

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103778614 A

(43) 申请公布日 2014. 05. 07

(21) 申请号 201310590427. 7

G09G 3/34 (2006. 01)

(22) 申请日 2008. 07. 30

(30) 优先权数据

60/962, 708 2007. 07. 30 US

(62) 分案原申请数据

200880109299. 7 2008. 07. 30

(71) 申请人 杜比实验室特许公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 艾伦·伦佩尔 沃尔夫冈·海德里希

赫尔格·西岑

格雷戈里·约翰·沃德

洛恩·A·怀特黑德

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限

公司 11227

代理人 杜诚 李春晖

(51) Int. Cl.

G06T 5/20 (2006. 01)

G06T 5/30 (2006. 01)

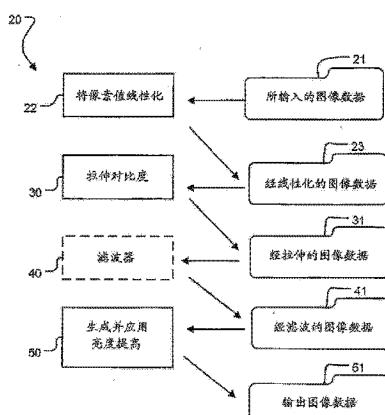
权利要求书9页 说明书13页 附图13页

(54) 发明名称

提高图像动态范围

(57) 摘要

根据各个方面的方法和设备将低动态范围(LDR)格式的图像数据作为输入并产生动态范围高于所述输入图像数据的动态范围的增强图像数据(即高动态范围(HDR)图像数据)作为输出。在某些实施例中,所述方法应用于视频数据并实时执行(即,至少平均来说以视频信号的帧速率来完成对视频帧的处理以提高视频帧的动态范围)。



1. 一种用于提高表示图像的低动态范围(LDR)图像数据的方法,所述方法包括：
在所述图像内识别至少一个增强区域；

将亮度提高函数应用于所述低动态范围图像数据以生成高动态范围(HDR)图像数据，
其中,与所述低动态范围图像数据相比,所述高动态范围图像数据包括在所述增强区域中的
增强区域像素的提高的亮度值和在所述增强区域之外的一个或多个边界区域像素的提
高的亮度值,所述边界区域像素的亮度值的提高随着与所述增强区域间的距离增加而减
小;以及

至少部分地基于在将所述亮度提高函数应用于所述低动态范围图像数据的过程中获
得的中间数据来确定双调节器显示器的至少一个调节器的驱动信号，

其中,所述双调节器显示器的第一调节器被驱动以产生图像的相对低分辨率表示,该
低分辨率表示被所述双调节器显示器的第二调节器调节以提供可供观察者观看的高分
辨率图像。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,在所述图像内识别至少一个增强区域包括使用
增强标准来评估低动态范围图像数据中的像素的亮度值。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,其中,所述增强标准包括亮度值阈值,在所述亮度值阈
值之上像素被识别为位于所述增强区域中,在所述亮度值阈值之下像素被识别为位于所述
增强区域之外。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,包括生成所述亮度提高函数,其中,生成所述亮度提高
函数包括：

生成识别在所述增强区域之内和之外的像素的二元掩模；
将模糊滤波器应用于该二元掩模以获得灰度图像数据。

5. 根据权利要求 4 所述的方法,其中,所述模糊滤波器包括平滑变化函数。

6. 根据权利要求 5 所述的方法,其中,所述平滑变化函数包括高斯形状或接近高斯形
状中的至少一个。

7. 根据权利要求 4 所述的方法,其中,所述模糊滤波器的空间角频率少于或等于 1 周每
度。

8. 根据权利要求 4 所述的方法,其中,所述模糊滤波器的标准差至少约为要显示所述
高动态范围图像数据的显示器的水平分辨率的 0.025 倍。

9. 根据权利要求 4 所述的方法,包括映射所述灰度图像数据以提供所述亮度提高函数
的平滑部分,所述平滑部分具有 1 到 α 的范围,其中 α 是大于 1 的亮度放大参数。

10. 根据权利要求 9 所述的方法,其中,所述亮度放大参数在 2 到 10 的范围内。

11. 根据权利要求 9 所述的方法,其中,将亮度提高函数应用于低动态范围图像数据包
括:所述平滑部分与所述低动态范围图像数据的逐像素相乘。

12. 根据权利要求 4 所述的方法,其中,生成所述亮度提高函数包括:至少部分地基于
所述低动态范围图像数据的梯度图像来生成所述亮度提高函数的边缘停止部分,所述边缘
停止部分的像素值指示所述亮度提高函数的应用是否应该增加低动态范围图像数据的相
应像素的亮度。

13. 根据权利要求 9 所述的方法,其中,生成所述亮度提高函数包括:至少部分地基于
所述低动态范围图像数据的梯度图像来生成所述亮度提高函数的边缘停止部分,所述边缘

停止部分的像素值指示所述亮度提高函数的应用是否应该增加低动态范围图像数据的相应像素的亮度。

14. 根据权利要求 13 所述的方法,其中,将亮度提高函数应用于所述低动态范围图像数据包括 :仅针对所述边缘停止部分指示所述亮度提高函数的应用应该增加像素亮度的像素,将所述平滑部分应用于所述低动态范围图像数据。

15. 根据权利要求 14 所述的方法,其中,仅针对所述边缘停止部分指示所述亮度提高函数的应用应该增加像素亮度的像素,将所述平滑部分应用于所述低动态范围图像数据包括 :所述平滑部分与所述低动态范围图像数据逐像素相乘。

16. 根据权利要求 12 所述的方法,包括使用均差的方法来确定所述低动态范围图像数据的所述梯度图像。

17. 根据权利要求 12 所述的方法,包括通过计算垂直邻域像素和水平邻域像素之间的差来确定所述低动态范围图像数据的所述梯度图像。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,所述垂直邻域像素和所述水平邻域像素被两个或更多像素的基线彼此分隔开。

19. 根据权利要求 12 所述的方法,其中,生成所述边缘停止部分包括确定所述低动态范围图像数据的所述梯度图像是否大于阈值。

20. 根据权利要求 19 所述的方法,其中,生成所述边缘停止部分包括使用所述掩模作为种子来执行满水填充运算,并且允许该满水填充从所述增强区域单元向外进行直至该满水填充达到以下像素 :对于这些像素而言,所述梯度图像大于所述阈值。

21. 根据权利要求 20 所述的方法,其中,生成所述边缘停止部分包括对所述满水填充运算的结果应用形态“开”算子。

22. 根据权利要求 1 所述的方法,包括生成所述亮度提高函数,其中,生成所述亮度提高函数包括 :

生成识别所述增强区域之内和之外的像素的二元掩模 ;

对所述二元掩模进行下采样以获得下采样掩模 ;

针对包括 N 次迭代的循环中的每次迭代 :

在首次迭代中对所述下采样掩模应用模糊滤波器并且在其他迭代中对前一迭代的结果应用模糊滤波器 ;以及

通过上采样步骤对所述模糊滤波器的结果进行上采样 ;

其中,所述循环的第 N 次迭代的结果包括具有与所述低动态范围图像数据相同分辨率的灰度图像数据。

23. 根据权利要求 22 所述的方法,包括映射所述灰度图像数据以提供所述亮度提高函数的平滑部分,所述平滑部分具有 1 到 α 的范围,其中 α 为大于 1 的亮度放大参数。

24. 根据权利要求 23 所述的方法,其中,将亮度提高函数应用于低动态范围图像数据包括 :所述平滑部分与所述低动态范围图像数据逐像素相乘。

25. 根据权利要求 22 所述的方法,其中,生成所述亮度提高函数包括 :至少部分地基于所述低动态范围图像数据的梯度图像来生成所述亮度提高函数的边缘停止部分,所述边缘停止部分的像素值指示所述亮度提高函数的应用是否应该增加低动态范围图像数据的相应像素的亮度。

26. 根据权利要求 23 所述的方法,其中,生成所述亮度提高函数包括:至少部分地基于所述低动态范围图像数据的梯度图像来生成所述亮度提高函数的边缘停止部分,所述边缘停止部分的像素值指示所述亮度提高函数的应用是否应该增加低动态范围图像数据的相应像素的亮度。

27. 根据权利要求 25 所述的方法,其中,生成所述边缘停止部分包括:

在一系列 N 个下采样步骤中对所述低动态范围图像数据的梯度图像进行下采样,以获得一组 N 个下采样梯度图像;

针对包括 N 次迭代的循环中的每次迭代:

在首次迭代中对所述下采样掩模执行膨胀运算并且在其他迭代中对前一迭代的结果执行膨胀运算;以及

通过上采样步骤对所述膨胀运算的结果进行上采样。

28. 根据权利要求 27 所述的方法,包括,针对每个膨胀运算:

识别所述一组 N 个下采样梯度图像中的具有与所述膨胀运算的当前对象的分辨率相对应的分辨率的一个下采样梯度图像;以及

在所述一组 N 个下采样梯度图像中的所述一个下采样梯度图像中的具有大于阈值的梯度的像素处停止所述膨胀运算。

29. 根据权利要求 26 所述的方法,其中,生成所述边缘停止部分包括:

在一系列 N 个下采样步骤中对所述低动态范围图像数据的梯度图像进行下采样,以获得一组 N 个下采样梯度图像;

针对包括 N 次迭代的循环中的每次迭代:

在首次迭代中对所述下采样掩模执行膨胀运算并且在其他迭代中对前一迭代的结果执行膨胀运算;以及

通过上采样步骤对所述膨胀运算的结果进行上采样。

30. 根据权利要求 29 所述的方法,包括,针对每个膨胀运算:

识别所述一组 N 个下采样梯度图像中的具有与所述膨胀运算的当前对象的分辨率相对应的分辨率的一个下采样梯度图像;以及

在所述一组 N 个下采样梯度图像中的所述一个下采样梯度图像中的具有大于阈值的梯度的像素处停止所述膨胀运算。

31. 根据权利要求 29 所述的方法,其中,将亮度提高函数应用于所述低动态范围图像数据包括:仅针对所述边缘停止部分指示所述亮度提高函数的应用应该增加像素亮度的像素,将所述亮度提高函数应用于所述低动态范围图像数据。

32. 根据权利要求 31 所述的方法,其中,仅针对所述边缘停止部分指示所述亮度提高函数的应用应该增加像素亮度的像素,将所述平滑部分应用于所述低动态范围图像数据包括:所述平滑部分与所述低动态范围图像数据逐像素相乘。

33. 根据权利要求 1 所述的方法,包括生成所述亮度提高函数,其中生成所述亮度提高函数包括:

对所述低动态范围图像数据进行下采样以获得中间分辨率的下采样图像数据;

进一步对所述中间分辨率的下采样图像数据进行下采样以获得低分辨率的下采样图像数据;

根据所述低分辨率的下采样图像数据来生成低分辨率掩模，所述低分辨率掩模识别所述增强区域之内和之外的像素；以及

针对包括 N 次迭代的循环中的每次迭代：

在首次迭代中对所述低分辨率掩模应用模糊滤波器并且在其他迭代中对前一迭代的结果应用模糊滤波器；以及

通过上采样步骤对所述模糊滤波器的结果进行上采样；

其中，所述循环的第 N 次迭代的结果包括具有与所述低动态范围图像数据相同分辨率的灰度图像数据。

34. 根据权利要求 33 所述的方法，包括映射所述灰度图像数据以提供所述亮度提高函数的平滑部分，所述平滑部分具有 1 到 α 的范围，其中 α 为大于 1 的亮度放大参数。

35. 根据权利要求 33 所述的方法，其中，生成所述亮度提高函数包括：至少部分地基于所述低动态范围图像数据的梯度图像来生成所述亮度提高函数的边缘停止部分，所述边缘停止部分的像素值指示所述亮度提高函数的应用是否应该增加低动态范围图像数据的相应像素的亮度。

36. 根据权利要求 34 所述的方法，其中，生成所述亮度提高函数包括：至少部分地基于所述低动态范围图像数据的梯度图像来生成所述亮度提高函数的边缘停止部分，所述边缘停止部分的像素值指示所述亮度提高函数的应用是否应该增加低动态范围图像数据的相应像素的亮度。

37. 根据权利要求 35 所述的方法，其中，生成所述边缘停止部分包括：

在一系列 N 个下采样步骤中对所述低动态范围图像数据的梯度图像进行下采样以获得一组 N 个下采样梯度图像；

针对包括 M 次迭代的第一循环中的各次迭代，其中 $M < N$ ：

在首次迭代中对所述低分辨率掩模执行膨胀运算并且在其他迭代中对前一迭代的结果执行膨胀运算；以及

通过上采样步骤对该膨胀运算的结果进行上采样；

其中，所述第一循环的结果包括中间分辨率的边缘停止数据；

针对包括 $N-M$ 次迭代的第二循环中的各次迭代：

在首次迭代中对所述中间分辨率的边缘停止数据执行膨胀运算并且在其他迭代中对前一迭代的结果执行膨胀运算；以及

通过上采样步骤对该膨胀运算的结果进行上采样；

其中，所述第二循环的结果包括全分辨率的边缘停止数据，所述全分辨率的边缘停止数据的分辨率对应于所述低动态范围图像数据的分辨率。

38. 根据权利要求 36 所述的方法，其中，生成所述边缘停止部分包括：

在一系列 N 个下采样步骤中对所述低动态范围图像数据的梯度图像进行下采样以获得一组 N 个下采样梯度图像；

针对包括 M 次迭代的第一循环中的各次迭代，其中 $M < N$ ：

在首次迭代中对所述低分辨率掩模执行膨胀运算并且在其他迭代中对前一迭代的结果执行膨胀运算；以及

通过上采样步骤对该膨胀运算的结果进行上采样；

其中,所述第一循环的结果包括中间分辨率的边缘停止数据;

针对包括 N-M 次迭代的第二循环中的各次迭代:

在首次迭代中对所述中间分辨率的边缘停止数据执行膨胀运算并且在其他迭代中对前一迭代的结果执行膨胀运算;以及

通过上采样步骤对该膨胀运算的结果进行上采样;

其中,所述第二循环的结果包括全分辨率的边缘停止数据,该全分辨率的边缘停止数据的分辨率对应于所述低动态范围图像数据的分辨率。

39. 根据权利要求 33 所述的方法,包括:至少部分地基于所述中间分辨率的下采样图像数据,为用于显示所述高动态范围图像数据的双调节器显示器的第一调节器确定第一调节器驱动值。

40. 根据权利要求 37 所述的方法,包括:至少部分地基于所述中间分辨率的边缘停止数据并且至少部分地基于所述中间分辨率的下采样图像数据,为用于显示所述高动态范围图像数据的双调节器显示器的第一调节器确定第一调节器驱动值。

