

基于神经网络的手机体感游戏手柄开发

郑樊巍¹

¹(南京大学 计算机科学与技术系,江苏省南京市 210046)

Interactive Mobile Gamepad Based on Neutral Network

ZHENG Zang-Wei¹✉

¹(Department of Computer Science, Nanjing University, Nanjing 210046, China)

+ Corresponding author: QQ:280530207 Email: zzw@smail.nju.edu.cn

Abstract: This paper describes a formal approach to develop an interactive gamepad on a mobile phone to interact with games on computer. It takes use of mobile phone's accelerometer to detect users' performance and responds from the game engine in real time. With machine learning method the type of users' performance can be quickly classified. A system was written that collected data, transferred information from mobile and computer and realize the game logic. This system has low requirement for the accuracy of accelerometer and interacts fast with the game. It can helps decrease the cost of games requiring interactive gamepad to enter the market.

Key words: gamepad, accelerometer, socket, mobile phone, machine learning

摘 要: 本文提出了一种使用移动端作为体感游戏手柄与电脑游戏交互的方法。该方法使用手机中的加速度传感器检测用户输入并实时与电脑端进行双向通信。借助神经网络技术可以区分用户的输入类型。在此基础上,本文实现了一个收集数据,在手机端与电脑间传输信息并完成游戏逻辑的完整系统。该系统对于传感器的精度要求低且交互速度快。该系统可以有效减少需要体感游戏手柄的游戏进入游戏市场的成本。

关键词: 手柄, 加速度传感器, 套接字, 移动设备, 机器学习

1 研究问题

近几年需要体感游戏手柄的游戏在市场上所占比例越来越大,但国内拥有此类游戏手柄的玩家数量远不如拥有移动端设备的玩家数量多。利用手机中的加速度计,可以让手机充当体感游戏手柄,从而降低此类游戏的进入市场的成本。针对对于三维空间定位精度要求不高的游戏,我们设计了用手机充当游戏手柄的替代方案。

传统手柄游戏中的射击游戏、动作游戏对手柄的精度要求较高,而策略游戏、音乐游戏等对手柄的精度要求则较低。此类游戏中往往不需要准确定位手柄在三维空间中的具体位置,而只需判断手柄是否做出了某类动作。我们将此类游戏需要判定的动作总数记为 N ,利用手机中的加速度传感器收集数据,使用神经网络训练 N 分类器,为用户做出的动作分类。

✉ 作者简介: 郑樊巍(1999—), 学号 171860658, 南京大学计算机技术系本科生

该方法相比利用手机坐标系进行精确定位的方法，对手机加速度传感器的精确度要求低，故可以更加广泛地运用于各类手机中。两次不同动作的检测最小时间间距可达 100ms。本文实现了一个手柄游戏系统，实现了从数据收集，动作判断，数据传收到游戏逻辑判断的整个过程。其中涉及的关键步骤如下：

- 1. 模型训练：利用手机采集原始数据，对数据进行适当变换后，利用 CNN 搭建神经网络作为分类器，并加载到手机端。
- 2. 动作判断：手机端对用户的动作进行实时检测，得到不同动作类型的概率。电脑端获取概率信息后，判定具体动作类别。
- 3. 游戏模型：以一个音舞游戏为例，需要实时、快速检验两个动作类型。
- 4. Socket 传输：实现电脑游戏端和手机手柄端的实时双向连接。手机端传送每一类别的概率，电脑端基于概率和时间决定用户的输入，并将游戏过程结果实时传回。

