

1.提供一种基于人眼跟踪的裸眼 3D 显示方法，其特征包括~~本发明包括~~人眼追踪模块，裸眼视区修正模块，裸眼显示模块和裸眼 3D 出屏舒适度修正模块；

- a) 人眼跟踪模块获取手机前置摄像头拍摄的视频图像序列帧，对每一帧图像进行人脸识别并计算出左右眼相对手机裸眼屏幕的观看视区和观看角度，再加入预测跟踪的算法，保证裸眼视区修正能够随时给观看者的双眼呈现正确的裸眼视区；

结合人脸姿态估计和手机当前陀螺仪姿态得到左右眼相对手机裸眼屏幕的观看视区~~步骤一~~，观看视区可以通过以下公式计算得到：

$$R = \frac{|L(x, y * \tan \alpha) - x_0| * s_1}{s_0} \% N$$

其中， $L(x, y)$ 是左右眼中心点到~~标准点~~屏幕中心点的距离， $(x, y)$ 是左右眼中心点的横纵坐标， $\tan \alpha$ 是手机当前陀螺仪姿态中垂直方向上的偏转角度， $x_0$ 是~~标准点~~屏幕中心点在视频图像序列帧中的水平方向坐标值， $s_1$ 是当前观看者左右眼的相对瞳距像素值， $s_0$ 是~~标准点~~屏幕中心点预设的瞳距像素值，而  $N$  是裸眼手机当前的总视点数， $\%$ 是取余计算；

结合人脸姿态估计和手机当前陀螺仪姿态得到左右眼相对手机裸眼屏幕的观看角度，并对初始水平观看距离进行修正步骤：

当前观看者观看角度可以通过以下公式计算得到：

$$f(\beta, \gamma) = \min\{\sum_{i=0}^n (q_i - F(x, y) * p_i)\}$$

其中， $f(\beta, \gamma)$ 代表了当前左右眼相对裸眼手机屏幕的观看角度，包括水平方向上和垂直方向上的角度， $n$  代表着人脸姿态估计中人脸的待测特征点个数，~~优选的，本方法采用匹配~~人脸中左眼，右眼，鼻尖和双唇中心点总共 4 个点来计算观看角度即 ~~$n=4n=3$~~ ， ~~$q_i$ 代表待测的人脸特征点~~ $q_i$ 代表上述 4 个人脸特征点标准坐标值， $p_i$ 代表待测人脸特征点在视频图像序列帧中对应的空间坐标值， $F(x, y)$ 是裸眼手机当前陀螺仪计算的旋转矩阵；

- b) 裸眼视区修正模块在接收到人眼跟踪模块的观看视区实时信息后对裸眼输出视区进行调整；裸眼视区修正模块需要分别对应  $num$  个观看者的左右眼计算裸眼视区排图，并且最后在渲染裸眼图像时~~是~~需要将~~两者或两者以上的视区进行~~重合交织；计算裸眼视区排图需要针对  $num*2$  数量的人眼来进行视区修正计算，可以通过以下公式计算：

$$c) \quad Dis = \frac{\sum_{i=0}^{num*2} (|x_i - N \% R_i|)}{num*2}$$

其中， $Dis$ 是最终裸眼视区排图修正值， $num$  是对应的观看人数， $N$  是裸眼手机视区总数， $\%$ 是取余计算， $R_i$ 是对应的人眼跟踪到的视区， $x_i$ 是对应的人眼跟踪到的当前视区的横坐标，最终的裸眼视区排图修正值 $Dis$ 就是裸眼视区最终横向排列的变化系数；

- c) 裸眼显示模块将根据当前手机应用的显示模式来改变裸眼显示方式；针对 2D 手机应用，将手机系统 3D UI 集成进应用中，添加 3D UI 按钮并且将 2D 应用界面渲染在裸眼手机的零平面中，~~402~~裸眼视区修正模块传递的裸眼视区排图修正值  $Dis$  将仅改变 3D UI 的裸眼效果，~~预设  $Dis$  值为 0~~；针对 3D 手机应用，将 ~~402~~裸眼视区修正模块传递的裸眼视区排图修正值  $Dis$  传递给 3D 渲染底层，将修正值  $Dis$  替换柱镜光栅映射表中的偏移量  $offset$ ，根据裸眼视区修正模块传递的修正值系数  $Dis$  来改变裸眼图像的物理排图序列，再根据 3D 渲染层零平面前后来决定修正值  $Dis$  的正负号，当大于零平面的 3D 渲染层修正值  $Dis$  为正；小于零平面的 3D 渲染层修正值  $Dis$  为负；

