

一种面向大幅面喷墨印刷机的多灰度动态 RIP 技术研究^{*})

杨 燕 刘小丹

(辽宁师范大学计算机与信息技术学院 大连 116029)

摘 要 大幅面喷墨印刷机通常采用多遍喷印的方法来保证印刷品的色彩浓度,而多遍喷印相同的信息会使画面高亮度区域产生粗糙纹理。提出了一种面向大幅面喷墨印刷机的基于阈值调制技术的多灰度动态 RIP 方法。实验证明,该方法有效地消除了画面中高亮度区域的粗糙纹理。

关键词 大幅面喷墨印刷机, RIP, 多级半色调, 绿噪声, 阈值调制

The Technique of Multiscale and Dynamic RIP on the Large Format Inkjet Printer

YANG Yan LIU Xiao-Dan

(College of Computer and Information Technology, Liaoning Normal University, Dalian 116029)

Abstract In order to enhance the color depth of the output, large format inkjet printer usually prints multipass. However, it usually introduces coarse grain in the highlight area of the output. This paper proposes a novel method called multiscale and dynamic RIP based on threshold modulation to solve such problem. Experimental results show that it is a good method to improve the output quality by removing the coarse grain in the highlight area.

Keywords Large format inkjet printer, RIP, Multitoning, Green noise, Threshold modulation

1 引言

与小幅面喷墨印刷机相比,大幅面喷墨印刷机通常具备 2.5 m 以上幅宽的印刷能力,具有印刷速度快、承印材料广泛、印刷品户外持久性长等特点,被广泛应用于大型户外广告宣传画、装饰画和车身广告等领域。RIP(Raster Image Processor, 光栅图像处理器)作为一个完整的数字化印前处理系统,关系到喷墨印刷机输出的质量和速度,是数字印刷输出系统的核心。因为户外广告画面要求面积大、色彩艳丽,大幅面喷墨印刷机通常采用多遍喷印模式,通过增加覆墨遍数的方法来保证画面的色彩浓度。而对于画面中的高亮度区域,采用该模式在几乎相同的位置反复喷印少数墨点,就会产生明显的粗糙纹理,降低了画面质量。为此,我们结合绿噪声半色调技术^[1],针对大幅面喷墨印刷机 4 遍喷印模式,提出了一种基于阈值调制技术的多灰度动态 RIP 算法,对其中的多级(或多灰度)半色调技术和动态 RIP 方法进行了研究。将该技术应用于我们开发的飞图 3300 系列大幅面喷墨印刷机上,有效地解决了画面中粗糙纹理的问题。

2 基于绿噪声技术的多灰度 RIP 方案

为了获得色彩浓度高、质量好的画面,喷墨印刷机通常采用多遍喷印的方法。不同种类的设备,多遍喷印的含义不同。小幅面喷墨印刷机多遍喷印时,每一遍喷印不同的信息,用于输出高分辨率图像,优点是输出精度高,缺点是信息处理的时空开销大。大幅面喷墨印刷机多遍喷印时,通常每一遍喷印相同的信息,其优点是加大信息强度、减少信息处理的时空开销,缺点是高亮度区有粗糙纹理。在高亮度区域需要喷印的点数较少,点间距离较大,如果在几乎相同的位置多遍喷印,

人眼很容易识别画面中的粗糙纹理。相反,在暗调区,由于喷印的点既多又密集,即使多遍喷印,人眼也很难发现上述问题。于是产生了如何既避免信息处理的巨大时空开销,又消除高亮度区域粗糙纹理的问题。

数字半色调技术是根据人类视觉系统(Human Visual System, HVS)模型,用数学、计算机等工具在二值设备或多色二值设备上再现连续色调图像的一门技术。误差扩散(Error Diffusion, ED)是最常用的调频(FM)半色调技术,其原理是先阈值量化输入像素,然后将量化的误差扩散到相邻的未处理的像素上。调频半色调技术不会产生龟纹和网花,没有网目和网角的限制,广泛用于数字印刷。评定半色调图像质量,除了基于均方信噪比思想的 NMSE、PSNR 和 HWMSE(HVS-Weighted Mean Square Error)^[1]等度量方法外,还包括频谱分析方法。蓝噪声理论认为理想的网点分布的傅立叶变换频谱中应具有较多的高频信息。调幅(AM)半色调技术是用网点的大小来表示图像的灰度层次。绿噪声半色调技术^[2](简称绿噪声技术)是一种 AM 与 FM 半色调技术的结合技术,既具有蓝噪声模式最大程度地分离点与点之间的距离从而生成随机网屏的特点,又能结合 AM 半色调技术的簇点行为,使生成的半色调模式具有一定的抗输出变形能力。

