

眼睛动定位系统 及其应用

摘要

触摸屏系统的出现使得智能集中控制方便、人性化。然而，在诸如监视、医疗等领域，用眼睛控制外源设备实现智能集中管理要比用手更加便捷、高效，而国内外对眼睛控制的研发都较少。因此本文构想了一种。本文阐述了以眼睛作为控制主体的交互系统创意，意在为用眼睛作为指令输入源的新型人机交互系统提供设想。

眼睛动定位系统能通过微型摄像头摄入眼睛的状态，然后将图像输入到微型处理器中处理得到初始瞳孔中心坐标，并不断计算瞳孔中心的位置来确定眼球的移动，同时还能通过图像匹配来判断眼睛的闭合等动作确定眼睛的状态。再将处理信息输出到终端系统对其实现控制管理。

眼睛动定位系统可以广泛用于集中控制、医疗救助、侦察、监视等领域，该系统具有广泛的应用价值和重大的研究意义。

关键词：眼睛控制 图像处理 中心定位 人机交互

Abstract

Writing Panel System makes Intelligent centralized control system (ICCS) more convenient and humanized. However, in areas such as surveillance and medical care, using eyes to control devices to realize Intelligent centralized management more efficient and speedy than using hands. But both domestic and overseas lay little attention on its research and development. The essay elaborates the originality of controlling by eyes, aiming to provide an idea to a new man-machine interactive system.

Eyes Motion Capture System (EMCS) captures the states of eyes by tiny cameras, and then depends on micro-processor to deal with the pictures captured and works out the center coordinates of pupil. By analyzing the variation of the center coordinates, EMCS can record the movements eyeball. Meanwhile, EMCS can estimate the open and close states of eyes by image matching. The terminal system gets the final handled message from micro-processor and executes instructs. EMCS realizes managements ultimately.

EMCS can be widely applied into fields such as central control, medical assistance, scout, detection, analysis towards crimes and replace mouse to control micro-computers.

Keywords: Eyes control Image processing Center finding Man-machine interaction

目录

摘要	i
Abstract	ii
第一章 绪论	1
1.1 创意来源	1
1.2 国内外研究现状	1
第二章 系统整体架构	2
2.1 系统整体分类	2
2.2 设备类型分类	2
2.3 关键技术及难点	4
第三章 定位算法研究及可行性分析	4
3.1 处理流程概述	4
3.2 眼睛状态定义及生物参数	4
3.3 图像处理	5
3.3.1 图像动态摄取及处理	5
3.3.2 图像质量评估	6
3.3.3 摄像头摄取误差分析	7
3.4 瞳孔中心定位算法	7
3.4.1 眼睛状态数码处理样表	8
3.5 总流程图例	9
3.6 可行性分析	11
第四章 应用前景	11
4.1 独立式“眼睛动定位系统”应用前景	11
4.1.1 监视侦察系统	11
4.1.2 瞳孔鼠标应用	12
4.2 一体式“眼睛动定位系统”应用前景	13
4.2.1 机械眼	13
4.2.2 与物联网技术的结合应用	14
4.2.3 视野共享应用	15
第五章 结束语	17
参考文献	17
致谢	18
附录：一些眼睛的资料	19

图 1-1 国外 3D 眼镜	2
图 2-1 类耳麦式	3
图 2-2 独立式结构图	3
图 2-3 独立式结构	4
图 3-1 眼睛面积指数	5
图 3-2 捕捉图像	6
图 3-3 边界检索	6
图 3-4 区域分类	6
图 3-5 瞳孔中心坐标	7
图 3-6 定位算法图	8
图 3-7 总流程图	10

涉及参数：

λ : 眼睛面积指数

θ : 灵敏度指数

η : 时间参数

γ : 时间参数

第一章 绪论

1.1 创意来源

“眼睛动定位系统”来源于我们对新一代人机交互设备的设想。目前人机交互过程通常分为三个阶段，即：指令输入、指令处理、指令输出，智能集中控制系统的出现使得指令处理和输出更加集中和高效。在智能集中控制系统的基础上，开发具有强竞争力和商业价值的人机交互系统的重心便是如何让指令输入更加高效。目前，以触摸屏技术代表的输入设备已成为主流，使得指令输入更加便捷。那么，除了用手来输入指令，眼睛能么？

在很多情况下，用眼睛控制比手动操作更加高效。采用手动方式来频繁控制外部摄像设备的视野改变和监视视角的缩放，不仅耗时低效，而且容易遗漏重要信息，而直接用眼睛控制摄像设备将会更省时高效且人性化。特别是在医疗人道援助方面，大多数有意识且不能正常交流的病人由于不能及时反馈自身想法及与医生交流而无法得到最恰当的诊断。如果他们可以用眼睛控制一些辅助交流设备进行交流，问题就迎刃而解了。而当医生使用内窥镜进行检查、做内科手术时，若能用探头摄像机与人眼同步，使医生做到如同用自己的眼睛“直接”观测身体内部，医疗风险将大大降低。

这些问题的核心为用眼睛控制设备即靠眼睛输入指令。由此，我们设想了一种通过相应的科技手段来对眼睛的状态进行捕捉的新一代人机交互系统，也就是本文的“眼睛动定位系统”。

1.2 国内外研究现状

“眼睛动定位系统”的核心是对眼睛活动进行动态捕捉。目前在人脸识别技术方面，国内外都有较多的研究。其中，人脸识别、虹膜认证推动了眼睛区域识别的发展。现在的眼睛识别技术已能定位瞳孔中心的位置，国内外也给出了这方面的很多算法。

目前国外，在“眼睛动定位系统”方面的研究也比较少，其中一种研究只是把眼睛作为信息的接收端，开发能让人有视觉享受的便携式输出设备，如能够播放 2D 和 3D 视频的高科技眼镜（图 1-1）。例如 Google 公司正在研发的高科技眼镜，就只是一个穿戴式计算机，其指令不是依靠眼睛输入，只相当于戴在眼睛上的微型计算机屏幕。霍金教授的眼镜则是靠红外技术捕捉眼睛周围肌肉活动从而输入指令。哥伦比亚大学研发的眼动鼠标是通过红外摄像和特殊摄像技术实现对眼睛的捕捉，均与本文设想原理不同。

