

# 基于神经网络长短期记忆的机器人碰撞检测

胡 浪<sup>1</sup>

(1.青海大学 计算机技术与应用系,青海 西宁 810016)

**摘 要:**在工业型机器人和服务型机器人的运用中,为了保证机器人在运动过程中具有安全性和实用性,必须为机器人添加碰撞检测功能。本文将重点研究机器人在运动过程中的碰撞识别问题,分析三轴加速度传感器相关数据,总结连续运动过程中的机器人的运动规律,实现碰撞检测相关功能。

**Abstract:** In the application of industrial and service robots, in order to ensure the safety and practicability of robots in the process of motion, it is necessary to add collision detection function for robots. This paper will focus on the problem of collision recognition of robots in the process of motion, analyze the relevant data of three-axis acceleration sensor, summarize the law of motion of robots in the process of continuous motion, and realize the function of collision detection.

**关键词:**机器人;神经网络;碰撞识别;长短期记忆

**Key Word:**robot,neural network,collision recognition, Long Short-Term Memory

## 引言

现如今,机器人已经广泛的运用于工业制造和服务行业。在此过程中,机器人就必须时刻检测自己是否碰到周围的墙体、工业设备、工作人员、其他障碍物等等,从而避免因碰撞而对周围的机械设备或者人产生危险。而目前世界上对机器人碰撞进行检测的方法主要是利用机器视觉和传感器。机器视觉通常是在机器人的身体部位上或者在机器人的工作空间中安装多个摄像头,机器人控制程序根据这些摄像头传入的图像数据进行处理和大量的科学计算,当判断机器人即将碰撞或者碰撞后再对机器人进行移动控制,保证机器人免受碰撞或者退出碰撞状态。当然,摄像头的投入和这样大量的计算往往会导致机器人的生产成本大量的增加。从而降低机器人在工业和服务行业中的使用地位。因此就有了另外一种方法——加装传感器。在机器人的各个关节部位安装物理传感器,和 A/D 转关模块,通过实时采集传感器数据并且对数据处理进行计算,可判断当前机器人是否发生碰撞,并且对机器人做出相应的控制操作。而人工计算和审核往往会导致机器人的自动化程度不够完善,所以我们提出将传感器数据结合神经网络,实现机器自动化检测碰撞和控制返回的功能。

---

收稿日期: 2018-12-28

作者简介: 胡浪(1997-), 男, 学生, 本科, (+8618095784578); (admin@oibit.cn), 韩亮(联系人), 男, 教师, 硕士生导师, (+8613327647813); (397406660@qq.com)。

# 1 碰撞检测传感器以及控制结构

在本文中，采用的物理传感器类型为三轴加速度传感器，微控制器采用 Arduino UNO。整个控制系统的结构如图 1 所示，其中主要包含一下几个部分：1）三轴加速度传感器（MPU6050），主要用于采集当前时刻机器人在空间中的加速度数值；2）微控制器（Arduino UNO），负责收集传感器采集的数据和控制无线模块进行数据的传输。3）蓝牙模块（JDY-30），由微控制进行控制，向控制中心 PC 机或者主控芯片发送数据。4）控制中心或主控芯片，收集由无限传感器发送的数据，交由神经网络进行训练和测试。5）机器人运动控制模块，接收来自主控 PC 或者芯片的控制信号，控制机器人进行移动。