2 相关工作

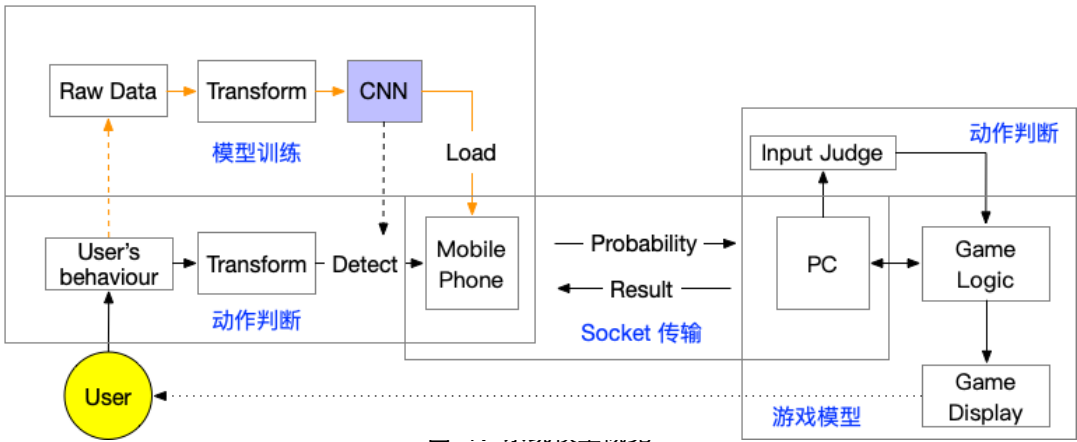
加速度传感器在人体姿态检测方面有着多种应用，在用户的姿态检测上，可以检测用户前臂的运动状态^[5]以及身体的运动趋势^[6]等，此类姿态检测往往不需要较为精确地计算设备在三维空间的偏移，而是利用具体问题的特性设计算法。

利用高精度的加速度传感器，加速度传感器计算三维空间中精确的偏移量也逐渐成为可能^[1]。利用加速度传感器在三维空间中的偏离定位用户设备在三维空间中的位置，可以用加速度传感器替代传统游戏手柄中的模拟摇杆实现体感游戏手柄^[2]。但此类系统对传感器的精度要求较高，同时长时间的通信后会出现定位偏移的现象。在此基础上，增加螺旋仪等其它传感器的信息，可以为较为复杂的如 FPS 类型游戏的游戏手柄^[3]增加游戏交互性。

使用手机端作为电脑端游戏的操控设备可以使用户得街机游戏一般的体验。将手机端触摸屏作为虚拟摇杆和按键的系统可以实现对电脑端超级马里奥等游戏的实时控制^[4]，此时手机充当了电脑游戏的无线按键手柄。此类手柄的研发难点在于手机端和电脑端的同步通信。

将手机端作为体感游戏手柄的开发的较少。同时，在解决手机端定位上较少使用机器学习的方法进行研究，使用此类方法对于手机的精度要求不高且不会产生定位偏移的现象，可以有效地解决体感游戏手柄游戏端的判定问题。

3 解决方案



整套系统分为手机端和电脑端两个部分。如图所示，通过手机端手机数据，利用神经网络训练好模型，

加载到手机端中。手机端的模型接受用户的输入给出不同类别的概率，通过 Socket 传输给电脑端。电脑端接受手机端的输入并判断用户动作，输入到游戏逻辑中，将结果返回给手机端并更新游戏画面。

整个系统主要涉及四个模块：游戏模型、模型训练、动作判断和 Socket 传输。其中，电脑端 Socket 传输使用了两个线程，输入判定使用了一个线程，游戏逻辑使用了一个线程，加上主线程的游戏显示，同时拥有五个线程。手机端 Socket 传输使用了两个线程，接受用户输入和判断各使用了一个线程，加上主线程共五个线程。

3.1 游戏模型

本系统中的游戏模型为一个简化的音舞游戏模型，可抽象为一个七元组 $(t, T_0, T_1, Q, I, \text{threshold}, \text{score})$ 。其中 t 为系统时间； Q 为队列，其中每个元素为二元组 $(\text{time}, \text{label})$ ，其中 time 为该元素产生的时间， label 属于集合 $\{\text{left}, \text{right}\}$ 。每个时间点，该游戏模型有一定概率生成一个元素并加入队列中， label 等概率标记为 left 或 right 。 T_0 为超时时间，满足 $\text{time} > T_0$ 的元素将自动出队。 I 同样为二元组 $(\text{time}, \text{label})$ ，由手机端传入后，输入模块判定产生。 T_1 为判定时间，当 $t = T_1$ 时，若 I 中 time 满足 $|\text{time} - t| < \text{threshold}$ ，则 score 增加一分。



图 2：游戏介面

游戏模型中， I 为手机端游戏手柄传入的数据， Q 将转换为游戏界面，使玩家根据游戏界面作出不同的动作：左箭头需要操作者将手机向左甩动，右箭头需要向右甩动。当游戏者正取命中箭头后，电脑端将根据命中的箭头类型向手机端返回不同的信号。