41. 根据权利要求 38 所述的方法,包括:至少部分地基于所述中间分辨率的边缘停止数据并且至少部分地基于所述中间分辨率的下采样图像数据,为用于显示所述高动态范围图像数据的双调节器显示器的第一调节器确定第一调节器驱动值。

42. 一种用于提高表示图像的低动态范围(LDR)图像数据的设备,所述设备包括:

用于在所述图像内识别至少一个增强区域的装置;

用于将亮度提高函数应用于所述低动态范围图像数据以生成高动态范围(HDR)图像数据的装置,其中,与所述低动态范围图像数据相比,所述高动态范围图像数据包括在所述增强区域中的增强区域像素的增大的亮度值和在所述增强区域之外的一个或多个边界区域像素的增大的亮度值,所述边界区域像素的亮度值增大随着与所述增强区域间的距离增加而减小;以及

用于至少部分地基于在将所述亮度提高函数应用于所述低动态范围图像数据的过程中获得的中间数据来确定双调节器显示器的至少一个调节器的驱动信号的装置,

其中,所述双调节器显示器的第一调节器被驱动以产生图像的相对低分辨率表示,该低分辨率表示被所述双调节器显示器的第二调节器调节以提供可供观察者观看的高分辨率图像。

43. 根据权利要求 42 所述的设备,其中所述设备包括用于生成所述亮度提高函数的装置,其中用于生成所述亮度提高函数的装置包括:

用于生成识别在所述增强区域之内和之外的像素的二元掩模的装置;

用于将模糊滤波器应用于该二元掩模以获得灰度图像数据的装置。

44. 根据权利要求 43 所述的设备,其中,用于生成所述亮度提高函数的装置包括:用于至少部分地基于所述低动态范围图像数据的梯度图像来生成亮度提高函数的边缘停止部分的装置,所述边缘停止部分的像素值指示所述亮度提高函数的应用是否应该增加低动态范围图像数据的相应像素的亮度。

45. 根据权利要求 42 所述的设备,其中,所述设备包括用于生成所述亮度提高函数的装置,其中所述用于生成所述亮度提高函数的装置包括:

用于生成识别所述增强区域之内和之外的像素的二元掩模的装置;

用于对所述二元掩模进行下采样以获得下采样掩模的装置；

针对包括 N 次迭代的循环中的每次迭代：

用于在首次迭代中对所述下采样掩模应用模糊滤波器并且在其他迭代中对前一迭代的结果应用模糊滤波器的装置；以及

用于通过上采样步骤对所述模糊滤波器的结果进行上采样的装置；

其中，所述循环的第 N 次迭代的结果包括具有与所述低动态范围图像数据相同分辨率的灰度图像数据。

46. 根据权利要求 45 所述的设备，其中，用于生成所述亮度提高函数的装置包括：用于至少部分地基于所述低动态范围图像数据的梯度图像来生成亮度提高函数的边缘停止部分的装置，所述边缘停止部分的像素值指示所述亮度提高函数的应用是否应该增加低动态范围图像数据的相应像素的亮度。

47. 根据权利要求 46 所述的设备，其中，用于生成所述边缘停止部分的装置包括：

用于在一系列 N 个下采样步骤中对所述低动态范围图像数据的梯度图像进行下采样以获得一组 N 个下采样梯度图像的装置；

针对包括 N 次迭代的循环中的每次迭代：

用于在首次迭代中对所述下采样掩模执行膨胀运算并且在其他迭代中对前一迭代的结果执行膨胀运算的装置；以及

用于通过上采样步骤对所述膨胀运算的结果进行上采样的装置。

48. 根据权利要求 42 所述的设备，其中所述设备包括用于生成所述亮度提高函数的装置，其中用于生成所述亮度提高函数的装置包括：

用于对所述低动态范围图像数据进行下采样以获得中间分辨率的下采样图像数据的装置；

用于进一步对所述中间分辨率的下采样图像数据进行下采样以获得低分辨率的下采样图像数据的装置；

用于根据所述低分辨率的下采样图像数据来生成低分辨率掩模，所述低分辨率掩模识别所述增强区域之内和之外的像素的装置；以及

针对包括 N 次迭代的循环中的每次迭代：

用于在首次迭代中对所述低分辨率掩模应用模糊滤波器并且在其他迭代中对前一迭代的结果应用模糊滤波器的装置；以及

用于通过上采样步骤对所述模糊滤波器的结果进行上采样的装置；

其中，所述循环的第 N 次迭代的结果包括具有与所述低动态范围图像数据相同分辨率的灰度图像数据。

49. 根据权利要求 48 所述的设备，其中，用于生成所述亮度提高函数的装置包括：用于至少部分地基于所述低动态范围图像数据的梯度图像来生成所述亮度提高函数的边缘停止部分的装置，所述边缘停止部分的像素值指示所述亮度提高函数的应用是否应该增加低动态范围图像数据的相应像素的亮度。

50. 根据权利要求 49 所述的设备，其中，用于生成所述边缘停止部分的装置包括：

用于在一系列 N 个下采样步骤中对所述低动态范围图像数据的梯度图像进行下采样以获得一组 N 个下采样梯度图像的装置；

针对包括 M 次迭代的第一循环中的各次迭代,其中 M<N :

用于在首次迭代中对所述低分辨率掩模执行膨胀运算并且在其他迭代中对前一迭代的结果执行膨胀运算的装置 ;以及

用于通过上采样步骤对该膨胀运算的结果进行上采样的装置 ;

其中,所述第一循环的结果包括中间分辨率的边缘停止数据 ;

针对包括 N-M 次迭代的第二循环中的各次迭代 :

用于在首次迭代中对所述中间分辨率的边缘停止数据执行膨胀运算并且在其他迭代中对前一迭代的结果执行膨胀运算的装置 ;以及

用于通过上采样步骤对该膨胀运算的结果进行上采样的装置 ;

其中,所述第二循环的结果包括全分辨率的边缘停止数据,所述全分辨率的边缘停止数据的分辨率对应于所述低动态范围图像数据的分辨率。

51. 根据权利要求 48 所述的设备,其中,所述设备包括用于至少部分地基于所述中间分辨率的下采样图像数据为用于显示所述高动态范围图像数据的双调节器显示器的第一调节器确定第一调节器驱动值的装置。

52. 根据权利要求 50 所述的设备,其中,所述设备包括用于至少部分地基于所述中间分辨率的边缘停止数据并且至少部分地基于所述中间分辨率的下采样图像数据为用于显示所述高动态范围图像数据的双调节器显示器的第一调节器确定第一调节器驱动值的装置。

53. 一种用于显示根据表示图像的低动态范围(LDR)图像数据获得的高动态范围(HDR)图像的显示器,所述显示器包括 :

一对调节器,包括 :

第一调节器,被配置为提供响应于一组驱动信号而变化的光模式 ;以及

第二调节器,被配置为调节所述光模式以产生输出图像 ;

其中,所述第一调节器被驱动以产生图像的相对低分辨率表示,该低分辨率表示被所述第二调节器调节以提供可供观察者观看的高分辨率图像,以及

处理器,被配置为 :

在所述图像内识别至少一个增强区域 ;

将亮度提高函数应用于所述低动态范围图像数据以生成高动态范围图像数据,其中,与所述低动态范围图像数据相比,所述高动态范围图像数据包括在所述增强区域中的增强区域像素的增大的亮度值和在所述增强区域之外的一个或多个边界区域像素的增大的亮度值,所述边界区域像素的亮度值增大随着与所述增强区域间的距离增加而减小 ;以及

至少部分地基于在将所述亮度提高函数应用于所述低动态范围图像数据的过程中获得的中间数据来确定所述第一调节器的驱动信号。

54. 根据权利要求 53 所述的显示器,其中,所述中间数据包括所述低动态范围图像数据的下采样版本。

55. 根据权利要求 53 所述的显示器,其中,所述处理器被配置为生成所述亮度提高函数,其中生成所述亮度提高函数包括 :至少部分地基于所述低动态范围图像数据的梯度图像来生成所述亮度提高函数的边缘停止部分,所述边缘停止部分的像素值指示所述亮度提高函数的应用是否应该增加低动态范围图像数据的相应像素的亮度,以及其中所述中间数

据包括所述边缘停止部分的低分辨率版本。

56. 一种用于显示根据低动态范围(LDR)图像数据获得的高动态范围(HDR)图像的方法,所述方法包括:

在所述低动态范围图像数据内识别至少一个增强区域;

将亮度提高函数应用于所述低动态范围图像数据以生成高动态范围图像数据,其中,与所述低动态范围图像数据相比,所述高动态范围图像数据包括在所述增强区域中的增强区域像素的增大的亮度值和在所述增强区域之外的一个或多个边界区域像素的增大的亮度值,所述边界区域像素的亮度值增大随着与所述增强区域间的距离增加而减小;以及

至少部分地基于在将所述亮度提高函数应用于所述低动态范围图像数据的过程中获得的中间数据来确定双调节器显示器的至少一个调节器的驱动信号,

其中,所述双调节器显示器的第一调节器被驱动以产生图像的相对低分辨率表示,该低分辨率表示被所述双调节器显示器的第二调节器调节以提供可供观察者观看的高分辨率图像。

57. 根据权利要求 56 所述的方法,其中,所述中间数据包括所述低动态范围图像数据的下采样版本。

58. 根据权利要求 56 所述的方法,包括生成所述亮度提高函数,其中生成所述亮度提高函数包括:至少部分地基于所述低动态范围图像数据的梯度图像来生成所述亮度提高函数的边缘停止部分,所述边缘停止部分的像素值指示所述亮度提高函数的应用是否应该增加低动态范围图像数据的相应像素的亮度,以及其中所述中间数据包括所述边缘停止部分的低分辨率版本。

59. 一种高动态范围(HDR)投影仪,包括:

第一调节层,被配置为响应于基于图像数据的一组驱动信号来发射光模式;

第二调节层,被配置为调节所述光模式以产生希望的图像;以及

处理器,被配置为:

识别所述图像数据中的至少一个增强区域;

将亮度提高函数应用于所述图像数据以生成希望的图像数据,其中,与所述图像数据相比,所述希望的图像数据包括所述增强区域中的像素的经修改的亮度值以及所述增强区域之外的一个或更多个边界区域像素的经修改的亮度值,所述边界区域像素的亮度值的修改量随着与所述增强区域间的距离增加而减小;以及

至少部分地基于在将所述亮度提高函数应用于所述图像数据的过程中获得的中间数据来确定用于所述第一调节层的驱动信号,

其中,所述亮度提高函数包含:至少部分基于所述图像数据的梯度来生成所述亮度提高函数的基于特征的部分,所述基于特征的部分的像素值指示所述亮度提高函数是否应修改所述图像数据的像素;并且

其中,所述中间数据包括所述基于特征的部分的低分辨率版本。

60. 根据权利要求 59 所述的高动态范围投影仪,其中所述基于特征的部分包括以下至少之一:梯度或锐利梯度;边缘或锐利边缘;停止;以及二元掩模,其被配置为指示要应用平滑函数的像素。

61. 根据权利要求 59 所述的高动态范围投影仪,其中,所述亮度提高函数平滑地变化,

并且延伸超出所述增强区域。

62. 根据权利要求 59 所述的高动态范围投影仪,其中,所述第一调节层包括光源和单独的调节器。

63. 根据权利要求 59 所述的高动态范围投影仪,其中,所述第一调节器包括被单独驱动的光源的矩阵。

64. 根据权利要求 59 所述的高动态范围投影仪,其中,所述第一调节器包括一组被单独驱动的光源。

65. 根据权利要求 64 所述的高动态范围投影仪,其中,所述光源包括发光二极管。

66. 根据权利要求 59 所述的高动态范围投影仪,其中,所述光模式包括由所述图像数据表示的图像的低分辨率版本。

67. 根据权利要求 59 所述的高动态范围投影仪,其中,所述亮度提高函数被应用于所述投影仪的多个颜色通道。

68. 根据权利要求 59 所述的高动态范围投影仪,其中,所述亮度增强函数的阈值在所述投影仪的多个颜色通道间不同。

69. 根据权利要求 59-68 中任一项所述的高动态范围投影仪,其中,所述投影仪包括 RGB 颜色通道。

70. 根据权利要求 69 所述的高动态范围投影仪,其中,所述高动态范围投影仪包括影院成像系统。

71. 根据权利要求 59-68 中任一项所述的高动态范围投影仪,其中,所述高动态范围投影仪包括影院成像系统。

72. 根据权利要求 59-68 中任一项所述的高动态范围投影仪,其中,所述投影仪包括高清晰度电视 (HDTV) 或高动态范围显示器中的至少之一,并且所述第二调节层包括液晶显示面板。

73. 根据权利要求 72 所述的高动态范围投影仪,其中,所述处理器还被配置为至少部分地基于快速图像呈现技术来产生用于所述第一调节层和所述希望的图像数据的驱动信号。

74. 根据权利要求 59-68 中任一项所述的高动态范围投影仪,其中,生成所述亮度提高函数包括生成所述亮度提高函数的基于边缘的部分,包括所述图像数据的梯度,所述基于边缘的部分的像素值指示所述亮度提高函数的应用是否应提高所述图像数据的相应像素的亮度,并且其中所述中间数据包括所述基于边缘的部分的低分辨率版本。

提高图像动态范围

[0001] 本申请是申请日为 2008 年 7 月 30 日、申请号为“200880109299.7”、发明名称为“提高图像动态范围”的发明专利申请的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请要求于 2007 年 7 月 30 日提交的题为提高图像动态范围的美国专利申请 60/962708 的优先权。对美国来说，本申请：

[0004] •根据美国专利法 35U. S. C 第 119 条，要求于 2007 年 7 月 30 日提交的题为提高图像动态范围的美国专利申请 60/962708 的权益，该美国专利申请通过引用而合并到本申请中；

[0005] •是 2008 年 7 月 29 日提交的题为提高图像动态范围的美国专利申请 12/182121 的部分继续申请；并

[0006] •根据美国专利法 35U. S. C 第 120 条，要求于 2008 年 7 月 29 日提交的题为提高图像动态范围的美国专利申请 12/182121 的权益。

技术领域

[0007] 本发明涉及数字成像。本发明尤其涉及提高图像(包括静态和 / 或视频图像)动态范围的装置和方法。本发明可不受限制地实施于电子显示器中、媒体播放器(例如 DVD 播放器)中、用于电子显示器和 / 或媒体播放器的图像处理子系统中以及在介质上提供的可由数据处理器读取并随后执行的计算机软件中。

