



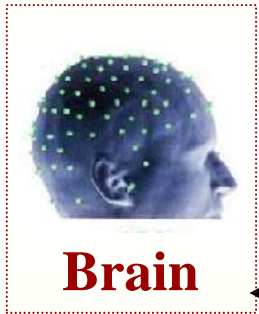
第6章 智能接口

第18讲 脑机接口



第18讲 脑机接口

脑机接口技术（brain-computer interface, BCI）主要包括两种不同类型的研究工作。



Type 1: 实时采集大规模的脑活动信息，用以控制人工制作的设备。



Type 2: 用人工产生的电信号刺激脑组织，将特定的感知信息直接传人大脑。

我们这里着重介绍第一种类型的研究工作，及其主要的研究内容。



1、脑电发生原理

通过对人类脑电模式的解读，来理解人脑中的意图，然后控制机器进行相应的操作，这样的研究肇始于上个世纪70年代。

可以用于脑机接口的脑电信号主要包括：

脑电节律波（EEG）；

诱发电位或事件相关电位（ERP）；

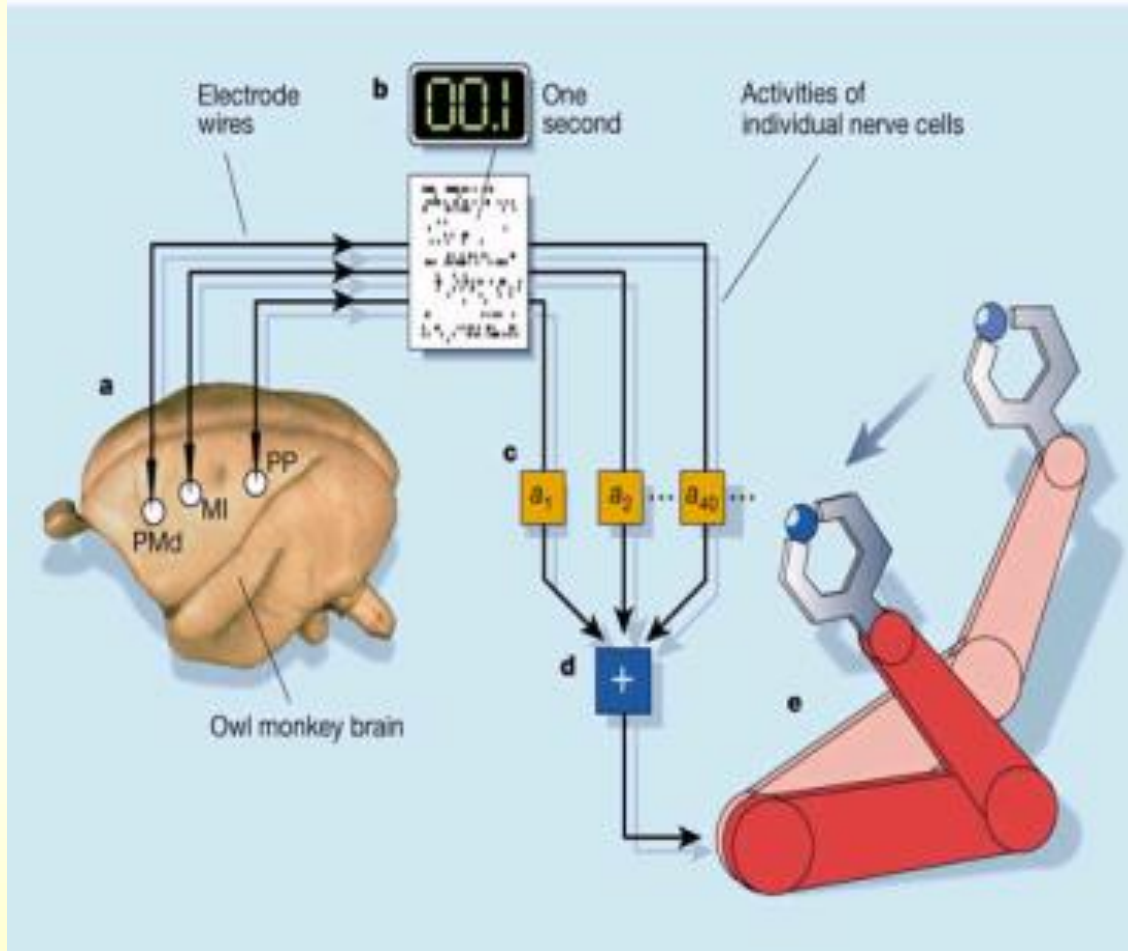
神经元电脉冲信号。

前两种通过脑电仪采集，后一种则采用内植微电极来获取。

考虑到内植微电极的损伤性，因此一般都采用脑电仪作为脑机接口的主要工具。



1、脑电发生原理



脑机接口涉及到的主要要素



1、脑电发生原理

人脑产生的电磁力能够携带**心灵感应波**吗？一种超自然（occult）现象的解释途径。

1919年Berger就是因为对自己在一战期间亲历的心灵感应事件（收到一封其姐姐的信函，说梦见他从马上摔下，断了腿；而事实上做梦的那天，他本人真的从马上摔下并摔断了腿）的兴趣，开展广泛的研究，并在1929年发表的论文中系统阐述了其所发现的脑电现象，并因此发明了脑电仪。



