

## 基于频域滤波的视频图像帧复原技术研究\*

李亚文

(商洛学院电子信息工程与电气工程学院 商洛 726000)

**摘要:** 视频图像帧在通信过程中,由于受到各种噪声的干扰,使其质量下降,为了确保较高的通信质量需要对降质的图像帧进行复原。本文分析了频域中的逆滤波和维纳滤波即最小均方误差滤波的方法对退化的图像进行复原的基本原理,在 VC++ 中对其算法思想进行编程实现,对比两种图像复原技术的效果,实验结果表明,两种频域滤波技术各有特点,逆滤波算法思想简单,对于图像帧降质小的图像复原效果较好;而对于信噪比较小,对于降质明显的图像帧使用维纳滤波复原效果较好。

**关键词:** 图像退化;图像复原;逆滤波;维纳滤波

**中图分类号:** TN911.73    **文献标识码:** A    **国家标准学科分类代码:** 510.4050

## Study on video frame restoration technique of frequency domain filtering

Li Yawen

(College of Electronic Information and Electrical Engineering, Shangluo University, Shangluo 726000, China)

**Abstract:** Because of the interference with kinds of noise, the quality of video frame was degradation in the communication process, Video frame degradation should be restored to ensure high quality communication. In this paper, the image restoration principles of Inverse filtering and Wiener filtering (minimum square error filter) were analyzed with Image degradation in frequency domain, the two image restoration technology was compared with implemented in VC++ programming. The experiment result was showed that the two filter techniques had own characteristics. The algorithm of inverse filtering was sample, it is better to restore for small image degradation; however, the degraded image and the little signal to noise was received apparently recovery by Wiener filtering.

**Keywords:** image degradation; image restoration; inverse filtering; Wiener filtering

## 1 引言

随着电子通信技术的不断发展,人们在通信过程中需要传输图像视频文件越来越多,然而,由于光学系统成像条件、传输介质和发送接收设备的参数限制,以及场景传输中的介质特性、图像在采集、处理过程中引入的各类噪声,使得通信过程中图像模糊现象比较普遍<sup>[1-4]</sup>,为了得到较好质量的图像视频文件,需要对数字图像进行复原,还原图像视频文件的原始形态<sup>[5]</sup>。本文主要研究了频域中的两种图像复原技术,逆滤波复原和维纳滤波复原,使用其两种算法思想在 VC++ 中进行编程,对污染退化的图像进行复原,对比两种算法,分析了其复原图像的质量,指出其算法的适应的范围。

## 2 图像退化与图像复原

由于成像系统造成图像几何失真、灰度失真,或者由于相对运动引起图像的运动模糊等,而使图像质量降低等情况统称为图像退化或者图像模糊<sup>[6]</sup>。

图像复原又称为图像恢复,它与图像增强不同,客观上强调对图像质量的改进,研究分析寻找图像退化的原因,并进行相关的数学建模<sup>[7]</sup>;从图像退化的原因起步,分析被污染或者畸变的图像,从中提炼视频图像帧中的关键数据。恢复的过程就是根据获取退化视频图像帧的关键信息建立退化模型,分析图像帧畸变的原因,设计滤波器,使其能从原来降质的图像  $g(x, y)$  中计算得到的真实图像帧预测的值  $\hat{f}(x, y)$ ,再应用预先规定的误差准则,最大程度预测估

计<sup>[8]</sup>真实图像  $f(x,y)$ 。

在视频传输的过程中,对于受到噪声污染的图像帧退化过程模型化,设原始图像帧  $f(x,y)$  上的退化系统函数为  $H(x,y)$ ,退化后图像帧为  $g(x,y)$ ,经过退化系统后,受到随机噪声的  $n(x,y)$  的干扰产生了退化图像帧  $g(x,y)$ ,因此  $g(x,y) = H[f(x,y)] + n(x,y)$ ,如果依据退化系统的模型  $H(x,y)$ ,对退化图像  $g(x,y)$  进行逆退化复原处理,可得到原始图像的一个近似结果,从而实现了原始图像的复原<sup>[9]</sup>,如图1所示。

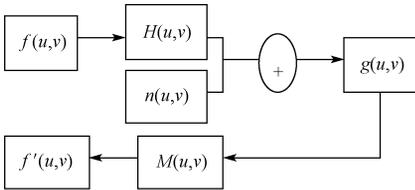


图1 退化图像复原建模

一般常用的图像复原技术根据分析图像帧处理所在的域分为空间域恢复和频域恢复<sup>[10]</sup>。空间域滤波复原是在已知噪声模型基础上(比如已知为高斯噪声、均匀分布噪声或者脉冲噪声等),对噪声的空间域滤波;而频域滤波对退化后系统模型进行估计,在频域中进行图像复原,由于频域滤波恢复的图像质量较好,应用硬件电路可以较好实现,因此得到的广泛地应用,本文主要分析频域滤波技术进行视频图像帧的恢复<sup>[11]</sup>,常用的频域滤波复原技术主要包括逆滤波和维纳滤波两种。

