

文章编号 1004-924X(2001)06-0580-04

生产现场测控信息码分多址传输技术研究

徐磊, 张仁杰

(上海理工大学 光学与电子信息工程学院, 上海 200093)

摘要: 介绍采用基于直接序列扩频的码分多址原理, 在强电磁干扰生产现场进行测控信息多路复用传输的实现技术, 以及扩频与码分多址技术的有关原理。给出了伪码发生器的设计方法, 和在具体应用中的实验测试结果。

关键词: 直接序列扩频; 码分多址; 数据传输; 电磁兼容性

中图分类号: TP23 **文献标识码:** A

1 引言

在现代工业生产现场, 经常要进行大量测控信息的传输(发送与接收)。受现场有关因素的限制, 往往需利用有限信道同时传输多路信息。在工业生产现场, 还希望具备良好的抗干扰性能。面对这些要求, 并结合制动器制作加工车间的具体需求, 专门研究了采用码分多址(CDMA)原理在生产现场实施信息传输的实现技术。

码分多址是以宽带扩频技术为基础的多址传输方式, 它可以将处于相同时隙和频率的信号分离开来, 其中所有的信号共享相同的频谱。与其它传输方式相比, 码分多址具有突出的抗干扰、抗拦截和智能调制与解调性能, 特别适合在以窄带干扰为主的工业环境中应用。

2 扩频传输的理论基础

扩展频谱传输简称扩频传输, 是一种伴随着数字处理机发展起来的新型信息传输方式。其基本过程是在发送端采用扩频码调制, 使信号所占的频带宽度远大于所传输信息必须的带宽, 在接收端采用相同的扩频码进行相关解扩以恢复所传输信息数据。

扩频通信的理论基础是香农公式:

$$C = B \log_2(1 + S/N)$$

式中, C 为信道容量, 单位为 bit/s; B 为信号频

带宽度, 单位为 Hz; S 为信号平均功率, 单位为 W; N 为噪声平均功率, 单位为 W。

香农公式指出: 在保持信息传输速率 C 不变的条件下, 可以用不同频带宽度 B 和信噪功率比来传输信息。也就是说, 如果增加信号所占频带的宽度, 就可以在较低的信噪比的条件下以任意小的差错概率来传输信息。

柯捷尔尼可夫在其潜在抗干扰性理论中得出信息传输差错概率为:

$$P_e \approx f(E/N_0)$$

其中 E 为信号能量, N_0 为噪声功率谱密度。若信息持续时间(或数字信息的码元宽度)为 T , 则信息带宽为 $B_m = 1/T$ 、信号功率为 $S = E/T$; 若已扩频信号的带宽为 B , 则噪声功率为 $N = N_0 B$, 如此有

$$P_e \approx f\left(\frac{STB}{N}\right) = f\left(\frac{SB}{NB_m}\right)$$

由此可见, 差错概率 P_e 是信号功率与噪声功率之比 S/N 和信号带宽与信息带宽之比 B/B_m 二者乘积的函数, 即信噪比 S/N 与带宽可以互换。换言之, 通过增加信号带宽可以容许以低的信噪比实施信息的正常传输。

3 扩频数字信号的频谱

在扩频信息传输中, 常用的是周期性矩形脉冲序列, 其中脉冲幅度为 A , 脉冲重复周期为 T_c 。该信号在一个周期内的表达式为

$$f(t) = A, \quad \text{当} -\tau/2 < t < \tau/2$$

$$f(t) = 0, \quad \text{当} -T/2 < t < -\tau/2 \text{ 及 } \tau/2 < t < T/2$$

其傅立叶级数的复数振幅为:

$$A_n = \frac{2}{T} \int_{-\tau/2}^{\tau/2} f(t) e^{-jn\Omega t} dt = \frac{2A\tau}{T} \left[\frac{\sin n\pi\tau/T}{n\pi\tau/T} \right]$$

其周期矩形脉冲的傅立叶级数:

$$f(t) = \frac{A\tau}{T} \left[1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin n\Omega\tau/2}{n\Omega\tau/2} \cos n\Omega t \right]$$

$$= \frac{A\tau}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{\sin n\Omega\tau/2}{n\Omega\tau/2} e^{jn\Omega t}$$

该信号第 n 次谐波的振幅为

$$A_n = \frac{2A\tau}{T} \left| \frac{\sin n\pi\tau/T}{n\pi\tau/T} \right|$$

由此可知,可以采用窄脉冲序列调制某一信号实现扩频。采用的脉冲宽度越窄,展宽的频谱就越宽。

若载波信号的频率为 f_c , 伪随机序列脉冲的频谱函数为 $G(f)$ 。

则平衡调制器的输出如图(1)所示为两倍脉冲频谱宽度,其频谱函数为 $f_c + G(f)$ 。

在信息的接收端,可采用相同的平衡解调器作为解扩器,将频谱为 $f_c + G(f)$ 的扩频信号,用相同的伪随机序列脉冲进行解调,将其恢复为原始的载波信号 f_c 。

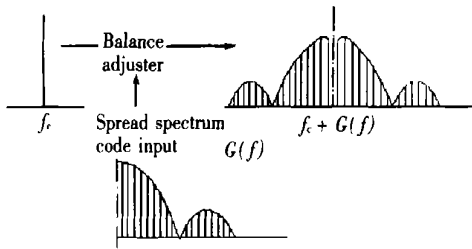


Fig. 1 Pseudorandom sequence pulse modulation.