早期的印刷设备都是二值输出设备,所以通常的半色调技术,如误差扩散和绿噪声技术都是对图像进行二值化处理。随着多级输出设备的问世,多级半色调技术引起了人们的关注。目前的多级输出喷墨印刷机稳定性差,应用范围十分有限。我们开发的飞图 3300 系列大幅面喷墨印刷机是二值输出设备。为了消除高亮度区域的粗糙纹理,我们提出基于绿噪声技术的多灰度 RIP 方案。设大幅面喷墨印刷机采用 4 遍喷印模式,用基于多灰度误差扩散的 FM 技术做 RIP 处理,

^{*}) 本文工作得到国家自然科学基金 60372071 基金资助。杨 燕 硕士生,主要研究方向为图像处理。刘小丹 教授,主要研究方向为图像处理,数字化印刷。

控制每遍喷印四灰度级中的一个级别,使 4 遍喷印后表示不同灰度级别的墨点浓度不同。在高亮度区域,同一位置最多喷印 1 次,而在暗调区域,同一位置最少喷印 2 次。用墨的浓度模拟 AM 的簇点行为,实现图像幅值(能量)的正确再现。四灰度半色调图中的像素用 2 位表示,二灰度半色调图中的像素用 1 位表示。本方案将信息密度增加了一倍,但比起每遍输出不同的二灰度半色调数据方式中每像素用 4 位表示,信息密度减少一倍。

3 阈值调制多灰度半色调技术

多级半色调技术是二级半色调技术的一个扩展,不同的是输出图像中像素点具有多个灰度级别而不只是二个。一种简单的做法是用 N 个级别的量化器来代替传统误差扩散算法中的二值量化器。Floyd 和 Steinberg 的二灰度误差扩散(2-ED)算法可以由图 1(a)说明,其中 $Q(\cdot)$ 是阈值标量量化器, $u(n)$ 是该像素灰度值与部分量化误差的和, $e(n) = h(n) - u(n)$ 为量化误差。误差滤波器的权系数由图 1(b)所示,其中 $\times$ 表示当前像素。为实现多灰度误差扩散,一般的做法是修改二值标量量化器 $Q(\cdot)$,使 $Q(\cdot)$ 表示多灰度标量量化器。

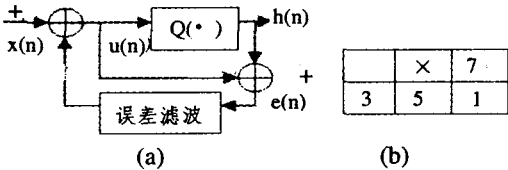


图 1 误差扩散法原理

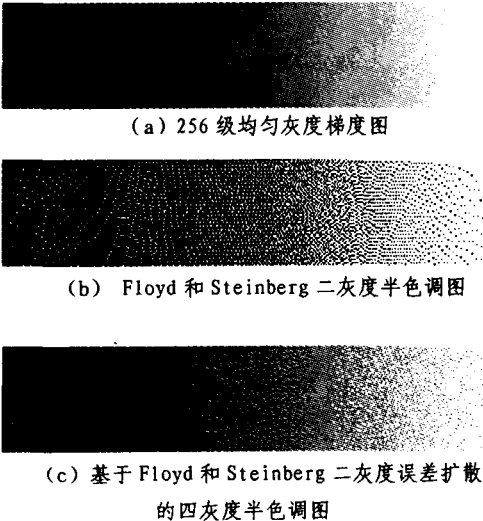


图 2 灰度梯度图与半色调图

该方法有不足之处,由四灰度误差扩散效果图(图 2(c))可见到“伪轮廓”现象明显,严重影响输出画面质量。图 3 为半色调技术和多级半色调技术的 HWMSE 客观评价图示,

