

YSU-II 下肢康复机器人智能交互系统的设计与实现^①

仲美玉^② 赵逢达 窦 燕^③ 袁 丽 贾冀状 舒世洋 王荣雪

(燕山大学信息科学与工程学院 秦皇岛 066004)

(河北省计算机虚拟技术与系统集成重点实验室 秦皇岛 066004)

摘 要 传统人机交互方式如鼠标、键盘、屏幕点触式已广泛应用于康复机器人系统,其存在按键繁多、操作复杂等问题。针对 YSU-I 坐卧式多关节下肢康复机器人设计了 YSU-II 智能交互系统。该系统以语音交互为主,用户可通过多控制参数语音指令设置康复任务。此外,为该系统设计了表单输入功能作为辅助输入方式,提高了系统的实用性。本文先给出 YSU-II 智能交互系统结构和交互指令。然后,分别概括分析相关语音技术和表单识别方法的实现步骤。实验结果表明,YSU-II 智能交互系统对语音和表单均有较高的识别率,系统响应时间满足用户的使用需求,用户可通过该系统准确设定康复任务。该系统降低了用户对下肢康复机器人的使用门槛和用户学习时间,满足了与康复机器人智能交互的需求。

关键词 康复机器人; 人机交互(HCI); 语音交互; 语音指令

0 引 言

我国正面临日益严重的老龄化问题和数量庞大的残疾人群,脑卒中和脊髓损伤已成为导致人们下肢运动功能障碍的两大主要原因^[1-2]。随着机器人技术不断发展,下肢康复机器人已逐渐应用于下肢运动功能障碍患者的康复训练中。诸多临床试验表明,康复机器人能在一定程度上帮助下肢瘫痪患者恢复自身主动控制肢体的能力^[1-3,4]。交互系统是机器人系统的重要组成部分,但目前大多数康复机器人均采用鼠标、键盘、屏幕点触式等传统人机交互方式,例如瑞士的 Lokomat^[5]、MotionMaker^[6]和德国的 LokoHelp^[7]等。但这些仍采用传统交互方式的康复机械装置研究已不再能够满足人们的使用需求,康复机器人的智能化已经成为最新的研究方向。语音交互在智能人机交互中扮演着重要角色^[8],目前,面向不同应用场景所设计的语音交互系统仅能

对孤立词进行识别^[9-12],在一轮人机对话过程中无法对交互对象设定多个控制参数。针对上述问题,本文基于 YSU-I 坐卧式多关节下肢康复机器人^[13-15](以下简称下肢康复机器人)设计了 YSU-II 康复机器人智能交互系统(以下简称 YSU-II 智能交互系统)。该系统的语音交互功能以对下肢康复机器人传达康复任务为对话场景,让用户通过自然的人-机对话设置和修改康复任务,其表单输入功能允许用户通过扫描按需勾写的表单设置康复任务。智能交互的下肢康复机器人不仅降低了用户对下肢康复机器人的使用门槛和用户学习时间,也进一步促进了人机友好关系。

1 系统设计

1.1 系统组成与结构设计

YSU-II 智能交互系统主要由上位机、下位机和

① 国家科技重大专项(2017ZX05019001-011)和河北省自然科学基金青年科学基金(F2018203390)资助项目。

② 女,1993年生,博士;研究方向:康复机器人智能信息处理;E-mail: ymz@stumail.ysu.edu.cn

③ 通信作者,E-mail: douyan@ysu.edu.cn

(收稿日期:2019-10-11)

I/O 设备构成,其系统结构如图 1 所示。上位机应用程序主要包括语音交互、表单输入、病人管理、康复信息和系统设置 5 个功能模块,用户可通过其语音交互和表单输入模块与下肢康复机器人进行交互式操作。系统搭载的交互通道有麦克风、扫描仪、扬声器和电子屏幕,用户可自由地选择麦克风或扫描仪作为设置康复任务的输入设备。进入康复任务设置阶段后,上位机系统以人机对话的方式引导用户设置符合个人需求的康复任务并向下位机提交相应的服务请求。下位机接收到来自上位机的服务请求