背景技术

[0008] 人眼对相当宽的强度范围的光线敏感。图像需要具有高动态范围来准确再现真实场景。高性能图像传感器，例如高性能 CCD 阵列，能够获取具有高动态范围的图像。新一代的显示设备允许对传统显示技术提供显著改进的动态范围。

[0009] 大多数现有电影、视频和静态图像被记录为以下格式：该格式提供的动态范围显著低于这些新一代显示设备可产生的动态范围。将来，不断演变的照相机技术和文件格式将提供用于这些显示设备的高保真的内容。近期，则需提供提高低动态范围媒体(例如，低动态范围(LDR)格式的图像数据)的动态范围的方法。这允许观众在欣赏现存媒体时享受到高动态范围显示器的至少部分优点。

[0010] 剧场成像系统(投影仪)以及家庭影院系统的观众的眼光已经极具水准。因此，在这些和其他应用中，也需提供基本上无明显缺陷的图像。

[0011] 在一些应用中，需要提高实时图像的动态范围(例如，产生提高的图像信号)。

发明内容

[0012] 本发明具有多个方面。一个方面提供以下方法：所述方法将低动态范围(LDR)格式的图像数据作为输入并产生增强的图像数据作为输出，所述增强的图像数据的动态范围大于该输入图像数据的动态范围。在某些实施例中，所述方法应用于视频数据并实时进行

(即,至少平均来说以视频信号的帧速率完成对视频帧的处理,从而提高所述视频帧的动态范围)。

[0013] 以下描述本发明的其他方面以及具体实施例的特征。

附图说明

[0014] 附图图示了本发明的非限定性实施例。

[0015] 图 1 是根据本发明的一个实施例的用于提高图像动态范围的方法的流程图。

[0016] 图 1A 是根据一个示例实施例的用于将所输入的图像数据线性化的方法的流程图。

[0017] 图 2 是用于生成亮度提高函数并将该亮度提高函数应用到图像数据的示例方法的流程图。

[0018] 图 2A 是图示用于生成构成边缘停止函数的掩模的示例方法的流程图。

[0019] 图 2B 是图示像素邻域以及用于确定像素处的梯度的示例性方法的示意图。

[0020] 图 3A、3B、3C 和 3D 分别示出:示例低动态范围输入图像、相应的平滑部分、相应的亮度提高函数以及高动态范围(HDR)输出图像,其中所述相应的亮度提高函数已通过边缘停止部分进行了改变。应当注意,发明附图的介质不再现所述输入和输出图像的动态范围。

[0021] 图 4A 是图示用于生成亮度提高函数的平滑部分的示例方法的流程图。

[0022] 图 4B 是图示用于生成亮度提高函数的边缘停止部分的示例方法的流程图。

[0023] 图 4C 图示可用于通过例如图 4A 和 4B 的方法来生成亮度提高函数的图像金字塔。

[0024] 图 4D 进一步图示了图 4B 的概念、尤其是与生成边缘停止部分相关的那些概念。

[0025] 图 5 图示了根据本发明实施例的装置。

[0026] 图 6 和 6A 是根据特定实施例的方法,该方法用于提高图像数据的动态范围,并生成双调节器型显示器的调节器的驱动值以显示经提高的图像数据。

具体实施方式

[0027] 通过以下描述,阐释具体细节以便提供对本发明更为透彻的理解。但是,本发明可在无需这些细节的情况下实施。在其他情况下,未具体示出或描述公知的部件从而避免使本发明不必要地难以理解。因此,本说明书和附图应当被视为说明性的而非限制性的。

[0028] 图 1 为根据本发明的一个实施例的用于提高由图像数据 21 限定的数字图像动态范围的方法 20 的流程图。图像数据 21 可为低动态范围(LDR)图像数据。在块 22 中,将来自所输入的图像数据 21 的像素值线性化。在所输入的图像数据 21 中的像素值已经表现在亮度随像素值线性变化的空间中的情况下,无需块 22。在某些实施例中,凭借附加的下游处理可不必进行块 22 的线性化。来自块 22 的输出为经线性化的图像数据 23。经线性化的图像数据 23 中的每个像素都具有与该像素的亮度至少大概成比例的一个或多个值。

[0029] 在块 22 的线性化中进行的特定处理取决于所输入的图像数据 21 中的图像的编码。例如,通常的图像和电视数据是使用具有 2.2 左右的伽玛值的伽玛曲线(gamma curve)进行编码的。该伽玛曲线旨在补偿传统显示技术诸如阴极射线管(CRT)等中的非线性。可通过使伽玛曲线反转的函数来实现此类数据的线性化。使伽玛曲线反转可提供与原始场景中的亮度大概成比例的像素值。

[0030] 块 22 的线性化函数可使用查找表(LUT)实现。例如,块 22 的线性化过程可以涉及查找所输入的图像数据 21 的像素值,从查找表中获取相应的线性化的像素值以及将该相应的线性化的像素值输出给经线性化的图像数据 23。在其他实施例中,块 22 的线性化功能可通过硬件或在适当的数据处理器上执行的软件来实现,将来自所输入的图像数据 21 的像素值作为输入并生成经线性化的图像数据 23 的相应线性化像素值作为输出。

[0031] 在某些实施例中,块 22 的线性化过程包括选择多个线性化函数中的最适合于将所输入的图像数据 21 线性化的一个函数。某些数据格式包括显式或隐式标识像素值和亮度之间的非线性关系的信息。例如,这样的信息可在与所输入的图像数据 21 相关的头部中发现。

[0032] 图 1A 图示了根据特定实施例的用于实施块 22 的线性化的方法,其中所输入的图像数据 21 包括编码信息,所述编码信息显式或隐式地标识所输入的图像数据 21 的像素值和预期亮度之间的非线性关系。参照图 1A,块 22 的线性化过程可包括:读取编码信息(块 20A);选择多个线性化函数 25(分别标识为 25A、25B、25C……)中与编码信息相匹配的一个(块 20B);以及将所选择的线性化 25 应用于所输入的图像数据 21 从而生成经线性化的图像数据 23(块 20C)。

[0033] 在某些实施例中,经线性化的图像数据 23 中的像素值包括相应像素要在显示器上显示的绝对输出强度。

[0034] 返回参照图 1,在块 30 中,对经线性化的图像数据 23 的对比度进行拉伸以生成经拉伸的图像数据 31。块 30 的对比度拉伸可以以多种方式进行。在一个特定实施例中,根据下式来执行块 30 的拉伸:

$$\text{HDR}_{ij} = \alpha + \beta \times \text{LDR}_{ij} \quad (1)$$

[0035] 其中 LDR_{ij} 为来自经线性化的图像数据 23 的像素值(由标记 i 和 j 指示), HDR_{ij} 为来自经拉伸的图像数据 31 的相应的像素值(由标记 i 和 j 指示); α 可设置为与显示图像的显示器的黑色电平相等的参数; β 为一个比例因子。在某些实施例中, α 小于 $1\text{cd}/\text{m}^2$ 。在一个示例实施例中, α 在 $0.05\text{cd}/\text{m}^2$ 到 $0.6\text{cd}/\text{m}^2$ 的范围内。在特定示例实施例中, α 为 $0.3\text{cd}/\text{m}^2$,该数值提供在正常观看条件下的深黑色。比例因子 β 可选择为产生不会太高以致所产生的图像具有不自然表现(例如,人为产物)的期望的对比度。已经发现在类型广泛的图像上可执行将对比度拉伸至大概 5000:1(即, β 达到 5000)而不会引入不可接受的人为产物。此阈值是保守的。对于很多图像,可使用更大的比例因子 β 来生成显著的结果。但是,超过此阈值,一些图像可能经受视觉质量恶化。

[0036] 比例因子 β 可参考显示图像的显示器的白色电平来设置。例如, β 可选取为使得经线性化的图像数据 23 中的饱和像素值被映射到与白点(白场,white point)相对应的强度值。例如,白点可大于 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 。在典型实施例中,白点被选择约为 $1200\text{cd}/\text{m}^2$ 。可选取适合任何目标显示器的 α 和 β 值。 α 和 β 的值可与由经线性化的图像数据 23 表示的任何图像特性独立地设置。

[0037] 在可选块 40(图 1)中,对经拉伸的图像数据 31 应用图像滤波器以提供经滤波/拉伸的图像数据 41。可选块 40 的滤波可降低噪音以及量子化人为产物。像素值的非线性映射(块 22)和对比度拉伸(块 30)可放大量子化人为产物和噪音。低动态范围(LDR)的输入图像通常被量化为 256 个像素值,而在恰可识别差异(Just Noticeable Difference, JND)

步骤的精度中通常使用超过 1000 个不同的值来覆盖高动态范围(HDR)显示器的动态范围。有损视频压缩可进一步降低本地图像区域中可用强度电平的数量。可选块 40 的滤波过程可利用未使用的强度电平对人为产物进行平滑处理,否则该人为产物将可能通过量化人为产物的放大过程产生。

[0039] 在某些实施例中,块 40 包括对经拉伸的图像数据 31 应用双边滤波器。在 Tomasi 和 Manduchi 于 1998 年 ICCV (国际计算机视觉会议)上发表的“Bilateral Filtering for Gray and Color Images”中,描述了适当的双边滤波器。总而言之,双边滤波器可具有以下形式:

$$[0040] h(x) = A(x) \int_{\xi \in N(x)} f(\xi) c(\xi - x) s(f(\xi) - f(x)) d\xi \quad (2)$$

[0041] 其中 $h(x)$ 是针对位置 x 处的像素而言滤波器的输出; $A(x)$ 为归一化系数; $f(x)$ 为位置 x 处的像素值; $c(\xi - x)$ 为随位置 ξ 处的像素和 x 处的像素之间的距离而下降的加权函数(c 可称为“接近”函数);以及 $s(f(\xi) - f(x))$ 为随 $f(x)$ 和 $f(\xi)$ 之间的差异而降低的加权函数(s 可称为“相似性”函数)。可在位置 x 的邻域 $N(x)$ 上对等式(2)的积分进行求值。

[0042] 在该双边滤波器由等式(2)表示的情况下,归一化函数 $A(x)$ 可由下式给出:

$$[0043] A(x) = \frac{1}{\int_{\xi \in N(x)} c(\xi - x) s(f(\xi) - f(x)) d\xi} \quad (3)$$

[0044] 在某些实施例中,接近函数(c) 和相似性函数(s) 为其各自参数的高斯函数。例如, c 可由下式给出:

$$[0045] c(\xi - x) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{d(\xi-x)}{\sigma_d}\right)^2} \quad (4)$$

[0046] 其中 $d(\xi - x)$ 是 ξ 和 x 之间的欧几里德距离而 σ_d 是限定该变量(即, c 随 ξ 和 x 之间的距离增加而下降的速度) 的参数。相似性函数(s) 可由下式给出:

$$[0047] s(f(\xi) - f(x)) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\delta(f(\xi) - f(x))}{\sigma_r}\right)^2} \quad (5)$$

[0048] 其中 δ 为位置 ξ 处和 x 处的像素值之间在强度空间中的距离的适当测量而 σ_r 为限定该变量(即, s 随 $f(\xi)$ 和 $f(x)$ 之间的距离增加而下降的速度) 的参数。

[0049] 在某些实施例中,将改进的函数用于相似性函数(s),使得相似性函数(s) 的变量 σ_r 随 $f(x)$ 的值增加。在这样的实施例中,可能需要在块 30 中与由局部像素值的非线性强度映射引入的拉伸成比例地拉伸变量 σ_r ,使得,在块 30 的拉伸后,光度测定变量 σ_r 等于固定数量(优选为两个)的量化等级。

[0050] 如上所述的使 σ_r 随 $f(x)$ 变化的效果类似于在块 30 的拉伸之前用固定变量进行双边滤波。但是,在块 30 的拉伸之后进行块 40 的双边滤波器是有利的,这是因为在块 30 的拉伸之后,可用固定点算法进行块 40 的双边滤波。由于执行双边滤波可能计算量很大,所以在计算资源有限的情况下需要仅对各个像素相对较小的邻域 $N(x)$ 上进行双边滤波。例如,在某些实施例中,块 40 的双边滤波器可执行于仅包括处于当前像素的大约四个像素空间内的像素的邻域。

[0051] 在图像的低动态范围表现中,通常在图像最亮区域中的像素是截短的(clipped)(例如,在低动态范围图像中的像素值为0到255(对应于八比特表示)范围中的整数的情况下,在该图像的最亮区域中的像素可具有在255处截短的像素值)。由于255为最大可能的像素值,所以低动态范围图像缺少与原始场景比用于产生像素值255的最低阈值更亮的程度有关的信息。在提高图像的动态范围时,可能需要将截短的像素值提升至超过块30中进行的对比度拉伸。

[0052] 此外,为了基于低动态范围图像获取最佳的高动态范围图像,即使在那些像素值未被截短时也可能需要提升最亮像素的值。例如,可能需要提升具有达到或超过低动态范围图像的白色电平的像素值的像素的值。在这些区域中,信息可能已经丢失,这是因为场景强度超过了照相机、记录介质或图像数据格式的能力。

[0053] 参照图1,块50生成亮度提高函数并将该亮度提高函数应用于经滤波的图像数据41(或如果在块30和50之间没有提供滤波,则应用于经拉伸的图像数据31)。作为应用块50的亮度提高函数的结果生成了输出图像51。块50的亮度提高函数增加(尤其在经滤波的图片数据41中至少一个颜色信道的像素值超过阈值的区域)输出图像51的亮度。此处将这样的区域称为“增强区域”。

[0054] 块50的亮度提高函数试图改变经滤波的图像数据41以提供输出图像51,该输出图像51将为观看者提供接近于观看原始图景的内心反应。这是可能的,虽然说不可能准确替代在生成所输入的图像数据21时从原始场景损失的信息。

[0055] 图2描述了根据本发明的特别实施例的用于实施块50的亮度提高函数的方法。如图2所示,块50可包括在块50A中计算亮度提高函数53,该亮度提高函数53可应用于经滤波的图像数据41以产生输出图像数据51。如下所述,亮度提高函数53应具有以下特性:避免引入会显著使输出图像数据51恶化的可察觉的空间或时间上的人为产物。输出图像数据51中所需的保真度将根据输出图像数据51的应用而变化。在以下示例中,亮度提高函数53生成以下值:该值用于与经滤波的图像数据41中的像素值相乘以产生输出图像数据51。在其他实施例中,可使用除相乘之外的其他技术将亮度提高函数53应用于经滤波的图像数据41。

