

# 一项涵盖多学科的应用创新理念的提出

计 75 姜雨欣 2017011420

## 摘要

在自动控制（automation）尚未达到它的巅峰时，就早有“机器人”的概念；那时，人们对“机器人”（确切地说是机械臂）主要是以遥操作（teleoperation）的方式进行控制的。而笔者在本文中提出的“Avabot”（其名字来源是 Avatar，阿凡达与 Robot，机器人的结合）这一交叉学科的新颖概念，正是许许多多现已完备、接近完备，甚至像“遥操作”一样古老成熟的科学技术的综合体。其中，“遥操作”的创新应用是它的核心。笔者在接下来的章节中，从各个维度一一调研了它的技术可行性，勾勒出了它广阔无比的应用前景，并指出了它可能对人类社会与伦理造成的冲击。

# **Putting forward the Concept of an Interdisciplinary Innovative Implementation**

CST 75, Yuxin JIANG, Student ID: 2017011420

## **Abstract**

The concept of “robots” had long existed before automation has even reached its peak; at that time in history, people used to control robots by teleoperation. In this article, the author introduces a new interdisciplinary concept--the Avabot (the name of which comes from the combination of Avatar and Robot), which is the incorporation of many different technologies that either are mature or will soon be mature. Amongst all, the innovative implementation of teleoperation proves to be its kernel. In the following chapters, the author has made a thorough survey of all these will-be-used technologies, meanwhile discussing the possibilities of each. The author also provides a wide-range overview of what it may bring to our lives, as well as how it may impinge on our societies and moralities.

# 正文

## 1. 概念引入

在自动控制（automation）尚未达到它的巅峰时，就早有“机器人”的概念；那时，人们对“机器人”（确切地说是机械臂）主要是以遥操作（teleoperation）的方式进行控制的（图 1）。这些机械被应用于生产和医疗（Katsura, 2005），它们或拥有比人的肉身更优良的机械强度与刚度，或能伸入人手无法达到的精微之处，又可以按照人的自由意愿来运动，直接模仿人的各种动作（这远比操纵杆和按钮更加便利），极大地增强了人类肢体的实际功能。今天，我们有了更加先进的自动控制算法，让这些“钢铁侠”拥有了“自己的大脑”，可以自主进行决策，不再需要人类的介入。古老的“遥操作”，也仿佛已淡出历史的舞台。

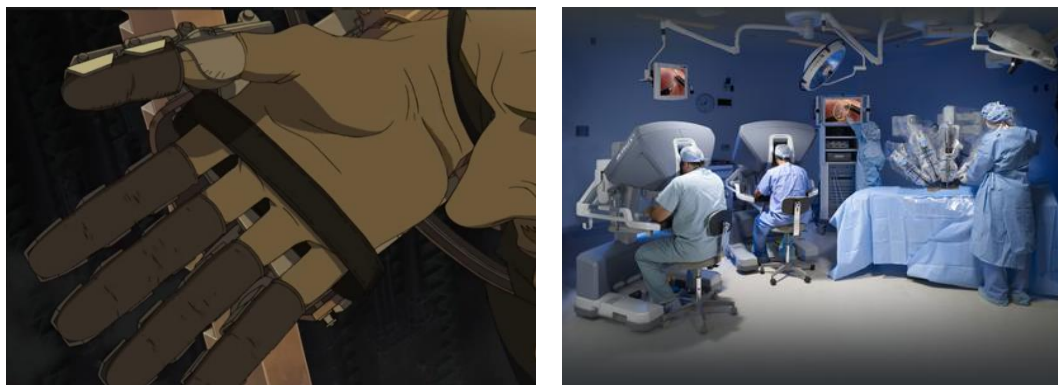


Figure 1 左：科幻电影《蒸汽男孩》中遥操作起重机的剧照 右：医疗遥操作手术机械臂 图片来源：[www.cyzone.cn](http://www.cyzone.cn)

而笔者在本文中提出的“Avabot”（其名字来源是 Avatar，阿凡达与 Robot，机器人的结合）这一新颖概念，正是许许多多现已完备、接近完备，甚至像“遥操作”一样古老成熟的科学技术的综合体。其中，“遥操作”的创新应用是它的核心。高精度运动控制、模式识别、虚拟现实（Virtual Reality, VR）、宽带技术、3D 打印、精密制造等现有技术则是它的左膀右臂。如果脑机接口（BCI）技术走向成熟，Avabot 还将直接蜕变为电影中的“阿凡达”，控制它运动的不再是人的身体而是人的思维活动。特别提出，虽然 Avabot 不完全拥有“自己的大脑”，人工智能在其涉及的具体领域中依然有相当的用武之地。另外，当今世界中“个性化定制”、“共享经济”等新理念，可以极大地助“Avabot”的发展一臂之力。这些在本文第二章将逐一被讨论。本文还将在第三节指出，Avabot 的性价比一旦突破奇点，必将不输于“家庭服务机器人”等现有的科技热点，可对人类世界的各方各面造成翻天覆地的变化，同时对社会和伦理造成一定的冲击。

简单来说，Avabot 的概念就是使用者能在一个特别打造的封闭空间里联网控制世界另一个角落的人形“机器人”。Avabot 精确复制使用者的肢体动作和语音输出，同时仰赖于虚拟现实和宽带技术，实时地把自己所处空间的各种物理信息（视觉、听觉、触觉等等）逼真地反馈给使用者，让使用者就像身处另一个空间一样毫无障碍地做几乎任何事情（品尝美食除外）。

## 2. 技术实现

## 2.1 实时动作识别

为了让 Avabot 精确复制使用者的肢体动作，我们首先需要高精度、高效率的实时动作识别，再转化成对机械系统的控制指令。笔者提出了两种不同的思路，在具体实现时发现各有利弊，优劣互补。（表 1）

	计算量	鲁棒性	对场所	精细度	便捷度	触觉反馈
可穿戴力学传感元件	小	差	要求不严格	可以很高	低	有
光学信息采集与三维建模	大	强	要求严格	难以很高	高	无

