

把思维转换成行动

Turning Thought into Action

苏运霖

(暨南大学计算机科学系 广州510632)

Abstract This paper expounds how to turn the research accomplishments on cognitive science into the prosthetic or robotic devices to benefit those who are paralyzed due to the congenital defects or postnatal progressive diseases like brainstem stroke. The success in the field will be a break-through like progress based upon the understanding of oneself of human being.

Keywords Thought, Mechanism, Action

1. 问题的提出

美国国家科学基金会的一位资深研究人员 Joseph Bor-dogna^[1]在人类即将进入21世纪和新千年之际就提出认知科学是21世纪工程技术人员的业务基础之一。他实际上也等于宣告,美国国家科学基金会将对这个领域予以大力资助。他认为,在这个领域中,我们正处于迎接许多激动人心的新发现的前夕。这些突破将给对国家具有重大重要性的许多领域打下基础,从教育孩子们如何阅读到理解学习过程;从构造类似人的计算机和机器人到设计有认知能力的网络和系统,等等。

几年前我们也曾经提出^[2],人工智能的发展之一是理性的模拟。这也就是把人本身的智能加以模拟,通过计划、视力、触觉和自觉性(意识)来控制机器人或专门装置的运动。这对于一部分人类来说是具有重大意义的。这也表明人工智能的研究和认知科学的研究有着交汇点。

据统计^[3],全世界有五十万以上的四肢瘫痪者和‘锁定’病人。他们被锁定,因此在表达上瘫痪。某些人甚至不能眨眼睛。有些人是因肌弛缓侧边硬化(amyotrophic lateral sclerosis,缩写为ALS)而成为锁定的,所以这些人甚至可以说是智能上的赤贫者,他们‘毫无所有’。然而如果我们能向他们提供那怕一点点有质量的生活,那他们也就感到生活的乐趣了。

所以我们刚才提到的人工智能的目标之一,就是能否把这些人活动的思维,或活动的愿望转换成实际的动作。这也就是本文所要探讨的问题。

2. 把思维转换成行动的理论基础

我们这里所说的把思维转换成行动,是指把人的思维转换成机器的动作,而并不是指人本身的行动。我们对于它所要做的,是进一步去探索它实现的机理。这也就是认知科学所要彻底弄清楚的问题之一。而如果对于残疾人,具体地说对于瘫痪病人,则根本无法实现。只有把人的思维转换成协助人的机器的动作才有意义。

几年前由思维驱动机器还仅仅是科学的幻想。然而今天,神经假肢术领域飞跃发展。由于投入这一领域的许多天才研究人员卓越的和创造性的研究,使这一领域充满生机和希望,给瘫痪病人带来了福音。这些科学家说,人脑要比任何人所理解的更有活力,以学习处理一个光标或者机器人手臂作为自身的一个扩充。把思维转换成行动首先要解决的是对人脑的认识,即实现这种转换的可能性。

经过多年的研究,人类已经对于由思维产生本身动作的

机理有了一定的认识。已知的主要结果是:

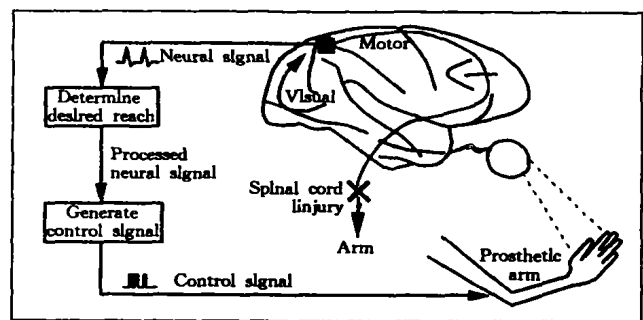
定律1 大脑皮层是可按区域划分的,每个区域或几个区域的组合实现某种功能。

关于这个定律,人们对它已有较长时间的认识。但是随着研究的不断深入和借助于新的科技手段的观察,人们又获得许多有意义的发现,从而对这个问题的认识进行不断充实和扩充。

定律2 大脑有可塑性。

通过多年的观察研究,科学家们已经证实,较高部分的大脑未用部分可以承担起新的功能,例如一个盲者的视觉皮层可以登录阅读布莱叶盲字的触觉感知,或者当一个大脑区域由于中风或其他类型的疾病发作而被破坏时,其邻近区域可以接替该区域的功能。

