

文章编号 1000-5013(2006)04-0422-04

一种多位并行编码的数字通信方案

魏 腾 雄 苏 武 浔

(华侨大学信息科学与工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要 把各种常用数字波形的 Cherr Mobius 逆变换函数族作为各位数字信号的编码波形, 直接将它们叠加在一个信道上进行传输. 在接收端, 用带通滤波器对叠加信号按编码波形族的频谱进行各谐波分频滤波, 得出各分频分量. 然后, 按一定算法重新构成各位编码波形, 用与各位编码波形对应的数字信号对其进行相干解调, 得出各位的编码信息, 实现数字信号的多位并行编码传输, 提高传输效率与节省投资.

关键词 数字信号编码, Cherr Mobius 变换函数族, 多位并行传输, 波形分频重构, 相干解调

中图分类号 TN 911. 72 **文献标识码** A

近年来, 由于我国著名学者陈难先院士等使用无穷级数的 Mobius 反演公式, 解决了一系列重要的应用物理中的逆问题^[1~14]. 本文是把各种常用数字波形的 Cherr Mobius 逆变换函数族作为各位数字信号的编码波形, 提出一种数字信号多位编码并行传输的方案. 由于接收端的波形分频重构算法的保密性, 本方法还可作为一种具有高度保密性的通信方法.

1 多位数字信号的编码与直接叠加传输

多位数字信号的编码的基本思想是, 选择已计算过的 6 类数字信号的 Cherr Mobius 逆变换函数族^[15]的某一族多个成员, 分别作为各位的编码波形, 而后将其直接叠加在一个信道中传输. 其基本方案以 8 位传输为例, 如图 1 所示. 在信号的输入端, 8 路输入信号 $f_1(t)$, $f_2(t)$, \dots , $f_8(t)$ 是二进制编码

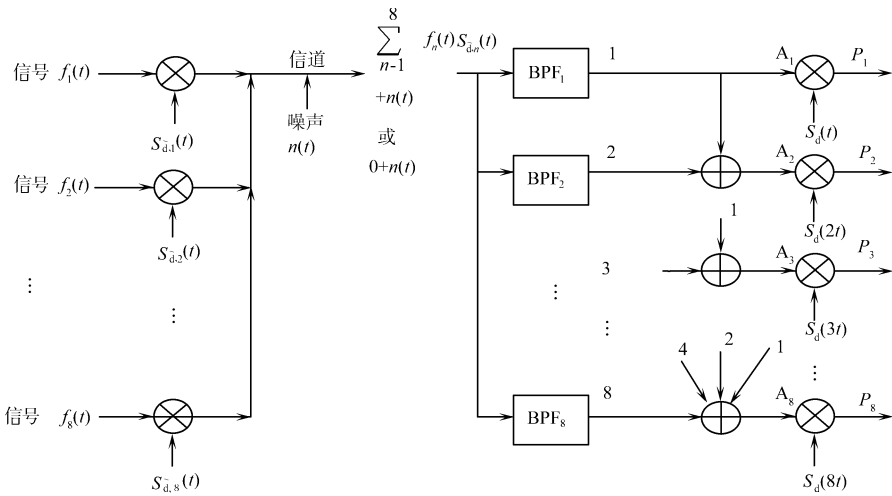


图 1 多位并行基带传输方案

的信号, 输入为 1 或 0. 在各乘法器处, 各路输入信号被乘以各位的编码波形, 各位编码波形是某一数字信号族(如偶对称三角波)的逆变换函数族中的 8 个成员. 这些逆变换函数具有形式为

收稿日期 2006-01-18

作者简介 魏腾雄(1969), 男, 讲师, 主要从事电子与通信工程的研究. E-mail: wtx@qztdx.com

基金项目 福建省自然科学基金资助项目(Z0512007)

$$S_{\tilde{d},n}(t) = \sum_{m/n} I(n/m) \cos mt,$$

$$S_{\tilde{d},n}(t) = \sum_{m/n} I(n/m) \sin mt.$$

式中的求和包含对 n 的所有整数因子, 包括 n 和 1 本身的求和. 因此, 这些逆变换函数族具有很简单的频谱, 极易在信道中进行传输, 而每一频率分量前面的系数 $I(n/m)$ 是由逆变换计算出来的. 作为例子, 我们选取某一逆变换函数族的前 8 个波形, 分别作为各位的编码波形.