Chart 1 两种实时动作识别的思路与对比（原创）

### 2.1.1 可穿戴力学传感元件

一种思路是可穿戴力学传感元件。今天，虚拟现实的各大巨头基于这种思路研发的“数据手套”、“外骨骼”等产品，已经频频让玩家们的惊叹（图 2）。“数据手套”是一种多模式的虚拟现实硬件，通过软件编程，玩家可进行虚拟场景中物体的抓取、移动、旋转等操作。数据手套上设有弯曲传感器（由柔性电路板、力敏元件、弹性封装材料组成），不仅可以准确实时地传递人手的姿态，而且能够把与虚拟物体的接触信息（如压力、粗糙度等）反馈给佩戴者，因此特别适用于需要多自由度手模型对虚拟物体进行复杂操作的虚拟现实系统（百度百科, 2018）。

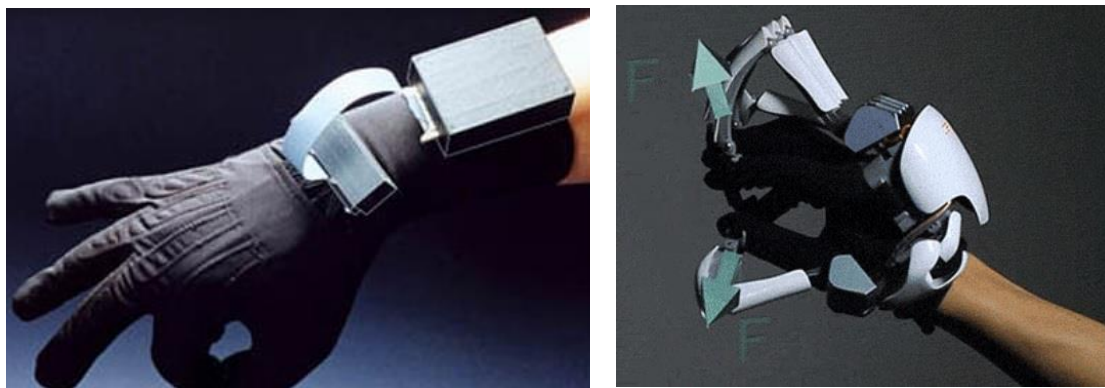


Figure 2 左：数据手套 图片来源：baike.baidu.com/pic 右：外骨骼 图片来源：www.sohu.com

数据手套作为一种实时获得人手动姿态的智能硬件，如今已经在医学修复、手语翻译、仿形操作系统等领域大显神通，又作为主要部件在虚拟现实技术中发挥了巨大的作用（齐曼&张珩, 1996）。而 NASA 对数据手套的兴趣，则主要在于进行太空模拟和机器人操作。

把数据手套的思路推广，让人穿上全身的“数据套装”，从而用肢体精确控制人形机器人的所有动作不可行呢？笔者认为可行性存在，但要考虑到诸多新产生的问题。首先，这套穿戴设备不能过于笨重，否则会直接限制使用者的肢体自由；其次，装备过于闷热也会降低长时间使用的实际可行性；再次，穿戴和脱下的过程应当尽量简

便，如果每次使用前后的准备工作过于复杂，Avabot 的优势再多也不会让它真正走向大众化。最后，数据手套和外骨骼是直接贴合在手部的，中间没有其他衣物相隔。如果换成“全身套装”，难以避免套装与衣物间的相对滑动；这可能降低数据采集的精确度，连带大幅降低对 Avabot 控制指令的精确度（即系统鲁棒性差）。因此，使用者在使用前需要脱下几件外衣，以及怎么让这套可穿戴设备既与人体尽量紧密地结合又不影响使用者的舒适度和动作灵活度，都是需要考虑的问题。

另外，如果不是一整套衣物，而是在关键部位（如能产生弯曲的各个关节）粘贴对应的传感元件贴片，也是一种可能的思路。但笔者怀疑，这种思路只能采集到动作本身，而不能精确采集动作对应的力和速度。

### 2.1.2 光学信息采集与三维建模

与力学传感相对的思路自然是光学信息的采集与再整合。它的优势是操作简便，使用者只需进入一个分布着无死角摄像头的空间，就可以控制 Avabot，而不需要先穿上一整套“数据套装”。它的缺陷则是对操作空间的限制更加严格，而且每秒钟所需的计算量也比前者高出了若干个数量级。

动作识别属于模式识别的一种，运用到计算机视觉、深度学习等人工智能的相关技术。一般动作识别须经过如下的五个环节：采集数据；数据去噪；提取特征量；训练和分类；实现人体动作的识别。其中，数据去噪和提取特征量是关键的两个环节 (teresa\_lin, 2015)。



Figure 3 基于动作识别技术的体感游戏，用来鼓励沙发族在家获得体育锻炼（丁丁体感游戏吧） 图片来源： image.baidu.com

现今，由于动作识别在视频跟踪、运动分析、辅助医疗、虚拟现实、人机智能交互等领域的广泛应用（图 3），它已成为计算机视觉领域的研究热点。目前，动作识别技术尚不完善。基于深度学习方法，构建深度网络，来自动提取特征量，是目前动作识别中值得关注的方向（高修菊, 2016）。笔者相信，动作识别在未来的五至十年中将得到长足的发展，而它又在某些方面具有力学传感不可比拟的优势，因此最终会被广泛地应用于 Avabot 的控制中。

一个重要的补充说明是，在 Avabot 控制中用到的动作识别技术，所需达到的标准甚至远远超过了正在席卷市场的体感游戏。后者只需通过单一摄像头捕捉到玩家的主要动作（忽略动作细节），再映射为游戏主人公的动作（往往只有预设的几个动作，映射的像空间是一个有限集），如从图 3 中可以看出屏幕上“守门员”的右手动作、双腿前后方向的距离都与玩家有肉眼可见的差距。这样的精确度足够让游戏中的“守门员”守住一个虚拟世界中飞来的球，却不可能让 Avabot 代替使用者与它所处的物理世界自然地

交互，譬如从桌上拿起一个水杯，或者在黑板上写字。

由此可见，单一的摄像头是不够的，需要多角度拍摄图像并实时地合成使用者的三维模型。笔者几年前曾参观清华大学主楼 8 层的实验室，那里的科研人员架设了一个形似笼子的空间，笼上装满摄像头，可以全方位无死角地拍摄笼中的运动人体，为其进行三维建模。由于时间仓促，笔者对建模精度、运算延迟、设备昂贵程度等细节没有做进一步的了解，但预备在开启项目之前做更详细的调研。但这至少可以说明，如果采用类似思路来控制 Avabot，我们就需要为使用者特别设计这样的操作空间，墙面应布满这样的摄像头（或红外线传感仪等其他达到所需标准的等价设备），以采集人体动作并转化为对 Avabot 的控制指令（在 2.3 中会有更详细的分类）。其中，对速度和力度的判断，可能用到贝叶斯预测模型。

