

基于 ARM 内核单片机的体育比赛模拟控制系统

顾玉恒

(上海建桥学院, 上海 201306)

摘要: 构建体育比赛模拟控制系统, 提高对体育比赛的现场智慧化管理和信息调度能力, 提出基于 ARM 内核单片机的体育比赛模拟控制系统设计方法; 采用实时视频和图像检测方法, 构建体育比赛现场赛事的模拟数据传输和图像分析模型, 通过过程化的线性调度和赛事流程规划和控制, 采用可视化的视频远程监控方法实现对体育比赛的现场赛事的视景仿真和动作特征点分析, 采用赛事分布视频动态特征提取方法, 实现体育比赛现场赛事管控特征分析; 构建体育比赛现场的动态参数数据集预处理模块、信息传输模块、视频监测与回放模块和人机交互模块等, 采用 ARM 内核单片机控制方法建立体育比赛模拟控制系统的核心处理器, 构建体育比赛过程状态可视化云平台的服务器, 通过五层结构体系设置的模拟控制系统的体系结构模型, 结合总线传输控制技术实现控制系统硬件和软件设计; 测试结果表明, 设计的体育比赛模拟控制系统人机交互性和视频传输控制能力较好, 控制收敛性较好, 能实现体育比赛现场智能监控和动态控制。

关键词: ARM 内核; 单片机; 体育比赛; 模拟控制系统; 人机交互

Simulation Control System of Sports Competition Based on ARM Core Single Chip Microcomputer

GU Yuheng

(Shanghai Jianqiao University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The simulation control system of sports competition is built to improve the intelligent management and information scheduling ability of sports competition, and a design method of simulation control system of sports competition based on ARM core single chip microcomputer is proposed. Real-time video and image detection methods are used to construct the simulation data transmission and image analysis model of the live sports events. Through the process of linear scheduling and event process planning and control, the visual simulation and action feature point analysis of the live sports events are realized by using the visual video remote monitoring method, and the control feature analysis of the live sports events is realized by using the visual video dynamic feature extraction method. The dynamic parameter dataset preprocessing, information transmission, video monitoring and playback module and human-computer interaction module of sports competition scene are constructed, the core processor of sports competition simulation control system is established by using the control method of ARM core single chip microcomputer, the server of sports competition process state visualization cloud platform is built, the architecture model of simulation control system is set through the five-layer structure system, and the hardware and software design of control system is realized by combining the bus transmission control technology. The test results show that the designed simulation control system of sports competition has good human-computer interaction and video transmission control ability, and can realize the intelligent monitoring and dynamic control of sports competition site.

Keywords: ARM kernel; single chip microcomputer; sports competition; analog control system; human-computer interaction

0 引言

体育比赛一直是人类社会中非常重要的文化活动之一。传统的体育比赛管理方式通常需要大量的人力和物力投入, 而且容易出现人为误差。同时, 时代的进步, 使得现代人对于体育比赛的要求越来越高, 他们不仅关注比赛结果, 还希望在比赛过程中获得更多的娱乐和享受。随着现代科技的不断发展, 越来越多的新技术被引入到体育比赛中, 以提高比赛的公正性、安全性和娱乐性, 基于物联网技术和视频传感信息处理技术的发展, 采用视频物联网信息检测的方法构建体育比赛模拟控制系统, 通过体育比赛赛事

的视频特征分析和总线传输控制, 采集分布在体育比赛赛事现场的物联网组网节点数据, 结合信息总线采集和专家数据库模型构造, 实现对体育比赛模拟控制系统的总线结构分析和功能模块化控制, 提高体育比赛模拟仿真能力, 研究体育比赛模拟控制系统优化设计方法, 在促进物联网智能无线节点自动监控数据采集优化和实时监控中具有很好的应用价值^[1]。

对体育比赛模拟控制设计是建立在对体育比赛赛事的视觉特征分析和在线动态特征分析基础上, 构建体育比赛过程监测的图像传输模型、体育比赛过程目标检测模块、动态监测分析模块, 提取体育比赛过程的状态运行特征值,

收稿日期: 2023-05-16; 修回日期: 2023-06-09。

作者简介: 顾玉恒(1978-), 男, 大学本科, 讲师。

引用格式: 顾玉恒. 基于 ARM 内核单片机的体育比赛模拟控制系统[J]. 计算机测量与控制, 2023, 31(11): 228-234.

根据不同体育赛事规模等级进行动态管控和特征分析，提高对体育比赛模拟控制的动态稳定性和规范化水平^[2]，在构建体育比赛现场模拟控制系统中，通过人工知智能的视频动态转换调度方法，建立由服务器和移动设备进行实时连接通讯，提高体育比赛现场模拟控制和安全监管能力^[3]。