1、脑电发生原理

Berger将其发现的大振幅节律命名为**alpha波**（10hz左右），对应**平静**被试的**闭眼清醒**状态（曾有人建议用将此波命名为Berger波，但被Berger拒绝了）；

当眼睛**睁开**时出现的比其更**快**、更**小振幅**的节律波则命名为**beta波**。

遗憾的是，这些脑电信号根本不可能穿越空气的阻抗进行通信，因此Berger用其来解释心灵感应现象的努力失败了（也未必真的失败，有人将其解释又寄托在跨人脑之间神经活动的时空纠缠性同步振荡之上，就像超距量子纠缠那样）。

但他却因此创立了**考察脑活动快速变化的全新方法**，成为一种科学研究与临床诊断的强有力手段。



1、脑电发生原理

发现一个动态脑电现象是一会事，理解其在认知与行为中的意义与作用则是另一会事。自从Berger开展的早期观察以来，就有三个问题一直困扰着科学家们：

EEG模式是如何产生的？

它们为什么要振荡？

它们意味着什么？



1、脑电发生原理

脑电划分：

Delta波 0.5-4hz,

theta波 4-8 hz,

alpha波 8-12 hz,

beta波 12-30 hz,

gamma波 > 30 hz。

实际上这样的划分并不精确，也不精细，更不完备，不同的物种、不同的个体、不同的状态、不同的脑区，可能都有不同的振荡频谱表现。目前探测到的频谱从0.05 hz到600 hz，覆盖了十分广大的范围。



