

[文章编号]1000-1832(2010)03-0066-05

# 心理学实验反应设备的时间精度

## ——一种测试反应设备时间精度的简易方法

张 阳, 张 明

(东北师范大学心理学系, 吉林 长春 130024)

**[摘 要]** 探讨了利用心理学实验编程软件 E-Prime 测量反应设备时间精度, 并利用高精度的外部信号产生设备对这一方法的有效性进行了验证. 结果表明: 该方法具有很高的效度, 可以方便地用于检测反应设备时间精度; 该方法弥补了以往用大多需要昂贵和特意设计的相关软硬件, 或者只能测量出由时钟引起的精度变化等局限.

**[关键词]** E-Prime; 反应时; 时间精度; 反应设备

**[中图分类号]** B842 **[学科代码]** 180·74 **[文献标志码]** A

### 0 引言

在心理学实验研究中, 采用计算机呈现实验材料和采集反应数据具有众多优点, 如几乎无成本的随意更改实验材料、刺激序列的随机化、批量采集和分析数据等<sup>[1-2]</sup>. 得益于这些优点和不断下降的成本, 计算机在心理学实验研究中扮演着越来越重要的角色. 我们统计了近年发表在《实验心理学: 人类知觉和行为》和我国《心理学报》上的研究论文, 95%以上都采用了计算机呈现刺激和采集反应数据. 然而, 大量的研究表明, 利用计算机采集反应数据的时间精度受到多种因素的制约, 如操作系统的类型、反应设备的精度等<sup>[3-9]</sup>. B. Myers 的研究指出, 在 MS-dos 系统能达到毫秒级的时间精度, 在多媒体 Windows 3.1 操作系统却只能达到 40 ms 左右的精度<sup>[4-5]</sup>.

2003 年, C. D. Chambers 通过合适的软件配置, 在 Windows 下也能取得毫秒级的时钟精度<sup>[7]</sup>, 但是反应设备带来的时间误差却很难利用配置软件的方法加以消除. 1990 年 S. J. Segalowitz 等的研究指出, 即使在 Dos 操作系统下 PS/2 的键盘和鼠标也难以达到毫秒级的精度<sup>[3]</sup>. 随后的研究结果发现, 在 Windows 操作系统下, 常用的鼠标、键盘、游戏手柄等反应设备也无法达到毫秒级的精度<sup>[4, 7-10]</sup>. 这些反应设备的时间精度在不同厂家、不同类型、不同接口的设备上有着显著的差异, 从小于 1 ms 及 1 ms 到 39 ms 不等, 这样的误差对研究一些效应, 尤其是知觉、注意等效应(效应量通常在 10~50 ms 间, 如返回抑制、注意瞬脱等效应<sup>[11-13]</sup>)来说显得尤为重要. 更为重要的是即使是外表相同的同一厂家的同一设备也存在着差异<sup>[6, 7, 9]</sup>. 这就需要研究者在进行实验时对反应设备的精度进行测量, 以选择合适的反应设备.

1998 年, B. Myers 提供了一个简单绘图法来测量反应设备的时间精度(刘祖祥和朱滢也利用该方法对几种反应设备进行了测量), 但 B. Myers 的方法测量到的误差只反映了程序的时钟和系统对反应设备的扫描周期带来的误差, 并不能测量出反应设备的总体误差, 远不能满足研究者测量反应设备精度的要求<sup>[4, 14]</sup>. 2003 年, R. R. Plant 等分别采用了信号发生仪和他们自制软硬件(Visual Stimulus

**[收稿日期]** 2010-06-04

**[基金项目]** 国家自然科学基金资助项目(30770717).

**[作者简介]** 张阳(1982—), 男, 博士研究生; 通讯作者: 张明(1956—), 男, 教授, 博士研究生导师, 主要从事注意的认知神经机制研究.

Capture and Response, VSCAR)模拟被试的反应,通过信号发出和计算机记录时间的比较来测量反应设备的时间精度<sup>[9]</sup>. 尽管 R. R. Plant 等的方法能有效地测量反应设备的精度,但研究者们仍更多根据使用的方便性来选择反应设备,而不是根据设备精度来选择合适的反应设备,这在很大程度上源于 R. R. Plant 等方法的复杂性及所需设备的成本<sup>[9]</sup>,他们提供的测量方法需要高精度的数字信号发生仪和自己开发的一些软、硬件,这些都大大地增加了测试的成本,降低了使用的方便性.

