



表情机器人研究现状

岳翠萍^{1,2} 梅涛¹ 骆敏舟¹

(1 中国科学院合肥智能机械研究所仿生感知与控制研究中心, 230031

2 中国科技大学自动化系, 230031)

摘要: 本文首先介绍对表情机器人的研究具有指导意义的恐怖谷理论, 其次介绍表情实现的理论基础, 即通过对脸部肌肉的分析说明表情运动的机理和实现机器人表情的方法。在此基础上, 本文综述近年来国内外表情机器人的研究实例, 最后就该领域的研究内容及如何进行更深层次的研究进行探讨。

关键词: 机器人; 仿人机器人; 面部表情; 人机交互; 恐怖谷

0 引言

随着工业机器人技术的日趋成熟和完善, 机器人开始逐步走入医疗、保健、家庭、体育和服务性行业, 对机器人的要求也从简单重复的机械动作提升为研制具有高度智能性、自主性以及与其他智能体交互的仿人机器人。这种机器人不再面向简单环境中的给定任务, 而是面向与复杂环境的交互, 强调个性和智能化的情感表达。为此, 仿人机器人需要识别和理解人的情感状态, 能根据外界环境的变化产生各种情绪, 具有较强的情感处理能力, 并通过适当的行为和表情对情感进行表达, 能体现出仿人机器人所具有的性格。

面部表情是情绪在面部的表现, 它是情绪表达的主要通道。在婴儿学会说话以前, 人的面部表情是婴儿认知和学习的主要来源; 婴儿本身的表情是他们传达意愿和需要的主要手段。婴儿和成人之间的交往是通过表情这一媒介进行的; 通过感情的传递, 发展着儿童的社会行为和儿童、成人的相互关系。成人在社会交往中, 面部表情是语言交际的重要辅助手段。由于面部表情在人类具有习得的性质, 所以它可以人为地加以控制, 既可以夸大也可以抑制; 既可以掩盖也可以伪装。美国著名心理学家Albert Mehrabian^[1]经过研究发现, 人在进行情感表达时, 语言只表达7%的内容, 声调也只能表达38%

的内容, 而55%的内容全由人的表情与动作来表达, 可见表情交流的必要性。所以, 研究人与机器人的面部表情交流的重要性也越来越明显。

1 表情实现的理论基础

1.1 恐怖谷理论对表情机器人研究的影响

日本科学家森政弘(Mori)的“恐怖谷”(Uncanny Valley)理论^[2]指出, 由于机器人与人类在外表、动作上都相当相似, 所以人类亦会对机器人产生正面的情感; 直至到了一个特定程度, 他们的反应会突然变得极为反感。哪怕机器人与人类有一点点的差别, 都会显得非常显眼刺目, 让整个机器人显得非常僵硬恐怖, 让人有面对行尸走肉的感觉。可是, 当机器人的外表、动作和人类的相似度继续上升时, 人类对他们的情感反应亦会变回正面, 贴近人类与人类之间的移情作用。

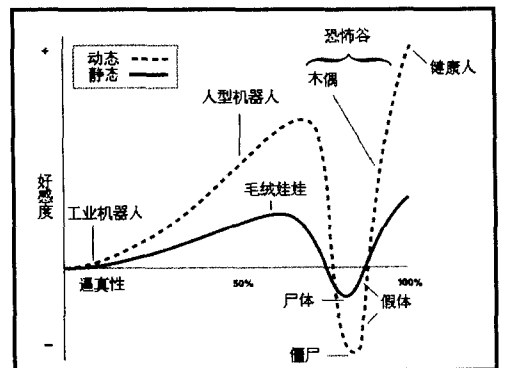


图1 恐怖谷理论

[作者简介] 岳翠萍(1985-), 女, 硕士, 研究领域: 仿生机器人。

梅涛(1962-), 男, 博士, 研究员, 研究领域: 特种机器人, 信息获取, MEMS。

骆敏舟(1972-), 男, 博士, 副研究员, 研究领域: 特种机器人, 机器人手爪。



同时,动作比外表更容易让人发现机器人与人的差异,如图1^[3]所示。

大脑中从感觉器官(下丘脑)到情感系统(脑垂体)有两条甚至多条路径。一条是直接路

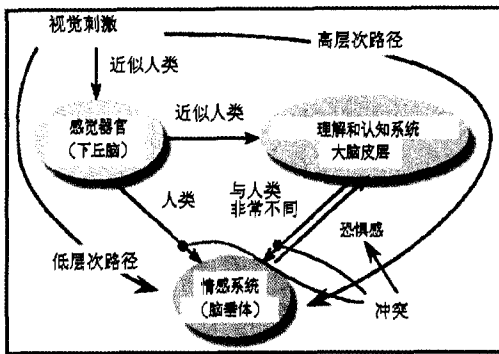


图2 由于感觉和认知信息的冲突导致恐怖感

径,另一条要先通过理解和认知系统(大脑皮层),才能到达情感系统。脑垂体通过直接路径(低层次路径)获得粗糙的视觉刺激。当人看见一个物体很像人类时,脑垂体通过低水平路径得到的信号说明这个物体是人类,而通过高路径得到的信号说明这个物体跟人类差别很大。这种竞争状态导致的冲突就会使人产生恐惧感(见图2^[4])。

如果机器人的外表非常像人类,人们就会把这个仿人机器人当作人类,因此有一点微小的差异都会产生很奇怪的感觉^[4]。例如实现机器人的微笑表情时,变形速度是一个很重要的因素,如果变形速度控制不好看上去很不自然。动作的微小改变都可能导致机器人陷入恐怖谷。

