

一种基于脑部电磁跟踪的残疾人计算机辅助系统*

王 皓¹ 江国泰^{1,2}

摘要 目的: 为了帮助肢体残疾人使用计算机, 适应社会生活。**方法:** 开发了一种基于脑部电磁跟踪的残疾人计算机辅助系统。该系统通过三维脑部电磁跟踪, 捕捉人脑运动轨迹。**结果:** 实现了高精度、可靠的人-机接口, 使肢体残疾人通过训练就可根据脑部的运动使用计算机。**结论:** 本系统较之单纯利用脑电的脑-机接口有更高的识别效率, 理论上可基本消除误操作, 是一项非常有应用价值和前景的残疾人计算机辅助系统。

关键词 肢体; 残疾; 计算机辅助系统; 脑部电磁跟踪; 人-机接口

中图分类号: R496, R318 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-1242(2006)-03-0251-02

随着科技的发展, 计算机已经成为人们生活和工作中越来越不能缺少的工具。如何帮助肢体残疾人使用计算机, 提高其自理能力, 成为生物医学工程领域中人-机接口技术中一个重要的研究课题^[1-5]。本课题组开发了一种基于脑部电磁跟踪的残疾人计算机辅助系统。该系统利用对脑部动作的三维电磁动态跟踪技术, 捕捉人脑运动轨迹, 通过模式识别的方法, 在若干简单的运动模式下实现了可靠的人-机接口。经过训练, 肢体残疾人可以使用该系统通过脑部的运动反馈控制完成对计算机的一系列基本操作, 从而达到了帮助肢体残疾人在日常生活和工作中能够和健康人一样使用计算机的目的。

1 脑部运动电磁跟踪系统的组成

系统的构成如图 1 所示。



图 1 脑部运动电磁定位系统的结构图

控制装置和反馈系统由计算机和脑部电磁跟踪系统构成。其中脑部电磁跟踪系统由与三轴磁检测器同步的三轴源线圈组成。

跟踪系统根据检测到的信号强度计算出脑部运动的各种有关信息。

随着操作者脑部运动状态, 将实时得到操作者脑部运动的 6 个自由度参数。

1.1 脑部电磁跟踪系统的原理

图 2 为本课题组开发的脑部电磁跟踪系统的原理示意图。图中 X, Y, Z 和 X', Y', Z' 分别为源和检测器特殊的相对位置, X 轴和 X' 轴平行, Y 轴和 Y' 轴平行, Z 轴和 Z' 轴平行。

当源位于 O 点时, 源 X 轴的磁场在 O' 点的磁场强度有如下关系^[6]

$$H_{xp} = \frac{M}{2\pi\rho^3} \cos\theta \quad (1)$$

$$H_{xt} = \frac{M}{4\pi\rho^3} \sin\theta \quad (2)$$

图 2 脑部运动电磁跟踪系统原理示意图

式中: M 为磁矩; H_x 为 O' 点的磁场强度, 其脚标 ρ 和 t 分别表示相对于源磁场磁力线的径向和法向的磁场强度分量; ρ 为 OO' 点的距离; 对于一个给定了的源系统, $M/2\pi$ 为固定值 (例如可取为 C); θ 角表示源磁场和感应磁场方向的夹角, 不同位置的磁场强度可以根据不同的 θ 角得到。

1.2 应用于人-机接口的脑部电磁跟踪系统的信号采集及模式识别

脑部电磁跟踪系统的信号采集按下列时序执行。首先, 系统中源在空间产生按一定时空规律分布的电场。在源的一个运动周期内, 系统分时顺序驱动 3 个源轴, 并设定一个空时间段, 抑制 3 个源轴的磁场。图 3 为参考的源驱动时序。

系统中的检测器由正交三轴磁传感器构成。检测器在各时间段采得相应的磁场数据, 经 A/D 转换存储到控制系统中。例如, 在图 3 的 4 个时间段, 检测器一共采集 4 组数据, 前三组对应于图 3 所示的 3 个源磁场矢量; 最后一组是空时间段的数据, 此组数据是包括地磁在内的环境磁场的的数据。接着在实际的信号处理过程中, 通过减去空时间段时采集到的地磁场数据, 就能够得到有关源的 3 个正交磁场的 3 组数据。进一步通过模式识别, 采用相应的算法, 就能获得脑部运动的状态参数。最后, 将识别得到的脑部运动参数与计算机键盘上的功能键相对应, 就能达到使肢体残疾人操纵计算机的目的。

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (59937160, 30200081)

1 同济大学生命科学与技术学院, 上海市四平路 1239 号, 200092

2 通讯作者: 江国泰 (同济大学生命科学与技术学院, 上海市四平路 1239 号, 200092)

作者简介: 王皓, 男, 博士生

收稿日期: 2005-09-26

图3 脑部电磁跟踪的源驱动参考时序

2 结果及讨论

本系统目前还处于实验阶段。由健康人进行模拟试验,仅仅依靠脑部运动,完成若干字符向计算机的输入工作。实验表明:①本系统中的动态运动捕捉功能可满足对头部运动的实时反应,可获得若干简单的空间运动模式。②经过训练,受试者可完成指定字符的输入,字符输入速度约可达到10字/min。③本系统对误操作可以通过人脑的脑-机反馈系统用重新输入的方式加以纠正。理论上本系统与其他各类脑-机装置相比较,具有高得多的识别率。