这样的适配性是实现把思维转换成行动或者说由思维驱动的装置获得成功的基础。如果没有这样一点,任何想要这样做的企图一定都是不可能实现的。而有了这样一点,我们就可以利用可塑性,在已经得到恢复或者已经为邻近区域接替的功能区域附近,植入装置,或者翻译出功能区的愿望信息,来作为对于行动的驱动力,进而去指挥相应的机动装置的动作。因此美国佐治亚州的亚特兰大市的神经信号公司的首席科学家 Philip Kennedy 认为^[1],这样的适配性将是未来装置成功的关键,并且说:“可塑性是我们的朋友。”



The elbow's connected to the cortex. Say you want to grab a piece of candy. Your visual system (red) sends information to the posterior parietal cortex (green), which plans the movement and sends commands to the motor areas (blue). The motor cortex elaborates these plans into precise instructions sent via the spinal cord to the arm muscles—signals that get derailed in paralyzed patients. Several research groups are devising methods to use intercepted brain signals to operate a prosthetic arm, thus bypassing a damaged spinal cord.

图1 由思维驱动行动的逻辑示意图

可塑性还意味着,可植入的假肢技术只需放置在正确的大脑区域的一般邻近区域即可,例如机动皮层处,而无须链接到专门致力于特定运动的真正神经处——这对于瘫痪病人可能是不可能实现的一种对应。

基于上述的发现,我们可以说,由思维驱动行动装置的构造原理也就清楚了。图1是思维驱动行动装置的逻辑示意图。它所示的是连接到大脑皮层的肘。比如说你要抓取一块糖快(图中的小圆),你的视觉系统(红色)把信息传到后壁皮层(绿色),它制定动作的计划并且命令机动区域(兰色)。机内皮层把这些计划精心加工成精确的指令,并通过脊髓传到手臂肌肉,但这是在瘫痪病人处出轨的信息。许多研究小组正设计各种方法,来使用截获的大脑信息来对假手臂进行操作从而绕开受损的脊髓。

3. 思维驱动行动的假肢技术

设计把思维转换成行动的装置的先驱性工作,首先的试验主体是老鼠。这项工作首先是由在费城的 Hahnemann 大学的神经科学家 John Chapin 完成的。通过一个录像,他首先演示了任何一个健壮的啮齿类动物都能完成的一个任务。它压低在它的窝内的金属杆,而把它转动。杆的那一端上放着一杯水。于是经转动后杆的那一端就转过来了,从而它就可以喝上水了。第二次这个金属杆又进行了转动由之完成同样的动作,但这次不是由老鼠本身来做,而由连接到老鼠头部的 Chapin 所设计的装置来做。Chapin 的先驱性机器可以把思维翻译成动作,而无须来抽搐肌肉。

接下来,Chapin 的研究小组和在杜克大学的 Miguel Nicolelis 领导的研究小组合作,尝试以猴子来进行重复的试验,因为猴子的大脑和人的大脑更为类似。好些个其他的小组也参与到这个竞赛中来。布朗大学由 John Donoghue 领导的研究小组和在 La Jolla 的神经科学学院的 Schwarz 所领导的小组,通过把多个电极放在猴子大脑的机动皮层来进行试验。在2000年二月举行的神经科学会议上,加州巴萨底纳的加州理工学院的 Richard Anderson 研究小组也介绍了类似的实验。他们把电极放在壁皮层中,它帮助把感知信息转换成行动的计划。

后来人们直接选择人来作为试验的主体。这种研究已经进行了长达30多年之久。这项研究表明可以对人类进行训练来控制一些模式,比如耳蜗移植,它刺激听觉神经。现在这已经广泛应用于耳聋病人。到了上世纪80年代,又有一帮研究者设计了使信息以另一种方式流动的技术即窃听大脑内部通讯的装置。