这对研制仿人机器人有很大影响。表情机器人的研制者,有的害怕陷入恐怖谷,尽量避免研发和人非常类似的机器人系统,将机器人与人的相似性限制在如图1所示的第一个峰值前,制造出拥有某些特征,但是又很容易与人类区分开的机器人,还有的一直在尝试如何利用类似人的行为来越过恐怖谷,达到曲线的第二个峰值。

1.2 脸部肌肉分析

面部表情是肌肉运动的结果,为了了解表情的产生原理,我们首先进行面部肌肉的分析。

人脸的表情变化是由位于面部肌肤下层的表情肌的变化产生的,收缩时带动皮肤运动,当各个表情肌协同工作时,就能使面部呈现不同的表情。一般起于骨或筋膜,止于皮肤,可分为额顶肌、眼周围肌、口周围肌等(见图3)^[5]。

1) 额顶肌:由成对的枕腹和额腹以及中间的帽状肌组成。枕腹可向后牵拉帽状腱膜和头皮,额腹收缩则可提眉并使额部皮肤出现皱纹。

2) 眼周围肌:包括眼轮匝肌和皱眉肌。眼轮匝肌位于眼裂周围,收缩时可使眼裂闭合;皱眉肌起始于额骨,抵止于眉中部和内侧面皮肤,牵眉向内下方,使眉间皮肤

形成皱褶。

3) 口周围肌:口周围肌包括辐射状肌和口轮匝肌两种。辐射状肌分别位于口唇的上下方,能提上唇、降下唇或拉口角向上、下或外等不同方向。

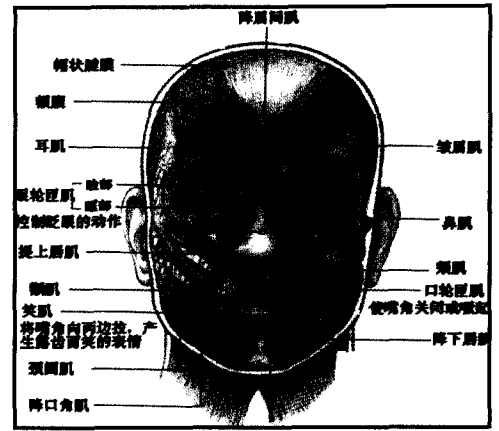


图3 脸部表情肌的分布

1.3 情感与表情的对应

每一种情绪都有特定的面部肌肉活动模式。面部表情可以用额眉部、眼鼻部和口唇部的变化来标示。每一种具体的情绪都是这3个部位肌肉运动的不同组合构成的。美国心理学家Paul Ekman^[6]分别对面部3个区域的肌肉运动以不同的情绪分别进行标定,并且提出了面部编码系统(Facial Action Coding System, FACS)。目前的表情机器人大多根据FACS和6种基本表情研制。

在FACS的44个运动单元(AU)元中(这44个活动单元指的是脸部肌肉的运动),有24个运动单元与人的表情有关,但其中6种基本表情所需的是14个运动单元,如表1所示。为了实现表中AU的运动,我们研究人类面部肌肉的运动位移与方向,可以得到6种基本面部表情运动单元的最佳组合,如表2所示。机器人要产生仿人的表情,在机器人面部皮肤上需要设计与各AU点对应的表情控制点,具体如图4所示。面部表情驱动机构(一般采用电机、气缸驱动)与表情控制点相连,通过表情控制点的组合和位移变化,机器人可以呈现不同的面部表情。

表1 与表情相关的运动单元及相应的控制点

运动单元	表情改变	控制点	
		左	右
1	内眉抬高	2	3
2	外眉抬高	1	4
4	眉毛降低	5, 6	7, 8
5	眼睑抬高	9	10
6	面颊抬起 眼睑收缩	11	12
7	眼睑下垂	9	10
9	鼻子皱		13
10	嘴角下垂		13
12	嘴角上扬	11	12
15	嘴角下垂	16	17
17	下颚抬起		18
20	嘴唇张开	14	15
25	嘴唇张开		18
26	下颚降低		18及电机



表2 基本表情所需的运动单元

基本表情	运动单元
惊讶	1+2+5+26
害怕	1+2+4+5+7+20+25, 26
厌恶	4+9+17
生气	4+5+7+10+25, 26
高兴	6+12+(26)
悲伤	1+4+15