如图 1-1 所示：



图 1-1 国外 3D 眼镜

目前国内的研究主要集中在瞳孔识别和虹膜识别方面，但是对“眼睛动定位系统”控制技术的研究和发展几乎没有。

因此，开发以眼睛为指令源的“眼睛动定位系统”设备具有极大的使用价值和商业价值。

第二章 系统整体架构

2.1 系统整体分类

眼睛动定位系统主要由两部分组成：定位系统和显示系统。

其中担当系统核心的定位系统主要由一个或多个眼部监控摄像头和一个高速中央处理器以及大容量存储电池构成。眼部监控摄像头负责连续捕捉眼部画面并输送给中央处理器。中央处理器依据算法处理图像，判断眼球指令并向外界输出指令。

显示系统分为内置和外置，用于接收图像信息并向人眼反馈。内置显示系统为液晶显示器或投影成像器。外置显示系统为常用外置播放设备。

2.2 设备类型分类

按照“眼睛动定位系统”系统的实现结构不同，我们将该设备分为两种类型：独立式和一体式。

独立式指的是定位系统和显示系统相互独立的组合类型。定位系统（如类眼镜状或类耳麦状）负责定位瞳孔中心，处理各种信息。将处理后的信息传送至外部相关设备后，经其它的成像工具（如电视、电脑液晶屏、投影等）成像，提供使用者观看。在相关应用设想中，采用独立式模型的有瞳孔鼠标和监视系统（详见第四章）。

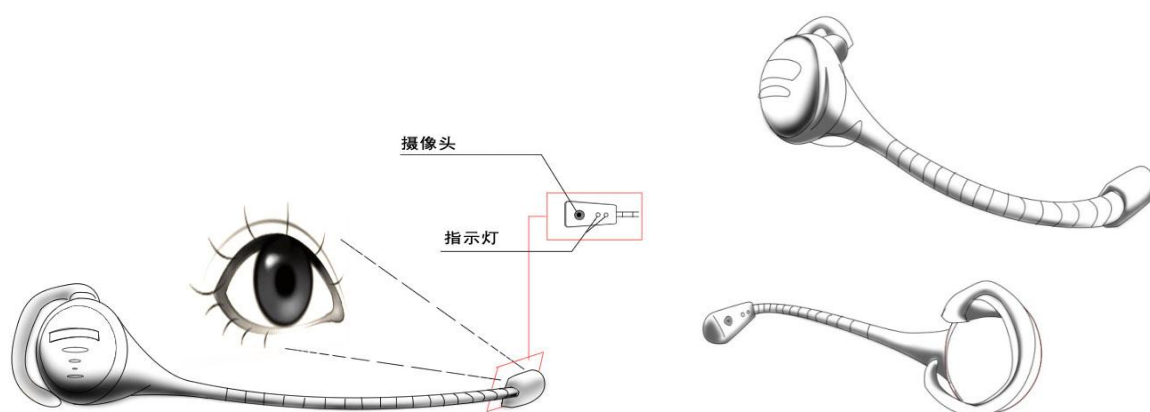


图 2-1 类耳麦式

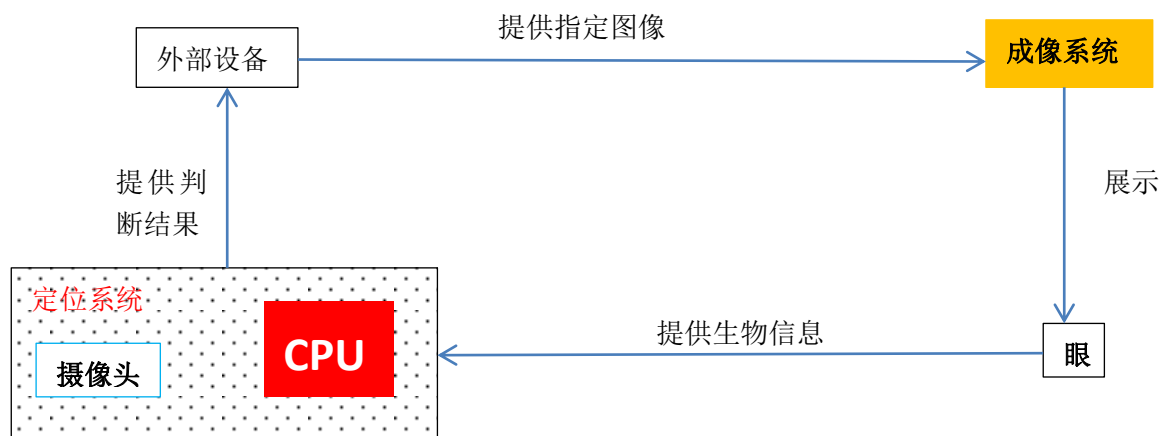


图 2-2 独立式结构图

一体式指的是定位系统和显示系统一体化的类型。类似于头盔显示器或护目镜的外观，成像系统为超薄液晶屏或特殊投影系统，放置于定位系统后。无需额外的外源播放工具，系统自身就能完成全套工作。在相关应用中，机械眼以及物联网相关应用采用了一体式模型（详见第四章）。

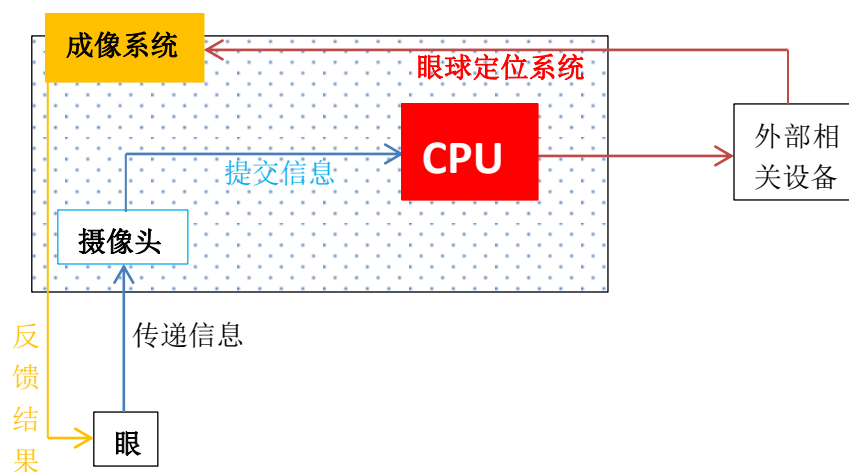


图 2-3 独立式结构

2.3 关键技术及难点

1) 眼球不是理想的平面几何图形，而摄像头所捕捉到的图像为眼球在单一方向上的图像，是平面图形。因而经计算所得的坐标点并非严格意义上的瞳孔中心，而是所捕捉到的图像中瞳孔形状的几何中心。当瞳孔右移时，图像中瞳孔的几何中心也右移，且两者偏差不大，因而此方法能够完成移动方向上的判别。