1、脑电发生原理

问题是：

脑活动为什么会有如此丰富的振荡表现形式呢？

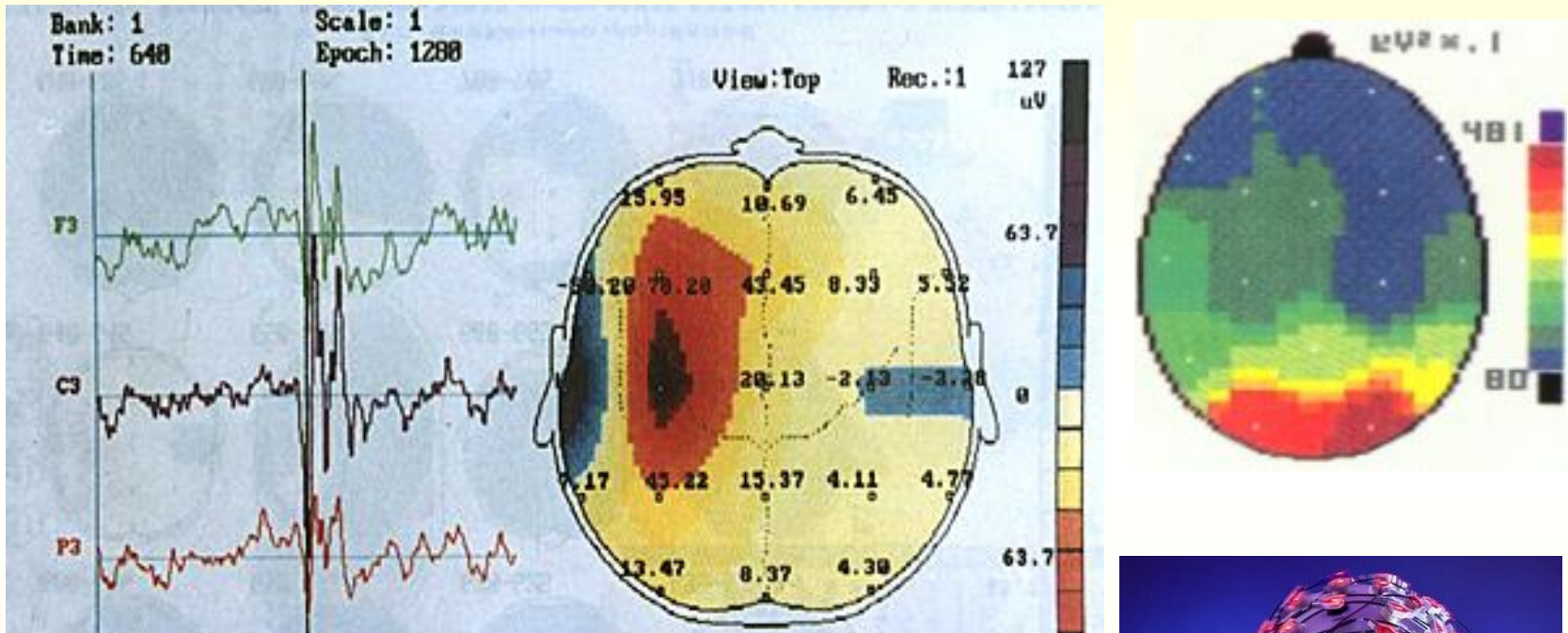
应对多样性的认知活动加工、多层次与多重性的并行叠加处理？

通过同步振荡来整合大范围的认知信息加工、甚至产生全局性的意识统一性。

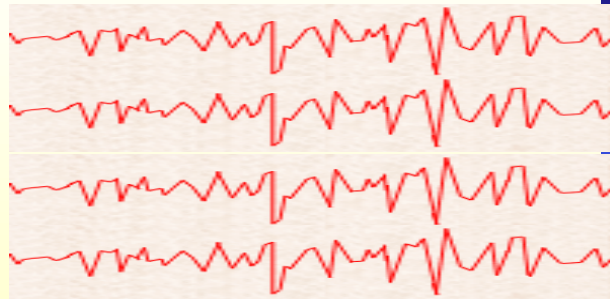
总之，脑活动是多时间尺度的，并通过不同频谱的脑电节律振荡活动表现出来。



1、脑电发生原理



脑电信号的采集与显示方式





2、脑电信号解读理

从脑机接口的角度看，关心的就是脑电信号的解读问题，既主要利用脑功能区所对应的不同功能含义，来“理解”人脑产生的意念。

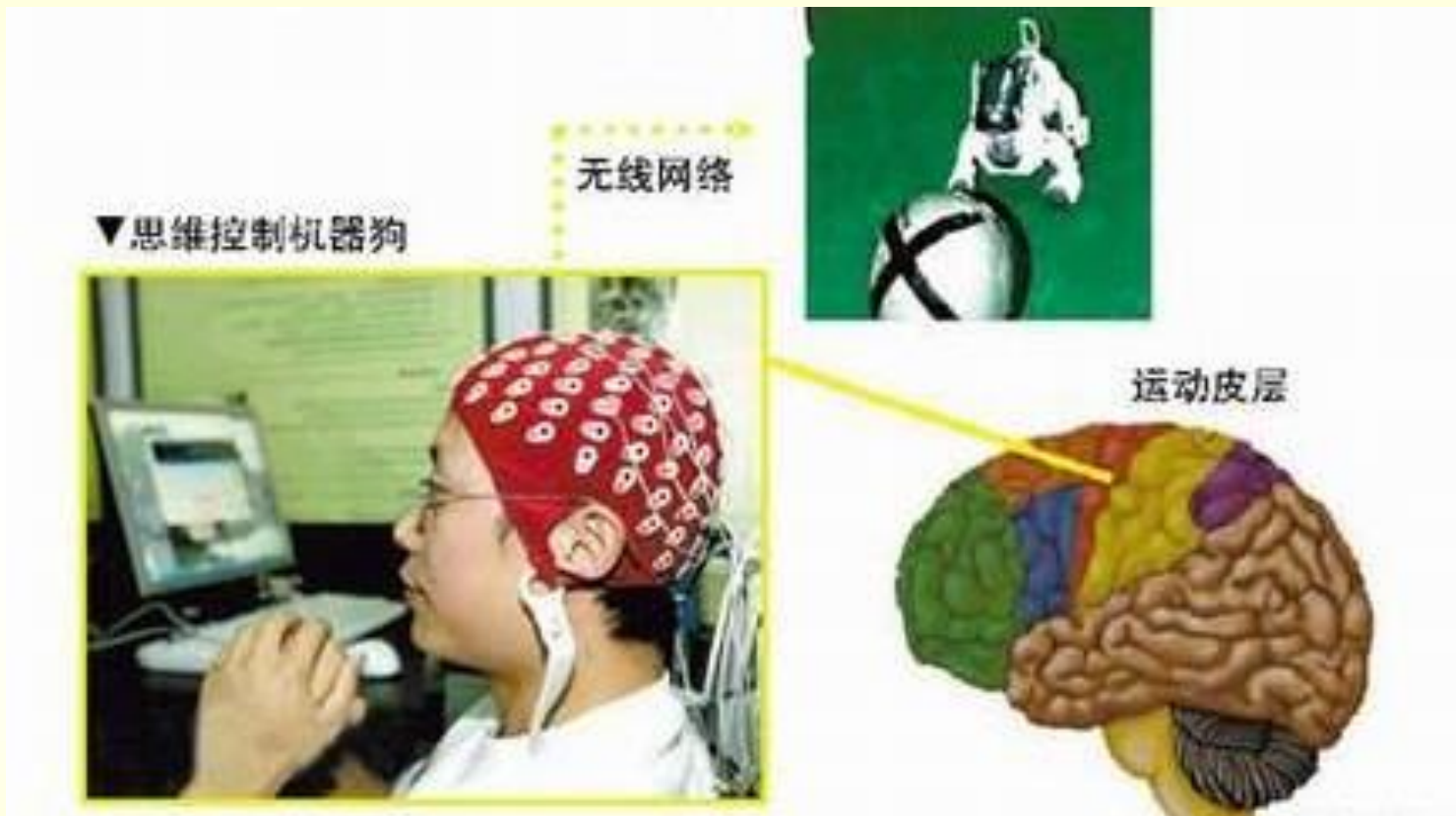
这里需要解决的一个问题：脑电信号模式与认知高级功能活动之间的对应关系问题。

目前主要是针对一些初级认知活动开展脑机接口的研究工作，如运动、视觉等，较少涉及像记忆、思维、想象等这样的高级认知活动。

那么，脑机接口得以实施的关键前提：不同认知活动的脑电表现模式是否具有可区分性，如果有，其区分特征有体现在哪些方面。



2、脑电信号解读理



意念控制机器狗主要涉及的处理步骤



2、脑电信号解读理

一般脑机接口涉及到脑电信号的记录、预处理、分类识别、实施控制等不同功能模块的实现。

(1) 脑电信号的采集：考虑到不同任务目标，设计脑电仪的电极分布模式，使得能够最有效地采集所需要的信号。

