



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103986925 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 23

(21) 申请号 201410247815. X

H04N 5/57(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 06. 05

审查员 郭倩茜

(73) 专利权人 吉林大学

地址 130012 吉林省长春市前进大街 2699 号

(72) 发明人 王世刚 王晓燕 王小雨 王伟
赵文婷 姜秀红 霍浩达 惠祥龙
李雪松 鲁奉军

(74) 专利代理机构 长春吉大专利代理有限责任
公司 22201

代理人 邵铭康 朱世林

(51) Int. Cl.

H04N 13/00(2006. 01)

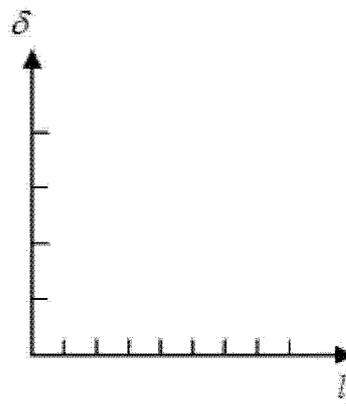
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

基于亮度补偿的立体视频视觉舒适度评价方法

(57) 摘要

基于亮度补偿的立体视频视觉舒适度评价方法属立体视频视觉舒适度评价技术领域,本发明结合立体视频帧左右视图的灰度图提取出立体视频帧的前景区域,合成视差图并提取水平视差,计算深度视差;根据主观评价结果建立视差深度—视觉舒适度模型,再结合亮度对视觉舒适度的评价模型进行优化,使模型的评分更接近人类视觉系统的评分;结合人类主观评价实验的结果,用逆向代入法求出模型的系数确定模型,最终实现基于人类视觉系统特性的对立体视频视觉舒适度的评价;本发明用亮度补偿的方法对视觉舒适度的评价模型进行了优化,建立了更符合人类主观感知结果的立体视频视觉舒适度评价模型,使模型评分更接近人类视觉系统特性的主观实验评分。



1. 一种基于亮度补偿的立体视频视觉舒适度评价方法,其特征在于包括下列步骤:

1.1 建立深度视差与立体视频视觉舒适度关系的评价模型,具体包括下列步骤:

1.1.1 对观测者的要求:双目裸视或佩戴眼镜矫正视力达到 1.0;没有对实验数据造成影响的眼部疾病;年龄为 20—35 岁的男性和女性;分为有观测经验的专家和没有观测经验的非专家;佩戴主动快门眼镜无不良反应;

1.1.2 对实验片源和实验场景的要求:采用国际视频组织发布的标准立体视频序列,设定播放间隔为 20s;实验场景中观测者与屏幕间的观测距离 L 为屏幕高度 H 的 3 倍,两眼视距 s 为 65mm;

1.1.3 获取主观评价的实验结果:由观测者根据立体视频视觉舒适度的 5 个等级,对国际标准立体视频序列进行评分,获得人类主观评价得分 MOS 值;

1.1.4 选取前景区域和背景区域:选取进行实验的四段视频序列中任意帧左、右两幅匹配视图,求出其标准视差图,再用软剪刀法和鲁棒性前景提取法相结合,分别处理左、右视图,将符合人类视觉选择注意力机制的区域归为前景区域,将剩下的背景对象归为背景区域;

1.1.5 计算视差深度 d:对步骤 1.1.4 所得到的前景区域进行分割、提取,根据水平视差的定义和立体感原理,水平视差 $d_s = \frac{sd}{d+L}$,得到相应前景区域的视差深度 d 为:

$$d = \frac{d_s L}{s - d_s};$$

其中:L、s 为步骤 1.1.2 所设定的已知量,在忽略掉垂直视差的情况下, d_s 为相邻帧两幅视图的水平视差;

1.1.6 根据步骤 1.1.3 主观评价的实验结果与步骤 1.1.5 视差深度 d 的逻辑关系,确定立体视频视觉舒适度评价模型的数学表达式为:

$$vc = a_1 d^3 + a_2 d^2 + a_3 d + a_4;$$

其中:vc 为视觉舒适度评分函数, a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 为特征参数, d 为视差深度;