当今的嵌入式系统应用领域非常广泛，而 ARM 内核单片机作为其中的一种常见嵌入式处理器，具有许多优点。首先，ARM 内核单片机拥有高性能的处理器和内存，能够快速处理复杂的数据和算法，适用于需要高速运算和计算的应用。其次，ARM 内核单片机采用先进的电源管理技术，可以实现低功耗运行，延长系统续航时间，适用于电池供电的应用。此外，ARM 内核单片机具有成熟的开发工具链和丰富的开发资源，开发人员可以快速进行开发和调试，提高开发效率。同时，ARM 内核单片机采用先进的制造工艺和生产工艺，具有高可靠性和稳定性，适用于对系统可靠性要求较高的应用。对此，本文提出基于 ARM 内核单片机的体育比赛模拟控制系统设计方法。首先进行体育比赛模拟系统的总体设计构建分析，采用实时视频和图像检测方法，构建体育比赛现场赛事的模拟数据传输和图像分析模型，然后进行系统的功能模块化设计，构建体育比赛现场的态参数数据集预处理模块、信息传输模块、视频监测与回放模块和人机交互模块等，采用 ARM 内核单片机控制方法建立体育比赛模拟控制系统的核心处理器，构建体育比赛过程状态可视化云平台的服务器，通过终端控制模块化设计，实现对体育比赛模拟自适应控制，最后进行系统测试分析，展示了本文方法在提高体育比赛模拟控制能力方面的优越性能。

1 整体架构模型

在体育比赛现场模拟控制终端系统设计中，通过传感技术、通信技术和物联网技术，建立体育比赛现场赛事监控模块、视景仿真模块、视频系统总体结构模型，通过对体育比赛过程运行状态分析，结合对体育比赛过程的视景仿真和过程调度，实现对体育赛事的可视化监控和现场管控调度，结合体育比赛过程状态监测的计算服务资源池分析，采用处理端—云计算平台端协同控制方法，建立体育比赛模拟控制云平台计算端^[4]，采用密集型物联网监测的方法，建立体育比赛模拟控制的终端数据采集网络，构建体育比赛过程状态可视化云平台的服务器，通过五层结构体系设置的方法，进行系统的总体设计构架，得到体育比赛现场模拟控制的系统结构图如图 1 所示。

采用无线射频传感识别技术进行信息多点传输控制，分析体育比赛现场视频特征信息，通过对体育比赛视频信息记录分析，采用专用短程通信（DSRC, dedicated short range communication）标准进行体育比赛现场模拟控制的视景调度和动态视觉特征融合处理。采用 IP 用户代理（UA, user agent）设计方法和终端组件单元设计方法，建立体育比赛现场模拟控制总线，采用图 2 所示的物联网节点部署模型实现对体育比赛模拟控制中的信息采样。

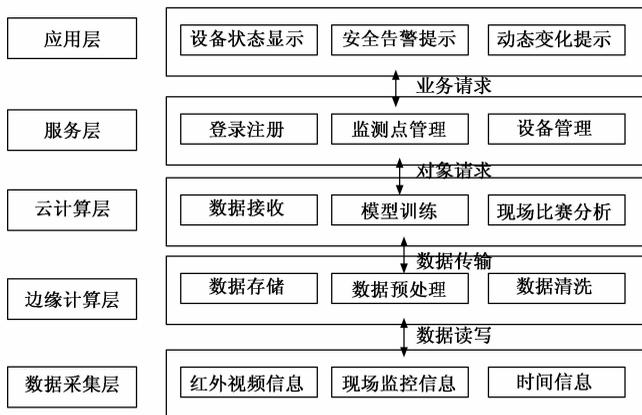


图 1 体育比赛现场模拟控制的系统结构图

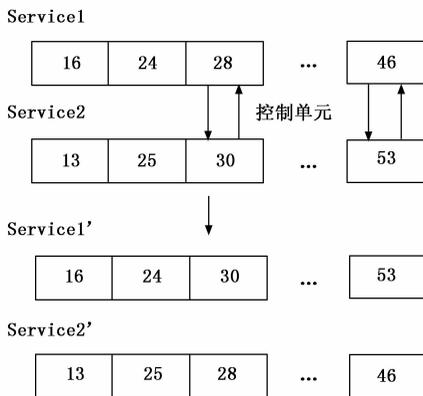


图 2 体育比赛模拟控制的物联网节点模型

根据图 2 所示的体育比赛模拟控制的物联网组网结构模型，在无线传感通信组网环境下，采用多线程的组网调度方法实现对体育比赛模拟控制中的内核组网和总线调度，通过嵌入式的 ARM 结构设计方法，建立对体育比赛模拟控制的增益控制模型，结合增益放大的高速 DSP 信息护理单元实现对体育比赛模拟控制中的数据集成调度和信息处理^[5]。采用基于 PXI 总线的数据回放方法，基于 ADI 的串行 D/A 转换模型，将体育比赛的现场模拟控制模型分为应用层、网络层和设备层组件结构，通过运动员监测、场地设施监测和体育器械组件监测，实现对体育比赛现场的可视化的模块结构设计，如图 3 所示。

2 系统组件结构分析

在上述构建了体育比赛现场模拟控制终端系统总体结构的基础上，进行体育比赛模拟系统的功能组件结构构造分析，构建体育比赛现场赛事的模拟数据传输和图像分析模型，通过过程化的线性调度和赛事流程规划和控制，采用 Web 互联网接入功能构建体育比赛现场模拟控制的总线调度模型，在 B/S 架构平台中进行体育比赛现场模拟系统的网络协议设计和 Web 服务器设计。采用可视化的视频远程监控方法实现对体育比赛的现场赛事的视景仿真和动作特征点分析。采用 Hadoop 数据并行加载的方法，分析体育比赛模拟的资源动态分布集，建立体育比赛模拟控制系统

