

# 基于归零基带脉冲的 OOK/DAMI 方案

冯 伟,徐家品

(四川大学 电子信息学院多媒体与通信实验室,四川 成都 610064)

**摘要:** 针对传统 60 GHz 毫米波无线通信系统的不足,提出了一种新型的基于归零基带脉冲 OOK/DAMI 方案。介绍了基于归零基带脉冲 OOK/DAMI 体制的 60 GHz 毫米波通信系统的发送端模型,简单分析了各个模块的功能,给出了通信系统接收端模型并进行了简要说明,描述了 3 种常用的 ps 级脉冲信号的产生方法与各自的优缺点。仿真分析了不同类型脉冲信号的功率谱密度,最后给出了合成基带脉冲的时域调制波形图和对应的功率谱密度图,仿真显示能够满足 60 GHz 通信中功率谱遮蔽特性的要求。

**关键词:** OOK/DAMI;基带脉冲成形;毫米波通信;60 GHz

中图分类号: TN911.7

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)20-0057-03

## OOK/DAMI scheme on the basis of zero baseband pulse

Feng Wei, Xu Jiapin

(College of Electronic Information, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

**Abstract:** Focused on the disadvantage of traditional 60 GHz millimeter-wave wireless communication system, a new OOK/DAMI scheme based on zero baseband pulse is proposed. Firstly, introduce the transmitter model of OOK/DAMI system and analysis the function of each module, then introduce the receiver model of communication system. After that, describe three kinds of ps-level pulse signal generation method and their advantages and disadvantages, and analyse the power spectral density of different kinds of pulse signal by simulation. Finally, introduce the time-domain modulation waveform and its power spectral density. Simulation results show that the frequency character of modulated signal can meet the requirement of the power spectrum shielding characteristics in 60 GHz communication system.

**Key words:** OOK/DAMI; baseband pulse shaping; millimeter wave communication; 60 GHz

随着全球信息产业的高速发展,无线技术中的传输速率已经从最初的 kb/s 发展到 Mb/s,人们对高速高质量的无线通信服务的需求呈爆炸式增长。此外,现有的无线频谱资源越来越紧张,60 GHz 无线通信正是在这一背景下应运而生。IEEE802.15.3c 建议,60 GHz 系统一般选用 SC PHY 单载波模式、HSI PHY 高速接口模式及 AV PHY 音频/视频模式。HSI PHY 和 AV PHY 这两种模式由于使用了 OFDM 复用体制<sup>[1]</sup>导致系统复杂度较高且对相位噪声敏感<sup>[2]</sup>,单载波 SC 体制复杂度稍好但系统的通信容量又明显小了很多,为此本文提出了一种基于多信号合成归零基带脉冲的 OOK/DAMI 方案,该方案属于 SC 体制但通过合成方法来产生 ps 级的基带脉冲信号,因而大大提高了通信系统的码元速率。

目前产生 ps 级脉冲信号的方法大致可以分为 3

类,第一类利用可编程高速数字器件,优点是脉冲信号的频率、相位、脉宽和幅度的程序可控<sup>[3]</sup>,由于使用的是电平变化陡峭的数字信号,所以产生的脉冲信号频谱太宽。第二类基于阶跃恢复二极管(SRD),SRD 在从正向激励电压转换到负向激励电压时,反向电流会持续一段时间然后迅速截止,从而形成一个陡峭的阶跃电压来产生脉冲信号<sup>[4]</sup>。参考文献[5]采用 3 级级联的 SRD 电路产生了宽度为 250 ps 的脉冲信号,且 3 dB 带宽接近 4 GHz;参考文献[6]采用由 SRD 和微波三极管构成的电路能产生脉宽为 500 ps、峰峰值为 7.6 V 的单周期脉冲信号,但这种方法产生的脉冲信号幅度、频率和脉宽等参数不好调节。第三类是采用传输线或晶格等器件,参考文献[7]采用非线性传输线对产生的信号进行时域压缩来得到需要的窄脉冲信号,这类方法的主要缺点是结构复杂且

# 网络与通信

Network and Communication

成本太高。

相反,本文采用信号合成方法来构造归零基带脉冲,不仅能够产生 ps 级的归零基带窄脉冲,且功率谱能够满足 60 GHz 系统的遮蔽特性规范。通过改变参与合成信号的参数,能够较方便地调节脉冲信号的幅度和频率。

