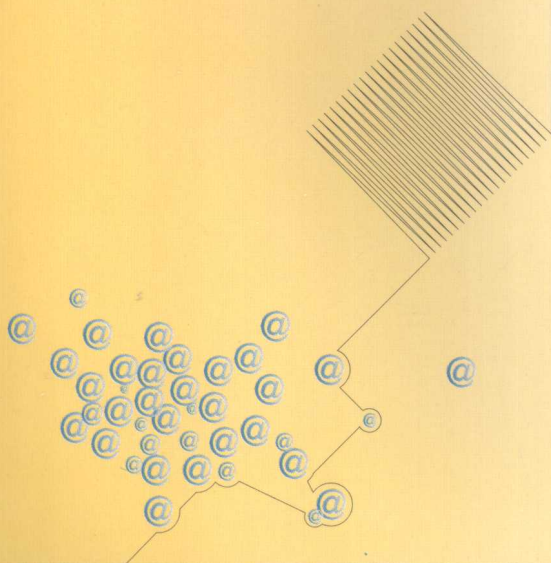
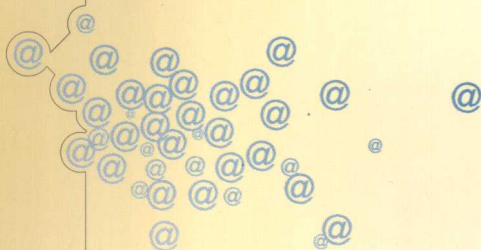




无失真

信源编码纠错译码 理论与技术

刘立柱 丁志鸿 王刚 张沛 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

无失真信源编码纠错译码 理论与技术

刘立柱 丁志鸿 王刚 张沛 著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

针对信源编码数据中存在传输误码等情况,研究信源码的纠错译码理论与技术,解决高质量报文恢复难题是本书的目标,内容有:无失真信源码纠错译码理论基础, MH、MR、MMR、JBIG 码编码与纠错译码技术、字典压缩编码原理、PKZIP 压缩编码纠错译码理论与技术等。

本书内容具有原创性、前沿性和系统性,理论与技术密切结合。本书适合本科生、研究生、科学研究人员和工程技术人员阅读;适合通信工程、信号与信息处理等专业的本科生和研究生作为教材,适合科研和工程技术人员的培训参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

无失真信源编码纠错译码理论与技术/刘立柱等著.

北京:国防工业出版社,2008.2

ISBN 978-7-118-05545-0

I. 无... II. 刘... III. 信源编码-通信理论

IV. TN911.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 006515 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 9 $\frac{3}{4}$ 字数 220 千字

2008 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 22.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

目前,对信源编码数据,常出现利用常规的解压缩软件无法恢复原信息,成为信息交换的制约因素之一,信源码纠错译码技术,已成为急需的研究课题,主要任务是,在对信源编码理论深入研究的基础上,探索信源码纠错译码方法和技术,以高质量恢复原始信息为目标。

含误码信源编码数据的译码恢复,其难点在于,由于误码破坏了原编码规律,要正确恢复报文,必须校正被破坏的编码规律。这里的误码是指传输中的解调误码、网络传输中的阻塞所造成的丢包和数据处理不当所造成的数据丢失等。

在本书中,信源编码纠错译码,主要是针对传真压缩编码和数据压缩编码的纠错译码算法和实现技术。本书是作者科学研究和项目研究成果的总结,作者致力于建立信源码纠错译码理论体系,促使新的传真通信体制诞生;致力于向读者阐述实用技术。

参加本书编写的有刘立柱(主编、全书统稿)、丁志鸿(第3、4、5章)、王刚(第8章)和张沛(第6章)。应该指出,本书还包括了孙正安、何鑫、牛小立等研究生在进行学位论文研究中所取得的成果。

在编写过程中,得到了解放军信息工程大学信息工程学院领导的关心支持,得到教研室同志们的鼓励和帮助,在此表示衷心的感谢!

