

# 智慧物联网的脑电采集系统的研究

李哲

(湖北商贸学院 湖北省武汉市洪山区 430079)

**摘要:** 本文研究一种智能物联网的脑电采集系统。通过将传感网络、云平台、脑电采集系统、数据处理算法以及深度学习算法结合,实现智能物联网技术对脑电信号的实时监控、数据传输、存储和智能识别。在系统设计部分,本文分析了智能物联网脑电采集系统的功能需求,设计了完整的硬件设备和云平台,实现对脑电信号进行实时监控和数据采集,研究了脑电信号处理算法和脑电识别 AI 模型。通过对 UCI 脑电数据集的处理分析和深度学习算法的应用,展示了深度学习模型在医学的脑癫痫疾病诊断的应用前景。该模型在 UCI 脑电识别数据集上,获得了 95.98% 的准确度,模型损失低于 0.18, AUC 值高于 0.995。实验结果显示了智能物联网的脑电采集系统在脑电信号研究和应用方面的可行性、有效性和发展潜力。

**关键词:** <智能物联网技术>; <脑电采集系统>; <深度学习>;

**中图分类号:** T            **文献标识码:** J

**Abstract:** This paper studies a system of brain electric collection of intelligent things. By combining sensor network, cloud platform, brain electric acquisition system, data processing algorithm and deep learning algorithm, the real-time monitoring, data transmission, storage and intelligent recognition of the intelligence signal are realized. In the system design division, this paper analyzes the functional requirements of the intelligent Internet brain electrical acquisition system, and designs the complete hardware equipment and cloud platform, realizes the real-time monitoring and the number of brain electrical signals, and studies the brain electrical signal processing algorithm and the electric recognition AI model. Through the application of the processing analysis and the deep learning algorithm of the UCI brain data set, the application prospect of the diagnosis of brain epilepsy disease in medicine is demonstrated. The model obtained 95.98% of the accuracy of the UCI brain electrical recognition data set, and the model loss was lower than 0.18 ac and 0.995. The experimental results show the feasibility, effectiveness and potential of the brain electrical acquisition system of the intelligent network.

**Keywords:** Internet of Things technology; Brainwave acquisition system; Deep learning;

## 0 引言

智能物联网技术 (IoT) 是物联网技术和人工智能技术的结合,除此之外还融合了云计算、数据库、嵌入式技术等,提高了物联网的网络整体的性能和智能性。智能物联网被应用于很多行业中,包括了制造、农业、医疗、交通等领域,实现了数据的智能收集、智能传输、智能存储、智能检索、智能处理等功能。人工智能技术融入物联网之中,实现了物联网各个环节的智能化。通过分析历史数据和识别模式,智能物联网还可以实现对物联网设备的监控和智能维护,预防性的减少停机时间,提升了系统整体的工作效益。搭载了先进 AI 模型的物联网能够分析传感器数据自主决策,根据客户需求生成各种行业应用。先进的安全加密协议使其具有抵抗恶意攻击保护用户隐私的功能。智能组网技术可以自动扩充和缩减网络规模,以及对接入的新用户进行自动身份验证。多样的传输模式可以方便的实现对其他平台的集成应用,实现数据的跨平台应用和共享。

脑电数据 (EEG) 是一种非侵入式的医学监测技术,通过记录大脑的电活动,可以实现人的各种脑疾病的诊

断,以及对人的精神状态、精神疾病和行为的研究。EEG 数据是诊断癫痫和监测癫痫的黄金标准,根据 EEG 信号能够准确的判断患者是否处于癫痫的状态。通过长期监测癫痫患者的脑电活动能够有效的预测患者癫痫疾病的发生,实现对患者的及时治疗,使医生和家属可以根据疾病的实际情况,制定相应的治疗计划。在医学上,EEG 数据还被作为评估脑死亡的一项指标,通过 EEG 的特定特征来判断脑死亡的状态。给患有睡眠疾病的患者安装可穿戴式的脑电监控仪器,可以诊断和监测失眠、嗜睡和睡眠呼吸暂停。EEG 数据还可以评估患者的昏迷程度、进行患者的脑瘤检测、诊断包括抑郁症在内的精神疾病,以及脑机接口的研究。

