

基于 BMI 的融合功能检查系统的分析与设计*

李磊方^{1,3}, 王丽萍^{2,3}, 陈 宏^{2,3}

(1. 浙江工业大学 计算机科学与技术学院, 浙江 杭州 310014; 2. 浙江工业大学 智能信息处理研究所, 浙江 杭州 310014; 3. 浙江工业大学 经贸管理学院, 浙江 杭州 310023)

摘要:针对“传统的弱视双眼融合的视觉功能检查方法效率低,且通常依赖于医生的临床经验与专业医疗知识,检查的结果是定性的,不便于临床准确诊断”的问题。根据心理物理学最新研究成果,设计了一种基于 BMI(binocular motion integration)理论的融合视觉功能检查系统。采用 VC++ 与 Matlab 混合编程技术实现了系统开发;使用 CRT 显示器和视频转换卡,解决了刺激源灰度模式下的显示问题。经临床试用表明,系统操作方便,能够帮助准确诊断,对早期有效恢复双眼融合视觉功能具有重要的意义。

关键词:弱视;双眼融合;BMI;视频转换卡

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2010)10-0094-04

Analysis and design of binocular fusion examination system based on BMI

LI Lei-fang^{1,3}, WANG Li-ping^{2,3}, CHEN Hong^{2,3}

(1. College of Computer Science and Technology, Zhejiang University of technology, Hangzhou 310014, China;
2. Institute of Intelligent Information Processing, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China;
3. College of Business and Administration, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: In order to improve the accuracy and efficiency of amblyopia binocular fusion diagnoses, according to the latest results of psychophysical research, a new examination system of amblyopia binocular fusion based on the binocular motion integration(BMI) theory was designed. The software was realized by using VC++, Matlab hybrid programming technique. Meanwhile, the video switcher card and CRT monitor were implemented to solve the problem of grayscale display accuracy. The test results indicate that the system is convenient for usage and has higher diagnostic accuracy, which is significant for restoring the visual function of binocular fusion in the early phase.

Key words: amblyopia; binocular fusion; binocular motion integration(BMI); video switcher

0 引言

人们获取的外部信息中,大约 80% 都是通过人眼得到的,因此,对眼睛视功能检查保护尤为重要。通常人们用双眼观察事物,难以区分是单眼还是双眼视功能在起作用,双眼视功能的缺损不容易被察觉,如常见的眼科疾病弱视^[1]。

有学者在研究双眼早期的视觉处理过程中^[2-4],指出双眼功能可以用眼睛跟随反应 OFRs(Ocular following responses)理论加以描述。OFRs 是眼睛最初级的跟踪运动,可以由刺激源图像短暂的突变引起。由于人的两眼位于人的面部并且处于同一水平直线上,所以双眼图像整合之后在人脑初级视觉皮层区域形成的

整合图像对 OFRs 起着主导作用。另外有关研究发现,BMI(binocular motion integration)是视觉神经系统的方向判别机制对双眼图像融合产生的一种脑图像运动感应^[5]。双眼融合图像运动是在离眼状态下,两眼看到相同的静态图像,但两幅图像在时间相位和空间相位上存在差异,通过视觉神经系统的判别后形成运动效应。弱视患者不仅视力受到影响,而且通常伴有一定程度的双眼视觉功能异常,因此,将不能够或者很难融合图像,从而没有运动感应产生。所以,利用 BMI 在检查双眼视功能方面具有重要作用。文献[6]利用心理物理学方法得出阈值,以此结果为诊断指标。研究指出,融合功能阈值在空间频率小于 6 c/d 的区间范围内都可视为正常^[7],阈值越大表明双眼融合视功

呈现时间均为 2 s,之后屏幕变为背景亮度屏幕,直至用户给出判断方可进行下一个刺激源呈现。

刺激源数学模型公式如下:

$$L(x, t) = L_0 + mL_0 \sin(2\pi wt) \sin(2\pi fx) \quad (1)$$

$$L'(x, t) = L_0 + mL_0 \cos(2\pi wt) \cos(2\pi fx) \quad (2)$$

式中 L_0 —背景亮度; w —时间频率; f —空间频率; m —对比敏感度峰值; $L(x, t), L'(x, t)$ —在时间 t 和位置 x 处的亮度。

