

# 基于头部姿态与运动的注意力检测与反馈系统的设计与实现

文◆新疆和田学院 数学与信息学院 吾部力喀斯木·吾布力艾散 穆巴热科·斯迪克

## 引言

本文实现了基于头部姿态的注意力检测与反馈系统的设计与开发。学习者使用该系统可以实现学习行为和注意力检测与干涉。该系统通过检测学习者头部姿态和运动，判断学习者的学习行为和注意力，并实时通过振动提醒注意力不佳的学习者。该系统能够给教育工作者和学习者提供学习大数据，为教育教学活动和课后复习提供参考依据。

## 1 背景技术、理论基础和基于头部姿态和运动的注意力测评模型的构建

近年来，物联网，云计算和大数据等技术发展非常迅速，已经深深融入人们的日常生活。如共享单车、自助售货机、自助洗车机、智慧家居、智慧校园等，改变了出行、生活、学习的方式。物联网可穿戴设备作为物联网应用的一部分，深受人们喜爱。如智能手表、智能手环、儿童智能手表、智能眼镜、AR/VR眼镜、眼动仪等可穿戴设备层出不穷<sup>[1]</sup>。物联网可穿戴设备在教

育教学方面被广泛应用。例如，BraiCoFocus1 是一款头戴式注意力检测装备，根据用户的脑电波检测学生注意力；智能坐垫是一款根据学生坐姿检测学生注意力的教育装备，它把学生坐姿分为前倾、后仰、左倾、右倾等多个类型，再根据注意力与坐姿匹配表，判断学生的注意力<sup>[2]</sup>。

本产品是一款根据学生面部朝向和头部运动情况判断学生学习行为和注意力，并干涉注意力不集中学生的学习行为的工具。该研究以具身认知理论为基础理论展开研究，具身认知理论指生理体验与心理状态之间存在强烈的联系<sup>[3]</sup>。根据具身认知理论可知不仅是因为开心所以微笑，而是因为微笑所以更加开心。相同地，在上课过程中，学生不是因为注意力集中所以面部朝向黑板和老师，而是因为面部朝向黑板和老师，所以注意力集中。根据该论断，长时间保持学生头部朝向黑板和老师对提高学生注意力至关重要。本研究中建立基于头部姿态的注意力测评模型，将学生头部姿态和运动进行量化，得出学生的学习行为和注意力水平。通过对实际班级进行观察，得出不同的学习行为相对应的学生头部角度、头部运动规律和频率，再结合整个班级学生的情况得出基于头部姿态和运动的注意力测评模型，如表 1 所示。

表 1 基于头部姿态和运动的注意力测评模型

对应头部姿态描述	学习行为	注意力水平
偏转角在 -45°和 45°之间，俯仰角 -6°到 29°。 旋转角 0°左右（不考虑这个角度）	正面对黑板	注意力集中
俯仰角 -50°到 -6°，旋转角 0°到 15°	低头记笔记	注意力集中
偏转角 30 秒内不同方向上超过 30°的运动超过 4 次，俯仰角 30 秒内不同方向上超过 20°的运动超过 4 次算左顾右盼	左顾右盼	注意力不集中
偏转角绝对值大于 65°且持续时间超过 5 秒钟	转头看窗外	注意力不集中
班级三分之一的学生头部偏转角超过 ±75°	小组讨论	注意力集中
头部姿态长时间保持不动，时间超过 3 分钟	发呆	注意力不集中
头部姿态俯仰角小于 -50°时间超过 5 分钟	睡觉	注意力不集中

【作者简介】吾部力喀斯木·吾布力艾散（1995—），男，新疆和田人，硕士，助教，研究方向：智能教育装备。

## 2 注意力检测与反馈下位机的设计开发

该产品由上位机和下位机组成，下位机名称叫注意力检测与反馈头环，上位机叫教师端控制和分析查看系统。下位机头环由主板、角度传感器、Zigbee 无线传输模块和振动马达组成。学习者在上课过程中把头环戴在头上，头环每隔一秒钟检测学习者的头部角度，把检测到的角度数据通过无线模块发送到上位机上。上位机分析从多个头环收集到的头部姿态数据，判断学生的上课行为，把上课行为分为正面对黑板、低头记笔记、左顾右盼、转头看窗外、小组讨论、发呆、睡觉共 7 个类型和注意力集中和非集中两大类，并给注意力处在非集中状态的学生所佩戴的头环发出振动指令从而提醒学习者集中注意力。

