。在发送端,人为地在信息码流中加入一些“多余”的监督码,并使这些监督码与信息码发生某种确定关系。在接收端,则利用这种关系去校验所接收的码是否发生了错码以及错码可能的位置,从而达到发现错码或纠正错码的目的。

在信道中常见的错误有 3 种。

(1) 随机错误。错误的出现是随机的,一般而言错误出现的位置是随机分布的,即各个码元是否发生错误是互相独立的,通常不是成片出现的。这种情况一般是由信道的加性随机噪声引起的。因此,一般讲具有此特性的信道称为随机信道。

(2) 突发错误。错误的出现是一连串的,通常在一个突发错误持续时间内,开头和末尾的码元总是错的,中间的某些码元可能错也可能对,但错误的码元相对较少。这种情况如移动通信中信号在某一段时间内发生衰落,造成一串差错;汽车发动时电火花干扰造成的错误;光盘上一道划痕等。这样的信道称为突发信道。

(3) 混合错误。既有突发错误又有随机错误的情况,信道称为混合信道。

常用的差错控制方式有 3 种,即检错重发(ARQ)、前向纠错(FEC)、混合纠错(HEC),如图 1.5 所示。

(1) 检错重发是在发送端加入能够发现错误的码,由接收端判断传输中是否有错误产生。如果发现错误,则通过反向信道把这一判决结果反馈给发送端,然后发送端把接收端认为出错的信息再次重发,从而达到正确传输的目的。其特点是需要反馈信道,译码设备简单,但实时性差。机载通信设备中常用的是奇偶校验方式,如 ARINC429 总线传输中。



图 1.5 三种差错控制方式示意图

(2) 前向纠错是在发送端加入能够纠正错误的码,接收端收到信码后自动地纠正传输中的错误。其特点是单向传输,实时性好,但译码设备较复杂。

(3) 混合纠错是上述两种的结合,发送端发送具有自动纠错同时又具有检错能力的码。接收端收到信息后检查差错情况,如果错误在码的纠错能力范围以内,则自动纠错;如果超过了接收端的纠错能力但能检测出来,则通过反馈信道请求发送端重发。

1.3 民航通信

1.3.1 民航移动通信频谱

通信可使用电磁波,包括长波、短波、微波,频谱范围为 $30\text{Hz}\sim 300\text{GHz}$ 。长波通信的传输媒介通常为有限线对和长波无线电,短波通信通常使用同轴线和短波无线电作为媒介,微波通常使用波导和分米、厘米、毫米波无线电作为传输媒介。当使用紫外线、可见光、红外线通信时,频率范围在 $10^5\sim 10^7\text{GHz}$,传输媒介通常为光纤和激光。

在民航移动通信领域,当前主要使用的频段为短波、超短波和卫星频段,随着民航通信系统不断发展,已经可用的通信频段包括 HF、VHF、V/UHF、C 频段、L 频段、S 频段、Ku 频段、Ka 频段,在近期的国际无线电大会中还将认证新的航空移动通信频段。航空无线通信的应用频谱如图 1.6 所示。

1.3.2 民航机载移动通信

民航机载移动通信主要包括短波通信、超短波通信、卫星通信。短波通信与卫星通信用于远程通信,且性能可以互补。超短波通信是民航移动通信的主流,主要用于视距传输、航空遥测遥控、空中交通管理系统、数据链传输。

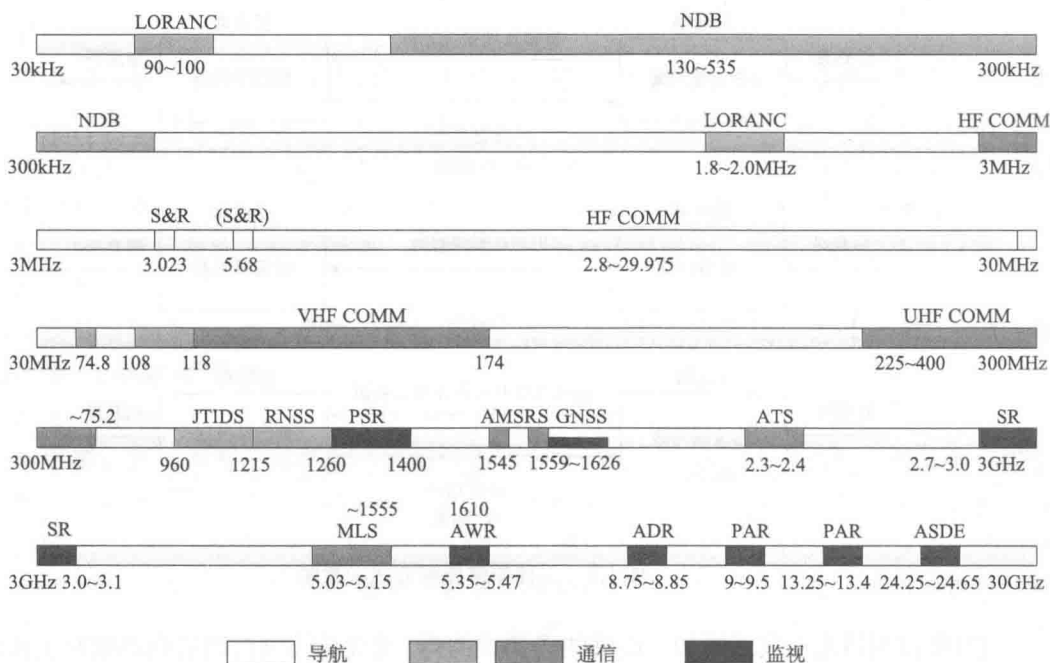


图 1.6 民航通信系统应用频谱

1. 短波通信

短波通信主要应用于通信距离在水平范围内 300km 以上的语音和数据通信,即远程通信。短波通信主要通过电离层反射(天波)机理进行远距离传输,是历史悠久的无线通信方式,系统具有设备简单、使用方便、机动灵活、成本低廉、抗毁性强等优点。当前对于短波通信的跳频扩频应用、软件无线电设计也将逐步融合短波通信到综合航空网络。