由于作者水平所限,加之难度大、时间仓促,不妥或错误之处难免,敬请读者批评指正。

作者
2007年6月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 传真通信	1
1.1.1 传真通信的基本概念	1
1.1.2 传真通信发展趋势	2
1.2 传真传输规程的改进与新的研究课题	3
1.2.1 传真通信规程	3
1.2.2 基于 ARQ 的传真传输规程	17
1.2.3 基于传真信源码纠错译码的通信规程	25
1.2.4 传真信源编码纠错译码亟待解决的问题	26
1.3 数据压缩编码纠错译码	26
1.3.1 压缩数据传输	26
1.3.2 数据压缩编码纠错译码亟待解决的问题	26
第 2 章 无失真信源码纠错译码理论基础	27
2.1 信源冗余分析与冗余度的数量分析	27
2.1.1 信源编码码长下限分析	27
2.1.2 冗余度分析	27
2.2 信源编码若干定理与最佳编码分析	28
2.2.1 信源编码基本定理	28
2.2.2 扩展信源编码定理	29
2.3 最佳码的编码方法分析与编码程序	29
2.3.1 最优变长码的构造原理	29
2.3.2 最优变长码的编码方法	31
2.3.3 最优变长码等价码数量分析	33
2.4 去相关分析	34
2.4.1 预测去相关	34
2.4.2 域变换去相关	34
2.4.3 并元处理去相关	34
2.4.4 字典索引去相关	35
第 3 章 MH 码编码与纠错译码技术	36
3.1 MH 码编码技术	36
3.1.1 域变换增益分析	36
3.1.2 改进 Huffman 编码	38

3.2	MH 码编译码原理与技术	42
3.2.1	编码原理	42
3.2.2	编码技术	43
3.3	MH 码快速译码技术	46
3.3.1	MH 码译码	46
3.3.2	快速译码算法	49
3.4	MH 码纠错译码技术	51
3.4.1	误码分类	51
3.4.2	MH 码误码发现技术	52
3.4.3	基于再编码的 MH 码纠错译码算法	53
3.4.4	基于多游程补偿的 MH 码纠错译码算法	55
3.4.5	性能测试与结果分析	60
第 4 章	MR 码编码与纠错译码技术	62
4.1	MR 码编码原理与技术	62
4.1.1	MR 码编码规则	62
4.1.2	传输码流格式	66
4.1.3	MR 码的编码实现技术	66
4.2	MR 码译码原理与技术	67
4.2.1	MR 码译码原理	67
4.2.2	MR 码译码技术	69
4.3	基于比特翻转的 MR 码和 MH 码纠错译码	70
4.3.1	MR 码误码发现技术	70
4.3.2	基于比特反转的 MH 码和 MR 码纠错译码算法	71
4.3.3	基于错线密度检测的 MH 码和 MR 码自适应纠错译码算法	74
4.3.4	性能分析	76
第 5 章	MMR 码编码与纠错译码技术	77
5.1	MMR 码编译码技术	77
5.1.1	编码规则	77
5.1.2	传真编码的控制功能	78
5.1.3	编、译码技术	78
5.2	MMR 码纠错译码技术	79
5.2.1	MMR 码误码发现技术	79
5.2.2	MMR 码重同步技术研究	80
5.2.3	基于单比特反转的 MMR 码纠错译码算法	80
5.2.4	基于误码多线搜索的 MMR 码纠错译码算法	81
5.2.5	基于 USB 的多计算机协同运算负荷均等的纠错译码算法	86
5.2.6	性能测试与结果分析	90
第 6 章	JBIG 码编码与纠错译码技术	92
6.1	JBIG 码编码原理	92

6.1.1	研究背景	92
6.1.2	JBIG 码理论基础	92
6.1.3	编码算法	94
6.1.4	算术码译码算法	96
6.2	JBIG 码机理分析	97
6.2.1	二进制算术编码的改进	97
6.2.2	概率估计表	100
6.2.3	最低分辨率层典型预测模块	102
6.3	JBIG 码的数据流格式分析	103
6.3.1	JBIG 参数与数据格式	103
6.3.2	浮点标记字段	107
6.4	JBIG 码译码技术	108
6.4.1	JBIG 码译码原理	108
6.4.2	译码判决树	110
6.4.3	重新归一化	111
6.4.4	字节输出与熵编码段的终止	112
6.4.5	实验与分析	113
6.5	JBIG 码的纠错译码技术	113
6.5.1	基于快速 CRC 的纠错译码技术	113
6.5.2	基于自动综合判决准则的纠错译码技术	117
6.5.3	基于自动综合判决与填补遗漏字节结合的译码技术	120
第 7 章	字典压缩编码原理	123
7.1	LZ77 算法	123
7.1.1	概述	123
7.1.2	LZ77 算法	124
7.2	LZ77 算法的改进算法	126
7.2.1	LZSS 算法	126
7.2.2	LZSS 算法实用化	127
7.3	LZ78 算法	127
7.3.1	LZ78 算法分析	127
7.3.2	LZ78 算法举例	128
7.4	LZW 算法	130
7.4.1	LZW 算法分析	130
7.4.2	LZ78 译码中的技术分析	132
第 8 章	PKZIP 压缩编码纠错译码	134
8.1	PKZIP 压缩编码原理分析	134
8.1.1	PKZIP 压缩编码原理	134
8.1.2	PKZIP 压缩编码举例	135
8.2	PKZIP 文件格式分析	136