到目前为止对人的思维驱动行动装置大体上沿着两个方向进行。一是通过电子大脑摄影技术(Electro-encephalograms,缩写 EEGs);另一种是通过直接的电极植入大脑皮层的技术。

下面我们首先介绍采用电子大脑摄影技术的工作。将从大脑驱动的假肢技术获益的最初的病人很可能是具有锁定综合症的那些人。由于严重的肌弛缓侧边硬化(ALS),中脑中风或者由于外伤的打击而使他们完全瘫痪,他们的呼吸也要由吸氧器来控制。一小部分锁定的病人,他们能够转动他们的眼睛,可以设置计算机来跟踪他们眼睛的运动,并且允许这些病人通过注视屏幕上的字幕来拼写出单词来。

但是大多数严重的锁定病人,对于他们的眼睛并没有可靠的控制。针对这种病人,德国的 Tubigen 大学的 Neils Bir-

baumer 和在阿尔巴纳的纽约州卫生部 Wadsworth 中心的 Jonathan Walpaw 开展了他们的研究工作。他们利用人的能力来控制他们的电子大脑摄影,以进行通讯。脑波的模式可由放置在头皮上的电极来探测。EEGs 是处于工作中的大脑的响声,是从头颅发出的电子的翁翁声。它反映了在大脑皮层中发射的神经的整个活动。

德国的 Tubingen 大学的 Neils Birbaumer 和纽约卫生部的 Jonathan Walpaw 两个研究小组使用的是类似的策略。他们把 EEGs 的模式同计算机屏幕上的一个光标相连接,然后训练受试个体,通过警戒他们的 EEGs 来控制光标的移动。Birbaumer 的班子专注于称为慢波的特殊 EEGs 读出。它反映 EEGs 模式的整个负的或正的充电。他们教病人做简单的游戏来控制这个波。在计算机上你可看见以小球形式出现的负电。它传过屏幕向着目标走。如果它达到足够高的振幅,则目标就亮。由于 EEGs 测量的是许多大脑活动类型的平均值,因此很难教病人如何来控制它,他们必须通过反复试验才能学会。

Wolpac 比较喜欢使用“mu”波。它是从靠近控制运动的皮层的头皮区域发出的。他对此解释说,他的受试个体通常是通过想像在做体育运动来开始学习控制的。最终他说,我们不必再想像了。他还发现,健康人可以在10次试验中掌握对光标的控制,而后就变得更快速和更准确。受试个体可以在一分钟之内回答四个是否的问题。这个速度的大约四分之一用来说答案。

同时,Birbaumer 的班子构造了一个装置。他让人使用一个光标来拼出字来。受试个体回答是否问题,来指出逐渐被划分的字母表的哪一半包括他们所要的字母。这个速度很慢,最好也不过是一分钟两三个字母。而这可能到顶了。但是 Birbaumer 说他的病人为能够通讯而欣喜若狂,他们对于速度慢点全然不介意。

但是还有许多技术问题有待解决,包括需要持续更长的电极数组,他们同大脑组织更加兼容,以及如何使机器人的腿的移动和响应以最可靠方式进行。不过这样的障碍不是不可逾越的。专家们说这些都是技术上的而非科学上的,因此它们都可解决。

而就科学本身来说,也不是没有问题的。尽管 EEGs 技术的吸引力,但是大多数的研究者们都同意,EEGs 模式不可能传递足够的信息,来生成成为假腿移动所需要的复杂和快速的命令。Birbaumer 说,这绝对做不到。然而,这座山峰可以通过另外一类神经假肢技术来攀登。

于是出现了第二种技术,即植入技术。佐治亚州阿特兰大市的神经信号公司的首席科学家 Philip Kennedy,构造了一个电极。这个电极可促进神经的增长。生物化学促使神经慢慢地生长复合物。它生长到电极多空的末梢中。在这里它记录他们的活动。1996年,Kennedy 获得了来自药物和食品管理局对于人类电极的试验的批准。他的合作者神经外科医生 Ray Bakay 迄今已经对三个锁定病人植入电极。