后,其中央控制模块运行上层控制算法配置各个训练参数并管理整个下肢康复机器人的控制系统,其运动控制模块则负责接受并解释中央控制模块下达的控制指令,形成下肢康复机器人动作序列,带动患者患肢进行康复训练。训练过程中,电子屏幕实时地显示由数据采集模块同步采集的关节角度、速度、力矩等训练状态信息,让用户能及时、直观地了解患者的运动状态、运动特点、运动功能及康复水平等。友好的人机交互界面还包括初始化模块、安全提示及报警信息显示等。

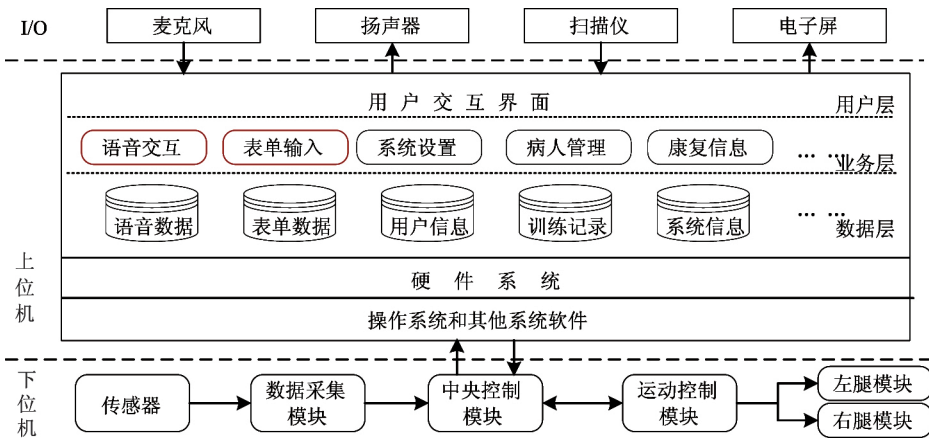


图 1 YSU-II 智能交互系统结构图

1.2 交互指令设计

针对下肢康复机器人所实现的主动、被动训练模态下的单关节和多关节康复训练任务设计了交互指令。康复任务的训练参数如表 1 所示。

表 1 下肢康复机器人的训练参数

训练参数	参数选项
训练模式	主动/被动
患侧	左腿/右腿/双腿
训练关节	髋/膝/踝
训练动作	屈伸/直线/圆周
轨迹选择	直线 1/直线 2/直线 3/ 圆周 1/圆周 2/圆周 3
训练时间(min)	自定义
起始、终止角度(°)	医师指定训练范围内的角度
圆周训练速度(°/s)	0 ~ 20
直线训练速度(mm/s)	0 ~ 20

单个康复任务由多个训练参数组成,例如,起始

角度为 10 °和终止角度为 40 °的被动左髋关节康复运动,运动速度 5 °/s,训练时间 10 min,故语音下达康复任务通常是在一次多轮的人机对话中完成,每轮对话仅包括部分训练参数。然而,在自然的人机交互中,单轮对话简短且用户表达方式多样,因此,本研究在设计基本语音交互指令的同时,还为各个训练参数设计了同义词和同音词词典,以提高系统的容错性。

2 系统功能实现

美国国家仪器公司的 LabVIEW 具有强大的数据可视化分析、数据采集和仪器控制能力,可以与其他编程源语言进行互操作,为打造 YSU-II 智能交互系统提供了良好的开发平台。该系统的语音交互与表单输入模块软硬件开发环境如表 2 所示。将上述两模块分别封装为独立的可执行文件,通过共用的

MySQL 数据库实现系统数据的传输与共享。最终,在 LabVIEW 中调用 System Exec. Vi 装载并运行可执行文件,以建立开发平台与两模块之间的衔接通道。

表 2 语音交互与表单输入模块开发环境

硬件环境		软件环境	
CPU	Intel Core i5-7500	框架	Tensorflow
RAM	8 GB	语言	Python
GPU	2 GB	数据库	MySQL
硬盘	256 GB 固态	操作系统	Windows 7