2 表情机器人的研究实例

国内外一些大学和研究所都在从事表情机器人的研究，并取得了一些新的进展。下面分别从不同的表情驱动方法了解表情机器人的研究现状。

2.1 采用伺服电机控制的表情机器人

由于国内的表情机器人均采用电机控制的方法，所以我们将国内和国外的研究实例分开比较。

2.1.1 国内的表情机器人

哈工大H&T robot-II型仿人头像机器人如图5所示，具有视觉、表情识别功能，成功地再现了人类的自然、开

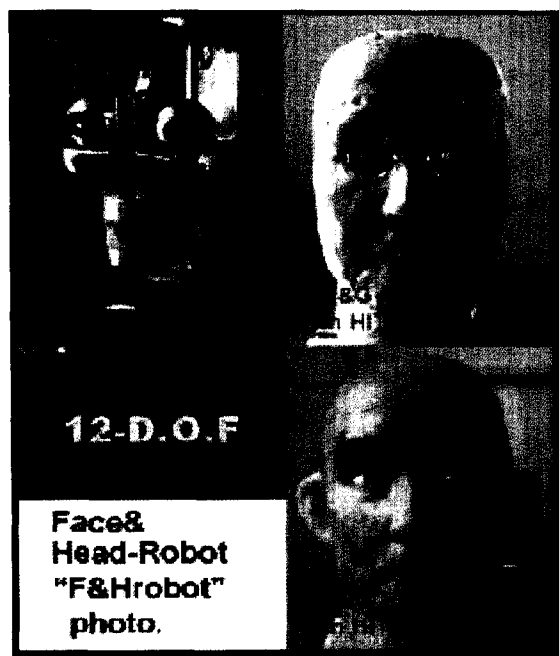


图5 哈工大H&T robot仿人头像机器人

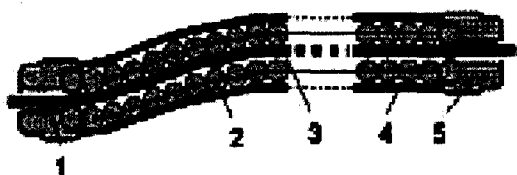


图6 表情驱动单元结构

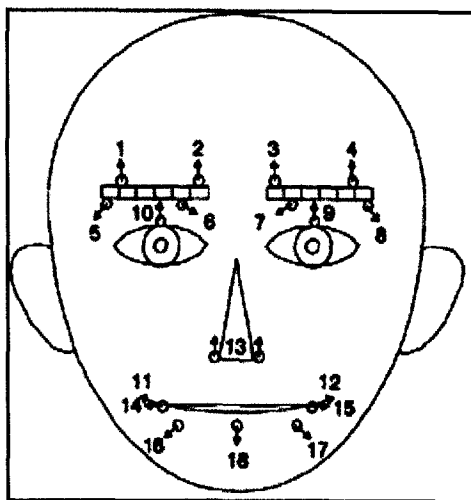


图4 面部表情控制点

采集装置获得表情图像，然后用表情识别软件进行表情识别，系统通过控制器驱动仿人头像机器人实现表情再现。表情驱动机构采用的是电机和非金属绳索牵引机构。非金属绳索牵引机构如图6所示^[8]，弹簧2是由圆形截面的钢丝绳制成，外面由管4包裹，1、5为固定端点，工作电机带动非金属绳3在弹簧2中滑动。

2007年北京科技大学运用了机械设计、传感器技术、舵机控制、嵌入式系统、人工智能等技术设计了一个情感机器人头^[11]，它可以和人进行对话并产生表情，如图7所示。

国内研究的表情机器人基本可以实现六种表情，但是还不能和真人相比，不够逼真。存在的主要问题是缺乏合适的、与真人皮肤接近的材料，要找到感官和弹性各方面性能都符合的材料比较困难。

2.1.2 国外的表情机器人

美国麻省理工学院人工智能实验室的计算机专家辛西娅·布雷齐尔从人类婴儿与看护者之间的交流方式中得到启发，开发了一个名为Kismet^[12]的婴儿机器人。在面部特征上，该机器人具有15个自由度，

心、生气、厌恶、悲伤、惊讶6种面部表情^[7-10]。通过5组不同人的表情识别测试得到80%的识别成功率。H&T robot-III增加了说话对应口形的功能^[9]。

整个系统由H&T ROBOT-II仿人头像机器人本体、CCD采集装置、主控计算机、表情识别程序、智能控制单元、PCI接口卡、单片机控制电路组成。通过CCD



图7



图8 Kismet表情机器人



分布在眉毛、耳朵、眼球、眼睑、嘴唇等位，每只眼睛装有一个5.6mm焦距的彩色CCD摄像机，在耳朵上装有微型麦克（见图8）。装有由8个50Hz的DSP组成的并行网络进行图像处理，两个微控制器作为机动系统。该机器人具有与人类婴儿相似的行为方式和能力，比如模仿父母与孩子之间表示情感的反馈方式，婴儿向父母表达需求和愿望的方式，以及婴儿自我学习与人和环境交流的方式等等。它的外表虽然并不完全像人，但已能通过他的眼睛、耳朵以及大脑来识别人类的情感，并能够表达出相应的喜、怒、哀、乐等丰富的表情。

Kismet的情感状态空间属于情感空间计算模型，由唤醒度(arousal)、价(valence)和态(stance)三维构成，空间中每个点均代表一种情感状态，整个

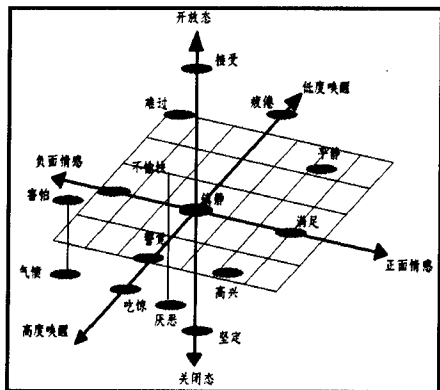


图9 Kismet的情感空间

空间被分成以若干个点为中心的几个区域，每个区域代表特定的一种情感状态(如图9)^[13]。某时刻的情感状态综合Kismet的感知系统、动机系统和行为系统的数据而得到，然后距离该情感点最近的区域被激活。Kismet根据该区域代表的情感状态产生相应的面部表情，表情的强度和该情感状态点与被激活区域中心的距离成正比。

Kismet不具有拟人的皮肤，但是其情感的控制方法值得借鉴。

2003年，在美国科罗拉多州首府丹佛举行的美国科学促进会的年会上，展出了一种有着女性脸型的新型机器



图10 K-bot脸形机器人

人K-bot(图10)，这种机器人能按照指令完整地模仿并表达人类的28种面部表情，而且它的面部还会随着年龄的变化而出现皱纹。发明者David Hanson称，K-bot的脸是由一种他发明的具有24种人造肌肉的导电聚合物制造成的，原料来自人造橡胶和泡沫混合物，脑袋内装有24个变速装置及众多连接面部“肌肤”的尼龙丝，因此能使面部做出更多的表情动作。该机器人主要的特点在于具备柔软的皮肤^[14]。