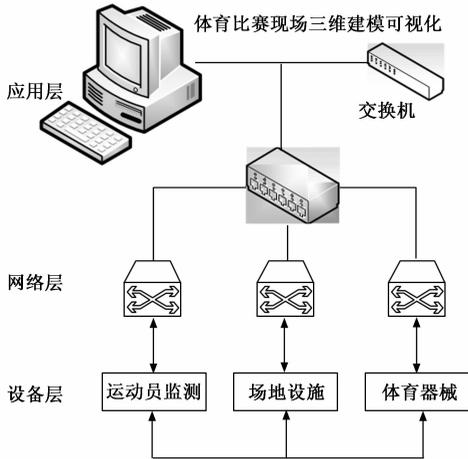


图 3 体育比赛模拟可视化模块化结构设计

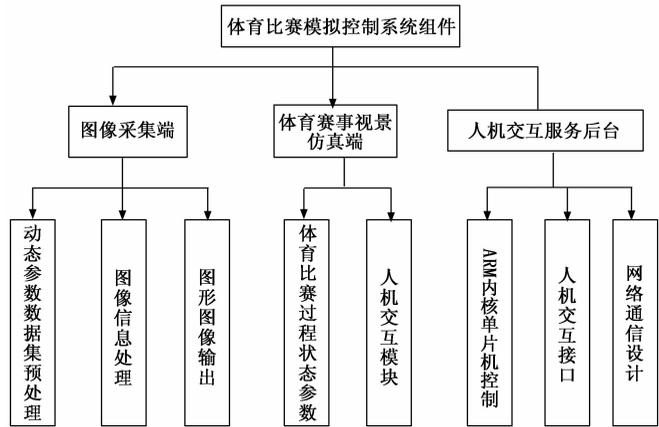


图 5 体育比赛模拟控制系统的功能组件结构

的数字孪生并行加载模型，在 NoSQL 数据库中，结合 Web API 进行体育比赛模拟信息集，进行体育比赛模拟数据融合，建立体育比赛模拟控制节点自动化部署系统模型，在 Harbor 仓库实现体育比赛模拟信息调度，得到体育比赛模拟控制的主机和载体分配结果如图 4 所示。

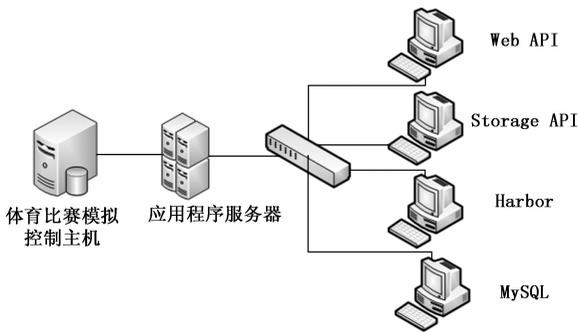


图 4 体育比赛模拟控制的主机和载体分配

根据图 4 所示的体育比赛模拟的主机及载体分布，采用逻辑组件的框架结构模型，基于镜像服务、认证服务的动态管理方法，在 MySQL 底层云数据库中进行体育比赛模拟控制的元数据融合，通过 Dockerfile 生成镜像，通过 Zig-Bee 和 GPRS 等网络组网技术进行体育比赛模拟控制的组网调度。采用数字孪生技术和数据聚类方法，建立体育比赛模拟控制系统的功能组件模型，将体育比赛模拟控制系统分为图像采集端、体育赛事视景仿真端、人机交互服务后台 3 个主模块，在图像采集端，得到动态参数数据采集的预处理模块、图像信息处理模块、体育赛事图像的输出模块等^[6]。在体育赛事的视景仿真端，通过体育比赛赛事的过程状态分析，结合人机交互模块设计，采用动态图像渲染和跟踪识别方法，进行体育比赛的模拟过程控制，采用人机交互接口设计和 ARM 嵌入式的内核设计方案，建立体育比赛模拟控制的网络通信终端，根据上述分析，得到体育比赛模拟控制系统的功能组件结构如图 5 所示。

3 系统硬件结构设计及软件实现

构建体育比赛现场的动态参数数据集预处理模块、信

息传输模块、视频监控与回放模块和人机交互模块等，采用 ARM 内核单片机控制方法建立体育比赛模拟控制系统的核心处理器，体育比赛模拟控制系统的 AD 转换芯片采用 PCF8591 组成，实现对数据的 AD 采样和数模转换控制，通过 4 个模拟输入、1 个模拟输出的串行控制接口，实现对体育比赛模拟控制过程中的总线 I/O 端口设计和交叉编译，采用 ARM 内核控制程序进行体育比赛模拟控制的并行接口控制设计^[7]。在嵌入式的 ARM 中收集体育比赛现场的动态数据，在体育比赛现场控制的 DO 输出端可以直接驱动单片机实现视频信息交互，得到控制系统的 ARM 内核嵌入式控制模块如图 6 所示。