本文研究智能物联网的脑电采集系统,完成了对脑电信号的实时监控、数据传输与存储,分析处理,将物联网技术和人工智能技术运用于医疗领域中,提高脑电信号的采集效率和便捷性,为脑电信号的研究和应用提供更加可靠的技术支持。首先介绍智能物联网技术的背景与发展,包括物联网的概念与特点以及智能物联网在健康医疗领域的应用。然后,介绍脑电采集系统的原理

与应用,包括脑电信号的来源与特点以及脑电采集系统的硬件与软件组成。在系统设计和实验部分,设计脑电采集系统的硬件结构,分析了脑电数据处理的算法,使用了深度学习框架完成了脑电数据的智能诊断识别。在论文总结部分,讨论了实验结果,整理了研究目标和内容,并展望了智能物联网脑电采集系统的发展前景。

## 第一章 智能物联网技术概述及脑电采集系统

### 1.1 智能物联网技术的应用与发展

物联网通过无线通信技术实现设备之间的低成本连接,在任何时间地点进行远程监控,实时采集各种数据信息,通过云平台存储处理分析数据,为用户提供个性化的应用。传统的治疗都仅限于医院和诊所,需要消耗大量的人力物力资源,并没有很好的实现远程医疗、精准医疗和智能医疗。物联网技术将患者的生命体征,通过传感器网络传输至医生和医院,实现了基础的远程医疗。通过人工智能组成的专家系统集合了各种专家的经验 and 医学书籍的智慧,能够较为准确的对患者的疾病进行诊断,进一步通过物联网实现智能配给药品和医疗仪器,实现了自主的智能医疗。强大的人工智能已经在很多领域击败了人类,可以预见未来的医疗专家系统将很有可能具有比人类更高的诊断准确率。

智能物联网技术在健康医疗领域的应用已经取得了显著的成果。市场中涌现了大量的智能医疗仪器设备,包括智能手环、智能血压计和智能血糖仪等设备。它们可以通过无线通信技术将患者的生命体征数据传输到云平台,医生可以通过云平台对患者的健康状态进行监控和分析。智能物联网技术还可以实现对医疗设备的远程维护和管理,提高医疗资源的利用效率。

### 1.2 脑电信号的特点和脑电采集系统

脑电信号是指反映大脑神经元兴奋和抑制过程的大脑活动所产生的反映电信号,幅值通常在几微伏之间,具有高时域解析度和低频率特性的脑电讯号主要集中在频率范围 0.5 至 100Hz 之间。脑电是一种信噪比很低的微弱电信号,通常融合了肌肉电、眼电、心电,以及工频电。要分析脑电信号就要将脑电从复杂的混合信号中过滤提取出来,这就要用到硬件滤波电路和软件的滤波分离算法等技术。我们可以通过不同的脑电数据的特征来诊断疾病的类型,通过数据处理和人工智能技术实现对疾病脑电特征的建模。

脑电采集系统由硬件和软件两部分组成。硬件部分主要有脑电放大采集电极、脑电微处理器电路设备、物联网传输设备。采集电极设备用来收集电极处人脑表面皮肤的电活动。脑电微处理器电路设备用于过滤放大原始的信号,并将模拟信号转换成计算机可以识别的数据,完成脑电信号的简单初步处理。物联网传输设备用

于将采集到的脑电信号传输到计算机或云平台进行存储和分析,通过将传感网络、云平台及相关算法与脑电采集系统相结合进一步分析处理脑电信号从而实现智能物联网技术对脑电信号的实时监控、数据传输及存储。

软件部分主要包含功能脑电讯号的获取处理、脑电的 AI 识别分类。脑电信号的获取是指通过传感器采集脑电信号,并转换传输到存储介质中。脑电信号的预处理主要包括滤波、去噪和特征提取等步骤,以提高脑电信号的质量和可靠性。脑电信号的分析主要包括一维分析、主成分分析、特征提取等方法,以揭示脑电信号中的信息和规律。脑电的 AI 识别功能主要是通过人工智能技术来实现对人类状态的分类。这种基于智能物联网的脑电采集系统具有更高的采集效率和准确性,为脑电信号的研究和应用提供了性能优异的技术支持。

## 第二章 基于智能物联网的脑电采集系统设计与开发

### 2.1 系统硬件模块和云存储平台

验证基于智能物联网的脑电采集系统的性能和效果,我们使用了脑电采集仪器和物联网采集芯片 ESP8266,使用 WiFi 通信的方式来传输采集到的脑电数据。这些数据会通过物联网传输协议传输至搭载了人工智能模型的服务器。最后在服务器上对脑电数据使用深度学习模型来对该脑电数据进行癫痫病的诊断和分类,系统的整体框架如下图 1 所示。

