

一种多线程的光栅转动训练软件的设计与实现^①

张燕林¹ 邱飞岳² 陈宏³

(1.浙江工业大学 信息学院 浙江 杭州 310014; 2.浙江工业大学 教育技术研究所
浙江 杭州 310014; 3.浙江工业大学 经贸管理学院 浙江 杭州 310014)

摘要: 在弱视治疗方法中,光栅转动训练(又称CAM训练)已被验证是一种有效的治疗方法,能缩短儿童弱视治疗周期。传统的CAM训练采用机械或电子式方法,存在转速可调范围小、空间频率只有固定几种、趣味性低等缺点,基于多媒体的CAM训练软件存在资源消耗大的问题。由于数字化同视机采用嵌入式微型计算机,有存储空间有限、内存小等不足,针对这些不足与要求,采用多线程技术对内存使用进行调度,并通过加入有趣的高缩率JPEG格式图片提高其趣味性,运用程序控制解决转速调节和空间频率改变的问题。经试用,该软件占用资源少,兼容性好,在有限的硬件环境下转动速度平滑,运行稳定,为治疗儿童弱视提供了重要的辅助工具。

关键词: 光栅转动; 训练软件; 多线程; 数字化同视机; 弱视

Design and Implementation of Amblyopia Treatment Software with Rotating Grating Based on Multi-Threaded

ZHANG Yan-Lin¹, QIU Fei-Yue², CHEN Hong³

(1.College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China;
2.Educational Technology Institute, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China;
3.College of Business Administration, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: In the treatment of amblyopia in children, grating rotation training (also known as CAM training) has been demonstrated to be an effective way of shortening treatment time. However the traditional CAM training based mechanical way is limited in the adjustment of rotating speed and spatial frequency. On the other hand, multimedia based CAM training is needed for hardware. Due to limited memory space, there needs to be a new way of achieving this function in a digital synoptophore. In this paper, the technology of multi-Thread programming is used to solve this problem under the use of VC ++6.0. It is proved that this software use few resources, has low cost, has good compatibility, and a smooth rotating grating in a digital synoptophore. It provides a convenient way of treating children with amblyopia.

Keywords: grating; training software; multi-threaded; digital synoptophore; amblyopia

1 引言

弱视是一种由视觉系统发育障碍引起的且不能通过光学途径以及手术加以矫正的视觉缺损。国外研究

调查表明(L.B.Nelson,G.K.Von Noorden), 1.3%~3%的学龄前儿童^[1]、2.5%的一般人群患有弱视^[2]; 中国的弱视发病率约为 3%^[3,4], 有呈上升的态势。从弱视

^① 基金项目:浙江省自然科学基金(R2080100);浙江省科技计划(2008C23076)

收稿时间:2010-02-26;收到修改稿时间:2010-03-31

的发病机制以及临床分析, 越早发现越早治疗效果越好。目前弱视治疗的传统方法是采用遮盖法, 这种方法治疗周期长, 在日常生活中需佩戴眼罩, 影响美观, 对儿童顺从性差。早于 1978 由 Compbell^[5]提出利用不同空间频率下的光栅转动进行治疗, 临床验证是一种比较有效的治疗方法, 配合遮盖疗法可以较快地提高弱视儿童的视力, 缩短治疗的周期。这种传统的治疗方法是先制作不同空间频率的光栅板, 然后利用电机带动光栅板转动, 儿童使用不方便, 趣味性低。王丽萍等^[6]在 2005 年利用 JAVA 实现了 CAM 训练功能, 解决了上述几个缺陷, 但要将这一功能移植到嵌入式数字化医疗设备——数字化同视机中, 要求在数字化同视机上运行的软件占用 CPU 资源少且运行要稳定。既要在医学原理上达到 CAM 训练的要求又要符合现有嵌入式设备的硬件条件, 这对 CAM 训练在嵌入式系统中的应用提出了新的要求。

本文在 VC++6.0 环境下, 利用多线程技术, 设计并实现了一种光栅转动弱视训练软件。提出了一种在硬件资源有限条件下的光栅转动算法, 该算法使光栅转动平滑, 占用资源少, 系统兼容性好, 运行稳定, 能方便地将其集成到数字化同视机中。该训练软件对辅助治疗儿童弱视具有重要的作用。