(2) 脑电信号的预处理：采用各种成熟的滤波方法，对采集的脑电信号进行滤波处理，提高信噪比，说得通俗些，就是尽量去除无关信号，保留并强化有效信号。



2、脑电信号解读理

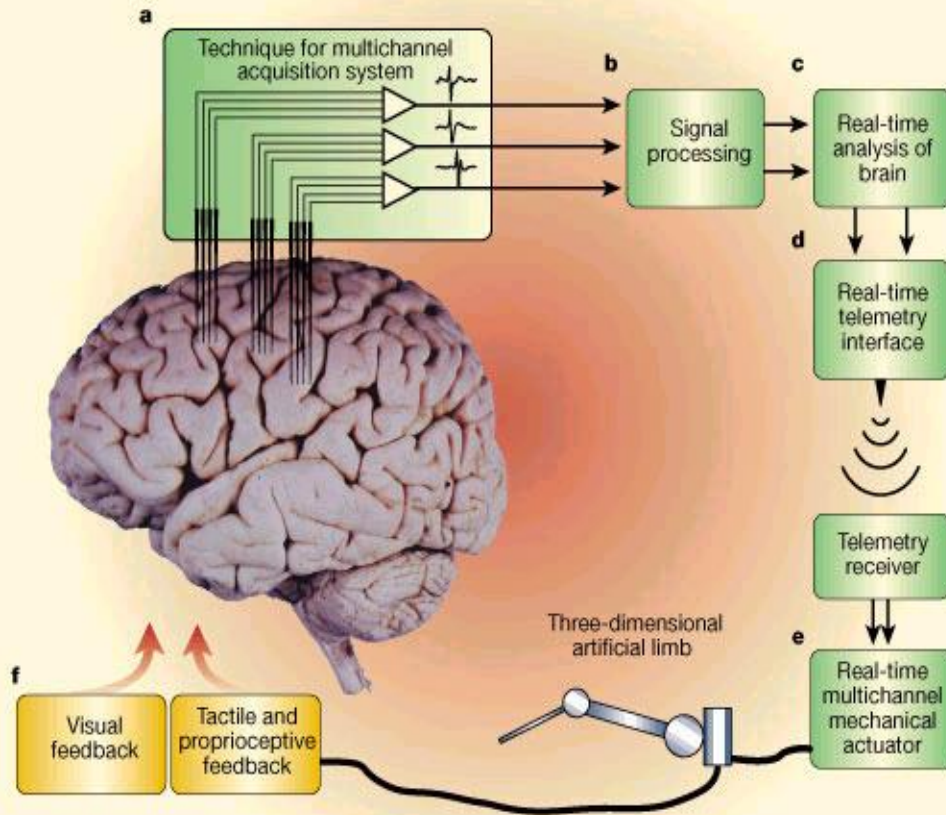
(3) **特征提取**: 根据脑电信号的特点, 针对具体**任务**, 给出一组面向任务的**特征描述向量**, 并从获取的脑电信号中提取**具体的特征向量值**。常用的方法如快速傅立叶变换、小波变换、独立成分分析、神经网络、深度学习等。

(4) **模式识别**: 根据提取的特征向量值, 采用一定的**模式分类**方法, 对其进行**分析**, 得出对应的脑电模式**类别** (含义)。常用的方法**线性判别分析**、**贝叶斯决策模型**、**支持向量机**、**人工神经网络模型**等等。

(5) **实施控制**: 根据获得的**含义**理解, **实时控制机器**完成相应的功能, 从而实现预期的“**意念**”控制目的。



2、脑电信号解读理



脑机接口的工作原理



2、脑电信号解读理

目前，已有的脑机接口系统通常按照利用脑电信号的不同来进行分类，分为两大类：

利用自发脑电信号的、
使用诱发脑电信号的。



2、脑电信号解读理

利用自发脑电信号的包括：

- (1) 事件相关电位P300，其与认知功能的激活相关联；
- (2) 自发窦状（mu）节律，与放松或清醒状态相关联；
- (3) ERS/ERD信号，属于时间相关同步与去同步有关的信号；与相应的运动思维模式有关；
- (4) 慢波皮层电位（SCPs），持续的（300毫秒到几分钟）低频脑电信号，主要与运动皮层的功能相关联。

