

伪随机瞬态激光助视图像与常态 微光图像融合技术研究*

王利平 孙韶远 张保民

(南京理工大学电光学院光电技术系, 江苏, 南京, 210094)

TN223

摘要 给出了拉普拉斯金字塔算法及微光夜视图像空间域融合的准则,并用金字塔技术对随机瞬态激光助视图像与常态微光图像进行了融合处理,改善了微光夜视图像质量,增强了夜视系统所获取的战场信息量,并用假彩色增强方法得到了可视性较好的彩色图像。

关键词 激光夜视, 图像融合, 微光电视。

微光夜视系统

引言

90 年代以来,多传感器信息融合已成为电子信息技术研究热点之一,并开始在有关应用领域进行了相应的研究。所谓微光图像随机瞬态激光增强技术,是研究利用随机瞬态激光助视的方法,增强被动微光成像系统输出图像对比度,提高微光夜视系统有效视距的高清晰度远距离微光 CCD 成像技术。在夜视技术领域中,红外激光助视改善被动式微光成像系统图像质量,这一课题早就引起国内外广泛关注,但一直未得到应用。近年来,我们开展了大功率半导体激光器相关应用技术研究,主要有脉冲激光随机瞬态发射运行以及相应的同步锁定与图像融合显示、目标测距等技术。图像融合是将同一景物不同频谱或其它不同物理效应产生(按照一定准则)的图像进行处理,获得一幅合成图像并予以显示的技术,以克服原始图像存在的局限性,改善图像质量。微光电视由于其输入照度低及目标与背景的反射差别小,因而所获得的视频信息具有很低的信噪比,由此产生的输出图像没有足够的分辨力和对比度,这很不利于观察识别。本文主要应用金字塔方法对通过随机激光助视方法获得的主动近红外图像与常态微光图像进行融合处理,改善了微光夜视图像质量,增强了夜视系统所获取的战场信息量,并用假彩色增强方法得到了可视性较好的彩色图像。

1 拉普拉斯金字塔图像融合方法

1.1 高斯金字塔的生成

高斯金字塔是一个图像序列,每幅图像都是原图像低通滤波和抽样的结果^[1]。假设 g_0 代表原图像,它就是金字塔结构的底部或零级。金字塔 l 级 ($1 \leq l \leq N$, 这里 N 是金字塔的最高级)的每一个像素点是通过金字塔 $l-1$ 级使用一个以像素点为中心的 5×5 的高斯权重函数求平均值得到的,权重函数的窗口尺寸不是原则性问题,我们选 5×5 窗口是因为它能在较少的计算时间里提供适合的滤波效果^[2]。高斯金字塔每一级的空间频率都是上一级图像的一半,这个过程可以表示为

* 兵器科技预研基金(编号: YJ97001)资助项目
稿件收到日期 1999-03-15,修改稿收到日期 1999-06-19

$$\text{对于 } 1 \leq l \leq N, g_l = \text{REDUCE}[g_{l-1}], \quad (1)$$

$$\text{即 } g_l(i, j) = \sum_{m=-2}^2 \sum_{n=-2}^2 w(m, n) g_{l-1}(2i+m, 2j+n), \quad (2)$$

式中, N 表示金字塔的级数; i, j 为正整数; $m, n = 0, -1, -2$; $w(m, n)$ 表示权重函数; $g_l(i, j)$ 表示金字塔 l 级 (i, j) 点的像素值.

1.2 拉普拉斯金字塔原理与图像融合方法

拉普拉斯金字塔是一组差值图像 L_0, L_1, \dots, L_N . 每一幅图像是高斯金字塔相邻两级之间的差值. 对于 $1 \leq l \leq N$, 有

$$L_l = g_l - \text{EXPAND}[g_{l-1}] = g_l - g_{l+1}$$

因为不存在 g_{N+1} , 所以

$$L_N = g_N$$

式中 EXPAND 函数是 REDUCE 函数的逆过程.

拉普拉斯金字塔每个像素点的值是两个等效权重函数 h_l, h_{l+1} 与原图像卷积的差值. 这相当于拉普拉斯权重函数与图像进行卷积运算. 我们可以把这个过程看作是用近似拉普拉斯分布的带通滤波器对图像滤波. 因此所得到的金字塔被称为低通差或拉普拉斯金字塔. 拉普拉斯金字塔的生成过程见图 1. 图 1 中 g'_l, g'_l 为 g_l, g_{l+1} 的扩展. 拉普拉斯金字塔是原图像的完整表征. 原图像 g_0 能够通过金字塔生成的逆过程精确地恢复, 即