1.1.7 将步骤 1.1.3 主观评价的实验结果和步骤 1.1.5 计算所得视差深度 d 的结果填入纵坐标为人类主观评价得分 MOS、横坐标为立体对象凸出或凹入屏幕的视差深度 d 的坐标系中,将标注点连成光滑曲线,得到对应的函数;

1.1.8 根据步骤 1.1.7 中的标注点与函数关系,计算出特征参数 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 的值,得到相应的视觉舒适度评分函数 vc;

1.2 建立进行亮度补偿后立体视频视觉舒适度的评价模型,具体包括下列步骤:

1.2.1 对步骤 1.1.4 所得的前景区域和背景区域分别进行亮度信息提取,得到前景区域亮度 l_1 和背景区域亮度 l_2 ;

1.2.2 求得步骤 1.1.8 中通过代入视差深度 d 计算所得的对应视觉舒适度评分函数 vc 值;

1.2.3 建立纵坐标为步骤 1.1.3 人类主观评价得分 MOS 值与步骤 1.2.2 求得视觉舒适度评分函数 vc 值的差值,横坐标分别为前景区域亮度与背景区域亮度的坐标系,将标注点连成光滑曲线,得到相应的函数;

$$E_1 = b_1 l_1^2 + b_2 l_1 + b_3 \quad (1)$$

$$E_2 = c_1 l_2^2 + c_2 l_2 + c_3; \quad (2)$$

其中： E_1 为前景区域亮度补偿得分， E_2 为背景区域亮度补偿得分， l_1 为前景区域亮度， l_2 为背景区域亮度， b_1, b_2, b_3 及 c_1, c_2, c_3 为特征参数；

1.2.4 通过步骤1.2.3函数图像中的相应标注点与函数关系，计算出特征参数 b_1, b_2, b_3 及 c_1, c_2, c_3 的值；

1.2.5 根据视觉深度 d 与人类视觉系统特性的函数关系，和通过亮度补偿对人类主观视觉评分影响的关系，得到立体视频视觉舒适度评分的数学表达式为：

$$S = vc + E = a_1 d^3 + a_2 d^2 + a_3 d + a_4 + \sigma (b_1 l_1^2 + b_2 l_1 + b_3) + (1 - \sigma) (c_1 l_2^2 + c_2 l_2 + c_3)$$

其中： S 为综合视觉舒适度评分， vc 为视觉舒适度评分， E 为亮度补偿得分， $a_1, a_2, a_3, a_4, b_1, b_2, b_3$ 及 c_1, c_2, c_3, σ 为特征参数， d 为视差深度， l_1 为前景区域的亮度， l_2 为背景区域的亮度； σ 赋值为0.75。

基于亮度补偿的立体视频视觉舒适度评价方法

技术领域

[0001] 本发明属立体视频视觉舒适度评价技术领域,具体涉及一种基于人类视觉系统特性的用亮度补偿方法对立体视频视觉舒适度评价方法。

背景技术

[0002] 随着多媒体技术和互联网技术的迅速发展,3D 立体视频技术正在不断地趋于成熟,与传统的普通视频相比,它可以清晰地重现客观世界的景象信息,突出场景的层次感和景象的真实性,使观众获得更加强烈的临场感和视觉冲击,越来越多的 3D 视频应用正在改变着我们的生活。2010 年底,在广州开幕的亚运会就实现了 3D 信号的转播,使电视机前观看的人们犹如来到了比赛现场,体验着一种零距离的互动,这对于 3D 显示技术无疑是一次有效的推动。

[0003] 但是由于立体视频技术自身的不完善性以及观影环境的要求苛刻,导致了 3D 立体视频内容与显示技术不兼容,使得人们在观看立体视频时经常出现视觉不舒适等症状。观看立体视频的舒适与否直接关系到观影者的视觉感受与生理健康,作为立体产品迅速普及的主要制约因素之一,这一观点正逐渐的被立体视频用户广泛的认同。目前,立体视频舒适度的研究还没有规范的行业判定标准,因此,对立体视频视觉舒适度进行研究具有重要的意义。