使用诱发脑电信号的包括：

- (1) 短时视觉诱发电位（s1VEP），与“集中注意”脑活动相关联；
- (2) 稳态视觉诱发电位（ssVEP），与“自主调节”脑活动相关联。



3、脑机接口系统

迄今为止，国内外开发的一些著名脑机接口系统包括：

(1) **德国柏林脑机接口系统**，主要实现**运动想象**到**运动实施**的任务，利用比较先进的智能学习算法，根据脑电 **μ 节律波**或 **β 节律波**的事件相关去同步，来检测识别左右手的想象运动，从而控制机器的对应行为或完成一定的认知任务。

(2) **美国Wadsworth中心的脑机接口系统**，主要是利用脑电 **μ 节律波**的事件相关去**同步**去进行**真实或想象的运动**。用户可以通过该系统来控制机器屏幕上光标的移动，或者通过视觉反馈训练来进行设备的简单操作。



3、脑机接口系统

(3) 奥地利craz大学的脑机接口系统，也是利用脑电 μ 节律波的事件相关去同步去进行真实或想象的运动。不同的是采用自适应回归模型进行模式识别，并可以控制手臂障碍的患者抓取东西。

(4) 思维翻译机 (Thought translation device)：德国tubingen大学借助训练，使用者通过反馈来实现皮层中央沟回（运动区）脑电慢波的自我调节，进而控制屏幕上的物体运动。



3、脑机接口系统

(5) **清华大学脑机接口系统**：清华大学医学院神经工程研究所研制的脑机接口系统包括两个，一是利用**稳态视觉诱发电位**来实现自动拨号，形成自动拨号系统；另一个是开发了一个**实时脑机接口**系统，可以用“思维”踢足球。