## 1 系统发射端模型

本文提出的基于多信号合成归零基带脉冲 OOK/DAMI 体制的通信系统,较多载波的 OFDM 体制不仅降低了系统收发机的结构复杂度、系统实现难度和成本,而且峰值平均功率比(PAPR)较 OFDM 体制的系统要小和对相位噪声不那么敏感。最重要的是:采用多信号合成的方法可构造满足功率谱遮蔽特性要求的归零基带脉冲;减小码间串扰;增加系统抗干扰的能力;可以突破 IEEE802.15.3c 标准中 OOK/DAMI 体制数据的传输速率的上限;可提高系统功率发射的效率,大大降低系统的平均功耗。

### 1.1 OOK 体制的通信系统发射端

如图 1 所示,相干信号合成发生器的输入端为一定频率的余弦信号,PLL 用于稳定余弦信号的频率,相干信号合成发生器的输出端为归零窄脉冲包络信号,经 OOK 脉冲编码后形成单极性归零脉冲  $w(t-kT_p)$ ,与载波相乘后输出的载波脉冲为  $s(t)$ :

$$s(t) = \sum_{k=0}^{N-1} w(t-kT_p) \cos \omega_c t \quad (1)$$

其中  $T_p$  为 bit 同步周期,  $\omega_c$  为 60 GHz 载波频率。脉冲编码模块部分实现基带 OOK 调制功能,载波调制使用 SSB 单边带调制,可以减小频谱的占用。BP 为带通滤波器,用来滤除掉 60 GHz 频带附近之外的噪声,RFPA 为射频功率放大器,将已调信号进行放大后从发射天线发送出去。

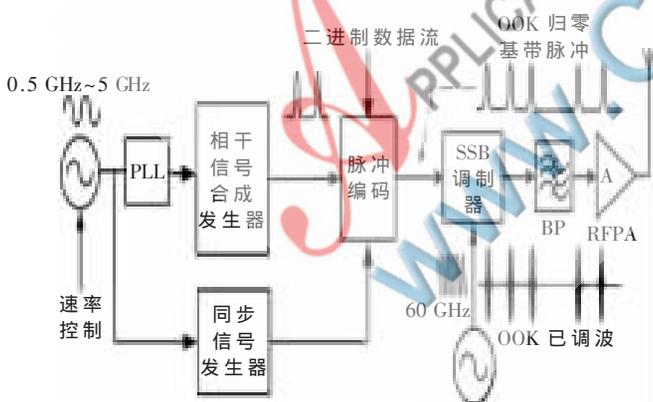


图 1 基于归零基带脉冲 OOK 体制的 60 GHz 毫米波通信系统发送端模型

### 1.2 DAMI 体制的通信系统发射端

如图 2 所示,相干合成信号发生器生成归零窄脉冲包络信号,同相和反相的归零窄脉冲包络信号进入脉冲编码器,经 DAMI 脉冲编码后形成双极性归零基带脉冲  $m(t)$ :

$$m(t) = \sum_{k=0}^{N-1} d[k] w(t-kT_p) \quad (2)$$

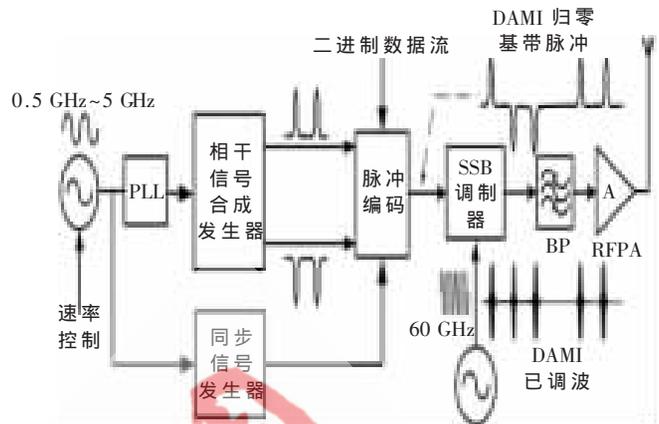


图 2 基于归零基带脉冲 DAMI 体制的 60 GHz 毫米波通信系统发送端模型

经 SSB 调制后输出的载波脉冲为  $s(t)$ :

$$s_{SSB} = m(t) \cos \omega_c t + \hat{m}(t) \sin \omega_c t \quad (3)$$

其中  $\hat{m}(t)$  为  $m(t)$  的 Hilbert 变换,  $T_p$  为 bit 同步周期,  $\omega_c$  为 60 GHz 载波频率。二者的星座图如图 3 所示。