把 8 个编码波形直接相加后传送出去, 加上信道等各方面的噪声, 在接收端收到的就是 8 个频率分量与噪声的混合物. 但在信噪比很小, 或者噪声很强, 或者噪声频谱很类似于信号编码波形族的情况下, 直接相干解调是要冒极大风险的^[16], 可能产生很高的误码率, 使得通信失败. 因此, 在一般的情况下, 应该采用另外一种更为保险且可靠的传输方案, 这也就是本文提出的方案.

2 信号直接叠加编码波形的各位解调

在接收端收到的 8 个频率分量与噪声的混合物, 首先被分送到 8 个带通滤波器($BPF_1 \sim BPF_8$) 的输入端, 每个带通滤波器的中心频率分别与基波、二次谐波, 直至与八次谐波相对应. 因此, 从 8 个带通滤波器输出后, 得到的是对应分量波形的幅度. 那么, 由此可重构各位编码波形与进行各位信息的解调. 由于较高位的编码波形都包含有较低次的谐波分量, 因此, 解码应从最高位开始. 在较高位存在 1 时, 把其存在的较低频率分量的幅度减去, 以免影响较低位的解码. 解码的具体过程可有两种方法.

第 1 种方法比较保险. 它在 BPF_8 的输出端设置一个加法器, 根据 $S_{\tilde{d},8}(t) = \sum_{m/n} I(8/m) \cos mt$ 或 $S_{\tilde{d},8}(t) = \sum_{m/n} I(8/m) \sin mt$, 的公式, 把基频来的分量限幅至 $I(8/1) = I(8)$, 把二次谐波来的分量限幅至 $I(8/2) = I(4)$, 把四次谐波来的分量限幅至 $I(8/4) = I(2)$ 后, 加上 BPF_8 的输出分量(即八次谐波分量, 在编码输入端, 此分量幅度等于 $I(8/8) = I(1)$, 为各分量的最大值者), 就重构成了 $S_{\tilde{d},8}(t)$. 然后, 输入处于 A_8 处的乘法器, 与从另一端输入的 $S_d(8t)$ 进行同步相干解调, 从而得出第 8 位的信息为 1. 当然, 如果第 8 位的编码信息是 0, 那么就没有八次谐波的分量, 也就不能重构成 $S_{\tilde{d},8}(t)$, 与 $S_d(8t)$ 相干解调的结果也就是 0; 但如果得出的第 8 位信息是为 1, 就意味着四次谐波分量有 $I(8/4) = I(2)$ 的幅度, 二次谐波分量有 $I(8/2) = I(4)$ 的幅度, 一次谐波分量有 $I(8/1) = I(8)$ 的幅度是属于第 8 位的, 应在相应的 BPF_4, BPF_2, BPF_1 的输出分量中分别减去 $I(2), I(4), I(1)$ 的幅度, 以免影响相关位的解调. 在其他 BPF 的输出端, 也可以进行类似于 BPF_8 的操作, 分别重构成 $S_{\tilde{d},7}(t)$ 至 $S_{\tilde{d},1}(t)$ 等, 而后分别与 $S_d(7t)$ 至 $S_d(1t)$ 进行相干解调, 得出对应位的信息(1 或 0). (1) 如果第 7 位输出为 1, 就要在 BPF_1 的输出分量中减去 $I(7/1) = I(7)$. (2) 如果第 6 位输出为 1, 就要在 BPF_3 的输出分量中减去 $I(6/3) = I(2)$, 在 BPF_2 的输出分量中减去 $I(6/2) = I(3)$, 在 BPF_1 的输出分量中减去 $I(6/1) = I(6)$. (3) 如果第 5 位输出为 1, 就要在 BPF_1 的输出分量中减去 $I(5/1) = I(5)$. (4) 如果第 4 位输出为 1, 要在 BPF_2 的输出分量中减去 $I(4/2) = I(2)$, 在 BPF_1 的输出分量中减去 $I(4/1) = I(4)$. (5) 如果第 3 位输出为 1, 要在 BPF_1 的输出分量中减去 $I(3/1) = I(3)$. (6) 如果第 2 位输出为 1, 要在 BPF_1 的输出分量中减去 $I(2/1) = I(2)$. 上述各位如输出为零, 各个相减就不必要了. 在上述各位判决都完成后, 对 BPF_1 的输出分量中不属于第 1 位编码的分量都已扣完, 剩下的基波分量就是对第 1 位本身的编码了, 将其与 $S_d(1t)$ 进行相干解调, 就可得出第 1 位的信息. 这样, 就可以全部解调出并行传输的各位信息了. 此方法较复杂, 使用的设备较多, 但它可以在强干扰的情况下, 准确无误地解调出各位信息, 几乎没有误码.