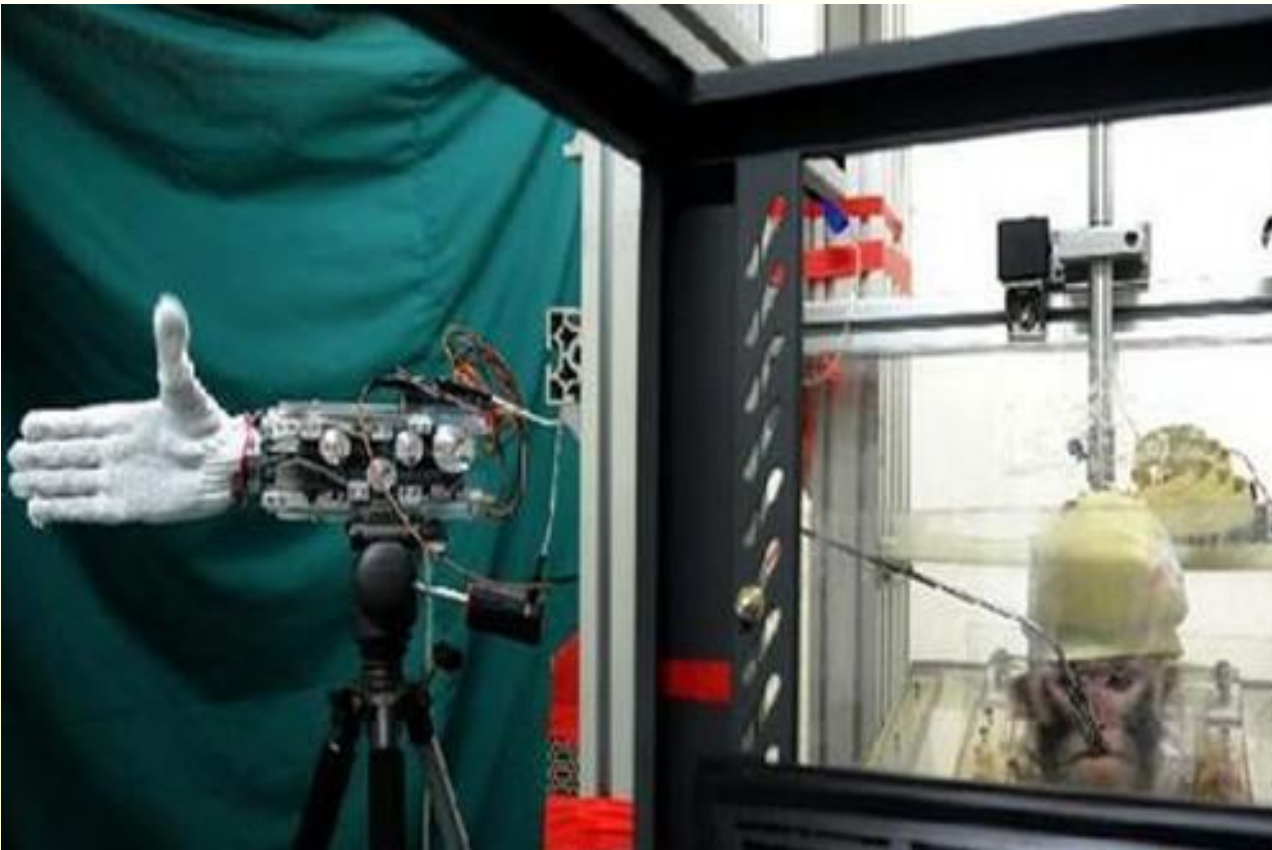


清华大学脑机接口实验
意念控制机器狗



3、脑机接口系统

(6) 浙江大学猴子意念控制系统：通过脑机接口技术，实现猴子意念控制机械手。



浙江大学脑机接口系统
猴子意念控制机器人手



3、脑机接口系统

这样的原理也可以采用**脑功能成像手段**来进行，就是说在采集信号不是使用脑电仪，而是使用fMRI（功能核磁成像设备）或PET（正电子发射成像设备），差异主要在于，：

脑电仪时间分辨率较高，并有明确的认知功能体现；

而脑功能成像设备**空间分辨率比较高**，对脑功能区的**定位比较精确全面**。

当然，此时就需要采用**图像分析**的方法来获取脑区激活模式，从而理解不同认知活动的含义。



3、脑机接口系统

因为通过脑机接口人们可以直接用脑而无须通过语言或操作动作来控制机器或设备，所以脑机接口一个重要应用领域就是帮助病人康复训练的机器人方面或者帮助有肢体残缺的人们完成正常人一样的工作。

