

情感机器人的情感模型研究^{*})

孟秀艳¹ 王志良¹ 李娜² 刘遥峰²

(北京科技大学信息工程学院 北京 100083)¹ (北京科技大学机械工程学院 北京 100083)²

摘要 本文建立了仿人类情感的情感模型,在情感模型中建立了三维情感空间,采用马尔可夫过程来描述情感状态的变化转移过程,并提出了性格矩阵,对比分析了不同性格人对相同刺激的反应。应用 D-S 证据理论融合来自视觉、声音及其他方面的情感信息,分析两种因素同时作用时引起情感状态的转移规律。最后将情感模型应用于情感机器人系统,使机器人可以根据外界刺激产生情感,并做出相应的表情。实验结果证明了情感模型的有效性。

关键词 情感机器人,情感模型;马尔可夫模型,D-S 证据理论

Research on Affective Model of Affective Robot

MENG Xiu-yan¹ WANG Zhi-liang¹ LI Na² LIU Yao-feng²

(School of Information Engineering, Beijing University of Science & Technology Beijing, 100083, China)¹

(Mechanical Engineering School, Beijing University of Science and Technology, Beijing 100083, China)²

Abstract In this paper, an affective model is built, in which the transition of emotion can be viewed as a Markov process. In this model the relation of emotion, external incentive and personality is also described, and the Dempster-Shafer evidence theory is used to combine the emotion information from vision, speech and the others. Finally this paper integrates the affective model into the affective robot system. The application of this affective model on the emotion robot made the affective robot have personification emotion and personality. The results show this affective model can better simulate dynamic process of emotion transferring and changing spontaneously.

Keywords Affective robot, Affective model, Markov model, Dempster-shafer evidence theory

1 前言

随着科学技术的不断发展,人们要求计算机或机器人能够替代和辅助人类从事越来越广泛、越来越复杂的工作,并要求具有越来越和谐而友好的人机界面,要求在越来越多的方面能够替代、补偿和加强人的感知功能、思维功能和行为功能,这就必然地要求计算机和机器人具有越来越强的情感表达、情感识别和情感理解能力。目前赋予机器人情感交互能力已经成为机器人技术研究的一个热点。建立具有情感交互能力的情感机器人的关键是建立机器人的情感,一个情感机器人是否能够表现出类人的情感,取决于其是否有一个合理的情感模型,因此机器人情感模型的研究是情感机器人研究中的重要内容。

2 情感机器人系统介绍

本文介绍的是一个能通过表情来表达情感的机器人实验系统。该系统设计了一个具有 10 个自由度的仿人机器人头,该机器人头能够实现眼球的转动、眼睑的闭合、嘴的闭合、头部的转动和部分肌肉的拉动,能做出基本的表情。仿人机器人头的结构设计和系统设计完全根据生理学人体结构来设计,控制系统采用上下位机结构。上位机主要负责运算量大、计算复杂的图像处理、语音识别和语音合成工作,上位机采用计算速度快、各种外部接口设备多、连接存储空间大的 PC 机;下位机主要负责传感器信息接收及初级处理、电机驱动和运动控制等工作,下位机采用性价比高的 PIC16F877 单片机。上位机和下位机通过 RS-232 串口进行连接和通信^[1],并在机器人系统中建立了一个三维的机器人情感模型,给出