8.2.1	ZIP 压缩文件的结构分析	136
8.2.2	压缩方式分析	137
8.3	基于遍历检验准则的 PKZIP 码的纠错译码技术	138
8.3.1	ZIP 压缩中所采用的压缩算法分析	138
8.3.2	Deflate1 压缩算法	140
8.3.3	Deflate2 压缩算法	140
8.3.4	遍历树匹配参数区纠错算法设计	142
8.4	基于复相关性的 PKZIP 码的纠错译码技术	146
8.4.1	基于复相关性的数据区纠错译码算法设计	146
8.4.2	压缩数据区纠错译码算法流程图	147
参考文献		148

第1章 概 论

1.1 传 真 通 信

1.1.1 传真通信的基本概念

“传真”是 facsimile 的译名,本意是“按原稿进行摹写、复制”。传真是指发送端把记录在纸上的文字、图表、图形等图像(传真图像),通过扫描、量化、编码等方法处理后传送出去,在接收端的记录纸上重现与发送端相同或相似图像的一种通信手段。

传真的主要特点有以下两点。

(1) 具有实时记录特性。传真通信实际上是一种传送静止图像的“记录通信”,故有人称之为“远程复印”。

(2) 具有真迹传送特性。它不仅可以传送传真图像的内容,而且可以保留其具体样式。比如,当传真样张上有一个图章时,经过传真传送到接收方时,仍可保留其图章的具体式样;而当传真样张上有一个人的照片时,经传真传送到接收端时,还应保持原照片上人物的形态和情态。总之真迹传送是传真通信最具魅力的特色之一。

传真(FAX)的基本思想是英国物理学家亚历山大·贝恩(Alexander Bain)在1843年提出的,当时的设想是用电流自动传输和记录图像,比如说把写好的文字以黑白条纹发送出去,并在远方接收端按其原样重现出来,这就是传真通信的雏型。对传真进行改进,下列事件具有里程碑意义。

1857年在巴黎至里昂、巴黎至马赛之间进行传真实验,其后又结合照相技术的发展,改进成为相片传真。

1925年在美国贝尔实验室制造出了以电子工程为基础的第一台实用的相片传真机,使传真技术进入了实用阶段。1930年起美国开始有了横贯大陆的照片传真业务。

1928年,日本丹羽等人实现了照片传真设备,并用它首次成功地把日本大典的照片从京都传送到东京。日本递信省使用相片传真设备在东京和大阪之间用短波进行照片传真获得成功。从1939年起日本递信省开始有了国际相片传真业务。

1934年左右,美国开始对黑白二值传真进行了研究,1938年美国西部联合电报公司开始有了电灼式记录的传真业务。

1972年电话网开放传真业务以后,传真通信迅速地发展起来,利用电话网的传真通信激起了办公自动化(OA)的浪潮,目前仍在向深度和广度发展,在世界范围内,几乎每个国家都开通了传真业务。

1981年日本NTT又开始了传真通信网业务,充分发挥传真通信的可记录性特点。传真通信网的研究和发展为传真通信业务和传真信息服务业务的发展奠定了坚实的基础。传真存储转发系统已有不少产品,如美国Sprint公司开发的“通达全球的SprintFAX传真

系统”已进入国际市场。

国际电联国际电报电话咨询委员会 (CCITT) 现已更名为国际电联电信标准部门 (ITU - T), 先后分别提出和修改了传真机和传真通信有关的国际标准化建议, 继续推动传真通信向更高的技术水平, 更广阔的应用领域迅速发展。

从传真机技术来看, 已从一类机发展到今天的四类机。4 种类型的传真机的定义和主要区别如表 1.1 所列。从目前来看, 一类机和二类机已基本退出历史舞台, 三类机的应用是最成功的。

表 1.1 传真机分类

类别	信号处理	调制方式	传输时间	传输条件	记录方式
G1		双边带 AM · FM	6min ^①	PSTN	
G2	码化 2/3 变换	AM · PM · VSB	3min	PSTN	热敏式
G3	信源编码 MH · MR	QAM	1min	PSTN、ISDN	热敏、激光、喷墨式
G4	MMR		4s	PDN、ISDN	热敏、激光、喷墨式
① 4 线/mm 的扫描密度, 传输一页 ISO A4 幅面文件					

众所周知, 数据通信是属数字通信的一类, 是指信源本身发出的就是数字形式的信号 (电报、数据、指令等), 而不管用数字传输还是用模拟传输方式来传送这个信号, 这种通信方式均称为数据通信。