系统的语音交互功能利用互联网获取科大讯飞和百度理解与交互技术(understanding and interaction technology, UNIT) 共享的软硬件资源和信息实现;表单输入功能通过结合卷积神经网络(convolutional neural network, CNN) 与跨平台计算机视觉库 OpenCV 实现。以下分别概括分析相关语音技术及表单识别方法在本系统中的具体应用。

2.1 语音识别

人与下肢康复机器人之间使用语音交互,首先需要通过对通过麦克风采集的语音指令进行识别。本系统涉及的语音识别任务是非特定人的连续语音识别。在连续语音识别系统中,语音信号经预处理后逐帧提取语音特征向量,解码器在声学模型、词典和语言模型的指导下,输出最佳匹配词序的文本信息^[16]。语音识别的准确性直接影响人机交互的流畅性,因此,本系统采用讯飞移动语音终端(mobile speech client, MSC) 平台实现连续语音识别任务,该平台在连续性语音识别上有着较高的识别率,可满足 YSU-II 智能交互系统语音交互的开发需求。系统通过调用讯飞 MSC 平台的通用接口和语音识别接口分别实现 MSC 平台的登录连接和音频的在线识别。YSU-II 智能交互系统语音识别实现步骤如下。

(1) 对 MSC 平台进行初始化。

(2) 调用 QISRSessionBegin() 函数,设置语音识别参数,初始化语音识别引擎,开始一次语音识别。

(3) 调用 QISRAudioWrite() 函数,写入音频,进

行特征提取、解码器解析,将音频转换为文本。

(4) 调用 QISRGetResult() 函数,获取识别结果。

(5) 结束语音识别,退出登录,释放 MSC。

2.2 语义理解

“理解”语音指令中的训练参数是机器人顺利执行康复任务的关键。针对下肢康复机器人各项康复任务的训练参数,系统利用百度 UNIT 平台搭建了下肢康复机器人语音设置康复任务的对话场景。该对话场景共包括 5 个对话意图,每个对话意图体现了不同的人-机对话目的。对话意图间的引导关系如图 2 所示。

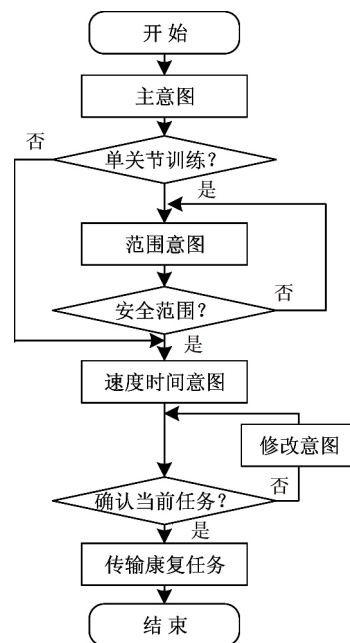


图 2 对话意图引导关系图

词槽是满足对话意图的关键信息。当上述意图对应的词槽全部满足时,系统便可获取一个完整的康复任务。意图与词槽的对应关系如表 3 所示。为提高系统使用安全性,本系统设计了确认意图,让用户能够通过语音播报和屏幕展示 2 种信息反馈通道确认系统识别的康复任务是否准确。当语音交互或表单输入获取的康复任务需要变更时,用户可说出包含“修改”字眼的语音指令更正当前的康复任务,修改意图的设置提高了系统的灵活性和实用性。

为有效提高系统的语义理解能力,在康复任务对话场景中设置了对话模板。对话模板是根据具体

表 3 意图-词槽对照表

意图	对应词槽
主意图	训练模式、患侧、训练关节、训练轨迹
范围意图	起始角度、终止角度、确认角度
速度时间意图	训练速度、训练时间
确认意图	肯定答复、否定答复
修改意图	上述所有词槽