[0056] 亮度提高函数53基本平滑变化并具有延伸超过经滤波的图像数据41中的任何增强区域边缘的影响。这导致不仅对具有超过阈值(或满足增强区域内包含物的标准的其他亮度测量值)的颜色通道的经滤波的图像数据41中的像素在亮度方面的提高,而且对包围此类像素的区域在亮度方面的提高。如下所述,亮度提高函数53可在经滤波的图像数据41中的强图像梯度区域中包含锐利边缘。在某些实施例中,通过将平滑变化部分53A和边缘停止部分53B组合来生成亮度提高函数53。如以下详细说明的那样,边缘停止部分53B可以识别经滤波的图像数据41中的锐利梯度的位置。

[0057] 基于识别经滤波的数据41中像素值超过阈值(或者否则满足增强区域中包含物的标准)的像素的映射,可确定亮度提高函数53的平滑变化部分53A。创建以下二元掩模是方便的:其中,至少一个颜色通道超过阈值的像素(或其他某些亮度测量值满足增强区域中包含物的标准的像素)具有一个值(例如“1”)而其他所有像素具有另一个值(例如“0”)。在图像数据为提供单一亮度值的表现形式或等价形式的情况下,可通过将亮度超过阈值的像素设置为一个值(例如“1”)而将其他像素设置为另一值(例如“0”)来制成该二元掩模55。

[0058] 总而言之,需将增强区域中的像素包含物的阈值设置为略低于所述截短值(即,在所输入的图像数据 21 中允许的最大值)。某些视频格式通常使用为 235 的白色电平,意味着在每个颜色通道中全白反射对象对应于为 235 的像素值。典型的视频流还包括更大的“超饱和”的对应于反射高亮或光源的像素值。总之有损视频压缩可通过几个步骤改变像素值。已经发现,当处理 RGB 格式(每个颜色通道具有 0 到 255 的范围内的像素值)的所输入的图像数据 21 时,使用为 230 的阈值适于在有损视频压缩的情况下将增强区域与其他区域分离。阈值需要等于或低于所关心图像的白点(白场, white point)。对于典型的照片而言,已经发现,存在由有损压缩引入的人为产物的情况下,254 的阈值是足够的。

[0059] 此处描述的方法对被选择以在仅仅是亮或饱和的像素和在高动态范围图像中应被提升的像素之间进行区分的特定阈值并不非常敏感。在不显著降低输出图像的外观的情况下,该阈值可略微改变。不是一定要应用锐利或固定的阈值。

[0060] 在像素值被指定为 RGB 格式或类似格式(其中分别针对多个颜色通道指定亮度信息)的情况下,对每个颜色通道应用相同的阈值是方便实用的,但不是必须的。通过将一个阈值(例如,229)应用于一个颜色通道而将另一阈值(例如,231)应用于一个或更多颜色通道,可以获得可接受的结果。

[0061] 可根据二元掩模 55 通过用大型高斯核或接近高斯形状的核使掩模 55 模糊来生成亮度提高函数 53 的平滑变化部分 53A。该结果为具有用于各个像素的值的灰度图像 57。灰度图像 57 的值在与经滤波的图像数据 41 的增强区域的中央部分相对应的区域中最大,且所述值在远离该增强区域的中央部分时平滑降低。灰度图像 57 中的值可随后映射到范围 1 至 α 内,其中 α 为可用于产生平滑变化的亮度提高部分 53A 的倍增因子。灰度图像 57 的值到范围 1 至 α 的映射可以是线性的。

[0062] 优选地,用于生成灰度图像 57 的模糊核足够大,从而在期望观看条件下,用于模糊二元掩模 55 的模糊滤波器的空间频谱主要包括小得不引起人类视觉系统注意的角频率。例如,该角频率可以是 1 周 / 度或更小,优选为 0.5 周 / 度或更小。人类视觉系统对发生在如此低空间频率下的亮度变化并不非常敏感。

[0063] 模糊滤波器在像素之间间隔方面的标准偏差可取决于显示器尺度以及观看距离的预期范围。例如,在具有 1920*1080 像素分辨率的 37 英寸(对角线)显示器上,典型实施例应用具有 150 像素标准偏差的模糊滤波器。这在 3 米观看距离处相当于 1.2 度。模糊滤波器的标准偏差可相当于至少 0.75 度,优选地至少为 1 度,更有选地至少为 1.1 度。因此,模糊滤波器的空间频谱将主要包括低角频率但不包括可能导致视觉干扰的人为产物的高角频率。

[0064] 大多数计算机显示器要在大概 0.5 米的距离处被观看。30 厘米宽的此类显示器覆盖大概 30 度的观看角度。家庭影院系统中的电视屏幕的推荐观看角度也通常为 30 到 36 度范围内。在所需观看角度为 30 度的情况下,等于显示器的水平分辨率的 0.025 的标准偏差将覆盖约 0.75 度而等于显示器的水平分辨率的 0.05 的标准偏差将覆盖约 1.5 度。

[0065] 在此介绍的方法用于生成要在电视机上显示的图像的情况下,模糊滤波器的标准偏差需要至少是显示器的水平分辨率的 0.025 倍左右且优选地至少是显示器的水平分辨率的 0.033 倍左右(左右是指 $\pm 15\%$)。例如,对于具有 1920 像素的水平分辨率的显示器,模糊滤波器的标准偏差优选地至少为 50 像素左右,更优选地至少为 65 像素左右。如上所述,

通过 150 像素的标准偏差实现了在该水平分辨率的显示器上的良好效果。

[0066] 可基于目标显示器的能力来选择亮度倍增因子 α 的值。亮度倍增因子 α 不应太大使得其产生的输出值显著大于显示器能输出的输出值。在典型实施例中,发现与 $4*1200=4800\text{cd}/\text{m}^2$ 的峰值强度相对应的 $\alpha=4$ 的值在 BrightsideTM DR37 型显示器上产生了良好效果。由于较大的模糊半径,仅在较大增强区域中达到峰值强度。也可使用亮度倍增因子 α 的高或低的值。对于某些图像,可应用低于 32 左右的 α 值而不会引入明显的人为产物。在不经调整地将该方法应用于较宽范围图像的情况下,优选更加保守的 α 值,例如 2 到 9 或 10 范围内的值。在某些实施例中, α 可在 3 到 12 的范围内。

[0067] 亮度提高函数 53 的平滑部分 53A 在应用于经滤波的图像数据 41 的情况下本身拉伸整体对比度,并当在 HDR 显示器上观看时生成比经拉伸的图像数据 31 显得更为清晰的图像。但是,平滑部分 53A 不提高锐利边缘周围的局部对比度。为了进一步提高在此条件下的外观,亮度提高函数 53 可具有边缘停止部分 53B。亮度提高函数 53 的边缘停止部分 53B 限制平滑部分 53A 在通过锐利边缘与增强区域分隔开的图像区域中的影响。

[0068] 边缘停止部分 53B 可包括二元掩模,该二元掩模的像素值指示是否应将平滑部分 53A 应用于像素。通过识别平滑部分 53A 的以下像素可将边缘停止部分 53B 和平滑部分 53A 结合起来:所述像素对应于边缘停止函数 53B 的具有指示不应使用平滑部分 53A 的值的像素。如此识别出的平滑部分 53A 中的像素的值可设置为 1 (从而所述像素的值不影响经滤波的图像 41 中的对应值)。

[0069] 图 2A 示出了用于基于掩模 55 和梯度图像 59 生成构成边缘停止函数 53B 的掩模的方法。梯度图像 59 可根据经滤波的图像数据 41 生成并可以是二元掩模的形式,该二元掩模的像素值指示在经滤波的数据 41 的每个像素处的梯度是否超出阈值。

[0070] 随后可通过用二元掩模 55 作为种子的满水填充法(Flood Fill Algorithm)并允许从增强区域向外进行满水填充直至满水填充达到梯度图像 59 中的与具有较大梯度幅度(例如,超过阈值)的像素相对应的像素,或达到平滑部分 53A 的影响区域的边缘,来生成边缘停止函数 53B。

[0071] 可使用均差法来求解梯度图像 59 的梯度。例如,图 2B 中像素 200 处的梯度可通过计算垂直相邻像素 201A 和 201B 以及水平相邻像素 202A 和 202B 之间的差来确定。在示例实施例中,该梯度由下式计算:

$$G = |A-B|^2 + |C-D|^2 \quad (6)$$

[0073] 其中, G 为梯度, A 为像素 201A 的像素值, B 为像素 201B 的像素值, C 为像素 202A 的像素值而 D 为像素 202B 的像素值。为了稳健性,需使用广泛基础的少数像素(即,201A 和 201B 为分开的少数像素而 202A 和 202B 为分开的少数像素)。在如图 2B 所示的实施例中,基础为 5 个像素。已经发现这有助于提供梯度图像 59 中的显著边缘,该显著边缘可靠地防止满水填充法漏过边缘。

[0074] 在某些实施例中,可能需要使用形态(morphological)“开”(OPEN)算子(通常由“.”标示)进一步处理边缘停止部分 53B 并将结果轻微模糊化以抑制混叠。“开”算子(图 2A 未示出)可平滑轮廓并断开狭窄的峡部。开算子可通过将全部边缘侵蚀一个像素并随后将邻近任意边缘的像素加入所得到的图像中来进行运算。经进一步处理的边缘停止部分 53B 可如上所述那样与平滑部分 53A 结合来产生亮度提高函数 53。所得到的亮度提高函数

53 可与经滤波的图像数据 41 相乘来产生输出图像数据 51。

[0075] 图 3A、3B 和 3C 分别示出：示例性 LDR 输入图像 60；相应的平滑部分 53A；以及相应的通过结合边缘停止部分 53B 与平滑部分 53A 来改进了的亮度提高函数 53。

[0076] 用来生成平滑部分 53A 和边缘停止部分 53B 的计算上有效的方法包括如图 4A 和 4B 所示的对图像数据进行下采样(down-sampling)和上采样(up-sampling)，图 4A 和 4B 分别描绘了用于根据本发明的特定实施例来生成平滑部分 53A 的方法 70 和生成亮度提高函数 53 的边缘停止部分 53B 的方法 71。平滑部分 53A 可由图 4A 的方法 70 生成。方法 70 以掩模 55 开始。掩模 55 可类似于上述掩模 55(图 2)并在与上述类似处理中获得。在块 72 中，掩模被下采样 N 次以获得下采样掩模 73。块 72 的 N 次下采样步骤中的每次都可在每个维度中将像素的数量减小适当倍数。在某些实施例中，方便进行下采样使得：在块 72 的 N 次下采样步骤的每次都使每个维度中的像素数量减小两倍(像素的总量减小四倍)。

[0077] 在所示实施例中，随后通过循环 74 从下采样掩模 73 中获得平滑部分 53A。循环 74 包括 N 次迭代，各次迭代都包括：在块 74A 中应用模糊滤波器(可包括应用具有小核的高斯模糊，例如，应用于每个像素的 3*3 像素邻域的高斯模糊)；以及随后在块 74B 中对结果进行上采样(可涉及最近邻域内插法)。此技术可称为图像金字塔技术。图像金字塔的使用在，Burt P. 和 Adelson E.，1983 年在 IEEE 通信学报 31, 4, 532-540 上发表的题为 The Laplacian pyramid as a compact image code 的文章中有所介绍。

[0078] 在某些实施例中，可通过以表示经滤波的图像 41 的梯度的梯度图像 75 开始使用如图 4B 所示的方法 71 来生成边缘停止部分 53B。在块 76 中，梯度图像 75 被下采样 N 次以产生下采样梯度图像 77。随后，可在循环 79 中根据下采样掩模 73 进行 N 次通过使用最近邻域内插法对下采样掩模进行上采样(块 78A)并对结果应用形态“膨胀(DILATION)”运算(块 78B)，来获得边缘停止函数 53B。膨胀(DILATION)运算(通常由“⊕”标示)在较小(例如，3*3 像素)块上进行(即，使用 3*3 方形结构元素)并被改变以在对应于边缘(例如，标示为在相应分辨率的边缘图像中具有高梯度)的像素处停止。

[0079] 图 4D 进一步图示了这些概念特别是与生成边缘停止部分 53B 相关的概念。如图所示，方法 71 以表示经滤波的图像 41 的梯度的梯度图像 75 开始。可使用与上面针对梯度图像数据 59 描述的处理相类似的处理(例如，均差)，来确定梯度图像数据 75 的梯度。方法 71 也以可通过与上述相似的方式来获得的下采样掩模 73(图 4A)开始。在块 76 中，梯度图像 75 被下采样 N 次以产生一组 N 个下采样梯度图像 77，N 个下采样梯度图像 77 中每个都具有相应的分辨率。随后将下采样掩模 73 和下采样梯度图像 77 之一提供给形态膨胀运算(块 78A)。块 78A 膨胀运算(通常由“⊕”标示)在下采样掩模 73 的较小(例如，3*3 像素)块上进行(即，使用 3*3 方形结构元素)。块 78A 的膨胀运算可配有下采样梯度图像 77 中的具有与下采样掩模 73 相同或相类似分辨率的一个下采样梯度图像。块 78A 的膨胀运算可被改变以在对应于边缘(例如，确定为要不然标示为在下采样梯度图像 77 中的相应等价分辨率的一个梯度图像中具有高梯度的像素)的像素处停止。

[0080] 向用于获得边缘停止函数 53B 的循环 79 提供块 78A 膨胀运算的结果。循环 79 包括 N 个迭代，每个迭代都包括：对前一循环 79 迭代的结果(或在初始循环 79 迭代的情况下，对块 78A 膨胀运算的结果)进行上采样(在块 78B 中)；并对块 78B 的上采样结果应用形态“膨胀”运算(在块 78C 中)。块 78B 上采样过程可包括最近邻域内插法。块 78C 膨胀运算可

与上述的块 78A 膨胀运算相似,除了以下之外 :块 78C 膨胀运算可将下采样梯度图像 77 中的具有与块 78B 上采样过程的输出的分辨率相同或相类似的一个下采样梯度图 像 77 作为输入,且块 78C 膨胀运算可被改变以在对应于边缘(例如,确定为要不然标示为在下采样梯度图像 77 中的相应等价分辨率的一个梯度图像中具有高梯度的像素)的像素处停止。在所示实施例中,循环 79 结束处将有 N 次上采样运算以及 N+1 次膨胀运算。在其他实施例中,初始的块 78A 膨胀运算并不必要,即可能有 N 次上采样运算和 N+1 次膨胀运算。循环 79 的输出为边缘停止部分 53B。

[0081] 优选地,进行膨胀运算(块 78A、78C)的半径(块大小)可与进行块 74A 模糊运算(图 4A)的半径相同。这使得受模糊算子(块 74A)和膨胀算子(块 78A、78C)影响的区域的边界按与顺序的上采样迭代相同的速率向外传播。