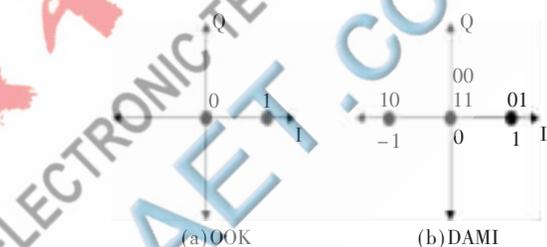


图 3 基于归零基带脉冲体制的星座图

## 2 系统接收端模型

由于基于归零基带脉冲 OOK/DAMI 体制的接收端工作原理相同,所以都可以采用图 4 所示的结构。

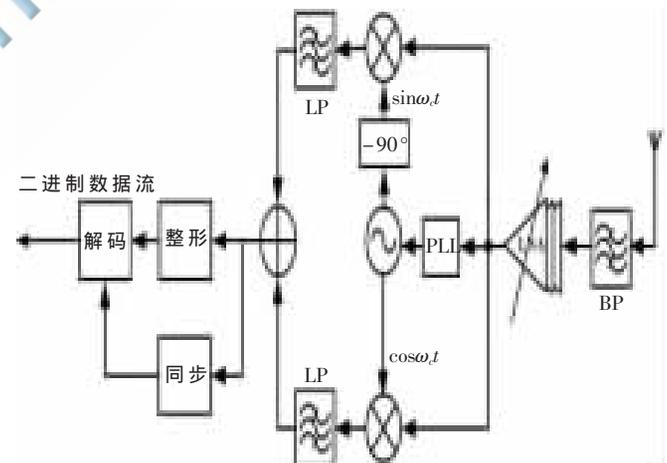


图 4 基于归零基带脉冲 OOK/DAMI 体制的 60 GHz 毫米波通信系统接收端模型

接收端信号由接收天线进入到 BP 模块,BP 模块滤除掉 60 GHz 通信频带之外的噪声信号,低噪声放大器 LNA 对接收信号进行放大,之后进行解调。PLL 模块用来从放大之后的接收信号中提取出 60 GHz 的载波信号,之后经过两个乘法器和 LP(低通滤波器)分别实现正

欢迎网上投稿 [www.pcachina.com](http://www.pcachina.com) 59

## 网络与通信 Network and Communication

交和同相分量信号的提取,最后再通过整形、同步和解码模块后输出二进制数据信号。

### 3 调制信号功率谱仿真分析

我国于2006年10月以信无函[2006]82号文件规定了59 GHz~64 GHz作为60 GHz频段微功率(短距离)无线技术应用<sup>[8]</sup>,产生符合60 GHz功率谱遮蔽特性要求的皮秒级窄脉冲,是60 GHz脉冲通信系统中最为关键技术之一,也是主要的挑战。在脉冲设计方面,采用多信号相干合成方法来构造归零基带脉冲。选用的基带脉冲信号不同,调制之后的信号频谱利用率也相差很大,几种常用信号脉冲调制后的功率谱密度如图5所示。

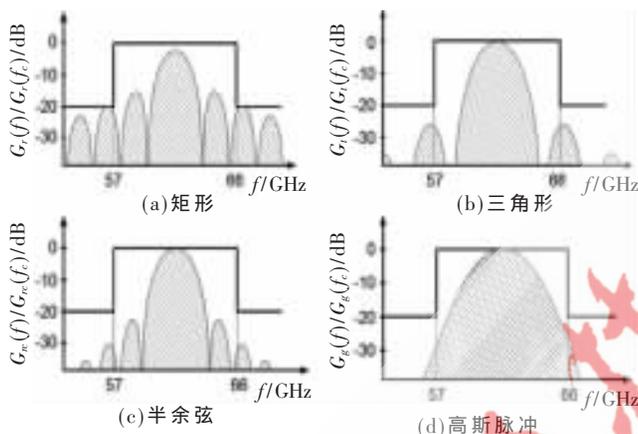


图5 信号脉冲调制后功率谱密度

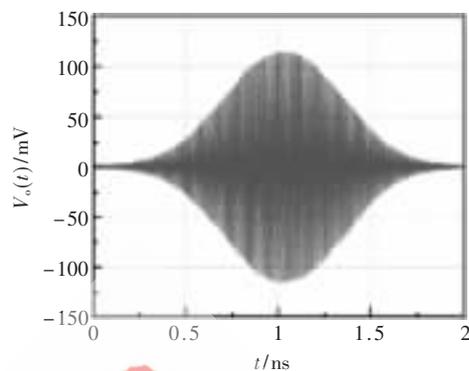
从图5中可以看到不同类型的基带脉冲调制后发射频谱遮蔽特性差异很大。目前广泛采用的是矩形脉冲调制,由于时域信号存在较陡峭变化的边缘,所以其功率谱旁瓣较多且占的比例较大,发射频谱的遮蔽特性最差。而高斯脉冲调制的发射频谱的遮蔽特性相对最好,不仅没有旁瓣,而且功率谱主要成分集中在载频附近。