对话场景给出的对话规范,当用户语音指令中包含与模板匹配的片段时,系统就能准确识别该指令。例如:范围意图中的模板为“[D: user _ start _ angle]度到[D: user _ stop _ angle]度”,当用户语音指令为“范围是 20 度到 40 度”、“从 20 度到 40 度运动”等符合模版形式的指令时,范围意图的起始角度和终止角度词槽均能被正确填充。此外,对话模版中应用的特征词可以帮助系统筛选包含训练参数的指令,这进一步提高了系统对训练参数的识别精度。例如:当对话语句中包含“训练”、“运动”等特征词时,则开启新一轮对话。语音指令在百度 UNIT 平台的处理步骤如下。

(1) 调用 Connect() 函数,连接并初始化 UNIT 平台。

(2) 调用 postText() 函数,向 UNIT 平台传输待处理文本。

(3) 调用 getCommand() 函数,获取 UNIT 平台反馈的运动指令。

(4) 调用 Affirm() 函数,向用户确认运动指令。

(5) 结束本次对话,释放 UNIT 平台。

2.3 语音合成

本系统利用语音合成技术实现提示信息播报功能。在概念上,语音合成和语音识别是 2 个相逆的过程,目标是将文本转换为语音。拼接式语音合成^[17]是近些年来主流的语音合成技术,基本思想是依照韵律建模的结果,从原始语音库中抽取相应的语音基元,进行拼接和韵律修饰,最终输出连续的语音流。本系统通过讯飞 MSC 平台通用接口实现与 MSC 平台的登录连接,并利用其语音合成接口实现文本信息到音频的在线转换。YSU-II 智能交互系统语音合成实现步骤如下。

(1) 对 MSC 平台进行初始化。

(2) 调用 QTTSessionBegin() 函数,开始语音合成,设置音量、音调、发音人等语音合成参数,初始化语音合成引擎;执行 QTTSTextPut() 函数,将待合成的文本信息写入 MSC 平台,生成文本的音标序列、韵律信息等,利用在线合成引擎将文本信息转化成为音频信息。

(3) 通过 QTTAudioGet() 函数,获取合成的音频。

(4) 结束本次语音合成,退出登录,释放 MSC。

2.4 表单识别

康复任务表单是为 YSU-II 智能交互系统设计的一种便捷输入方式。为提取用户按需勾写表单中的康复任务,提出了一种表单识别方法,该方法主要包括表单分析和单元格内容识别。

表单分析是单元格内容识别的准备工作。本系统中的表单图像经扫描仪扫描获取,其背景干净、基本无倾斜,表单图像预处理包括灰度化、中值滤波去噪、自适应二值化和取反色。表单图像经过上述预处理后,采用膨胀和腐蚀 2 个数学形态学处理方法^[18]检测并提取表单框架。最后,通过分析表单框架的版面结构,利用基于表单框线交点的单元格定位方法定位并裁剪待识别单元格区域。康复任务表单及其框架如图 3 所示。

YSU-II 康复机器人交互表单			
患者姓名	王峰	联系方式	129 2210 889
训练参数			
训练模式	主动 <input checked="" type="checkbox"/>	被动 <input type="checkbox"/>	
患侧	左腿 <input checked="" type="checkbox"/>	右腿 <input type="checkbox"/>	
	双腿 <input type="checkbox"/>		
	单膝关节 <input checked="" type="checkbox"/>	单踝关节 <input type="checkbox"/>	
	多直线 1	多直线 2	多直线 3
训练动作			
多直线 1			
多直线 2			
多直线 3			
多圆周 1			
多圆周 2			
多圆周 3			
训练数据			
训练时间	10 min		
训练速度	5 mm/s		
起始角度	10 °		
终止角度	40 °		
训练结果			
大腿长度	360 mm		
小腿长度	310 mm		
膝关节 min	5 °		
膝关节 max	60 °		
踝关节 min	-10 °		
踝关节 max	-40 °		
踝关节 min	10 °		
踝关节 max	30 °		
备注信息:			
训练速度范围: 0 ~ 20 mm/s			
直线训练速度范围: 0 ~ 20 mm/s			
圆周训练速度范围: 0 ~ 20 mm/s			