一件令人轻松的事情是，虽然当今技术在复杂背景下提取“人”和人的“动作特征”尚有困难，但本条思路恰好要求一个特别定制的操作空间：自然可以在设计时就让它具有纯色背景，从而大大降低计算机视觉的难度。即便如此，三维建模最终能达到什么样的精度，能否精确到手指弯曲的角度，笔者对此依然持保守态度。另外，即使采取了这种方案，如果需要触觉反馈，使用者也必须穿戴另外的设备。

### 2.1.3 折中方案

基于以上两种思路各自的优势与劣势，笔者的初步构思是以光学信息采集与三维建模为主，用以控制 Avabot 较大肢体块的运动；在手部等精细且重要的部位增设穿戴式传感设备，控制机械手等结构的精确运动，同时向使用者反馈触觉信息（见 2.2.3）。此外，在其他需要触觉反馈的部位也可以穿戴触觉反馈设备（如触觉马甲），但这些设备将不负责动作信息的采集。

## 2.2 视、听、触觉反馈

比起古老的机器人遥操作技术，Avabot 除了从“手臂控制”到“全身控制”这个量变之外，一个最大的质变就是它由开环系统变为了闭环系统，换言之，就是把机械系统所处物理空间的信息实时地反馈给使用者；不仅如此，这种反馈还是直接的、逼真的、第一视角的。反馈的感官越多、越真实，使用者和 Avabot 所处的物理空间才能越完美地衔接在一起。五种感官中，笔者对嗅觉信息的反馈没有很好的思路，而味觉信息的反馈是不可能也是没有意义的（此为笔者个人观点，并不拒绝后人的创新与突破）；实现视、听、触觉的实时反馈则有了已经存在的技术基础，这便是越做越真实的“虚拟现实”。另外，即使是有了这些技术基础之后，在不同的实际应用场合，我们也必须选择性关闭不同的感官（如冷、热、痛觉等），但关闭一种感官会变得像关灯一样简单。考虑到总数据传输量的庞大，我们希望给每一种感官反馈配备至少一个独立的核。

### 2.2.1 视觉反馈

视觉反馈的技术基础就是现已存在的虚拟现实眼镜：它不仅可以传输图像，更可以营造逼真的双眼立体视觉。今天，虚拟现实带给人的逼真程度，早已使它可以不仅用于娱乐，更用于各种严肃甚至严苛的场景模拟。在 2016 年，美国迈阿密的一位手术医师通过虚拟现实，在手术前两周就反复观察了患婴胸腔内部的情况，预先决定手术方案，最终成功拯救了一名只有 4 个月大、患有心脏畸形和左肺缺失的婴儿。主刀医



生称，整个观察过程仿佛是在手术里一样逼真（杨帆, 2016）。

当然，对于 Avabot 而言，我们最希望的是高清晰度、无延迟的实时虚拟现实反馈。此时，使用者面对的不再是一个虚拟的空间，而是同一时刻世界另一个角落的真实物理空间，我们姑且称之为“半虚拟空间”。目前，数据传输速度与网络的稳定性是制约其落地的核心障碍。

目前市面上存在的虚拟现实视频中，清晰度最高者为 UHD（超高清），其分辨率为 3840\*1920。而观看者的可视面积约为总视频面积的 1/3，这也意味着观看者实际看到的画面像素数远远小于这个值。也存在 VR 直播这样的应用（图 4），但清晰度要粗糙得多；为达到 1080p 的清晰度，码率需在 10Mbps 以上，目前这依然是一个很苛刻的带宽要求（Ying, 2016）。好在，我们正迈向 5G 时代。只有网络速度进一步提高，宽带的覆盖面积进一步增大，才有可能实现如第三章中“自由抵达世界任何一个角落”那样的畅想。然而，笔者相信这样的日子不久之后就会到来。



Figure 4 微鲸 AR 开发的虚拟现实直播 APP 正在直播中超联赛 图片来源：image.baidu.com

### 2.2.2 听觉反馈

听觉反馈是三种感官中最易实现的。只需在 Avabot 的双耳区域各设一个拾音器，来采集左右耳分别听到的声音，再通过网络传回给使用者。使用者只需正确佩戴耳机，就可以听到如同亲临现场般逼真的立体声。

另外，使用者佩戴的耳机还应配备麦克风功能，使用者对着麦克风讲话，声音先通过处理器再通过网络传给 Avabot，最后由 Avabot 嘴巴区域的扬声器播送。特别注意的是，如果环境噪音大过处理器所能处理的阈值，就会和操作者的语音一起被播送。设想一下，在打电话时你会认为听到楼下的狗叫声很正常，但如果是你面前的“机器人”说着说着话突然发出狗叫呢？

### 2.2.3 触觉反馈

触觉反馈同样需要两个步骤：冷热、硬度、粗糙程度等各种物理信息的采集，和向使用者身体的反馈。前者通过经典物理传感元件就可以办到。后者听上去有些不可思议，但它同样已经有了技术支撑。这就是虚拟现实公司一直在致力研发的“外骨骼”。

2017 年，一款由中国团队设计研发的手部力反馈外骨骼产品“Dexmo”（图 5）获得了红点产品设计奖。它直接佩戴在手上，拥有极为真实的力反馈功能，例如当操作者在虚拟世界中抓起一个苹果时，可以清晰感受到苹果的大小、形状甚至软硬等真实物理信息。除 VR 游戏之外，科学家已经为它找到了许多可能的用武之地：未来宇航员可以在地球上利用虚拟现实技术和 Dexmo 进行太空作业任务模拟训练；医生可以在高难度手术前预先使用 Dexmo 在虚拟世界中对手术流程进行模拟，甚至使用 Dexmo 配合机械手进行远程手术 (K-Labs, 2017)。



Figure 5 左：反馈极为真实的 Dexmo 外骨骼 图片来源：克一实验室 右：可带来躯体打击感的 Hardlight VR 服 图片来源：www.wired.com