[0082] 图 4C 示出可在执行图 4A 和 4B 的方法 70 和 71 的过程中应用的提供图像金字塔的梯度图像和下采样图像。特别地 :图 4C 的栏(1)示出块 72 的下采样运算(图 4A);图 4C 的栏(2)示出循环 74 (图 4A)的块 74A 模糊化运算和块 74A 上采样运算;图 4C 的栏(3)示出梯度图像 75 的块 76 下采样以获得下采样梯度图像 77 的集合(图 4B);以及图 4C 的栏(4)示出循环 79 (图 4B)的块 78A、78C 膨胀运算和块 78B 上采样运算。

[0083] 可通过提供可包括以下一个或多个优点的有利特征的方式来实施此处介绍的示例方法 :

[0084] • 所述方法可实施为由图形处理器单元(“GPU”)执行的算法;

[0085] • 所述方法可实施为可由位于显示器、媒体播放器等中的信号处理器、专用集成电路(ASIC)或现场可编程门阵列(FPGA)执行的算法。

[0086] • 所述方法足够有效率地在动态高清晰度电视(HDTV)分辨率视频流中实时执行。

[0087] • 无需用户输入。全部参数可基于在上面显示图像的显示器的硬件特性预先选择。

[0088] • 在避免产生干扰性人为产物的意义上,所述方法可以是稳健的。HDR 输出图像的视觉质量可以至少对于非常广泛的内容而言与输入图像的视觉质量相同。

[0089] • 输出视频流可以是时间上连贯的(因此,除非色彩和强度在输入图像中突然改变,否则色彩和强度不会突然改变)。

[0090] 图 5 示出根据本发明的示例性实施例的设备 80。设备 80 包括接收所输入的图像数据 21 (图 1)的输入端 82。图像数据依次经过线性化电路 84、对比度拉伸电路 86 以及可选的滤波器 88。滤波器 88 的输出传至阈值比较系统 90 和空间滤波器 92 以产生限定平滑部分 53A 的数据。空间滤波器 92 可执行例如方法 70 的运算(图 4A)。滤波器 88 的输出还依次经过梯度计算机 93、滤波器 94 以及阈值比较系统 96 以生成边缘停止部分 53B。向生成亮度提高函数 53 的亮度提高生成器部分 98 提供限定平滑部分 53A 以及边缘停止部分 53B 的数据。将亮度提高函数 53 和滤波器 88 的输出提供给乘法器 99,在所图示的实施例中,乘法器 99 将滤波器 88 的输出和亮度提高函数 53 相乘(例如,逐像素相乘)。在所图示的实施例中,来自乘法器 99 的输出被提供给输出端 95。在其他实施例中,乘法器 99 可执行某些其他形式的映射或函数(即,不同于逐像素相乘),将滤波器 88 的输出和亮度提高函数 53 作为输入并输出最终数据 95。在某些实施例中,输出端 95 处的输出数据可存储在数据存储器中或在显示输出数据的显示器的数据路径上继续。设备 80 可实时处理输入端 82 处接收到的数据。

[0091] 图 5 所示的部件可以以任何合适的方式实施。例如，这些部件可包括在合适的处理器、固定硬件电路、可配置硬件(例如 FPGA 或其经配置以运行所需函数等的部分)上运行的软件。

[0092] 某些 HDR 显示器是具有两个调节器的类型，其可称为双调节器 HDR 显示器。第一调节器产生光模式而第二调节器调节由第一调节器产生的光模式以生成图像。第一调节器被驱动以产生图像的相对低分辨率表示。该低分辨率表示被第二调节器调节以提供可供观察者观看的高分辨率图像。第一调节器可包括主动调节光源(例如发光二极管等)的矩阵或阵列，或者，包括调节由功能上与调节器分离的光源发射的光线的调节器。第一调节器可称为发光层或光源层。根据在发光层上的位置而发射的光线的量可被控制。在某些实施例中，第二调节器为液晶显示器。这样的双调节器 HDR 显示器为第一和第二调节器生成分离的驱动信号。

[0093] 为双调节器显示器中的第一和第二调节器生成驱动信号的一些方法被描述在于 2005 年 5 月 27 日提交的题为 RAPID IMAGE RENDERING ON DUAL-MODULATOR DISPLAYS 的国际申请 No. PCT/CA2005/000807 中。此申请公开为 WO 2006/010244 并通过引用结合于此。

[0094] 在上述用于提高动态范围的方法和可用于为双调节器显示器的调节器生成驱动信号的方法之间存在配合。特别地，某些中间结果(例如，经下采样 / 上采样的图像数据的各个级别)可用于两种方法。在某些实施例中，此处描述的用于提高动态范围的方法和设备与用于为双调节器显示器生成驱动信号的方法和设备相结合。优选地，在此类实施例中，两种方法之间可分享数据。这节省硬件和 / 或计算资源。一种特定节省导致在某些实施例中：某些下采样图像数据既用于提高图像的动态范围也用于生成合适的驱动信号(例如，调节器之一的驱动信号)以使双调节器显示器显示提高的图像。在某些实施例中，根据本发明的设备被结合到用于显示器中的视频处理器芯片中或用于显示器中的显示器驱动芯片中。

[0095] 图 6 和 6A 示出根据示例实施例的用于提高并显示图像的方法 100。例如，方法 100 可在双调节器显示器的电路中实施。在块 602 中，在强度空间中将初始 LDR 图像 101A 线性化以提供经线性化的图像 101B。在初始 LDR 图像 101A 已通过伽玛曲线编码的情况下，块 102 可包括伽玛校正 LDR 图像 101A 的亮度值以获得经线性化的图像数据 101B。

[0096] 在块 104 中，对经线性化的图像 101B 进行下采样(例如，下采样至与要被用来显示图像的双调节器显示器的光源层(即，第一调节器)的元素的分辨率相匹配的分辨率)以产生下采样图像数据 105。块 104 下采样可在一一个或更多阶段执行。光源层可包括，例如，光源(诸如发光二极管(LED)等)矩阵，反射型或透射型调节器中的可控像素的阵列，所述透射型调节器调节来自普通光源或普通组光源的光线的传输。下采样图像 105 的分辨率通常大于下采样梯度图像 77(参见图 4B)的分辨率或大于用于动态范围提高的低分辨率图像 107。

[0097] 下采样图像 105 可被保存(例如，保存在合适的存储器等中)。在块 106 中，对下采样图像 105 进一步下采样从而产生最低分辨率图像 107。最低分辨率图像 107 可具有用于生成亮度提高函数 53(例如，用于执行图 4A 和 4B 的方法 70 和 71)所需的分辨率。块 106 下采样可在一系列下采样步骤中执行。

[0098] 在块 108 中制备标识增强区域的掩模 109。如上所述，例如，块 108 可包括将最低分辨率图像 107 中的像素值与一个或更多阈值进行比较并生成二元掩模 109。掩模 109(图 6)可对应于如上所述的下采样掩模 73(图 4A 和 4B)并且掩模 109 是使用类似于上述过程

的过程在块 108 中生成的。在某些实施例中，全分辨率二元掩模(类似于图 2、4A 的掩模 55)可直接根据经线性化的图像数据 101B 生成，然后可对全分辨率二元掩模自身进行下采样以获得掩模 109。

[0099] 在块 110 中，根据经线性化的图像数据 101B 来计算梯度图像 111。梯度图像 111(图 6)可对应于梯度图像 75(图 4B)并可以与上述方式类似的方式在块 110 中计算梯度图像 111。在块 112 中，对梯度图像 111 进行下采样至与最低分辨率图像 107 和掩模 109 相同的分辨率。在所示实施例中，在一系列下采样步骤进行块 112 下采样以产生一组不同分辨率的下采样梯度图像 113。这组下采样梯度图像 113(图 6)可对应于一组下采样梯度图像 77(图 4B)并且以与上述方式类似的方式在块 112 中生成。

[0100] 在块 114 中，掩模 109 被多次上采样以达到经线性化的图像 101B 的分辨率。如上面在循环 74(图 4A)中所述，可在每个块 114 上采样步骤前应用高斯模糊(图 4A 的块 74A)。块 114 上采样的结果为灰度图像 115。灰度图像 115 可对应于灰度图像 57(图 2)和 / 或对应于亮度提高函数的平滑部分 53A(图 2, 图 4A)。

[0101] 在块 116 中，将掩模 109 上采样至与下采样图像 105 相同的分辨率。块 106 上采样运算的结果被保存(例如，保存在合适的存储器等中)作为经上采样的图像 117。如上面在方法 71(图 4B)中所述，可在每个块 116 上采样步骤中应用膨胀运算(图 4B 的块 78A 和 78C)。如上面结合块 78A 和 78C 的膨胀运算所讨论的那样，在每个块 116 上采样步骤中，相应分辨率的梯度图像 113 可用作边缘停止(例如，以限制膨胀运算的程度和 / 或亮度提高函数的相应程度)。例如，可将与相应梯度图像 113 中的高梯度像素相对应的像素设置为导致亮度提高函数较少影响或根本不影响所述像素的值。

[0102] 在块 118 中，将经上采样的图像 117 进一步上采样至经线性化的图像 101B 的分辨率。块 118 上采样的结果为经上采样的图像 119。虽然在图 6 中未明确示出，但是块 118 上采样过程也可包括与块 78A 和 78C(图 4B)的膨胀运算类似的膨胀运算。再次地，在每个块 118 上采样步骤中，相应分辨率的梯度图像 113 可用作边缘停止(例如，以限制膨胀运算的程度和 / 或亮度提高函数的相应程度)。经上采样的图像 119 可对应于亮度提高函数的边缘停止部分 53B(图 4B)。

[0103] 在块 120 中，将灰度图像 115 与经上采样的图像 119 相乘(例如，逐像素相乘)以产生提高图像 121。在其他实施例中，块 120 可包括某些其他映射，所述其他映射将灰度图像 115 和经上采样的图像 119 作为输入并输出提高图像 121。在块 122 中，将防混叠滤波器应用于提高图像 121 以产生饱和度扩展图像 123。在其他实施例中，块 122 可包括其他防混叠技术或从加强图像 121 中删除或降低混叠以产生扩展图像 123。扩展图像 123 可对应于上述亮度提高函数 53(图 2)。

[0104] 在块 124(图 6A)中，将饱和度扩展图像 123 与经线性化的图像数据 101B 相乘(例如，逐像素相乘)以产生 HDR 图像 125。在某些实施例中，块 124 可包括在进行乘法之前的映射(例如，映射到值 1 到 α)。在其他实施例中，块 124 可包括将饱和度扩展图像 123 和经线性化的图像数据 101B 作为输入并输出 HDR 图像 125 的某些其他映射。

[0105] 在上述方法 100 的实施例中，通过 130 在块 126 中生成了用于发光层(例如，双调节器显示器的第一调节器)的控制信号 131。在块 126 中，将下采样图像 105 的亮度固定，因此亮度不超过阈值(例如，该阈值可与发光层的 LED 能够发射的最大亮度相关)。块 126

产生固定图像 127。

[0106] 在块 128 中,对固定图像 127 进行亮度收集步骤以产生经收集的 LED 图像 129。在某些实施例中,块 128 可包括将模糊滤波器应用于固定图像 127。在第一调节器的光源元素被布置成与用于图像处理的网格不同的模式的情况下,块 128 是有用的。例如,显示设备中的第一调节器的 LED 或其他光源可被布置成六边形网格,但是方法 100 的图像处理步骤可在方形或长方形网格(方便图像处理算法和 / 或硬件)上进行。在此情况下,某些长方形网格元素可以不对应于第一调节器的 LED 或其他发光元素。模糊滤波运算可在块 128 中进行从而将强度扩展至不对应于第一调节器的 LED 或其他发光元素的邻域元素。

[0107] 在块 130 中,对经收集的 LED 图像 129 进行交换以产生第一调节器驱动值 131。块 130 交换运算可提高由第一调节器发送至第二调节器的与增强区域相对应的区域的光强。共同地,块 130 交换运算和块 132 光场仿真可尝试补偿第一调节器中的多个 LED 的潜在重叠效应。块 130 交换运算可接收经上采样的图像 117 作为输入。通过提高第一调节器的光源(所述光源包围与第二调节器上的位置相对应的光源)的输出可提高第二调节器上的该位置上光强。如下所述,第二调节器的像素值是基于光场仿真(块 132)来设置的。块 132 光场仿真考虑了当第一调节器被驱动值 131 驱动时由第一调节器产生的光。在此方式中,块 132 光场仿真避免以下区域在观看者观看的图像中不适当当地明亮:该区域包围由第一调节器产生的光模式的强度已经增加的位置。

[0108] 在所示实施例中,使用第一调节器驱动值 131 作为输入来执行块 132 光场仿真。由交换运算 130 生成的第一调节器驱动值 131 考虑经收集的 LED 图像 129 和经上采样的图像 117。在其他实施例中,块 32 光场仿真可以可选地接收经收集的 LED 图像和 / 或经上采样的图像 117。经上采样的图像 117 可提供与要被应用于光源层的元素的动态范围提高有关的信息。块 132 光场仿真产生亮度映射 133。亮度映射 133 估计:当应用与被经上采样的图像 117 改变的经收集的 LED 图像 129 相对应的驱动值 131 来驱动光源层(第一调节器)时,所导致的入射到第二调节器的像素处的光的亮度。

[0109] 在块 134 中,HDR 图像 125 除以亮度映射 133 以产生第二调节器元素的驱动值 135。在某些实施例中,块 134 除法运算可包括逐像素除法。在其他实施例中,块 134 可包括将 HDR 图像数据 125 和亮度映射 133 作为输入并从中生成第二调节器驱动值 135 的某些其他形式的映射。块 134 也可包括调整用于第二调节器的响应函数(伽玛)的图像值。

[0110] 当根据驱动值 131 驱动第一调节器并根据驱动值 135 驱动第二调节器时,显示器将显示 HDR 图像 125 的渲染。

[0111] 在某些实施例中,第一调节器驱动值 131 被向下游发送至包含第二调节器驱动值 135 的图像格式的“空闲”扫描线中的显示驱动电路。该驱动电路从空闲扫描线中提取第一调节器驱动值 131 并应用第一调节器驱动值 131 来驱动第一调节器。因为第一调节器通常比第二调节器具有少得多的元素并且数据格式可具有承载第二调节器不需要的一个或多个扫描线的容量,所以这常常是可行的。例如,第一调节器可由多个 LED 制成,而所述 LED 的数量少于第二调节器的一条扫描线上的像素的数量。在此情况下,用于 LED 的所有的第一调节器驱动值 131 都可包括在数据格式的单一扫描线中,单一扫描线无需承载第二调节器的像素的驱动值 135。

