



超限机器人技术：应用与挑战

席宁

美国密歇根州立大学电气与计算机工程系教授及 John D. Ruder 讲席教授

机器人属于多学科、综合性的领域。机器人发展的动力来自2个方面：一是新技术发展的推动，二是新应用的拉动。这2个方面推动和拉动了机器人技术的发展。所以我们从新技术的出现和新应用的出现来谈一下机器人的发展。

当机器人最开始出现的时候，机器人和人在同样的环境里进行工作，发展机器人主要的目的是代替人。由于信息技术的发展，从机器人简单的代替人，发展到现在可以扩展人的能力，机器人除了能够干一些人能干不想干的工作以外，还能干一些人干不了的工作。比如机器人联网后，我们可以通过网络控制远处的机器人做一些人够不着、摸不着的事情，所以信息技术给机器人的提供了新的动力，同时也提供了新的应用。

另一方面，纳米和微纳米技术的发展也给机器人提供了新的应用领域。比如在微纳米领域，最具有挑战性的问题就是环境非常小，我们要操作的位置也非常小，是看不见、摸不着的。现在机器人把原来看不见、摸不着的东西变得能看到、能摸着，扩展了人在微小环境里的加工能力。生物技术的发展也给机器人提供了很多新的应用领域，但是生物领域跟传统的制造业不太一样，因为细胞生活在特定的生理条件下，要把机器人技术推广到这个领域，不仅是操作的物质很小，环境也很特别。所以从这3个方面讲，机器人能够扩展人的能力，能够克服距离给人带来的困难，也能克服尺度给人带来的困难，还能够克服环境给人带来的困难，比如生理环

境。综合起来，机器人除了简单的代替人以外，还能拓展人的能力，这就是我们所说的超限机器人，超越人的限度，克服距离、尺度和环境给人类带来的困难。以下为具体工作。

首先，信息技术给人的发展带来了什么新的机遇和应用？机器人最重要的应用就是自动化，机器人是自动化的工具。但是要达到自动化的目的，首先要有机器人，同时还要有传感器，这两个东西结合起来才能产生自动化。因为通过传感器可以把物理世界的信息变成数据，通过对数据的分析可以作决策，反过来作用到物理世界中，这就是自动化的过程。

现在机器人和传感器变成了一个从信息世界、数据和物理世界中间的交互工具，所以机器人从简单的代替人的工具变成了一个互联网基础设施，这个就是信息技术发展带给机器人的新角色。

通过机器人联网，我们可以形成所谓的物联网。机器人通过传感器可以监测环境，同时还可以通过物联网和机器人远程使用设备。这样可以把原来距离给人类带来的困难通过机器人技术和网络技术克服掉。同时还可以通过网络进行一些医疗的诊断和治疗，通过网络让机器人做一些安全和国防方面的工作。

我们通过网络和机器人的结合，进行远程的感知和操作。网络不仅能够传播信息、数据、声音等多媒体信息，现在通过网络还可以传播动作、感觉。把这些动作、感觉和传统的声音、图像结合起来，这就叫做超媒体。

这有什么应用呢？首先，可以通过互联网支持远程医疗服务，进行乳腺癌的远程诊断。我们知道乳腺癌传统的诊断手段是通过X光诊断，但是X光诊断只能诊断出80%左右的肿瘤，由于肿瘤的位置和大小的不一样，有20%不能通过X光诊断，要通过医生用手摸的办法来诊断，这个就跟医生的经验很有关系。在很多边远地区没有这种有经验的医生，我们通过机器人技术和网络技术结合起来，医生可以通过网络进行诊断。机器人不仅可以操作，本身还有传感器，可以把病人身体上的感觉通过网络传到一个远程的地方，通过装置再现出来。这样医生在远程通过装置和机器人就能够感觉到机器人感觉的信息，医生就可以直接对这个病人进行诊断。通过网络和机器人把病人和医生之间的距离拉近了。

在制造方面，现在很多工厂都是由劳动力价格的原因设置在别的国家。比如说美国汽车的座椅是在美国设计的，但是可能在墨西哥生产，所以要对座椅的质量进行检测。检测的方式是人摸这个椅子，感觉软硬程度进行打分，判断这个椅子达没达到要求。在远程的情况下，设计人员可以通过带有传感器的机器人摸这个椅子，把感觉通过网络传过去，设计人员在远程摸这个装置，跟直接摸这个椅子的感觉是完全一样的，就可以进行质量控制以及帮助他们进行设计。通过机器人和网络技术就把生产和设计中间的距离缩短了。同时，我们还可以用这种技术进行客户定制，比如你现在去买车，每个椅子都是一样，但是如果有这个机器人技



