

# 用激光切割系统成型

作者：Frank Gaebler, 市场总监, 美国相干公司.

斯坦福生物机器人实验室是一家主要涉及医疗和工业应用机器人发展的大学研究团队。但是在 2006 年, 该团队开始研发个人机器人, 也就是那种在家庭环境中操作并且具备充分灵巧性去履行一些基本的家务工作的机器人, 比如打开电冰箱门并且从内部取回一件物品。另一个设计目标是专注于人类安全的问题, 也就是在人类环境工作并保护人类避免受到伤害。

为了达到这些目的, 这种机器人被要求设计成没有困难地在家中通常遇到的表面上移动, 以及越过略微不平的表面和过渡处, 比如门边框和电源线。最终的设计思想是: 它由一个固定在具有二个自由度移动的充气轮胎上的底基构成, 该全方位的底基支撑着机器人躯干并使它能够旋转。

为了操作并与家庭物品相互作用(举例来说, 工具、器具和容器等), 该机器人被预想有两个臂, 与人的手臂有相似的大小、力量和灵巧特性。该要求提出了一个非常有意义的工程学挑战, 这是由于对于真人大小工业机器人的有效载荷率(有效载荷重量/操作者重量)典型地是大约 1:10, 而真人手臂的有效载荷率大约是 1:1。

依照设计, 每一个手臂有 7 个自由度: 肩关节的屈伸、倾斜和旋转, 肘关节的弯曲, 前臂旋转, 腕关节的弯曲与旋转。手臂能够抬起重达 5 公斤的负载。为了在确保安全的同时达到运动和有效载荷能力的结合, 一种巧妙的重力补偿系统被利用。该重力补偿系统是由手臂内的压缩弹簧、高精度齿轮传动小电动机和刚性同步传送带联合而组成的, 可以被动地浮动手臂和有效载荷贯穿在整个的运动范围。这种方法的好处是减少了在手臂内的大电机的需要, 并且可以利用后向可驱动传输。后向可驱动传输是尤其重要的, 由于它能相反于机器人的运动而向后推, 从而保证了在未组织真实世界环境中人与机器人的安全。

这些手臂的基本设计方法是定位上部分和肘驱动电机尽可能地靠近肩关节, 然后利用驱动带跨越一段距离来传递运动。这样做的目的是为了保持朝向肩部的重量分配, 如此可以最少化电机所必须的净扭矩, 并且减少手臂将会伤害那些它意外碰到的东西的可能性。最后, 驱动带的使用是更优于齿轮的, 这是因为驱动带系统能够被构造造成实质上没有后冲力。

## 激光成型

这种手臂系统的机械极端复杂性使得大量的模型制作循环成为必要, 该研究团队发现它是非常耗费时间并且花费是无法承受的。一款相干公司的 OmniBeam 激光加工中心已经可以实现快速成型的目的。

OmniBeam 配备了一台 500W 的二氧化碳激光器和一套工作面积超过 1.2m×1.2m 的运动系统(可以处理厚度达 30 mm 的物件, 依赖于材料)。依赖于材料, 该系统切割速度可以达到 50m/min, 切割的尺寸精度达到 25 μm (可重复性精度 5 μm)。部件制图可以在 SolidWorks 或者一些其他的可以生成 DXF、DWG、AI、HPGL、Gerber、JPG、BMP 或 TIF 格式文件的应用软件中被创造。这些文件只是通过软件的打印命令就可以被送到切割系统。

二氧化碳激光器的切割特性被证实是非常好的匹配于斯坦福生物机器人实验室的成型需求。尤其是, 激光器的中红外输出能够被宽范围的不同材料很好地吸收, 这些材料包括塑料、纸、胶片和碳纤维, 激光器的直接输出能量也可以切割薄金属。再加上精密控制切割参数的能力, 使得该激光系统可以工作在许多模式, 如切割、划线、打孔和雕刻。

