

基于RFID无线射频技术的智能衣柜系统设计

王 聪, 苏佳琳, 王俊杰

西京学院计算机学院, 陕西 西安

收稿日期: 2023年10月16日; 录用日期: 2023年12月1日; 发布日期: 2023年12月13日

摘 要

当前, 由于服装消费市场规模的快速发展, 人们衣柜里的衣物越来越多, 而过多的衣物给人们造成了诸多困扰。针对人们搭配衣服效率较低的问题, 本文采用MySQL数据库和云端两种类型的存储方式对用户衣柜中的衣物数据以及Kinect读取的用户信息进行存储, 同时RFID技术通过射频信号的方式将系统中的数据以及Kinect读取的用户信息结合Dynamic Fusion算法, 构造出三维动画呈现在UI显示屏上, 用户只需在显示屏上搭配自己喜欢的风格, 随机显示屏会呈现出用户选定的衣物的具体位置。该系统的设计极大地简化了用户思考, 以及试衣服的烦琐过程, 同时也大大节约了时间、提高了搭配衣服的效率、增加了用户对于着装前的使用体验感。

关键词

MySQL数据库, Kinect, RFID技术, DynamicFusion算法

Design of Intelligent Wardrobe System Based on RFID Technology

Cong Wang, Jialin Su, Junjie Wang

School of Computer Science, Xijing University, Xi'an Shaanxi

Received: Oct. 16th, 2023; accepted: Dec. 1st, 2023; published: Dec. 13th, 2023

Abstract

At present, due to the rapid development of the scale of clothing consumption market, more and more clothes are in people's wardrobes, and too many clothes have caused many troubles to people. Aiming at the low efficiency of matching clothes, this paper uses MySQL database and cloud to store the clothes data in the user's wardrobe and the user's information read by Kinect. At the same time, RFID technology combines the data in the system and the user information read by Kinect with Dynamic Fusion algorithm by means of radio frequency signals to construct three-di-

mensional animation and present it on the UI display screen. Users only need to match their favorite style on the display screen, and the random display screen will show the specific location of the clothes selected by the user. The design of the system greatly simplifies the user's thinking and the cumbersome process of trying on clothes, greatly saves time, improves the efficiency of matching clothes, and increases the user's experience before dressing.

Keywords

MySQL Database, Kinect, RFID Technology, DynamicFusion Algorithm

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近几年,随着人们生活水平的不断提高,改善生活品质的智能家居技术层出不穷,现代家具业也正在向着智能化的方向发展。当下服装消费市场规模的快速发展,使得人们的衣物也日益增多,过多的衣物给人们的日常生活造成了许多的困扰,最常见的问题是整理衣物困难、搭配服装浪费时间、衣物太多容易遗忘等。所以对衣物的智能管理是人们对于智能家居的一项切实的新需求。

通过调研以及查阅大量资料和文献发现:目前国内虽然有很多研究者尝试把智能技术应用在衣柜上,但往往倾向于应用在智能收纳系统,或利用控制技术实现对柜内衣物进行温湿度检测并进行除湿和杀菌,以上这些功能虽然在一定程度上促进衣柜的智能化发展,但都偏向于用户着装后的体验以及对衣物的保护。关于用户着装前的使用体验感研究较少,因此智能衣柜当前呈现出功能单一、用户体验不强、实用性较弱等局限性。为了改善上述这些影响消费者体验的一系列问题,本文通过增强现实技术,读取衣柜中的相关数据,通过匹配系统中的 3D 衣物模型,从而将穿衣效果展现出来,用户只需在显示屏上轻轻一点,就能完成预期的效果,这样极大地简化了思考、试衣服的烦琐过程,也大大的节约了时间,增强了用户对于着装前的使用体验感。

2. 系统的设计与算法

2.1. 系统架构

智能衣柜系统首先采用 MySQL 数据库和云端两种类型的存储方式对 RFID 电子标签中的衣物数据以及 Kinect 读取的人体数据进行存储。当用户站在衣柜的 UI 触摸屏前时, Kinect 摄像机会识别并记录人的形体特征,并将读取的相关数据传入至云端进行存储,同时云存储可以对人体相关数据进行保存、备份、浏览、共享以及管理等操作,安全性能高,除此之外 Kinect 会将读取的人体基本信息结合 DynamicFusion 算法构建出现实人物的实时 3D 模型并呈现在 UI 触摸屏上。UI 触摸屏直接连接 RFID 读写器, RFID 读写器将信息通过天线传递给 RFID 电子标签,电子标签接收到相关信息后将所需要的衣物数据传输给 RFID 读写器并呈现在 UI 触摸屏上,用户便可以通过 UI 触摸屏反馈的信息对自己喜欢的衣物进行实时搭配并呈现穿上后的 3D 效果图,随即 UI 显示屏会对所需要的衣物进行定位。