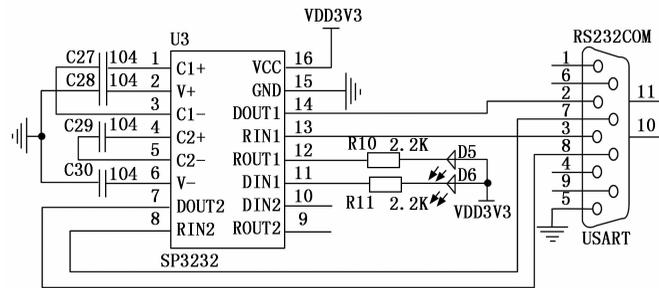


图 6 体育比赛模拟 ARM 内核嵌入式控制模块

在图 6 体育比赛模拟 ARM 内核嵌入式控制模块中，结合嵌入式的 Linux 程序加载方式进行控制指令加载，将体育比赛赛事相关图像和视频信息加载到专家数据库中，通过对体育赛事环境的参数自适应调节，实现对体育比赛模拟的自动控制模块和智能信息处理模块设计，得到自动控制模块电路设计如图 7 所示。

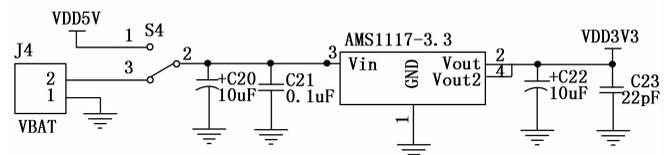


图 7 自动控制模块电路设计

在硬件设计的基础上，构建体育比赛过程状态可视化云平台的服务器，进行系统的软件设计，通过五层结构体系设置的模拟控制系统的体系结构模型，利用 socket 函数创建混合编码规则的套接字，定义一个 SOCKET 类型的变量实现对体育比赛过程状态分析和参数模拟，设置体育比赛过程状态可视化编码转换器，设定 Sip 协议栈的控制字，得到 API 接收到的体育比赛过程模拟的视频输出序列^[8]，根据上述分析，采用如下扩展协议实现对体育比赛模拟控制的程序加载：

```
struct monitoring_frame const void * sports competition process
state visualizatio
{
    unsigned ast_rtp * rtp; //同步源标识
    unsigned image analysis model _type; //初始化图像处理信息
    终端参数
    struct ast_rtp_bus transmission control; //输出体育比赛的模
    拟控制状态结构字
}
```

基于上述程序加载可以通过计算机模拟来进行体育比赛的运动员、裁判员、场地等方面的控制，以提高训练和比赛的效率和精度。通过程序加载，可以通过复杂的算法和模型来模拟不同的比赛情况，包括场地、天气、运动员的状态、战术等因素，从而更好地提高比赛的质量和效果。此外，程序加载还可以用于虚拟实验室、自动化测试等领域，以提高效率和准确性。

4 软件控制算法设计

4.1 比赛人员理想轨迹控制

比赛模拟控制过程中，需依据视觉采集器模块获取比赛人员可用的移动路径点序列坐标信息^[9]，结合比赛场地的实际环境情况，该模块的上位机依据视觉采集器采集的环境信息，比赛人员轨迹是体育比赛中非常重要的数据之一，贝塞尔曲线是一种常用的数学工具，可以用来描述二维或三维空间中的曲线。在体育比赛中，如果将比赛人员的运动轨迹抽象成一个曲线，那么可以使用贝塞尔曲线来进行拟合和描述，保证比赛人员轨迹规划的合理性。

比赛人员轨迹是阶数为 n 的贝塞尔曲线，其计算公式为：

$$\begin{cases} P(\eta) = \sum_{i=0}^n P_i J_{i,n}(\eta) \\ J_{i,n}(\eta) = C_n^i (1-\eta)^{n-i} \end{cases} \quad (1)$$

式中， P_i 表示比赛人员坐标，对应第 i 个轨迹点； $J_{i,n}$ 表示轨迹控制点对应的混合基函数； C_n^i 表示组合数； η 表示贝塞尔曲线的控制参数。

在规划比赛人员运行轨迹时，为保证比赛人员在起点和终点时的姿态符合独立约束条件，确定贝塞尔曲线阶数为 3 阶。因此，基于该阶数的曲线规划比赛人员的平面运动轨迹，该轨迹计算公式为：

$$\begin{cases} x(\eta) = \sum_{i=0}^3 P_{xi} J_{i,n}(\eta) \\ y(\eta) = \sum_{i=0}^3 P_{yi} J_{i,n}(\eta) \end{cases} \quad (2)$$

式中： $x(\eta)$ 和 $y(\eta)$ 分别表示比赛人员的横、纵两个方向位置。

通过计算平面中贝塞尔曲线的总体长度 L ，实现比赛人员移动速度的有效规划，文中为保证求解结果的精准性，先对贝塞尔曲线的控制参数 η 实行均匀等份分割处理，形成 N 份后，再通过 Simpson 公式计算 L 的结果，其公式为：

$$L = \frac{1}{6N} \sum_{i=1}^N \left[d_{xy} \left(\frac{i-1}{N} \right) + d_{xy} \left(\frac{i}{N} \right) + 4d_{xy} \left(\frac{2i-1}{2N} \right) \right] \quad (3)$$