除了物体的形状、硬度和粗糙程度，各虚拟现实公司研发的先进的触觉技术让冷、热、痛觉的感知也成为了可能。HaptX 手套中的微流体致动器可以通过挤压佩戴者的皮肤，给佩戴者带来移动、质感以及重量等感觉。它可以复制出蜘蛛爬过手背的触感，或者冰晶的刺痛感。TEGway 的软件可以让游戏识别冷和热（在大冬天跳入湖里？单挑喷火龙？），然后通过对电流的调整改变半导体的温度：从冰冷的  $4^{\circ}\text{C}$  到烫手的  $40^{\circ}\text{C}$ 。Hardlight 的尼龙和塑料马甲（图 5）中有 12 个振荡器，可以为穿戴者带来从“被拳头蹭一下”到“肚子上被踢了一脚”的各种打击感 (McClellan, 2018)。

由此可见，Avabot 的使用者尽可以选择性穿戴不同的触觉反馈设备，在手部等敏感部位可以获得毫米级的精细触觉体验，在躯干等有衣物相隔的部位可获得压力、撞击等较为粗糙的触觉体验。触觉体验的真实程度，最终仍取决于 Avabot 本身所配物理传感器的性能。

## 2.3 机械系统的运动控制

我们又回到了一开始关于“遥操作”的讨论。不论是用 2.1 中提到的哪种方式，即使已经精确得到了使用者身体的每一时刻的姿态和动作，让 Avabot 精确复制这些姿态动作仍然是件实现难度较大的事。难点一是构建一个能实现以上所有动作的机械系统；难点二是尽可能精确控制每一时刻的运动幅度和速度；难点三是尽可能缩短延迟，使其变得不易察觉。由于动作控制主要依赖于使用者的决策，我们为动作控制配备一个单独的核，而不使采集到的视觉等信息流经它，是可行的提高处理速度的方案。

在识别了使用者的动作之后，我们需要一个经过训练的算法，来“智能地”区分普通指令与特殊指令。



对于普通指令，我们需要的是机械然而精确地复制操作者的肢体动作。这并不容易。事实上，例如使用者在空中挥动一下手臂，就不能简单地理解为让机械臂“朝某个方向移动”的指令，而是必须精确复制人的手臂在每一瞬间的（相对）空间位置、各个“关节”间的夹角，以及动作速度与力度等等（对速度的判断可能用到贝叶斯预测模型，对力度的判断则需通过深度学习完成）。唯有精确度足够高而延迟又足够小，使用者才可以自然地与 Avabot 所在的物理空间交互，如抓起桌上的粉笔，甚至完成在黑板上写字等“高难度动作”（这样众多名师就可以通过教师配备的同一个 Avabot 方便地给边远地区的学校上课——详见 3.1 节）。（而且通过 Avabot 远程在黑板上写字时，使用者的手实际上是完全悬空的，这意味着使用者须经过一定的训练才能操作自如；但随着这项技术的不断优化与革新，训练难度还会大幅降低。）

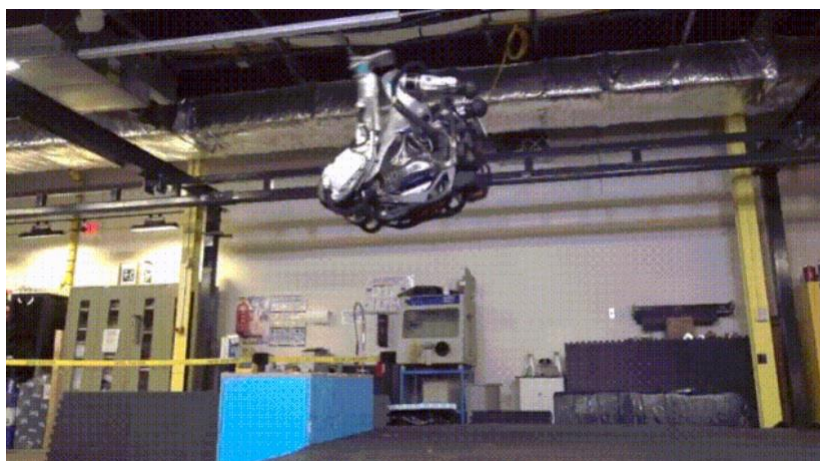


Figure 6 波士顿动力公司的后空翻机器人 Atlas，下一秒它稳稳地落在了地上 图片来源：tech.sina.com.cn

而特殊指令的完成，本质是根据深度学习来对使用者的动作进行意图分析，在需要开启 Avabot 的额外功能时将其自动开启。譬如操作者向上弹跳时，仅仅复制操作者的肢体动作，使 Avabot 先屈腿弓身再直立起来，是不能实现真正的弹跳的。然而，不管采用 2.1 中哪一种动作识别思路，我们都可以建立规则，当操作者弯腿的幅度和弹开腿的速度等均符合某一模型时，认为操作者的意图是向上弹跳，从而触发 Avabot 腿部的弹跳装置。我们还可以进一步对弯腿幅度和弹开腿的速度建模，实现其向 Avabot 弹跳高度的一一映射。（让机器人弹跳本身就是一件有难度的事情，让它像人一样在各种运动中保持平衡也曾经是个棘手难题。然而，得力于科学家的执着努力，现在的机器人已经不仅可以向上弹跳，甚至能做完美的后空翻了（图 6）（Gonfree, 2017）。）更重要的是，沿着这种思路，我们不单可以让 Avabot 完成人可以完成的所有复杂动作，还可以建立更多的映射，让使用者的一些简单手势触发 Avabot 的各种人所不具有的附加功能，如“在空中打开降落伞”、“触发食指上的打火机”。这些附加功能就像模块一样可以随意添加至个性化定制的 Avabot 上。而由于交互的不再是虚拟世界，而是世界另一个角落此时此刻的真实物理世界，这完全就像使用者自己变成了“超人”一样令人激动。

笔者相信，随着控制学和机械学的不断进步，这些构想都是在不远的将来就可以实现的。

## 2.4 无障碍化

如果 Avabot 的活动范围不需要很大，又以平地为主（比如一个大小有限的舞台），而采取的实现方案又使其对使用者的操作空间要求并不严格，那么随便一个面积足够大、没有障碍物的屋子或者一片空地，都可以用作使用者的操作空间。而如果我们需要 Avabot 活动范围更大、在更复杂的地形中行走或“坐下”，为了确保使用者能专心于与“半虚拟空间”交互而不受真实物理空间的牵绊，对使用者的操作空间还须有特别的设计。