整个游戏过程中，玩家需要伴随背景音乐，尽可能多的根据箭头做出正确的动作，获取尽可能多的得分。

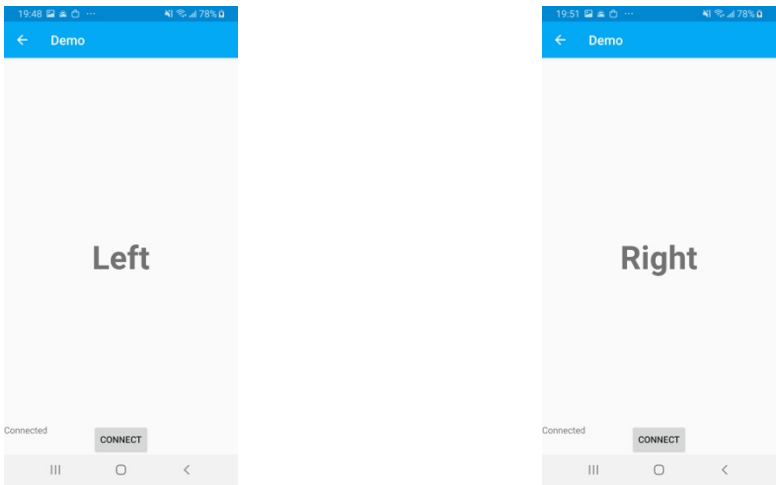


图 3：命中不同箭头时手机端的显示

3.2 模型训练

游戏模型中共有两种类别的动作需要训练，分别为向左甩动和向右甩动。利用神经网络训练二分类器装载到手机端以实现游戏手柄。

3.2.1 收集数据

本次模型共收集了 1000 个样本，其中 500 个向左甩动，500 个向右甩动。每个样本为时长 120ms，间隔 1ms，包含手机加速度传感器三个维度的数据，故每个样本为 120×3 的矩阵。

收集数据时，屏幕会显示传感器的数值。对于一次甩动操作，将选取样本中心点为峰值最大值，以此向两边各 60ms 截取数据保存。从手机端收集的数据保存后，传输至电脑进行进一步处理。

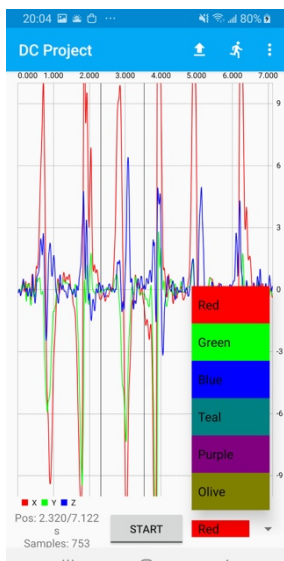


图 4：数据收集界面

如图是数据手机程序的界面，手机数据中，选择不同的颜色作为标签记号，点击 START 后甩手开始记录数据，暂定后通过滑动两条黑线选定窗口范围，保存到手机的外部空间中。

3.2.2 数据处理

原始数据存在着幅度不同，波形多毛刺等问题。将原始数据填充到相同长度，使用步幅为 20 的均值平滑并将数据正规化到 $[-0.5, 0.5]$ 之间，得到更加优质的数据。

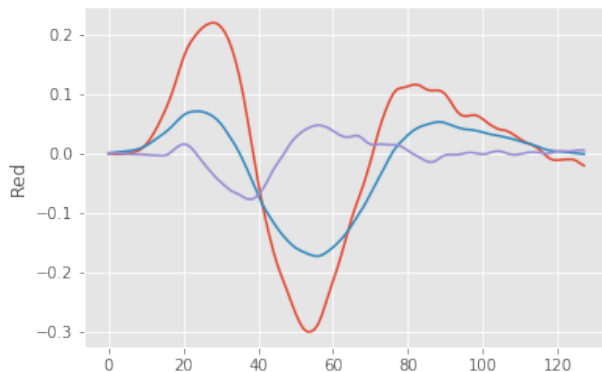


图 5：处理过的向右运动样例

3.2.3 网络模型

考虑到波形数据中不同时刻的关联和同一时刻中不同维度的关系，使用卷积神经网络对用户输入进行预测。在设计中，使用了类似图像识别^[5]的卷积层网络结构，由两层卷积层、池化层和最后的全连接神经网络组成。在划分出的测试集上可以达到 99.3%的准确率。