本文使用相干信号合成发生器来产生所需的归零基带脉冲信号,产生的脉冲信号为高斯脉冲,脉冲信号调制之后的时域波形和对应的功率谱密度 PSD 如图6所示。

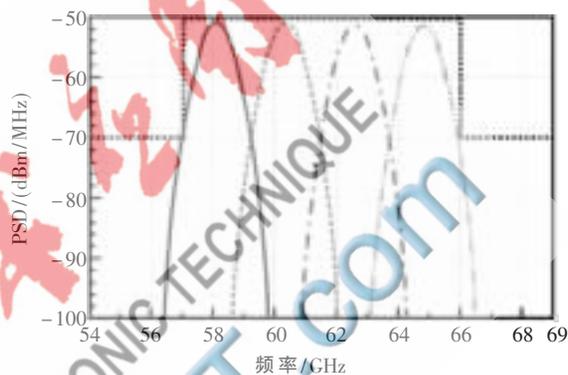
图6(a)中,已调信号的包络为高斯信号,没有变化陡峭的部分。图6(b)中显示了当载波频率在60 GHz附近变化时已调信号的功率谱密度,主瓣宽度在4 GHz左右,满足60 GHz频段的频谱使用要求。当相干合成的参数不一样时,产生已调信号的功率谱密度 PSD 也不同。本文通过对遮蔽功率谱利用率的比较来从备选脉冲中选出较优的脉冲信号。遮蔽功率谱利用率  $\eta$  定义为在功率谱限制范围内的实际信号功率与总的可利用功率之比,用于测量信号波形利用辐射功率限制的效率。

$$\eta = \frac{a_c \int_{F_{\min}}^{F_{\max}} |P(f)|^2 |H_{eq}(f)|^2 df}{\int_{F_{\min}}^{F_{\max}} M(f) df} \quad (4)$$

其中  $a_c$  是单位转换常数,  $P(f)$  是脉冲  $p(t)$  的频谱,由于发射机产生的信号发射到辐射电磁远场,信号产生线性变



(a) 时域波形



(b) 功率谱密度 PSD

图6 相干合成的高斯脉冲调制时的时域波形和功率谱密度 PSD

换,用系统函数  $H_{eq}(f)$  来表示。  $M(f)$  是辐射功率掩蔽,  $F_{\min}$ 、 $F_{\max}$  是规定系统频段的最低频率和最高频率。

本文针对传统60 GHz毫米波无线通信系统的不足,提出了一种新型的基于相干合成归零基带脉冲 OOK/DAMI 体制的60 GHz毫米波通信系统模型,给出了 OOK 体制和 DAMI 体制下的通信系统发射端和接收端原理框图,并分析了关键模块的原理和功能,最后仿真分析了已调信号的功率谱密度,仿真结果显示功率谱能够满足60 GHz通信功率遮蔽特性的要求。

### 参考文献

- [1] LAN/MAN standards committee of the IEEE computer society. IEEE Std 802.15.3c-2009, IEEE-SA Standards Board[S]. 2009.
- [2] ZAMORANO J L N, THILLO J V, BOURDOUX W, et al. Impact of phase noise on OFDM and SC-CP[C]. Global Telecommunications Conference, GLOBECOM'07, IEEE, 2007.
- [3] 吴有用, 万旺根, 赵恒凯. 一种基于数字器件的多参数皮秒级脉冲成形系统[J]. 电测与仪表, 2009, 46(9): 65-67, 80.
- [4] 周建明, 高晓薇, 陈宁, 等. 一种基于 SRD 和 NLTL 的皮秒级脉冲产生电路[J]. 固体电子学研究与进展, 2007, 27(1): 40-43, 73.
- [5] CHOI G W, CHOI J J, HAN S H. Picosecond impulse generator driven by cascaded step recovery diode pulse shaping

circuit[C]. Rev. Sci. Instrum. 82, 016106(2011).

[6] 刘丽华,戴舜,谢义方,等.新型超宽带穿墙雷达单周期窄脉冲产生技术[J].北京理工大学学报,2011,31(1): 92-95.

[7] INDIRAYANTI P, VOLKAERTS W, REYNAERT P, et al. Picosecond pulse generation with nonlinear transmission lines in 90-nm CMOS for mm-wave imaging applications[C]. ICECS, 2012.

[8] 信无函[2006]82号.关于60GHz频段微功率(短距离)无线电技术应用有关问题的通知[Z].2006.

(收稿日期:2013-08-21)

作者简介:

冯伟,男,1989年生,硕士研究生,主要研究方向:多媒体通信。

徐家品,男,1957年生,硕士生导师,主要研究方向:多媒体通信与信息系统。