2.2. Kinect

人机交互技术(Human-Computer Interaction Technology)已成为人与计算机进行数据通信的桥梁,其中

人体形态识别是人机交互重要的形式之一[1]，现今传统的人机交互采用穿戴设备、外设输入以及触摸屏等方式控制设备的运转，为了更好的提高人机交互的体验感及交互效率，于是人脸识别、手势识别、语音识别以及视觉感知等交互方式孕育而生，其中，基于人体形态识别的交互方式可以较好地贴合用户的生活习惯，无需与机器直接接触，只需通过视觉设备对人的动作识别[2]，识别结果作为控制指令进一步精确传入至系统数据库中。人体形态数据识别见图 1 所示。

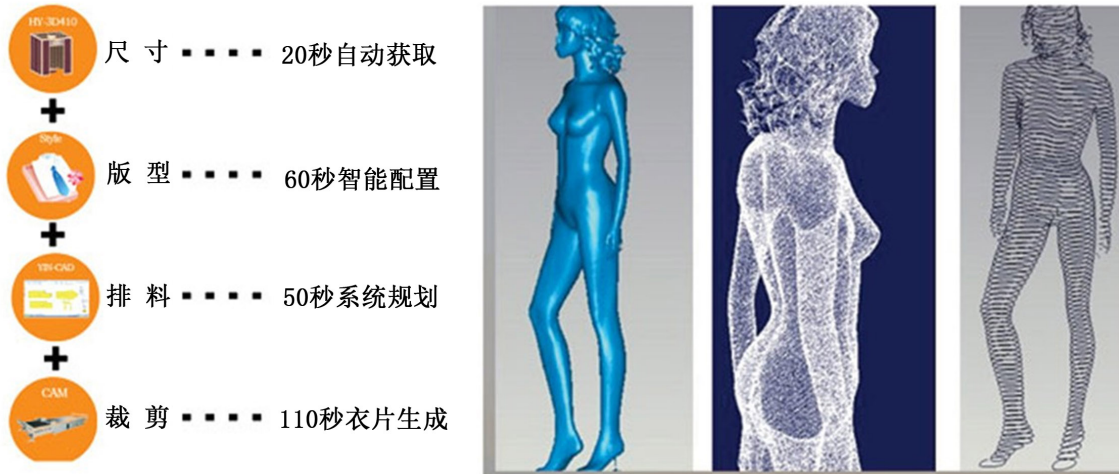


Figure 1. Human form data recognition
图 1. 人体形态数据识别

Kinect 是微软公司推出的第一代 KinectXBOX360 体感设备，具有动作捕捉以及影像辨别等功能。本系统采用 Kinect 成像技术读取用户信息；其主体由一个 Kinect 摄像机、一个 UI 触摸屏组成。当用户站在衣柜的 UI 触摸屏前时，Kinect 摄像机会识别并记录人的形体特征，通过读取的相关数据，系统会给出适合的尺码推荐，用户可在 UI 触摸屏上选择适合的尺码大小，随即 Kinect 机器根据采集得到的人体的相关数据信息，会将人体构建成三维静态模型并呈现在 UI 触摸屏上。Kinect 系统原理见图 2 所示。