HWMSE 是一种基于 HVS 模型的评价手段。图中实线表示二级半色调技术,虚线表示四级半色调技术。在灰度级为 0、85、170、255 附近,多级半色调曲线的均方误差(MSE)存在 0 值,也就是说不存在半色调误差,说明在上述灰度级附近原图和多级半色调图几乎没有差别。而在其它灰度级处原图和多级半色调图却存在一定的差别。这样人眼就很容易发现“伪轮廓”。

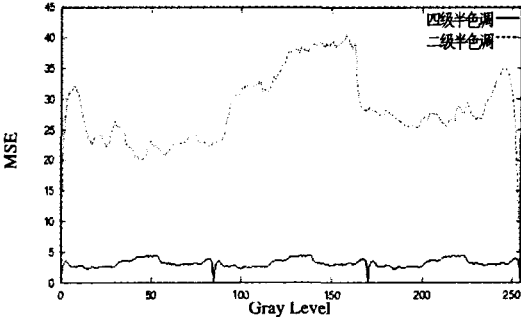


图 3 半色调和多级半色调 HWMSE 评价

为消除“伪轮廓”,有人提出过层结构(Layered Structure)误差扩散的迭代算法^[3],但是这种方法输出效率很低,实际中很难推广。

半色调技术中有人提出过一种多阈值调制^[4]的方法,有效地改善了二灰度半色调图像存在的人工纹理问题。我们以此为基础,在多灰度误差扩散算法中加入了多阈值调制技术,设计了一个 Bayer 阈值调制函数,由下面的公式来描述:

$$T = n + (F[x \% 8][y \% 8] \% n) \times m(i) \tag{1}$$

其中 (x, y) 表示当前像素在输入图像中的位置, F 为具有蓝噪声特性的 Bayer 阈值矩阵, n 取 64、128、192, $i \in \{0, 255\}$ 表示输入图像中的像素值, $m(i) \in \{0.0, 1.0\}$ 是与 i 值相关的调制力度(Modulation Strength)。虽然任意矩阵都可以作为阈值矩阵,但是为了使半色调图像更接近连续色调图像,要求阈值矩阵应该具备以下两点性质:阈值的一致分布和阈值的均匀空间分布。Bayer 阈值矩阵具有第一性质。具有蓝噪声特性的 Bayer 阈值矩阵符合人眼低通滤波性的要求,可以达到较好的视觉效果。当通过模除运算 $F[x \% 8][y \% 8]$ 将 Bayer 阈值矩阵覆盖在整幅图像上时,基本满足第二性质。

如表 1 所示,虽然用 Bayer 阈值矩阵进行多阈值调制的 PSNR 值较大,但其半色调图(图 3(a))却引入了轻微的纹理。如图 2(c)所示, Floyd 和 Steinberg 方法在中间输出级 85、170 附近存在灰度过渡的问题。基于 Bayer 阈值矩阵的多级半色调法虽然有效地解决了灰度过渡的问题,却因式(1)中的模除运算,将 Bayer 阈值矩阵覆盖在整幅图像上,特别在灰度相同的大面积区域,由于重复使用 Bayer 阈值矩阵就会产生轻微的规则纹理。我们根据随机数的等概率分布特性,又设计了一个随机阈值调制函数 RandModulation()。

表 1 四种半色调图的 PSNR 值

算法	Floyd-Steinberg 2-ED	基于 Floyd-Steinberg 2-ED 的 4-ED	基于 Bayer 矩阵的多 阈值调制 4-ED	随机阈值调制 4-ED
PSNR 值	4.2954e+005	3.6785e+006	2.9200e+006	1.9425e+006

主要算法(以 0~127 灰度为例)如下:

(1)使用随机函数 rand()产生 0~127 之间的伪随机数 t ;

(2)比较当前像素和 t 的值,若当前像素小于 t ,则输出0;否则,输出85;

(3)计算误差并扩散;

