

图7 图像处理后的效果图

图7中,图7(a)是没有经过亮度均衡得到的图像,从图像上能很明显看出,特别在方框标记的区域内,图片显得有些模糊不清,且亮度不均衡,影响到操作者观察的清晰度.而图7(b)是经过亮度均衡得到的图像,图像经过处理后,图像变得清晰,亮度也变得均衡很多.同样,图7(c)处理前的亮度直方图亮度主要集中在0.3-0.7之间,亮度呈现出 不均衡的状况.而图7(d)处理后的亮度直方图中可以看出,亮度分布变得均衡很多,每个亮度级都有分布.

### 3.3.2 平均梯度与信息熵评价

为了定量评价图像的增强效果,这里选用平均梯度和信息熵两种方法来评价处理前后图像的改进效果.

#### (1) 平均梯度

图像平均梯度是指把整个图像的梯度和平均分到每个像素上的均值.可以敏感的反映图像的清晰度和纹理变化,平均梯度越大说明图像越清晰.平均梯度的计算公式为<sup>[26]</sup>:

$$G = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sqrt{\frac{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}{2}} \quad (15)$$

其中,  $M \times N$ 表示图像的大小,  $\frac{\partial f}{\partial x}$ 表示水平方向的梯度,  $\frac{\partial f}{\partial y}$ 表示垂直方向的梯度.

#### (2) 信息熵

信息熵是一种特征的统计形式,它反映了图像中平均信息量的多少.一张清晰的图像所包含的信息量远远高于不清晰的图像,因此可以作为评价图像的一个量化指标.信息熵越大说明图像越清晰.信息熵的计算公式为<sup>[27]</sup>:

$$H(x) = - \sum_{i=1}^n p(a_i) \log_2 p(a_i) \quad (16)$$

其中,  $p(a_i)$ 是序号为  $i$  的图像灰度出现的归一化频率.

因此,根据上述两个指标公式,应用 Matlab 软件可以求出图7中原始图像与处理后图像的平均梯度和信息熵,处理结果如表1所示.

表1 图像质量评价结果

	平均梯度	信息熵
原始图像	68.3458	7.4048
处理后图像	82.1546	7.6490

从表1可以看出,本文所提出的 RGB-HSI 空间亮度均衡算法,图像的平均梯度从 68.34 提高到了 82.15,信息熵从 7.40 提高到了 7.64,图像的清晰度得到了明显提高.

根据以上的对评价结果,使用 RGB-HSI 空间亮度均衡算法进行处理能使视频亮度变得更加均衡,清晰化程度高,能大大提高工作人员辨识分装热室情况的清晰度和操作的准确性,从而提高分装热室自动化控制效率.

## 4 系统性能测试

在软件开发过程中测试是很关键的环节,是产品发布并且提交给用户的稳定化阶段<sup>[28]</sup>.在测试中可以发现软件的缺点与不足,及时进行改进和修正,从而提高软件的实用性与准确性.

### 4.1 视频延时特性测试

监控系统在实际应用中会出现延时现象.这是由于视频信号经摄像头采集后需要通过视频电缆,编码器以及输出设备等环节.延时的原因有很多,主要有几个方面的原因:(1) 编码效率.(2) 解码设备的性能.(3) 传输链路和设备<sup>[29]</sup>.因此,在设备条件不能改变的前提下,可以通过提升软件性能来减少延时现象.本软件与目前常用的监控软件 MiniVCap 和 VCam 进行了延时

测试. 系统测试的环境: CPU 为 Intel i7-7600HQ, 显卡 NVIDIA I A+2G 显存. 所采集视频图像分辨率为 1280×720, 帧率 30 f/s. 测试方法为电脑打开秒表, 将摄像头和电脑进行连接, 并用软件显示出监控画面, 将摄像头对准秒表, 把整个屏幕截图, 计算出两个秒表之间的绝对值, 即为延时时间. 测试结果如图 8 所示.

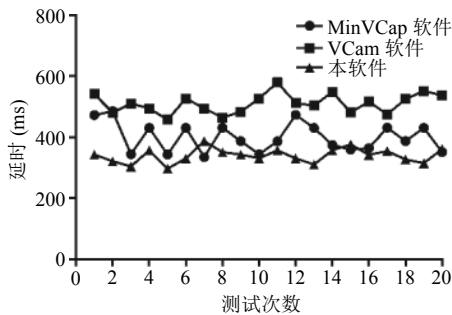


图 8 延时特性测试结果

通过图 8 可以看出, 在使用三种不同类型的摄像头情况下, 本软件视频延时都明显比 MiniVCap 和 VCam 软件延时低, 减少了 17% 左右. 这是因为通常情况下, 应用程序都是在一个线程中执行操作. 当调用耗时操作时常常会出现卡顿现象, 影响画面的流畅质量. 但是本软件使用多线程, 将监控视频显示和其他操作分离, 置于一个新的线程, 提高了应用程序的相应速度.