当信源发出的信号是模拟信号时, 传输前经过取样、量化和编码等数字化处理以后, 以数字信号的形式进行传送的通信方式, 称之为数字通信。当然, 在数字通信系统中, 可以使用数字传输方式, 也可以使用模拟传输方式。传真通信属于数字通信。显见, G3 机和 G4 机为终端设备, 实现的传真通信被称为数字传真通信。

传真通信按传输线路可划分为: PSTN 传真通信、ISDN 传真通信、存储转发网传真通信、Internet 传真通信、GSM 传真通信、CDMA 传真通信、卫星传真通信。

1.1.2 传真通信发展趋势

对传真通信而言, 从应用的角度来看, 不仅是政府机关、企事业单位有应用, 还将进入千家万户。从技术角度来看, 传真通信有如下发展趋势。

1. 网络传真通信是大势所趋

随着综合业务数字网 (ISDN) 技术的发展, ITU - T 补充了建议 T. 30, 作为建议 T. 30 的附录, 给出了支持 G3 机在 ISDN 上进行传真通信的有关协议, 即 G3C。

此外, 传真存储转发网技术发展迅速, 目前已有不少产品, 我国也引进了该项技术。已在北京、上海等几十个城市开通传真存储转发业务。

互联网传真业务发展迅速, 在美国等国家在互联网上已开放了传真业务, ITU - T 第八研究组在 1997 年 ~ 2000 年研究期第一次会议上提出互联网传真业务, 已成为开发研究的热点技术, 发展极为迅速, ITU - T 于 1998 年 6 月正式确定为 F. 185、T. 37 和 T. 38 三个建议。给出了支持传真文件通信的指南, 通过 E - mail 传输传真数据的规程以及使用 IP 网络在终端之间进行实时 G3 传真通信的规程。

2. 多媒体传输技术在传真通信中的应用

随着多媒体技术的发展以及人们对多媒体信息的需求,传真信息传输与话音信号传输相结合会给用户一种更自然的服务。ITU-T 已通过了建议 T. 39,具体规定了话音和传真同时传输终端的应用轮廓,给出了 3 种具体实现方案,即模拟话音和传真同时传输 ASVF、数字话音和传真同时传输 DSVF、基于 H. 323 的多媒体终端基本方案 MSVF。

3. 编码趋向于标准化

非标准传真是不符合 ITU-T 建议所规定的编码与传输标准的传真通信,这是传真通信发展过程中技术竞争和商业竞争的必然产物。传真通信的发展离不开标准化工作的发展,ITU-T 对编码和传输制定了一系列标准,由 T 系列建议给出,比如 T. 37、T. 38、T. 43、T. 44、T. 88 等。今后的发展趋势是标准化,根据特殊需求,非标准的压缩技术还将继续存在。

4. 传真机小型化与智能化

随着技术的发展,传真机设计技术进一步采用 VLSI 技术以及 ASIC 技术,使产品向小巧、美观、便携方向发展。同时,为简化操作,提高质量,必然在传真机设计中采用智能化技术,如传真呼叫和话音呼叫自动识别技术,传真样张上文字和图像区域自动识别与个性化处理技术等。目前,JBIG2 就是基于对象的编码标准。

1.2 传真传输规程的改进与新的研究课题

1.2.1 传真通信规程

所谓传真通信规程,是指传真机作为通信终端设备,为了进行正常通信,在通信的过程中需要人工进行一些“操作”,或者由机器自动执行某些操作,发送方和接收方要进行“磋商”,比如说传输速率、纸的宽度、扫描密度以及所具有和使用的编译码方式等。所谓“磋商”是指收发双方要经过发出标识信号、命令信号、响应信号、证实信号,是一个不断“操作”和“确认”的渐进过程。通常,人们把操作和确认的内容、顺序以及时间间隔称为传真通信的规程。

关于通信规程,ITU-T 在建议 T. 30 中作了规定。建议 T. 30 作为文件传真机在公用电话交换网上的传输规程,随着技术的发展和需求的延伸,它作了多次修改和补充,对公用电话交换网上传真业务的发展起到了有力的推动作用。

建议 T. 30 规定的通信规程包括适用范围、所用术语的解释、传真呼叫描述、传真用的单音信号方式和二进制信号方式。

在传真通信过程中,传真呼叫整个活动进程按时间顺序可分为:阶段 A——呼叫建立;阶段 B——报文前过程;阶段 C1 阶段 C2——报文中过程和报文传输;阶段 D——报文后过程;阶段 E——呼叫释放。