(4)如RIP处理结束,退出,否则对下一像素转1。

对于值在128~255范围内的像素,算法同理。

该算法确定的阈值 t 是随机的,满足阈值的一致分布和阈值的均匀空间分布两点性质。

图3(b)是随机阈值调制四灰度半色调图,基本上消除了规则的纹理结构。无论从主观感觉,还是从PSNR测度上,用误差扩散算法处理图像,其输出图像都是四灰度的优于二灰度的。虽然基于Bayer阈值矩阵的多阈值调制和随机阈值调制算法PSNR值略有减小,但由于基本消除了“伪轮廓”,可以达到较好的视觉效果。实际中,基于Bayer矩阵的多阈值调制法和随机阈值调制法都是可行的,前者的PSNR值大,图像更逼真;后者网点的分布随机性好,不会产生因Bayer阈值矩阵引入的轻微规则纹理。对于用户来说,只需要选择一种适合自己的方法即可。



(a) 基于Bayer阈值矩阵的多阈值调制四灰度半色调图



(b) 随机阈值调制四灰度半色调图

图3 阈值调制四灰度半色调图

4 动态RIP技术

在喷墨印刷领域中,除了画面质量,印刷速度也是产品竞争的重要因素。影响喷墨印刷输出效率的因素主要有RIP的速度、喷印的机械动作速度和计算机与喷头间的信息传输速度。动态RIP可以充分利用喷墨机两个行程间的机械动

作间隙,把欲印刷图像的半色调处理过程进行分割,按行程对图像进行RIP处理,并把RIP后的结果分批传输到印刷机上,以实现边RIP边喷印的并行处理。动态RIP处理时涉及到RIP处理工作区、喷印工作区和传输工作区,相关流程设计如下:

1. 在RIP处理工作区中做RIP处理;
2. 根据四组喷头的偏移位置,把RIP处理工作区中的数据映射到喷印工作区;
3. 对喷印工作区中的数据进行传输格式变换,并存储到传输工作区;
4. 通过WDM驱动程序把工作区中的数据发送传输到喷头;
5. 对喷印工作区中的像素数据做减1操作,并根据遍数的要求,向上滚动喷印工作区中数据。

经测试,动态RIP比静态RIP平均节省10%~15%的印刷时间,用户操作起来也很方便。

结论 我们提出了一种面向大幅面喷墨印刷机的基于阈值调制技术的多灰度动态RIP算法。结合大幅面数字喷墨印刷机多遍喷印的特点,采用绿噪声技术和动态RIP的方法,在误差扩散算法中加入了阈值调制机制,消除了多灰度误差扩散“伪轮廓”现象,避免了由于多遍喷印相同信息而在高亮度区域产生的粗糙纹理。该项技术用于现有设备RIP软件的升级,提高了输出画面质量,还改善了设备操作方便性。

参考文献

- 1 Yu Q, Parker K J, Spaulding K, et al. Improved digital multitone with over-modulation scheme. In: Color Imaging: Device-Independent Color, Color Hardcopy and Graphic Arts III, SPIE, 1998, 3300: 362~373
- 2 Lau D L, Arce G R. Green-noise Digital Halftoning. In: Intl. Conf. on Image Processing. Chicago, USA, Oct. 1998
- 3 Ochi H. High quality multilevel error diffusion method with layered structure. In: 140th Research Meeting for Image Processing and Communication, Society of Electronic Communication in Japan, 1994. 17~20
- 4 Zhou Bingfeng, Fang Xifeng. Improving Mid-tone Quality of Variable-Coefficient Error Diffusion Using Threshold Modulation. ACM Trans Graph, 2003, 22(3): 437~444

科学技术贵以奉献与共享 《计算机科学》夙愿作益友

欢迎阅读/订阅 2006 年《计算机科学》

计算机科学

中文核心期刊 中国科学引文数据库来源期刊

中国科技论文统计与分析用期刊 中国期刊方阵双效期刊

2006 年扩展版面至每期 280 页, 每期定价 30.00 元, 全国各地邮局均可订阅, 邮发代号 76-68。若误过订期者可直接寄汇款到本社邮购。

地址: 重庆市渝中区胜利路 132 号《计算机科学》杂志社

邮编: 400013

电话: 63500828

E-mail: jsjx@swic.ac.cn

欢迎订阅《计算机科学》月刊, 欢迎投稿, 欢迎刊登广告