2) 当摄像头位于眼球斜侧方时，拍摄角度会受到局限，因而摄像头位置有一定的设置范围。摄像头的位置应当尽量靠近眼睛正前方。本文案例拟采用眼镜式或耳麦式装置来解决此问题。

3) 独立式模型中存在操作难点。人眼在不同距离观看同一物体时张角不同，会使人眼控制方向移动由于观看物的距离不同而有较大差异（近距离观看图片上边界和下边界时眼球转动幅度较大，而远距离时幅度较小）。因此类比鼠标控制中的灵敏度，定义瞳孔定位灵敏度 $\theta = \text{瞳孔中心移动距离} / \text{图像实际移动距离}$ 。通过调节灵敏度的方法可以很大程度上解决独立式模型中对人站位的限制。

第三章 定位算法研究及可行性分析

3.1 处理流程概述

首先，在系统启动后，摄像头将会捕捉最初图像，并交由中央处理器按照设定的程序进行质量评估，判断使用环境（光照等）是否满足使用条件并反馈使用信息。

其次，确认系统可以正常工作后，控制系统可根据摄入图像对摄像头位置、摄取角度进行微调，修正坐标抖动。

中央处理器对评估后的图像进行色差分析，检索眼部以及瞳孔边界，对断点进行补全，随后分离图像，分别得到两部分：保留眼睑边界的图 3-4 绿色区域和保留瞳孔边界的图像。图 3-4 用于计算眼睛面积定位指数 λ 来判断眼睛张合状态，保留瞳孔边界的图像用于计算瞳孔中心坐标，以坐标的变化判断瞳孔的移动方向。

上述质量评估过程会在图像判断结果出现大误差时进行再次检测，并可以在正常使用过程中进行定时检测。当系统判断无法使用时，会自动停止工作并反馈相应信息。

3.2 眼睛状态定义及生物参数

人眼睛的状态分类作为通用语言运用于眼睛动定位系统中。对眼睛状态的定义和设定应该具有统一的标度。因此，本文提出了眼睛状态的概念。

眼睛状态是指眼球瞳孔中心的左右和上下平动以及由这四个基本平动合成

的运动以及上下眼睑的上下运动的集合。

“眼睛状态”生物参数如表 3-1 所示：

时间/s	平均用时 η	最快用时 γ
眼睛状态		
上移		
下移		
左移		
右移		
闭合		
最大闭合		
睁开		
最大睁开		

表 3-1 参数定义 1

表 3-1 中上、下、左、右移指瞳孔中心从眼睛正常平视的位置竖直向上或向下（水平向左或向右）移动到最上端或最下端（最左端或最右端）。

闭合（睁开）是指上下眼睑在正常明视状态下以最快时间闭合（睁开）。

最大闭合（最大睁开）是指上眼睑处于眼睛最上位置（闭合）到闭合状态（上眼睑处于眼睛最上位置）。

同时，为了更精确确定眼睛的面积，我们引入了眼睛面积定位指数 λ 的概念。

眼睛面积定位指数 $\lambda = (\text{上下眼睑边缘包含的封闭图形的面积}) / (\text{摄入图形总面积})$

参数 λ 用于判断眼睑的张合状态。注：在实际算法中 λ 会乘以特定的数值进行数据放大，提高判断精度。如图 3-1 所示。图中 1 为上下眼睑边缘包含的封闭图形的面积，如图中白色区域面积。2 为摄入图形总面积，如图中蓝色区域与白色区域总面积。记 $\lambda = \text{②} / (\text{①} + \text{②})$ 。根据人种和年龄的不同，系统将建立相应的数据库，存储不同数值的 λ 值。

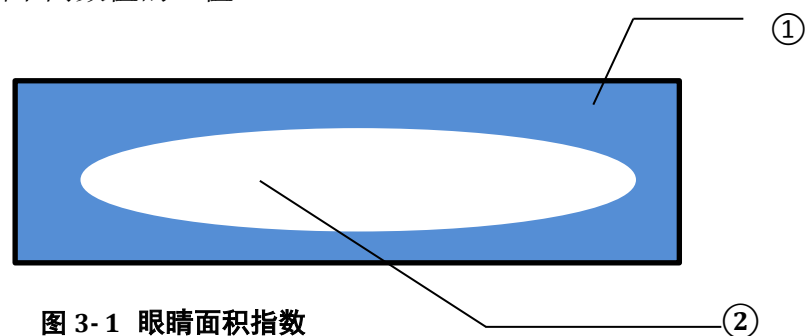


图 3-1 眼睛面积指数

3.3 图像处理

3.3.1 图像动态摄取及处理

假定摄像头捕捉到的图像如图 2-1 所示：

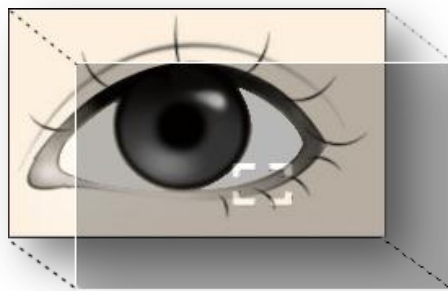


图 3-2 捕捉图像

由于在一定光照强度下，正常人眼有着明显的颜色区域分界。存储图片时，单一像素点储存单一颜色，每一个颜色对应一个二进制数，色差较大的颜色之间数字差距较大。因此，可以采用类似于颜色提取技术和边界检索技术，抽取出眼白部分，通过二次颜色提取或曲线函数延伸等补完最终得到完整的眼睛部分图像，如图 3-3 所示。