另外，脑机接口对于某些肢体动作受限的职业，如飞行员、宇航员、潜水员等，利用意念来操控设备有着重要的应用前景，也为动漫游戏、智能机器人控制等提供了一种全新的用户交互界面。



3、脑机接口系统



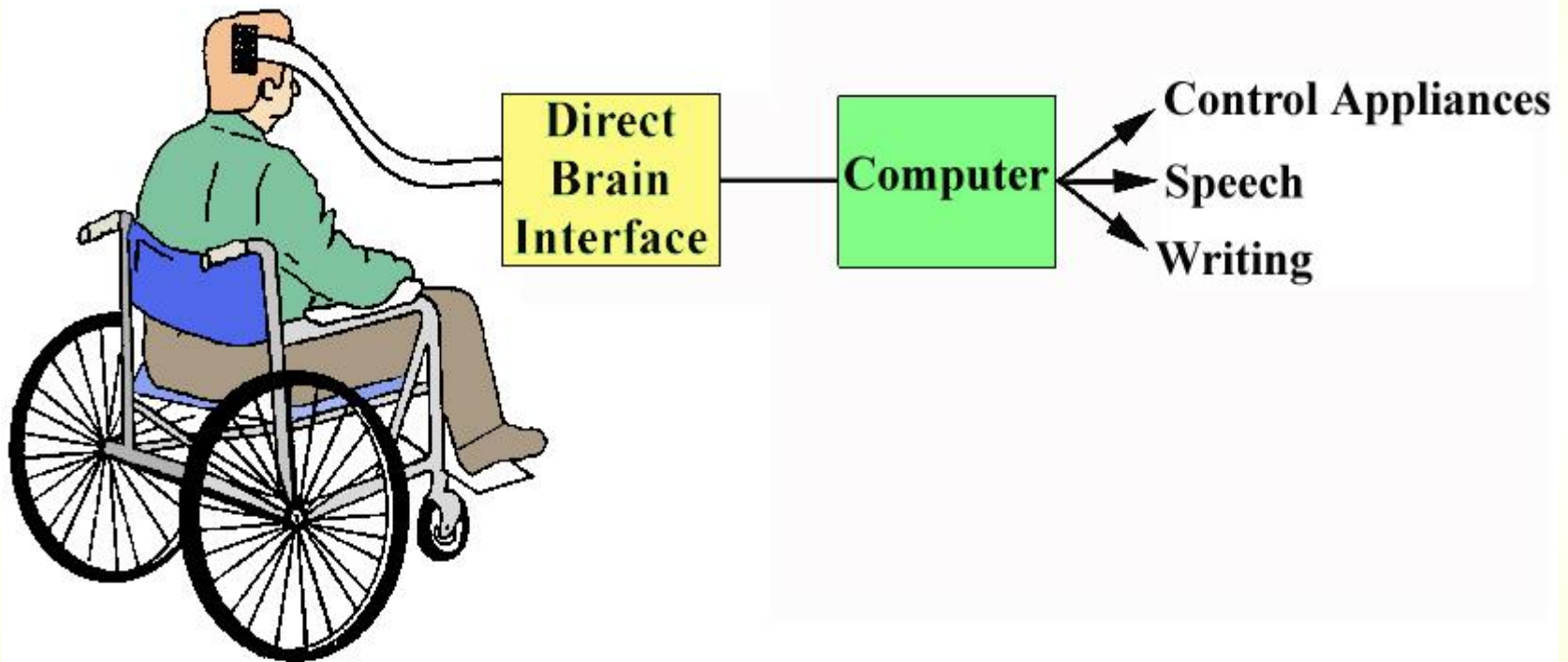
脑机接口技术的应用



从脑机接口到脑机融合



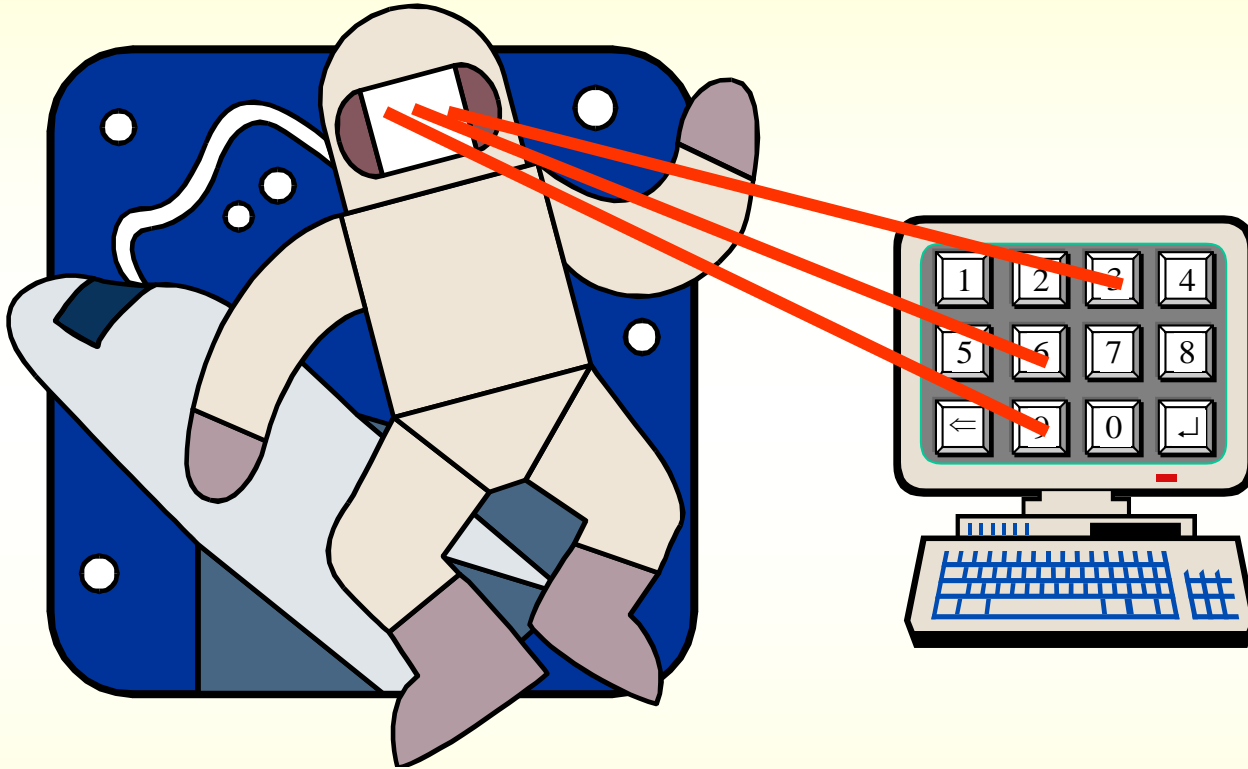
3、脑机接口系统



残疾人的环境控制



