

# 一种新型的 IJF-MSK 调制技术

龚晓晖<sup>1</sup>, 万慧琳<sup>1</sup>, 薛晶晶<sup>2</sup>, 殷奎喜<sup>1</sup>

(1 南京师范大学 物理科学与技术学院, 江苏 南京 210097;  
2 南京师范大学 中北学院, 江苏 南京 210046)

[摘要] MSK 调制技术中, 由于其相位路径在转换时刻的斜率不连续, 影响了已调信号频谱的衰减速度, 针对这一缺陷引入 IJF-OQPSK, 使得相位路径平滑, 频谱特性有所提高. 在对 MSK 和 IJF-OQPSK 两种调制进行分析比较的基础上提出了一种新型的 IJF-MSK 调制技术, 即对数字基带信号 (NRZ) 进行 IJF 编码, 用升余弦脉冲构成基带随机信号, 再进行 MSK 调制, 仿真结果表明: IJF-MSK 调制的频谱特性明显优于前面两种调制, 旁瓣衰减速度快 MSK 及 IJF-OQPSK 20 dB 以上.

[关键词] IJF-OQPSK, MSK, IJF 编码

[中图分类号] TN941.4 [文献标识码] B [文章编号] 1672-1292(2006)03-0023-03

## A Modified IJF-MSK Modulation Technique

GONG Xiaohui<sup>1</sup>, WAN Huilin<sup>1</sup>, XUE Jingjing<sup>2</sup>, YIN Kuixi<sup>1</sup>

(1 School of Physical Science and Technology, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China  
2 School of Zhongbei, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

**Abstract** In MSK modulation, due to the discontinuous slope during the switch time of the phasic path, the dropping velocity of the modulation spectrum is affected, and IJF-OQPSK is introduced to solve the limitation, smooth the phasic path and improve the spectrum. This paper makes a comparison between both the modulations and introduces a new modulation named IJF-MSK, that is, code the digital base-band signal with IJF, then modulate it with MSK. The simulation proves that compared with MSK and IJF-OQPSK, it has a better spectrum, the dropping velocity of the secondary petal is lower than 20 dB.

**Key words** IJF-OQPSK, MSK, IJF code

## 0 引言

为了加快频谱衰减, 引入一种无符号间串扰和无抖动的偏移正交相移键控, 常记为 IJF-OQPSK. 在这种调制方法中, 输入的二进制信息序列先进行 IJF 编码, 即用时限双码元间隔升余弦脉冲构成基带随机信号, 形成 IJF 基带信号, 再进行 OQPSK 的调制. 由此得到的 IJF 基带信号为一连续变化的信号, 无跳变沿, 所以已调波具有频谱主瓣窄、滚降快的优良特性. 另外, 理论上也已证明 IJF-OQPSK 信号的带外带内能量比, 经过带限非线性信道后频谱的扩展和误码率性能均优于 OQPSK 和 MSK 调制方式. 由于 IJF-OQPSK 调制具备的良好特性一直受到学者们的关注, 1993 年, 在文献 [1] 中提出了一种改进的 IJF-OQPSK 调制方法, 主要对 IJF 编码中升余弦脉冲函数的表达形式进行了改进, 较 IJF-OQPSK 调制, 频谱主瓣变窄, 旁瓣功率谱密度滚降达 15 dB, 性能改善比较明显. 本文从另外一个角度对 IJF-OQPSK 进行改进, 保持 IJF 编码的良好特性, 结合 MSK 调制, 构造出新型的 IJF-MSK 调制, 它的优点在于实现方法简便, 且频谱效率有显著提高, 旁瓣衰减速度快 MSK 及 IJF-OQPSK 20 dB 以上.

## 1 IJF-OQPSK 调制

IJF-OQPSK 调制中关键一步是将输入信息进行 IJF 编码, 其具体方法是用时限双码元间隔升余弦脉

收稿日期: 2006-02-20

基金项目: 地理信息科学江苏省重点实验室开放基金资助项目 (JK20050304).

作者简介: 龚晓晖 (1982-), 硕士研究生, 主要从事移动通信等方面的学习和研究. E-mail: e-e@sina.com

通讯联系人: 殷奎喜 (1949-), 教授, 博士生导师, 主要从事移动通信、码分多址技术的教学与研究. E-mail: yinkuixi@njjnu.edu.cn

冲将输入二进制信息做脉冲成形. 其中, 脉冲长度为  $2T$  的升余弦函数表达式如下:

$$P(t) = \begin{cases} \frac{1}{2} \left( 1 + \cos \left( \frac{\alpha \pi t}{T} \right) \right) & |t| \leq Tb \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

(1)

其中, 取滚降系数为:  $\alpha = 1$ .