[0004] 对立体视频视觉舒适度的研究已经有将近 20 年,国内外专家学者针对立体图像进行了大量的主观评价实验,结合所得实验结果指出图像中对象的视差深度过大会令立体图像的舒适度显著下降。也对影响立体图像舒适度的各种诱因进行了探索,通过实验系统地研究了可能对双目立体图像舒适度造成影响的因素,其中包括亮度、色度、对比度、串扰和视差等。国际标准化组织 ISO 于 2000 年发布了 IWA3: Imagesafety, 该份文件关于立体图像 / 视频的相关安全性明确阐述了当视图纹理特性差异过大,视觉生理健康会受到较为严重的影响,长久积累将会出现相关的并发症,该标准还涉及包括观看、内容制作、显示设备制造等 3D 产业的各个环节,为了实现保证观影者获得较好视觉观测体验,应该保证立体显示技术的各个环节都是基于该标准完成实施的,这是保证最佳观影效果的基本要求。

[0005] 立体视频系统中的图像质量评价是与立体视频系统相关的所有技术的基础。对立体图像质量评价的理解和深入程度,直接影响到立体视频系统的发展速度。目前,对于立体图像视觉舒适度的评价尚无统一的判定标准,因此,研究立体图像 / 视频内容舒适度的影响因素将具有重要的意义,如何建立一个符合人类感知结果的立体图像质量客观评价模型也显得尤为重要。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种基于人类视觉系统特性的立体视频视觉舒适度评价方法,在以往评价方法的基础上优化评价的结果,使其与人类视觉的主观感受更加相关。

[0007] 一种基于亮度补偿的立体视频视觉舒适度评价方法,包括下列步骤:

[0008] 1.1 建立深度视差与立体视频视觉舒适度关系的评价模型,具体包括下列步骤:

[0009] 1.1.1 对观测者的要求:双目裸视或佩戴眼镜矫正视力达到 1.0;没有对实验数据造成影响的眼部疾病;年龄为 20—35 岁的男性和女性;分为有观测经验的专家和没有观测经验的非专家;佩戴主动快门眼镜无不良反应;

[0010] 1.1.2 对实验片源和实验场景的要求:采用国际视频组织发布的标准立体视频序列,这样可以令实验结果具备普遍适用性,设定播放间隔为 20s;实验场景中观测者与屏幕间的观测距离 L 为屏幕高度 H 的 3 倍,两眼视距 s 为 65mm;

[0011] 1.1.3 获取主观评价的实验结果:由观测者根据立体视频视觉舒适度的 5 个等级,对国际标准立体视频序列进行评分,获得人类主观评价得分 MOS 值;

[0012] 1.1.4 选取前景区域和背景区域:选取进行实验的四段视频序列中任意帧左、右两幅匹配视图,求出其标准视差图,再用软剪刀法和鲁棒性前景提取法相结合,分别处理左、右视图,将符合人类视觉选择注意力机制的区域归为前景区域,将剩下的背景对象归为背景区域;

[0013] 1.1.5 计算视差深度 d :对步骤 1.1.4 所得到的前景区域进行分割、提取,根据水平视差的定义和立体感原理,水平视差 $d_s = \frac{sd}{d+L}$,得到相应前景区域的视差深度 d 为:

$$d = \frac{d_s L}{s - d_s};$$

[0014] 其中: L 、 s 为步骤 1.1.2 所设定的已知量,在忽略掉垂直视差的情况下, d_s 为相邻帧两幅视图的水平视差。

[0015] 1.1.6 根据步骤 1.1.3 主观评价的实验结果与步骤 1.1.5 视差深度 d 的逻辑关系,确定立体视频视觉舒适度评价模型的数学表达式为:

$$vc = a_1 d^3 + a_2 d^2 + a_3 d + a_4;$$

[0017] 其中: vc 为视觉舒适度评分函数, a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 为特征参数, d 为视差深度;

[0018] 1.1.7 将步骤 1.1.3 主观评价的实验结果和步骤 1.1.5 计算所得视差深度 d 的结果填入纵坐标为人类主观评价得分 MOS、横坐标为立体对象凸出或凹入屏幕的视差深度 d 的坐标系中,将标注点连成光滑曲线,得到对应的函数;

[0019] 1.1.8 根据步骤 1.1.7 中的标注点与函数关系,计算出特征参数 a 的值,得到相应的视觉舒适度评分函数 vc 。

[0020] 1.2 建立进行亮度补偿后立体视频视觉舒适度的评价模型,具体包括下列步骤:

[0021] 1.2.1 对步骤 1.1.4 所得的前景区域和背景区域分别进行亮度信息提取,得到前景区域亮度 l_1 和背景区域亮度 l_2 ;

[0022] 1.2.2 求得步骤 1.1.8 中通过代入视差深度 d 计算所得的对应视觉舒适度评分函数 vc 值;

[0023] 1.2.3 建立纵坐标为步骤 1.1.3 人类主观评价得分 MOS 值与步骤 1.2.2 求得视觉舒适度评分函数 vc 值的差值,横坐标分别为前景区域亮度与背景区域亮度的坐标系,将标注点连成光滑曲线,得到相应的函数:

$$E_1 = b_1 l_1^2 + b_2 l_1 + b_3 \quad (1)$$

$$E_2 = c_1 l_2^2 + c_2 l_2 + c_3; \quad (2)$$

[0026] 其中： E_1 为前景区域亮度补偿得分， E_2 为背景区域亮度补偿得分， l_1 为前景区域亮度， l_2 为背景区域亮度， b 、 c 为特征参数；

[0027] 1.2.4 通过步骤1.2.3函数图像中的相应标注点与函数关系，计算出特征参数 b 、 c 的值；

[0028] 1.2.5 根据视觉深度 d 与人类视觉系统特性的函数关系，和通过亮度补偿对人类主观视觉评分影响的关系，得到立体视频视觉舒适度评分的数学表达式为：

[0029] $S = vc + E = a_1d^3 + a_2d^2 + a_3d + a_4 + \sigma (b_1l_1^2 + b_2l_1 + b_3) + (1 - \sigma) (c_1l_2^2 + c_2l_2 + c_3)$ 其中： S 为综合视觉舒适度评分， vc 为视觉舒适度评分， E 为亮度补偿得分， a 、 b 、 c 、 σ 为特征参数， d 为视差深度， l_1 为前景区域的亮度， l_2 为背景区域的亮度； σ 赋值为0.75。

[0030] 通过大量的基于人类视觉系统特性的主观评价实验，结合所得实验结果得知，视差深度是影响立体视频视觉舒适度的主要因素，图像中对象的视差深度过大，会令立体图像的舒适度显著下降，而图像中的主要对象为前景部分，通过软剪刀法和鲁棒性前景提取法相结合后，以人的注意力机制为基础，所提取的前景区域通常颜色突出、内容丰富，可以很好地表现图像的特征，即能引起观测者兴趣、最能表现图像内容的区域，这些区域含有较大的信息量，对于图像的分析 and 评分起着重要的作用。

[0031] 大量主观实验也对影响立体图像舒适度的各种诱因进行了探索，其中包括亮度、色度、对比度、串扰等，本发明在考虑立体深度对立体视频视觉舒适度的影响的同时，也考虑了亮度亮度因素对立体视频视觉舒适度的影响，用亮度补偿的方法对视觉舒适度的评价模型进行了优化，建立了更符合人类主观感知结果的立体视频视觉舒适度评价模型，使模型的评分更接近人类视觉系统特性的主观实验评分。

附图说明

[0032] 图1为左右眼图像经视觉系统融合后形成“中央眼”图像的示意图

[0033] 图2为水平视差定义和立体感知原理图（负视差）

[0034] 图3为水平视差定义和立体感知原理图（正视差）

[0035] 图4为人类视觉系统对立体视频深度感知的效果图

[0036] 图5为辐辏和焦点调节不一致时，视差在融合范围内的示意图

[0037] 图6为辐辏和焦点调节不一致时，视差不在融合范围内的示意图

[0038] 图7为双目视觉舒适区域示意图

[0039] 图8为依据ITU电视图像质量主观评价推荐准则制定的舒适等级描述以及评分标准

[0040] 图9为未进行前景区域提取的原图

[0041] 图10为用软剪刀法和鲁棒性提取前景区域法结合后的前景区域提取效果图

[0042] 图11为主观评价结果与视差深度关系坐标图

[0043] 图12为主观评价得分与模型得分的差值与前景区域亮度关系坐标图

[0044] 图13为主观评价得分与模型得分的差值与背景区域亮度关系坐标图

具体实施方式

[0045] 下面结合附图对本发明的具体实施方式进行描述，以便本领域的技术人员更好地

理解本发明,需要特别提醒注意的是,在以下的描述中,当已知功能和设计的详细描述也许会淡化本发明的主要内容时,这些描述在这里将被忽略。本发明将从立体视频视觉舒适度的影响因素深度视差和亮度、主观实验的设备等标定、提取前景以及立体视频视觉舒适度评价几个部分来详细说明以下实施方案。