了与情感状态相对应的表情。机器人针对不同的外界刺激产生不同的情感状态,从而做出不同的表情。

3 机器人的情感模型

情感模型大致可分为两类,即基于设计的模型与基于任务的模型。基于设计的模型力图模拟情绪的自然发生过程,侧重于对引起情绪行为的产生和变化的内部潜在机理的探讨。基于任务的模型,其目的是为了完成特定的、具体的任务,侧重于对自然情绪所产生的情绪性行为、表现或决策的模拟,而不过多关注自然情感的发生机理,这种模型对于解决特定领域的特定问题也是非常有益的^[2],例如面部机器人 Kismet^[3]的情感模型是作为环境、内部刺激和行为动作的媒介,通过这个模型,机器人对外界输入的刺激和内部需要进行综合判断,从而引起表现行为的各种变化。Kismet 的情绪反应由下面几个部分组成:一个突然的事件(情绪的刺激);事件的情感估价(情绪评价);特有的表达(情绪的激活);激发一个行为反应的趋向(情绪的表达)。Kismet 的情绪系统被外部事件激发,激发事件包括视觉和听觉刺激。然后对一个给定的刺激使用三种情感特征(唤醒、效价、态)进行标记,进而映射到情感空间来激活某种情绪。Kismet 能够表达的情绪状态有快乐、生气、厌恶、恐惧、悲伤、惊奇、兴趣、厌烦八种基本情绪以及平静。Miwa^[4]开发的 WE-4R 情感机器人有视觉、听觉、触觉和嗅觉传感器来感知外界刺激信号。模型把情绪区分为“学习系统”、“心境”和“动态响应”。WE-4R 可根据外部和内部的刺激相应地改变它的情绪状态,并且可通过面部表情、皮肤颜色和身体姿态来表达情绪。此外,WE-4R 还引入了个性的概念,它包括感知个性和表达个性,其中感知个

^{*}) 本文由国家自然科学基金资助项目(基金号:60573059)、北京市“现代信息科学与网络技术”重点实验室资助项目(基金项目编号为:TDXX0503)和北京科技大学重点基金项目资助。孟秀艳 博士,研究方向为人工心理、情感计算、表情识别、图像处理;王志良 博士后,教授,博士生导师,研究方向为人工心理、机器人。

性决定刺激如何影响机器人情感状态,表达个性则影响机器人表情和颈部运动。

本文的机器人情感模型属于基于任务的情感模型,是根据人工心理理论情感空间的概念建立的三维情感模型,用马尔可夫随机过程来描述情感的变化过程,并应用 D-S 证据理论融合了来自视觉、声音、其他感觉器官的情感信息,提出了性格矩阵,对比分析了不同性格人对相同刺激的反应,改进了外界刺激对不同性格人的情感状态转移的影响,最后情感状态对应机器人表情,并在机器人实验平台上进行验证。

3.1 情感的马尔可夫模型

首先根据维度理论建立一个以恐惧、愤怒和喜悦为维度的三维空间,任一情感状态都可以由三维空间中相对应的某一点来表示。基于可实现的目的,对该情感空间的情感装体进行了简化、离散化。我们规定,每种基本情感只有三种强度,即每一个维数仅取 0, 0.5, 1 三个数值。比如,就恐惧而言,则具有不恐惧、有点恐惧和恐惧三个状态。因此三维情感空间里就只有 27 个离散情感状态。用 a 表示恐惧, b 表示愤怒, c 表示喜悦,于是有 $a \in (0, 0.5, 1)$, $b \in (0, 0.5, 1)$, $c \in (0, 0.5, 1)$ 。我们规定这三个坐标的顺序为 abc, 于是构成如图 1 所示的情感空间。

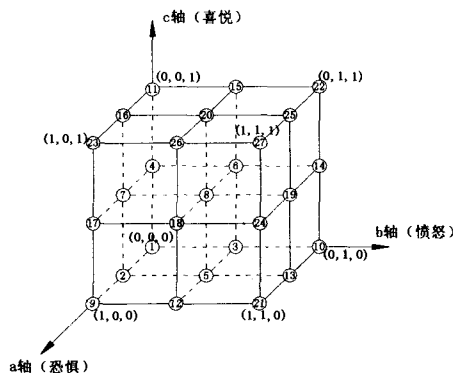


图 1 三维的情感空间

于是可枚举的情感状态有 27 个状态,如表 1 所示。

其中原点(0,0,0)不仅仅代表为平静,而且代表其他未知的情感状态。也就是说,当生命体仅仅存在上述三种情感的时候,这就是完全的情感空间,原点就是平静点。而当生命体的情感不仅仅是这三种情感时,我们称这是不完全的情感空间,其原点可能是平静点,也可能是其他某种情感状态,但这种情感状态并未包含在所构造的这个情感空间之内。

当情感在这个状态空间内变化时,是具有统计性规律的。这就是一个马尔科夫过程。因此我们可以用马尔科夫模型来描述情感状态的变化,用离散状态同构的 Markov 模型来描述人的情感是非常适当的^[5-7]。