如果采用双码元间隔升余弦脉冲代表随机二进制序列中的“1”和“0”, 且当前脉冲总是在前一个脉冲的中点开始, 根据式 (1) 可以计算出前后两个脉冲的关系:

$$\begin{cases} P(t) + P(t - T) = 1 \\ P(t) - P(t - T) = \cos \left( \frac{\pi t}{T} \right) \end{cases} \quad 0 \leq t \leq T$$

(2)

可以看出, 由于  $P(t)$  固有的特性, 叠加后的波形并不会造成紊乱, 而是形成了码元转换点无突跳的平滑波形. 并且可以证明由此得到的代表随机二进制序列的波形, 其频谱特性和单个双码元间隔升余弦脉冲的特性一样. 当输入二进制信息为 001 时, 用升余弦函数对其进行脉冲成形, 如图 1 所示. 可看出合成波形连续, 无突变点. 而且合成波在  $T/2$  处总为零. 因此过零点固定, 也不会产生定时抖动.

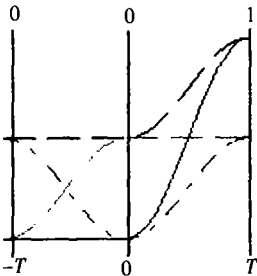


图 1 合成波形

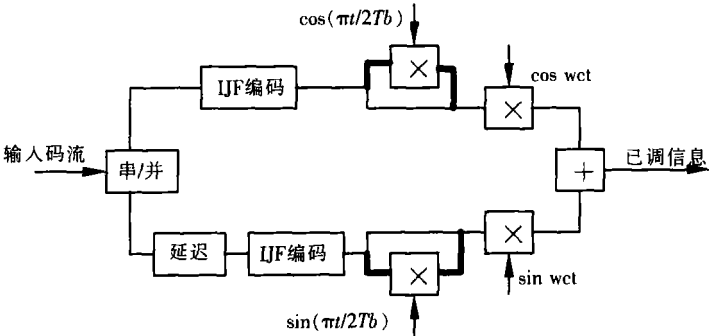


图 2 IJF-OQPSK 及 IJF-MSK (虚线部分)调制框图

IJF-OQPSK 调制方式是把输入的数据序列, 先进行串并转换, 然后对每一路的数据进行差分编码和 IJF 编码, 形成 IJF 基带信号, 再进行四相相移键控调制 (OQPSK). 其调制原理框图如图 2 实线部分所示. 其中, IJF 编码形成的 IJF 基带信号波形如图 3 所示.

IJF 信号的功率谱密度为 (其中  $T = 2T_b$ ,  $T_b$  为码元宽度):

$$G_s(f) = \frac{(\cos(\pi f T) \sin(\pi f T))^2}{\pi^2 T^3 f^2 (1 - 4 T^2 f^2)^2}$$

(3)

根据功率谱密度公式通过仿真, 可以明显看出 IJF-OQPSK 频谱特性优于 MSK.

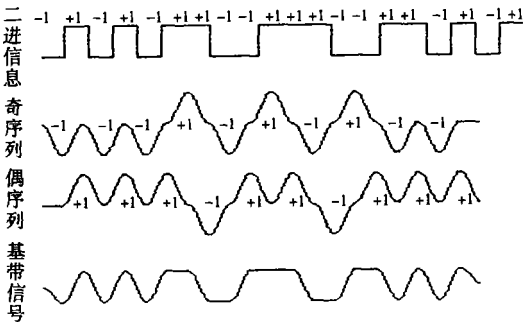


图 3 IJF 基带信号波形

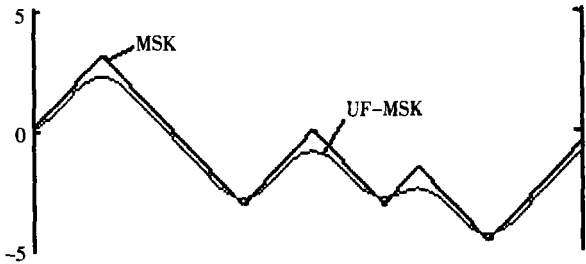


图 4 相位比较

## 2 IJF-MSK 调制技术

### 2.1 具体改进方法

由于升余弦函数的优越性能, 考虑将其与 MSK 调制方式结合. 即对数字基带信号 (NRZ) 进行 IJF 编码, 用升余弦脉冲构成基带随机信号, 然后再进行 MSK 调制, 称之为 IJF-MSK 调制. 调制原理框图如图 2 粗线部分所示. 其中将 IJF-OQPSK 中的时限双码元间隔升余弦函数改变成时限在三码元时间间隔升余弦

函数形式,并且成型脉冲面积是一常数,该常数对应的一个码元内的载波相移为 $\frac{\pi}{2}$ ,则:

$$h(t) = \alpha \left[ 1 - \cos\left(\frac{\beta\pi}{T}t\right) \right] \quad (4)$$