[0046] 1. 立体成像原理及影响因素

[0047] 具有视差的左眼和右眼图像称为立体显示的视差图,是由两个具有相同参数的相机按一定间距放置,对同一场景拍摄而获得的两幅图像。在一定条件下,人眼可接受的视差只能在一定范围内,即合适的视差图在立体显示器上才能获得最佳的立体显示效果。左右视图中相近的图像纹理在大脑皮层中被融合起来,形成中央眼视图中稳定存在的部分,如图 1 所示。观看二维视频时左右眼的图像完全相同,双目图像自然地融合起来,双目对不同信号的融合作用处于限制状态;而观看三维视频时,左右视图存在的某些较弱的差异能够在双目融合和双目抑制的作用下被弱化甚至被掩蔽。如图 2 所示,当某物点的右像素点 r 位于左像素点 l 右侧时,此物点具有正视差,再现立体深度 d_1 为负,表示观看者看到该物点位于显示屏后方,如物点 Q_1 ;反之,如图 3 所示,当某物点右像素点 r 位于左像素点 l 左侧时,此物点具有负视差,再现立体深度 d_2 为正,表示观看者看到该物点位于显示屏前方,如物点 Q_2 , d_{s1} 、 d_{s2} 分别为视图中对应匹配的水平视差。图 4 为人类看到立体视频时经过双目融合的感知效果图。

[0048] 根据水平视差的定义和立体感原理,水平视差 $d_s = \frac{sd}{d+L}$, 可以获得相应前景中目标区域的视差深度 d :

$$[0049] \quad d = \frac{d_s L}{s - d_s}$$

[0050] 其中 L 为实验场景中观测者与屏幕间的观测距离(为屏幕高度 H 的 3 倍), s 为两眼视距(为 65mm),在忽略掉垂直视差的情况下, d_s 为相邻帧两幅视图的水平视差。

[0051] 由主观实验数据可知,水平屏幕视差 d_s 与感知深度 d 的关系是非线性的,当水平屏幕视差 d_s 趋近于 0 附近时,曲线可近似化为线性。

[0052] 国内学者杨蕾结合人眼视觉系统的特性,通过对立体图像右视图参数进行变化而左视图相应参数保持不变的方法,定性说明了亮度、对比度、分辨率和色度四个参数对双目立体成像系统显示效果有影响,并分析说明了参数变化对成像效果造成影响的原因。李小方则指出亮度和颜色差异过大的左右视图,会在观看者眼中产生不匹配视差图像对,是引起观看立体图像引起视疲劳的生理原因。

[0053] 2. 主观实验设备等标定

[0054] 本次实验在 NVIDIA3Dvision 显示平台下进行的,放映设备采用 SonyVPL-HW30ES 立体视频投影机,该投影机较为广泛地应用于家庭影院播放、视频质量观测、医疗景象分析等领域,可以快捷地完成立体视频的播放工作,且其立体成像效果显著、色彩逼真、清晰度高,层次感强。

[0055] 对于观测人员,为了保证其观测结果的合理性与有效性,需要对一系列因素予以约束以保证实验可以正常的进行,其中包括年龄、性别、视力、有无视觉缺陷等生理疾病、有无观测立体视频的经验等。在这里,选择年龄为 20-35 岁的男性和女性,视力正常(裸视

或佩戴眼镜矫正视力达到 1.0, 没有对实验数据造成影响的眼部疾病), 有立体视频观测经验, 佩戴主动快门式眼镜无不良反应且能够正确透彻地理解评判标准, 评分过程中不带有主观倾向性的专业人士作为观测者; 立体视频序列采用国际视频组织发布的标准序列, 且设定播放间隔为 20s。