图 3-3 边界检索

然后进行眼睛面积定位指数 λ 的计算，如图 3-4 所示。

$$\lambda = \text{红色部分面积} / \text{红绿总面积}$$

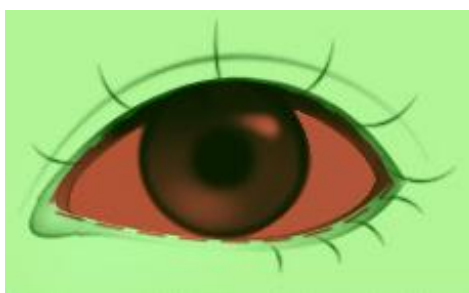


图 3-4 区域分类

最后，根据 λ ，我们得以判断眼睑的张合状态，进而确定系统是否启用以及启用后如何进行一些有效动作命令的识别（详见命令样表）。

3.3.2 图像质量评估

系统工作时需要对所获得的连续图像进行连续处理，因此对获取的图像有一定要求。系统工作时定时对提取的图像进行色阶分析，判断光照等条件是否使眼部色差明显、易分辨，并不断使用初始存储图像与预存图像对比，判断处理是否异常。如有异常（灰度值不易分辨等），暂停工作并反馈相应信息。

3.3.3 摄像头摄取误差分析

本系统拟采取图像匹配法进行眼部识别。该方法类似于当今高速发展的图片搜索技术（Google 微软）和面部识别技术，系统中预存若干眼睛图片、矢量图等，并自动保留部分佩戴者近期图像，在系统启动的第一时间对眼部周围位置进行初定位并维持位置相对不变。该方法方便系统进一步细微调整，并修正使用者佩戴过程中轻微晃动造成的误差。

3.4 瞳孔中心定位算法

瞳孔中心是眼球移动的重要参数，我们根据瞳孔中心的位置变换来确定图像和选择工具的转换和移动，是眼睛动定位技术实现的核心。

图片是由一个个像素点组成，若让每一个像素点承担一个坐标位置，我们需要虚拟一个坐标系。瞳孔中心的位置则可由相应的坐标来表示，瞳孔中心的位置改变由相应坐标的改变来表示，瞳孔中心点的坐标如图 3-5 所示：

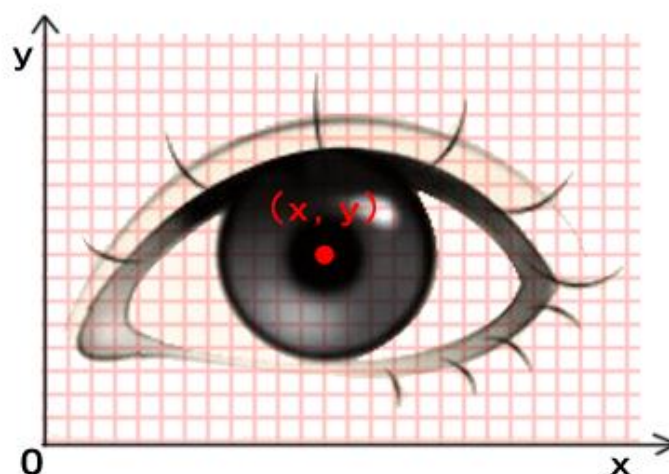


图 3-5 瞳孔中心坐标

依据与提取眼部相似的技术，提取单一眼球图像。粗略检索边界，微处理得到较平滑的类圆形曲线。然后，随机抽取小段圆弧，计算曲率半径。根据圆弧对应的半径值得到相应“圆心”坐标。重复取多段圆弧，得到“圆心”坐标集合。最后构造一个最小的能尽量完全覆盖所有上一步所得“圆心”的圆，取该圆的圆心坐标作为瞳孔中心的近似坐标。