报文前过程所完成的主要任务包括标识(机类标识、可以接收的证实、用户标识(选用)、非标准性能标识(选用))和命令(机类命令、对相/训练、同步、选用的非标准性能命令、用户标识命令、轮询(发送)命令、线路状态调节、回声抑制器解除等)。报文中过程与报文传输同时控制该阶段的全部信号传送,例如报文中的同步、差错检测与纠正以及线路

监测。报文后过程所完成的操作有报文结束信号传送、证实信号传送、多页信号传送和传真过程结束信号传送。

呼叫建立和呼叫释放阶段用人工或自动方式实现呼叫建立与释放。

1. 传真通信方式

所谓传真通信方式,即传真通信收、发双方对传真机的操作方法。比如:主叫发送与接收,主叫人工操作与自动操作都是一个操作方式,共有4类8种组合,如表1.2所列。

应该指出:自动操作是指由传真机自动执行的全部过程。传真站所完成的主要任务是:呼叫的建立和释放;根据通信双方的协议,执行传输规程和进行报文传输。

表 1.2 传真通信操作方法

方法	操作方法说明	传真传输方向	组合的符号表示
1	主叫站人工操作和被叫站人工操作	主叫站→被叫站	1—T
		主叫站←被叫站	1—R
2	主叫站人工操作和被叫站自动操作	主叫站→被叫站	2—T
		主叫站←被叫站	2—R
3	主叫站自动操作和被叫站人工操作	主叫站→被叫站	3—T
		主叫站←被叫站	3—R
4	主叫站自动操作和被叫站自动操作	主叫站→被叫站	4—T
		主叫站←被叫站	4—R

2. 传真呼叫描述

传真通信中的阶段 A 主要完成呼叫建立,人工操作时,主叫站摘机拨号,线路接通后,由交换机向被叫站发振铃信号(16Hz 单音),被叫在听到振铃后摘机,可进行谈话联系,操作人员按启动传真机按键,将传真机接入电路,完成了呼叫建立任务。当由机器自动操作时,主叫先将传真机接入电路,由传真机的自动呼叫系统发出拨号脉冲,被叫站检测到振铃信号,发送 2100Hz 单音信号 2.6s~4s 并自动将传真机接入电话电路,从而完成呼叫建立。

下面以主叫和被叫均为人工操作为例进行说明。呼叫步骤如表 1.3 所列,流程图如图 1.1 所示。

表 1.3 呼叫建立操作方法

呼 叫 步 骤	主 叫 站	被 叫 站
1	操作员听拨号音,并拨被叫号码	
2	操作员听回铃音	呼叫振铃,操作员应答呼叫
3	口头标识	口头标识
4	把传真机接入线路,发送	把传真机接入线路
5	开始传真过程	开始传真过程

在完成呼叫建立后,传真机就可以进入传真过程。首先是传真过程的阶段 B。根据建议 T. 30 规定,当进入阶段 B 时,在接收方,必须经过标识它们的性能才能进入阶段 B;而发送方所有人工操作的发送机和自动方式的呼叫器必须进入阶段 B,以待检测接收方传真机发出的性能标识,并发出合适的方式建立命令。一旦双方都进入了阶段 B,发、收

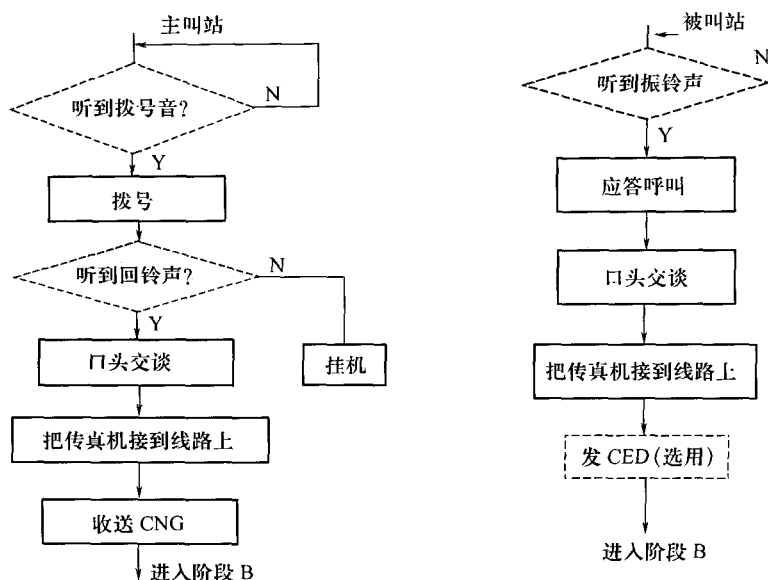


图 1.1 呼叫建立操作方法

双方传真机将进行双方标识和状态控制,其中双方标识包括机类标识,可以接收的证实,选用的用户标识及非标准设备标识;状态控制包括机类命令,对相/训练、同步、其他选用的非标准设备(用户标识、轮询)以及线路状态调整。这一过程按 ITU-T 规定采用具有特定含义和格式的信号进行,一种是模拟信号方式,称之为单音信号方式,另一种是数字信号方式,称之为二进制信号方式。