### 3 逆滤波进行图像复原

#### 3.1 逆滤波原理

线性移不变系统的图像的退化模型:

$$g(x,y) = f(x,y)h(x,y) + n(x,y) \quad (1)$$

在频域中可得:

$$G(u,v) = H(u,v)F(u,v) + N(u,v) \quad (2)$$

假设忽略噪声的影响,则退化模型的频域可以简化为:

$$G(u,v) = H(u,v)F(u,v) \quad (3)$$

在已知系统的传输函数  $H(u,v)$  情况下就可以得到复原后图  $F(u,v) = G(u,v)/H(u,v)$ ,逆滤波就是应用傅里叶变换和逆变换的思想恢复图像帧的方法;然而在一般情况下,系统中都存在噪声干扰,所以退化模型的频域表示为式(2)的形式,逆滤波恢复的图像频域表示为:

$$F(u,v) = \frac{G(u,v)}{H(u,v)} - \frac{N(u,v)}{H(u,v)} \quad (4)$$

#### 3.2 逆滤波图像恢复

实验以 lena.jpg 为原始图像,加入了噪声污染后,应用逆滤波的算法思想对退化后的图像帧进行复原,应用 VC++ 进行算法编程实现图像帧的恢复,恢复过程在频域中进行,需要将图像对应的时域信息通过二维傅里叶变换

变换到频域。二维的傅里叶变换较多采取连续2次运用一维离散快速傅里叶变换的方法来实现,首先将  $f(x,y)$  的每一个  $x$  对  $y$  求变换再乘以  $N$  得到  $F(x,y)$ ,然后再将得到的  $F(x,y)$  沿  $f(x,y)$  的每一个  $v$  对  $x$  求逆变换即可得到  $f(x,y)$  的最终频域的恢复图像  $F(x,y)$ 。部分主要程序如下:

```
int WM=(int)(log(W)/log(2)+1.0f);
int HM=(int)(log(H)/log(2)+1.0f);
WM=HM=max(WM,HM); file://取二者大值
int WN=(int)pow(2,WM); file://构造网格宽度
int HN=(int)pow(2,HM); file://构造网格高度
for{int i=0;i<WN;i++;for{int j=0;j<HN;j++;if(i%3==0||j%3==0){
Re=D[i*WN+j*HN]; Im=0.0f;
} else file://缺位补0
U[i*WN+j*HN].Re=U[i*WN+j*HN].Re; Im=0.0f;
}
```

实验结果如图2所示,逆滤波的图像复原主要包括4幅图像,其中(a)图是原始的图像,(b)图是加噪声退化后的图像,(c)是无振铃情况下进行逆滤波复原的图像,(d)是有振铃情况下进行逆滤波复原的图像。

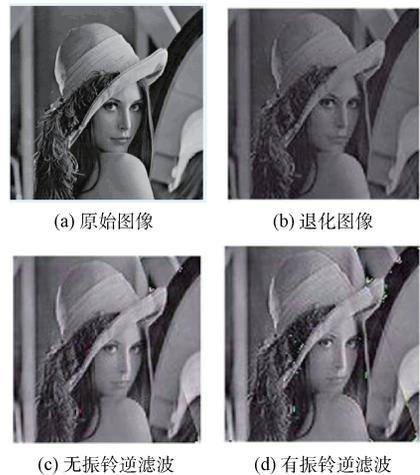


图2 逆滤波进行图像复原

实验结果表明,当图像帧受到较小噪声污染而降质,采用逆滤波可以较好的恢复原图像,如果噪声分布的频域空间较宽,或者系统的传输函数  $H(u,v)$  较小接近于0,则式(4)中的第二项变得很大,噪声对图形质量的影响将很大,由于  $H(0,0)$  等于  $h(x,y)$  的平均值,实际中随  $(u,v)$  与原点的距离增加而迅速减少,噪声变换比较缓慢,因此,对于轻度降质的图像帧恢复时在中心频率范围或者原点附近进行逆滤波恢复,效果较好。

## 4 维纳滤波进行图像复原

### 4.1 维纳滤波原理

设向量  $f, g, n$  分别表示  $f(x, y)$ ,  $g(x, y)$  和  $n(x, y)$ , 则  $n = g - Hf$

寻找一个  $f$  的估计值  $\hat{f}$ , 使得  $\hat{H}f$  在最小均方误差的意义下接近  $g$ , 则需要  $n$  的范数最小:

$$\|n\|^2 = n^T n = \|g - H\hat{f}\|^2 = (g - H\hat{f})^T (g - H\hat{f}) \quad (5)$$