[0112] 可设置显示器或显示器内组件对输入的图像数据执行图 6 和 6A 的方法 100。在某

些实施例中，该方法包括确定输入的图像数据是否需要动态范围提高。如果无需动态范围提高(例如，在输入的图像数据限定以合适 HDR 数据格式的高动态范围图像的情况下)，则该显示器切换至关断动态范围提高的模式。方法 100 (图 6 和 6A) 的步骤可例如在一个或多个数据处理器(诸如图形处理器、数字信号处理器或微处理器等)中执行，和 / 或通过硬件子系统(诸如适当配置的专用集成电路、现场可编程门阵列、逻辑电路等)执行。在某些实施例中，方法 100 (图 6 和 6A) 的步骤可以对一系列视频帧的帧实时(即，至少平均而言在视频信号的帧速率)执行。

[0113] 本发明的某些实施包括执行软件指令的计算机处理器，该软件指令使该处理器执行本发明的方法。例如，显示器中的一个或多个处理器或显示器控制器或媒体播放器可通过执行在处理器可存取的程序存储器中的软件指令来实施图 1、1A、2、2A、4A、6 和 / 或 6A 的方法。本发明也可被提供为程序产品形式。程序产品可包括承载包括指令的计算机可读数据集合的任何介质，所述指令当被数据处理器执行时使数据处理器执行本发明的方法。根据本发明的程序产品可为广泛形式中的任何形式。该程序产品可例如包括：诸如磁数据存储介质(包括软盘、硬盘驱动)的物理介质，包括 CD ROM 和 DVD 的光数据存储介质，以及包括 ROM 和快闪 RAM 的电数据存储介质等。程序产品上的计算机可读数据可被可选地压缩或加密。

[0114] 在上面提及组件(例如，软件模块、处理器、装配、装置、电路等)的情况下，除非特别指出，需将对该组件的引用(包括对“手段”的引用)解释为包括执行所述组件功能的作为该组件等价物的任何组件(即，功能上等价)，包括与所公开的执行在本发明所示的示例实施例中的功能的结构上不等同的组件。

[0115] 本领域技术人员应当清楚，鉴于上述公开，在实施本发明时可以在不脱离本发明精神或范围的情况下有很多改变和修改。例如：

[0116] • 在上述的示例方法中，在拉伸了对比度(例如，在块 30 中)之后应用亮度提高函数 53(例如，在块 50 中)。该顺序并非强制性的。在替代实施例中，可在拉伸对比度之前应用亮度提高函数。

[0117] • 通过在像素值随亮度线性变化的表示中进行操作来便于此处描述的方法。这是方便的但并非强制性的。此处描述的方法经适合的改进可在非线性空间中执行。

[0118] • 在某些应用中，可行的是提供选项以允许人类用户微调一个或多个影响动态范围提高的参数，从而获得具有期望外观的 HDR 图像。此类应用的实施例可包括提供访问所述参数的用户接口。随后，用户可选择所述参数的期望值并观看通过应用此处描述的使用所述参数的方法从源图像创建的图像。可使任何参数成为用户可调的。可以作为用户可调参数的某些非限制性示例如下：限定线性化函数的参数；用于识别增强区域的阈值；指定黑点和白点的参数；指定要被全局应用的对比度拉伸的量的参数；与被亮度提高函数影响的区域的尺寸相关的参数；与亮度提高函数的最大值相关的参数等。

[0119] • 此应用和所附权利要求可引用低动态范围或 LDR 图像数据和高动态范围(HDR)图像数据。应该理解这些引用是彼此相对而言的。也就是说，应该理解低动态范围数据的动态范围小于高动态范围数据的动态范围，反之亦然。但是，除非另行指出，低动态范围或高动态范围数据的绝对动态范围没有任何限制。