3. 传真用二进制信号方式

传真过程用的二进制信号,必须以 300b/s 的同步方式传送,这是三类机二进制代码过程数据传输的标准速率,而 2400b/s 的二进制代码过程的数据速率是认可的选用速率。

二进制码信号的传输采用国际标准化组织(ISO)颁布的数据通信规程,即高级数据链路控制规程 HDLC。对于数字传真机是借用了这一规程来传送命令和控制信号。当然在三类机传真过程的整个进程中,还有单音信号,例如用 CED 表示非话音终端设备。

在使用建议 V. 21 第二信道的调制方式时,信号传输之后,在使用另一种调制方式的信号开始之前,必须有 (75 ± 20) ms 的延迟,比如说 DCS 与 V. 27、V. 29 的训练序列之间的延迟就是如此,反之亦然,比如说使用建议 V. 27、V. 29、V. 33 或 V. 17 的调制方式的信号传输之后,在使用另一种调制方式的信号开始之前,也必须有 (75 ± 20) ms 的延迟,如 RTC 与 MPS 之间就有这一延迟时间。

1) 二进制代码信号的功能和格式

所有二进制代码的传真控制过程都使用 HDLC 帧结构。HDLC 规程是一种面向比特的链路控制规程,该规程使通信双方的监控功能通过双方各自向对方发出的一定比特组合表示命令和响应,能很好地适应交互操作。基本的 HDLC 结构由多个帧组成,每帧分为若干字段,这种结构为帧提供标志、差错校验和正确收到信息的证实。

图 1.2 所示为使用二进制信号的一个帧的格式,表示一个初始标识序列。

由图 1.2 可见,一个 HDLC 帧结构是由先导序列、标志序列、地址字段、控制字段、信息字段(分为传真控制字段和传真信息字段)、帧校验序列等组成。下面分别给予具体说明。

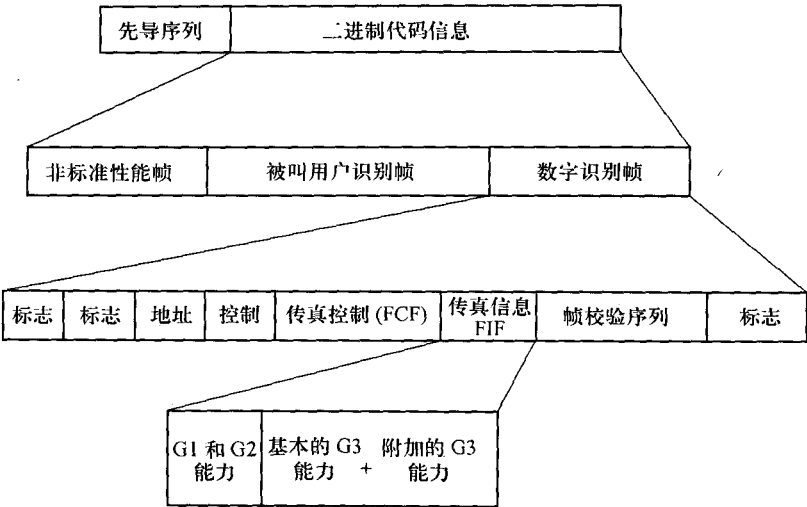


图 1.2 HDLC 的帧结构

(1) 先导序列。由于传真通信采用了半双工通信方式,因此任何一个方向上的新信息传输开始时(即每次传输方向转换时),在所有二进码信号的前面必须有先导序列。先导序列的作用是保证通信线路中各部分(例如回声抑制器)都处于正确状态,以便随后的数据可不受损害地通过,先导序列的形式为

- ① 300b/s 的二进码信号的先导序列应是 $1(1 \pm 15\%)s$ 的一串“标志”序列。
- ② 2400b/s 选用的二进码过程的先导序列应是建议 T.4 中所规定的调制解调器的长训练序列。

(2) 标志序列。HDLC 标志序列用来表示帧的开始和结束。对传真过程来说,标志序列是用来建立位和帧的同步的。为了便于这种同步,在第一帧之前必须使用上述先导序列。随后的各帧只需要一个标志序列。