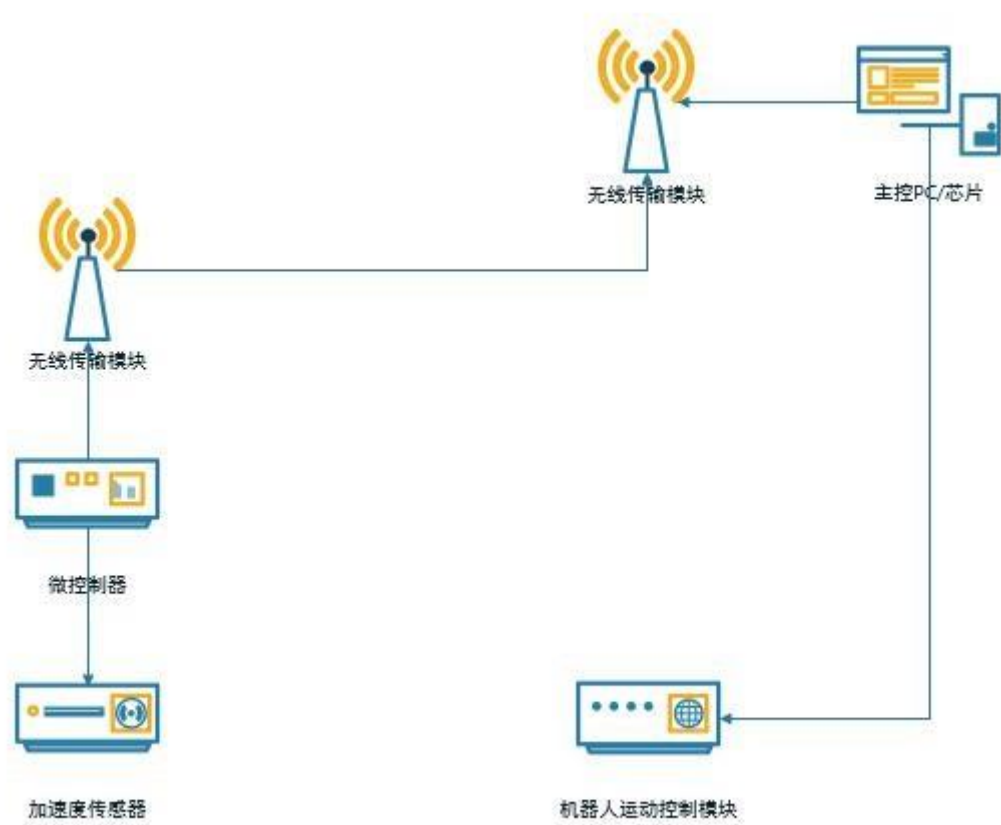


图 1 系统结构

在该系统中，主要核心部位为微控制器和加速度传感器，加速度传感器能够被想象成为一个黑箱，我们只需要对其输入对应的命令，黑箱能够获取当前的姿态并且给我们返回我们需要接数据。而在这个地方，微控制器的作用就相当于一台微型计算机，对连接在它上面的黑箱进行测试，控制并且发送数据采集指令到黑箱，黑箱经过处理，将数据返回到微型计算机。再由微计算机控制和发送数据到主控设备。对于微控制器而言，可以简单的使用 C 语言或者 C++语言对其进行编程，编程难度相对简易。而在机器人的运动过程中，通常情况下机器人都是由进步电机来驱动，只要机器人在物理方向上由运动的迹象，那么通过加速度传感器采集到的数据必然会存在变化。将这种变化交由神经网络测试，判断当前机器人是否发生碰撞，再将结果交由机器人运动控制芯片，从而达到控制机器人运动的目的。

## 2 碰撞检测的原理以及实现方法

在机器人运动的过程中，为了能够保证检测和测试的正确性，我们利用了三轴加速度传感器模块本身的特性，以及机器人在连续运动过程中加速度变化的平滑的特性，根据三轴加速度传感器采集到的三个运动轴上的加速度变化情况，来检测和判断机器人在当前姿态下是否有发生碰撞。但是由于在运动过程中机器人可能会出现抖动等情况，并且由于周围环境的不同，可能会存在声波干扰传感器采集数据，所以在一定层面上很难根据这些带有波动的数据确立一套完整的算法，来解决这些由于环境因素所带来的数据误差，并且判断是否有碰撞产生。因为神经网络在数据的处理模式上能够更加友好的处理常规数学难以解决的模糊信息的问题。因此我们尝试通过建立神经网络来对数据进行分析，实现对碰撞的检测。在此过程中，神经网络的运行流程如图 2 所示。在这个结构中，可以将运行程序看作一个环形程序原因在于机器人在持续的运动过程中，由于持续运动过程中，机器人姿态不断改变，而加速度传感器需要时刻采集数据，所以移动所导致的姿态的改变完全可以理解为是对运动指令的一种反馈。机器人在发生碰撞时，加速度传感器对机器人当前姿态数据进行采集，发送给碰撞检测模块，根据三轴加速度的特征，建立神经网络模型，并将机器人运动的数据交由神经网络模型训练，得到适合的模型，神经网络根据姿态数据的变化，判定碰撞状态，交由机器人控制模块，发送相关控制指令到机器人使机器人退出碰撞状态。为了完成碰撞检测相关功能，我们使用 Python 语言来构建神经网络框架，并且利用神经网络训练数据得到适合的模型后，在机器人控制中实现这个模块，完成碰撞检测的相关功能