总的来说,反应设备时间精度的误差主要来源于反应设备本身的编码、信息的传输、解码及测量系统时钟精度等几个方面<sup>[15-16]</sup>. R. R. Plant 的方法虽然能很好对这些误差的总和进行精确的测量,却需较高成本,操作也较复杂. B. Myers 的方法虽然简单易行,却只能测量出时钟的采样周期. 另外,目前大多数的心理学实验编程软件都采用了毫秒级的时钟函数,这在一定程度上减小了利用 B. Myers 的方法来测量反应设备精度的适用性. 更重要的是,这一方法只测量出了反应设备精度误差中的一部分,难以满足研究者的需要,毕竟研究者们关心的是反应设备的总体精度而非某一部分.

本文针对这两种方法各自的不足,设计了一种新的利用心理学常用编程软件 E-Prime 来测量反应设备精度的简易方法,并通过实验对这一新方法的有效性进行了验证.

1 实验方法

具体方法见图 1. 由图 1 可见,在刺激 S2 呈现的同时,即刺激 S2 的垂直空白出现时通过 E-Prime 的 Object OnsetSignalData 函数发送一个脉冲信号,通过选择的端口(如打印机口的第 1 个 Bin)传给反应设备来模拟被试对刺激 S1 的反应. 通过调节刺激 S1 的呈现时间参数就可以得到任意的反应式. 最后通过 E-Prime 记录的刺激 S1 和 S2 的触发时间算出 S1 的真实呈现时间,然后减去记录到的反应时间就得到了反应设备的时间精度.

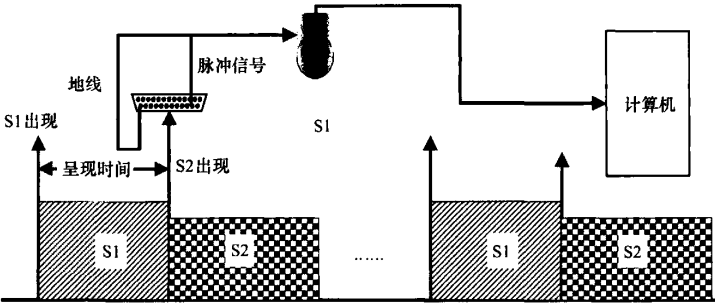


图 1 利用 E-Prime 测量反应设备时间精度示意图

这一方法同时具备了 R. R. Plant 等方法测量精度和 B. Myers 方法方便使用的优点,适用于大多数反应设备精度的测量,3 种方法对比见表 1.

表 1 3 种测量反应设备精度方法在所能测量的误差来源、测量成本及使用的方便性上的比较

方法	误差来源				成本	方便性
	编码	传输	解码	时钟精度		
R. R. Plan	✓	✓	✓	✓	高	低
B. Myers				✓	低	高
本文	✓	✓	✓	✓	低	高

注:✓表示测量出的部分误差.

1.1 实验方法的有效性

为验证本文提出方法的效度,我们采用高精度的信号发生仪器模拟被试反应,对这一方法的有效性进行检验. 其逻辑是,如果我们提供的方法能很好地测量出反应设备的精度,则利用高精度信号发生仪模拟反应测出的精度与我们提供的方法对同一反应设备测出的精度应相同,或者说差别很小;相反,如果我们提供的方法不能有效地测量出反应设备的精度,则利用这两种方法测出的精度会不同或者说差别很大.