#### 2.1.1 基于传感器网络的实时数据传输与监控

在脑电采集部分,采用了单通道的脑电采集设备 TGAM,该脑电波传感器模块集成了模拟前端采集和数据处理的功能,可以直接输出脑波频谱、原始脑波信号以及专注度放松度两个指标。模块内部集成了硬件滤波和软件滤波,具有 50hz 的陷波滤波器,可以获得较为高质量的脑电信号。通过兼容各种类型的电子器件,和超低的系统功耗,脑电采集模块可以轻松实现医疗仪器的可穿戴式。通过自身的串口通信可以集成到微处理器和各种型号的物联网设备上。

物联网有 6 种常用的传输网络,分别是红外、zigbee、NFC、蓝牙、WIFI、移动蜂窝模块。这些传输网络中,WIFI 传输模块在硬件成本、传输距离、组网方式、传输速度等综合性能上要优于其他 5 种网络。WIFI 模块成本远远低于 zigbee 和移动蜂窝模块,略高于红外和蓝牙,却具有高达几百米的传输距离、最快 600M/s 的传输速度,以及过百的用户接入数量,这些都使得 WIFI 在小型民用物联网领域中应用的非常广泛。而且 WIFI 硬件的开发技术很成熟,支持多种编程语言和多种编程平台进行开发,工程人员可以轻松利用现有框架进行快速硬件开发。我

们使用脑电波采集模块和物联网 WIFI 传输模块, 实现了 脑电波的采集和传输。

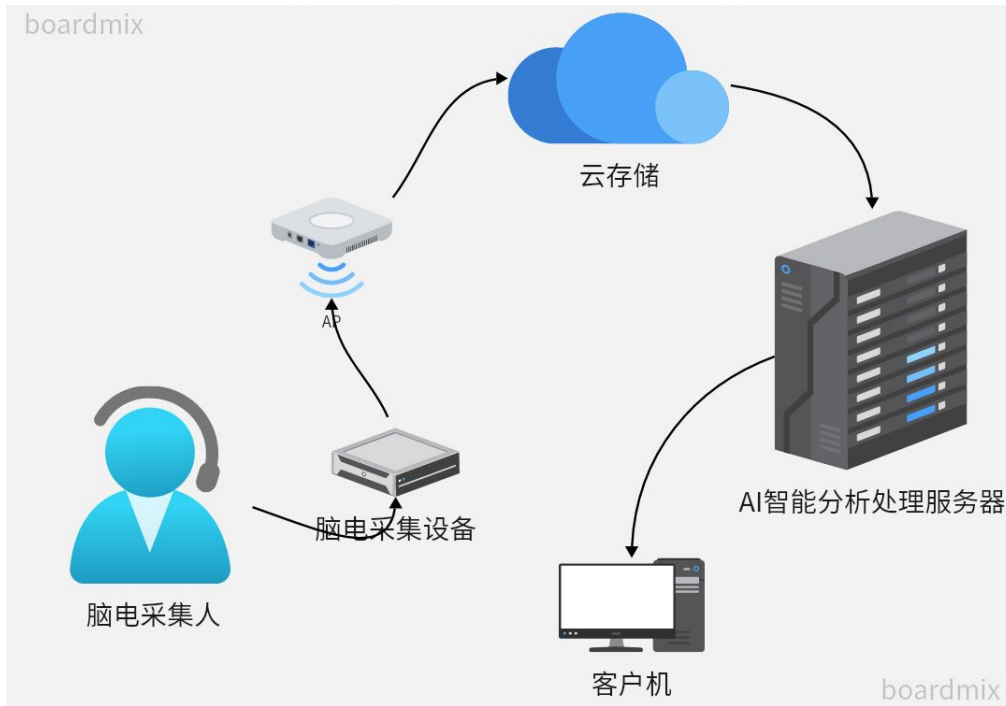


图1 智能物联网的脑电采集系统整体框架

### 2.1.2 云平台的应用与数据存储管理

在数据存储部分, 我们采用云存储和本地存储相结合的方式存储。通过将采集到的脑电信号上传到云平台进行存储和管理, 可以实现对大量数据的集中存储和快速检索。在本系统中采用华为 Ocean Storage 云存储技术, 将采集的脑电数据存储到云存储空间中, 并在本地服务器的数据库中进行备份, 确保用户数据的可靠性。华为云存储技术相对于其他的云存储平台具有更加稳定的存储空间和更加安全的存储机制, 而不用担心自己的隐私数据泄露。Ocean Storage 云平台也能满足大规模数据的扩展需求和高传输高可用性的需求。