本课题组研发的脑部电磁跟踪的残疾人计算机辅助系统能够使失去肢体功能的残疾人完全像健康人一样使用计算机,使肢体残疾人也能通过使用计算机这个现代化工具,回归到劳动者的行列中来。

本系统若与虚拟现实技术相结合^[7],还可以实现残疾人在虚拟环境中的康复治疗 and 训练,为康复工程提供了新的思路和方法。该系统可以通过扩展功能如增加力反馈、阻力加载系统等,实现对患者训练情况的准确把握和科学评估,从而改变原有肢体康复利用一些器械对肢体进行主动或被动牵引的过程,使康复恢复的过程充满乐趣。

参考文献

- [1] 管金安,林家瑞. 脑机接口技术发展与挑战[J]. 中国医疗器械杂志,2004,28:157—164.
- [2] Nagata K, Inove N, Satoh, et al. Development of the assist system to operate a computer for the disabled[C]. 43th Conference of the Japan Society of Medical Engineering. Kanazawa. 2004.19—21.
- [3] Jiang GT, Wu DQ, Gu YH, et al. Equivalent dipole parameter estimation using reseau rolling and contracting[C]. Satellite Symposium of 20th IEEE/EMBS, 1998.2-4:189—190.
- [4] Gao XR, Xu DF, Cheng M, et al. A BCI-based environmental controller for motion-disabled[J]. Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 2003,11(2):137—140.
- [5] Zhang Kun, Feng Li, Nusse HE, et al. The research on the design of robot[J]. J Tsinghua Uni, 1994,34(2): 1—7.
- [6] 倪光正. 工程电磁场原理[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2000.
- [7] Li CY, Ouyang GH, Jiang GT. An optimization algorithm for hurtless location of epilepsy foci[C]. 23th IEEE/EMBS, 2001.

· 康复医学工程 ·

辅助器具与辅助技术

朱图陵¹ 金德闻²

“辅助器具 (assistive devices)”和“辅助技术 (assistive technology)”,近十多年来在我国康复界、残疾人和残疾人工作者中已逐渐被认可和使用。早在1988年国务院批转的《中国残疾人事业五年工作纲要》中就提出了要研制和生产“辅助器具”,1996年颁布国家标准 GB/T 16432—1996《残疾人辅助器具—分类》后,“辅助器具”这个名词得以更广泛地应用。2002年新版的国家标准《残疾人辅助器具分类和术语》中提出“辅助器具经常被称为辅助设备或辅助技术”。与之对应的中文名称也有不同,香港一直称为“康复用具”,台湾称“辅具”。至于辅助器具和辅助技术的定义、作用、分类、选用以及它与康复工程的关系等一些问题目前讨论不多。在这些问题上取得一致的看法对于规范产品、加强管理、避免重复和误解有重要意义。

1 “辅助器具和技术”名称的由来

自有人类以来就有残疾人,他们为了生活和劳动不得不制作一些简单器具来弥补已失去的功能,这些为残疾人制作的功能代偿器具在我国通常称为“残疾人用品用具”。这个名称是1991年《中国残疾人事业“八五”计划纲要》中提出的,从当时国内情况来看,残疾人不知道有哪些器具能帮助他们克服功能障碍。为此《纲要》中大致介绍了这些器具,并冠以“残疾人用品用具”。

在国际标准 ISO 9999:1992《Technical aids for disabled persons——Classification》颁布后,由民政部假肢所和中国康复研究中心共同翻译。经标委会反复推敲后决定将 Technical aids 译为“辅助器具”,在等同采用国际标准的国家标准 GB/T 16432—1996《残疾人辅助器具—分类》的“定义”中给出了残损、残疾、残障、残疾人和辅助器具等五个定义,是根据 WHO 1980年出版的《国际残损、残疾和残障分类》(ICIDH)。在2004年新版的国家标准《残疾人辅助器具分类和术语》中对“辅助器具”的定义为:“由残疾人使用的,特殊生产的或通常可获得的用于预防、代偿、监测、缓解或降低残疾的任何产品、器具、设备或技术系统”^[1]。

2001年5月世界卫生大会通过了国际残疾的新分类《国际功能、残疾和健康分类》(international classification of functioning, disability and health, ICF)以活动和参与为主线进行功能、残疾和健康分类。ICF认为个人因素和环境因素对残疾的发生、发展,以及对功能的恢复、重建都密切相关。而在环境因素中首先列出的是“产品和技术”,并将“辅助产品和技术”(assistive products and technology)定义为:“为改善残疾人功

1 深圳市伤残人用具资源中心, 518029

2 清华大学精密仪器系康复工程研究中心

作者简介:朱图陵,男,研究员,总工程师

收稿日期:2005-08-04