[0056] 现实世界中辐辏与焦点调节是一致的, 而在观看立体图像时, 若视差的大小在融合范围内, 辐辏和焦点调节虽然不一致, 但是仍可以把左右眼视差图像融合成一幅立体图像, 因此观看者在立体显示器上看到的是一幅具有纵深感的立体图像, 如图 5; 若视差的大小在融合范围之外, 观看者无法将左右眼两幅视差图融合成一幅立体图像, 观看者看到的是一幅不清晰的串扰图像, 如图 6, 从而产生严重视疲劳。

[0057] 在观测过程中, 测试者需要佩戴 Sony 主动快门眼镜站在距离立体屏幕 3.6m 处完成对立体视频的观看, 经测试发现在该距离下, 可以获得较好的立体观测效果, 如图 7, 且不易产生视觉不舒适的感觉, 其中立体屏幕设定高度为 1.2m。

[0058] 依据 ITU(2002) 电视图像质量主观评价推荐准则, 对立体图像舒适度分 5 个等级进行评价, 其中评分的精度达到 0.1。具体舒适等级描述以及评分标准由图 8 给出。

[0059] 3. 前景区域提取

[0060] 在软剪刀方法中, 用户使用鼠标沿着物体边缘顺时针画过去, 这一笔所覆盖的区域就被认定为未知 R 域, 这一笔的左边缘被系统自动认定为背景部分, 同样, 这一笔的右边缘被系统自动认定为前景部分。用户鼠标每向前画一笔, 系统就会根据上一笔得到的三色标记图, 利用鲁棒性前景提取算法来计算所画区域中未知像素的前景透明度的值。这样, 随着用户鼠标不断地前移, 未知区域的像素的前景透明度的值就会不断地被算出来, 从而达到了实时的效果。图 9 为未进行前景区域提取的原图, 图 10 为用软剪刀法和鲁棒性提取前景区域法结合后的前景区域提取效果图;

[0061] 4. 立体视频舒适度的评价

[0062] 首先将主观评价的实验结果填入纵坐标为人类主观评价得分 MOS、横坐标为立体对象凸出或凹入屏幕的视差深度 d 的坐标系中, 如图 11, 将标注点连成光滑曲线, 得到对应的函数。将坐标系中光滑曲线上的观测点所对应的当前帧左、右两幅匹配视图, 求出其标准视差图, 再用软剪刀方法和鲁棒性前景提取方法相结合的方法分别处理左、右视图, 得到各自的前景区域和背景区域。

[0063] 将前景区域进行分割、提取, 计算出视差深度 d , 再对前景区域与背景区域分别进行亮度信息提取, 得到前景区域亮度 l_1 , 背景亮度 l_2 。作纵坐标为人类主观评价得分 MOS 与对应函数 vc 值的差值 δ , 横坐标分别为前景区域亮度与背景区域亮度的坐标系, 如图 12、图 13, 将标注点连成光滑曲线, 得到相应的函数。根据视觉深度 d 与人类视觉系统特性的函数的关系和通过亮度补偿对人类主观视觉评分影响的关系, 得到立体视频视觉舒适度评分的数学表达式:

[0064]
$$S = vc + E = a_1 d^3 + a_2 d^2 + a_3 d + a_4 + \sigma (b_1 l_1^2 + b_2 l_1 + b_3) + (1 - \sigma) (c_1 l_2^2 + c_2 l_2 + c_3)$$

[0065] 其中 S 为综合视觉舒适度评分, vc 为视觉舒适度评分, E 为亮度补偿得分, a, b, c, σ 为特征参数, d 为视差深度, l_1 为前景区域的亮度, l_2 为背景区域的亮度; σ 赋值为 0.75, 通过逆向代入法求出模型的系数分别求出 $a_1, a_2, a_3, a_4, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3$, 从而实现对立体视频视觉舒适度进行自适应评价。