第 2 种方法比较简单. 它在 $BPF_1, BPF_2, \dots, BPF_8$ 的输出处, 分别设置幅度判别器与减法等, 然后仍从第 8 位开始判别. 如果 BPF_8 的输出约为 $I(1)$, 就可判定第 8 位的输出信息是 1. 这时, 输出进行相减其他各位的判决, 可按类似办法进行, 直至对第 1 位的判定. 这种方法比较简单, 使用的设备较少, 但抗强干扰能力较差. 上述的通信方案是在基带上说明的, 也可用在调制通信上.

3 多位并行编码的调制传输

多位并行编码调制传输的方案, 如图 2 所示, 与基带传输的方案相比, 它只是多了调制与解调的环

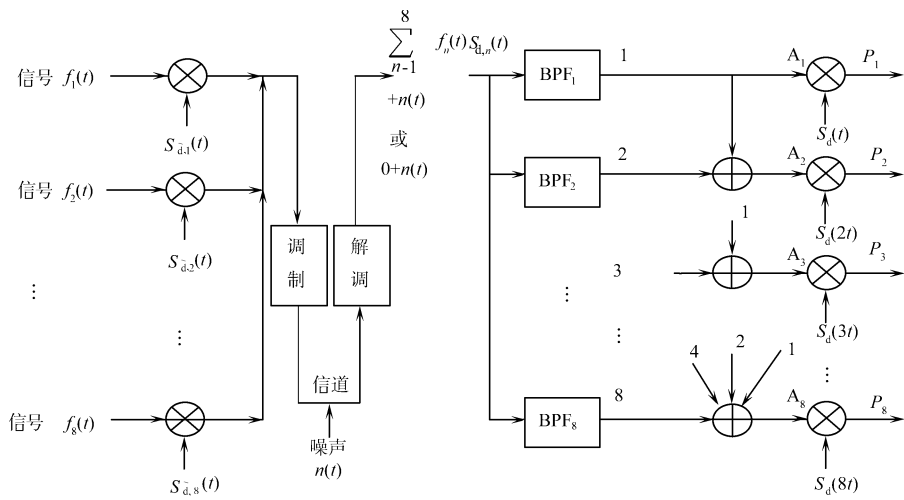


图 2 多位并行编码调制传输的方案

节,而其他原理是一样的,调制波的频率应至少比编码波形的最高频率分量高一个数量级以上.解调出来的信号被送入带通滤波器组后,各位信息的解调过程也与前述的基带解调过程一样,这里不再赘述.

4 讨论

4.1 对传输信道带宽的要求

任何可用的物理信道带宽,其最高频对最低频的比值决定了该信道可并行传输的位数.对于带宽是从零到某一有限值的信道,可以从所要编码传输的位数(N)反过来确定编码波型的最高频,然后,再由最高频根据选择的波型,确定其基频的频率 $f_{min}(f_{min}=f_{max}/N)$.因此,此传输方案可应用于绝大多数的基带通信信道.

4.2 传输方案的可靠性和保密性

在对 Cherr Mobius 数字通信系统的研究与计算机仿真中,可以证明对每一信道应用 Cherr Mobius 逆变换函数族进行编码,在信噪比低至-6 dB 时,信道传输的误码率仍为零.不同类别的逆变换函数族的差别是很小的,只是逆变化的系数不同,而这又与因幅度的选择而引起的逆变换系数不同相类似,很难区分.由编码波形的分析而要找出与之正交的是何种数字波形,确实是很困难的.因此,本文所建议的多位并行编码传输的方案,具有充分的可靠性和巨大维数的选择空间,巨大的多位并行编码选择空间与复杂解调算法的结合,使这个方案也是一种优秀的保密通信方案.

4.3 传输方案实现的经济性

多位并行编码传输方案,是在信噪比低或要求高度保密的条件下才应用的,它会增加一定的投资,但在恶劣的信道环境下,或要求高度可靠与保密的通信要求下,这些负担是可以承受的.在网络高度发达,计算机软件平台广泛应用的今天,利用其软件平台,就可以大大降低通信的硬件成本,使本文提出的方案更具有实用性.