日本可可洛公司(Kokoro Dreams)和先进传媒公司制造的另一个机器美女Actroid^[15]，仅为130cm，体重只有30kg，有拟人的眼球、睫毛、会动的嘴唇和人造肌肉，具备拟人表情，能听懂4万多个中文、英文、日文和韩文语句，并配备适用于2000多种答案的面部表情(见图11)。图12是其复杂的头部结构，由小型驱动器带动各器官运动。图13是机器人的内部身体和整体皮肤，身体表面装有11个触觉传感器，可以与人进行互动。

Actroid虽然具有拟人的皮肤，但是表情还是通过眼睛、睫毛、嘴等表现的，并没有具体到脸部皮肤的表情动作，因此表情很简单；身体为整体结构，所以肢体语言也不丰富。

Albert HUBO机器人^[16]，这是第一个具有表



图11 Actroid DER2的外型

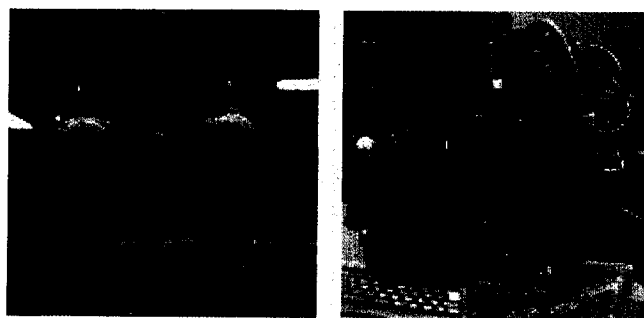


图12 Actroid DER2头部结构



图13 Actroid皮肤、内部身体及触觉传感器



图14 Albert HUBO机器人头部

情的步行机器人，表情和身体分别用两台计算机控制，如图14所示。头部使用舵机控制表情，使用RS232总线与主机PC通信。控制头部的PC机还处理语音和视觉信息。头部具有31个自由度，28个伺服电机控制脸部表情，3个伺服电机控制颈部运动，可以实现大笑、惊讶、悲伤和生气的表情。

AlbertHUBO机器人表情极为丰富，与真人很像，且会行走，脸部与身体各部分协调很好。其不足之处是身体还是机器人的坚硬外壳，感觉不像真人。

2.2 采用气动驱动的表情机器人

早在1996年，东京理工大学原文雄教授就制作出机器人AHI。如图15所示，该机器人外观是一女性人头，装有假牙、硅橡胶皮肤和假发；驱动表情的18个控制点可以实现人的6种基本表情：喜、怒、厌、悲、恐、惊；塑料的眼球后面安装有18mm的CCD微型摄像机，用来采集目标面部图像数据，由大脑里的分层神经网络进行面

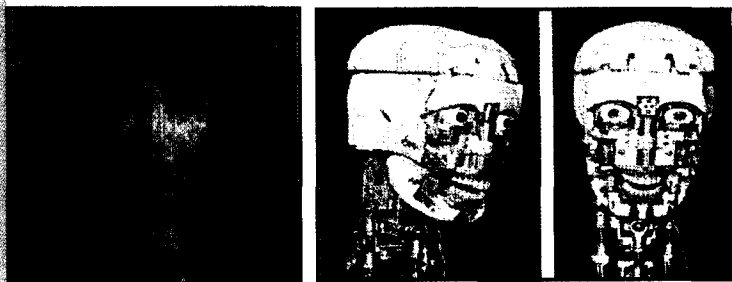


图15 东京理工大学的AHI机器人

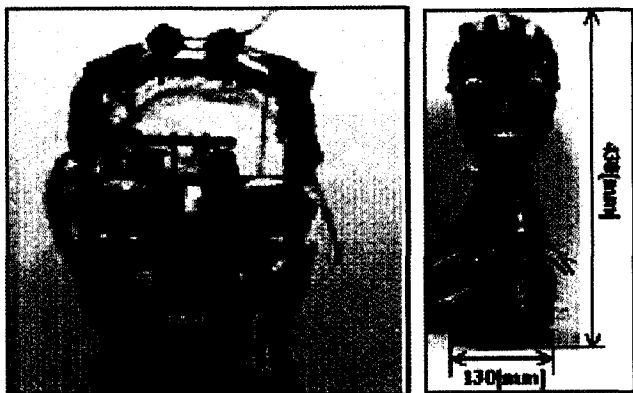


图 16 SAYA机器人的头部骨架

部表情的实时识别，可以识别喜、怒、厌、悲、恐、惊6种基本表情。从相关文献[17-24]中可以看出，机器人从柔性微驱动器flexible microactuator (FMA) 驱动到形状记忆合金shaped memory alloy (SMA) 驱动，再到微型柔性驱动器驱动Actuator for the face robot including Displacement Sensor (ACDIS)，最后到气动人工肌肉驱动，一步步在优化，使机器人体积减小，重量减轻。