瞳孔中心定位确定如图 3-6 所示：

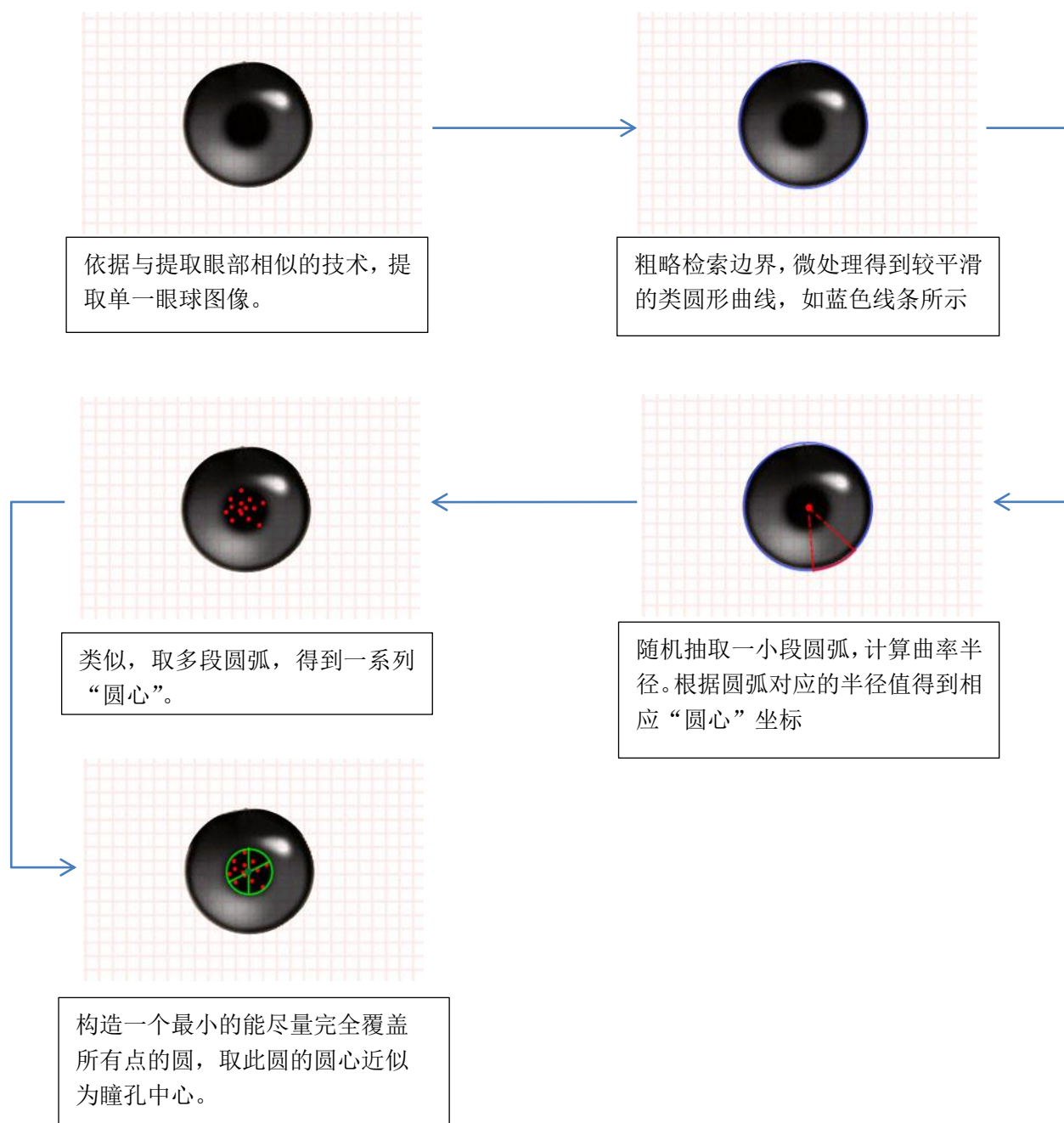


图 3-6 定位算法图

3.4.1 眼睛状态数码处理样表

由于系统采用中央处理器进行相应的数据处理，因此需要设计简单相应的数据编码来使眼睛状态可标记为数字化参量。由于眼睛状态编码组合较少，本文采取一个字节标记每个参量。表 2-2 所示为相应的参数列表，眼睛动定位系统所接外源设备为摄像头，上下左右移均根据瞳孔中心位移设定。如表所示：

眼睛状态（及排列组合）参	相应指令	数码值
--------------	------	-----

量		
上移	镜头上移	0000 0001
下移	镜头下移	0000 0010
左移	摄像头左转	0000 0011
右移	摄像头右转	0000 0100
闭眼 (η 值处于特定区间)	外源设备关闭	0000 0101
睁眼 (λ 值处于特定区间)	放大当前视角	0000 0110
虚眼 (λ 值处于特定区间)	缩小当前视角	0000 0111
快速左移并复位或右移并复位 (η 值处于特定区间)	返回初始状态,即摄像头复位	0000 1000
快速上移并复位或下移并复位 (η 值处于特定区间)	返回上一个状态,即摄像头返回上一个状态	0000 1001
上移+闭眼 (η 值处于特定区间)	摄像头上移,但不随眼睛闭眼时复位而复位	0000 1010
下移+闭眼 (η 值处于特定区间)	摄像头下移,但不随眼睛闭眼时复位而复位	0000 1011
左移+闭眼 (η 值处于特定区间)	摄像头左移,但不随眼睛闭眼时复位而复位	0000 1100
右移+闭眼 (η 值处于特定区间)	摄像头右移,但不随眼睛闭眼时复位而复位	0000 1101
睁眼+正常明视	放大停止	0000 1110
虚眼+正常明视	缩小停止	0000 1111