[0120] 因此，根据所附权利要求限定的实质内容来解释本发明的范围。

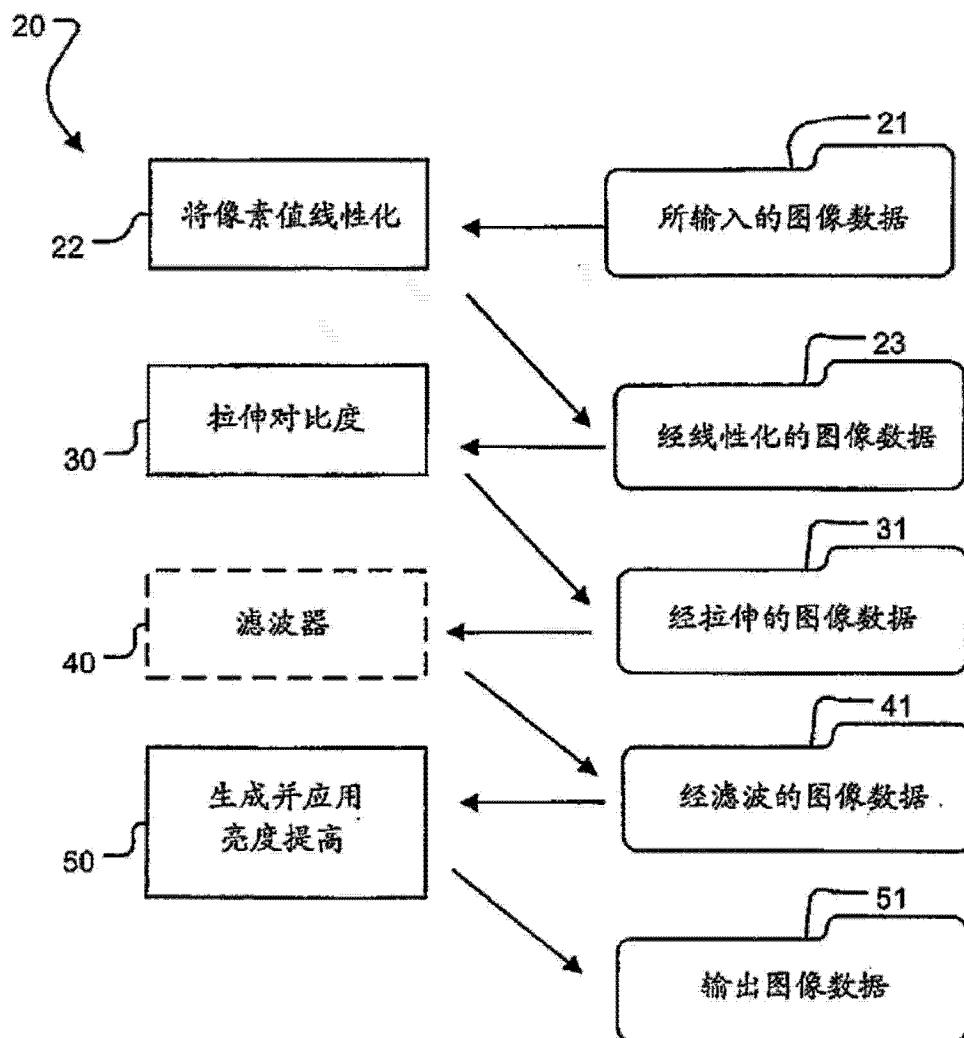


图 1

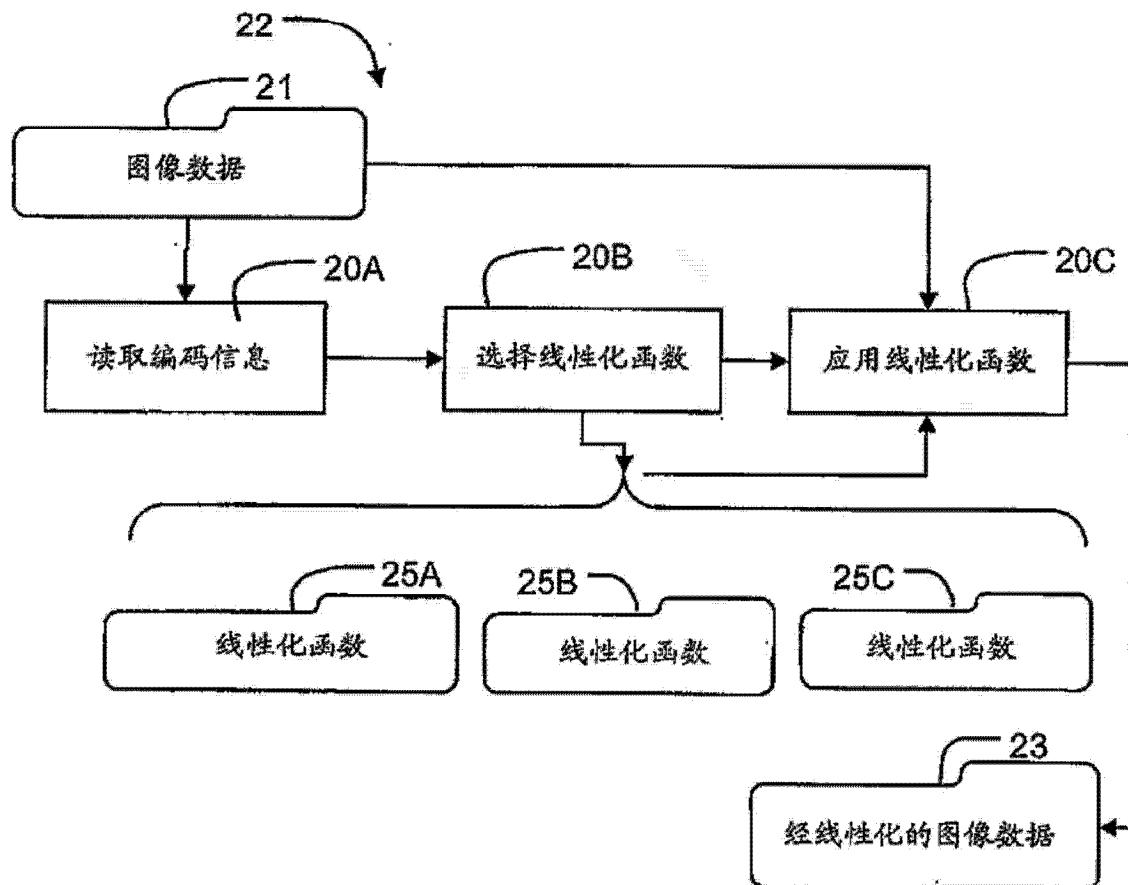


图 1A

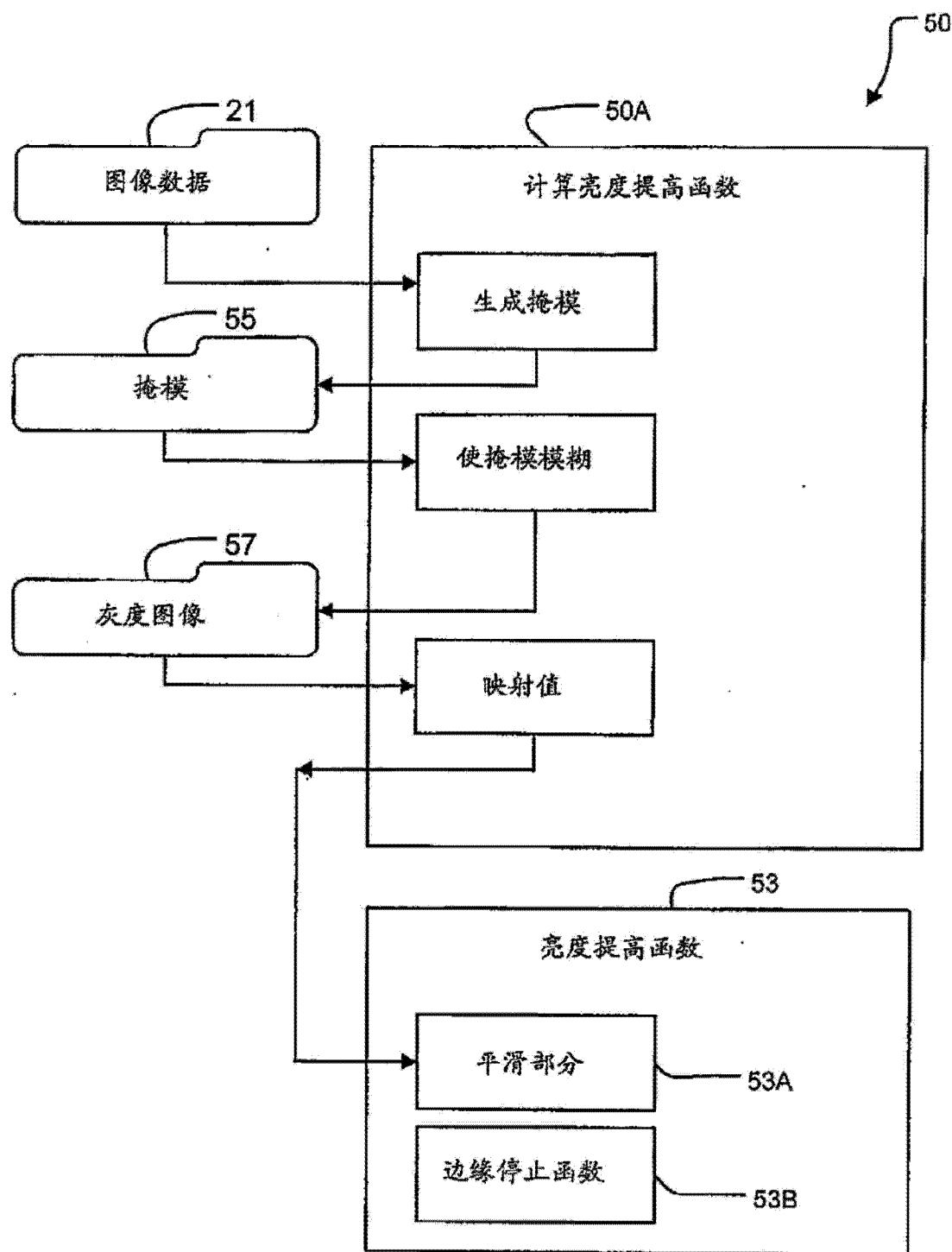


图 2

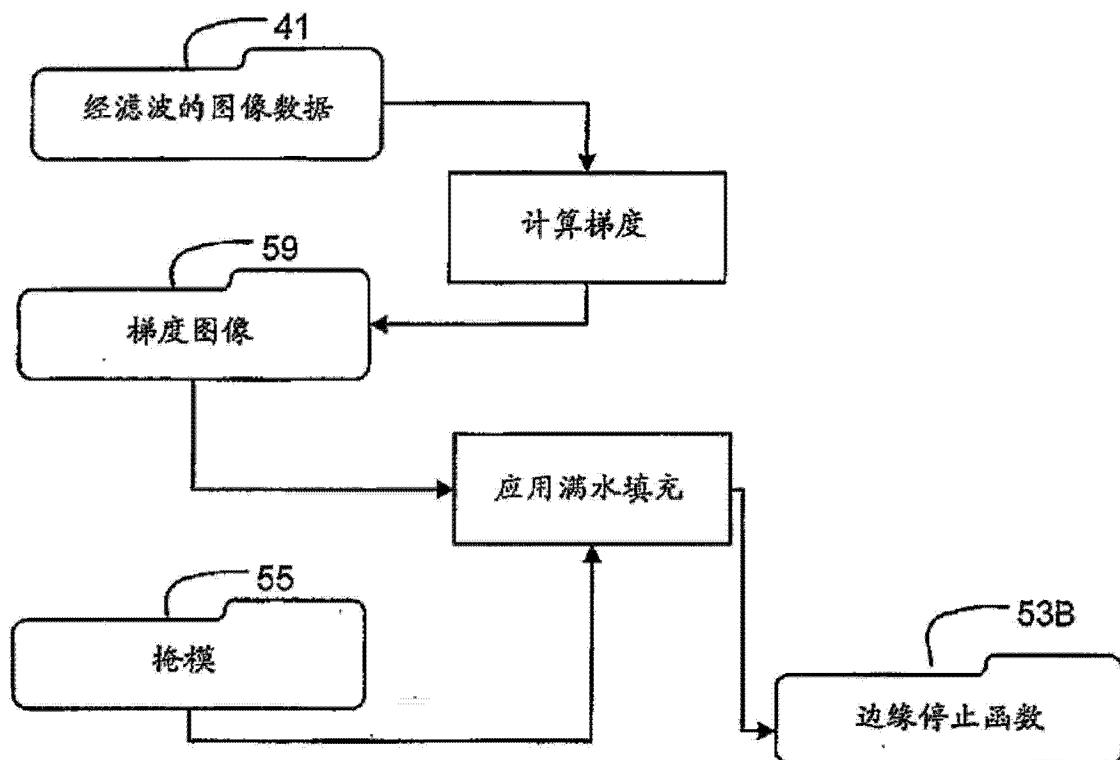


图 2A

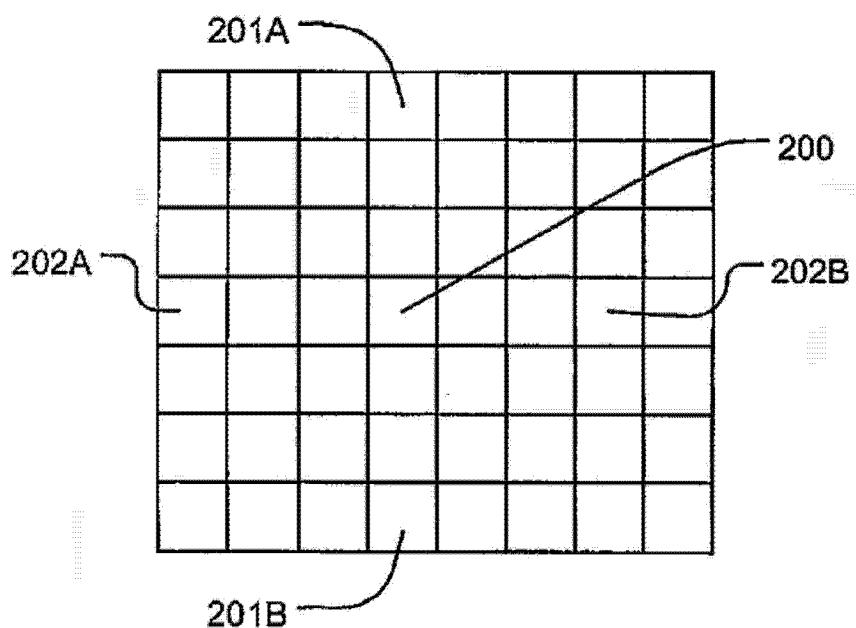


图 2B



图 3A



图 3B



图 3C



图 3D