图 3 康复机器人交互表单及其框架图

单元格内容识别包括勾选标记识别和数字识别。勾选标记识别基于对单元格内容的灰度值排序

实现,为了降低误识别率,仅当某一训练参数备选单元格内的最高灰度值与次高灰度值的比值在一定阈值范围内时,才将该单元格视为选中项。针对数字识别设计了一个基于卷积神经网络的结构模型。数字识别网络结构如图4所示。

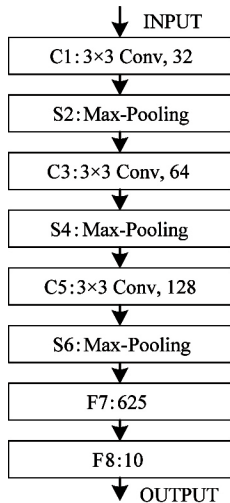


图4 数字识别网络结构图

该网络包括3个卷积层、3个池化层和2个全连接层。输入层包含 28×28 个神经元。C1、C3和C5层为卷积层,卷积核大小均为 3×3 。C1层输出32张特征映射图,C3输出64张特征映射图,C5输出128张特征映射图。每个卷积层后均采用激活函数ReLU^[19]来增强模型的表征能力。S2、S4和S6为最大池化层,池化窗口大小均为 2×2 ,步幅为2。F7层为第1个全连接层,有625个神经元相连接,其后也使用ReLU激活函数进行非线性变换。最后的全连接层作为输出层,将625个神经元压缩映射为10个神经元,分别对应数字0~9。为防止过拟合,该模型采用了Dropout机制以提高模型的泛化能力。使用MNIST手写数字数据集训练该神经网络模型,将训练得到的权重文件存储于本地,从而可准确识别表单中的数字信息。

3 系统验证

本文从系统的准确性、对话轮次和平均响应时间测试YSU-II智能交互系统的性能。正确“理解”

康复指令是该系统的核心需求,因此,从语音识别准确性和数字识别准确性2方面评估系统的准确性。然后,利用覆盖系统各康复任务的测试用例对系统的平均对话轮次和平均响应时间进行测验。最后,通过系统联调实验验证该系统的可用性。

3.1 语音识别准确性

(1) 通信距离测试

下肢康复机器人座椅后背可调节的倾斜角度范围为 $20 \sim 80^\circ$,考虑以患者为中心,声源与麦克风的间距约为 $0.6 \sim 1.0$ m。因此,本实验在比较安静的环境($30 \sim 40$ dB)下以通信距离分别为 0.6 m、 0.8 m和 1.0 m对常用的训练参数组合进行测试,每条训练参数循环测试100次。测试结果如表4所示。

表4 不同通信距离语音识别测试结果

训练参数	识别率(%)		
	0.6 m	0.8 m	1.0 m
被动左腿膝关节	100	100	99
主动右腿髌关节	96	94	93
被动直线2	91	92	88
主动圆周3	92	92	90
$10 \sim 40^\circ$	98	97	94
$2^\circ/\text{s}$	93	92	92
10 mm/s	96	95	92
15 min	100	100	99

值得注意的是,实验过程中发音易混淆词汇容易导致系统识别效果不稳定,例如“直线2”误识为“极限2/执行2/实现2”、“圆周3”误识为“圆周山/原中山”。为改善这一问题,可以将此类词汇添加到对应词槽词典中或用户自身改变语音指令的表达方式,例如“圆周3”表达为“3号圆周”。

(2) 非特定人语音识别测试

YSU-II智能交互系统提供给不同的发声对象使用。为验证系统非特定人的语音识别准确性,选取了男生和女生2个不同的音色,在比较安静($30 \sim 40$ dB)和嘈杂环境(> 50 dB)下分别对常用的训练参数组合进行100次循环测试,测试距离为 0.8 m,测试结果如表5所示。