经过实验，比较 Stm32，8051，Stc 和 Arduino 等芯片和开发板，最终选择 Arduino uno R3 作为注意力头环主控板。Arduino 是一款价格低、便捷灵活、方便上手和支持第三方硬件、外设和类库的开源电子原型平台。利用 GY61P 姿态传感器的 IIC 通信接口连接到 Arduino uno R3 开发板的 SCL 和 SDA，Zigbee2530 模块通过串口与 Arduino 主控板连接。主控板每 500 毫秒读取一次姿态传感器数据，通过串口利用 Zigbee 无线传输模块发送数据到教师服务电脑。主控板再从教师服务电脑接受指令提醒注意力不集中的学生。由于一个上位机需要广播控制多台下位机，下位机需要有自己的编号，可通过软件设置。

## 3 注意力检测与反馈系统上位机的设计开发

### 3.1 注意力检测与反馈系统上位机的设计

该产品有下位机和上位机两部分组成。下位机是硬件部分，用来检测头部姿态和提示学习者。上位机是人机交互界面，基于 B/S 模式。开发完下位机（头环）后开发基于 B/S 模式的上位机。该软件功能包括学习者头戴头环的角度传感器的校准、下位机的控制和相关学习行为数据的接收、处理、显示、分析、保存等。下面具体介绍其功能。

(1) 下位机的角度传感器选用 Mpu6050 传感器。使用一段时间后，该传感器读取的角度数据可能会出现偏移，每隔一段时间需要校准传感器。

(2) 下位机数量多，一个上位机控制多个下位机。上位机通过广播的方式呼叫下位机，按顺序读取检测值，故在使用前需要设置下位机的被呼叫地址（或者名称）。上位机提供了设置下位机地址的窗口，当在上位机中显示学生的学习状态与注意力，在数据库中保存信息数据时，需要用到学生姓名。所以当设置下位机被呼叫地址时，在系统里设置用户名、学校、年级、班级、年龄、座位位置、课程名称、上课时间等信息。

(3) 下位机只会检测用户的头部姿态原始数据，数据被上位机接收后会被处理成角度，角度数据再根据注意力模型转换成学习行为和注意力水平，再可视化地展示在浏览器上。

(4) 数据分析是该系统中的一个比较大的模块。不仅可以对单个学习者的学习行为数据和学习注意力数据进行分析，也可以对整个班级的学习行为数据和注意力水平数据进行分析。通过对整个班级或者学校的

注意力水平的分析，可以得出班级或者整体注意力水平较低和较高的时间段，探索注意力水平与知识点、教师位置、时间段、年龄等多个因素的关系。

(5) 上位机还具备干涉学生注意力的功能，通过下位机的振动模块振动实现。当检测到学生注意力不集中，上位机需要给下位机发送振动指令，通过振动提醒学生。上位机不仅需要能够自动让头环振动，还需要提供手动让头环振动的功能。

### 3.2 注意力检测与反馈系统上位机的实现

根据上一节中对上位机的分析，实现上位机相对应的功能。该系统包括前端和后端部分。前端采用 Vue3 技术开发，后端采用 Django dnf 框架开发，重要的组件用到了 Web serial api 组件和 Apache ECharts 等组件。该系统用户分为 4 个角色，分别是学生、教师、教学管理员和超级管理员。学生角色只能看到自己的历史学习行为和注意力水平等信息，没有其他权限。教师角色的功能比较强大，其界面功能包括控制在线设备给其发送指令、匹配电脑与头盔、新增用户、在线设备数据的收集展示和存储等功能。除此之外，教师可以查看自己课程的每个学生的学习行为和注意力水平数据，以及自己任教的课程的所有数据经过分析后的可视化展示结果。教学管理员拥有所有学生历次学习行为和注意力水平信息的查看功能和整个学校的所有数据经过分析后的可视化展示结果。超级管理员拥有用户账号信息管理、菜单权限的管理等功能。

### 3.3 数据库的设计与实现

学生上课时的学习行为和注

意力数据可以为教师上课决策提供参考，也可以为学习者的复习功课提供依据。这些数据要保存在数据库中，采用 MySQL 数据库，在数据库中建立用户表、角色表、菜单表、用户决策表、决策菜单表、学习行为表和注意力水平表等。