$$g_N = L_N,$$

$$g_l = L_l + \text{EXPAND}[g_{l+1}], \quad \text{对于 } 1 \leq l \leq N$$

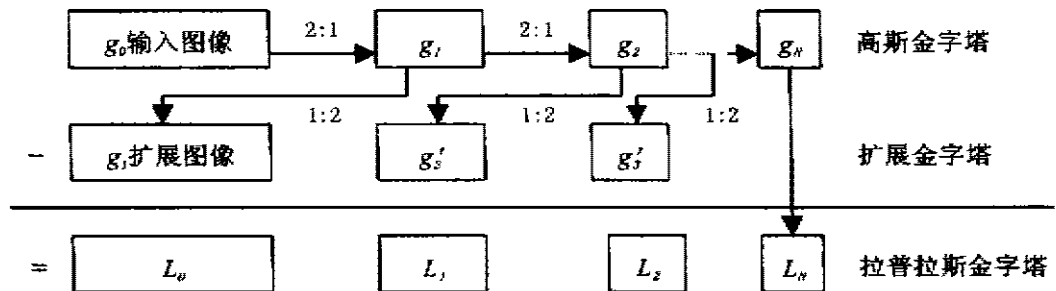


图 1 拉普拉斯金字塔的生成

Fig. 1 The forming process of Laplacian pyramid

拉普拉斯金字塔的图像融合方法可以分成三步. 第一步, 对于每一幅原图像求出各自的拉普拉斯金字塔. 这里假定两幅原图像之间已经配准且维数相同. 第二步, 对于两幅原图像的拉普拉斯金字塔, 通过选择两个拉普拉斯金字塔里相对应节点的值, 构造组合图像的拉普拉斯金字塔. 实际的选择原则与融合的目的有关. 第三步, 由融合输出的拉普拉斯金字塔, 通过 EXPAND 插值和相加重建过程, 求出融合后的图像.

2 图像融合处理系统及融合技术

2.1 图像融合处理系统

本实验利用我室研制的微光 CCD 电视系统来实现微光图像与激光瞬态助视图像的融合(见图 2).

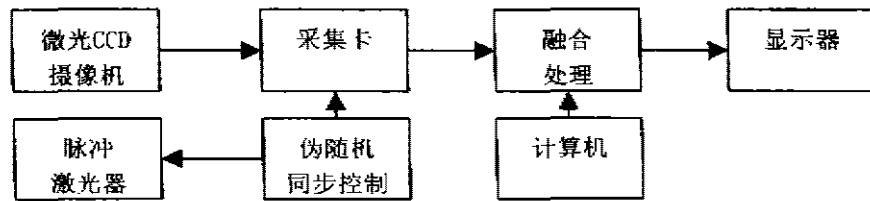


图 2 微光 CCD 电视系统框图

Fig. 2 Diagram of LLL CCD TV system

2.2 图像融合技术

图像融合是将同一景物不同频谱或其它不同物理效应产生(按照一定准则)的图像进行处理,获得一幅合成图像并予以显示的技术,以克服原始图像存在的局限性,改善图像质量.微光双谱图像融合包括微光双谱图像的获取、配准及融合算法等部分.

本实验用图像卡采集到了常态微光图像(见图 3)与近红外激光助视图像(见图 4),并进行了实时噪声处理.近红外激光助视图像是由波长为 $0.83\mu\text{m}$ 的激光器在伪随机编码电路的控制下随机地发射红外激光,并进行红外助视图像的同时捕捉而获得的.从图 4 可以看出,受激光相干性的影响,激光助视图像上有许多不规则斑纹,且上半部分呈现一片亮是由于实验室的沙盘模型中,上半部分是背景画,具有较强的反射性,造成上半部分过饱和.



图 3 常态微光图像

Fig. 3 LLL image



图 4 近红外激光助视图像

Fig. 4 Near-IR laser assistant vision image

不同的物体具有不同的光谱辐射特性,夜视成像系统能否发现和识别所观察的目标,不仅取决于系统本身的性能,还与目标及背景的辐射特性密切相关.目标与背景的光谱反射特性差异,是微光电视系统发现和识别目标的基本依据.在可见光谱区绿色草木和暗绿色漆的光谱反射积分量相似^[3].因此,可见光波段对两类目标是难以区分的.而在近红外光谱区域中绿色草木反射要比暗绿色漆高得多.因此用主动近红外波段照射能充分利用这种差异而获得目标与背景的高对比度图像.并且,离开树木的绿叶其红外光谱反射比会迅速下降,可以利用这点来识别伪装.我们应用伪随机编码控制发射的激光器随机地发射波长为 $0.83\mu\text{m}$ 的红外激光并进行红外助视图像的同时捕捉,充分利用了近红外辐射的优点,并降低了被发现的概率.