式中， d_{xy} 表示 x 和 y 之间的距离。

比赛人员在移动过程中，移动速度的平滑性是保证比赛人员移动稳定性的核心关键因素，保证比赛人员在最大行驶速度以及允许的最大加速度条件下，完成目标寻找，是保证比赛人员稳定移动的基础^[10]。因此，完成比赛人员移动平面轨迹的规划后，需对比赛人员的移动速度进行规划，文中在考虑加速度约束的前提下，计算比赛人员的参考速度，其计算公式为：

$$\begin{cases} j_{ref} = fhan[v_{ref}(k) - v_{ref}^{max}, a_{ref}(k), j_{ref}^{max}, T] \\ L_{ref}(k+1) = L_{ref}(k) + v_{ref}(k) \cdot T \\ v_{ref}(k+1) = v_{ref}(k) + a_{ref}(k) \cdot T \\ a_{ref}(k+1) = a_{ref}(k) + j_{ref} \cdot T \\ if[a_{ref}(k+1)] > a_{ref}^{max}, a_{ref}(k+1) = a_{ref}^{max} \end{cases} \quad (4)$$

式中， v_{ref}^{max} 、 a_{ref}^{max} 依次表示比赛人员的最大速度、最大加速度； j_{ref}^{max} 和 j_{ref} 分别表示最大加加速度和参考加加速度； T 表示控制周期；第 k 个离散点在 T 时刻的移动轨迹长度、参考速度、参考加速度依次分别用 $L_{ref}(k)$ 、 $v_{ref}(k)$ 、 $a_{ref}(k)$ 表示。

在公式 (4) 的基础上，获取 $L_{ref}(k)$ 和 η 之间的映射关系，并通过 Newton 插值法计算 $\eta(k)$ 结果后，依据计算结果对比赛人员移动轨迹实行离散化处理^[11]，获取比赛人员对应的位姿结果。因此，比赛人员的理想轨迹公式为：

$$\begin{cases} x_r = v_r \cos \theta_r \\ y_r = v_r \sin \theta_r \\ \theta_r = w_r \end{cases} \quad (5)$$

式中： r 表示比赛人员移动距离； (x_r, y_r) 表示比赛人员的期望坐标，并结合比赛人员的期望角速度 θ_r ，则可以获取此时比赛人员的期望位姿 $q = (x_r, y_r, \theta_r)$ ； v_r 表示期望线速度； w_r 表示期望角速度。基于上述内容，即可完成比赛场地自动寻物比赛人员移动轨迹和速度规划，并将定义为理想移动轨迹和理想移动速度。

4.2 基于改进 APIT 算法的比赛人员动态定位

依据上述小节完成比赛人员理想移动轨迹和速度规划后，比赛人员进行目标寻找过程中，采用了基于测距的改进 APIT 定位算法，实现比赛人员在寻找过程中的动态定位，该算法结合了信标节点进行比赛人员动态定位，连接全部的动态定位坐标，可获取比赛人员移动轨迹的检测结

果,其中信标节点是依据部署的无线传感器组成^[12-13]。

比赛人员在寻找时,在比赛场地内移动过程中,将移动中的比赛人员定义为中心,通过无线传感器周期性采集全部信标节点的接收信号强度指标和坐标信息;并将其转换成比赛人员和信标节点之间的距离;在此基础上,对包含比赛人员的所有三角形区域实行搜索,判断比赛人员是否位于该三角形范围内^[14]。以信标节点之间已知的坐标结果为依据,采用欧式距离公式计算全部信标节点和三角形区域内信标节点之间的距离,以此可获取比赛人员和信标节点之间存在关联,确定重叠的多边形区域,求解该区域质心坐标结果,即为比赛人员动态定位坐标。

比赛人员对自身运行的全部三角形区域进行搜索时,获取其横、纵两个坐标的最小值以及两者的最大值,以此确定比赛人员运行区域的矩阵网格范围,其公式为:

$$\begin{cases} V_{\min} = [\min(x_1, x_2, \dots, x_n), \min(y_1, y_2, \dots, y_n)] \\ V_{\max} = [\max(x_1, x_2, \dots, x_n), \max(y_1, y_2, \dots, y_n)] \end{cases} \quad (6)$$

式中, V_{\min} 和 V_{\max} 分别矩阵网格范围内的左下角坐标和右上角坐标,二者均位于矩阵网格范围内^[15]。

依据 V_{\min} 和 V_{\max} 的行数,计算网格质心坐标 D_{ij} ; 如果该质心的权值基数为零,其所在区域和包含比赛人员的三角区域重合时,则该质心权值 ω_{ij} 加 1,反之则减 1。且有:

$$\omega_{ij} = \begin{cases} \omega_{ij} + 1 & \text{如果 } D_{ij} \cap I_{abc} = true \\ \omega_{ij} - 1 & \text{如果 } D_{ij} \cap O_{abc} = true \end{cases} \quad (7)$$

式中, ω_{ij} 表示权值,对应第 i 行第 j 列网格; I_{abc} 表示三角形区域内,包含比赛人员的位置集合; O_{abc} 表示表示三角形区域内不包含比赛人员的位置集合; a, b, c 均表示信标节点。

依据上述公式获取最大权值对应的网格区域后,将其组合后形成多边形的质心坐标,以此可得出网格质心最大权值对应的网格集合,对该网格集合中各个网格质心坐标的平均结果实行遍历搜索^[16],获取比赛人员移动位置 $[x_e, y_e]$,即比赛人员的动态坐标,其公式为:

$$[x_e, y_e] = \left[\frac{1}{h} \sum_{i=m}^{m+h} D_i^x, \frac{1}{h} \sum_{j=n}^{n+h} D_i^y \right] | \max(V_{ab}) \quad (8)$$