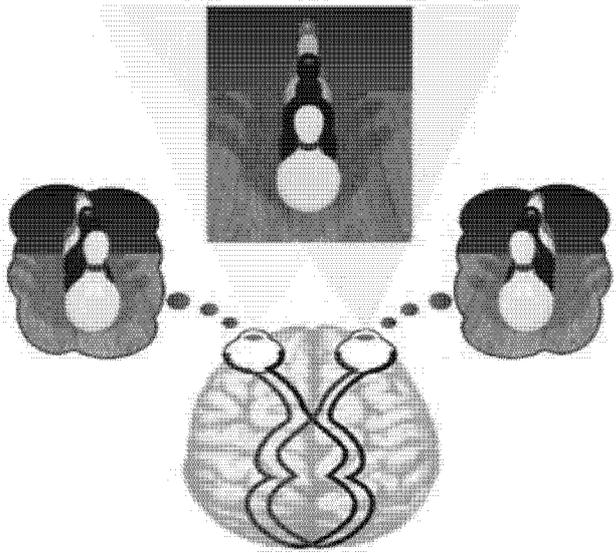


图 1

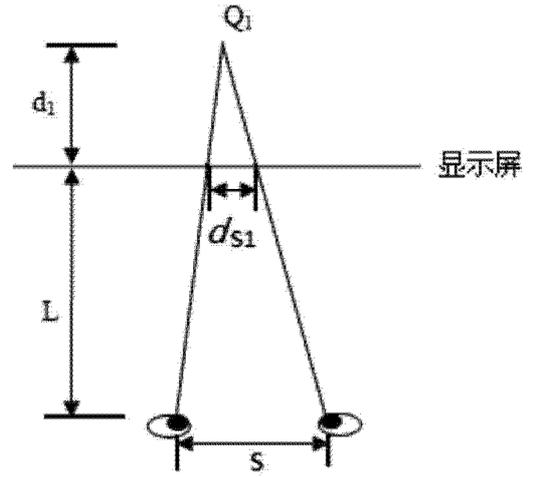


图 2

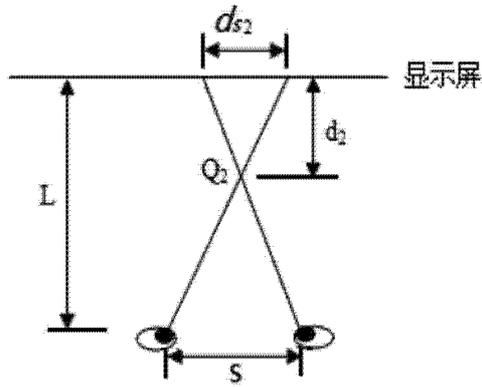


图 3

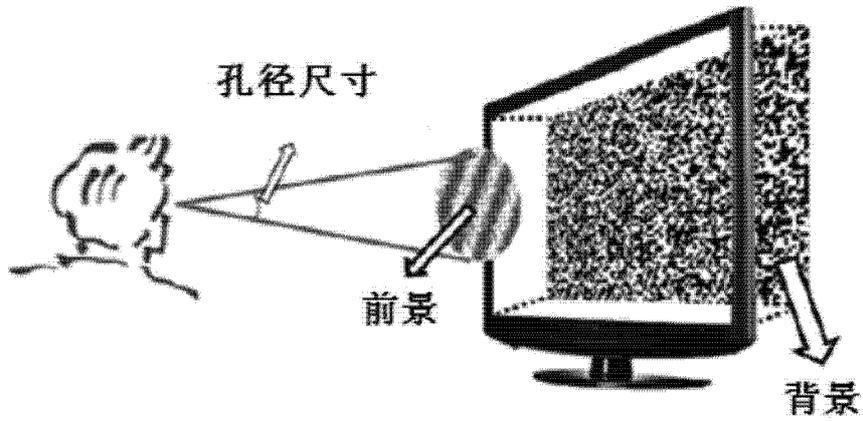


图 4

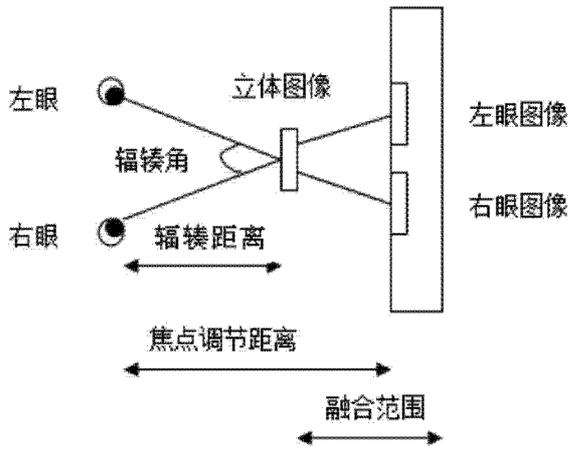


图 5

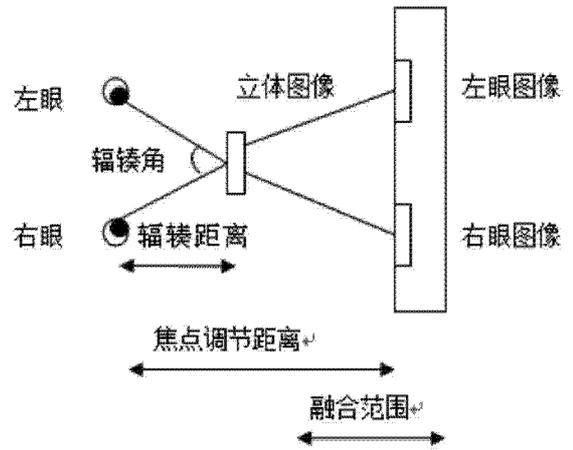


图 6

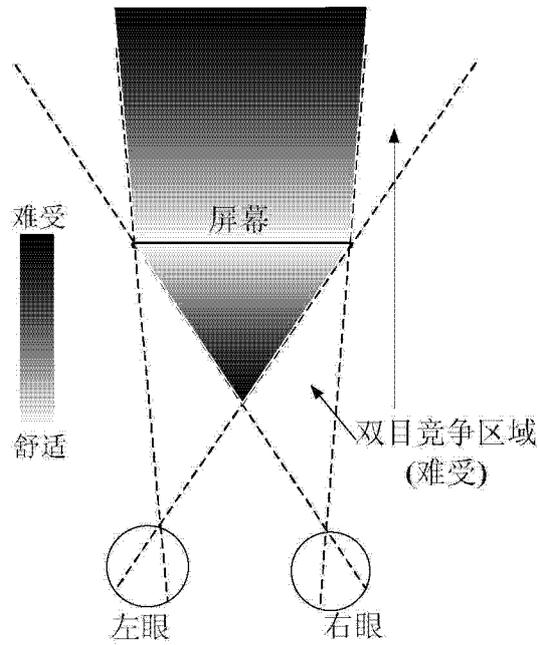