- d) 裸眼 3D 出屏舒适度修正模块对图像序列帧进行人眼疲劳监测，减缓出屏效果左右眼过度视差值；当人眼疲劳监测到人眼无法适应当前裸眼 3D 出屏效果时，需要改变大于零平面的 3D 渲染层的裸眼图像排列顺序，新的裸眼图像排列顺序可以通过以下公式计算：

$$Ary(i) = \begin{cases} i \% N & dep < 0 \\ (i * 2 * \sqrt{dep}) \% N & dep \geq 0 \end{cases}$$

其中， $Ary(i)$ 就是视点数  $N$  的裸眼图像排列顺序， $i$  是当前视点次序， $dep$ 当前裸眼图像的视差值，当  $dep < 0$ ，裸眼图像画面是入屏效果，当  $dep > 0$ ，裸眼图像画面是出屏效果， $\%$ 是取余计算。

~~2.如权利要求 1 所述的一种基于人眼跟踪的裸眼 3D 显示方法，其特征在于，所述计算出左右眼相对手机裸眼屏幕的观看视区步骤：结合人脸姿态估计和手机当前陀螺仪姿态得到左右眼相对手机裸眼屏幕的观看视区和观看角度，并对初始水平观看距离进行修正，同时可以提醒用户观看裸眼手机屏幕的最佳观看角度。~~

~~3. 如权利要求 2 所述的一种基于人眼跟踪的裸眼 3D 显示方法，其特征在于，所述通过上述公式可以计算出当前左右眼的实际观看视区  $R$ ，将每一帧的观看视区  $R$  传递~~

给裸眼视区修正模块用以改变裸眼视区排列，从而调整符合观看者左右眼的真实观看视区。

4. 如权利要求 2 所述的一种基于人眼跟踪的裸眼 3D 显示方法，其特征在于，所述

其中，当 $\beta$ 和 $\gamma$ 同时等于零时，即观看者与裸眼手机屏幕保持完全水平，达到左右眼最佳的观看角度，在实例中，如附图 2 中 B 点是人眼实际位置，A 点是最佳裸眼效果观看点，当人眼处于 B 点，这时 $\beta$ 和 $\gamma$ 不等于零，人眼跟踪模块可以提醒观看者抬头或者低头来改变用户观看裸眼手机屏幕的角度，使 $\beta$ 和 $\gamma$ 同时等于零以达到最理想的裸眼观看视角。

5. 如权利要求 1 所述的一种基于人眼跟踪的裸眼 3D 显示方法，其特征在于，再加入预测跟踪的算法，保证裸眼视区修正能够随时给观看者的双眼呈现正确的裸眼视区步骤：裸眼视区预测跟踪采用比对前后 5 秒序列帧的手机陀螺仪姿态和裸眼观看视区 R 来预测裸眼视区变动。优选的，当人眼跟踪模块检测通过裸眼手机陀螺仪传递手机出现晃动，读取前 5 秒视频图像序列帧的裸眼手机陀螺仪旋转速度，根据手机旋转角速度预测当前情况下用户真正的观看视区 R；优选的，当人眼跟踪模块检测到左右眼出现水平垂直方向上大幅变动的情况下，读取前 5 秒视频图像序列帧的裸眼观看视区 R，根据观看视区 R 的变速值来预测当前情况下用户真正的观看视区 R；优选的，在预测跟踪观看视区 R 时，可以基于卡尔曼滤波器来辅助预测，用于削弱手机摄像头和陀螺仪带来的噪音干扰，基于卡尔曼滤波器可用包含正交状态变量的微分方程模型来描述前 5 秒观看视区 R 的变动，这种滤波器是将过去前 5 秒的测量估计误差合并到新的测量误差中来估计将来的观看视区 R 变动。

6. 如权利要求 1 所述的一种基于人眼跟踪的裸眼 3D 显示方法，其特征在于，对裸眼输出视区进行调整步骤：由于左右眼距离裸眼手机屏幕的距离和观看者人数 num 也会影响裸眼修正模块计算的视区排图，因此

7. 如权利要求 1 所述的一种基于人眼跟踪的裸眼 3D 显示方法，其特征在于，根据当前手机应用的显示模式来改变裸眼显示方式步骤：

8. 如权利要求 1 所述的一种基于人眼跟踪的裸眼 3D 显示方法，其特征在于，对图像序列帧进行人眼疲劳监测步骤：通过人眼跟踪模块对附图 6 中双眼总共 12 个特征点 a1-a12 进行实时监测，当眨眼次数超过阈值或者微闭弧度持续时间超过阈值即人眼无法适应当前裸眼 3D 出屏效果。

9. 如权利要求 1 所述的一种基于人眼跟踪的裸眼 3D 显示方法，其特征在于，减缓出屏效果左右眼过度视差值步骤：