连续发送标志序列,可用来向对方站表示传真机仍接在线路上,但未作好立即进行传真过程的准备。标志序列的格式为

0 1 1 1 1 1 1 0

(3) 地址字段。地址字段占 8 比特,它表示该链路上发送或接收该帧的地址。在命令帧中,地址总是标识该帧所要发往的特定站。而在响应帧中,地址则标识发出该响应的站。在传真通信中,对于公用电话交换网中只进行点对点的通信,故为一种单一格式,即

1 1 1 1 1 1 1 1

(4) 控制字段。该字段由 8 比特构成,在传真通信中,建议规定控制字段只用来提供末帧及非末帧的标志,其格式为

1 1 0 0 x 0 0 0

过程中的非末帧 $x=0$,末帧 $x=1$,这样可用来提供末帧的标志,末帧是指为期待从对方站发来响应之前所发送的最后一帧。

(5) 传真控制字段。传真控制字段(FCF)由 8 比特或 16 比特构成,且用二进制编码表示各种命令或响应,所以可以提供 $2^8 = 256$ 个控制信号。传真信息字段的作用是进一步说明传真控制字段所说明的内容,用于提供各种标识、选择、控制等信息。

(6) 传真信息字段(FIF)。

(7) 帧校验序列(FCS)。

2) 传真控制字段的具体规定

由 8 比特构成的 FCF 用于形成各种命令或响应,FCF 的首比特为 x 时的规定是

(1) 收到一个有效的 DIS 信号的站所发 FCF 首比特 x 置为“1”。

(2) 收到对 DIS 信号有效而合适的响应的站所发的信号时 FCF 首位 x 置为“0”。

(3) 在整个过程中,FCF 首位值经上述规定设置后将保持不变,直到该站再次进入阶段 B 的起始处为止。

在同步反转作用中 x 位号是一个最基本的控制机制。

传真控制字段所包含的信号可以分为 8 类,具体描述如下。

(1) 初始标识。

传输方向:从被叫站向主叫站传输。

①数字标识信号(DIS) 格式:00000001,表示被叫设备是 ITU-T 标准性能的,具体性能在 FIF 中给出。

②被叫用户标识(CSI) 格式:00000010,本选用信号可用被叫用户的国际电话号码,提供该用户的特定身份标识。

③非标准性能(NSF) 格式:00000100,本选用信号可用来标识建议 T 系列所不包括的专用用户的需要。

(2) 命令对方发送。

传输方向:从要求作为接收机的主叫站发向有发送能力的被叫站。

①数字发送命令(DTC) 格式:10000001,是一个数字命令对 DIS 信号所标明的标准性能作出的响应。

②主叫用户标识(CIG) 格式:10000010,本选用信号表示跟随其后面的 FIF 信息是主叫站标识,用它可对传真过程增加保密性能。

③非标准性能命令(NSC) 格式:10000100,本选用信号是一个数字命令,对包含在 NSF 信号中的信息作出响应。

(3) 命令对方接收。

传输方向:从发送机发向接收机。

①数字命令信号(DCS) 格式:x1000001,是一个数字建立命令,对 DIS 信号所标明的标准性能作出的响应。

②发送用户标识(TSI) 格式:x1000010,本选用信号表示跟随其后的 FIF 信息是发送站的标识,用它可对传真过程增加保密性能。

③非标准性能建立(NSS) 格式:x1000100,本选用信号是一个数字命令响应,对包含在 NSC 或 NSF 信号中的信息作出响应。

④训练检验(TCF) 格式: $1.5(1 \pm 10\%)s$ 的“0”序列串。本数字命令是通过 T.4 调制方式发送的,用来检验训练,并给出该通路接受本数据速率的首次表示,该命令不需要

HDLC 帧。

⑤继续纠错(CTC) 该数字命令仅用于 T. 4 选用的误码纠错方式。

(4) 报文前响应信号。

传输方向:从接收机发向发送机。

①可以接收的证实(CFR) 格式:x0100001,是一个数字响应,它证实全部报文前过程已完成,并可开始报文传输。

②训练失败(FTT) 格式:x0100010,是一个数字响应,它拒绝三类机训练信号,并要求重新训练。

③继续纠错响应(CTR) 格式:该数字响应仅用于 T. 4 选用的误码纠错方式。

(5) 报文中过程。

传输方向:从发送机向接收机发送。

在三类机情况下,报文中过程的格式和专用信号与 T. 4 一致。一、二类机的报文中过程分别与 T. 2 和 T. 3 一致。

(6) 报文后命令。

传输方向:从发送机向接收机发送。

①报文结束(EOM) 格式:x1110001,表示一页传真信息的结束,并回到阶段 B 的起始。

②多页信号(MPS) 格式:x1110010,表示一页传真信息的结束,在收到证实信号后即回到阶段 C 的起始。

③过程结束(EOP) 格式:x1110100,表示一页传真信息的结束,并进一步表示不再发来文件,在收到证实信号后立即进入阶段 E。

④过程中断—报文结束(PRI-EOM) 格式:x1111001,与 EOM 命令表示的内容相同,并在 EOM 命令上增加请求操作人员介入的选用性能。如果操作员完成介入,下面的传真过程须从阶段 B 的起始处开始。