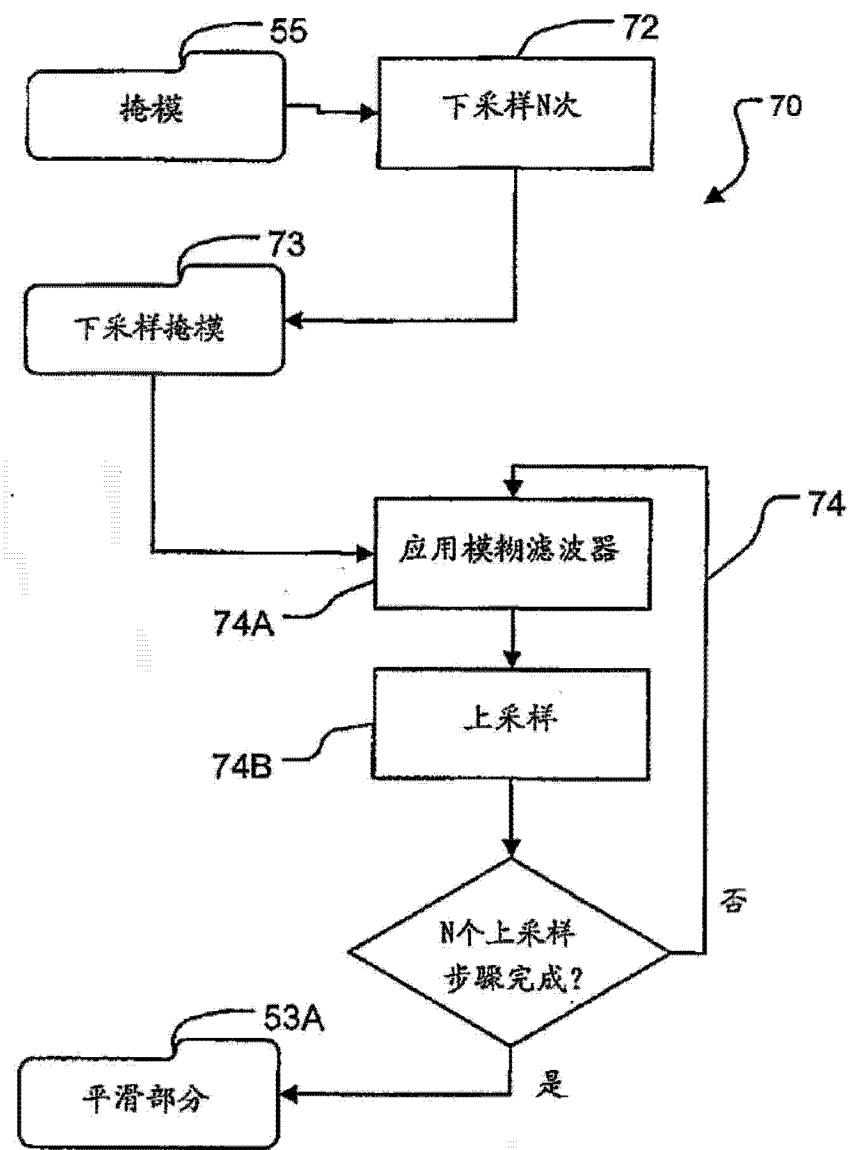


图 4A

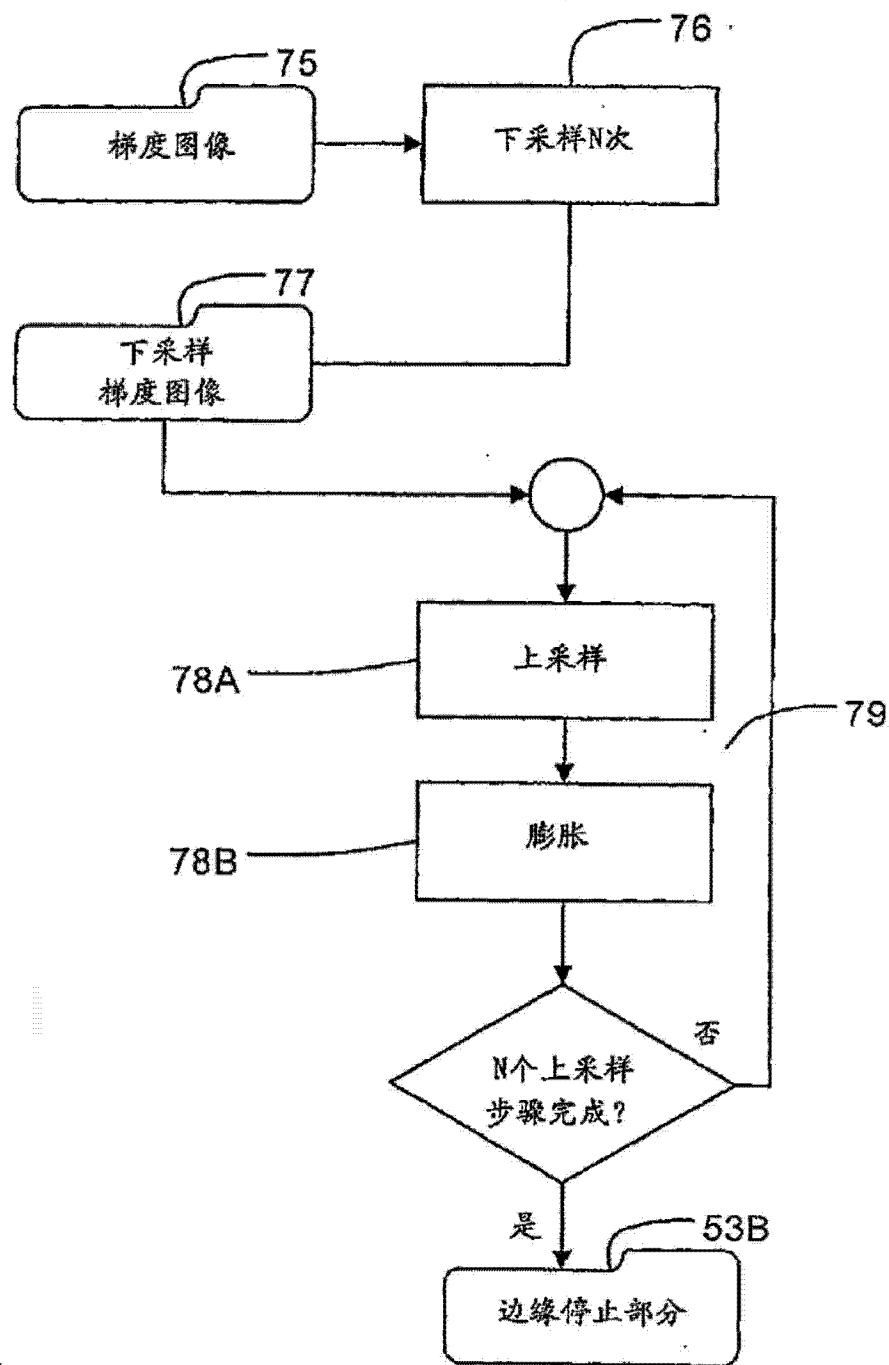


图 4B

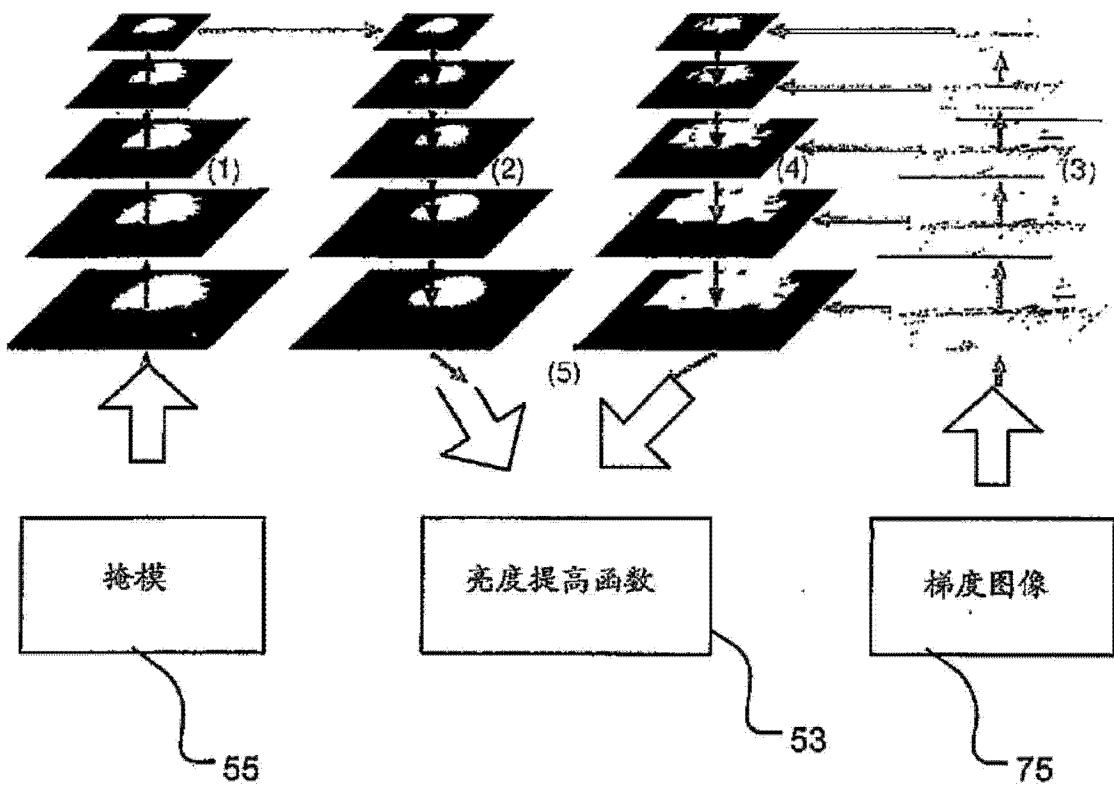


图 4C

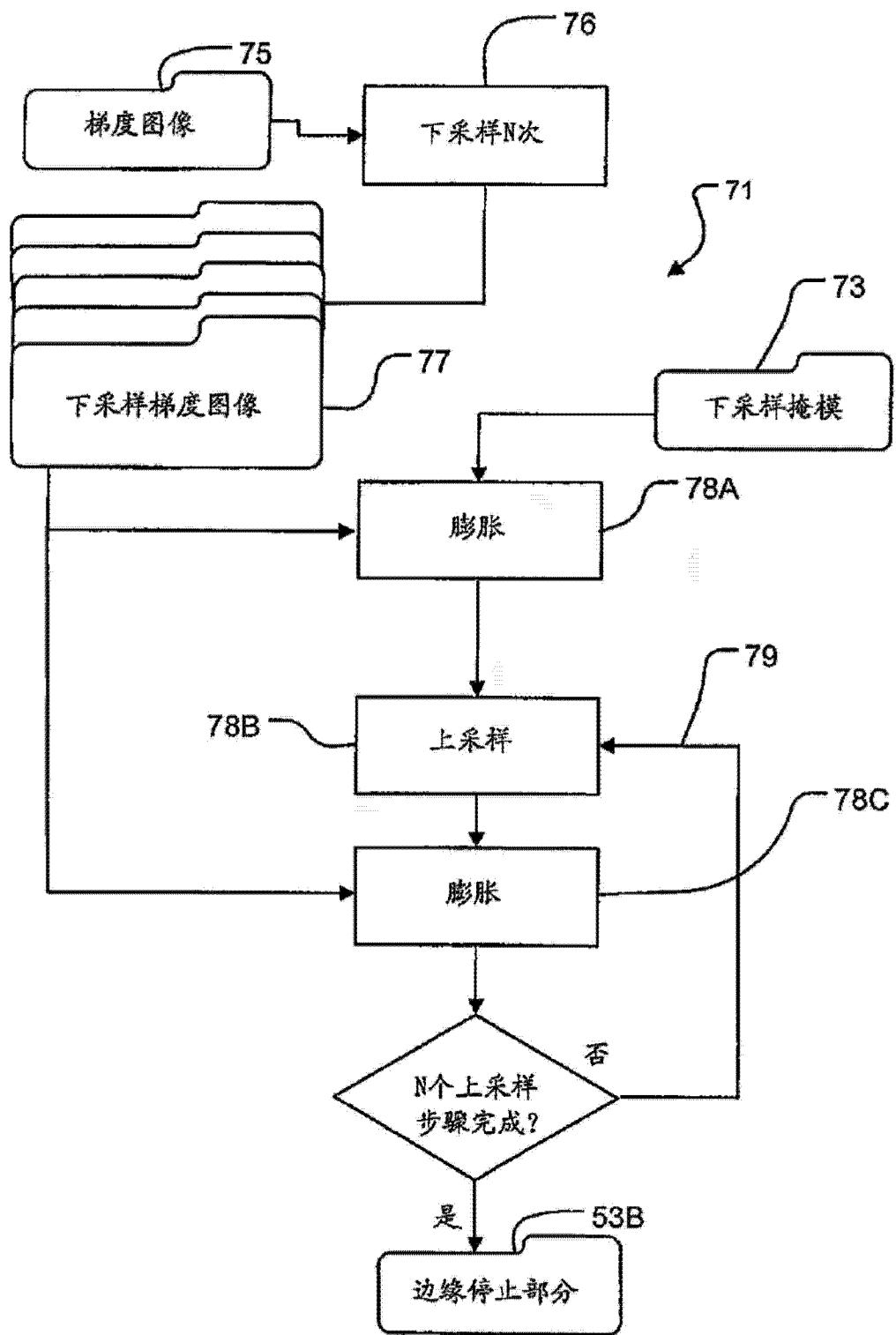


图 4D

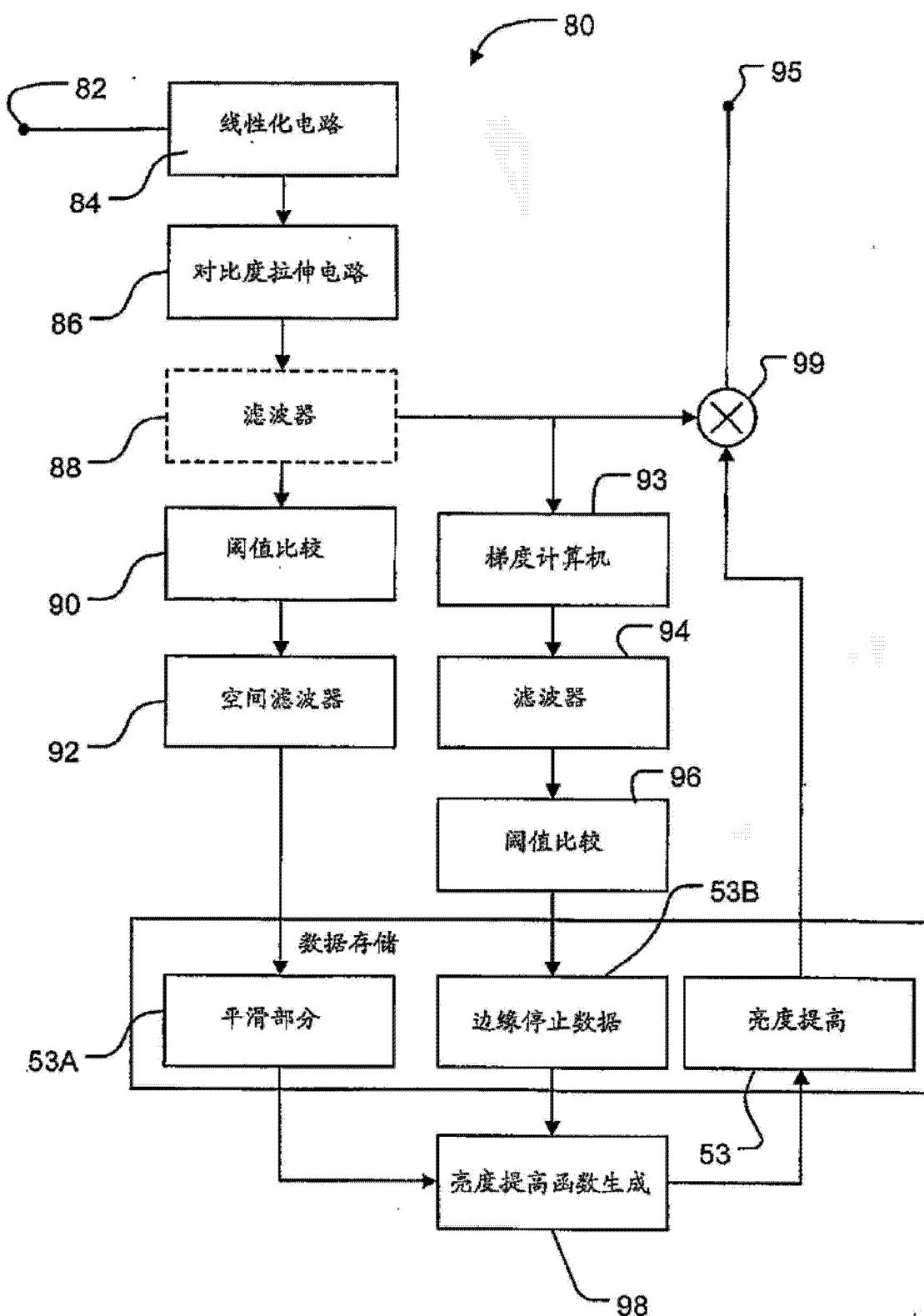


图 5

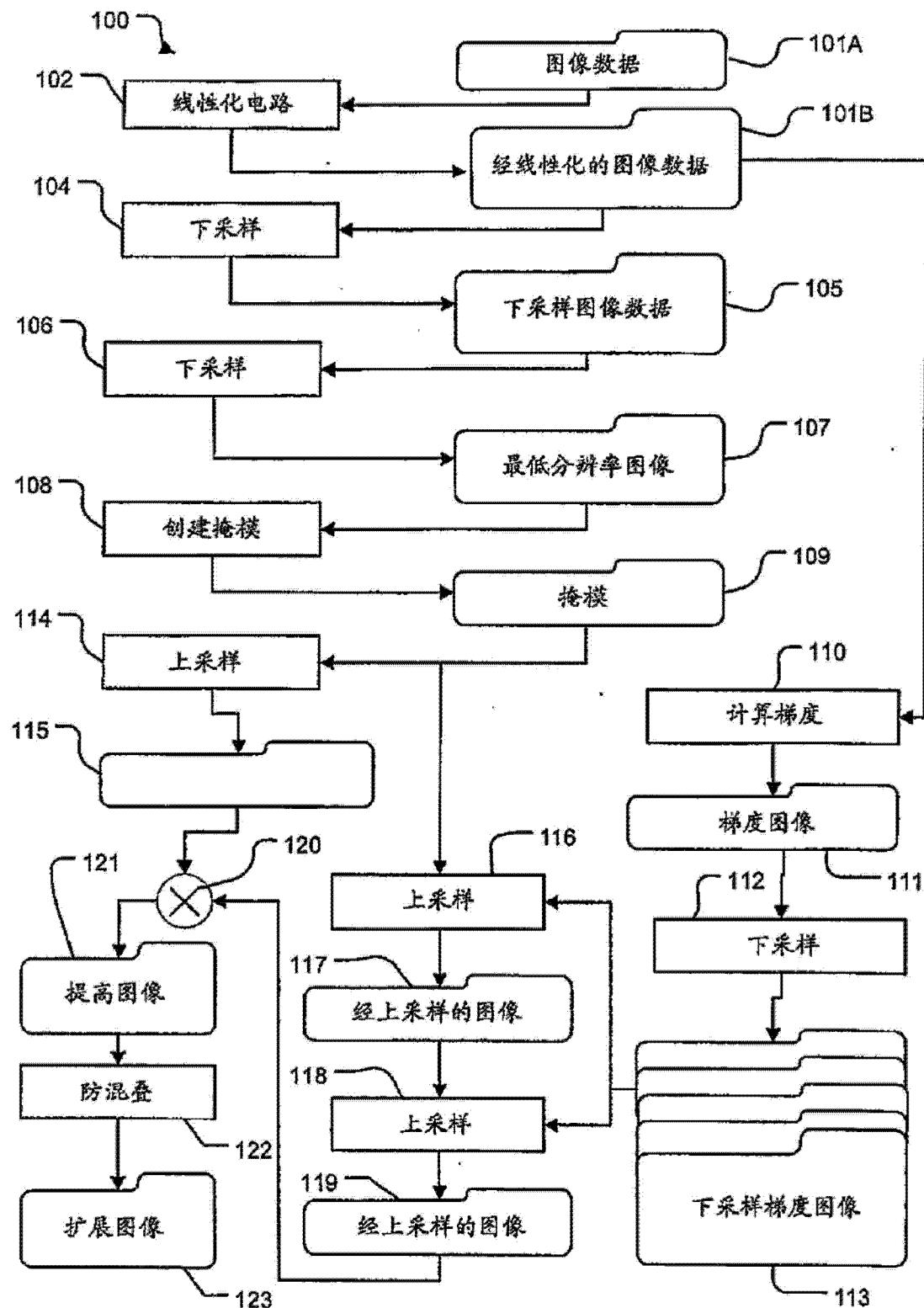


图 6

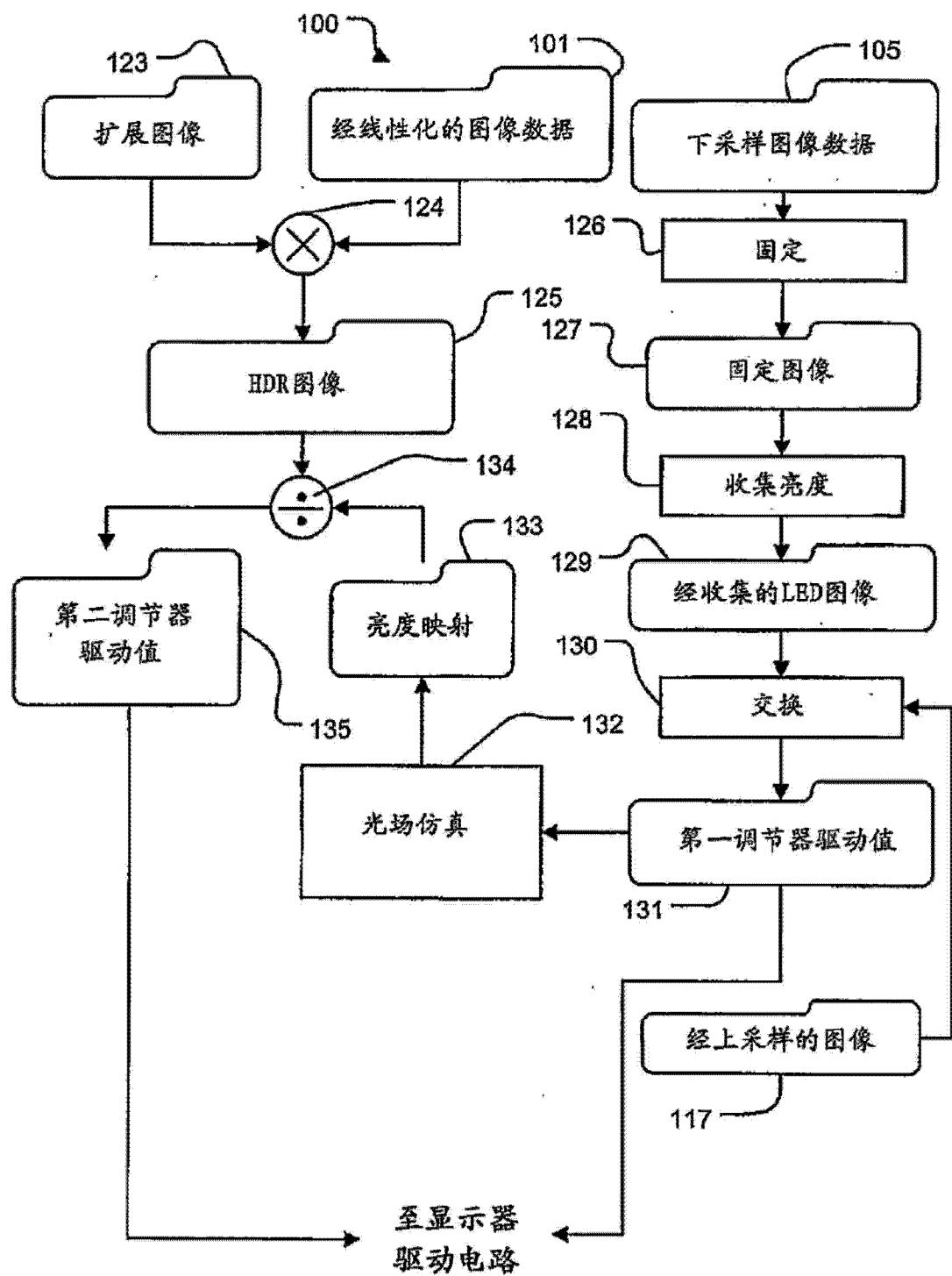


图 6A