经计算取  $\alpha = 0.33$   $\beta = 2/3$  每个码元经过 IJF 编码后,包络无陡峭沿,无拐点,与 MSK 比较,相位路径得以进一步平滑,如图 4 所示.调制信号的表达式为:

$$S_{IJF-MSK}(t) = \cos(\omega_c t + \varphi(t))$$

$$= \cos\varphi(t) \cos\omega_c t - \sin\varphi(t) \sin\omega_c t \quad (5)$$

$$\text{式中, } \varphi(t) = \frac{\pi}{2T} \int_{-\infty}^t \sum a_k h\left(\tau - kT - \frac{T}{2}\right) d\tau. \quad (6)$$

在  $kT \leq t \leq (k+1)T$  内,  $\varphi(t)$  表示为:

$$\varphi(t) = \varphi(kT) + \Delta\varphi(t), \quad (7)$$

$$\text{其中, } \varphi(kT) = \frac{\pi}{2T} \int_{-\infty}^{kT} \left[ \sum a_k h\left(\tau - kT - \frac{T}{2}\right) \right] d\tau \quad (8)$$

$$\Delta\varphi(t) = \frac{\pi}{2T} \int_{kT}^t \left[ \sum a_k h\left(\tau - kT - \frac{T}{2}\right) \right] d\tau \quad (9)$$

调制信号波形仿真结果如图 5 所示.

## 2.2 IJF-MSK 调制信号的频谱特性

经过 Matlab 仿真,所得到的调制信号的功率谱与归一化频差  $(f-f_c)T$  的关系如图 6 所示.其功率谱明显优越于 IJF-OQPSK 与 MSK 调制,与 GMSK 相当,在归一化频率  $f$  接近于 0.5 处, IJF-MSK 相对于 IJF-OQPSK 功率谱密度下降了 25 dB 并在  $(f-f_c)T = 1$  处旁瓣相对于主瓣功率谱下降达 40 dB.

## 3 结论

本文阐述了 IJF-OQPSK 调制原理及其特性,并对其进行了改进,将 IJF 编码与 MSK 调制相结合,形成一种新型调制方式 IJF-MSK,并且在 Matlab 上加以实现.通过对其功率谱的计算比较,可以看出, IJF-MSK 调制的功率谱优于 MSK 和 IJF-OQPSK 调制,达到了 GMSK 的调制效果,其优点还在于其实现方法比较简便易行.在频率资源愈显紧张的形势下,具有一定的应用潜力.

## [参考文献] (References)

- [1] 樊昌信,张甫翊. 通信原理[M]. 5版. 北京:国防工业出版社, 2001  
FAN Changxin, ZHANG Fuyi Theory of Communication[M]. 5th ed. Beijing: National Defense Publishing Company, 2001 (in Chinese)
- [2] 祁玉生,邵世祥. 现代移动通信系统[M]. 北京:人民邮电出版社, 1999  
QI Yusheng, SHAO Shixiang Modern Mobile Communication System[M]. Beijing: People Post and Telecommunication Publishing Company, 1999 (in Chinese)
- [3] 安振庄,言华. 数字基带 IJF 编码及其实现[J]. 通信学报, 1997, 18(1): 72-83  
AN Zhenzhuang, YAN Hua IJF coding and realization on digital baseband[J]. Journal of China Institute of Communication, 1997, 18(1): 72-83 (in Chinese)
- [4] LIN Fuhua, SONG Tiecheng, JIAN Shaojie. A modified IJF-OQPSK modulation technique[C] // Military Communications Conference, 1993. MCOM'93. Conference Record Communications on the More, IEEE, 1993, 3: 944-947.

[责任编辑:刘健]

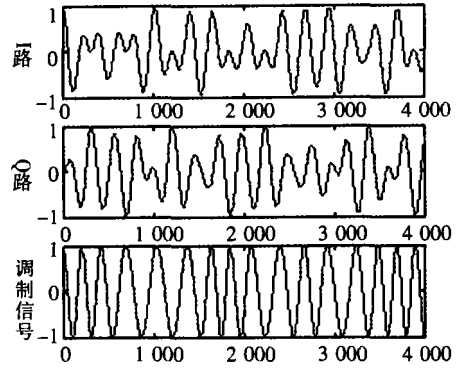


图 5 IJF-MSK 调制波形

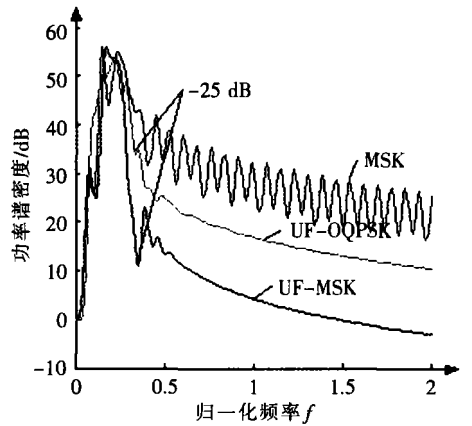


图 6 功率谱比较