#### 4 基于头部姿态的注意力检测与反馈系统的测试

##### 4.1 测试方法

该系统的测试分为两个部分，分别是功能性测试和可用性测试。首先，功能性测试主要检测系统各个模块是否正常运行、页面之间的链接是否正常、上位机和下位机通信是否准确、下位机能否准确接受上位机的指令并做出正确的响应。同时，功能性测试还包括角度传感器测量角度是否准确，能否正确校准等。功能性测试具体通过黑盒测试和白盒测试完成。其次，可用性测试。通过可用性测试检测该系统能否正确判断学习者的学习行为和注意力水平，并对注意力不佳学生进行干涉。可用性测试通过视频编码的形式进行。在实地课堂中，让 4 个被测者在上课时头戴注意力检测与反馈头环，同时用摄像机记录 4 个被测者上课的全过程。课后对视频进行慢放和编码，手动对学习者的学习行为和注意力水平进行测评，再把得出的结果与基于头部姿态的注意力检测与反馈系统得出的学习行为和注意力水平数据相比较验证本文中开发的设备的准确性。

##### 4.2 测试过程、结果和结论

首先，使用黑盒测试进行功能性测试。打开上位机，使用学

生、教师、教学管理员和超级管理员 4 个角色的账号登录上位机查看菜单和权限分配是否正确。分别点击所有链接，检查链接之间的跳转是否正常。启动下位机，在上位机中输入波特率，选择相应串口。把下位机平放在桌子上，上位机发送校准指令。在上位机中输入学生名和下位机被呼叫地址，点击开始上课按钮，使上位机和下位机进入工作状态。模拟学习者的头部运动，分别做出正面对黑板、低头记笔记、左顾右盼、转头看窗外、小组讨论、发呆和睡觉 7 个学习行为，查看上位机能否正确判断并通过振动对不良学习行为做出正确干涉。打开上位机可视化界面，对学生学习行为和注意力进行实时展示。进入数据库，查看数据是否正确被记录。经过 5 分钟的模拟测试，点击下课按钮。打开上位机可视化界面，查看对这 5 分钟课程总的数据分析和可视化展示。经过检测发现各个模块功能正常，最后，使用白盒测试检测代码中的逻辑等。

下面进行可用性测试。选取“Java 程序设计”课程，选择坐在教师中间位置的 4 名学生做被试者。4 名被试者头戴下位机开始上课。用笔记本电脑打开上位机软件点击开始上课按钮，开始测试。同时，在教室黑板前面正中央的位置放置三脚架和摄像机，对学生上课过程中的学习行为做记录。上课时间持续了 45 分钟，视频拍摄 50 分钟。45 分钟的上课过程中注意力检测与反馈系统上位机总共接收到了 10800 条数据。其中，9984 人次的正面对黑板，565 人次的低头记笔记，65 人次的转头看窗外，145 人次的小组讨论，19 人次的左顾右盼和 21 人次的未定义状态。下一步是对视频进行编码，首先，找到转头看窗外、小组讨论、左顾右盼 3 种学习行为相对应的视频片段对他们进行分析编码。其次，对剩下的正面对黑板、低头记笔记两种学习行为相对应的视频片段进行分析编码。在对前 3 个状态下的视频片段进行编码过程中标记出了 65 人次的转头看窗外，145 人次的小组讨论和 19 人次的左顾右盼。根据该数据可以得到该系统对学习者的转头看窗外，小组讨论和左顾右盼 3 种学习行为做出正确判断。对正面对黑板、低头记笔记两种学习行为相对应的视频片段进行慢放观察，观察这些视频片段中有没有疑似转头看窗外、小组讨论、左顾右盼等学习行为。经过观察对比和分析，发现这些视频片段中的学习行为都属于正面对黑板和低头记笔记两类，基于头部姿态的注意力检测与反馈系统对正面对黑板和低头记笔记两类学习行为判断正确。再经过分析发现，转头看窗外和左顾右盼两种学习行为并没有连续发生，这是因为该系统通过振动提醒功能对注意力不集中行为做出了干涉。经过以上测试，可以确定该系统功能可靠稳定，对学生学习行为和注意力能够做出正确判断，可用性较高，有进一步推广和研究的价值。<sup>[8]</sup>

#### 引用

- [1] 刘冰,安素平.现代教育技术应用[M].厦门:厦门大学出版社,2017.
- [2] 袁丽丽.学龄期儿童智能坐垫设计与开发[D].上海:华东师范大学,2017.
- [3] 叶浩生.具身认知:认知心理学的新取向[J].心理科学进展,2010,18(5):705-710.