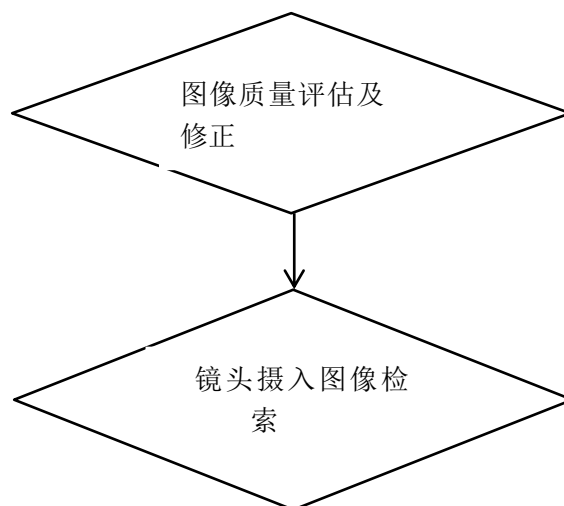
表 3-2 参数应用列表

注: η 和 λ 所在区间应由实验得出。以 λ 为例。

λ 区间值				
区间	(0, 0.2)	(0.2, 0.35)	(0.35, 0.8)	(0.8, 0.95)
眼睛状态	闭合	虚眼	正常	睁眼

表 3-3 参数定义 2

3.5 总流程图例



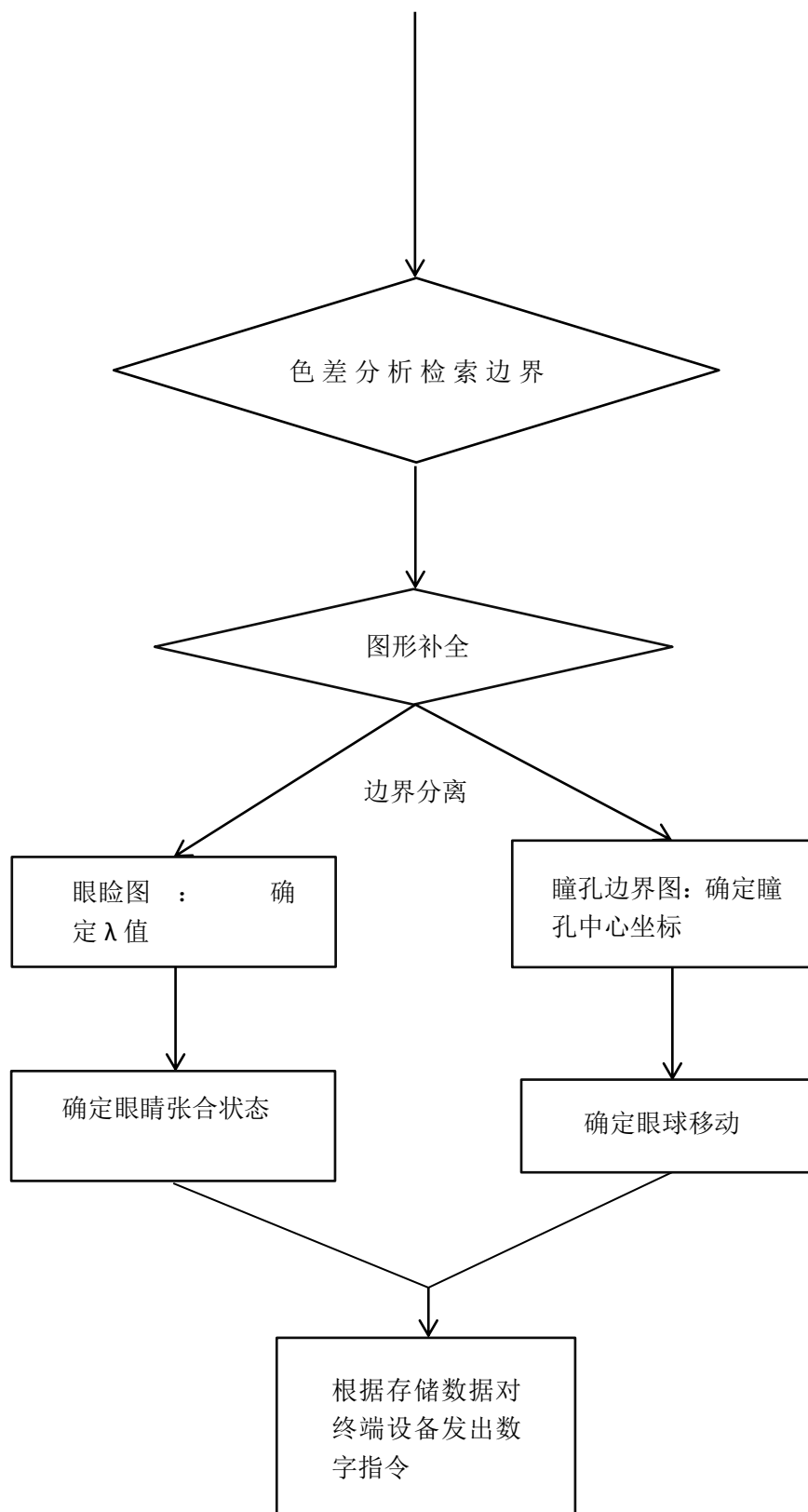


图 3-7 总流程图

3.6 可行性分析

现代摄像技术已经可以满足眼睛动定位系统对微型摄像和高清摄像的要求。

低功耗高效率的 CPU 是实现系统工作的中枢。英特尔公司于 2011 年推出的 SNB(Sandy Bridge)用 与处理器“无缝融合”的“核芯显卡”终结了“集成显卡”的时代。理论上实现了 CPU 功耗的进一步降低，及其电路尺寸和性能的显著优化，这就为将整合图形核心（核芯显卡）与 CPU 封装在同一块基板上创造了有利条件。此外，第二代酷睿还加入了全新的高清视频处理单元。视频转解码速度的高与低跟处理器是有直接关系的，由于高清视频处理单元的加入，新一代酷睿处理器的视频处理时间比老款处理器至少提升了 30%。随着 CPU 的革新换代，有更强图像处理、更低功效的微型 CPU 终将满足我们的要求。

对摄像头等外源设备的远距离控制和图像远距离传输可由无线传输技术和网络有线传输实现。无线网络系统对环境限制少，数据传输速度快，能够满足所需。

第四章 应用前景

4.1 独立式 “眼睛动定位系统” 应用前景

4.1.1 监视侦察系统

该系统根据眼睛动定位技术，直接控制摄像头的 360 度转动和图像大小缩放。同时眼睛注视前方的屏幕上的监视信息，根据监视者的需要，手动选择被控制摄像监视系统。如图 4-1 所示。

在观察屏幕监视信息时，当需要使摄像头快速与监视者的眼睛观察习惯同步时，启动眼睛动定位系统，直接使眼睛状态同步到摄像监视系统。例如：眼睛左转摄像头同步左转；眼睛中心斜向移动，摄像头亦同步斜向移动。人眼注视屏幕的监视信息并对摄像设备实行控制。

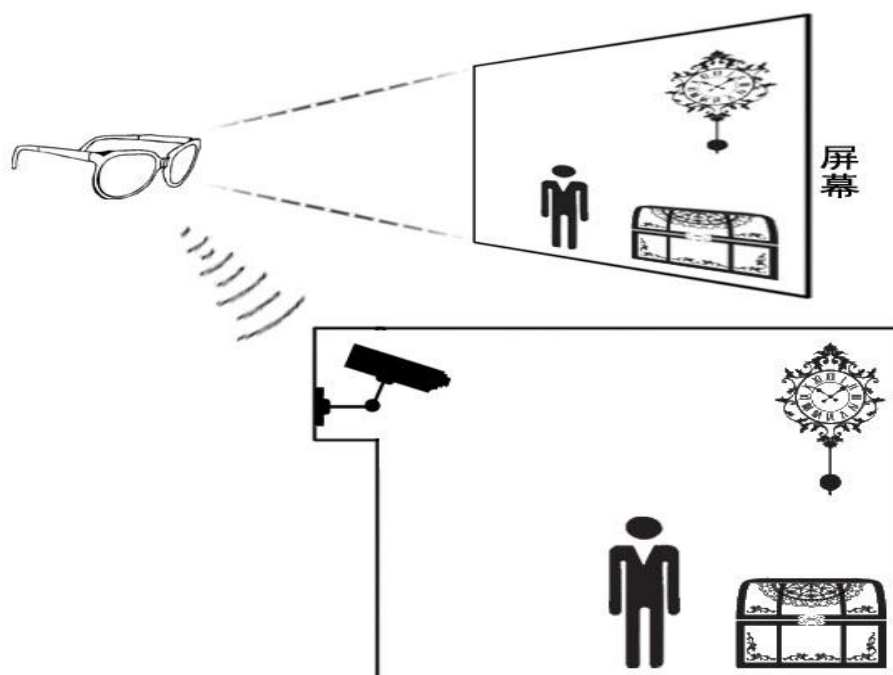


图 4-1 监视应用

眼睛观察摄像屏幕的同时,用眼睛直接控制摄像头的上下左右移动和缩放即实现监视管理与眼睛想要观察的信息一致。这样可以快速捕捉管理者想要的细节,如同摄像头与人神经相连。这样可以使监视管理的质量得到质的飞跃,将目前设备中由于用手操作而产生的时间浪费降到最低。

此系统还可让侦查人员用眼睛侦查时仅仅改变一下眼睛状态,就能使设备模拟眼睛的状态且不用影响侦查人员,可以使侦查人员的眼睛一直处于观察对方目标的状态,减少由于调整设备而浪费的时间。

4.1.2 瞳孔鼠标应用

眼睛直接通过眼睛动定位系统控制鼠标的移动。当人与电脑屏幕在一定距离时,可根据位似图形处理办法,使鼠标移动的位移同瞳孔中心位移成一定的比例,即中心位移一段距离 s ,鼠标在电脑屏幕上移动 θs ,此设备要求眼睛动定位系统对眼睛中心的位移 s 要非常灵敏。(θ 根据个人的不同而不同,由使用者自行调节。此概念类似于鼠标灵敏度)。