### 2.4.1 长距离行走

需要控制 Avabot 长距离行走（譬如穿过一个几十米的走廊）的时候，我们希望使用者本人保持在一个相对小的活动空间（譬如一两平米）内。因此，就需要一个与跑步机类似，但不会限制使用者行走方向的装置。笔者受到机械鼠标下面滚轮的启发，把使用者脚下的“平地”设计成一个可以平缓转动的球体，也就是机械鼠标倒过来的样子（图 7）。机械鼠标底部是一个中心对称的滚球，可以在桌面上向任意方向滚动任意长的距离；正合适的阻力使它转动起来既不至于费力，也不至于转动速度过快而失控。

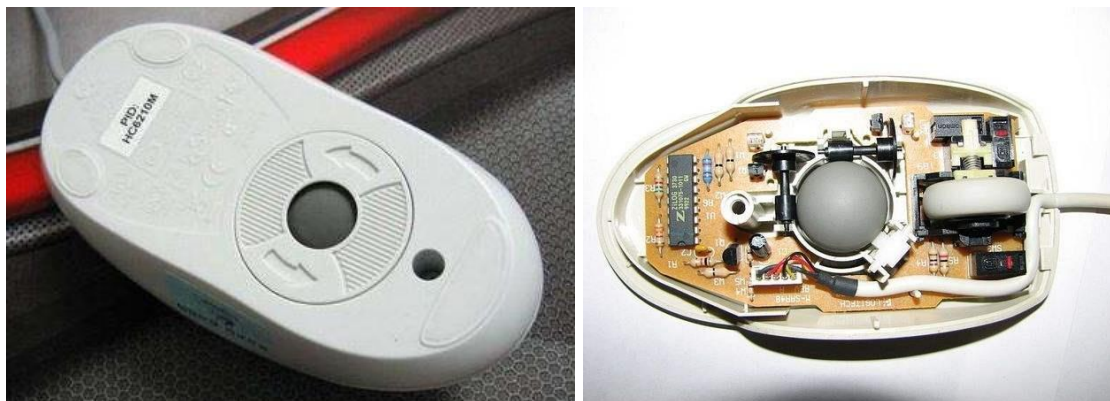


Figure 7 机械鼠标底部的滚球 图片来源: pic.baidu.com

### 2.4.2 上台阶、坐板凳、敲键盘

在与“半虚拟空间”的交互过程中，最棘手的莫过于 Avabot 有支撑而使用者悬空的场景。由于悬空，使用者的身体姿态难以和 Avabot 需要的姿态保持一致。这并不是说 Avabot 生来就永远只能在平地站立、行走，遇到台阶等就束手无策；我们需要的只是进一步优化操作空间的设计方案。

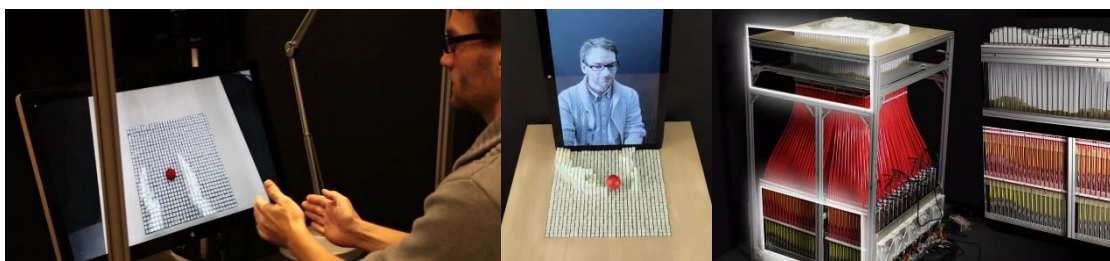


Figure 8 麻省理工学院开发的 inFORM 动态模块显示屏。左：远程使用者在操作 inFORM。中：inFORM 模拟出了使用者的动作，并使小球移动和托起小球。右：inFORM 精巧的内部构造。图片来源: www.geek.com（网站视频截图）

麻省理工学院于 2013 年开发的这款动态模块显示屏“inFORM”（图 8）可以给我们

一些启示。它拥有一块由许多方块条组成的 3D 表面，并可以跟踪用户的动作，让远程的交互操作应用到真实的物品上。inFORM 上使用的是一台附带着一个 Kinect 传感器和投影仪的电脑，它可以在一定范围内跟踪用户的各种动作并投射到其显示屏上。这块显示屏上的方块条会根据传感器收集到的数据伸缩至于不同的高度，从而整体上模拟出使用者的真实动作。而这些网格阵列式的方块条是由一系列的致动器和联动设备来操控的 (Mathews, 2013)。

笔者大胆地猜想，同样的原理可以被应用在操作空间的“底面”上：“滚球”不仅可以平缓转动，而且它的表面将由许多类似这样的“动态模块”组成，在 Avabot 脚下的地形较为复杂时模拟出同样的地形。当然，这些动态模块和下面结构的设计必须使它能承受正常人的体重。

具体实现是这样的：首先，这个功能在不需要时应默认关闭，否则会产生额外的电能和数据流量消耗。功能打开时，Avabot 身上自带的光学（或红外线等其他距离传感器）会判断 Avabot 周围的地形凹凸程度。如果凹凸程度未超过某一阈值，则动态模块系统处于休眠状态；超过某一阈值后，动态模块系统被激活，通过升降来模拟出 Avabot 所在区域的地形，给使用者以身体支撑，使用者就可以远程控制 Avabot 登台阶了。同样的道理，如果动态模块系统升起一把“凳子”（只复制其高度和上表面形状就可以），使用者就可以控制 Avabot 坐在凳子上。而使用者能否通过 Avabot 敲键盘，同时取决于传感器的灵敏程度和动态模块的像素颗粒大小（我们姑且称之为像素颗粒）。