### 2.2 脑电信号获取与预处理算法设计

采集到的脑电信号往往需要进行预处理以提高脑电信号的质量和准确性, 需要去除脑电中的, 眼电、肌肉电、心电以及运动伪影等杂波。滤波器是脑电信号预处理中常用的方法之一。根据脑电信号的谱特性, 可以设计不同类型的滤波器来去除不同频率范围内的干扰。低通滤波器可以去除高频噪声和肌电干扰, 高通滤波器可以去除低频漂移和直流偏移。还可以采用自适应滤波器和小波变换等方法来进一步提高滤波效果。自适应滤波器可根据脑电信号的特性针对不同的实验条件和个体差异自动对滤波参数进行调整。小波变换可以将脑电信号分解为不同尺度的频率成分, 提取出脑电信号中的相关信息。

## 第三章 脑电实验设计与实现

### 3.1 数据采集和系统实验设计

我们在脑电癫痫诊断的人工智能模型中使用了 UCI 脑电癫痫数据集。UCI 脑电识别数据集是美国加州大学创建的脑电癫痫分类数据集。该数据集包括了 11500 条脑电数据, 每一条脑电数据有 178 个数据点, 表示 1s 时间内截取的 178 个电信号。数据集中 Y 表示数据的分类标签, 包括了以下 5 类数据标签: 1 表示癫痫发作; 2 表示肿瘤所在区域的脑电活动; 3 表示健康大脑区域的脑电活动; 4 表示患者闭眼时大脑的 EEG; 5 表示患者睁眼时大脑的 EEG。这 5 种分类中只有 1 表示癫痫的脑电信号, 其他的都不是癫痫的脑电信号。

训练脑电癫痫诊断识别模型的步骤如下。UCI 脑电数据集已对原始数据进行了简单处理且 178 个数据点太少, 就不再对数据进行再滤波和加工处理。我们直接使用 178 个电位点作为一维的数据输入, 使用多层的 DNN 深度神经网络模型进行训练和识别。模型配置为 4 层的 DNN 网络模型, 输出是癫痫诊断二分类。

我们把分类训练集、测试集、验证集按照 8: 1: 1 进行分离, 并对 2-5 这 4 种非癫痫类型的脑电标签进行了合并处理。每 128 条脑电数据作为一个 batch\_size, 一共训练 100 个 epochs, 设置当训练损失低于  $10e-5$  停止训练。在实验中使用交叉验证来选择最佳超参数(如 kernel、C 值等)以避免过拟合和欠拟合等问题。模型训练完成后, 使用测试集进行评估, 计算准确率 accuracy、模型损失 loss 等指标。在实验的最后, 我们将模型放到

测试集中测试, 绘制 ROC 曲线计算 AUC, 评估了模型分类的性能。AUC 表示 ROC 曲线下的面积, AUC 值越大, 模型性能越强。

#### 第四章 结果和结论

在经过 100 个 epochs 的训练之后, 模型的训练损失低于 0.1908, 训练准确率达到 96.55%, 模型的测试集损

失低于 0.1821, 测试集准确率达到 95.98%。通过绘制 ROC 曲线计算出 AUC 值为 0.995, 可以看出模型分类性能是比较好的。模型在通过 20 个 epochs 就实现了快速的收敛, 并且在第 20 个 epochs 训练损失低于 0.25。训练的效果如下图 2 所示:

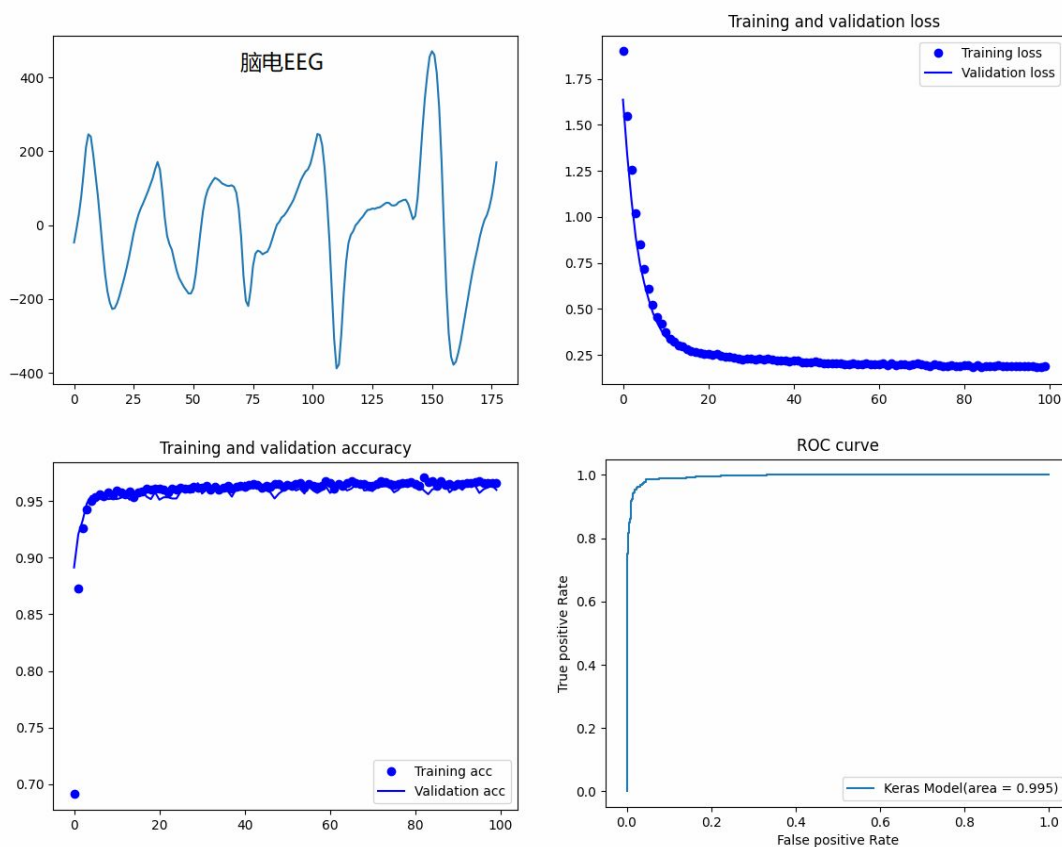


图 2 脑电识别的深度学习训练结果

通过对实验结果的解释和分析, 可以得出以下结论:

基于智能物联网的脑电采集系统具有高效、准确和可靠的数据采集能力, 实现了脑电 EEG 信号的实时传送至云端平台的储存和管理。通过收集实验数据和建立训练深度学习模型, 可以实现通过脑电 EEG 进行癫痫疾病的远程诊断, 为远程智能治疗打下坚实的基础。

本文基于智能物联网技术, 研究了基于智能物联网的脑电采集系统。通过将传感器网络、嵌入式微控制器、云存储平台、数据处理算法及人工智能技术结合起来, 完成了脑电采集系统, 实现实时监控、传输、储存、分析、处理脑电 EEG 信号, 为脑电信号的研究和应用提供了更为可靠、高效的技术保障。在将来的研究工作中, 将继续深入智能物联网的脑电采集系统, 进一步提高其性能和效果, 为脑科学和医学诊断等领域做出贡献。

#### 参考文献

[1]何冰雪, 刘嘉玉, 张伟等. 基于深度学习的脑电图信号处理技术综述[J]. 电子科技大学学报, 2022, 51(3): 153-162.

[2]赵晓婷, 陈泽宇, 谢文彬等. 嵌入式脑电采集系统在车联网中的应用研究[J]. 北京航空航天大学学报, 2021, 47(1): 180-187.

[3]张雨华, 周华. 基于智能手机的脑电采集系统设计与实现[J]. 传感技术学报, 2019, 32(5): 825-832.

[4]黄月明, 杨华, 王晶等. 基于区块链技术的智慧物联网脑电采集系统研究[J]. 通信学报, 2020, 41(9): 1-8.

[5]卢凯峰, 罗翔, 曹欣等. 基于无线传感器网络的脑电采集系统设计与实现[J]. 计算机工程, 2018, 44(3): 210-216.

作者简介: 李哲 (1991.10.24—), 性别男, 籍贯湖北, 硕士, 工程师, 研究方向: 区块链人工智能。