眼睛动定位系统与电脑的数据连接可采用有线连接或无线连接。

其中,数码参数的特殊设定:

眼睛状态(及排列组合)参量	相应指令	数码值
睁眼(λ 值处于特定区间)	鼠标单击	0001 0000
虚眼(λ 值处于特定区间)	鼠标双击	0001 0001

可以没有表 2-2 中的图像缩放设定。

如图 4-2 所示:

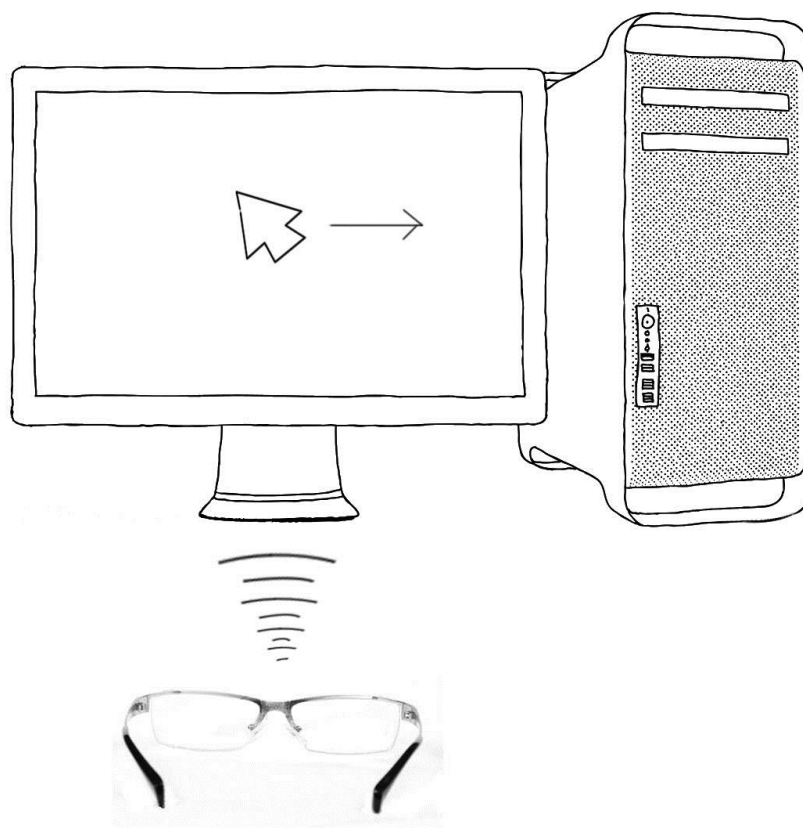


图 4-2 瞳孔鼠标应用

该系统此应用可以用于与病人的交流。病人的眼睛可以通过此系统来与外界进行基本的交流，如呼叫护士或医生等。

同时该系统还可应用于家用 PC。由于嵌入式设备的发展，家用 PC 可以控制多个由嵌入式微型控制器控制的终端设备。可以通过眼睛对 PC 的控制实现对家电或生产设备的控制，从而实现控制系统智能化、多样化。

4.2 一体式“眼睛动定位系统”应用前景

4.2.1 机械眼

该应用要求，眼镜必须采用 3D 成像技术，即人看到的是 3D 化的信息。

同时，要求外部一个或两个摄像头有线连接在眼镜上。依据眼睛动定位技术原理，使外部摄像头与眼球转动高度一致：相当于将人的眼球放到了人体外端。摄像技术和图像技术的高速发展，使得摄像头能摄取比人眼可视范围更远的距离的信息并利用微处理系统将摄取的二维图像高度解析和 3D 化。效果设想如图 4-3 所示：

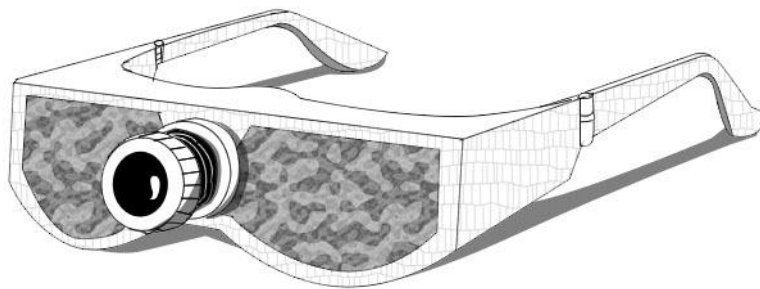


图 4-3 机械眼应用

基于眼睛动定位技术，“机械眼”能和人的眼睛同步，做到用镜头替代眼球。这使得机械眼可以极大地加强人的视觉能力。我们不再单纯靠肉眼去观察事物，眼睛具有和摄像头一样的变焦放大能力来伸缩视野，方便快捷地观察远处细微的信息。同时也拥有了机械的灵活度以助于我们去观察人眼难以观察到的事物，做到一些颇具价值的事：

医生通过眼睛与内窥镜的同步，便能够“深入病人体内”：用眼睛控制顶端探头的扭转、移动，使之与人眼同步。由此能够用双眼“直接”观察身体内部，更加方便真实仔细地检测病人内部组织结构，对病人的生理状态拥有更加准确的判断。同时随着观测技术的提高，该技术的使用很大程度上减少内科手术的危险度，将会成为医疗上的一大进步。

除此之外，自然科学家通过与微型探头的同步，能够使“双眼”深入狭缝、窄穴、深海等人体难以到达的区域进行探索，达到“如临其境”的效果，使其可以把握每一个契机，得到更真实准确的数据，从而实现学科发展的推动作用。

机械眼的应用，将使我们人类具有真正意义的“千里眼”和“任意眼”。

4.2.2 与物联网技术的结合应用

随着物联网技术的不断发展，今后物品上大多会嵌有向外一定距离发射信号的电子标签，设想与头盔显示器连接的接收设备能在该距离范围内接受这些信息并交与嵌入在头盔上的处理器处理。处理器将信息处理后，实物的信息将以图标形式就会投影在头盔半透明镜片上。

眼睛动定位系统同头盔显示器连接，将眼睛状态的数码信息传输到处理器中，头盔处理器将这些信息处理后，头盔显示器上就会出现鼠标样的选择工具。通过眼球移动将“鼠标”移动到实物信息图标处单击即可在投影屏幕得到相应物品的物流信息。如图 4-4 所示。