1.2 仪器和方法

仪器:Rigol DG3061A 函数任意波形信号发生仪器一台;国产 3D 光电鼠标(禹鑫科技,型号 SX-m801)一个;国产 IBM-Lenovo 光电鼠标(去掉定位光源,型号 Mo28UOL,SN4463983)一个;北通月狐游戏手柄(型号 BTP-C022)一个.

方法:利用高精度信号发生仪来发出模拟信号,具体地说,我们利用信号发生仪以 2 Hz 的频率发送信号,信号的占空比设为 1 : 4,电压设为 3.75 V,即每隔 400 ms 发送 100 ms 的信号,这样可以得到一个信号的时间序列(0,500,1 000,...). 同时通过 E-Prime 也记录到一个同这个信号序列对应的反应序列(见图 2).

设信号序列为  $S$ ,记录到的反应序列为  $R$ ,即:

$$S=s_1,\cdots,s_n;$$
 (1)

$$R=r_1,\cdots,r_n.$$
 (2)

令  $r_1=0$ ,即将  $R$  序列每个元素减去  $r_1$ ,则

$$R=r_1-r_1,r_n-r_1.$$
 (3)

这样通过(1)和(3)式的比较就可以计算出设备时间精度的指标 SD,即记录延迟的标准差.

$$X_i=r_i-s_i.$$

需要指出的是这一方法只能求得记录反应时间的变异,不能得到绝对的延迟时间量,原因在于这部分的差异已经在(3)式中减除了.

我们提出的方法则按图 1 所示,在刺激 S2 呈现时同过并口发送一个脉冲信号来模拟被试的按键反应,脉冲的宽度设为 100 ms.

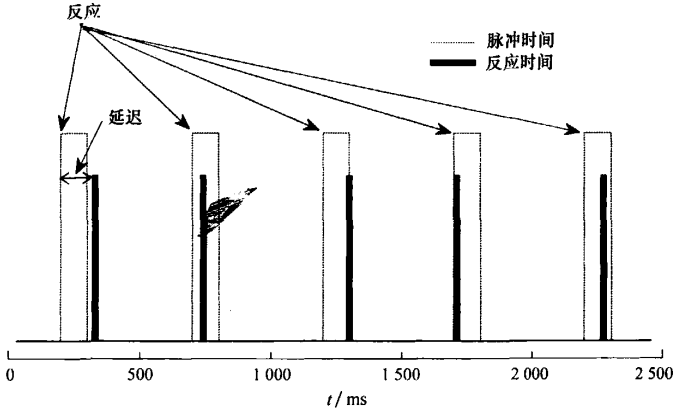


图2 利用信号发生仪检验时间精度示意图

2 种测试方法的程序都由 E-Prime 2.0 (2.0.1.127) 专业版编制而成,没有选择 E-Prime 1.2 的版本主要是因为该版本并不支持游戏机手柄. 为确保测量结果的准确性,每种测试条件下都模拟反应 1 000 次.

2 结果

不同方法测试的精度见表 2. 从表 2 可以看出,尽管测试的这 3 种反应设备都小于 10 ms 的时间精度,但仍然存在差异. 3 种反应设备中,去除了定位光源的 IBM-Lenovo 光电鼠标具有最好的时间精度,其次是北通月狐的游戏手柄,最后是禹鑫 3D 光电鼠标. 更重要的是,由 2 种测试方法得到的 2 种设备的时间精度高度一致,都是 IBM 鼠标最优,其次游戏手柄,最后禹鑫鼠标. 这两种不同的测量方法得到的反应精度差异在 0.1 ms 以下. 这一结果表明,利用 E-Prime 发送脉冲来模拟反应进而测量反应设备精度的方案是可行的,也是精确的.

另外,根据 E-Prime 方法得到的结果,我们对 3 种反应设备的绝对反应延迟进行了比较. 结果发现,IBM-Lenovo 光电鼠标具有比北通月狐游戏手柄略优的反应精度,但北通月狐手柄却具有更短的绝对延迟

时间(分别为 7.39 和 24.69 ms),而且两者在绝对反应延迟上都比禹鑫 3D 光电鼠标短(33.38 ms).虽然,反应的绝对延迟在大多数研究中并不重要,毕竟,实验研究更多的是关心实验条件之间的反应时差异,但在一些特殊的研究中,如言语研究中的动态呈现技术中,绝对反应延迟也有一定的意义.