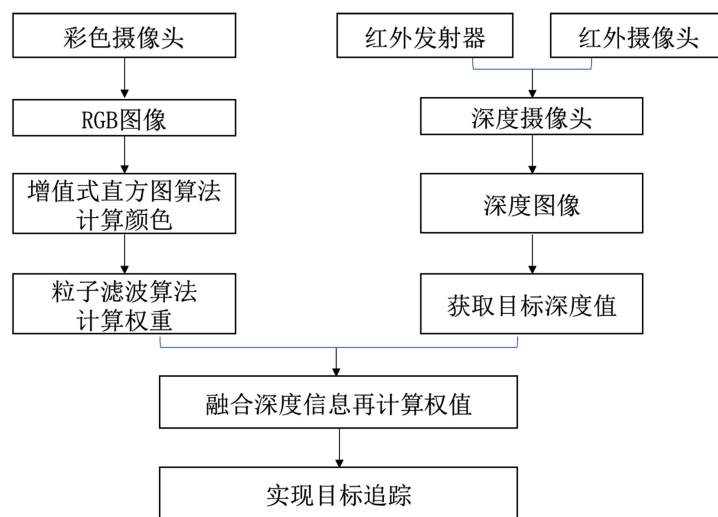


Figure 2. Kinect system principle
图 2. Kinect 系统原理

2.3. DynamicFusion 算法

DynamicFusion 算法的核心是：建立一个关键帧(canonical frame)下的模型，对于场景发生变化的情况，都可以通过几何变换对应到该模型上，每一次重新读取深度图都在几何变换之后再融合到模型中，这里变换的过程相当于取消了场景的变换；就这样场景逐渐的变得真实丰满。

DynamicFusion 算法是一个基于求解体流场(volumetric flow field)的重要方法——体流场将场景每个时刻的状态转换到一个固定的规范帧上。本文主要研究人体的动态变化，对于一个动态的人，人物的活动会被逆转，身体部位上的每个特征都会被映射到第一帧的姿态上，此场景本质就是刚性的，接着采用标准的 KinectFusion 更新方法获得更高质量的重建图像[3]。这种重建出来的结果可以通过反转图反过来转化为实时帧，每个规范帧的点都被转化到实时帧对应的位置上。在一个动态的场景，对“刚性”空间的定义并不直观。其关键是，对于非刚性的变换和融合，本文的方法也能够在原来为刚性场景状态下所提出的体积扫描融合中也能保持最优的特性。主要在于逆转场景的运动，将所有观测结果全部融合到一个固定的帧上，这样可以通过单独实现反转图的高效性。在这种变换下，每个规范点将会被投影到实时相机帧的一个视线上。由于针对刚性场景的最优化参数仅与视线有关，本文将优化结果泛化到非刚性的情景中；第二个关键是高效地表示体翘曲(volumetric warp)并能够实现实时计算。事实上，即使是较低的分辨率，256 的 3 次方个成型体素，想要在对帧率下计算需要一亿个转换参数。本文在求解过程中采用自适应、稀疏且分层的体积函数。

用体翘曲场表示动态场景下的运动，此时其对每个点产生了六维映射： $W: S \rightarrow SE(3)$ ，尽管稠密三维平移场就足以能够描述时序几何，但同时使用平移和旋转来表示现实生活中的物体会让追踪重建的结果更加真实。对于每一个规范点 $V_c \in S$ ， $T_c = W(V_c)$ ，将该点从规范的空间转换到实时的非刚性形变的参照系。由于需要对每一个新来帧估计翘曲函数 W_t ，其表示必须得到高效地优化。一个可行的方案就是对体素进行稠密采样，例如以 TSDF(truncated signed distance function, 截断符号距离函数)几何表示的分辨率表示一个量化的 $SE(3)$ 场。然而，即使是以相对低分分辨率(256^3)的典型 TSDF 体素进行重建，每帧需要的求解的参数数量就是 6×256^3 ，大约是只需估计一个刚性变换的原始 KinectFusion 算法 1000 万倍。显然，对翘曲函数完全稠密的参数化是不可行的。现实中，表面趋向于在空间中平滑移动，由此可以使用一组稀疏变换为基础，通过插值定义稠密体翘曲函数。

由于对计算性能和插值质量的考虑，本文使用对偶四元数混合插值法(dual-quaternion blending, DQB)定义翘曲函数： $W(x_c) \equiv SE3(DQB(x_c))$ ，单位对偶四元数变换的加权平均值就是：

$$DQB(x_c) \equiv \frac{\sum_{k \in N(x_c)} w_k \widehat{q}_k^c}{\left\| \sum_{k \in N(x_c)} w_k \widehat{q}_k^c \right\|}$$

每个单位对偶四元数 $\widehat{q}_{kc} \in R^8$ 。 $N(x)$ 是点 x 的 k 个最近邻变换点， w_k 是描述径向影响的 $R^3 \mapsto R$ 的权值函数， $SE3(\cdot)$ 表示将四元数变换回 $SE(3)$ 的转换矩阵。翘曲场在时刻 t 时的状态 W_t 可以定义为一组形变节点 $N_{warp}^t = \{dg_v^i, dg_w^i, dg_{se3}^i\}_t$ 。第 i 个节点 ($i = 1 \dots n$) 在规范空间中的位置是 $dg_v^i \in R^3$ ，对应的变换矩阵 $T_{ic} = dg_{se3}^i$ ， dg_w^i 是控制形变影响范围的权重。

$$w_i(x_c) = \exp\left(\frac{-\|dg_v^i - x_c\|^2}{2(dg_w^i)^2}\right)$$

径向权重 dg_w^i 是为了确保这个被采样到的形变节点能够影响到其附近的其他节点，所以与采样的节点矩阵稀疏程度相关。由于翘曲函数为所有支持的空间定义了刚体变换，因此空间的位置和任何关联的