术,通过数学模型把感觉再现出来,买车的时候可以一直摸,直到选出合适的,然后根据数据造出一个椅子,满足你的需求。这里主要的观点是通过机器人技术把设计、生产和用户之间的距离缩小了。

微纳米技术给机器人的发展有什么推动和新的应用呢?我们知道微纳米技术的发展重要的方面是出现了很多新的材料,如纳米碳管、石墨烯,把这些材料变成有用的装置,比如传感器、电子元器件,其中很重要的过程就是制造过程。制造过程中需要有工具和一些加工过程,还有车床、铣床和装配的过程,但是在微纳米领域,由于材料尺寸非常小,看不到也摸不着,就给加工带来了很大困难,要做到这一点首先要开发一些新的工具和新的制造手段,这样才能把微纳米材料变成有用的元器件。

机器人技术在这里面起到了一个很重要的作用,帮助人们把原来看不到、摸不着的,变成了能看到、能摸着的,还可以进行装配和生产。我们开发了一套微纳米机器人,这个机器人可以把纳米环境中物质之间的作用力直接拓展,让操作者可以感觉到,这样可以控制微纳米机器人,对微纳米尺度的物质和材料进行操作,而且可以自动的进行操作和装配。

通过纳米机器人的操作,我们可以自动地把纳米颗粒进行移动,装配成你设计的形状。如图1所示,左面是CAD模型,设计了一个三角形,把纳米线弄成三角形,把三个纳米颗粒放在中间。由于这个设计,可以自动转化成机器人的装配程序,纳米机器人自动按照一定的顺序把这个材料装配起来,整个过程是自动的。这里的纳米线的尺度只有100 nm,相当于头发直径的千分之一。

我们通过这个技术开发了一套生产制造系统,直接对纳米线的加工进行装配。首先是把纳米线和纳米碳管做成传感器,包括从材料的选取、装配、电特性的测试到分装的整个加工过程,由此制造了一个红外传感器。由于纳米线有很多独特的性质,比如热噪声非常

小,灵敏度非常高,所以用纳米线做出的红外传感器灵敏度高,而且由于它的热噪声小,也不需要冷却系统,所以能够做出高灵敏度、小体积的红外传感器。要做到这一点主要的困难是必须有可靠的加工装配手段,因为纳米碳管必须做得非常小,传统的做法根本没有办法装配出纳米红外传感器。

再讲一个纳米机器人在生物医药领域的应用。机器人技术最成功的应用领域是制造业,特别是汽车制造业。90%的工业机器人都用于汽车制造过程。而生物医药领域的产值远远大于汽车行业,但是在新药开发的过程中,很多过程都是人工的。对于装配汽车而言,一般的技术工人达到高中毕业水平就可以了。但是在新药开发过程中,研究人员至少要大学毕业,很多是硕士、博士,所以开发成本非常高。怎么把这个过程自动化是一个非常重要的工作,是今天医药行业面临的一个很大的挑战。最重要一点是我们希望怎么把机器人技术用于新药开发的过程。

主要解决3个问题。一个是传感器感知的问题。在新药开发中试验做新药,要有办法测量药效,这是一个感知的过程。同时要有一个操作的过程,就是把药放到指定的地方,控制整个过程。怎么把原来在汽车制造业的技术用于新药开发呢?如果能够做到这一点,经济效益会非常高,但是这面临很大的挑战。汽车里面的零件都是人设计的,尺寸都一样,有误差,但是很小,是一个结构化的环境,对机器人做高速重复性工作是很利。但是在新药

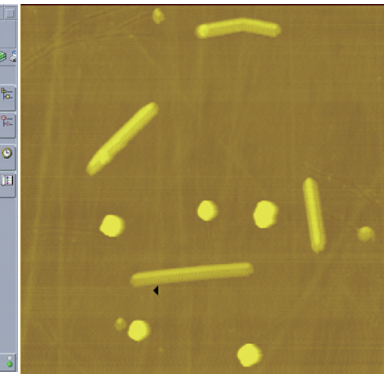


图1 纳米机器人装配

开发的过程中要实验,可能在细胞上试验,每一个细胞长得不一样,位置也不一样,是非结构性的环境,怎么克服这个环境,能够把机器人用于新药的开发,是一个很重要的技术问题。