表 1 情感状态空间中的 27 种状态

状态编号	情感状态
1	平静:(0,0,0)
2	有点恐惧:(0.5,0,0)
3	有点愤怒:(0,0.5,0)
4	有点喜悦:(0,0,0.5)
5	有点恐惧、有点愤怒:(0.5,0.5,0)
6	有点愤怒、有点喜悦:(0,0.5,0.5)
7	有点喜悦、有点恐惧:(0.5,0,0.5)
8	有点恐惧、有点愤怒、有点喜悦:(0.5,0.5,0.5)
9	恐惧:(1,0,0)
10	愤怒:(0,1,0)
11	喜悦:(0,0,1)

12	恐惧、有点愤怒:(1,0.5,0)
13	愤怒、有点恐惧:(0.5,1,0)
14	愤怒、有点喜悦:(0,1,0.5)
15	喜悦、有点愤怒:(0,0.5,1)
16	喜悦、有点恐惧:(0.5,0,1)
17	恐惧、有点喜悦:(1,0,0.5)
18	恐惧、有点愤怒、有点喜悦:(1,0.5,0.5)
19	愤怒、有点恐惧、有点喜悦:(0.5,1,0.5)
20	喜悦、有点愤怒、有点恐惧:(0.5,0.5,1)
21	恐惧、愤怒:(1,1,0)
22	愤怒、喜悦:(0,1,1)
23	恐惧、喜悦:(1,0,1)
24	恐惧、愤怒、有点喜悦:(1,1,0.5)
25	愤怒、喜悦、有点恐惧:(0.5,1,1)
26	恐惧、喜悦、有点愤怒:(1,0.5,1)
27	恐惧、喜悦、愤怒:(1,1,1)

在马尔科夫情感模型中,结代表人情感状态:喜悦、恐惧和愤怒,弧情感状态转移的可能性。本模型中存在 27 个状态,因此各个状态互相转移的概率 P_{ij} , ($i, j \in [1, 2, 3, \dots, 27]$) 构成了 27 维的概率矩阵 A_P :

$$A_P = \begin{pmatrix} P_{1,1} & P_{1,2} & \dots & P_{1,27} \\ P_{2,1} & P_{2,2} & \dots & P_{2,27} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{27,1} & P_{27,2} & \dots & P_{27,27} \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中 P_{ij} ($i, j \in [1, 2, 3, \dots, 27]$) 为第 i 状态到第 j 状态的概率并且有如下关系:

$$\sum_{j=1}^{27} P_{ij} = 1, i \in [1, 2, 3, \dots, 27] \quad (2)$$

我们可以引申得出,如果有 m 种基本情感可以构成 m 维的情感空间,且把每一种情感变化划分为 n 个级别,那么就具有 n^m 个情感状态。令 $l = n^m$, 于是得到 l 维的概率矩阵如下:

$$A_P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1l} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2l} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{l1} & P_{l2} & \dots & P_{ll} \end{pmatrix} \quad (3)$$

其中 P_{ij} ($i, j \in [1, 2, 3, \dots, l]$) 为第 i 状态到第 j 状态的概率,并且满足如下关系:

$$\sum_{j=1}^l P_{ij} = 1, i \in [1, 2, 3, \dots, l] \quad (4)$$

在情感模型的 Markov 链中,状态转移概率矩阵中各元素的值由多种因素决定。首先,它们与该个体的性格特征有关。性格特征点在个性空间中的位置的不同,会影响状态转移的倾向。比如,性格特征点位于第五卦限的人,从任意状态出发向正向心情转移的概率要大于性格特征点位于第三卦限的人。就某一个个体而言,它的情感模型中的状态转移概率矩阵的值与意识刺激的类型有关,在不同的意识刺激下,状态转移概率矩阵取值不同。比如,在正向的刺激信号下,从某种心情向好的心情转换的概率就要大于向不好的心情转换的概率。本模型中的概率矩阵参考了文献[8]中概率矩阵的构造方法。

3.2 D-S 证据理论

D-S 证据理论由 Dempster 于 1967 年提出^[9], 其学生 Shafer^[10] 将其发展并整理成一套完整的数学推理理论。D-S 证据理论^[11] 可以看作是有限域上对经典概率推理理论的一般化扩展,其主要特性是支持描述不同等级的精确度和直接引入了对未知不确定性的描述。D-S 证据理论可以支持概率推理、诊断、风险分析以及决策支持等,并在多传感器网络、医疗诊断等应用领域内得到了具体应用。