2. 超短波通信

超短波通信是自航空通信成体系规范以来应用最广泛的通信方式,其优点是视距传播特性好、可用频带比较宽。VHF 频段航空通信始于 1917 年,在 1947 年随着军事通信保密需求和 UHF 频段的使用,ITU 逐渐对民用航空通信频段进行了规范。V/UHF 通信在近距和中距航空通信中有着 HF 通信无法比拟的优势,VHF 通信可靠性、可用性远远高于 HF 通信,并且可以实现高速率的数据传输。民用航空数据链 VDL 都是基于超短波通信的优良属性进行部署的。随着近年来数字通信技术和通信体系的发展,基于软件无线电的超短波通信设计和开放式通信体系的应用,航空超短波通信在未来全球互联互通的航空通信网络中仍将占据重要地位。

3. 卫星通信

卫星通信是利用通信卫星作为中继的远程通信,应用开始于 20 世纪 70 年代末,是 20 世纪 80 年代末的主要远程通信系统,具有覆盖范围广、通信模式多样、通信容量大、信道稳定和机动性好等优点。英国 Racal 公司使用国际海事卫星(INMARSAT)于 20 世纪 90 年代完成了第三代 SATCOM 系统的部署,并设计和部署了 SATCOM 第四代和第五代多通道机载通信系统。同期,日本在太平洋区通过航空卫星通信建立了飞机到地面的语音通信服务。航空卫星通信的有效性极大地提高了远程通信的覆盖能力和系统信息传输容量。卫星

传输链路特性导致其易被干扰、窃听和损毁,不能做到全时段、全空域、全电磁环境使用,此时,可使用短波通信系统作为互补的远程通信系统。

1.3.3 民航机载通信

机载通信主要完成机载设备间的信息传输和资源共享。机载总线和网络是飞机的神经网络,是分布式航电设计的基础。机载通信的早期模式是系统间专用信息交互,随着有线传输耦合技术的发展,逐步采用总线模式传输。近年来,逐步融合计算机网络中资源管理模式和数字分包信息传输技术,已经演进出了网络化传输体系。

1. 机载总线

机载总线传输模式主要包括大型飞机设计使用的 ARINC429/629 总线和主要用于战术航空设计的 MIL-STD-1553 总线。

ARINC429 总线是 1997 年美国颁布用于机载电子设备间数据传输约定的一种标准。它规定了航空运输工业航空电子系统生产部门对部件、通用设计、结构及试验规范的要求,保证在航线上使用满意和有必要的互换性,使那些影响设备互换性的物理和电气特性达到最大程度的标准化,完善系统要求以求达到地面和机载设备的兼容性,分配和规定频率以满足需要、进行标准机载通信和电子系统的协调工作和交换技术数据等。

ARINC629 标准发布于 20 世纪 90 年代中期,计划最终取代 ARINC429 标准。该总线提供 20 倍于 ARINC429 总线的数据传输速率,并使用多发射数据总线。ARINC629 总线采用无主控式传输,可以获得更好的可靠性。该规范定义了一套数字通信系统,它由一条线性总线和并行连接在总线上的多个子系统构成。线性总线为串行传输媒体介质,介质可以是双绞线或光缆。在总线上连接的每个子系统都是通过其内部的一个能够完成系统连接的终端耦合器耦合到数据总线上的。

2. 机载数据传输网络

机载数据传输网络主要指航空双工以太网 AFDX,是应用于 A380 飞机的典型航空以太网,是为机载环境设计的高速网络。AFDX 具有 100Mbit/s 全双工交换传输,可以使用电缆和光纤传输介质,组网时采用星形拓扑结构,具有双冗余特性,在节点以及交换机间使用带流量整形与控制的端到端虚拟链路概念,提供保证的带宽、延迟界限,传输采用简单网络管理,用轻量文件传输协议完成文件的上载与下载。AFDX 采用双冗余结构和数据帧顺序编号,每帧都同时在两个网络上传输,接收端以先收到的有效帧作为接收数据帧,即使一个网络瘫痪,系统也可正常工作。

1.3.4 民航通信网络

民航通信的网络化技术和应用主要表现在数据链和航空电信网的建立。当前,数据链主要应用领域就是将传统语音信道上传输的常规的、重复的、多余的、烦琐冗长的语音功能通过数据链传输。数据链的应用可以减轻解释错误的机会,提高监视、控制、指挥等信息传输的有效性和可靠性,减少指挥人员和操作人员的工作负荷,同时还可作为语音信道的确认通道。

VDL 数据链主要应用于航空电信网,与各种地面子网相结合即可构成空地融合的航空