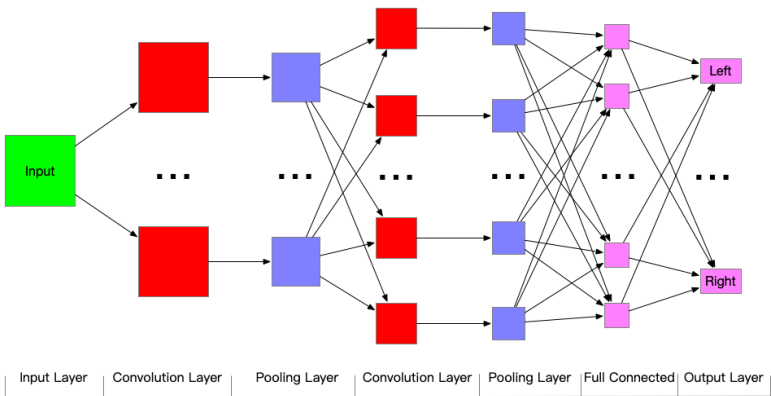


图 6：卷积神经网络结构

原模型大小达到 6 MB，为了在移动端上减小储存空间并加快运算速度，在训练好的模型基础上，除去了无用的网络部分并将部分浮点运算改为整数运算。虽然损失了部分精度，但使模型大小降低为 400 K 并加快了运算速度。这更有利于移动端的加载和使用。

3.3 动作判断

3.3.1 手机端检测

手机端充当游戏手柄时，将不断检测用户的输入，经过和模型训练时相同的数据处理过程后输入到加载的网络中进行预测。手机端将会缓存 120ms 的数据，并实时对数据进行平滑、放缩。输入到神经网络后，将会分别得到左甩手和右甩手的两个概率。随机通过 Socket 将该数值传输到电脑的动作判断端进行操作。

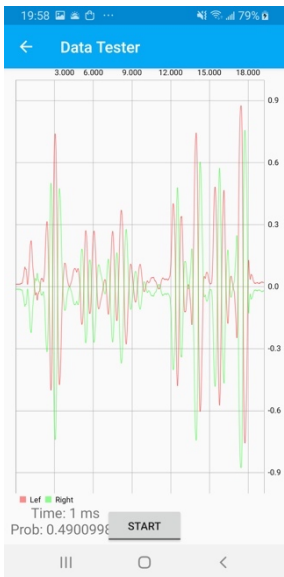


图 7：手机端概率验证程序

3.3.2 电脑端判定

电脑端不断从手机端获得概率数值，并进行判定算法如下。若两个概率都不满足一定阈值，则判定用户没有做出任何动作，手机为静止状态。若某一动作的概率超过阈值，则判定用户进行了一次该操作。

如图 7 所示，注意到每次用户进行一次左（右）甩手后，随机会产生一个较高的右（左）甩手判定或振荡。这是由于在甩手停止时会产生相反方向的加速度，该波形与反方向甩手的波形相近而导致误判。为解决该问题，电脑端每次判定用户进行了一次操作后，将冻结判断 50ms，等到波形稳定后再进行下一次的判断。

Algorithm 1 电脑端判定

Require: p1,p2: two probabilities

```
function judgeMotion(p1,p2)
    if p1<0.7 and p2<0.7 then
        return 0
    sleep(50)
    if p1>p2 then
        return -1
    else
        return 1
```

在电脑端做出判定后，将判定结果封装为 I 传递给游戏逻辑处理器，从而使整个游戏逻辑完整运行。

3.4 Socket传输

手机端和电脑端各使用了两个线程用来支持双方的可读可写操作。电脑端启动游戏后，将进入游戏手柄等待连接状态。手机端启动后，向电脑端发送连接请求，搭建双向读写通道。电脑端向手机端发送"Connected"确认信号后，进入游戏逻辑。此后手机端不断向电脑端写入形如"90 20"的两个整数，分别表示向左和向右甩