D-S 证据理论是建立在非空有限域 Θ 上的理论, Θ 称为

辨识框架 (frame of discernment, 简称 FOD), 表示有限个系统状态 $\{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}$, 而系统状态假设 H_i 为 Θ 的一个子集, 即 Θ 的幂集 $P(\Theta)$ 的一个元素。D-S 证据理论的目标是仅根据一些对系统状态的观察 E_1, E_2, \dots, E_m 推测出当前系统所处的状态, 这些观察并不能够唯一确定某些系统状态, 而仅仅是系统状态的不确定性表现。作为 D-S 证据理论最底层的概念, 首先需要定义对某个证据支持一个系统状态的概率函数, 称为信度分配函数 (basic probability assignment, 简称 BPA)。

D-S 证据理论用“识别框架 Θ ”表示所感兴趣的命题集, 它定义了一个集函数 $m: P(\Theta) \rightarrow [0, 1]$, 满足

$$(1) m(\Phi) = 0 \quad (5)$$

$$(2) \sum_{A \subseteq \Theta} m(A) = 1 \quad (6)$$

称 m 为识别框架 Θ 上的基本可信度分配; 假如有 A 属于识别框架 Θ , 则 $m(A)$ 称为 A 的基本可信数, 基本可信数反映了对 A 本身的信度大小。

对于任何命题集, D-S 理论还提出了信度函数的概率:

$$Bel(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B) \quad (\forall A \subseteq \Theta) \quad (7)$$

即 A 的信度函数为 A 中每个子集的信度值之和。

有关信度的合成, Dempster 提出了如下的合成法则:

如果将命题看作识别框架 Θ 上的元素, 对于 $\forall m(A) > 0$ 称 A 为信度函数 Bel 的焦点。设 Bel_1, Bel_2 是同一识别框架 Θ 上的两个信度函数, m_1, m_2 分别是其对应的基本可信度分配, 设 A_i 和 B_j 为焦点, 在 Bel_1 和 Bel_2 的联合作用下, $m_1(A_i)m_2(B_j)$ 被分配到 $A_i \cap B_j$ 上。给定 $A \subseteq \Theta$, 若有 $A_i \cap B_j = A$, 那么 $m_1(A_i)m_2(B_j)$ 就是确切地分配到 A 上的部分信度, 而分到 A 上的总信度为 $\sum_{A_i \cap B_j = A} m_1(A_i)m_2(B_j)$ 。但是当 $A = \Phi$ 时, 按这种理解, 将有部分信度 $\sum_{A_i \cap B_j = \Phi} m_1(A_i)m_2(B_j)$ 分到空集上, 这显然不合理。为此, 可在每一信度上乘一系数 $(1 - \sum_{A_i \cap B_j = \Phi} m_1(A_i)m_2(B_j))^{-1}$, 使总信度满足 1 的要求。至此, 可以得到两个信度的合成法则:

$$m(A) = m_1 \oplus m_2(A) = \frac{\sum_{A_i \cap B_j = A} m_1(A_i)m_2(B_j)}{1 - \sum_{A_i \cap B_j = \Phi} m_1(A_i)m_2(B_j)} \quad (8)$$

其中 K 为归一化因子:

$$K = \sum_{A_i \cap B_j = \Phi} m_1(A_i)m_2(B_j) \quad (9)$$

则公式变为

$$m(A) = m_1 \oplus m_2(A) = \frac{\sum_{A_i \cap B_j = A} m_1(A_i)m_2(B_j)}{1 - K} \quad (10)$$

对于多个信度的合成 (融合), 令 $m_1 - m_n$ 表示 n 个信息的信度分配, 如果它们是由独立的信息推得的, 则融合后的信度函数可表示为

$$m(A) = \frac{\sum_{\cap_{A_i=A} \prod_{i=1}^n m_i(A_i)}}{1 - \sum_{\cap_{A_i=\Phi} \prod_{i=1}^n m_i(A_i)}} \quad (11)$$

3.3 机器人的情感模型

根据人工心理理论中的情感模型和 D-S 证据理论, 结合情感机器人的应用实际, 建立了情感机器人的情感模型。首先将图 1 所示的情感空间定义为机器人的情感空间, 在这个情感空间模型中, 每一个点都表示一个特定的情感状态。某一时刻情感总是处于某一特定的点, 而下一时刻情感将可能发生转移。情感在这个空间的转移过程不仅仅与情感的前一时刻的位置有关, 还与外界环境对机器人的刺激有关。机器人在感受到外界的刺激后, 会在情感空间内发生情感状态的转移, 外部环境的刺激是情感变化的最大原因。机器人的外