#### 4.2 CPU 占有率测试

CPU 的占有率是检测一个软件性能好坏的重要指标, 反应软件的运行的时间特性与任务状态<sup>[30]</sup>. 因此, 本软件与目前常用的监控软件 MiniVCap 和 VCam 进行了 CPU 占有率对比测试. 测试选用三种摄像头, 分辨率分别是 480P、720P 和 1080P. 占有率分 6 个时间段进行测量, 分别是监控开始的 10 s、20 s、40 s、80 s、160 s 和 320 s, 测量以后取平均值作为测量的结果. 在相同的测试环境下, 测试结果如图 9 所示.

通过图 9 可以明显的看出: 在使用三种不同类型的摄像头情况下, 本软件 CPU 占有率都明显比 MiniVCap 和 VCam 软件 CPU 占有率低. 因此, 在实现相同功能的情况下, 本软件明显比其他同类软件的 CPU 占有率低, 这样不会过多的占用处理器时间, 有效的提高了计算机的整体性能.

系统测试结果表明: 本界面基于 Qt 技术基础上, 实现了功能可扩展和人机交互的友好界面功能, 并很好的提高了应用程序的相应速度, 相比常用的监控软件, 视频延时和 CPU 占有率都有明显的降低.

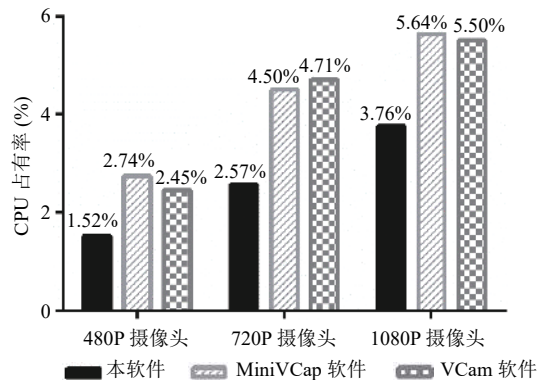


图 9 CPU 占有率测试结果

## 5 结语

本文设计的界面优点在于:

(1) 思维创新: 本文在实现原有手动分装核素剂功能的基础上, 提出了一种自动化分装热室实现方案, 并设计了基于 Qt 的自动化分装热室控制界面. 该界面能很好实现实时监控和对 STM32F429 单片机的指令操作, 如果在单片机上搭建好分装机械系统, 能够实现自动化分装核素剂的功能. 这样既能减少医护人员所接收的辐射剂量, 又能较好的减轻工作负担, 提高工作效率, 使分装核素剂变得更安全更有效.

(2) 技术创新: 本文基于 Qt 技术、嵌入式系统和网络服务器的基础上, 设计了一个功能可扩展的用户终端. 实现了人机交互的友好界面功能, 使界面简洁, 重点内容突出, 并采用多线程技术, 很好的提高了应用程序的相应速度, 相比常用的监控软件, 视频延时和 CPU 占有率都有明显的降低.

总之, 本文的自动化分装热室控制界面将人机交互界面、蓝牙通讯和网络传输等新兴技术融为一体, 具有很大的实用性, 在未来分装热室实现自动化的过程中肯定会有很大的发展. 然而要实现一个功能完善、界面友好的系统还有很多工作要做, 比如分装机械系统需要进一步设计, 界面功能还需要完善等等, 根据用户的需要进行完善和改进, 为用户提供更方便实用的系统.

## 参考文献

- 杨洪, 张工化, 王永玲, 等. PET-CT 在肿瘤学方面的临床应用. 全国核素显像暨核素治疗学术交流会. 2006.
- 陈守强, 宫霞霞, 柏海平. 全隔离防护自动稀释分装机的研制开发. 中国组织工程研究, 2008, 12(26): 5095-5098. [doi: 10.3321/j.issn:1673-8225.2008.26.028]