通常在扩频通信中,伪码的速率(记为 R_p)远远大于信码速率(记为 R_m),即 $R_p \gg R_m$,也就是说,伪码的宽度要远远小于信码的宽度,这样才能展宽频谱。其扩频处理增益(记为 G_p)可表示为:

$$G_p = 10 \lg \frac{T_b}{T_p}$$

其中 T_b, T_p 分别为信息码和调制码的码元宽度。在 T_b 一定的情况下,若调制码速率越高,则扩频处理增益越大。

信号经过扩频处理后,首先是抗干扰能力明显增强。在接收端,信号被解调前频谱很宽。解

调后由于经过了相关处理,有用信号被解扩,其功率谱集中在信息带宽内。而干扰信号的频谱被扩展,功率谱密度大大下降,从而提高了输出的信噪比。其次,扩频具有很强的抗截获性。由于信号的检测概率与信号能量成正比,与信号的频带宽度成反比。而直扩信号的功率谱密度很低,同时频带很宽,所以很难被察觉。此外,由于采用伪随机序列码调制和解调,可实现信息的保密传输。

4 伪随机序列的选择和获取

伪随机序列是指具有随机特征,类似随机序列的确定序列。在信息传输中,希望各路信号之间的差别尽可能的大,以减小路际混淆。

理想的随机序列,应是类似白噪声的随机信号,取任何时间上不同的两段噪声,都不会完全相似。其自相关函数为:

$$R_a(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T/2}^{T/2} f(t)f(t-\tau) dt = \begin{cases} 0, & \tau \neq 0 \\ \text{常数}, & \tau = 0 \end{cases}$$

式中 $f(t)$ 为信号的时间函数, τ 为延迟时间。该式表示了信号和自身延迟后的相关性。而两个不同信号 $f(t)$ 与 $g(t)$ 的相似性则用互相关函数来表征:

$$R_c(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t)g(t-\tau) dt$$

在码分多址信息传输中,为可靠实现信息的选址传输,各路信号间必须正交或准正交。亦即各路信号的自相关性要强,而各路信号之间的互相关性要弱。

随机噪声的自相关函数具有理想的二值自相关特性。利用该特性,可容易地判断接收到的信号与本地产生信号之间是否完全一致。

实用中采用近似随机噪声的自相关特性的周期性信号,即所谓伪随机序列实施扩频。

对码长为 P 的码序列,若其自相关系数为:

$$P_x(j) = \begin{cases} \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P x_i^2 = 1 & j = 0 \\ \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P x_i x_{i+j} = \frac{1}{P} & j \neq 0 \end{cases}$$

式中 $j = 0$ 表示无位移; $j \neq 0$ 表示有位移。伪随机序列码有很多种,其中最大长度线性移位

寄存器序列, 简称 M 序列, 由于容易产生, 序列最长, 效率最高, 应首先采用。

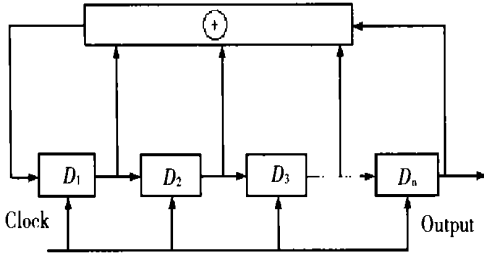


Fig. 2 Circular sequence generator.

M 序列可由图(2)所示的线性移位寄存器网络产生, 它的周期为 $2^n - 1$, 这里 n 为移位寄存器级数大于 1 的正整数。产生 M 序列的移位寄存器的网络结构不是随意的, M 序列的周期 P 也不能取任意值, 而必须满足 $P = 2^n - 1$, 其结构中的第一级与 n 级必须有反馈作用, 在反馈系数 $C_0 = C_n = 1$, 即有反馈连线条件下, 才能产生 M 序列。

循环序列发生器基本形式, 由 n 个二元存储器和模 2 加开关网络组成。一个线性反馈移位寄存器能否产生 M 序列, 决定于它的反馈系数 $C_0 \dots C_n$ 。

在实际应用中我们采用如下的方法设计伪码发生器:

(1) 首先根据使用要求的伪码长度 P , 利用公式 $P = 2^n - 1$ 来选定移位寄存器的级数 n 。然后根据 n 值查反馈系数 C_i 确定码发生器的反馈结构。

(2) 根据级数及钟源速度选定反馈结构形式并画出伪码发生器原理框图。

(3) 根据反馈结构图列出特征多项式。并根据

参考文献:

- [1] 李振玉, 卢玉民. 扩频选址通信[M]. 北京: 国防工业出版社, 1988.
- [2] 曹志刚, 钱亚生. 现代通信原理[M]. 北京: 清华大学出版社, 1992.
- [3] 邬国扬. CDMA 数字蜂窝网[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2000.