界刺激包括声音、图像及其他信息等。情感机器人首先通过传感器感知外界刺激, 然后应用 D-S 证据理论融合感知的外界情感信息, 综合外界刺激, 推动情感状态的转移, 机器人达到一个新的情感状态。情感信息处理结构如图 2 所示, S 表示外界激励程度, p 表示基本可信度。

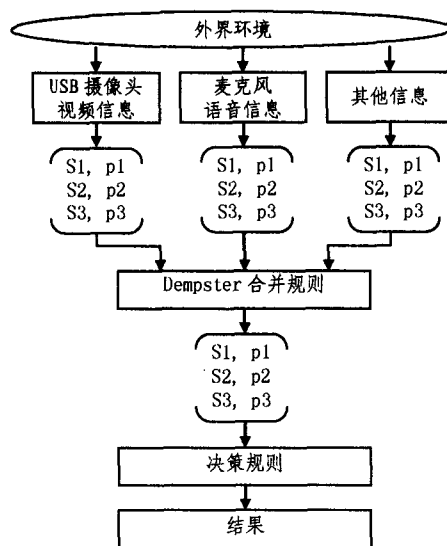


图 2 情感信息处理结构

首先需要设定一个初始的状态, 即要设定在初始时刻情感处于那个节点上。那么要判定下一时刻情感将到达什么状态呢? 这是具有概率性的行为。我们假定初始情感处于平静状态, 即处于情感空间的原点。也就是说, 在没有外界干扰的情况下, 情感的状态是趋于平静的; 当受到外界刺激时, 情感状态会发生转移。对于情感空间中的原点 $(0, 0, 0)$, 不管它代表平静还是代表其他未知的情感状态, 只要是受到外部刺激, 都会依照概率最大方向发生转移。

外部刺激因素我们分为三类: 视觉、语音及其他方面的信息。从这三个方面中我们提取出环境的激励因素, 激励强度 I 在 $[0, 1]$ 区间内取值, 按其激励大小分为三个级别: 轻度激励、中度激励、重大激励。选择阈值 β_1, β_2 , 当 $0 \leq I \leq \beta_1$ 时, 判定为轻度激励; 当 $\beta_1 \leq I \leq \beta_2$ 时, 判定为中度激励; 当 $\beta_2 \leq I \leq 1$ 时, 判定为重大激励。根据人类经验, 我们假定: 在受到轻度激励时, 高兴状态向高兴强度减小方向转移概率最大; 在受到中度激励时, 高兴状态保持原状概率最大; 在受到重大激励时, 高兴状态向高兴强度增加方向转移概率最大。同理, 在受到轻度激励时, 恐惧状态向恐惧减小方向转移概率最大; 在受到中度激励时, 恐惧状态保持原状概率最大; 在受到严重激励时, 恐惧状态向恐惧增加方向转移概率最大。同样, 在受到轻度激励时, 愤怒状态向愤怒减小方向转移概率最大; 在受到中度激励时, 愤怒状态保持原状概率最大; 在受到重大激励时, 愤怒状态向愤怒增加方向转移概率最大。状态转移图如图 3 所示。

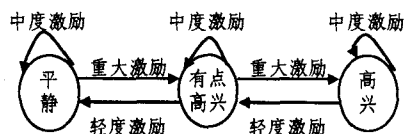


图 3 情感状态转移图

其次, 应用 D-S 证据理论分别融合来自视觉和语音、视觉和其他、语音和其他信息因素。设 Tl 表示轻度激励, Tm 表示中度激励, Th 表示重大激励, U 表示不确定度。 $m_v(A)$ 表

示由视觉确定的基本概率赋值, $m_s(B)$ 表示由语音确定的基本概率赋值, $m_s(C)$ 表示由其他信息确定的基本概率赋值。由这三种情感激励信息确定的基本概率赋值如表 2 所示。

表 2 由三种情感激励信息确定的基本概率赋值

	T_l	T_m	T_h	U
$m_v(A)$	0.40	0.20	0.30	0.10
$m_s(B)$	0.30	0.40	0.20	0.10
$m_t(C)$	0.20	0.30	0.40	0.10