- 3 Yurt A, Çavuşoğlu B, Günay T. Evaluation of awareness on radiation protection and knowledge about radiological examinations in healthcare professionals who use ionized radiation at work. *Molecular Imaging & Radionuclide Therapy*, 2014, 23(2): 48.
- 4 陈明志. 放射学检查中受检者辐射防护的探讨. *甘肃科技*, 2016, 32(2): 126–127. [doi: [10.3969/j.issn.1000-0952.2016.02.046](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-0952.2016.02.046)]
- 5 陈述, 蒙锦涛, 王建平, 等. 三峡升船机中控室人机界面的适配性研究. *人民长江*, 2017, 48(19). [doi: [10.16232/j.cnki.1001-4179.2017.19.021](https://doi.org/10.16232/j.cnki.1001-4179.2017.19.021)]
- 6 肖蓉川, 陈守强, 宫霞霞, 等. 同位素液体稀释分装系统设计研发. *中国辐射卫生*, 2008, 17(2): 222–225. [doi: [10.3969/j.issn.1004-714X.2008.02.054](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-714X.2008.02.054)]
- 7 陈守强, 宫霞霞, 柏海平. 全隔离防护自动稀释分装机的研制开发. *中国组织工程研究*, 2008, 12(26): 5095–5098. [doi: [10.3321/j.issn:1673-8225.2008.26.028](https://doi.org/10.3321/j.issn:1673-8225.2008.26.028)]
- 8 喻晓, 夏澎. 基于 Qt 的便携式心电监护仪 GUI 应用软件设计. *计算机系统应用*, 2017, 26(5): 221–226. [doi: [10.15888/j.cnki.csa.005766](https://doi.org/10.15888/j.cnki.csa.005766)]
- 9 李丽, 蒋洪睿, 刘亚军. 基于 MFC 封装的 Windows 通信 API 的研究. *计算机系统应用*, 1999, 8(10): 27–29.
- 10 黎邦腾, 梁薇, 马平. 基于 Qt 平台的 OPC 服务器的开发及仿真应用. *计算机测量与控制*, 2017, 25(11): 154–158. [doi: [10.16526/j.cnki.11-4762/tp.2017.11.039](https://doi.org/10.16526/j.cnki.11-4762/tp.2017.11.039)]
- 11 王吕梁, 郭唐永, 李世鹏, 等. 基于 QT 的机载三维激光扫描仪软件系统设计. *计算机系统应用*, 2017, 26(4): 61–66. [doi: [10.15888/j.cnki.csa.005751](https://doi.org/10.15888/j.cnki.csa.005751)]
- 12 Shringarpure RN, Gupta NP, Choksi V, *et al.* Remotely controlled spy robot using communication protocols—a survey. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 2014, 12(5): 415–418.
- 13 范明攀. 基于 Qt 插件技术的肺癌气体检测嵌入式控制系统设计与实现[硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2016.
- 14 扎德. 基于 Linux 的即时通信技术研究[硕士学位论文]. 大连: 大连海事大学, 2016.
- 15 Dabhade J, Javare A, Ghayal T, *et al.* Smart door lock system: Improving home security using bluetooth technology. *International Journal of Computer Applications*, 2017, 160(8): 19–22. [doi: [10.5120/ijca2017913058](https://doi.org/10.5120/ijca2017913058)]
- 16 Jayantilal SH. Interfacing of AT command based HC-05 serial bluetooth module with minicom in linux. *International Journal for Scientific Research & Development*, 2014, 2(3): 329–332.
- 17 李鹏军, 兰殿星, 宁文斌, 等. 基于 Windows 下 Qt 与脉冲发生器的串口通讯实现. *计算机测量与控制*, 2016, 24(4): 206–209. [doi: [10.16526/j.cnki.11-4762/tp.2016.04.060](https://doi.org/10.16526/j.cnki.11-4762/tp.2016.04.060)]
- 18 Ángel Francisco Perles Ivars. *Comunicaciones serie en Qt usando QextSerialPort*. Docencia, 2013.
- 19 Zhao RB, Zhang YL, Pang MY, *et al.* An improved brightness balancing method and its GPU acceleration for digital images. *Journal of Applied Science and Engineering*, 2016, 19(4): 505–514. [doi: [10.6180/jase.2016.19.4.14](https://doi.org/10.6180/jase.2016.19.4.14)]
- 20 Kamiyama M, Taguchi A. HSI color space with same gamut of RGB color space. *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications & Computer Sciences*, 2017, E100.A(1): 341–344.
- 21 宋瑞霞, 孙相东, 王小春. 基于 HSI 颜色空间和暗原色先验的去雾算法. *系统科学与数学*, 2017, 37(10): 2111–2120.
- 22 宋瑞霞, 李达, 王小春. 基于 HSI 色彩空间的低照度图像增强算法. *图学学报*, 2017, 38(2): 217–223. [doi: [10.11996/JG.j.2095-302X.2017020217](https://doi.org/10.11996/JG.j.2095-302X.2017020217)]
- 23 Jayashree RA. RGB to HSI color space conversion via MACT algorithm. *International Conference on Communications and Signal Processing*. Melmaruvathur, India. IEEE. 2013. 561–565.
- 24 王婷婷. 基于单目视觉的室内目标定位技术研究[硕士学位论文]. 天津: 天津大学, 2012.
- 25 朱虹. *数字图像处理基础*. 北京: 科学出版社, 2005.
- 26 Wu J, Huang H, Qiu Y, *et al.* Remote sensing image fusion based on average gradient of wavelet transform. *2005 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*. IEEE. 2005. 1817–1821. [doi: [10.1109/ICMA.2005.1626836](https://doi.org/10.1109/ICMA.2005.1626836)]
- 27 Tsai DY, Lee Y, Matsuyama E. Information entropy measure for evaluation of image quality. *Journal of Digital Imaging*, 2008, 21(3): 338–347. [doi: [10.1007/s10278-007-9044-5](https://doi.org/10.1007/s10278-007-9044-5)]
- 28 陈莹颖. 基于 Qt 的视频监控客户端的设计和实现[硕士学位论文]. 杭州: 浙江工业大学, 2016.
- 29 Miura M, Kobayashi K. Image display control system reducing image transmission delay. US, US6961082. 2005.
- 30 Ding X, Li Z. Column-stored system join optimization on coupled CPU-GPU architecture. *2015 4th International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT)*. Harbin, China. 2016. 184–191. [doi: [10.1109/ICCSNT.2015.7490733](https://doi.org/10.1109/ICCSNT.2015.7490733)]