时间频率的作用是调节对比敏感度峰值随时间进行正弦波动,空间频率的作用是调节刺激源在单位度数内光栅所具有的周期数。两幅图像相差 90°是通过正弦与余弦相差 90°的相位加以实现的。融合之后的整合图像的数学模型式如下:

$$L'(x, t) + L(x, t) = 2L_0 + mL_0 \cos[2\pi(fx + wt)] \quad (3)$$

当改变式(1)或者式(2) m 之前的符号时,产生融合图像之后的数学模型式如下,由此便产生向上或者向下的运动正弦图像:

$$L'(x, t) + L(x, t) = 2L_0 + mL_0 \cos[2\pi(fx \pm wt)] \quad (4)$$

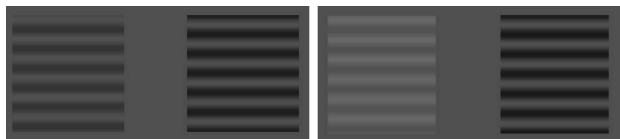
模型算法代码实现:

```

for i = 1:100 // 时间坐标上的左右刺激源实现
    LefE(i) = sin(2 * pi * 2 * i/100);
    RigE(i) = cos(2 * pi * 2 * i/100);
end
.....
WfS = (sin(2 * pi * 3 * SpatialFreq * (1 : x)/x) + 1)/2;
WfS = ones(116,1) * WfS;
WfL = ContrastEdge * gray * WfS;
// 左刺激源在空间坐标上的实现
.....
WfC = (cos(2 * pi * 3 * SpatialFreq * (1 : x)/x) + 1)/2;
WfC = ones(116,1) * WfC;
WfR = ContrastEdge * gray * WfC;
// 右刺激源在空间坐标上的实现
.....
Screen(window, PutImage', Beij + WfL * LefE(i), rect);
// 呈现完整的左刺激源
.....
Screen(window, PutImage', Beij + WfR * RigE(i), rectR);
// 同时呈现完整的右刺激源
.....

```

刺激源在不同时刻呈现效果如图 2 所示。



(a) 效果一

(b) 效果二

图 2 BMI 刺激源

2.2 混合编程技术

VC ++ 6.0 与 Matlab 7.0 两种开发平台有着强大开发功能,为不同平台间混合编程的实现提供了技术

支持。本系统采用 VC ++ 调用 *.m 函数编译后的动态链接库的方式,实现两种平台的无缝连接。

(1) Matlab 编译 DLL。

为了能够使 Matlab 的 *.m 函数文件编译为动态链接库文件,必须对其开发的环境做出相应的配置。具体做法如下:在 Matlab 的 Command Window 下调入命令:

```

>> mbuild - setup (配置编译器)
Please choose your compiler for building standalone MATLAB applications:
Would you like mbuild to locate installed compilers [y]/n?
Select a compiler:
[1] Lcc C version 2.4 in C:\MATLAB701\sys\lcc
[2] Microsoft Visual C/C++ version 6.0 in C:\Program Files\Microsoft Visual Studio
[0] None
Compiler:2
.....
addpath(genpath(C:\MATLAB701\toolbox\Psychtoolbox))
// 添加 Psychtoolbox 工具箱
savepath
.....
mcc-W lib; BmiVc-T link;lib bmi
// 编译生成文件名为 BmiVc.dll 的动态链接库及相关文件

```

bmi 为被编译文件的名称。其他参数函数及编译过程可以参考 Matlab 的帮助文件,调用 mcc 即可查阅。

(2) VC ++ 的编译环境配置。

在 VC ++ 6.0 环境下为了能够成功地调用 Matlab 函数,需对工程作一些必要的设置。首先设置 VC 头文件搜索路径和库文件搜索路径,在 Show directories for: 中选择 Include files,添加两个目录:

```

C:\MATLAB701\extern\include;
C:\MATLAB701\extern\include\cpp

```

然后,添加 VC ++ 6.0 相关的 Matlab 库文件。在 Show directories for: 中选择 Library files,添加两个目录:

```

C:\MATLAB701\extern\lib\win32
C:\MATLAB701\extern\lib\win32\microsof\msvc6

```

3 系统运行实例

程序运行如图 3 所示。图 3 是系统运行的主界面图,有 4 个功能选项供用户选择,选择分组检查选项时,用户可以在下拉框中选择不同空间频率的刺激源。

4 结束语

本研究利用 VC 与 Matlab 混合编程技术,设计并实现了一种利用心理物理学方法检查弱视双眼融合功能的系统。实际使用表明,系统能够方便并且精确地



图 3 系统主界面

检查出双眼融合功能的缺损程度,这有利于提高临床准确诊断;给出的检查阈限对进行眼科相关分析研究具有重要价值。

目前系统实现了双眼融合视觉功能的检查,今后,根据实际需求情况出发,可以考虑继续设计出有关单眼视功能方面的检查模块,扩充系统的视功能检查范围。

参考文献 (References):

- [1] 甘晓玲. 弱视的定义、分类及疗效评价标准[J]. 中国斜视与小儿眼科杂志,1996,4(3):97.
- [2] RYUSUKE H, KENICHIRO M, TABATA H, et al. Eye movements in response to dichoptic motion: evidence for a parallel-hierarchical structure of visual motion processing in

primates[J]. *Journal of Neurophysiology*, 2008, 99(5): 2329 - 2346.