式中, h 表示数量,对应最大权值质心; D_i^x 和 D_i^y 分别表示横、纵两个坐标,均对应权值最大的网格质心^[17]。

依据 $[x_e, y_e]$ 结果即可得出比赛人员的实际移动坐标结果,并结合比赛人员的实际角速度 θ_e ,则可以获取此时比赛人员的实际移动位置 $q_r = (x_e, y_e, \theta_e)$ 。

2.3 比赛场地寻物移动轨迹跟踪控制

比赛人员移动轨迹跟踪即为保证比赛人员移动的线速度不发生变化,因此,可将比赛场地寻物移动轨迹跟踪看作比赛人员角速度的控制。依据上述计算得出的理想轨迹和比赛人员动态轨迹,移动轨迹跟踪控制模块采用基于模糊神经网络 PID 控制方法,实现比赛场地中比赛人员移动轨迹跟踪控制,该方法的整个跟踪控制结构如图 8 所示^[18-19]。

该控制方法主要是对理想轨迹和比赛人员动态轨迹之间的误差实行控制,在控制过程中,通过线性二次型调节器(LQR)算法比赛人员期望位姿 $q = (x_r, y_r, \theta_r)$ 和实际位

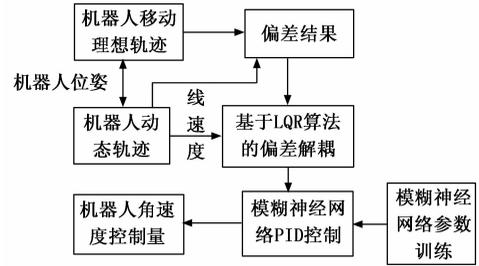


图 8 比赛人员移动轨迹跟踪控制方法

姿 $q_r = (x_r, y_r, \theta_r)$ 之间的耦合关系实行解耦处理后,将获取的两者的解耦量 $X'(t)$,作为模糊神经网络 PID 的输入^[20],通过该网络的运算输出比赛人员角速度控制量 y_m ,依据该控制量对比赛人员的驱动轮转速实行控制,以此改变比赛人员移动时的角速度,实现比赛人员按照规划的理想轨迹移动,完成比赛人员移动轨迹跟踪。

4 实验测试

4.1 实验环境

实验中,设定体育赛事终端模块控制的地址结构的变量为 sockClient,体育赛事的图像信息采样的数据包大小为 $1\ 036 \times 120$ 字节,模拟控制系统对体育比赛的赛况图像信息采样的初始频率为 10 Hz,图像信息采样的终止频率为 120 Hz,体育比赛模拟调度分配参数见表 1。

表 1 体育比赛模拟调度分配参数

平台	控制系统复杂能力/MB	赛事任务队列长度/Kbps
平台 1	408.667	784.207
平台 2	851.481	462.762
平台 3	545.359	452.850
平台 4	485.959	272.411
平台 5	703.434	166.493
平台 6	97.342	63.900
平台 7	788.709	85.422
平台 8	940.875	787.406
平台 9	965.489	880.421
平台 10	786.069	148.859

体育赛事终端模块控制实验的实验参数主要包括以下内容:

1) 通信参数:包括通信协议、通信速率、校验码等。本文次实验通信协议一般采用 RS232 或 RS485 协议,通信速率可以根据具体情况设置,校验码一般采用 CRC 校验。

2) 终端控制参数:包括终端控制命令、操作选项、显示屏幕等。终端控制命令有多种,如打开、关闭、重启等。操作选项可以设置多个,例如输入显示内容、切换屏幕显示等。体育赛事终端模块控制实验的实验环境主要包括以下内容:

1) 实验设备:需要准备体育赛事终端模块、串口转发器、电脑等设备。

2) 实验软件:需要使用终端控制软件来进行实验控制

和操作，如 Visual Basic、C# 等。

3) 实验接口：需要将电脑和终端模块用串口或 USB 接口相连，以实现数据传输和控制。

此外，实验环境还需要考虑实验室的环境因素，如温度、湿度、噪音等对实验的影响，需要保证实验室的环境稳定，以确保实验结果的准确性和有效性。

4.2 实验结果

根据上述设置的实验环境，进行比赛人员动态定位精度对比实验测试，测试结果如表 2 所示。

表 2 人员动态定位精度测试结果

测试次数/次	本文方法/%	传统方法/%
10	98	85
20	99	83
30	97	85
40	99	86
50	98	88
60	98	84
70	99	86
80	97	85
90	97	88
100	98	85

根据表 2 可以看出，本文方法的比赛人员动态定位精度最高达 99%，传统方法的比赛人员动态定位精度最高为 88%，本文方法的定位精度明显高于传统方法，是由于本文方法采用了基于测距的改进 APIT 定位算法，该算法结合了信标节点进行比赛人员动态定位，提高了比赛人员的动态定位精度。为体育比赛模拟控制打下了坚实的基础。

根据表 1 的参数配置，进行体育比赛模拟控制，得到对体育比赛图像参数采样的直方分布图，可以反映出比赛图像的特征和分布情况，进而为体育比赛模拟控制提供重要的参考和支持，直方分布图如图 9 所示。