这张照片显示了一个由胶合板制作而成的成型机器人手臂的一个片段, 代表性地, 该 3 维结构模型是由 6 mm 厚的胶合板片构造而成的, 这种材料提供了完美的硬度和力量, 用相干公司的激光切割系统是很容易地切割到被要求的精度。为了达到必要的力量与重量比率,

制作者使用了榫眼和凸榫结构，与定位销、环氧接合剂和木制螺丝固定物相组合。胶合板也是一种非常坚硬的材料，允许将金属轴承压入配合到由它制作成的零部件，并且激光切割机可以生产出用于这种压入配合的带有必要公差的孔。此外，该激光切割机予以了所必需的精度去制造出用于齿轮和传送带驱动轮上的完美轮齿外形。就金属而言，该激光切割系统可用于切割 1 mm 的铝板用于电机固定，有时用于处理薄钢板（1.6 mm - 3.2 mm 范围）制造出更高强度的部件。

此外，还发现该激光切割机的灵活性和精度对于实验室中各种各样的其他任务是很有用的。这包括切割 0.13 mm 厚的薄钢片用于制作 PCB 机构的模板。非常薄的材料（如胶片或纸张）也可以被处理，这些材料是不可能工厂里加工的，因为它们太脆弱了以至于难以被夹具夹住。

## 结论

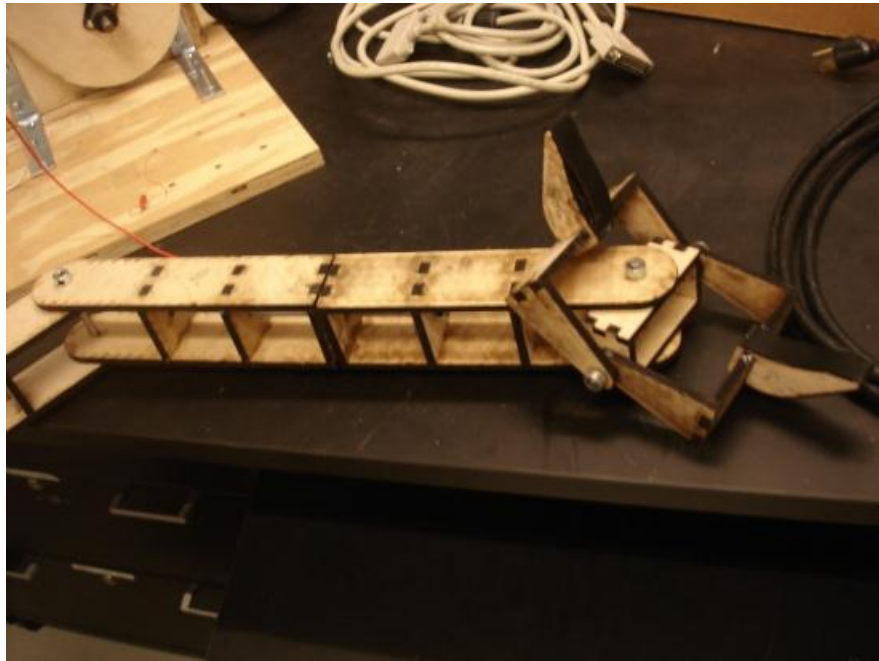
个人机器人项目的长期目标是发展一个平台，使得其他的研究团队可以建立于该平台之上。斯坦福生物机器人实验室带来了室内快速成型的能力，并能成功地发展了 PR-1 型个人机器人。他们现在与 Willow Garage 公司成为伙伴，Willow Garage 公司已经采纳了这种独创的设计思想并且进一步精炼了它们。他们的 PR2 机器人是由金属构造而成的，当前可用于其他的设备中，并且可以被一个正在成长的研究团体所利用，这些研究团体现在能够合作使用一个标准的平台。



个人机器人 PR-1 模型



相干公司的 Beam 激光加工中心



早期的由胶合板成型的 PR-1 机器人手臂概念



相干激光加工中心加工而成的典型机构