### 3. Avabot 将这样改变我们的生活

当 Avabot 的技术成熟化、性价比突破奇点之日，凡是你能想到的地方，都可以有 Avabot 的身影。特别注意的是：接下来的应用前景可向两个不同方向同时发展，一个方向是共享 Avabot，世界任何一个角落的使用者，用手机 APP 找到世界任何一个角落处于待机状态的 Avabot 并以某种方式与它们建立连接，开始远程使用它们的过程，就会像今天找共享单车（图 9）一样简单；另一个方向是个性化定制的 Avabot，只有它的拥有者可以通过网络连接它。在 3.1~3.4 中我们讨论的未来生活场景，有一些与前者有关，另一些则与后者有关。



Figure 9 改变了我们生活的共享单车 图片来源：pic.baidu.com

在 3.4 中笔者将讨论 Avabot 带来的社会问题和伦理问题，并尝试提供自己的解决方案。



### 3.1 只要有网，距离就不再是问题

从书信到电话，再到可视电话、网络会议，科学技术的发展永远都在做一件事：让地球变得越来越小。可是，这些技术都不能打破物理世界与数字世界之间的界限；技术成熟的 Avabot 却可以真正做到。

人们可能不再需要乘飞机赴一场会议。未来的会议室可能空无一人，却有很多处于待机状态的 Avabot。当一场会议开始之时，分散在世界各个角落的与会者都可以进入家乡附近的“电话亭”（Avabot 普及初期，它的特制操作空间可能是类似“电话亭”的站点，实际上也只需要电话亭大小的空间。当发展到一定程度后，最理想的状态是每个家庭、每间办公室都配备这样的“电话亭”，彼时它已成为一件基础设施），每个人连接会议室中的一个 Avabot，戴上虚拟现实眼镜等装备，然后“坐在一起开会”。这些 Avabot 可以完全相同，只需胸前设计一个电子显示屏，用来显示与会者的身份（也可以从声音听出谁在讲话呢）。会议结束，连接解除，这些人从会议室又“瞬间回到”了自己的家乡。这个设想本身可能“多此一举”，比不上视频会议的方便，但它最重要的意义，是把世界不同地方的人瞬间“集中到”同一地点做一件事。

父母在工作地点也可以看护子女。Avabot 普及之日，人们“上班”和“出差”的频率会大幅减少，但父母有时仍然不得不与自己的子女相隔两地。当每个家庭都配备了一个 Avabot（要是和家庭护理机器人合二为一呢？），而每间办公室又都配备了 Avabot 的操作空间（以下将简称为“电话亭”），远程看护将变为一件轻而易举的事。譬如子女独自在家时电视机坏了，电话里说不清楚，子女无需再等待父亲下班回家；父亲钻进“电话亭”，连接家里的 Avabot，分分钟就可以帮小明修好。又如，留守儿童的父母常一年也不能回一次家，缺失父母陪伴的儿童容易产生各种心理问题。未来，只要这些留守儿童的居住地同样有稳定高速的网络（这恐怕在 Avabot 发明之前很早就已经实现了吧），Avabot 就可以与视频通话相互补充：视频通话使子女和父母互相看到对方的脸，而 Avabot 使他们可以更多地用肢体语言交流，包括拥抱、并肩阅读、一起跳一段舞；甚至，只要有时间，父母还可以通过 Avabot 给留守在家的孩子做一顿饭。

教育资源的不均衡也将得到缓解。今天很多有情怀的高校毕业生下不了决心到西部落后地区发展教育事业，其实并非是嫌弃孩子们的“愚昧落后”，而是苦于交通不便、缺水少电，小山村的贫瘠也确实无法养活更多人搬进来。Avabot 普及之后，这样的教育方式至少可以解除教师们的后顾之忧，让他们安心地与乡村的学校签约。比网课更好的一点是教师可以像身处这个教室一样，与学生们有实时的肢体互动。如果可以与视频教学相结合，譬如用自己的仪器室给同学们演示实验时切至视频教学，而下座位察看每位同学正在做的手工时切回 Avabot 教学，就可以取得完美的效果。接受临时邀请的名师也可以通过同一个 Avabot，为这些同学们上一两个小时精彩的课。其实，方便的还不仅是教学。任何专家和教授都可以用这种方式解除后顾之忧，经常性地到小山村来“实地考察”，用自己的知识对小山村的各种问题提出解决方案。

除了解决这些大问题之外，人们的“旅游”方式也可能发生变化；一些工作太忙，没有时间到很远的地方旅行的人，可以通过连接旅游目的地的 Avabot 来“看世界”。未来，旅游可能变得像读书一样随性：你有时间可以任性把书一天读完，没时间也可以每天抽空读两页。如果你对购物不是特别有兴趣，只想看看大自然的美景，可以预订阿尔卑斯山的一个 Avabot 两周，每天花一个小时“爬”阿尔卑斯山的某一段，用“双眼”把沿途的风景拍摄下来传到自己的 PC 上（别忘了，Avabot 的“双眼”本来就是高清摄像头），第二天再从第一天结束的地点继续“爬山”。

## 3.2 “亲身”抢险，也将变得安全

大约所有中国人都不会忘记“两弹一星”邓稼先，他在戈壁滩上绽开了两朵“蘑菇云”，用最默默无闻的方式，推动了一个国家从衰弱走向强大。而邓稼先的患癌去世，正是因为他舍生忘死的无私精神：核爆地点出现了差错，他不顾战友阻拦亲自到茫茫戈壁滩上搜寻含有放射性的弹片，亲手将它们捡起集中处理，最后因钚和铀的强放射性而患癌，身体从此每况愈下。我们也听到过无数亲自处理复杂险境的战士，最终在水下、火海、高浓度有毒气体等中葬送了年轻的生命。他们的事迹是感人的，他们的勇气是可畏的。但 Avabot 普及之后，他们也许并不需要牺牲自己的生命，也可以“亲临现场”抢险了。我们可以把 Avabot 和抢险所需的器材一起运送至事故现场，再由训练有素的战士在自己的中心远程抢险。毕竟，除了 Avabot 以外，这些战士处理各种突发状况的经验，可能是一切没有生命的机器替代不了的。