方向都将被变换，例如对表面点 v_c 和方向 n_c ，将按以下方式转换到实时帧：

$$(v_r, 1)^T = w_r(v_c)(v_c^T, 1)^T, \quad (n_r, 0)^T = w_r(v_c)(v_c^T, 0)^T$$

应当指出，空间的缩放也可以用这种翘曲函数来表示，因为空间的压缩和扩张是由沿会聚和发散方向移动的相邻点表示的。最后，我们还可以提取出一个对体积中所有点共同的刚体变换，例如相机移动。因此引入从隐式翘曲模型到实时相机空间的变换 T_{lw} ，与体翘曲函数复合得到完整的翘曲场：

$$w_r(x_c) = T_{lw}SE3(DQB(x_c))$$

DynamicFusion 是第一个能够使用单一深度摄像机对动态场景进行实时稠密重建的系统。

2.4. RFID 技术

RFID 是 Radio Frequency Identification 的简称，是一种无线射频技术，同时也是自动识别技术的一种，最开始是由雷达技术衍生的。该项技术不需要人工干预就可以实现自动识别。RFID 技术的原理是利用无线射频的方式读取和识别标签中的数据，并与标签之间进行远程数据通信，从而实现目标识别与数据交换[4]。与无限版本的条形码相比，RFID 技术具有其不具备的多目标同时读取、识别误差小、使用寿命长、识别距离远、存储数据量大、标签上数据可以加密、存储信息可以更改等优点。其系统组成见图 3 所示。

RFID 技术是基于射频识别技术实现内部存储衣物与智能衣柜自动交互的功能。主要由置于衣物上的电子标签及置于衣柜中的阅读器组成。本文利用 RFID 技术对衣服位置进行扫描和定位并将扫描出的数据存入标签中，阅读器可以实现对射频信号的发射与接收，作为和电子标签进行通讯的工具，以此来达到读写电子标签上所储存的数据的目的，电子标签则会储存不同衣服的特征信息，例如衣服的款式、颜色、尺寸、编号等。

RFID 系统主要是由 RFID 读写器(Reader)、RFID 电子标签(Tag)以及天线 3 个部分组成。

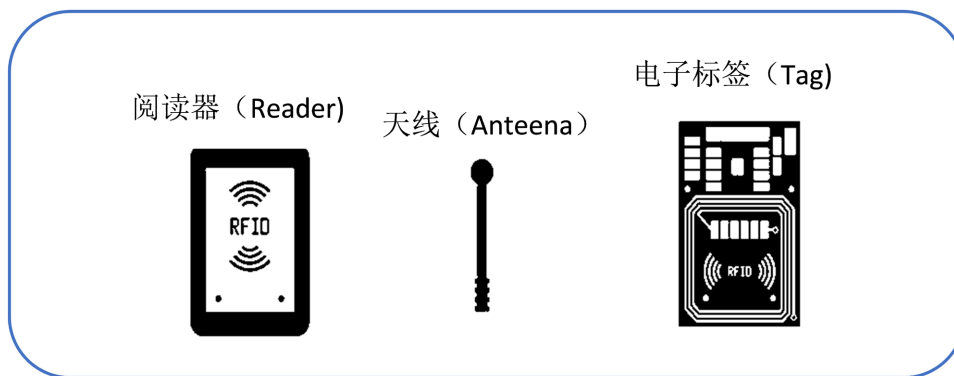


Figure 3. RFID system composition

图 3. RFID 系统组成

读写器(Reader): 也叫阅读器: 见图 4 所示，主要作用是将电子标签中的信息读取出来，或者将标签所需的信息写入至标签的设备中。根据功能不同，阅读器可分为两种，一种是只读阅读器，另一种是读/写阅读器，阅读器是 RFID 系统信息处理和控制的中心。在 RFID 系统运行时，由阅读器在一个区域内发送射频能量形成电磁场，而区域的大小取决于发射功率。在阅读器覆盖区域内的标签被触发，发送存储在其中的数据，或者根据阅读器的指令修改存储在内部的数据，并且能通过接口与计算机网络进行通信。