表 5 非特定人语音识别测试结果

训练参数	识别率(%)			
	比较安静 (30 ~ 40 dB)		嘈杂环境 (> 50 dB)	
	男	女	男	女
被动左腿膝关节	99	100	94	92
主动右腿髋关节	99	97	97	98
被动直线 2	99	96	92	94
主动圆周 3	94	94	88	86
10 ~ 40 °	96	97	92	92
2 °/s	98	96	94	93
10 mm/s	96	96	88	10
15 min	100	100	98	99

上述实验结果表明,系统对各个训练参数组合都有较高的识别率,非特定人对系统的使用效果无影响。实验者吐字不清晰、环境嘈杂度增加和通信距离增大是造成系统识别失败的主要原因。从表 4 和表 5 也可以看出,将易混淆词汇添加到对应词槽中可以在一定程度上提高系统语音识别的准确性。

3.2 数字识别准确性

MNIST 数据集由美国国家标准与技术研究所编制,包括 70 000 张 28×28 像素的灰度手写数字图片,其训练集有 60 000 张,测试集有 10 000 张。手写数字识别测试结果如表 6 所示。从表 6 可以看出,该网络模型经过 4 次迭代后趋于收敛,在测试集上的识别准确率可达到 99.21%。

表 6 手写数字识别测试结果

迭代周期	1	2	3	4	5	6
测试精度 (%)	94.14	97.65	98.04	99.21	99.21	99.21

3.3 对话轮次及响应时间

选取可覆盖系统各个康复任务的测试用例,在比较安静(30 ~ 40 dB)的环境下测验系统语音交互对话轮次(dialogue turns , DT) 及平均响应时间(mean response time , MRT) 测试用例如表 7 所示。对话轮次及平均响应时间如表 8 所示。

表 7 对话轮次及平均响应时间的测试用例

编号	测试用例
1	被动左腿膝关节 / 10 ~ 20 ° / 3 °/s / 训练 5 min
2	被动右腿髋关节 / 30 ~ 40 ° / 10 °/s / 训练 7 min
3	主动双腿踝关节 / 10 ~ 20 ° / 难度 2 / 训练 3 min
4	被动左腿直线 1 / 10 mm / s / 训练 4 min
5	被动右腿圆周 2 / 10 °/s / 训练 10 min

根据对本系统设置的对话意图及表 8 中对话轮次的实验数据可以看出,单关节相关的康复任务至少需要 4 轮人机对话,轨迹相关的康复任务至少需要 3 轮人机对话,错误识别和修改康复指令都会增加相应的对话轮数。由表 8 可知,系统对康复指令的平均响应时间约为 2 s ,最低为 1.430 s ,能够满足用户对系统的使用需求。

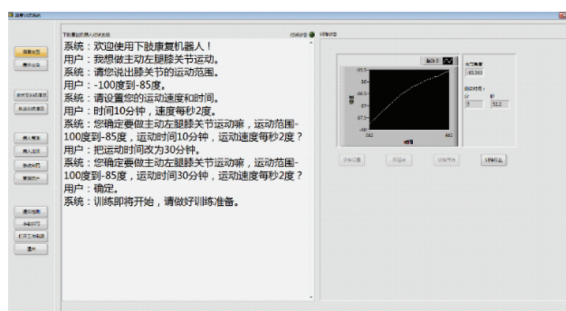
表 8 系统对话轮次及平均响应时间

测试用例 编号	实验 1		实验 2		实验 3		实验 4		实验 5	
	DT(轮)	MRT(s)	DT(轮)	MRT(s)	DT(轮)	MRT(s)	DT(轮)	MRT(s)	DT(轮)	MRT(s)
1	4	1.934	4	1.962	5	2.100	4	1.950	4	1.843
2	4	1.879	4	1.889	4	1.886	4	1.801	5	1.754
3	5	1.906	5	1.903	4	2.003	4	1.866	4	1.937
4	3	1.474	4	1.843	3	1.797	3	1.526	4	1.430
5	4	1.487	3	1.814	4	2.069	3	1.485	3	1.544