由于他的目标是让病人使用他们的神经活动来移动事物——首先是计算机的屏幕上的一个光标,过后再移动一个假肢技术手臂,因此 Bakay 把电极放在涉及到运动的一个大脑区域,即主机动皮层。他使用功能的磁共振映像来观看大脑的活动。同时让病人想像移动一只手。其次他把电极插到在这个试验期间活动的大脑区域。

在上面提到的三个病人中,有一个病人在动过外科手术

之后不久就由于她本身的疾病而去世。另外一个在1997年7月做完了这个植入手术,现在正等候神经在电极处的增长。第三个病人是一位53岁的男人由于中脑中风而瘫痪。他植入电极的时间已超过一年。他已经学会了命令光标来选择字母和拼写消息。首先这个男子通过想像他的手动而获得成功。但现在他只需想光标本身而让它动。

不过迄今为止这个装置还仅仅对一个病人做了试验。尽管 Kennedy 和其他人都相信来自神经的直接记录最终将证明要比 EEG 驱动的装置优越。然而它们首先要战胜外科手术的风险。在此之前它们还有相当长的路要走。然而, Kennedy 断言,他的电极移植术肯定要比 EEG 好得多。他认为, EEG 的病人一分钟只能拼三个字母,而他的病人肯定会比这做得好。不过不可能做到10倍于此。

使大脑神经来驱动假肢术的腿将要求更多的电极,而不能仅仅移植入少量电极而已。现在这方面的研制工作在进行中。马里兰州贝蒂斯塔市的国家神经失调和中风研究所的神经假肢术项目主任 William Heetderks 说:“如果这一技术可以推广到从100或200个神经来进行信息的记录,这将是我们将看到的前进的一大步。”

以上介绍的两种技术无疑是朝着由思维驱动行动的有益步骤。但它们都像是进行一个黑箱设计,即在不了解神经所携带信息的情况下让神经进行工作。电子大脑摄影术所记录的不可能是整个大脑的信息,而仅仅是假定的同指挥行动最有关联的信息。由于它固定在某个头皮位置,不可能随便移动,这就决定了它只能用来驱动某个模式的行动。如果要驱动另一种行动,那就或者要重新安装另一个电子大脑摄影装置,或者要把这个装置移动位置。在任一种情况下都不容易实现。

电极移植术的问题首先当然是手术安全问题,因为没有安全保证谁都不愿冒这个风险。在保证安全之后,另一个问题才是要移植多少数量的电极。上面所说的100或200,仅仅是一种预测,并无多大根据说这样多就够或者还不够。主要是要解决大规模移植的问题。至于数量多少可能和需要控制的行动有关。这又是涉及理论的问题。

另外一个障碍是如何加入感知反馈的问题,即把从接触一个物体的压力告知假肢术。不过有人认为这个问题不难解

决。而要解决的是获取足够的信息来控制细小的动作。但对于这个问题也有异议。有人说即便动作粗糙一点,但是能够抓取饭匙,自己喂自己,那就很好了,因为对瘫痪病人来说这就前进了一大步。

所以归根结蒂我们的问题还是大脑如何工作,而这个问题的实质是神经的分布和编码。为了获得信息,作者基于上述方法,提出进行如下的试验。如像图1那样,桌上放上一块糖,先让受试者想像自己不要这块糖,由电子大脑摄像摄下全息大脑的像。然后再让受试者想像要这块糖,并且要伸手去拿糖,这时再照下全息大脑的像。针对各种不同情况下受试者在两种相反心理下大脑的全息像,由此找出大脑在每种情况下的变化,再来对它们进行分析。这样或许可以找出大脑的一点信息编码的端倪,同时根据变化的神经的数量和部位确定需要移植的电极的数量和位置。这就可使电极移植建立在更有根据的基础上。总的想法是,要把今后的研究重点放在获取大脑的实际信息上,并对它进行破译。