东京理工大学于2002年开发的SAYA机器人^[25-26]，能

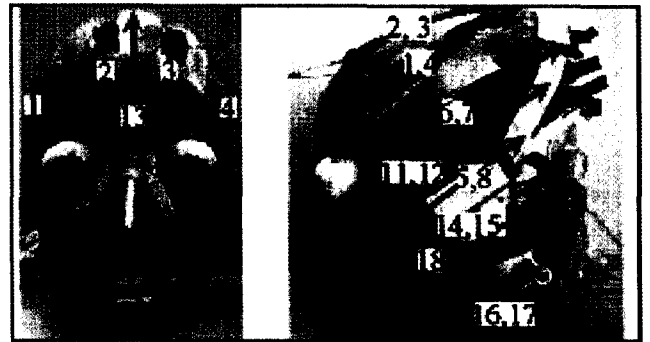


图17 SAYA机器人的人工肌肉驱动方向



图18 脸颊抬起机构

够识别面部表达的情绪，并且可以由人工肌肉带动产生相应的面部表情（见图16）。其人工肌肉采用的是气动驱动。为了让机器人的行为更像真人，研究者在点头等动作方面进行了改进^[27]。图16左图为机器人头部的基本骨架，右图是头部外壳，头部下面是人工驱动肌肉驱动器；图17为表情驱动点位置和方向；图18是脸颊抬起机构。通过图片，人们可以很清楚地看到皮肤和驱动点之间是如何连接的，皮肤与壳之间又是如何连接的。图19是基本表情的实现效果。SAYA机器人拥有女性的外观，结构比其他的表情机器人简单。

AHI机器人与SAYA机器人有着共同的缺点：首先，微笑看起来不逼真，因为这个机器人的皮肤没有考虑到从鼻翼两侧延伸向嘴角的两条对称纹路（法令纹），如果能使嘴角拉伸时使皮肤沿着法令纹堆积，就更像真人一些；其次，没有对话的功能，缺乏和人的语言沟通。

在2005年爱知世博会上，大阪大学工程学教授石黑浩展示了一台名叫ReplieeQ1的女性机器人，其外形是复

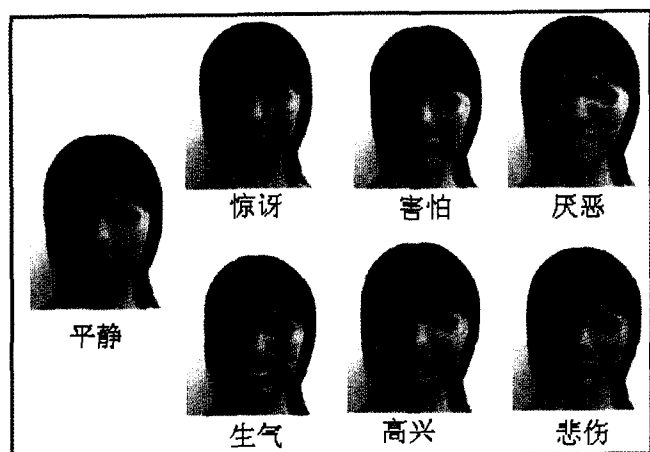


图19 基本表情的实现效果

3 表情机器人的主要研究内容

对于表情，从心理学的角度研究感情和表情的对应，从医学的角度研究表情变化的肌肉构造和运动，这些都为我们研制表情机器人提供了依据^[35]。在机器人领域中，关于面部表情方面的研究主要集中在以下几个方面。

3.1 仿人头部

仿人头部主要分为两部分，一是头部的器官和基本骨架，另一部分是面部表情，包括人造皮肤的研制和表情的驱动机构。

3.1.1 头部的器官和基本骨架

为了产生仿人的表情，仿人头像机器人应该具有和人类相似的面部结构，至少拥有产生各种表情的面部器官，如眼睛、嘴巴、鼻子、眉毛。采用机械结构构成头部，安装摄像机、麦克、气敏传感器、味觉传感器等构成头部和眼、耳、鼻、口、舌等器官，各器官的运动自然就会产生一些简单的表情。头部基本机构应包括点头运动机构、摇头运动机构、眼球运动机构、眼睑运动机构、下颚运动机构等，这些机构的巧妙设计会给头内部留有更多的空间来安装面部皮肤的驱动器，使得机器人头部的大小跟真人比较接近。

3.1.2 皮肤材料

皮肤的材料是表情机器人研制的难点之一。为了使机器人能产生理想的表情，机器人的面部皮肤材料除了从感官上要像真人的皮肤外，还必须能够经得起受力引起的撕裂、老化等问题，尤其要考虑与表情相关的眼角、眼睑、嘴角等部位皮肤的性能。所以皮肤材料应具有良好的强度、抗撕裂性、抗老化性；以及面部驱动点连接及与外壳粘接等容易实现等优点。现在的人造皮肤多为硅橡胶，硅橡胶有很多种，我们要根据真人皮肤的弹性等方面的性能指标寻找或者自己研制符合要求的硅橡胶作为表情机器人的皮肤。

3.1.3 表情驱动

1) 面部控制点的数量、分布和牵引方向

目前的机器人表情大多基于Paul Ekman所划分的44种运动单元和6种基本表情，以及在六种基本表情基础上扩展的若干种表情，并且都是采用绳索牵引面部控制点运动产生表情。现在的机器人多数为20个左右的控制点，Albert HUBO机器人有30多个控制点，表情就更加真实，可见需要适当增加面部控制点。表情是由于肌肉带动产生的，应该按照人面部的肌肉的分布来确定表情驱动点的位置和驱动的方向。表情的变化过程更能引起人的注意，如果太快或太慢，都会引起人的反感，所以需要优化控制点的动作幅度和速度。



图20 日本大阪大学展示的仿真女性机器人

制日本新闻女主播藤井雅子，动作细节与人极为相似（见图20^[28]）。参观者很难在短时间内发现这其实是一个机器人。这个“女性”机器人不仅外表酷似真人，还能模仿播音员讲话，同时头部、上肢和上身能活动。躯体内安装有31部驱动器，灵敏的程控空气压缩机能让她的上半身灵活自如地行动，做出类似人类身体语言一样的动作，摆动双手，甚至还会做出类似呼吸的微妙动作。体内的传感器使“她”在发现有人靠近时，还会做出宛如真人的眨眼和张开嘴巴等动作。