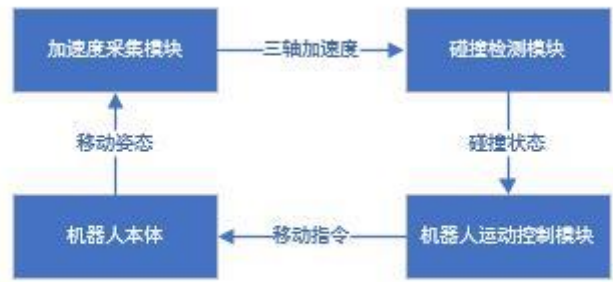


图 2 神经网络运行流程

## 3 神经网络模型以及算法

由于机器人在碰撞过程可能产生两种姿态，即机器人在启动时已经处于碰撞和在运动过程中产生的碰撞状。对于两种状态我们考虑到机器人的碰撞检需要以时间轴为根据，使用上一时刻的状态和当前输入的数据进行判断，因此我们对于某一次输入的数据，将其与前 4 个时间点输入的数据进行组合，以每 5 个时间点数据为 1 个组合作为输入，由于每一个时间节点包含 3 个数据，因此这样设计的神经网络的输入具有 15 个输入节点，利用神经网络对数据的非线性映射能力和泛化能力，使得经过训练的神经网络能

够根据输入得到合适的的数据输出。在定义神经网络的过程中，我们期望输入的数据输入是以每 5 个时间节点数组组合的二阶张量，根据神经网络计算可以将任意精度逼近于非线性映射的关系，我们确定的三个计算层。并预先设定，第一层将输入数据计算，返回一个 15 维度的向量序列，第二层根据第一层返回的向量序列，计算得到一个维度为 5 的单个向量，第三层将 5 个单个向量作为输入，得到一个为 1 的单个向量作为输出。得到的神经网络结果如图 3 所示。

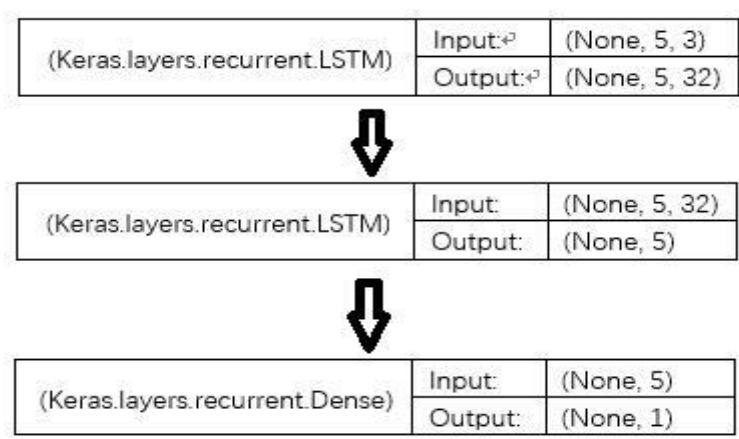


图 3 神经网络计算结构

#### 4 数据采集和神经网络训练

用于机器人神经网络训练的数据来源是机器人运动过程中上一时间节点分别在 X、Y、Z 三个轴上的加速度，因此我们需要通过微控制器从加速度传感器上获取这些数据。MPU6050 芯片采用 I2C 接口，通过针脚高低电频的转换实现数据发送,利用接口可以将机器人当前姿态的三轴加速度读取到内存中，再通过无线模块中的数据传输功能发送到主控中心。

主控 PC 在接收到数据后对接收到的数据进行处理，将每一个接收到的数据与前 4 个时间节点接收的数据进行整合。得到一个 5 行 3 列的矩阵。整合方式如图 4 所示，在时间节点小于 5 时不对数据进行整合处理，当时间节点大于等于 5 时，将新输入数据一行与前四个时间节点的数据进行整合，当时间节点为 5 时，组合数据格式为时间节点 1 到时间节点 4 的数据加上时间节点 5 的数据。当时间节点为 6 时，组合数据格式为时间节点 2 到时间节点 5 的数据加上时间节点 6 的数据……

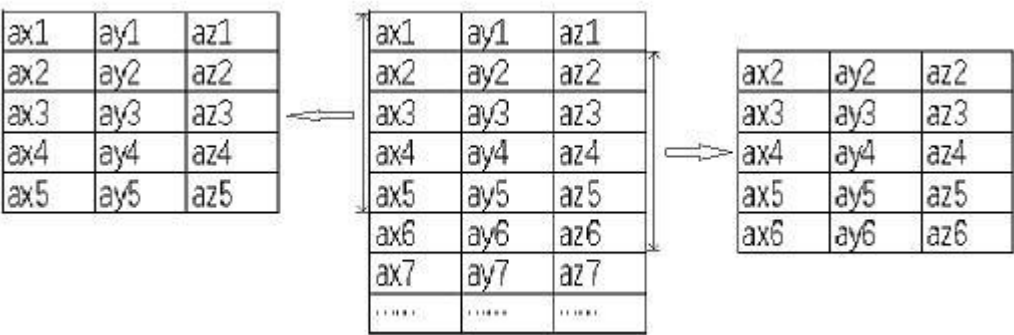


图 4 分组数组构成方法

对于每一组输入数据，在训练前人为为其标记为 0 或 1，即对应不碰撞情况和碰撞情况（在这里我们暂时不考虑碰撞的方式）。在输入数据的过程中，将我们整合的数据和对应的标签同时输入。最终得到指定格式的输入数据。并将其输入到神经网络进行训练。