2 医学原理与相关技术

2.1 CAM 医学原理

Compbell^[5]等人的研究证明, 脑皮层视细胞对不同空间频率的光有很好的刺激反应, 神经元可对空间频率能作敏感的调整。而由于视觉朝向柱的存在, 旋转的光栅可以在各个方向上均匀地对视网膜节细胞形成刺激。经过临床验证, CAM 训练是一种比较有效的治疗方法, 配合遮盖疗法可以较快地提高弱视儿童的视力, 达到治疗弱视的目的。

2.2 多线程技术

在本软件中, 为合理分配有限的内存资源, 特引入多线程技术, 开辟两个独立线程完成程序运行。其中光栅转动、图像显示与按键响应是独立的运行区间。因此, 主线程响应小图像定时显示、用户按键、设定参数等操作, 另一个线程响应不同空间频率下面光栅的匀速转动显示操作。

使用多线程技术具有如下优点^[7]:

①提高程序响应速度, 这对本程序中光栅转动图

形界面的程序运行尤其重要。程序运行过程中, 光栅一直转动, 将使整个程序等待这个操作, 此时程序不会响应其他的操作。而使用多线程技术, 将耗时长操作置于一个新的线程, 可以解决此问题。

②使多 CPU 系统的效率更高。操作系统可以保证当线程的数目小于 CPU 数目时, 不同的线程运行于不同的 CPU 上。使用多线程技术能够更加合理的利用内存资源。

③改善程序的结构。将一个长的进程划分成为几个独立或半独立的运行部分, 这样的程序便于理解, 也方便优化。

3 方案设计

3.1 软硬件环境

本系统软件以 VC6.0 为开发工具, 通过 MFC 设计用户界面, 后台数据库采用 SQL Server 2000 Desktop Engine (MSDE 2000), 软件在 VISION? 数字化同视机 (见图 6) 上运行, 软件运行平台为 Windows XPE 裁剪系统。

本软件的硬件环境受限于 VISION? 数字化同视机的硬件环境。它采用 MINI-945 主板, 存储硬盘为 1G 的 DOM 电子硬盘, 内存 512M。显示部分主显示器为普通 17 寸液晶显示器用于显示用户管理界面, 两镜筒采用 3.5 英寸微型显示器, 分辨率 800×600, 颜色 32 位色, 用于显示患者看到的刺激图像。数字化同视机由于自身条件所限, 硬件配置明显低于普通计算机, 占用内存资源大的程序在此平台上运行时会产生反应迟缓、甚至崩溃等问题, 严重影响其运行稳定性和功能。

3.2 功能设计

本软件主要实现 CAM 训练功能, 可具体分为 CAM 训练模块设计和数据管理两部分, 功能结构图如图 1。

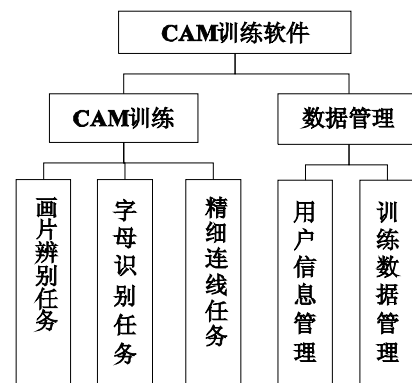


图 1 功能结构图

3.2.1 CAM 训练功能

CAM 训练功能是软件主体部分,其刺激背景为一个具有固定空间频率的光栅圆盘。程序运行时,圆盘以相应的速度匀速转动。圆盘的上方为吸引儿童注意力的目标。其目的是吸引弱视儿童患者注视圆盘,完成相关精细操作任务。根据训练的任务不同可细分为:画片辨别任务、字母识别任务、精细连线任务等模块。

①画片辨别任务:训练开始,圆盘中央前 500ms 显示一幅大图像,接着显示 4 幅小图片。患者辨别 4 个小图片中哪个与大图片为同类(如同为水果、文具等)。显示过程中光栅匀速转动。小图片显示直至患者作出判断并按下相应图片所对应的按键为止。