微光双谱图像融合的算法是图像融合的关键.从目标(图像)探测理论^[4]的分析中我们可以看出,目标的被发现(探测)概率与目标和背景之间的亮度对比(信噪比)成正比.因此,提高目标和背景之间的亮度对比就成为微光双谱图像融合算法的出发点.另外,由于融合后的图像最终是

由人眼识别的,因此在设计融合算法时必须考虑人眼的特性.人眼对于黑白图像级别的观察是不敏感的,但是人眼对于彩色差异的分辨能力却要高得多.因此利用人眼的这种特性提高对于目标的探测和识别能力也成为微光双谱图像融合出发点.因为激光助视红外图像与常态微光图像各自有不同的信息特征,为了使融合后的图像达到最好的视觉效果,希望融合后的图像能保护两类图像的优点.我们把两幅分谱图像景物与其相邻背景的最大绝对亮度差值作为融合的准则.设输入双谱图像为 A 和 B , 融合得到图像为 C , 则有(对于所有 i, j 和 l)

$$LC(i, j) = \begin{cases} LA_l(i, j), & |LA_l(i, j)| \geq |LB_l(i, j)| \\ LB_l(i, j), & \text{其它} \end{cases}$$

式中 LA 和 LB 表示双谱图像的拉普拉斯金字塔, LC 表示融合输出图像的拉普拉斯金字塔.

3 实验结果

3.1 实验结果

本实验是在实验室暗室里进行的,场景照明度为 10^{-3} Lux, 实验对象为沙盘(有小树等)及坦克模型.

将得到的随机激光助视图像及常态微光图像按照拉普拉斯金字塔的图像融合方法编程计算,得到融合后的图像如图 5 所示.



图 5 图 3 与图 4 的融合图像
Fig. 5 Fused image of Fig. 3 & Fig. 4



图 6 图 3 与图 4 的合成假彩色图像
Fig. 6 False color compound image of Fig. 3 & Fig. 4

3.2 假彩色处理

为了进一步提高图像的视觉效果,本实验对常态微光图像与激光助视近红外图像又进行了假彩色处理.运用假彩色增强可使显示图像中的目标具有彩色原图不同的颜色,可使感兴趣的目标置于特定的彩色环境中而更引人注目.

实验中,利用 C540 图像卡,将常态微光图像与激光助视近红外图像分别送往红与绿帧体,然后按广义白平衡原理编程计算得到蓝体驱动信号,送入蓝体,然后将三个帧体的信号经彩色编码器后送至彩色监视器,得到合成后的假彩色图像如图 6 所示.

4 讨论

微光电视图像与一般的可见光图像不同,它是经过多次光电转换和电子倍增而形成的,

因此它不仅与场景的照明条件和景物的反射率分布有关,而且还与成像器件的信号转换,像增强器的增益和系统噪声有关.因此,提高微光图像目标和背景之间的亮度对比就成为微光双谱图像融合算法的出发点.对于图像融合来说,首先需要合理地选择数据融合的框架或数据的表征形式,然后再根据图像融合的目的和图像表征形式,选择合理的融合方法.本文应用金字塔技术对瞬态激光助视图像与常态微光图像进行了融合处理.本技术能在现有条件下有效地增强微光图像对比度,改善微光图像质量,增大微光电视系统作用距离.经过假彩色处理后,图像的可视性得到提高,图像层次有所增加,有利于对目标的探测与识别.并且由于运用了白平衡原理,使得绿色植被仍表现为绿色,看起来比较自然.本算法也可应用于红外热成像系统和 X 光电视系统,对提高其图像质量具有重要的指导意义.

REFERENCES

- 1 Baker K D. Multiple bandpass filters in image processing. *Proc. IEEE*, 1980, **127**: 175~181
- 2 Burt P J. Fast filter transforms for image processing. *Computer Graphics and Image Processing*, 1981, (16): 20~25
- 3 ZHANG Jing-Xiao, LI Yu-Dan, JIN Wei-Qi. *Low Light Level and Infrared Technology*. Beijing: Beijing Univ. Sci. & Tec. Press (张敬贤, 李玉丹, 金伟其. 微光与红外技术, 北京: 北京理工大学出版社), 1995, 82~83
- 4 ZHANG Bao-Min. *Introduction to Imaging System Analysis*. Beijing: National Defense Industry Press (张保民. 成像系统分析导论, 北京: 国防工业出版社), 1992, 173~182

FUSION TECHNOLOGY OF PSEUDORANDOM INSTANTANEOUS LASER ASSISTANT VISION IMAGE AND LOW LIGHT LEVEL IMAGE*

WANG Li-Ping SUN Shao-Yuan ZHANG Bao-Min

(Elec. Eng. & Optoelec. College, Nongjiang University of Sci. & Tech., Nongjiang, Heilongjiang 150024, China)

Abstract The image fusion method of Laplacian pyramid was described and the fusion rule for dual spectral images in space domain was given. Pyramid technique was used to carry out fusion processing study for random instantaneous laser assistant vision image and low light level (LLL) image. LLL image quality was improved and the war field information from night vision system was increased. False-color display technology was used to obtain the color image of good visual sense.

Key words laser assistant vision, image fusion, LLL TV.

* The project supported by the Preliminary Research Foundation of Weapons Science and Technology
Received 1999-03-15, revised 1999-06-19