Figure 4. RFID Reader (Reader)

图 4. RFID 读写器(Reader)

天线(Antenna): 见图 5 所示, 是实现射频信号空间传播, 并建立无线通信连接的设备。天线和阅读器以及电子标签之间采用电磁波的形式传递信号, 阅读器可通过天线发送一定频率的信号, 将信息传递给电子标签, 电子标签在接收到信号后, RFID 系统就会将电子标签内部存储的标识信息通过天线发射出去, 阅读器通过天线接收并且识别该电子标签发回来的信息, 最终由阅读器将识别结果发送给 RFID 系统。



Figure 5. RFID antenna (Antenna)

图 5. RFID 天线(Antenna)

电子标签(Tag): 见图 6 所示, 电子标签主要用于存储一定的衣物数据信息, 同时电子标签会接收来自阅读器的信号, 并把所要求的数据发送回给阅读器。电子标签会被贴到或者固定安装到衣物上。



Figure 6. RFID Electronic Tag (Tag)

图 6. RFID 电子标签(Tag)

2.5. 数据存储

该系统对数据存储主要使用 MySQL 数据库和云端两种类型的存储方式。数据库系统是指一种根据特定类型而建立起来的信息并且可以长期存储在系统存储器中，而用户和应用程序之间可以实现共享信息集合。MySQL 数据库就是一种关系型数据库系统，客户可以直接通过官方网站上免费使用。由于 MySQL 数据库具有程序量小、成本低、性能快等优点，因此 MySQL 作为网络数据库系统已成为许多中小型用户的首选。而 MySQL 数据库系统不但具有其它数据库系统无法实现的独特性能外，同时该项系统还是目前使用频率最高的非过程式的数据库系统。而 MySQL 的最大优点得益于数据库存储引擎的广泛使用[5]。

MySQL 数据库最早是由 Oracle 公司开发出来的数据库管理型软件，是一种关系型的数据库管理系统，通过该软件可以完成对数据库信息的创建，增删以及修改等操作，并且能够对大量数据资源进行处理、查询、检索、维护以及存储管理，具有数据存储量大、处理能力强、运行时间短等优势[6]。本文中 MySQL 数据库系统主要是针对衣物的信息进行储存，衣物的数量通常为固定值，信息储存压力相对较低，因此整个系统采用 MySQL 数据分析引擎实现创建、检索、修改以及删除信息等操作功能可能会导致的使用率较低。很多类型的伺服器端都可以使用多种不同的数据分析引擎。但由于在关联资料数据库中，信息的储存是以表格的形式记录的，所以关系数据引擎也可以称为一种可以储存与操作表格的资料类型。这就有效地方便了用户和管理员对数据的查阅和更新做出相应的操作。MySQL 数据库体系见图 7 所示。