为了能使机器人上肢的运动更像人类，设计者又对ReplieeQ1进行了改进，更名为ReplieeQ2^[29]。

以上是一些在表情机器人方面有代表性的研究成果。其他还有如：由RIKEN脑科学学会的实验室、南加利福尼亚大学的计算机系及电机控制实验室、SARCOS公司合作开发的名为MAVeric的机器人头部^[30]，日本早稻田大学理工学部高西研究室开发的WE-3R系列机器人^[31-32]，东京理工大学小林宏教授从1994年开始研制的Mark系列面部表情机器人，韩国工业技术研究所研制的仿真机器人“伊芙R-1”^[33]、KASPAR机器人^[34]，中国科学院自动化研究所研制的机器人“童童”等。



2) 表情控制点的驱动方式

科学家一直在探索表情控制点的驱动方式，电机驱动、形状记忆合金驱动（SMA）、气动人工肌肉驱动等。不同的方式有各自的优缺点。

电机驱动导致传动系统复杂化，引起结构复杂、使得机器人头部比较大，不符合仿人性的要求。

SMA驱动器具有以下优点：功率/质量比大；结构紧凑、轻巧，可直接输出直线运动；动作柔顺、适应性强，可感知温度和位移的变化；无噪音、无污染；易于控制，可通过控制电压或通电时间来实现加热控制。其缺点是响应慢、位移小、寿命短、退化和耗电。SMA驱动器在表情机器人上要得到更好应用就需要克服这些缺点。

如图21^[25]是气动人工肌肉的原理图及外观。人工肌肉主要由一根橡胶管外包强力塑料网构成，当被充气 and 吸气时，可以像人的肌肉一样伸缩。因其具有重量轻、成本低、运动平滑、动力强劲、适配性强等有点，所以特别适用于机器人。采用人工气动肌肉驱动后，机器人的体积和重量明显减小，但是气动驱动需要空气压缩机、控制阀等大而重的配套设备，整个机器人的重量并没有减少，所以不适合机器人行走，制作的机器人只能呆在某一固定的位置，无法自由移动。

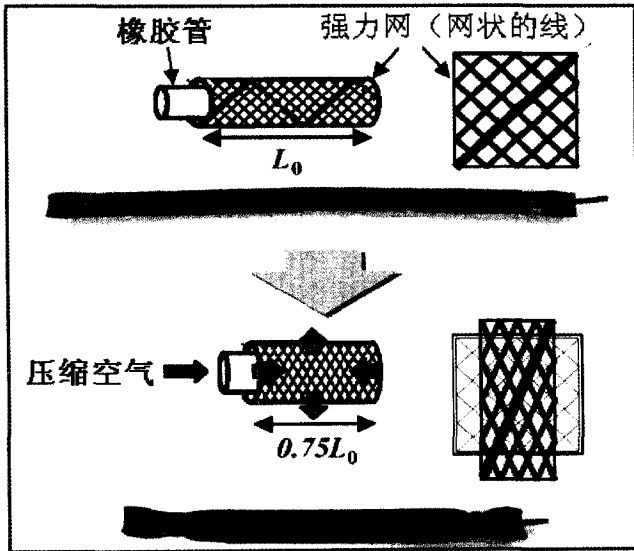


图 21 气动人工肌肉原理图及外观图

因此，科学家未来的任务是研制质量轻、体积小、效率高、反应速度快、动作平稳连续、无冲击、控制尽可能灵活等要求的新型人工肌肉驱动器及仿生执行装置，探索人工肌肉和机构更加合理结合的表情实现方法。

3.2 情感识别

3.2.1 图像识别

目前，机器人主要通过脸部图像来识别人情感。人脸表情识别就是对人脸的表情信息进行特征提取分析，按照人的认识和思维方式加以归类和理解，利用人类所具有的情感信息方面的先验知识使计算机进行联想、思考及推理，进而从人脸信息中去分析理解人的情绪，如快乐、惊奇、愤怒、恐惧、厌恶、悲伤等^[36]。

机器人如何识别人的面部表情重点包括机器人的视觉、图像分析方面的技术：人脸的检测与定位、表情特征提取及表情分类识别。

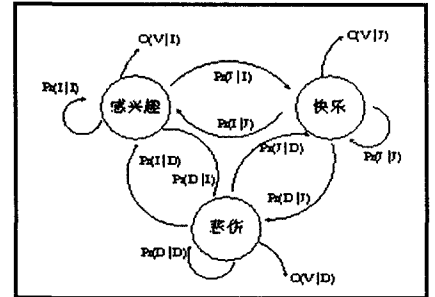


图 22 基于HMM的离散情感模型

3.2.2 增加情感识别的途径

面部表情、言语表情和身段表情相互联系，共同传递情绪信息。由于情绪可以为主体所控制，所以把表情与自主神经系统的生理变化和主观体验三方面结合起来，才是识别情绪的可靠办法。

机器人不仅可以通过面部表情来判断人的情感，还可以综合其他的检测方法来提高情感识别的正确性和丰富性：利用麦克风记录音调、共振峰、节拍和力度等非词汇信息来识别人的情感，在此基础上设计语音对话系统，根据所识别的情感对用户做出合适的回答；利用体表传感器测量肌肉的紧张程度、心跳的变化等心理学信号来识别情感，甚至根据运动信号等来识别人的情感等。表情机器人既拥有众多的传感器，又面临在非结构化和复杂环境下工作的挑战，所以迫切需要一个能够处理各种信息（包括部分认知信息）的通用架构，以便为在其上开发的各种认知和情感应用打下基础。