按 Dempster 组合公式对视觉和语音关于激励状况的基本概率赋值进行组合, $m_v(A)$ 和 $m_s(B)$ 组合情况如表 3 所示, 其中 ϕ 表示空集。 $m_v(A)$ 和 $m_s(B)$ 两批证据的不一致因子 K 为

$$K = 0.06 + 0.09 + 0.16 + 0.12 + 0.08 + 0.04 = 0.55 \quad (12)$$

于是, 视觉和语音情感信息合后的基本概率赋值为

$$m_{v \times s}(T_l) = \frac{0.12 + 0.03 + 0.04}{1 - K} = 0.42 \quad (13)$$

$$m_{v \times s}(T_m) = \frac{0.08 + 0.02 + 0.04}{1 - K} = 0.31 \quad (14)$$

$$m_{v \times s}(T_h) = \frac{0.08 + 0.02 + 0.03}{1 - K} = 0.24 \quad (15)$$

$$m_{v \times s}(U) = \frac{0.01}{1 - K} = 0.02 \quad (16)$$

表 3 $m_v(A)$ 和 $m_s(B)$ 组合情况

$m_v(A) \backslash m_s(B)$	$T_l(0.40)$	$T_m(0.20)$	$T_h(0.30)$	$U(0.10)$
$T_l(0.30)$	$T_l(0.12)$	$\phi(0.06)$	$\phi(0.09)$	$T_l(0.03)$
$T_m(0.40)$	$\phi(0.16)$	$T_m(0.08)$	$\phi(0.12)$	$T_m(0.04)$
$T_h(0.20)$	$\phi(0.08)$	$\phi(0.04)$	$T_h(0.06)$	$T_h(0.02)$
$U(0.10)$	$T_l(0.04)$	$T_m(0.02)$	$T_h(0.03)$	$U(0.01)$

由计算结果可以看出, 通过融合, 不确定性的基本概率赋值下降到 0.02。

以上的情感转移只是考虑了外因, 没有考虑情感转移的内因, 即性格对情感转移的影响。对于不同性格的人来说, 受到相同的外界刺激会做出不同的情感反应。为了使机器人产生的情感更接近人类的真实情感, 本文设定机器人也具有自己的性格, 可以通过参数的设置改变机器人的性格。机器人拥有不同性格时, 受到相同的外界刺激后会产生不同的情感激励程度。因此, 本模型设定了每种情感维度针对不同激励程度的一个敏感因子, 这些敏感因子组成的矩阵即为性格矩阵。把每一种激励划分为 n 个级别, m 种情感可以构成 m 维的情感空间, 那么就有 $m \times n$ 维的性格矩阵如下:

$$R = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{m1} & R_{m2} & \dots & R_{mn} \end{pmatrix} \quad (17)$$

其中 $R_{ij} (i \in [1, 2, 3, \dots, m], j \in [1, 2, 3, \dots, n])$, 为第 i 种情感下对 j 种激励强度的敏感性, 并且满足如下关系:

$$\sum_{j=1}^n R_{ij} = 1, i \in [1, 2, 3, \dots, n] \quad (18)$$

4 实验结果

我们为了验证情感模型的可行性, 在机器人系统中进行了实验, 实验时对情感进行了简单的设定。设定情感空间是三维的: 愤怒、恐惧和喜悦, 激励具有三种不同的情况: 轻度激励、中度激励和重大激励, 即 $n=3, m=3$ 。当设定情感的初始

状态为 $(1, 0.5, 0)$, 给出性格矩阵为

$$R = \begin{pmatrix} 0.6 & 0.3 & 0.1 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 \\ 0.2 & 0.3 & 0.5 \end{pmatrix}$$

修正后得到的情感基本概率赋值为

$$\begin{pmatrix} 0.252 & 0.093 & 0.024 \\ 0.093 & 0.124 & 0.072 \\ 0.084 & 0.093 & 0.12 \end{pmatrix}$$