表 2 3 种反应设备在不同测试方法下的时间精度ms

反应设备	测试方法	
	信号发生仪模拟	E-Prime 模拟
禹鑫 3D 光电鼠标	4.586	4.584
IBM-Lenovo 光电鼠标	2.528	2.521
北通月狐游戏手柄	2.712	2.638

3 讨论

反应设备的时间精度对研究的结果具有重要的影响:一个高精度的反应设备能带来较小的误差,提高统计检验力,即更容易发现存在的实验效应;相反,一个低精度的反应设备能带来更多的误差,降低统计检验力,掩盖可能存在的实验效应. B. Myers 的方法虽然简单易用,却只能测量出系统时钟的误差. R. R. Plant 等的方法虽然能很好地测量反应设备的时间精度,却需要额外的昂贵硬件和复杂的操作. 这些在一定程度上限制了上述方法的普及和使用<sup>[9]</sup>. 鉴于这两种方法各自的优缺点,我们提出了一种利用 E-Prime 测量反应设备精度的简易方法,并对 3 个反应设备的时间精度进行了测量.

结果发现,不同的反应设备具有不同的反应精度、不同的绝对延迟时间. 反应时间精度较好的鼠标虽然没有达到 1 ms 级的精度,但却也有不错的表现,能适用于大部分的认知反应实验. 然而,我们应看到,不同的鼠标有着不同的时间精度. 这一结果同 R. R. Plant 等人发现的一致,在他们的研究中发现,不同的鼠标的时间精度有着显著的差异,时间精度最好的鼠标同最差的鼠标之间绝对延迟差异达到了 48 ms<sup>[9]</sup>. 同时也应看到,不同的反应设备即使具有相近的精度,在绝对反应延迟上也可能存在差异. 如文中所采用的 IBM 的鼠标虽然同游戏手柄都具有 2 ms 级的反应精度,但北通的游戏手柄却有着更短的绝对延迟,更合适于需要交互作业的任务. 这一结果提示我们,有必要在实验前对所采用的反应设备进行时间精度的测量,根据不同实验的需要确定合适的反应设备.

更重要的是,这一新方法测量到的精度同利用信号发生仪模拟反应测量到的精度相比较具有高度的一致性,两种方法测量到的精度差异在 0.1 ms 以内. 这表明我们提出的新方法是一种可靠易行的,可以广泛用于测量各种反应设备的时间精度.

需要指出的是,我们的这一方法并不能很好地区分出具体反应设备测量误差的来源,如 R. R. Plant 等研究中就分别测出了由反应按键、信号传送等引起的反应设备测量误差<sup>[9]</sup>. 但同这一方法所具有的优点相比,并不会影响使用. 首先,除了反应设备的生产厂家之外,很少有研究者关心反应设备测量误差的来源,关心的是某一反应设备在总体上有多少测量误差,这些误差是不是可以接受;其次,这一新方法简单易行但又不失有效,所需要的仅仅是 E-Prime 的软件和一些必要的连接线,却可以提供高精度的测量结果;最后,同 R. R. Plant 利用外部设备模拟反应方法相比,其优点在于能很好地排出系统对实验软件的干扰. 计算机操作系统如 Windos Xp 会不定时的干扰实验软件的运行,即有可能在某一时刻暂时中断实验程序的运行而处理一些系统必须的任务<sup>[6]</sup>,这一点对于 R. R. Plant 等的方法而言就存在问题. 如果系统在外部分信号发生源接收到信号后,暂时中断了实验程序的时钟计时,由这种中断产生的误差就会增大测得的反应设备误差. 而在我们提出的方法却不存在这样的问题,由于我们的刺激呈现和反应收集利用的是同一个时钟,即使操作系统暂时中断了程序时钟的运行,由这种中断产生的延迟同时存在于反应延迟和记录延迟中,因而不会影响时间精度的测量.