据反馈逻辑关系用逻辑递归法求出伪序列。

(4) 根据移位寄存器状态逻辑递归关系, 画出状态转移图。然后选用高速率集成器件画出码发生器组成结构图及布线图。

从而获得一个实用的伪码发生器。在信号路数不太多时, 也可以直接采用软件处理方法获取伪随机序列码。此时, 应对所获取的伪随机序列码进行自相关和互相关检验, 将不符合要求伪随机序列码剔除。

5 试用测试情况

在生产现场的试用测试中, 所传输的是工件内孔表面的数字图像信息。这些信息分别是 3 台加工中心获取的。

被传输的是 24 位真彩色数字图像数据。对像素的每个二进制位。通过“模 2 加”用 128 位的二进制伪随机代码进行扩频调制。

3 路图像信息经过不同的伪随机码扩频调制后叠加, 然后通过双绞线传输。实际传输距离为 500m, 在线路附近有电焊机, 切割机, 高压开关柜等窄带噪声源的情况下, 传输 1MB 的图像信息, 误码率不大于 0.0006%。而采用分线直接传输方式, 误码率达 0.02%。可见扩频码分多址传输的抗干扰能力明显提高。

6 结束语

通过试用测试, 表明在生产现场采用扩频码分多址传输信息是可行的。今后, 根据企业的需要, 还将继续予以完善, 以满足工业现场的一般需要。

Study of CDMA Transmission Technology of Measured Data CDMA in Work Field

XU Lei, ZHANG Rer jie

(Shanghai University of Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: The paper introduces the CDMA method based on direct sequence spread spectrum. With this method, the multiply transmission of measured data can be realized under the condition of strong narrow band interference in the production field. The principle of DS and the CDMA theory are also discussed in the paper. According to different applied places, some quality guarantee and improvement measures of pseudo-random sequence generator are presented, and the experiment results are also given.

Key words: direct sequence spread spectrum; CDMA; data transmission; EMC

作者简介: 徐 磊(1976-),男,安徽省铜陵市人。1996年毕业于合肥工业大学电气工程系,现为上海理工大学光学与电子工程学院硕士研究生,主要从事信息扩频加密传输模块与装置的研究工作。

张仁杰(1956-),男,山东青岛市人。上海理工大学教授,主要从事测试与信息工程技术的研究。

愿《液晶与显示》成为您的良师益友
欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登产品信息

《液晶与显示》是中国科学院长春光学精密机械与物理研究所和中国光学光电子行业协会液晶专业分会及石家庄实力克液晶材料有限公司联合主办的专业性学术期刊。

《液晶与显示》以研究报告、研究快报、综合评述和产品信息等栏目集中报道国内外液晶学科和显示领域中最新理论研究、科研成果和新技术,及时反映国内外本学科领域及产业信息动态。《液晶与显示》被英国《科学文摘》(SA)、美国《化学文摘》(CA)、俄罗斯《文摘杂志》(PЖ)和《中国物理文摘》等国内外著名检索刊物和文献数据库摘引和收录。《液晶与显示》已入编“中国科学核心期刊全文数据库”、“中国学术期刊(光盘版)”和“中国期刊网”(《液晶与显示》网址: <http://yjys.Chinajournal.net.cn>),及“万方数据资源系统(ChinaInfo)”(《液晶与显示》网址: <http://www.Chinainfo.gov.cn/periodical/yjyxs/index.htm>),向国内外读者提供网络信息。

《液晶与显示》以创新性、综合性、实用性为办刊特色,内容丰富,信息量大,涵盖面广,可读性强。既是启迪科技人员开拓创新思路的参考期刊,又是从事液晶和显示技术研究的广大科技人员、大专院校师生及相关领域的科技工作者进行学术交流的良好园地,也是图书、情报等部门必不可少的信息来源。《液晶与显示》热忱欢迎广大作者、读者广为利用,踊跃投稿,将您的科技创新、产品信息、企业风貌通过这一窗口展示出来。

《液晶与显示》为季刊,16开本,80页,国内定价34.00元,国内外公开发行。邮发代号,国内:12-203;国外:4868Q。同时,《液晶与显示》编辑部将竭诚为广大读者服务,随时办理破年、破季订阅。

单 位: 中科院长春光学精密机械与物理研究所

《液晶与显示》编辑部

邮 编: 130021

地 址: 吉林省长春市工农大路61号

电 话: (0431)5684692转2534

E-mail: yjxs@ciomp.ac.cn