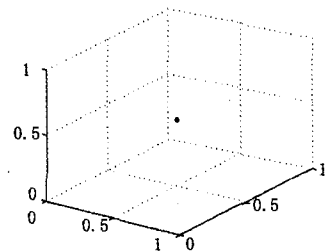
所以恐惧状态下受到的是轻度激励 T_l , 恐惧状态从很恐惧向有点恐惧状态转变; 愤怒状态下受到的是中度激励 T_m , 愤怒状态维持有点愤怒的状态; 高兴状态下受到的是重大激励 T_h , 高兴状态从平静向有点高兴转移, 所以情感状态最终转变为 $(0.5, 0.5, 0.5)$ 。在相同的初始状态 $(1, 0.5, 0)$ 下, 若取不同的性格矩阵

$$R = \begin{pmatrix} 0.1 & 0.3 & 0.6 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 \end{pmatrix}$$

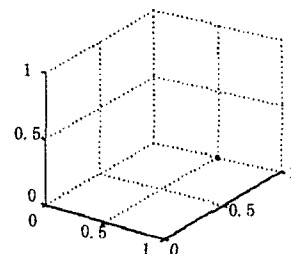
得到的基本情感概率赋值为

$$\begin{pmatrix} 0.042 & 0.093 & 0.144 \\ 0.093 & 0.124 & 0.072 \\ 0.21 & 0.093 & 0.048 \end{pmatrix}$$

则恐惧状态下受到的是重大激励 T_h , 恐惧状态保持很恐惧, 愤怒状态下受到的是中度激励 T_m , 愤怒状态维持有点愤怒的状态, 高兴状态下受到的是轻度激励 T_l , 高兴状态保持平静, 所以情感状态最终转变为 $(1, 0.5, 0)$ 。用电脑仿真的结果如图 6 所示。



a 设定机器人为乐观性格时的情感状态转移



b 设定机器人为悲观性格时的情感状态转移

图 6 情感状态转移仿真结果

显然, 第一组的性格属于乐观型(图 6 a), 第二组的数据属于悲观型(图 6 b), 而最终的结果较为乐观的性格受到激励后情感状态向乐观的方向转移, 悲观的性格受到相同的激励而没有向乐观的方向转移, 这符合正常人的—般情况。通过调节性格矩阵, 可以使得机器人情感变化符合具有某种性格的人的情感变化。所以, 加入了性格矩阵后, 就考虑到了人自身因素对情感的影响, 使得模型更符合人的自然情感转移规律。当然要使模型符合真实人的情感规律, 还要对模型进行大规模的训练, 对性格矩阵里的值进行不断的修正。由于现在的实验条件限制, 因此机器人的表情不够丰富细腻, 所以把

27 种不同的情感状态对应于六种基本表情(如图 7)。上面实验得到的两组数据所对应的表情分别为惊奇和厌恶。



图 7 六种基本表情

结束语 本文提出的情感模型用马尔可夫模型描述了在

外界刺激和内在性格双重作用下的情感状态的转移,用 D-S 证据理论实现了多种外界刺激的信息融合,并应用在情感机器人系统,使机器人可以对外界刺激产生自己的感情,做出相应的表情,验证了模型的可行性。应用结果表明,该模型情感状态转移规律基本符合人类自然的情感转移规律,特别是模型加入了性格矩阵,使得机器人的个性更加鲜明,更贴近于真实人的情感。

参考文献

- [1] 李庆恩.具有情感交互功能的机器人综合平台的实现与研究.北京科技大学硕士学位论文.北京:北京科技大学,2006
- [2] 王国江,王志良,杨国亮,等.人工情感研究综述.计算机应用研究,2006,11:7-11
- [3] Breazeal C. Designing Sociable Robots, Cambridge, MA: MIT Press, 2002
- [4] Miwa H, Itoh K, Ito D, et al. Introduction of the need model for humanoid robots to generate active behavior // Proceedings of The 2003 IEEE/RSJ Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems. 2003, 1400-1406
- [5] Bates J. The Role of Emotion in Believable Agents[J]. Communication of the ACM, 1994, 37(7):122-125
- [6] Margulies A, Empathy, Virtuality, and the Birth of Complex Emotional States: Do We Find or Do We Create Feelings in the Other [M]. Albon S L, Brown D, Khantzia E J, et al. Human Feelings: Explorations in Affect Development and Meaning, The Analytic Press, 1993
- [7] Chandra A. A Computational Architecture to Model Human Emotions [C] // IEEE Proceedings of the Intelligent Information System. 1997: 86-89
- [8] 薛为民.基于计算机视觉的情感虚拟人交互技术研究.北京科技大学博士学位论文.北京:北京科技大学,2003
- [9] Dempster A P. Upper and lower probabilities induced by a multivalued mapping [J]. The Annals of Mathematical Statistics, 1967, 38(1):325-339
- [10] Shafer G. A mathematical theory of evidence [M]. Princeton: Princeton University Press, 1976
- [11] 何友, 王国宏, 彭应宁. 多传感器信息融合及应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000: 28-34