从上面的讨论可得出,应用数字信号的 Cherr Mobius 逆变换函数族的多位并行编码方案,无论在基带通信或调制通信上都具有广泛的前景.其编码波形与解码波形作为 Cherr Mobius 变换对的一一对应性与正交性,使多位信息的并行传输在强大干扰存在的情况下,都能得到准确无误的解调与恢复.

中国科学院院士、清华大学物理系 陈难先教授对本文工作的热情指导,特此致谢.

参 考 文 献

1 Chen Nanxian. Modified mobius inverse formula and its applications in physics[J]. Phys Rev Lett, 1990, 64(11): 1 193~ 1 195
2 Chen Nanxian, Li Gangying. Theoretical investigation on the inverse black body radiation problem[J]. IEEE Transection Antenna Propag, 1990, 38(8): 1 287~ 1 290
3 Rosu H. Mobius inverse problem for distorted black holes(II)[J]. Nuovo Cimento, 1993, 108B(12): 1 333~ 1 339

- 4 Xie Tading, Goldsmith P F. A new method for analyzing IRAS data to determine the dust temperature distribution [J]. *Astrophys J*, 1991, 371: 31~ 34
- 5 Wang Jieming. Temperature distribution of accretion disks in active galactic nuclei[J]. *Astrophys J*, 1996, 469: 564~ 571
- 6 Chen Nanxian. Closed form solution for inverse problems of Fermi systems[J]. *Phys Rev*, 1993, E48 (2): 1 558~ 1 561
- 7 Chen Nanxian, Chen Zhaodou, Wei Yucuan. Multidimensional inverse lattice problem and a uniformly sampled arithmetic Fourier transform[J]. *Phys Rev*, 1997, 55: 5~ 8
- 8 Ge Xijin, Chen Nanxian. Selective field evaporation in field ion microscopy for ordered alloys[J]. *J Appl Phys*, 1999, 85(7): 3 488~ 3 493
- 9 Chen Nanxian. Theoretical study on the phase stability, site preference, and lattice parameters for $Gd(Fe,T)_2$ [J]. *J Phys Condens Mat*, 2001, 13(11): 2 727~ 2 736
- 10 Zhang Shou, Chen Nanxian. Determination of the B_1 - B_2 transition path in $RbCl$ by Mobius pair potentials[J]. *Philos Mag*, 2003, 83: 1451~ 1461
- 11 Zhang Shou, Chen Nanxian. Ab initio interionic potentials for $NaCl$ by multiple lattice inversion[J]. *Phys Rev*, 2002, 66: 1~ 10
- 12 Wei Yucuan, Chen Nanxian. Square wave analysis[J]. *J Math Phys*, 1998, 39(8): 4 226~ 4 245
- 13 陈难先. Fermi 体系逆问题的一种新解法[J]. *自然科学进展*, 2003, 13(5): 473~ 477
- 14 Maddox J. Mobius and problems of inversion[J]. *Nature*, 1990, 344(29): 377
- 15 Su Wuxun, Zhang Weibin, Wang Jiancheng. The evaluations of the inverse transform of eight often used waveforms by Mobius transform the inverse transform of their Fourier series[J]. *Chinese Journal of Electronics*, 2005, 14(3): 513~ 518
- 16 Wei Tengxiong, Su Wuxun. The applications of the Mobius transforms of some often used waveforms in analog communication systems[J]. *Chinese Journal of Electronics*, 2005, 14(4): 666~ 670

A Parallel Multi-Bits Coding Digital Communication System

Wei Tengxiong Su Wuxun

(College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, 362021, Quanzhou, China)

Abstract Applying the Chen Mobius inverse transform function set of some often used digital waveforms as the coding waveforms of each bit digital signal, they were then added directly together and transmitted on a physical channel. At the receiving end, band pass filters were used, according to the frequency spectrum of the coding waveforms, to derive each harmonic frequency component. Afterwards according to a certain algorithm, the coding waveforms for each bit were re-constituted and coherently demodulated by corresponding digital signals. The coded information of each bit was derived and the parallel multi bits coding transmission was realized. The efficiency of the transmission was highly improved and the investment was greatly saved.

Keywords digital signal coding, Chen Mobius transform function set, parallel multi bits transmission, waveform reconstitution by harmonic components, coherent demodulation