结束语 既然神经科学已经证明,大脑有直接控制假肢术的潜力,那么我们就可以有信心,即工程界就一定能把这一天带过来。如果是这样,那我们也就可以确信,科学的进展一定会使瘫痪病人的生活得到一些改善。问题是这种改善能达到什么程度。如果有一天人类真能破译自己大脑的信息,那么瘫痪病人所能获得的改善就将是根本性的,否则我们所能实现的改善总是很有限的。不过即便那样,对于瘫痪病人也许已是福音了。有人甚至说,在此以前,这还是15年乃至20年以后的事,但现在很有可能在5至10年后我们就可以初步实现自己的目标了。

参考文献

- Bordogna J. The 21st Century Engineer. IEEE Spectrum. January 2001. 17
- 苏运霖. 人工智能的战略方向. 计算机科学, 1996, (5): 244~28
- Barinaga M. Turning Thought Into Actions. Science, 1999, 29: 888~890
- Wickelgren I. The Cerebellum: The Brain's Engine of Agility. Science, 1998, 11: 1588~1590
- Perkins C. IP mobility support. Internet Request for Comments RFC 2002
- Johnson D, Perkins C. Mobility support in Ipv6. Work in progress, draft-IETF-IPV6-02. txt, Nov. 1996
- Lee S J. Routing and Multicasting Strategies in Wireless Mobile Ad hoc Networks: [Ph. d dissertation]. Computer Science Department, University of California, 2000
- 石坚, 董天临, 石冰心, 赵尔敦. 现代 Ad hoc 网的移动 IP 路由技术. 计算机科学, 2001, 28(5): 37~41
- Chiang C C, Gerla M, Zhang L. Shared tree wireless network multicast. Proc. IEEE ICCN'97, Sept. 1997
- Carlberg K, Crowcroft J. Building Shared Trees Using a One-to-Many Joining Mechanism. Computer Communication Review, 1997 (Jan.): 5~11
- Johnson D B, Maltz D a. Dynamic Source Routing in Ad Hoc Network, Mobile Computing. T. Imielinski and H. Korth, Eds., Lulwer, 1996. 152~181
- Toh C-K. Associativity-Based Routing for Ad-Hoc Mobile Networks. Wireless Personal Communications, 1997(4): 103~139
- Chen T, Gerla M, Tsai J T. QoS Routing Performance in a Multi-hop, Wireless Networks. IEEE ICUPC'97, 1997
- Chen S. Routing Support For Providing Guaranteed End-to-End Quality-of-Service: [Ph. D dissertation]. Engineering College of Computer Science, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1999

(上接第88页)

- 石坚. 现代无线网 QoS 路由技术的研究: [博士学位论文]. 武汉: 华中科技大学研究生院, 2001
- Wang Z, Crowcroft J. QoS Routing for Supporting Resource Reservation. JSAC, Sept. 1996
- Kompella V P, Pasquale J C, Polyzos G C. Multicasting for Multimedia Communication. IEEE Trans. on Networking, 1993, 1(3): 286~292
- Youngsook Lee, Yongjun IM, Kyesang Lee, et al. A Bandwidth and Delay Constrained Minimum Cost Multicast Routing Algorithm. ICONIN-11, Taipei, Jan. 1997
- Papadimitriou C H, Steiglitz K. Combinatorial Optimization Algorithms and Complexity. Printice-Hall Inc. 1982
- Gelenbe E, Ghanwani A, Srinivason V. Improved Neural Heuristics for Multicast Routing. IEEE JSAC, 1997, 15(2): 147~155
- 石坚, 邹玲, 董天临. 遗传算法在组播路由选择中的应用. 电子学报, 2000, 28(5): 88~89
- Sun Q. Routing for Supporting Real-Time Applications in High-Speed Networks: [Ph. D dissertation]. the Institute of Operating Systems and Computer Networks, Technical University of Braunschweig, Feb. 1999
- 陈国良, 王熙法, 庄镇泉, 等. 遗传算法及其应用. 北京: 人民邮电出版社, 1996
- 石坚, 邹玲, 董天临. 基于延迟敏感的组播路由遗传算法的研究. 计算机科学, 2000, 27(11): 25~28