使用该系统，可使得使用者在使用的同时，既可观察实物又可以了解实物信息。



图 4-4 物联网应用

头盔显示器中有专门用于管理的软件和处理系统，使得此套系统更专业化和具有针对性。在管理物流时可以叠加真实物品的信息，更方便了管理人员对物品的评估，并且可以透过镜片看到记录簿的文字信息的同时做记录。

物联网概念的出现和技术的蓬勃发展，使得此系统具有广大的市场空间和应用前景。能让管理人员更加及时有效的获取物品的相关信息，并且更智能化的管理物流信息。

4.2.3 视野共享应用

该应用结构如图 4-5 所示，眼镜镜片外端液晶屏幕成像出摄像头所摄取的图像，人透过眼镜看到的相当于是摄像头所摄取的图像。眼镜架上有摄像头切换按钮，可以使眼镜控制的摄像头不断地切换，使得每一个摄像头的视界可以与眼镜使用者共享，从而达到多个“眼睛”看到的视界一个使用者接收。眼镜控制单一摄像头，摄像头视界的转换，即摄像头 360 度转动，由配备在眼镜上的眼睛动定位系统操纵控制。

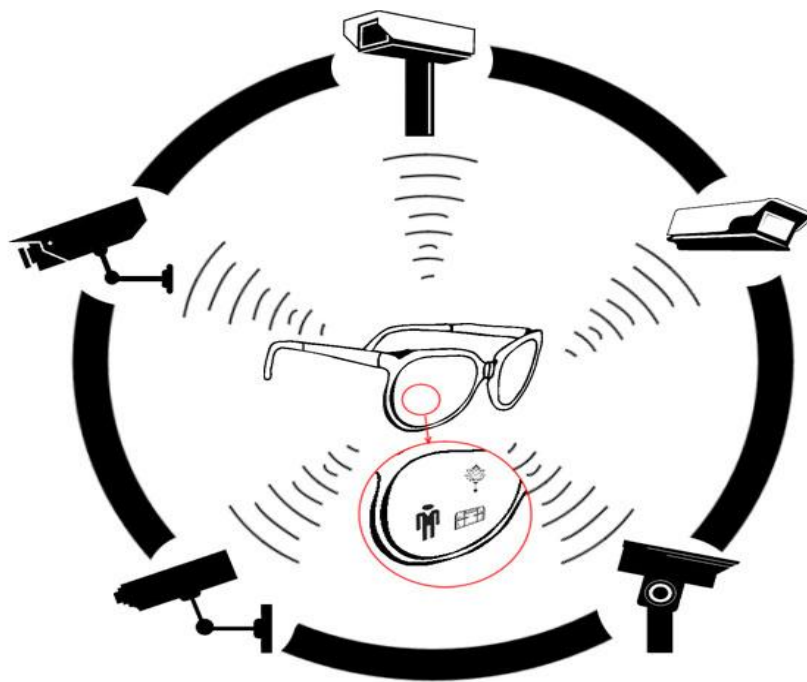


图 4-5 视野共享应用

人在观察真实信息的同时可以与多个虚拟信息交互。我们可以有多个摄像头“眼睛”观察想要的信息，使视觉不会受地理限制，此种模型用于军事侦察、旅游。如在景区危险的景点，为保证游客的安全并且能让游客视觉能“身临其境”，可以采取在危险区安放与本系统配合使用的外援摄像设备。

第五章 结束语

参考文献

- [1] 何孝富.虹膜识别技术的关键技术研究[D].上海:上海交通大学.2007-05-01.
- [2] 孙尚帮.嵌入式虹膜识别系统的研究[D].北京:中国科学技术大学.2011-05-08.
- [3] 朱淑亮,王增才,王树梁,刘盛强.头部多角度的眼睛定位与状态分析[N].重庆大学学报.2010-11-15.
- [4]王先梅,迟健男,王志良.基于区域特征与知识匹配的驾驶员眼睛定位方法研究[C].2009 中国控制与决策会议论文集(3).2009-06-17.
- [5]盛贤,黄山,周和.改进的投影算法在人眼定位的应用与仿真[J].计算机仿真 2011-11-15.
- [6]June Jamrich Parsons, Dan Oja.计算机文化(原书第 13 版)[E].北京:机械工业出版社.
- [7]成二康.眼睛状态参数图像检测及其在瞌睡监测中的应用[D].中国科技大学.2009.
- [8] 周彩霞,易江义.人脸识别中眼球的定位方法[J].长沙航空职业技术学院学报.2002-11-15.

致谢

我们设想的原理可能比较简单，但是也不失为一种创意。

首先要感谢张老师对本论文的指导，他给出了我们很多建议。

其次，感谢陈同学的加入，没有他我无法完成这么大的工程量。还要感谢陆同学，她帮我们查询了很多相关的医学信息。该论文我们用了四周半的时间，期间我曾很想放弃，因为学业紧和查阅相关文献花去了大量的课余时间。后来，在邓同学和导员的支持及鼓励下，我们完成了这份作品。在此期间，我们有过很多意见不合，也有很多知识的缺乏，论文的内容难免存在疏漏。但是，无论如何，这篇论文于我们已不再是文字的分量，而是合作的快乐、一起为梦想而奋斗的执着！

这次竞赛让我们有了很多的第一次，包括第一次通宵写论文，第一次查阅相关论文资料等。在此期间，我学会了挤出时间用于弥补落下的功课。无论竞赛结果如何，谢谢支持我们的同学和老师。

附录：一些眼睛的资料

比于手指在屏幕上滑动的速度，眼球的移动方式不仅简单，而且移动速度更快。同时，眼睛也是人摄入外界信息的主要途径，大脑中大约有 80%的知识和记忆都是通过眼睛获取的。

成人眼球前后半径平均为 24mm，垂直直径 23mm，水平直径为 23.5mm。（注：中医中药网）。晶状体的前半面的曲率半径约 10mm，后半面曲率约 6mm，晶状体的直径约 9mm，厚约 4~5mm。瞳孔的变化范围可以非常大，当极度收缩时，直径小于 1mm，而极度扩大时，可大于 9mm。成人瞳孔直径一般为 2~4mm，呈正圆形，两侧等大，两侧差异不超过 0.25mm。每次眨眼睛的时间在 0.2~0.4s。