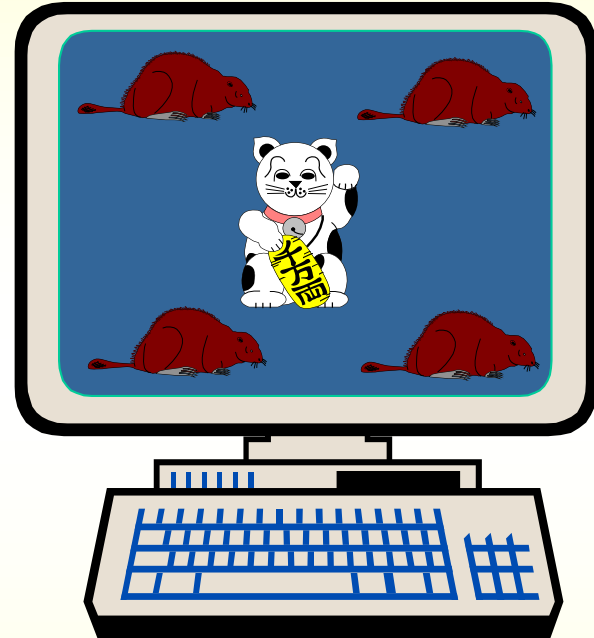
3、脑机接口系统



特殊环境下的控制



3、脑机接口系统



趣味电脑游戏



3、脑机接口系统

脑机接口的发展趋势是进一步朝向脑机融合方面发展，通过植入芯片技术相结合，真正实现脑机之间的相互交流。此时就可以通过互联网+脑机接口来实现脑联网，使得心灵感应成为可能。

我们可以期待，随着智能科学与技术的不进步，会有更多的理论与方法应用到脑机接口、脑机融合、甚至脑联网技术之中，推动社会技术的不断进步。