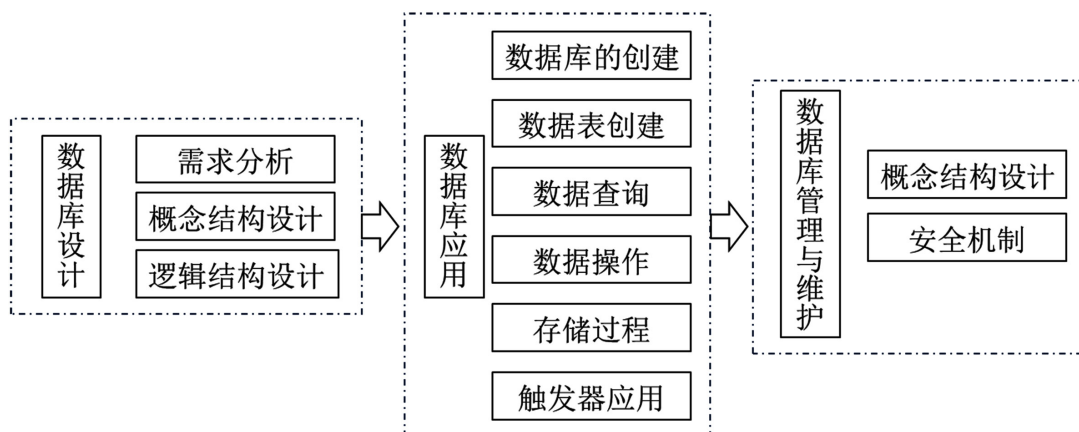


Figure 7. MySQL database architecture

图 7. MySQL 数据库体系

针对用户的信息本文采用云端的方法进行存储，由于用户的信息量规模巨大，仅靠数据库的方式进行储存成本太大，并且很难实现，根据目前的发展趋势，利用云端储存的空间大、可以多个设备同时存储数据、安全性能高、成本低、资料可流动共享、访问、上传和下载的速率快等多种优点，沉重地冲击了传统的信息存储，云端储存将成为网络发展的新态势，“云储存时代”已经初步形成。云存储是一个新型的基于互联网的储存信息手段，云存储是信息技术发展所催生出来的果实，同时也是应用服务创新的体现。云存储的一个常用模块即网盘，具有文档保存、备份、浏览、共享和文档管理的功能。用户能够随时保存、编辑网盘里的内容，利用虚拟互联网的方法提高了使用率和信息存储效率，为人类的生活和工作带来了便利。同样通过云存储的方法来管理用户的信息具有稳定性更高的数据加密效果。通过动态装配的方式可以管理虚拟资源，实现网络资源与服务虚拟化，减少了网络资源的使用成本，从而增加了系统的灵活性，提高了使用效益，节省大量资源[7]。

3. 结论

本文通过利用 Kinect 成像技术以及 DynamicFusion 算法设计出衣服的实时 3D 动画, 通过无线射频的方式读取或写入数据至目标中。其特点是通过射频信号自动识别目标并获得有关数据, 识别过程无需人为干涉。

目前, 我国的智能家具行业发展不够成熟, 但我国是家具生产大国, 家具产业的智能化发展将会是我国成为智能家具强国的关键一步, 我国智能家具在国际市场的地位, 同样也将有较大的突破, 智能家具的发展将逐渐成为重要的发展产业[8]。

本文创新性的设计的一款智能化衣柜系统, 旨在解决因当下服装消费市场规模的快速发展, 使得人们衣柜里的衣物越来越多, 而过多的衣物造成的后果是: 衣物整理困难、衣服搭配耗费时间、容易遗忘很多衣物导致一些衣服受潮、发霉等问题[9], 给人们的日常生活造成了诸多困扰。针对该问题, 本文充分考虑当前市场形势以及大众需求, 设计的一款通过无线射频的方式读取或写入用户衣物数据至目标中, 射频信号自动识别目标并获得有关数据, 由系统记录用户的衣物, 识别过程无需人为干涉, 用户只需通过电子屏就能看到衣柜中的全部衣物并能够选择自己想穿的衣服, 屏幕会自动呈现相关衣服的搭配及穿上后的 3D 效果图, 随即电子屏会显示衣服的具体位置。有效地简化了传统的搭配衣服的繁琐过程。

智能衣柜的研究与创新是对人们生活质量的改善, 如何将人们在当今快节奏的生活形式下不断从各种重复劳动中解放, 从而节省出更多的时间投入到文明的进步之中, 这必将是未来研究发展的方向。

基金项目

2023 年大学生创新创业训练计划项目(S202312715075): 基于 Kinect 技术的智能衣柜成像系统的设计; 西京学院横向课题: 基于 5G 物联网技术的智慧粮仓监控系统的开发。

参考文献

- [1] 张思锋, 张泽漓. 中国养老服务机器人的市场需求与产业发展[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2017, 37(5): 49-58.
- [2] 李国玄, 王文博, 马凯凯. 基于 Kinect 的人体姿态识别算法研究[J]. 沧州师范学院学报, 2023, 39(1): 24-27.
- [3] 邱俊奎. 基于 Kinect 的虚拟试衣间三维人体模型重建的研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 东华大学, 2020.
- [4] 李晓丹. RFID 标签在包装防伪中的应用分析[J]. 绿色包装, 2023(6): 20-23.
- [5] 王威. MYSQL 数据库源代码分析与存储引擎的设计[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京邮电大学, 2012.
- [6] 王景. 高职院校“MySQL 数据库”精品课程建设及教学实践研究[J]. 科技资讯, 2023, 21(12): 197-200.
- [7] 谭雄. 浅析云计算在物联网中的应用[J]. 电脑知识与技术, 2016(9): 277-278+288.
- [8] 段海燕, 吴智慧, 张昭. 智能化衣柜的设计与开发[J]. 木材工业, 2009, 23(3): 37-39.
- [9] 钟开洋, 蔡运伍, 黄艺, 等. 基于深度学习的嵌入式智能衣柜[J]. 科学技术创新, 2019(35): 51-53.