②字母识别任务:训练开始,圆盘四周显示四个卡通字母。患者根据出现的卡通字母判断字母的顺序,并按下对应的按键。

③精细连线任务:训练开始,圆盘中出现一幅由点绘制成的简单卡通图。患者通过按键将卡通图连接完成。

3.2.2 数据管理功能

数据管理包括对用户个人信息进行查询、修改以及对用户训练时间等数据进行记录和保存。

3.3 光栅转动算法

生成一定空间频率下的光栅,需确定一定空间频率下黑白条纹的宽度。光栅的空间频率为 f (单位为 c/d , 周/度,对应单位视角下含有黑白条纹数),于是:

$$f = \frac{q}{n} \tag{1}$$

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{D}{l} = \frac{n \times 2d}{l} \tag{2}$$

其中, θ 为在注视距离为 l m 时的视角, D 为圆盘的直径, n 为圆盘中黑白条纹的重复周期, d 为条纹宽度。具体如图二所示,根据(1)式空间频率为 f 时条纹间隔为:

$$d = \frac{l}{2n} \tan \frac{\theta}{2} \tag{3}$$

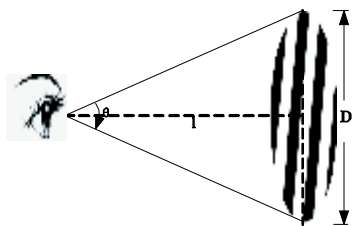


图 2 注视状态示意图

在 VC 中,光栅圆盘转动的实现可分三步:(1)根据空间频率绘出光栅;(2)利用圆形矩阵进行滤波;(3)图形转动。生成刺激图过程如图 3 所示。

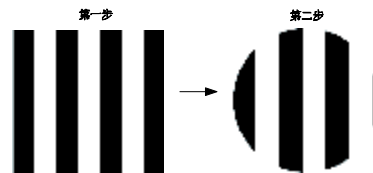


图 3 生成的刺激图过程示意图

第三步实现刺激图的转动。可使黑色圆盘是保持不动,白色矩形长条以匀速的速率进行转动,实现光栅转动的效果。假设白色长条的四个顶点分别为 $pts[0]$ 、 $pts[1]$ 、 $pts[2]$ 、 $pts[3]$,四个顶点的坐标可以表示为:

$$\begin{aligned} pts[0].x &= x_1 + r * \sin A + l * \cos A; \\ pts[0].y &= y_1 + r * (1 - \cos A) + l * \sin A; \\ pts[1].x &= x_1 + r * \sin A - l * \cos A; \\ pts[1].y &= y_1 + r * (1 - \cos A) - l * \sin A; \\ pts[2].x &= x_2 - r * \sin A - l * \sin A; \\ pts[2].y &= x_2 - r * (1 - \cos A) - l * \sin A; \\ pts[3].x &= x_2 - r * \sin A + l * \cos A; \\ pts[2].y &= x_2 - r * (1 - \cos A) - l * \sin A. \end{aligned}$$

x, y 为点的横轴和纵轴坐标, r 为光栅的半径, l 为白色长条的宽度, A 为当前位置与纵轴夹角, (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) 分别是白色长条矩形与纵轴重合时所对应的在显示屏中的左上角和右下角坐标, Δ 是白色长条的转动角度变量,以点 $pts[0]$ 为例,如图 4 所示。

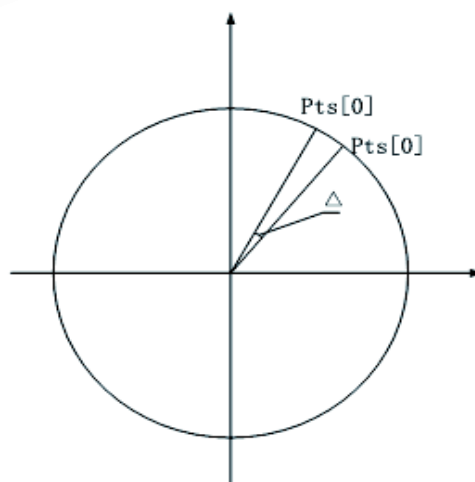


图 4 条形框转动示意图

转动角度变量 Δ 以后,四顶点的新坐标为:

```

pts[0].x = x1 + r * sin(A + Δ) + l * cos(A + Δ);
pts[0].y = y1 + r * (1 - cos(A + Δ)) + l * sin(A + Δ);
pts[1].x = x1 + r * sin(A + Δ) - l * cos(A + Δ);
pts[1].y = y1 + r * (1 - cos(A + Δ)) - l * sin(A + Δ);
pts[2].x = x2 - r * sin A - l * sin(A + Δ);
pts[2].y = x2 - r * (1 - cos(A + Δ)) - l * sin(A + Δ);
pts[3].x = x2 - r * sin(A + Δ) + l * cos(A + Δ);
pts[2].y = x2 - r * (1 - cos(A + Δ)) - l * sin(A + Δ).