4 小结

本文利用心理学实验编程软件 E-Prime 测量了反应设备时间精度,该方法具有很高的效度,能够测量反应设备的总误差,满足了大多数研究对反应设备精度测量的要求. 该方法所需要的额外硬件少、成本低,简单易行,可以广泛应用于心理学实验前对反应设备进行时间精度的测量.

## [参 考 文 献]

- [1] REMILARD G. A program for generating randomized simple and context-sensitive sequences[J]. Behavior Research Methods, 2008,40:484-492.
- [2] BUKHARI F, KURYLO D D. Computer programming for generating visual stimuli[J]. Behavior Research Methods, 2008,40:38-45.
- [3] SEGALOWITZ S J, GRAVES R E. Suitability of the IBM XT, AT, and PS/2 keyboard, mouse, and game port as response devices in reaction time paradigms[J]. Behavior Research Methods, Instruments, and Computers, 1990,22:283-289.
- [4] MYORS B. A simple graphical technique for assessing timer accuracy of computer systems[J]. Behavior Research Methods, Instruments, and Computers, 1998,30:454-456.
- [5] MYORS B. Timing accuracy of PC programs running under DOS and Windows[J]. Behavior Research Methods, Instruments, and Computers, 1999,31:322-328.
- [6] MCKINNEY C J, MACCORMAC E R, Welsh-Bohmer K A. Hardware and software for tachistoscopes: How to make accurate measurements on any PC utilizing the Microsoft Windows operating system[J]. Behavior Research Methods, Instruments, and Computers, 1999,31:129-136.
- [7] CHAMBERS C D, BROWN M. Timing accuracy under microsoft windows revealed through external chronometry[J]. Behavior Research Methods, Instruments, and Computers, 2003,35:96-108.
- [8] SHIMIZU H. Measuring keyboard response delays by comparing keyboard and joystick inputs[J]. Behavior Research Methods, Instruments, and Computers, 2002,34:250-256.
- [9] PLANT R R, HAMMOND N, WHITEHOUSE T. How choice of mouse may affect response timing in psychological studies [J]. Behavior Research Methods, Instruments, and Computers, 2003,35:276-284.
- [10] E-prime. E-Prime 1.2 stimulus device response timing values[CP]. <http://www.psnet.com/products/e-prime/timing/ResponseDevices.htm>. 2006.
- [11] KLEIN R M. Inhibition of return[J]. Trends Cogn Sci, 2000,4:138-147.
- [12] LUPIEZ J, KLEIN R M, BARTOLOMEO P. Inhibition of return: twenty years after[J]. Cognit Neuropsychol, 2006,23:1003-1014.
- [13] KIMRON L, SHAPIRO K M A, RAYMOND J E. The attentional blink[J]. Trends Cogn Sci, 1997,1:291-296.
- [14] 刘祖祥, 朱滢. 键盘时间精度的一个图示法研究[J]. 心理学报, 2001,33:500-508.
- [15] MARIO KLEINER DB, PELL D. What's new in psychtoolbox-3[J]. Perception, 2007,36:14.
- [16] XIE S, YANG Y, YANG Z, et al. Millisecond-accurate synchronization of visual stimulus displays for cognitive research[J]. Behavior Research Methods, 2005,37:373-378.

## Measure the time accuracy of response device: an accuracy yet easy-to-implement method

ZHANG Yang, ZHANG Ming

(Department of Psychology, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

**Abstract:** Recently, two methods were developed to measure the time accuracy of response device. However, these methods are either a partial measure of the time accuracy or too hard to implement. An accuracy is developed but easy to implement method to evaluate the time accuracy of response device. This new method is further tested and validated. The result shows that the new method is an accuracy yet easy-to-use approach to test the time accuracy of response device.

**Keywords:** E-Prime, response latency, response device, time accuracy

(责任编辑: 石绍庆)