- [3] RITWICK A, CONNER I P, ODOM J V, et al. Relating binocular and monocular vision in strabismic and anisometropic amblyopia[J]. *Archives of Ophthalmology*, 2006, 124(6):844 - 850.
- [4] SHELIGA B M, FITZGIBBON E J, MILES F A. Spatial summation properties of the human ocular following response (OFR): evidence for nonlinearities due to local and global inhibitory interactions[J]. *Vision Research*, 2008, 48(17):1758 - 1776.
- [5] HAYASHI R, NISHIDA S, TOLIAS A, et al. A method for generating a "purely first-order" dichoptic motion stimulus[J]. *Vision Research*, 2007(7):1 - 10.
- [6] MARJORIE R L. Adaptive procedures in psychophysical research[J]. *Perception & Psychophysics*, 2001, 63(8): 1279 - 1292.
- [7] MCKEE S P, LEVI D M. The pattern of visual deficits in amblyopia[J]. *Journal of Vision*, 2003(3):380 - 405.
- [8] LI Xiang-rui, LU Zhong-lin, XV Peng-jing, et al. Generating high gray-level resolution monochrome displays with conventional computer graphics cards and color monitors[J]. *Journal of Neuroscience Methods*, 2003, 130(1):9 - 18.
- [9] 张亮,王继阳. Matlab 与 C/C++ 混合编程[M]. 北京:人民邮电出版社,2008.
- [10] 孟庆茂,常建华. 实验心理学[M]. 北京:北京师范大学出版社,1999.

[编辑:李辉]

(上接第 67 页)

- [4] KATAOKA T. A pulsed width controlled AC-to-DC converter to improve power factor and waveform of AC line current[J]. *IEEE Trans. Ind. AI*, 1979, IA - 15(6):670 - 675.
- [5] 冯晓云,王利军,葛兴来,等. 高速动车组牵引传动控制系统研究与仿真[J]. 电气传动, 2008, 38(11):25 - 28.
- [6] 韩坤,冯晓云,杨顺风,等. 接触网网压波动下动车组恒速控制策略的仿真研究[J]. 铁道机车车辆, 2008, 28(B12):118 - 120.
- [7] 冯晓云,葛兴来. 异步电机牵引特性的仿真研究[J]. 电气传动, 2009, 39(5):24 - 26.
- [8] DEPENBROCK M. Direkte Selbstregelung (DSR) fuhrhochdy-namische Drehfeldantriebe mit Stromrichterspeisung[J]. *ETZArchiv*, 1985, 7(7):211 - 218.
- [9] TAKAHASHI I, NOGUCHI T. A new quick-response and high efficiency control strategy of an induction motor[J]. *IEEE Trans. on Industry Applications*, 1986, IA - 22(5):820 - 827.
- [10] 宋雷鸣. 动车组传动与控制[M]. 北京:中国铁道出版社, 2007.
- [11] 姜东杰. CRH3 型动车组牵引传动系统[J]. 铁道机车车辆, 2008, 28(B12):95 - 99.

- [12] 刘子建,桂武鸣. 电压型四象限变流器的计算机仿真[J]. 电力机车与城轨车辆, 2003, 26(1):11 - 13.
- [13] MARIAN P, KAZMIERKOWSKI I, MALESANI L. Current control techniques for three-phase voltage-source PWM converters: a survey[J]. *IEEE Trans. Ind. Electronics*, 1998, 45(5):691 - 703.
- [14] DIXON J W, KULLCAMI A B, NISHIMOTO M, et al. Characteristics of a controlled-current PWM rectifier-inverter link[J]. *IEEE Trans. Ind. Appi.*, 1987, IA - 23(6):1022 - 1028.
- [15] 邹仁. 四象限变流器瞬态电流控制的仿真研究[J]. 机车电传动, 2003(6):17 - 20.
- [16] 李夙. 异步电动机直接转矩控制[M]. 北京:机械工业出版社, 1994.
- [17] 杨甫,许伯强,杨桂兰. 变频器供电下异步电动机转子断条故障仿真研究[J]. 机电工程技术, 2009, 38(1):67 - 69.
- [18] 李群湛,连级三,高仕斌. 高速铁路电气化工程[M]. 成都:西南交通大学出版社, 2006.
- [19] 王书林,赵茜. 电力牵引控制系统[M]. 北京:中国电力出版社, 2005.

[编辑:张翔]