```

我们在以上算法基础上使用双缓冲技术并创建了一个独立的线程来实现这一部分功能,最终实现光栅的无闪烁平滑匀速转动。如图5所示,左侧为主线程任务,右侧为另一个线程,两线程独立运行。

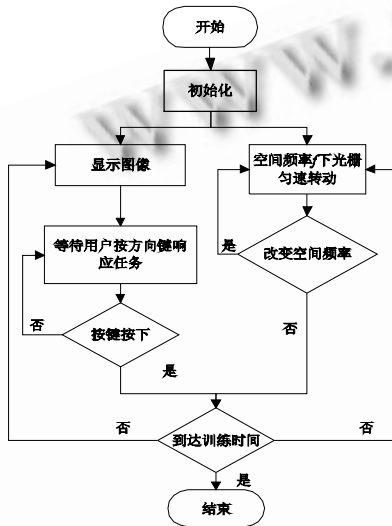


图5 程序流程图

4 软件实现

在 Visual C++ 中的使用 CwinThread 类来创建线程[8]。

线程启动代码:

```

void CCAMView::OnThread()
{
AfxBeginThread(RUNTIME_CLASS(MyThread));
}

```

利用回调函数实现光栅的转动实现代码:

```

UINT AFX_CDECL CallbackThread(LPVOID
pParam) { CCAM* pCAM=NULL;
pCAM=(CCAM*)pParam; ASSERT(pCAM);
while(WaitForSingleObject(pCAM->m_hEvent

```

ThrdQuit,0)!=WAIT_OBJECT_0)

```

{
//在此加光栅转动算法实现代码。
.....
pCAM->pThread->SuspendThread(); // 挂起
}

```

程序运行平台为数字化同视机,如图6部件1为镜筒和左右两个微型显示器相连,部件3为连接主显示器。



图6 VISION?数字化同视机

1 镜筒 2 患者操作小键盘 3 17寸主显示器

程序运行时的效果如图7和图8所示,图7中界面在主显示器中显示(图6部件3)。CAM训练为单眼训练,故选择左眼训练时,右眼黑屏(对应部件1中的右镜筒,显示效果如图8右)。



图7 主显示器界面



图8 左、右镜筒中微显示器显示刺激图

5 结论

本文利用多线程技术在数字化同视机上实现了一

种光栅转动训练软件。程序使用方便,光栅训练转动速度平稳,边缘平滑,趣味性强,占用资源少,兼容性好,在数字化同视机上运行稳定。它可以有效辅助治疗儿童弱视,加快弱视儿童视力的提高,为治疗儿童弱视提供了重要的辅助工具,对于现阶段治疗儿童弱视具有重要的意义。

参考文献

- 1 Nelson LB. Amblyopia: Diagnosis and Treatment. Journal of Ophthalmic Nursing and Technology, 1983, 2(4):157 - 158.
- 2 Von Noorden GK. Binocular Vision and Ocular Motility. St. Louis, Mosby, 1996:246.
- 3 朱莉.儿童弱视调查分析.眼科研究, 2008,4(26):312.
- 4 陆莉.10004 名学龄前儿童弱视调查.浙江预防医学, 2007,12(19):50 - 53.
- 5 Campbell FW, et al. Preliminary-results of A Physiologically Based Treatment of Amblyopia. British Journal of Ophthalmology, 1978,62:748 - 755.
- 6 王丽萍.基于多媒体的弱视治疗系统研制.浙江大学学报(工学版), 2005, 39(7):967 - 970.
- 7 David SW, Kruglinski J. Programming Visual C++ 6.0 技术内幕(第五版).北京:北京希望电子出版社, 2001. 253 - 260.
- 8 孙鑫,于安萍.VC++深入详解.北京:电子工业出版社, 2007:562 - 574.