我们势必需要为不同的抢险场合量身定制不同的 Avabot。譬如用于火场救援的 Avabot，需要有多层防火外壳，并要能阻隔高温的影响，以保证单次抢险中不会突然失效；抢险结束后，防火外壳可以回到中心再更换。需要注意的是，为避免影响抢险工作，大部分触觉反馈（冷热疼痛等）应被关闭，代之以另外的指示仪指示此处温度等情况。用于处理化学物质泄漏的 Avabot，则要配备防酸碱腐蚀的外壳。用于到深海中搜寻、打捞物品的 Avabot 不仅要防水，而且应在足部位置加上配重，以确保直立位；另要配备沉浮装置（类似潜水艇），而沉浮装置进水和排水的控制也将变得智能化。只需在最初设计时约定特定的手势，识别出某一手势时令 Avabot 打开进水装置，另一手势则令其打开排水装置。用于制服歹徒的 Avabot 则应和枪支一样受到国家管制：某一特定手势可以触发它的高压电装置，给歹徒致命一击。

除了抢险以外，在日常教学中，一些有一定危险性又需要学生亲手操作的实验，可以代之通过 Avabot 来做。

## 3.3 个性化定制让你成为“超人”

个性化定制，指的可不仅仅是随意设计 Avabot 的外形，让你“瞬间变成”自己喜爱的动漫人物等等。更重要的是，你可以在 Avabot 上随意添加各种各样的功能模块，凡是现在机器能做到的，你都可以做：你的身体“变成了”“超人”的身体。最重要的是，由于你在和真实的物理世界进行交互，这比在虚拟现实拥有超能力要“爽”太多了。

笔者的另一个有趣的构想是把 Avabot 做成人的 1/12 那么大（如果仪器能做到足够精细的话。或许还可以更小？），让你“变”成格列佛游记里的“小人儿”（Avabot Mini）。你可以钻到草丛中去捉迷藏，体验微观世界的美；也可以让出国的另一半把你“揣在兜里”，欣赏他所在的那个城市，“站”在他的写字台上与他互动。（一个残酷的现实是，人的瞳距是不能轻易改变的。因此，Avabot Mini 的“双眼”摄像头不能再放在等比例缩小后的位置，可以改成放在头顶的两只“触角”上，一只长着“触角”的“小蚂蚁”还是蛮可爱的。做成再小的话，笔者认为恐怕就要放弃双眼立体视觉，用一只“单眼”来像使用者传递平面图像了吧。）

## 3.4 社会与伦理问题

### 3.4.1 科技的两面性：有得，必有失



笔者认为，正如所有的科技发展一样，Avabot 的到来也必将让人们在某些时刻，怀念它不存在的时候。

人们总是倾向于用最少的成本，最快捷的方式达到自己的目的，而“节约了”它的一切过程。从前，领导派员工去参加一个国际会议的时候，可能会提供往返机票、在当地特色餐厅用餐的机会，并会给员工一定的时间在当地观光体验，呼吸另一个城市的空气。当 Avabot 被普及，开国际会议变得前所未有的容易时，又有多少领导愿意“有人情味”地坚持这样来做呢？

“两点一线”，“瞬间转移”的便捷也可能使人们自发地放弃“慢生活”，从而错失许多 Avabot 替代不了的体验。例如，放下一切事务，完整地做一次深度游；选择自驾，在路边停靠到一个不知名的小镇，体验小镇的美食和风土人情。或者，切实地下一次乡，体验几天缺水少电、交通不便的贫穷生活。（这让笔者想到谷歌最近在做的“多国语言翻译机”，没有了语言障碍的人们，是否还愿意切切实实地学一门外语？有多少异域文化的美是在反复揣摩他们的语言后突然懂得的呢？不了解日本人总是把表示肯定或否定的词放在整句话的最后，又怎能充分理解他们“有话不愿直说”，更习惯于暧昧的表达方式的民族性格呢？用多国语言翻译机代替了学习别国语言，表面上我们和其他文化的交流和相互理解更加容易了，实际上，我们都是按照自己的思维习惯在理解对方，谁也没有真正走入对方的内心。）

至于销售行业，笔者坚定地认为 Avabot 不会取代销售员走访全国各地，亲自与客户面谈和邀请客户一同进餐。毕竟，亲自登门拜访远比一个冷冰冰的机器人看上去更加有诚意，而多一分诚意就意味着多一分竞争胜利的可能。（笔者的父亲在从事销售行业，笔者因而对此深有体会）

另一个问题在于，距离的取消势必加重子女对父母的依赖（倾向于求助大人而不是独立解决问题），以及父母对子女的反向依赖（恨不得事事介入子女的生活才安心）。这并不是 Avabot 带来的新问题，而是科技发展的必然影响。譬如说，自从电话、微信取代了书信之后，在另一个城市读书的大学生与父母之间的互动就比以往频繁得多，互相之间的依赖也必然会加深。适度的依赖是没有坏处的，如果过度，将不利于子女的个体成长。笔者认为，科技不应成为指责的对象，父母如何引导子女的独立，如何与子女保持适当的距离才是解决问题的终极答案。

### 3.4.2 如何满足肢体残疾者的需求？

以上所有的 Avabot 设计，都是基于一个健全人用肢体控制一个与自己“一模一样”、“同步行动”的人形机器人的想象。尤其是学习过健全人特征的计算机视觉软件，在处理各种各样肢体残疾者的图像并转化为对普通 Avabot 的控制指令时，问题可能比想象中还要棘手。这可能意味着世界上又增加了一件“健全人的特权”。

一个思路是为这些残疾人量身打造 Avabot，但世界上存在的特制 Avabot 一定比普通共享型 Avabot 数量少得太多，因此残疾人根本没有办法和正常人一样随意挑选自己“将飞去”的地点——这对于肢体残疾者而言更是尤其严峻的问题。另一个思路是为残疾人配备特制的操作杆来控制自己失去的部分肢体。残疾人虽然不能像正常人一样随意自如地活动这些肢体，但至少已经超越了自身没有它们的局限。当然，当脑机接口（BCI）技术真正发展完善之后，Avabot 变为真正意义上的 Avatar，正常人和后天残疾者都可以用自己的大脑而不是身体控制它，残疾人在连接它的那一刻就获得了自由。