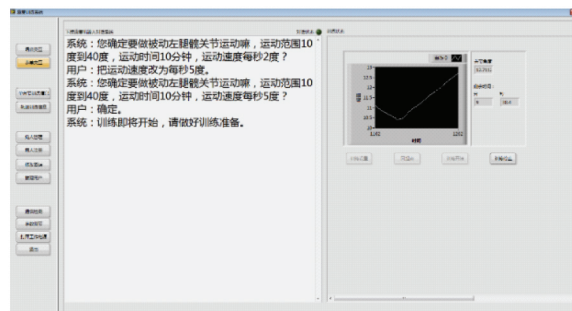
3.4 系统联调实验

上述实验表明系统的性能满足使用需求。对于实际使用过程中存在误识的情况,用户可以在上位

机辨识相关任务后说出包含“修改”字眼的语音指令修改错误参数。人-机交互过程如图 5 所示。



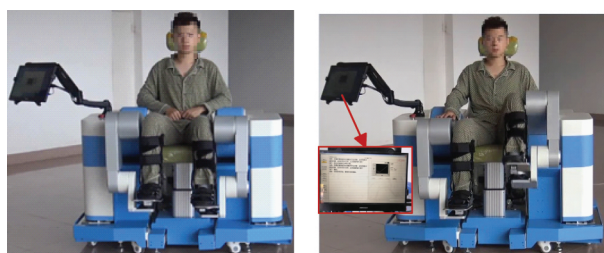
(a) 语音交互设置康复任务



(b) 表单输入设置康复任务

图5 人-机交互过程

系统获取康复任务后,其中央控制模块运行上层控制算法配置该任务的各个训练参数到运动控制模块,形成相应的机器人动作序列,带动用户患肢进行康复训练。图6(a)为下肢康复机器人待训练状态。下肢康复机器人执行“起始角度为 10° 和终止角度为 40° 的主动左腿髋关节运动,训练速度为 $5^{\circ}/s$,训练时间为 10 min ”康复任务的训练状态如图6(b)所示。



(a) 待训练状态

(b) 训练状态

图6 智能交互控制的下肢康复机器人

4 结论

本文基于YSU-II坐卧式多关节下肢康复机器人构建了YSU-II智能交互系统,该系统结合使用科大讯飞和百度UNIT平台的软硬件资源实现其语音交互功能,并通过一种表单识别方法实现了其表单输入功能,为用户提供了更自然、更便捷的新型交互模式。经实验验证,该系统对语音和表单均有较高的识别率,系统响应时间能够满足用户的使用需求,系统实用性较强。康复机器人与语音技术相结合提高了其智能化水平。智能交互的下肢康复机器人改进了传统的人机交互方式,解放了用户双手,提升了对

患者进行康复训练的效率。后续将对智能交互系统的通用性开展研究,为将其广泛应用于其他康复机器人系统提供技术支撑。

参考文献

- [1] 侯增广,赵新刚,程龙,等. 康复机器人与智能辅助系统的研究进展[J]. 自动化学报,2016,42(12): 1765-1779
- [2] 胡进,侯增广,陈翼雄,等. 下肢康复机器人及其交互控制方法[J]. 自动化学报,2014,40(11): 2377-2390
- [3] Lunenburger L, Colombo G, Riener R, et al. Clinical assessments performed during robotic rehabilitation by the gait training robot Lokomat[C]//International Conference on Rehabilitation Robotics IEEE, Chicago, USA, 2005: 345-348
- [4] Pohl M, Werner C, Holzgraefe M, et al. Repetitive locomotor training and physiotherapy improve walking and basic activities of daily living after stroke: a single-blind, randomised multicentre trial[J]. *Clinical Rehabilitation*, 2007, 21(1): 17-27
- [5] Hidler J, Wisman W, Neckel N. Kinematic trajectories while walking within the Lokomat robotic gait-orthosis[J]. *Clinical Biomechanics*, 2008, 23(10): 1251-1259
- [6] Métrailler P, Blanchard V, Perrin I, et al. Improvement of rehabilitation possibilities with the MotionMaker[C]//IEEE/RAS-EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics, Pisa, Italy, 2006: 359-364
- [7] Freivogel S, Schmalohr D, Mehrholz J. Improved walking ability and reduced therapeutic stress with an electromechanical gait device[J]. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 2009, 41(9): 734-739
- [8] Bauer A, Wollherr D, Buss M. Human-robot collabora-