⑤过程中断—多页信号(PRI-MPS) 格式:x1111010,与 MPS 命令表示的内容相同,并在 MPS 命令上增加请求操作员介入的选用性能。如果操作员完成介入,下面的传真过程须从阶段 B 的起始处开始。

⑥过程中断—过程结束(PRI-EOP) 格式:x1111100,与 EOP 命令表示的内容相同,并在 EOP 命令上增加请求操作员介入的选用性能。如果操作员完成介入,下面的传真过程须从阶段 B 的起始处开始。

⑦部分页信号(PPS):该数字命令仅用于 T. 4 选用的误码纠错方式。

⑧重新传输结束(EOR):该数字命令仅用于建议 T. 4 选用的误码纠错方式。

⑨准备好接收(RR):该数字命令仅用于 T. 4 选用的误码纠错方式。

应该指出:建议 T. 4 的误码纠错方式不应使用 EOM、MPS、EOP 命令。

(7) 报文后响应。

传输方向:从接收机向发送机发送。

①报文证实(MCF) 格式:x0110001,表示已经满意收到完整报文,并可继续收另外的报文,是对 MPS、EOM、EOP、RR 和 PPS 的肯定响应。

②收报肯定及重新训练(RTP) 格式:x0110011,表示已经收到完整的报文,并在重新

发送训练或对相以及 CFR 之后继续收另外的报文。

③收报否定及重新训练(RTN) 格式:x0110010,表示前面收到的报文不满意,然而,只要重新训练或对相,可以继续接收。RTN 不适用于 T.4 选用的误码纠错方式。

④收报肯定及过程中断(PIP) 格式:x0110101,表示已收到报文,但没有操作员介入不能继续传送。如果没有操作员介入,且尚有文件要传送,则传真过程须从阶段 B 的起始处开始。这仅是对 MPS、EOM、EOP、PRI - Q、PPS - MPS、PPS - EOM、PPS-EOP、PPS-PRI - Q 的肯定响应。

⑤收报否定及过程中断(PIN) 格式:x0110100,表示前面的(或正在处理中的)报文收得不满意,而且没有操作员的介入不能继续传送。如果没有操作员的介入,且尚有文件要传送,则传真过程须从阶段 B 的起始处开始。这仅是对 MPS、EOM、EOP、PRI - Q、PPS - MPS、PPS - EOM、PPS - EOP、PPS - PRI - Q、EOR - MPS、EOR - EOM、EOR - EOP 和 EOR - PRI - Q 的否定响应。

⑥部分页请求(PPR)。

⑦未准备好接收(RNR)。

⑧重新传输结束响应(ERR)。

⑥⑦⑧这 3 个数字响应仅用于 T.4 选用的误码纠错方式。

(8) 线路控制信号。

用途:处理差错和控制线路的状态。

①拆接(DCN) 格式:x1011111,表示阶段 E 的开始,它不需响应。

②命令重复(CRP) 格式:x1011000,本选用响应表示前面收到的命令有差错,必须全部重复(即包括各选用帧)。

3) 传真信息字段(FIF)的具体规定

HDLC 信息字段长度是可变的,在许多情况下,传真控制字段 FCF 的后面要传送附加的以 8 比特为一组的信息来进一步说明传真过程。对基本的二进制方式来说,该信息段(FIF)总是由解释传真控制字段(FCF)中的 DIS、DCS、DTC、CSI、CIG、TSI、NSC、NSF、NSS、CTC、PPR 和 PPS 信号中的信息所构成,该信息字段的位分配如表 1.4 所列。

表 1.4 传真信息字段

位 编 号	DIS/DTC	DCS
1	发送机,按 T.2 操作	0
2	接收机,按 T.2 操作	接收机,按 T.2 操作
3	T.2IOC = 176	T.2IOC = 176
4	发送机,按 T.3 操作	0
5	接收机,按 T.3 操作	接收机,按 T.3 操作
6	保留给将来的 T.3 操作性能	
7	保留给将来的 T.3 操作性能	
8	保留给将来的 T.3 操作性能	
9	发送机,准备以轮询方式发送一传真文件	0