(上接第 127 页)

者主机 IP、消息优先级等,同时管理员可通过服务总线在管理网站上进行配置修改。

4.2 通信性能

通常数据业务平台对系统通信性能要求支持短信 400 条/s,彩信 30 条/s,WAP PUSH 100 条/s,丢包率少于 0.001%。然而,目前网络传输存在低带宽、高时延、低可靠性等问题,因此数据业务服务总线框架实现高效地传送 SOAP 消息的通信性能,必须对 XML 文档消息编解码方式、服务调用方式、消息体的大小、传输流量等方面进行整体考虑。

(1)与服务器的连接:数据业务流程通常需要多次系统和用户交互,业务逻辑服务组件的调用应该采用保持连接的方法,从而可以减少连接和认证的时间,有效地提高服务的性能。

(2)采取缓存机制。查询类服务采取可采取分页技术,即每次取结果集的一部分进行传输,当用户选择较后面的页数时再进行查询,从而可以减少网络带宽的占用,提高服务响应速率。

(3)消息流量控制。协议栈服务组件的处理能力与短信网关、彩信中心、WAP 网关等配置要求一致,服务总线通过消息通信层队列容器的大小、消息转发组件挂起时间等参数保证消息流量不超过服务组件的处理能力,同时不会占用网络宝贵的带宽。管理员可以通过 Web 页面监控某些服务状态和系统相关的主要性能参数,从而动态调整消息流量。

结束语 本文在 SOA 思想基础上采用服务总线的方法重新整合数据业务系统。通过业务逻辑容器、消息通信层和统一消息封装层等数据业务服务总线核心部分,实现了总线的即插即用性、传输协议透明性以及数据业务的流量控制等

功能。然而,服务总线架构中的服务节点存在机器宕机的风险,目前通过采取双机备份和浮动 IP 地址技术实现容错,因此,SOA 服务总线的容错机制值得进一步探讨,以确保系统结构中的关键节点的失效不会影响整个系统的使用。目前数据业务应用的网络条件是基于移动网 2G 和 2.5G 网络,3G 网络的数据业务形式将更加丰富多彩,基于 SOA 的数据业务服务总线可支持 3G 网络下新的数据业务协议栈的服务组件以及更多形式的业务逻辑。

参考文献

- [1] 廖建新,王晶,张磊,等.移动通信新业务一技术与应用.北京:人民邮电出版社,2007:151-152
- [2] Krafzig D, Banke K, Slama D. Enterprise SOA 中文版-面向服务架构的最佳实践.韩宏志,译.北京:清华大学出版社,2006:41-42
- [3] 王娜,王纯,张铁鹰,等.基于 Web 服务的彩铃业务管理接入系统.计算机工程与应用,2005,41(23):143-144
- [4] 梁爱虎,等.精通 SOA 书:基于服务总线的 Struts+EJB+Web Service 整合应用开发.北京:电子工业出版社,2007:227-228
- [5] Thomas Erl. Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design. Prentice Hall PTR, 2005
- [6] 王胜娟,江水,等.企业集成中的企业服务总线技术.计算机工程,2006,32(13):251-250
- [7] Misral R B, Srinivaasan S, Mital D P. The Use of Web Services Technology in the Design of Complex Software Interfaces: An Educational Perspective[J]. Information Technology Journal, 2006, 5(6): 1127-1130
- [8] Hossain M S. Web Service Based Software Implemented Fault Injection[J]. Information Technology Journal, 2006, 5(1): 138-143
- [9] 史文勇,李琦,林宇,等.数字城市化核心平台的服务总线设计[J].计算机科学,2006,33(3):279-282
- [10] 蔡迎东,赵卓峰,房俊,等.一种基于消息的异步服务访问框架[J].微电子学与计算机,2006,23(9):20-22