根据图 9 体育比赛图像分布直方图对象，采用本文控制方法进行体育比赛模拟控制，以田径赛事和球类赛事为车队对象，将不同控制系统的误差随时间的变化趋势绘制成曲线图，以便于直观地比较不同控制系统的误差收敛情况，则得到本文方法与传统的 BP 控制方法、PLC 控制方法的收敛误差对比图，如图 10 所示。

分析图 10 得知，在两类赛事中，本文方法对体育赛事模拟控制的收敛性较好，收敛曲线的平滑性较好，明控制系统的稳定性较好，而对比方法的收敛曲线波较大，存在明显的波动和峰值，说明控制系统的稳定性较差，可能会引起系统不稳定或者误差较大。

丢包数：在体育比赛模拟控制系统中，视频传输是非常关键的一环，如果出现丢包现象，可能会导致画面卡顿、延迟等影响比赛体验的问题，因此，丢包数越低越好。发送端待发视频：发送端待发视频（帧）是指还未发送的视频帧数，如果该值过高，说明视频传输存在延迟现象，可能会影响比赛的实时性和准确性，因此，发送端待发视频

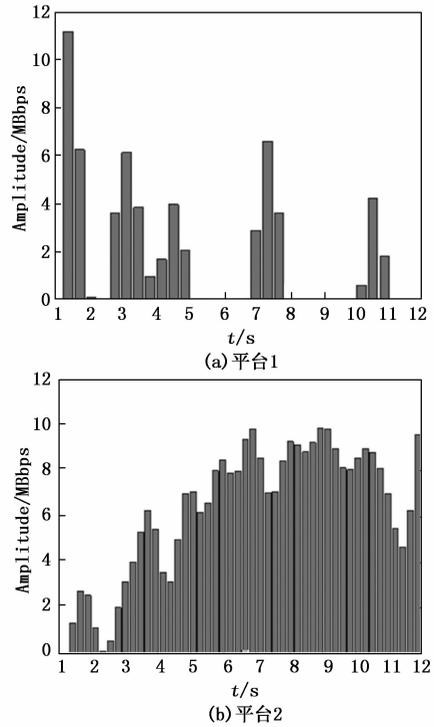


图 9 体育比赛图像参数采样的直方图

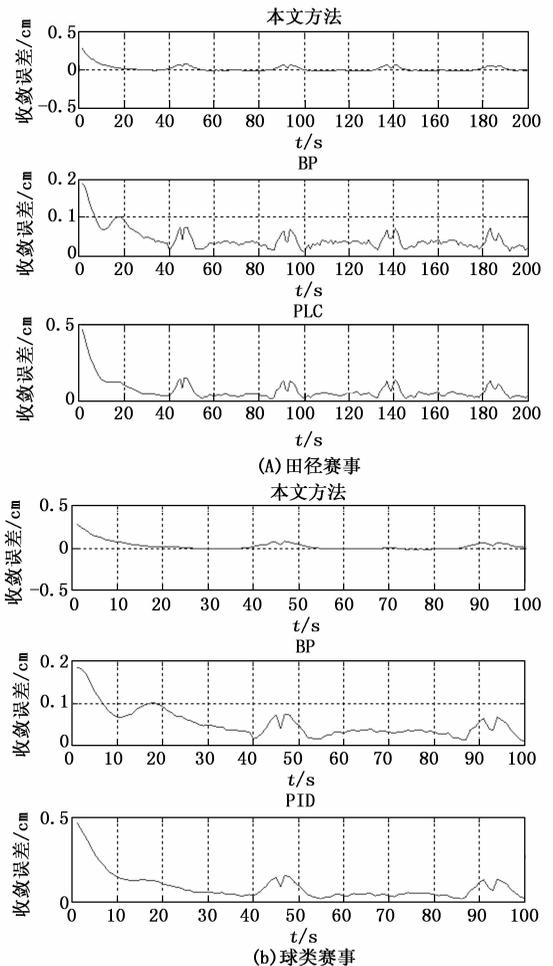


图 10 模拟控制的收敛误差对比

(帧) 越低越好。CPU 占用率: 在体育比赛模拟控制系统中, CPU 是控制系统的核心, 如果 CPU 占用率过高, 就会导致系统运行缓慢、响应不及时等问题, 影响比赛的实时性和精度, 因此, CPU 占用率越低越好。基于丢包数、发送端待发视频与 CPU 占用率测试网络参数, 得到对比结果见表 3。

表 3 系统的网络测试结果

测试时间/s		0	5	10	15	20	25
丢包数/个	本文方法	0	0	0.980	1.961	0	0
	传统方法	0	3.922	4.902	9.804	11.765	21.569
发送端待发视频/帧	本文方法	0	9.804	13.725	15.686	19.608	9.804
	传统方法	0	53.922	47.059	49.020	56.863	58.824
CPU 占用率/%	本文方法	64.510	58.824	58.824	63.725	56.863	66.667
	传统方法	86.275	78.431	61.765	74.510	81.373	90.196

分析表 3 得知, 本文方法对体育比赛模拟控制, 对体育赛事图像传输的丢包率最高仅为 0.980 个, 发送端待发视频最高为 19.608 帧吗, CPU 占用率最高仅为 66.667%; 而传统方法对体育赛事图像传输的丢包率最高为 21.569 个, 发送端待发视频最高为 58.824 帧吗, CPU 占用率最高为 90.196%。由此可见, 本文方法的丢包数、发送端待发视频与 CPU 占用率均低于传统方法, 说明本文方法具有一定的技术水平与实用性。