现在开发一个新药要用10~15年的时间,要花10~15亿美元。像辉瑞制药这样的公司每年只能开发出1~2个新药,花费的钱很多。新的疾病却不断出现,研发药物的费用越来越高,出现的新药越来越少,是人类面临的很大挑战,解决这个问题重要的途径就是把新药开发的过程自动化,如果能够自动化,带来的效益是非常高的。

整个汽车行业的价值是8650亿美元,人们估计机器人和自动化技术产生了6560亿美元的价值,如果不用机器人、自动化,现在的产值也就2000多亿美元,自动化和机器人带来了6000多亿美元的产值。如果用同样的模式到制药工业中,会比汽车产值大,可以达到9800亿美元,但是目前制药行业自动化程度非常低,潜在的价值有6800多亿美元。如果能够成功地把机器人和自动化用于新药开发,产生像今天汽车工业这么大的应用,能够创造五六千亿美元的价值。

我们在这方面做了一个工作,开发了一套自动化系统,就像今天的生产自动化一样,不是装配零件而是开发新药。传送带送来的都是细胞,用机器人把药物放在细胞上是一个操作过程,同时进行测量,看药物的效果。在短时间内对大量的药物直接在细胞上进行筛选可以提高新药开发的效率。要做到

这样,需要操作、传感、控制,这就是机器人技术在里面起到的作用。

下面举2个具体的例子。一个是我们跟中国科学院沈阳自动化研究所合作进行的研究。我们知道淋巴瘤是非常致命的一种癌症,死亡率非常高,但是现在人们开发了一种靶向治疗药物,这种药物在淋巴瘤细胞上有一个靶点,叫CD20,他是一个受体,如果把美罗华这种抗体结合到CD20的受体上,就可以把癌细胞杀死。这个对放疗和化疗都有好处,因为做化疗不管是正常细胞还是癌细胞都杀死,把人的免疫能力破坏了,所以副作用特别大,但是这个没有副作用,所以叫靶向治疗,他只杀癌细胞。但问题是有很多人虽然患有同样的淋巴瘤,但是没有治疗效果,有些人却很有效果。这是一个很重要的问题。如果能在治疗之前预测治疗的效果,对医生进行确诊有很重要的参考价值。但是在治疗之前怎么能知道治疗效果呢?现在我们就开发了一种技术,把病人的癌细胞取出来,用纳米机器人把美罗华的抗体抓起来,直接放到CD20的受体上,然后进行测量,看看能不能把癌细胞杀死。我们发现同样

的癌细胞,CD20和美罗华的结合率是一样的。如果结合率太小杀不死癌细胞,如果结合率大就可以杀死。有了这项技术就可以在治疗前把病人的癌细胞取出来,进行测量,看看美罗华能不能把癌细胞杀死,如果能够杀死的话,我们再进行治疗。这样就能预测治疗的效果,不仅节省病人的费用,同时也节省了很多时间。具体来说,纳米机器人把美罗华的分子抓起来,放到病人CD20的受体上进行测量,通过对测量结果的大量统计,会获得数据,知道当结合率达到一定程度的时候治疗结果是怎样的,这样给医生提供重要的信息,对于癌症的治疗起到了很好的作用。

再有一个工作是帮助新药开发。我们知道很多人的听力不好,是什么原因呢?人的耳朵里有一种绒毛细胞,我们说话的时候,绒毛会震动,绒毛通过震动打开了与细胞上的离子通道,然后离子进入细胞,从这个细胞传到神经上,人们就能够听到东西,这是听力的过程。很多人的绒毛细胞有问题,机械震动以后打不开离子通道,就产不了离子电流,所以就会听不到或者某些频道

的声音听不到。在治疗这种病人时,可以通过实验就知道哪种细胞有作用或者没有作用。做到这一点要有方法,第一要把药物放进去,第二要对细胞进行测量,还要有办法测量离子通道。我们开发了一套系统,通过纳米机器人推动绒线,同时测量离子电流。在小的环境中,我们就可以对药物进行高速的筛选,开发出新的药物,就可以治疗因绒线细胞障碍而产生的听力问题。

今天讲这几个例子主要想说明一点,机器人技术除了代替人以外,更重要的是还能拓展人的功能,能够做一些人做不到的事情。通过跟信息技术结合可以在远处进行感知和控制。通过纳米机器人可以在微小的环境中进行感知和控制。机器人能够克服由于距离、尺度、环境给人带来的困难,然后进行操作和控制。机器人除了代替人在我们的范围内有广泛的应用以外,还在我们看不到、摸不着的环境里,机器人同样可以起到很大的作用,创造很大的价值,为人类做出很大的贡献。

(责任编辑 史永超)