### 3.4.3 犯罪分子有了更多可乘之机

如果法律法规跟不上 Avabot 的发展速度，犯罪分子将比以往任何时候都有更多的可乘之机。

首先，在连接共享 Avabot 之前，一步必要的工作将是身份认证。这可以保证商店关门后没有人会连接店里的 Avabot 对店中物品做手脚，也可以保证不让无关人员“进入”自己不该进的地方。有过暴力犯罪记录的人应被剥夺连接各种共享 Avabot 的机会，否则可能给社会造成不可估量的损失。在身份验证的环节，识别伪造的身份，将比以往任何时候都成为更加严峻的课题。因为这一次，犯罪分子威胁到的将不仅是财产安全，而直接是人们的生命安全。

即便如此，通过 Avabot 实施暴力犯罪依然轻而易举。最重要的是，犯罪分子将没有办法被当场抓获。警察可以根据 Avabot 上显示的身份信息来通缉犯罪者，但在此之前，犯罪分子可能早已利用城市各处的共享 Avabot 制造了多起恐怖袭击，而每起之间可能至多相隔一分钟。

如果 Avabot 不是共享的，而是犯罪分子个性化定制的私有财产，事情将变得更加可怕。首先，犯罪分子不需要通过身份验证就能连接 Avabot，警察将没有任何办法迅速确定作案者的身份；其次，掌握了 Avabot 制造技术的犯罪分子个性化定制的 Avabot，可以大到能轻易摧毁一个城市，也可以小到能钻入任何一个孔洞，还可以添加任意多的功能模块助自己犯罪；隐形材料（图 10 左）平民化之后，犯罪分子甚至可以通过定制的涂有隐形材料的 Avabot 来远程作案。更加阴险的犯罪分子，则会把 Avabot 做成他人的样子，从而骗过摄像头，让无辜的人被抓。（图 10 右展示了目前类机器人的最高水准，它会做出眨眼、微笑、皱眉等 65 种不同面部表情，皮肤由柔软的硅胶研制，肤色逼真度极高，更能像真人发声、对话、唱歌，说话的时候胸脯随着呼吸一起一伏，远看几乎与真人美女无异（王晓易, 2015）。）



Figure 10 左：被军方青睐的隐形材料 图片来源：baike.baidu.com/pic 右：机器人 Geminoid F 和她的原型人物 图片来源：news.163.com

然而，笔者坚信，科技前进的脚步不该为少数恶人而停留。技术基础完备之后，我们所要做的无非是推动相关政策与法规的尽快出台，让 Avabot 和谐地走入我们的生活。

## 4. 后记

Avabot 这个构想起源于笔者高二时聆听的一篇 TED 演讲，当时主讲人提到机器人可以做比我们想的更多的事情，譬如远程通讯（communication）。提到让“外祖母机器

人” (Grandmabot) 代替自己陪伴外孙, 有了肢体交流可以比单纯的语音、视频更加增进两个人的亲近感。那是笔者第一次想到一个“不具有自己大脑”的机器人可以做什么。后来, 笔者从生活中不断发现 Avabot 还有许许多多其他的应用前景, 而它的许多技术实现也是笔者在不断的学习中发掘到的。

由于笔者很想在进入大学之后从事相关的科研探究, 就借这次大作业的机会, 主动做了第一次比较全面综合的调研。笔者发现这项技术的实现并没有自己想象中那样简单, 它受到诸多基础条件 (如网络带宽) 的制约; 但调研中笔者也发现了许多不曾了解的新的惊喜, 例如之前笔者没有想到触觉反馈是可能的, 而且已经可以如此真实。

笔者希望在有生之年, 即使不能全部实现这一宏大的畅想, 也能亲自在这一领域取得某些突破性的进展。

## 5. 引用

- 91 门户. (2017 年 7 月 24 日). VR 训练医生如何拯救婴儿生命. 检索来源: 91 门户: [http://news.91.com/vr/content\\_s5975b38f050c.html](http://news.91.com/vr/content_s5975b38f050c.html)
- Gonfree. (2017 年 11 月 29 日). 波士顿动力: 用 30 年时间打造会后空翻的机器人. 检索来源: 新浪科技: <http://tech.sina.com.cn/roll/2017-11-29/doc-ifyphtze2403926.shtml>
- Katsuralida, W., & Ohnishi, K.S., (2005). Medical mechatronics—an application to haptic forceps. *Annual Reviews in Control*, 页 237-245.
- K-Labs. (2017 年 8 月 15 日). 这款从科幻片里走出来的 VR 硬件刚刚得了红点奖. 检索来源: “克一实验室”公众号: [http://mp.weixin.qq.com/s/\\_vBwvJQKJaBhOOAvrK0xZQ](http://mp.weixin.qq.com/s/_vBwvJQKJaBhOOAvrK0xZQ)
- MathewsLee. (2013 年 11 月 13 日). MIT creates a Kinect-powered shape-shifting display. 检索来源: GEEK.COM: <https://www.geek.com/chips/mit-creates-a-kinect-powered-shape-shifting-display-1577085/>
- McClellanKelsey. (2018 年 1 月 4 日). Haptic Controllers Bring Real Pain to VR Games. 检索来源: Wired: <https://www.wired.com/story/haptic-controllers-for-vr-bring-real-pain-to-games/>
- teresa\_lin. (2015 年 11 月 5 日). 人体动作识别 (一). 检索来源: CSDN: <http://blog.csdn.net/guolinlin11/article/details/49657829>
- YingYao. (2016 年 3 月 14 日). VR 直播现在都是什么视频格式, 需要多少带宽?. 检索来源: 知乎: <https://www.zhihu.com/question/39597338>
- 百度百科. (2018 年 1 月 17 日). 数据手套. 检索来源: 百度: <https://baike.baidu.com/item/数据手套/11037324?fr=aladdin>
- 高修菊. (2016 年 5 月). 基于深度学习的动作识别研究. 湖南大学.
- 齐曼&张珩. (1996 年 1 月 1 日). 数据手套的研究现状. 计算机仿真, 页 58-60.
- 王晓易. (2015 年 11 月 24 日). 能演戏 会勾搭的类人机器人来了! 你能分清谁是真人吗? 快点来找茬. 检索来源: 网易新闻: <http://news.163.com/15/1124/16/B96U76RE00014SEH.html>
- 杨帆. (2016 年 1 月 2 日). 虚拟现实技术拯救了 4 个月大婴儿的生命. 检索来源: 新华网: [http://news.xinhuanet.com/info/2016-01/02/c\\_134970880.htm](http://news.xinhuanet.com/info/2016-01/02/c_134970880.htm)