取得  $\hat{f}$  的一个线性操作变矩阵换  $Q$ , 使  $\|Q\hat{f}\|^2$  最小, 建立目标函数:

$$\min J(\hat{f}) = \|Q\hat{f}\|^2 + \alpha[\|g - H\hat{f}\|^2 - \|n\|^2] \quad (6)$$

两边关于  $\hat{f}$  微分, 并令其为 0, 得:

$$\hat{f} = (H^T H + \gamma Q^T Q)^{-1} H^T g \quad (7)$$

式中:  $\gamma = \frac{1}{\alpha}$ , 可以改变调节, 以满足约束条件。

频域中拟恢复的估计函数  $\hat{F}(u, v)$  表示为:

$$\hat{F}(u, v) = \left[ \frac{1}{H(u, v) |H(u, v)|^2 + S_{mm}(u, v)/S_{ff}(u, v)} \right] G(u, v) \quad (8)$$

式中:  $H(u, v)$  是退化函数,  $|H(u, v)|^2 = H(u, v)^* H(u, v)$ ,  $S_{mm}(u, v) = |N(u, v)|^2$  是噪声的功率谱,  $S_{ff}(u, v) = |F(u, v)|^2$  是退化图像的功率谱。

维纳滤波器的传输函数:

$$H_w(u, v) = \left[ \frac{1}{H(u, v) |H(u, v)|^2 + S_{mm}(u, v)/S_{ff}(u, v)} \right] \quad (9)$$

### 4.2 维纳滤波图像恢复

实验同上以 lena.jpg 为原始图像, 对退化后的图像进行维纳滤波, 维纳滤波已知原图像和噪声的功率谱  $S_{ff}(u, v)$  和  $S_{mm}(u, v)$ , 而一般情况下, 这两者都是未知的, 通常用一个常数  $K$  来代替  $\frac{S_{mm}(u, v)}{S_{ff}(u, v)}$ , 则式(8)就变为:

$$\hat{F}(u, v) = \left[ \frac{1}{H(u, v) |H(u, v)|^2 + K} \right] G(u, v) \quad (10)$$

假设  $K=0.08$ , 在 VC++ 环境下进行编程实现, 部分维纳滤波的代码实现如下:

.....

```
float K=0.05f; file://预先设定常数 K
```

```
dsp. DFT_2D_FFT(m_cpBuffer, lena.jpg Width,
```

```
lena.jpg Height,U);
```

```
for(int i=0;i<HN;I++)
```

```
{
```

```
</HN;I++){
```

```
for(int j=0;j int k=(int)(j/3);
```

```
D1=(float)sqrt(i * i+k * k);
```

```
float H=1.0f/(1+(D1/D0) * (D1/D0)); //H(u,v)=1/(1+(u2+v2)/D02))
```

```
U[i * 3 * WN+j]. Re=(U[i * 3 * WN+j]. Re * H)/(H * H+K); file://维纳滤波
```

```
U[i * 3 * WN+j]. Im=(U[i * 3 * WN+j]. Im * H)/(H * H+K);
```

```
} }
```

```
dsp. DFT_2D_IFFT(m_cpBuffer, lena.jpg Width, lena.jpg Height,U);
```

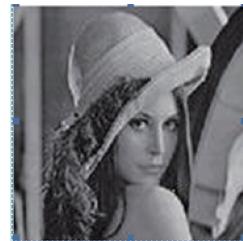
.....

实验结果如图 3 所示, 维纳逆滤波的图像复原主要包括 3 幅图像, 其中 (a) 图是原始的图像, (b) 是加噪声退化后的图像, (c) 是使用维纳滤波技术进行恢复后的图像。



(a) 原始图像

(b) 退化图像



(c) 维纳滤波后图像

图 3 维纳滤波进行图像复原

通过对比图 3(c) 和图 2(c) 可见维纳滤波的质量要比逆滤波质量要好, 尤其是原始图像降质较明显的情况下, 如果信噪比较高,  $S_{ff}(u, v)$  远大于  $S_{mm}(u, v)$ , 即  $K$  的取值很小,  $H_w(u, v)$  趋向于  $\frac{1}{H_w(u, v)}$ , 维纳滤波就变成了逆滤波, 因此, 逆滤波是一种特殊的维纳滤波; 如果信噪比较低,  $S_{mm}(u, v)$  远大于  $S_{ff}(u, v)$ , 则  $H_w(u, v)$  趋向于 0, 即维纳滤波避免了逆滤波放大噪声的问题。

## 5 结 论

在频域中对退化后的图像进行复原, 分析了逆滤波和维纳滤波的原理, 并在 VC++ 中对两种算法思想进行编程实现通过实验结果对比可见逆滤波和维纳滤波都能实现都图像的一定程度的复原, 由于逆滤波方法对噪声极为敏感, 要求的图像轻度降质和信噪比较高, 因此对于小噪声