图 7

评分	等级描述	舒适度等级
5	丝毫觉不出立体图像舒适度变坏	非常好
4	能觉出立体图像舒适度轻微变化, 但不妨碍观看	好
3	能觉出立体图像舒适度明显变坏, 对观看稍有妨碍	一般
2	能觉出立体图像舒适度变得相当坏, 对观看有妨碍	差
1	立体图像舒适度变得极端坏, 非常严重地妨碍观看	非常差

图 8



图 9



图 10

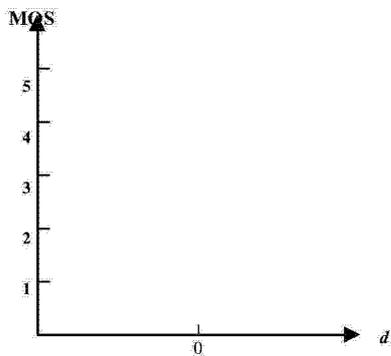


图 11

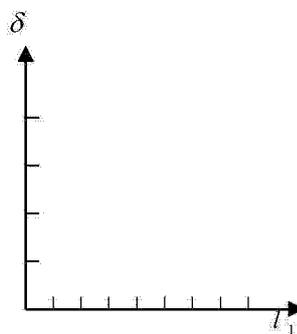


图 12

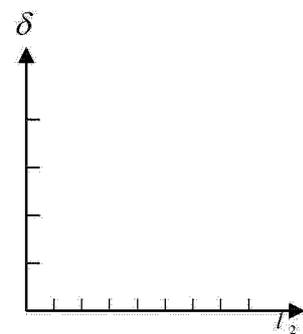


图 13