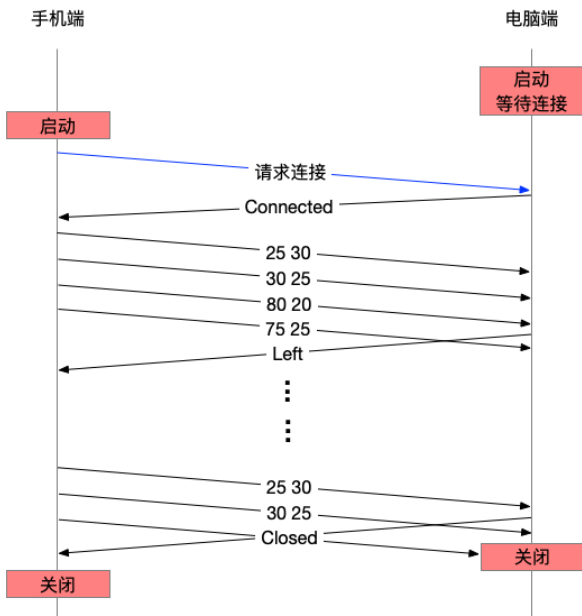


图 8: Socket 传输过程

手的概率。电脑端读取数值并交给判定端处理。一旦用户命中某个箭头，电脑端会将相应的箭头以"Left"或"Right"文本发回至手机端，手机端接收信息并展示在屏幕上。当双方接到任意一方发出的结束信号时，Socket 关闭。

4 结论

本文提出了一个使用深度学习进行类别判断的手机端体感游戏手柄，实现了用移动设备支持体感游戏的系统。在该系统中，完成了学习器的训练，用户输入的判定，手机端和电脑端的信息交互以及电脑端的游戏逻辑。该系统的交互场景如图所示（源代码地址：<https://github.com/zhengzangw/Mobile-Gamepad>）。

对于任一个由有限数量动作组成的输入的游戏，都可以利用本系统生成一个多分类器判断用户输入

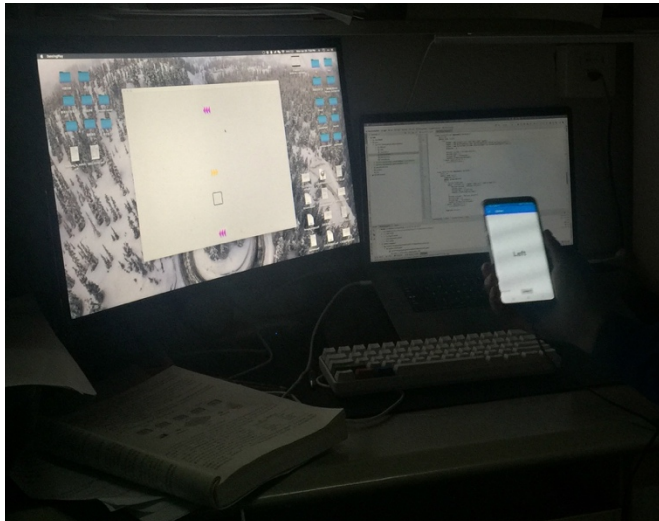


图 9：系统运行示例

动作类型，从而实现手机端的体感游戏手柄。在该系统的支持下，可以为多种需要体感游戏手柄的游戏提供移动端设备的手柄支持。

致谢 感谢南京大学数据通信课程提供开发手机。感谢殷亚凤老师和助教提供的技术指导。

References:

- [1] Klubnik R. Measuring displacement using accelerometers[J]. MAINTENANCE TECHNOLOGY, 2008, 21(3): 30. Klubnik, Renard. "Measuring displacement using accelerometers." MAINTENANCE TECHNOLOGY 21.3 (2008): 30.
- [2] Blake, Andrew, Graham Winstanley, and William Wilkinson. "Deriving Displacement from 3-Axis Accelerometers." *Proceedings of Computer Games, Multimedia & Allied Technology 09* (2009).
- [3] Alankuş, Gazihan, and Alp Arslan Eren. "Enhancing gamepad FPS controls with tilt-driven sensitivity adjustment." International Conference on Computer Graphics, Animation and Gaming Technologies–EURASIA GRAPHICS 2014. Hacettepe University Press, 2014.
- [4] Baldauf, Matthias, et al. "Investigating on-screen gamepad designs for smartphone-controlled video games." *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)* 12.1s (2015): 22.
- [5] LeCun, Yann, et al. "Gradient-based learning applied to document recognition." *Proceedings of the IEEE* 86.11 (1998): 2278-2324.

附中文参考文献:

- [6] 侯文生 戴加满 郑小林 杨琴 吴小鹰 许蓉.基于加速度传感器的前臂运动姿态检测.传感器与微系统,重庆大学生物工程学院,2009.
- [7] 曹玉珍 蔡伟超 程旸.基于 MEMS 加速度传感器的人体姿态检测技术.纳米技术与精密工程.天津大学精密仪器与光电子工程学院天津市生物医学检测技术与仪器重点实验室,2010