5 结束语

本文提出的基于 ARM 内核单片机的体育比赛模拟控制系统设计方法充分利用了嵌入式系统低功耗、高集成度、高性能和可编程的特点, 通过处理端—云计算平台端协同控制方法建立了体育比赛模拟控制云平台计算端, 从而提高了系统的处理能力和数据处理效率。

通过建立体育比赛模拟控制的图像交互信息模型, 本文设计了视觉调度算法, 实现了对比赛现场的数据采集、图像处理和体育比赛模拟控制的智能化, 提高了比赛模拟的真实性和准确性。此外, 在嵌入式的 ARM 中收集体育比赛现场的动态数据, 并通过对体育赛事环境的参数进行自适应调节, 实现了对比赛模拟的自动控制模块和智能信息处理模块的设计。本文的系统集成设计包括硬件和软件两部分。硬件方面, 采用 ARM 内核单片机作为主控芯片, 并配合外围设备(如传感器、显示器等)完成系统的信息采集、处理和展示; 软件方面, 本文设计了系统的算法模型, 并采用多种编程语言, 如 C 语言、Python 等, 完成系统的程序开发和实现。通过测试, 本文设计的系统对体育比赛模拟控制具有较高的收敛性和较低的误差, 占用内存较小, 并且可以有效提高系统的动态模拟控制能力, 为体育比赛模拟领域的发展提供了一定的参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 张元元. 基于 MOOC 模式下学校体育智慧平台的构建 [J]. 自动化与仪器仪表, 2018, (8): 188-190.
- [2] 李 军, 张 兵, 邢丽莉. 基于 IPv6 的嵌入式视频监视系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (5): 1014-1017.
- [3] 周兴达, 韦焱文, 刘 洁, 等. 基于单片机的环境检测与自动调节系统设计 [J]. 电子设计工程, 2022, 30 (2): 110-114.
- [4] 易成群, 吴佳晔, 李嘉莉. 基于扰动环境下的轮式机器人路径跟踪控制 [J]. 组合机床与自动化加工技术, 2023, 590 (4): 23-26.
- [5] 陈国胜, 李绍军, 向 荣, 等. 基于 XMC4200 的坐标观测器设计与实现 [J]. 电子测量技术, 2018, 41 (21): 152-156.
- [6] 白慧敏. 无线游泳姿态测量实验与数据分析方法 [J]. 国外电子测量技术, 2019, 38 (10): 38-43.
- [7] 曲 琦, 张正凯, 许胜之. 基于 LSTM-ICNN 的网络情报信息技术研究 [J]. 电子测量技术, 2019, 42 (18): 144-148.
- [8] 罗德强, 王汉军, 牛春辉. 基于神经网络算法的某型装备专家诊断系统的研究 [J]. 舰船电子工程, 2020, 40 (12): 127-129.
- [9] 杨宗青, 米 靖, 张承毅, 等. 比赛中不同水平篮球运动员三分跳投动作特征比较研究 [J]. 北京体育大学学报, 2018, 41 (6): 107-116.
- [10] WANG Z, LAM H K, XIAO B, et al. Event-triggered prescribed-time fuzzy control for space teleoperation systems subject to multiple constraints and uncertainties [J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2020, 29 (9): 2785-2797.
- [11] HUANG F, ZHANG W, CHEN Z, et al. RBFNN-based adaptive sliding mode control design for nonlinear bilateral teleoperation system under time-varying delays [J]. IEEE Access, 2019, 7: 11905-11912.
- [12] QU NA, YOU WEN. Design and fault diagnosis of DCS sintering furnace's temperature control system for edge computing. [J]. PloS one, 2021, 16 (7): 106-120.
- [13] 江龙韬, 刘怡沛, 张 卓. 基于 ARM 及机器视觉的智能药品运送机器人系统设计与研究 [J]. 计算机测量与控制, 2022, 30 (8): 211-217.
- [14] 刘 靛. 基于 ARM 单片机的嵌入式系统设计方法研究 [J]. 2021, 10 (1): 257.
- [15] 王 辉, 郑 旭, 郑海南. ARM 单片机分布式群塔防碰撞预警系统设计 [J]. 建筑机械化, 2022, 43 (7): 14-17.
- [16] 乔 栋, 谢亚龙, 杨宏娟, 等. 基于并联机构的波浪浮体运动模拟控制系统设计 [J]. 机床与液压, 2022, 50 (10): 107-112.
- [17] 常 欢, 刘海涛, 杨海龙. 三轴模拟转台正弦运动控制系统设计 [J]. 机电技术, 2023 (2): 16-19.
- [18] 袁方成. 某临近空间环境模拟装置控制系统设计与应用 [J]. 环境技术, 2023, 41 (3): 93-97.
- [19] 宋婉贞, 周庆奎, 陈高升, 等. 半导体设备运动控制系统接口设计 [J]. 电子工业专用设备, 2023, 52 (1): 31-33.
- [20] 孙 光, 王 薇. 一种基于 ARM 单片机的可跳频低成本锁相环系统 [J]. 移动信息, 2021 (12): 35-37.