## 5 机器人碰撞检测功能的实现

当固定了神经网络训练好的结构参数之后，就可以在机器人的控制程序中加入碰撞检测模块。具体流程为：当机器人控制程序启动时，加载指定路径的经过训练的 h5 模型文件，对神经网络进行初始化，神经网络初始化完成后启动数据采集和发送线程。随后启动机器人本身的运动函数。以保证数据采集和发送与机器人的运动同步进行，互不干扰。在神经网络接收到数据之后，对数据进行输入测试，若判断结果为碰撞，则启动机器人运动中断，控制机器人退出碰撞场景。程序框图如图 5 所示：

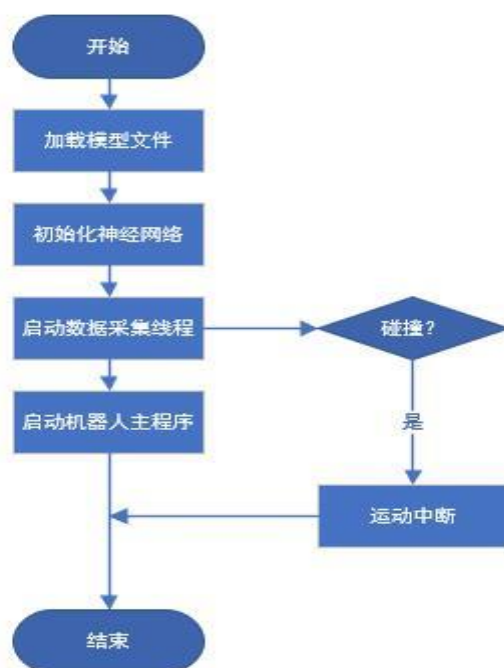


图 5 碰撞检测功能框图

由于在发起运动中断的或称中。数据采集进程和测试线程仍在运行，会对运动中断控制造成影响，所以我们需要在运动中断过程中暂时阻塞数据采集线程和神经网络训练线程。再退出碰撞场景后再重新恢复。

## 6 碰撞检测测试

在实际运行场景中，我们将安装了碰撞检测功能的机器人置于空旷平坦的地上，通过人为使用隔板的方式对机器人进行阻挡。

由于 MPU6050 对数据采集频率的限制，为机器人碰撞检测装置设置数据采集频率为 10Hz 即每秒钟采

集 10 次数据，机器人在接受一个人造的碰撞后。在一个很小的延时约 120 毫秒后开始向反方向运动。结果表明，机器人能够通过该碰撞检测模块检测到碰撞并处理，相应时间大约为 120 毫秒。

## 7 结论

根据机器人在运动过程中加速度变化可能产生的结果构建神经网络模型，使用 Arduino UNO 微控制器和 MPU6050 三轴加速度传感器对机器人三个轴向上的加速度进行数据的采集并经过神经网络训练，得到了能够满足碰撞检测需求的神经网络模型。将模型加载到机器人的运动控制系统中能够实现碰撞检测的功能。基于传感器的机器人碰撞检测功能的实现，降低了通过机器视觉检测的投入成本。增加了机器人在工业生产和服务行业中的运用范畴。

### 参考文献：

- [1] 王可心. 基于 MPU6050 简单控制设备[J]. 电子制作, 2018(11):86-89.
- [2] 邓丽敏, 管声启, 武永桥, 柴彩彩. MPU6050 信号接受与处理的研究与应用[J]. 内燃机与配件, 2016(12):129-130.
- [3] 聂波. 工业机器人的碰撞辨识与安全控制研究[J]. 内燃机与配件, 2018(07):201-202.
- [4] 王晓伟, 陈一民, 沈雄. 基于神经网络的机器人碰撞检测系统研究开发[J]. 计算机应用与软件, 2009, 26(07):62-65.
- [5] 易利容, 王绍宇, 殷丽丽, 杨青, 顾欣. 基于多变量 LSTM 的工业传感器时序数据预测[J]. 智能计算机与应用, 2018, 8(05):13-16.
- [6] 张晓斌, 陈福才, 黄瑞阳. 基于 CNN 和双向 LSTM 融合的实体关系抽取[J]. 网络与信息安全学报, 2018, 4(09):44-51.