3.3 情感建模

3.3.1 目前的情感模型

为了实现机器人的情感表达要进行情感建模。人工情感的建模大致可分为三类：离散状态情感模型、情感空间计算模型、基于规则模型^[13]。

图22^[37]是一种用HMM表示的离散情感模型，其中只表达了三种情感状态（可扩充），图中Pr表示状态的迁移概率（Pr(I|I)、Pr(J|I)、...），O表示观测输出（O(V|J)、O(V|I)、O(V|D)），V表示受情感状态影响的、可测的机体反应。情感状态通过一组特征定义，这组特征可以是任何可以测量或计算的信号，如情绪响应上升时



间、峰值间隔的频率变化范围等。转移概率描述情感状态之间的相互转移。HMM模型输出是一个人最可能的情感状态。

情感空间计算模型是一种连续模型。利用这种模型,例如Kismet的情感空间模型,当前情感信号可以被分成一些基本的部分,更有利于计算机对当前情感的评价。

3.3.2 未来研究方向

传感器获得信息后,通过所建立的情感模型得到机器人现在的情感,并通过机器人的脸部表情表达出来。

让智能机器拥有情感处理能力一直是人类追求的一个目标。科学家正在研究表情机器人如何更形象化地表达内部情感状态,研究更完善的情感控制方法,并建立相应的控制模型,进行栩栩如生的情感交互。

情感能为表情机器人提供所需的自主性,并且是智能的最终来源。情感常用来调节仿人机器人的行动(如驱动电机的增益)、外部目标的选择等,同时可以改善仿人机器人的脸部表情,加强表情机器人与人交流的真实感。

3.4 面部表情如何与其他行为相协调

3.4.1 面部表情与头部动作相协调

从心理学和解剖学的角度关于表情的研究表明,表情变化包括表情肌肉和头部器官的运动,人们在表情方面不自觉地使用形体语言。为了使头部机器人更好地实现不同表情,将头部运动与面部表情结合起来,使他们达到协调运动,从而进一步加强对表情的表达。

以下是几种常见的面部表情与头部动作协调表达自己意见时的头部整体行为。

人在表达高兴地赞同别人意见——微笑表情+点头动作;

在对别人意见有疑虑不同意时——疑虑表情+摇头动作;

对别人意见还有疑虑在思考时——疑问表情+稍低头部并侧偏动作;

对别人不屑一顾时——轻蔑表情配合眼球动作+头部稍侧转。

通过基本面部表情与头部动作的组合加强所要表达的情感,这使得机器人的行为更接近人类。

3.4.2 面部表情与身体各姿态相协调

表情机器人不是只有一个头部,还应有仿人的身体,特别是手部,因此当机器人在动嘴说话时,动作、表情、姿势等非语言交际手段会辅助自然语言进行交际。要想让机器人更像人类,就需要协调机器人多方面的动作。

用以表达情绪的身体动作,以手和脚为主,尤以手的动作为主。如快乐时手舞足蹈;惧怕时手足无措。

整个表情机器人既要控制面部表情和头部动作,又要协调手部、腿部的动作,就需要有多台计算机分别控

制,涉及到动作的同步性、实时性等多方面的要求。

4 结论

根据恐怖谷理论,为了避免机器人陷入恐怖谷,人们在制造机器人时,可以让机器人仅仅具有一些类人的特征,限制在曲线的第一个峰值前,从而在外表上很容易与人区分开。但是为了获得人类的最大好感,机器人必须克服恐怖谷,利用几乎完全类似人的外表和行为活动达到曲线的第二个峰值,这就对研制表情机器人提出了更高的要求。

现在科学家对表情机器人已有很多研究,虽然机器人可以表现出一定的情感,但看起来远没有人类的面部表情丰富细腻。未来机器人想要做得更好,跨越恐怖谷,达到与真人百分百的类似,除了需要不断地细化表情,并辅助以一些仿人的动作,可能更需要新型的智能材料作为脸部皮肤,彻底改变用绳索驱动产生表情的方法,利用新型皮肤的特殊性能,采用其他方法产生控制点的运动。

未来的仿人机器人不仅具有拟人的外貌、动作、行走和语音,还具有拟人的情感、娱乐性,与人类能够进行智能交互。这样的机器人一旦研制成功,一定会使得仿人机器人得到迅猛发展,受到人们的喜爱,走入人类的工作和生活。

参考文献

- [1] MEHRABIAN A. Communication without words [J]. *Psychology Today*, 1962, 2(4).
- [2] Mori M(1970). The uncanny Valley. *Energy*, 7(4):33-35.
- [3] 维基百科. 恐怖谷理论 <http://www.zh.wikipedia.org/wiki.2008.11-4>.
- [4] SHIMANDA M, MINATO T, ITAKURAL S, et al. Uncanny Valley of Androids and Its Lateral Inhibition Hypothesis. 16th IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication, Jeju, Korea, August 26 - 29, 2007: 374-379.
- [5] 林锡乾, 姚士硕. 人体解剖学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990:251-300.
- [6] EKMAN P, Friesen M. Facial Action Coding System. Consulting Psychologists Press, 1978: 548-571
- [7] 吴伟国, 宋策, 孟庆梅. 仿人头像机器人“H&Frobot-III”语音及口形系统研制与实验. *机械设计*, 2008, 25(1):15-19.
- [8] WU Weiguo, MEN Qingmei, WANG Yu. Development of the humanoid head portrait robot system with flexible face and expression. Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics August 22 - 26:757-762.
- [9] 孟庆梅, 吴伟国, 王瑜. 机构及面部柔性体混合模型下的仿人头



机器人行为仿真. 系统仿真学报, 2005, 17(6):1466-1468.