的影响可以采用逆滤波进行图像复原,维纳滤波能自动抑制噪声,对于降质较大的图像可采用维纳滤波进行图像复原。预计在未来的数字通信中维纳滤波的方法会不断的改进并在图像复原技术中得到广泛的应用,会为人们提供越来越高质量的图像视频通信。

## 参考文献

- [1] 沈利华. 频域滤波技术在图像复原中的应用研究[J]. 计算机应用与软件, 2013, 30(3): 127-131.
- [2] 王冬冬, 田干, 杨正伟. 基于小波分解灰关联的热波检测图像增强[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(5): 45-49.
- [3] 樊东昊, 朱建军, 周瑾, 等. 图像退化仿真系统的设计与实现[J]. 工程勘察, 2014, 27(5): 75-79.
- [4] 武国梁, 王刚, 齐荔荔, 等. 基于相位线性展开的波前误差检测与图像复[J]. 电子测量技术, 2015(5): 56-61.
- [5] 刘敏. 全景图自动拼接生成系统研究[D]. 桂林: 广西大学, 2014.
- [6] 焦继超, 赵保军, 陶芬芳, 等. 一种基于局部图像复原的天文图像增强算法[J]. 仪器仪表学报, 2011, 32(7): 1455-1461.

- [7] 陈健, 王伟国, 陈长青, 等. 基于区域选择的快速POCS超分辨率复原算法研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(6): 99-103.
- [8] 冯亮, 王平, 许廷发, 等. 运动模糊退化图像的双字典稀疏复原[J]. 光学精密工程, 2011, 19(08): 1982-1989.
- [9] 李权合, 毕彦彦, 何林远. 退化过程模拟模型及其在图像增强中的应用[J]. 西安电子科技大学学报, 2011, 38(6): 185-192.
- [10] 周美丽, 白宗文, 延小进. 基于相位相关法的图像拼接系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(5): 181-183.
- [11] 张东晓, 鲁林, 李翠华, 等. 基于亚像素位移的超分辨率图像重建算法[J]. 动化学报, 2014, 40(12): 2851-2861.

## 作者简介

李亚文, 1984年出生, 工程硕士, 讲师, 主要研究方向为视频图像处理、电路设计等。

E-mail: slxylyw@163.com

## LabVIEW 2016 新增通道连线功能为工程师简化开发, 提高效率

最新版本 LabVIEW 新增了对 500 多个仪器的支持、5 个新的 64 位附加工具, 并更好的支持集成 Python

新闻发布 — 2016 年 8 月 2 日 — NIWeek-NI(美国国家仪器公司, National Instruments, 简称 NI) 作为致力于为工程师和科学家提供解决方案来应对全球最严峻的工程挑战的平台系统供应商, 今日宣布推出 LabVIEW 2016 系统设计软件, 可帮助工程师简化开发, 并将 NI 生态系统的软件高效地集成到其自身系统中。最新版的 LabVIEW 新增了通道连线功能, 可简化并行代码之间的复杂通信, 并且可以用到桌面和实时系统, 有助于提高代码可读性以及减少开发时间。

大多数 LabVIEW 用户的成功都是依赖于 LabVIEW 本身以及支持 LabVIEW 的生态系统的开放性。LabVIEW 2016 继续保持这一趋势, 增强了与 Python 和第三方设备的互操作性。这种开放性结合了多个新的增强功能, 可帮助用户继续通过简化代码开发和部署来提高生产力。使用 LabVIEW 的最新版本, 用户可以:

1) 使用新的通道连线功能, 只需一条连线就可实现复杂的异步通信, 从而简化了开发

2) 通过新增支持 64 位的附加工具, 更好地利用更大

容量的 RAM 和内存; LabVIEW 控制设计和仿真模块、LabVIEW MathScript 实时模块、LabVIEW 单元测试框架工具包、LabVIEW 桌面执行跟踪工具包和 LabVIEW VI 分析仪工具包

3) 使用仪器驱动网络简化台式仪器的自动化, 该网络在支持现有 10 000 个仪器的基础上新增了对 500 个设备的支持

4) 使用 LabVIEW 中新推出的 Python 集成工具包来集成 Python IP, 这款工具包是 Enthought 公司开发的一套简单 API(可通过 LabVIEW 工具网络下载), 可将 Python 脚本集成到 LabVIEW 应用程序中

LabVIEW 2016 完全兼容 NI 在 RF 设计和测试、嵌入式控制和监测以及工程教育领域的最新硬件技术, 包括第二代矢量信号收发器、NI PXIe-6570 数字模式仪器、NI PXIe-4135 低电流源测量单元(SMU)、基于网络的时间敏感型 CompactRIO 控制器以及 NI 教学实验室虚拟仪器套件(NI ELVIS)RIO 控制模块。