- tion: a survey [J]. *International Journal of Humanoid robotics*, 2008, 5(1): 47-66
- [9] 卢振利, 田铠, 徐惠钢, 等. 面向人机对抗赛的语音交互系统设计 [J]. *高技术通讯*, 2017, 27(5): 457-463
- [10] 卢振利, 将睿萱, 马志鹏, 等. 面向机器人辅助脑瘫康复的语义训练系统设计 [J]. *高技术通讯*, 2019, 29(2): 183-188
- [11] Azargoshasb S, Korayem Ah, Tabibian Sh. A voice command detection system for controlling movement of SCOUT robot [C]//2018 6th RSI International Conference on Robotics and Mechatronics (ICRoM), Tehran, Iran, 2018: 326-330
- [12] Skrzypek A, Panfil W, Kosior M, et al. Control system shell of mobile robot with voice recognition module [C]//2019 12th International Workshop on Robot Motion and Control (RoMoCo), Poznań, Poland, 2019: 191-196
- [13] Feng Y, Wang H, Yan H, et al. Research on safety and compliance of a new lower limb rehabilitation robot [J]. *Journal of Healthcare Engineering*, 2017, 2017: 1-11
- [14] Wang H, Feng Y, Yu H, et al. Mechanical design and trajectory planning of a lower limb rehabilitation robot with a variable workspace [J]. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 2018, 15(3): 1-13
- [15] Feng Y, Wang H, Du Y, et al. Trajectory planning of a novel lower limb rehabilitation robot for stroke patient passive training [J]. *Advances in Mechanical Engineering*, 2017, 9(12): 1-10
- [16] 俞凯, 陈露, 陈博, 等. 任务型人机对话系统中的认知技术——概念、进展及其未来 [J]. *计算机学报*, 2015, 38(12): 2333-2348
- [17] 张斌, 全昌勤, 任福继. 语音合成方法和发展综述 [J]. *小型微型计算机系统*, 2016, 37(1): 186-192
- [18] 孙继平, 吴冰, 刘晓阳. 基于膨胀/腐蚀运算的神经网络图像预处理方法及其应用研究 [J]. *计算机学报*, 2005, 28(6): 985-990
- [19] Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton G. Imagenet classification with deep convolutional neural networks [C]//Proceedings of the 25th International Conference on Neural Information Processing Systems, Nevada, USA, 2012: 1097-1105

Design and implementation of YSU-II lower limb rehabilitation robot intelligent interactive system

Zhong Meiyu, Zhao Fengda, Dou Yan, Yuan Li, Jia Jizhuang, Shu Shiyang, Wang Rongxue
(College of Information Science and Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao 066004)

(The Key Laboratory for Computer Virtual Technology and System Integration of Hebei Province, Qinhuangdao 066004)

Abstract

Traditional human-computer interaction (HCI) methods using a mouse, keyboard, and touchscreen have been widely used in rehabilitation robot systems, which encounter many problems such as numerous buttons and complicated operations. Hence, the YSU-II intelligent interactive system is designed for the YSU-I sitting/lying lower limb rehabilitation robot. Specifically, the system not only focuses on speech interaction, while the lower limb rehabilitation robot's task can be set by multiple control parameter speech commands, but also focuses on text recognition to improve the system practicality. The combination of speech interaction and text recognition is described as follows. Firstly, this paper presents the structure and interactive instructions of the YSU-II intelligent interactive system. Secondly, the implementation steps of the relevant speech technology and text recognition method are separately summarized. The experimental results show that the rehabilitation task can be set through the YSU-II intelligent interactive system, which has a high recognition rate for both voice and text, while system response time can meet user needs. Also, the system can reduce the use threshold and learning time of the lower limb rehabilitation robot, which meets the need for intelligent interaction with rehabilitation robots.

Key words: rehabilitation robot, human-computer interaction (HCI), speech interaction, speech command