[10] 鹿麟, 吴伟国, 孟庆梅. 具有视觉及面部表情的仿人头像机器人系统设计与研制. 机械设计, 2007, 24(7):20-24.

[11] 李娜, 陈工, 王志良. 表情机器人设计与实现. 微计算机信息, 2007, 23(12-2):232-234.

[12] BARTNEC C, OKADA M. Robotic User Interfaces. Proceedings of the Human and Computer Conference, Aizu: 130-140.

[13] 肖南峰著. 仿人机器人. 北京: 科学出版社, 2008.

[14] 美科学家研制出新型机器人会28种表情. 科学眼, 2003(2):8.

[15] MINATO T, SHIMADA M, ISHIGURO H, et al. Development of an android Robot for studying Human-Robot Interaction. R. Orchard et al. (Eds.): IEA/AIE 2004, LNAI 3029:424-434.

[16] PARK I W, KIM J Y, CHO B K, et al. Control hardware integration of a biped humanoid robot with an android head. Robotics and Autonomous Systems, 2008(56):95-103.

[17] KOBAYASHI H, HARA F. A basic study on dynamic control of facial expressions for face robot. IEEE International Workshop on Robot and Human Communication 1995: 275-280.

[18] HARA F, KOBAYASHI H. A Face Robot Able to Recognize and Produce Facial Expression. Proc. IROS 96. Intelligent Robots and Systems, 1996:1600-1607.

[19] HARA F, KOBAYASHI H. Real-time Facial Interaction between Human and 3D Face Robot Agent. IEEE International Workshop on Robot and Human Communication, 1996:401-409.

[20] KOBAYASHI H, HARA F. Facial Interaction between Animated 3D Face Robot and Human Beings. 1997: 3732-3737.

[21] KOBAYASHI H, AKAZAWA H, HARA F. Study on New Face Robot Platform for Robot-Human Communication. Proceedings of the 1999 IEEE International Workshop on Robot and Human Interaction, 1999: 242-247.

[22] HARA F, AKAZAWA H, KOBAYASHI H. Realistic Facial Expressions by SMA Driven Face Robot. IEEE International Workshop on Robot and Human Communication, 2001:504-511.

[23] KOBAYASHI H, ICHIKAWA Y, TSUJI T. Face Robot-Toward Real-time Rich Facial expressions. IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, 2001: 518-523.

[24] KOBAYASHI H, ICHIKAWA Y, SENDA M, et al. Toward Rich Facial Expression by Face Robot. International Symposium on Micromechatronics and Human Science, 2002: 139-145.

[25] HASHIMOTO T, HITRAMATSU S, TSUJI T, et al. Development of

the Face Robot SAYA for Rich Facial Expressions. SICE-ICASE International Joint Conference, October 2006: 5423-5428.

[26] HASHIMOTO T, HITRAMATSU S, KOBAYASHI H. Development of Face Robot for Emotional Communication between Human and Robot. Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation June, Luoyang, China, 2006: 25-30.

[27] HASHIMOTO T, HITRAMATSU S, TSUJI T, et al. Realization and Evaluation of Realistic Nod with Receptionist Robot SAYA. 16th IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication, Jeju, Korea, August 26 - 29, 2007: 326-331.

[28] 大旗网. 九个震撼的时刻. <http://www.daqi.com>

[29] MATSUI D, MINAT T, MACDORMAN K, et al. Generating Natural Motion in an Android by Mapping Human Motion. Intelligent Robots and Systems, 2005. IEEE/RSJ International Conference, 2005: 3301-3308.

[30] VIJAYAKUMAR S, D' SOUZA A, SHIBATA T, et al. Statistical learning for humanoid robots[J]. Autonomous Robot, 2002, 12(1): 55-69.

[31] MIWA H, UMETSU T, TAKANISHI A, et al. Human-like that has Olfactory Sensation and Facial Color Expression. Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics & Automation Seoul, Korea. May 2001:459-464.

[32] MIWA H, OKUCHI T, TAKANOBU H, et al. Development of a New Human-like Head Robot WE-4. Proceedings of the 2002 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems EPFL, Lausanne, Switzerland, Oct. 2002: 2443-2448.

[33] 新华网. 韩国成功研制出仿真美女机器人. <http://www.xinhuanet.com> 2008. 10.

[34] BLOW M, DAUTENHAHN K, APPLEBY A, et al. Perception of Robot Smiles and Dimensions for Human-Robot Interaction Design. The 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN06), Hatfield, UK, September 6-8, 2006:469-474.

[35] 罗旒亘, 张永德, 宋继良. 机器人仿生面部系统研究综述. 机器人, 2003, 25(3): 282-289.

[36] 王志良, 陈锋军, 薛为民. 人脸表情识别方法综述. 计算机应用与软件, 2003:63-66.

[37] 杨国亮, 王志良. 情感建模研究进展. 自动化技术与应用, 2004, 23(11): 1-4.

Face Robot: A Review

YUE Cui-ping^{1,2}, MEI Tao¹, LUO Min-zhou¹

1 Center for Biomimetic Sensing & Control Research, Institute of Intelligent Machines, CAS
2 Automation Department, University of Technology and Science of China

Abstract: Firstly, this paper introduces the theory of Uncanny Valley that has a directive signification on the research of face robot. The theory basis of expressional realization which explains mechanism of the expressional movement and the methods of expressional realization by analyzing facial muscle is described later. Based on these, both the foreign and domestic status of research on face robot is summarized in detail. Finally, not only the Research directions but also the further study is discussed in this field.

Key words: robot; humanoid robot; facial expression; human-robot interaction; uncanny valley