

doi: 10.7690/bgzd.2025.07.010

体能训练多传感器信息整合系统

代楠

(西安科技大学高新学院, 西安 710109)

摘要: 为有效提高运动员的体能运动信息的管理能力, 设计无线传感器网络环境下的运动员训练信息整合系统。硬件设计主要包括信息数据库模块、程序加载模块、人机交互模块以及无线传感器网络环境下的拓扑控制模型, 构成系统的基础架构, 确保数据的存储、处理、交互及网络传输的顺畅进行。通过多传感器信息跟踪模型软件, 实现运动员体能训练信息的准确追踪; 利用特征重合模型对聚合后的信息进行去重处理, 减少冗余信息的传输与存储, 并结合传输优化系数, 实现运动员体能训练信息的多传感器整合传输调度; 利用区块融合度函数与线性规划函数, 实现多传感信息的有效整合。实验结果表明: 信息整合的输出增益达到 98.277%, 整合耗时维持在 4 s 左右, 具有较好的实用性。

关键词: 多传感器; 运动员; 体能训练; 信息整合

中图分类号: TP212 **文献标志码:** A

Multi-sensor Information Integration System for Physical Fitness Training

Dai Nan

(Xi'an Kedagaoxin University, Xi'an 710109, China)

Abstract: In order to effectively improve the athletes' physical fitness and the management ability of sports information, the athletes' training information integration system based on wireless sensor network is designed. The hardware design mainly includes the information database module, the program loading module, the human-computer interaction module and the topology control model under the wireless sensor network environment, which constitute the basic architecture of the system and ensure the smooth operation of data storage, processing, interaction and network transmission. Through the multi-sensor information tracking model software, the accurate tracking of athletes' physical training information is realized; the feature coincidence model is used to de-duplicate the aggregated information, reduce the transmission and storage of redundant information, and combine with the transmission optimization coefficient to realize the multi-sensor integrated transmission scheduling of athletes' physical training information; The effective integration of multi-sensor information is realized by using the block fusion degree function and linear programming function. The experimental results show that the output gain of information integration reaches 98.277%, and the integration time is maintained at about 4 s, which has good practicability.

Keywords: multi-sensor; athlete; physical training; information integration

0 引言

在现代体育竞技中, 运动员体能训练对提升身体素质、运动表现及竞争力至关重要, 整合其训练信息意义重大^[1]。随着科技发展, 训练数据增多, 整合这些信息可提升动态管理能力, 实现准确全面的个体状况评估, 助力制定个性化训练方案。已有研究通过输出层分类器整合训练量监测信息, 或构建元数据集结合关键属性匹配设计资源整合方案。基于此, 笔者提出无线传感器网络环境下的运动员训练信息整合系统, 对硬软件部分进行了设计。这些数据信息对于制定个性化的体能训练方案非常重要。因此通过整合运动员的体能训练信息, 提高运动员体能训练信息的动态管理能力, 可以得到准确、

全面的运动员个体状况评估, 有助于制定个性化的训练方案^[2-3]; 文献[4]通过输出层分类器将拥有同类特征的信息融合到同一类别中, 完成运动员训练量监测信息整合; 文献[5]构建网络体育教学资源元数据集, 结合关键属性匹配思想对网络体育教学资源元数据方案进行设计, 并利用构建的资源快速整合平台对网络体育教学资源元数据进行整合。

基于上述方法, 笔者提出无线传感器网络环境下的运动员训练信息整合系统, 分别对系统硬件和软件部分进行了设计。

1 信息整合系统硬件设计

研究基于多传感器的运动员体能训练信息整合系统, 含体能训练素质自动化测评信息数据库、程

收稿日期: 2024-09-25; 修回日期: 2024-10-28

基金项目: 陕西省体育科研常规课题(2020323)

第一作者: 代楠(1986—), 女, 陕西人, 硕士。

序加载模块、人机交互模块及网络拓扑控制模型。在信息输出端，通过专用短程通信 (DSRC) 标准协议实现程序加载控制、互联网介入与远程总线控制^[6-7]。构建 ZigBee 网络应用服务层完成数据交换^[8]，采用 CP、PPP、ICMP 协议构建网络加载模型，且 LCDDMA 支持这些协议^[9]。

1.1 信息数据库模块

在 LLC 层中构建运动员体能训练多传感器信息整合逻辑链路控制程序，以协调和控制多传感器之间的数据流和信息交换，实现对运动员体能训练过程中产生的多种传感器信息的整合和处理^[10]。数据库模型设计如图 1 所示。

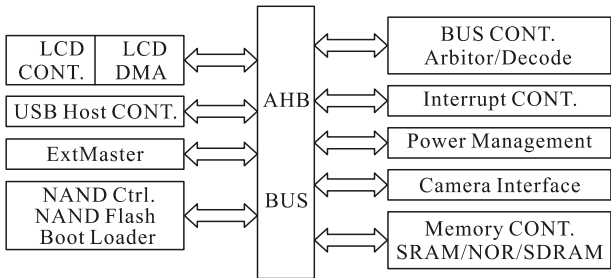


图 1 数据库模块设计

1.2 程序加载模块

加载模块是 Python 中实现代码复用、封装和抽象的一种重要方式。模块允许你将相关的代码组织在一起，形成一个独立的单元，然后在需要时通过 import 语句将其加载到程序中。加载模块模式如表 1 所示。

表 1 加载模式

加载方式	描述	加载模式
使用 import 语句 导入整个模块	导入指定模块，使用时需通过模块名作为前缀访问其成员	import math
使用 from..import.. 语句导入模块中的 特定成员	只导入模块中指定的成员，无需模块名前缀即可访问	from math import sqrt, pi
为导入的模块指定 别名	为模块或模块中的成员指定一个简短的别名，方便在代码中使用	import math as m
使用 import 0 函数	内置函数，可以动态地导入模块	module = __import__('math')

1.3 人机交互模块

在数据库模型构造的基础上，在嵌入式环境下进行运动员体能训练多传感器信息整合系统的总线控制和信息传输，使用 USB Host 控制器实现对数据加载^[9]，得到系统的人机交互接口设计如图 2 所示。

dspA17	17	A17	NC	FLASH	9
dspA16	48	A16	NC		10
dspA15	1	A15	/WE		11 dspWR
dspA14	2	A14	/RESET		12 XF
dspA13	3	A13	RY/BY		15 F-BUSY
dspA12	4	A12	/BYTE		47 CV3.3
dspA11	5	A11	/OE		28 dspRD
dspA10	6	A10	/CE		26 FLASH
dspA9	7	A9	DQ15/A_1		45 dspD15
dspA8	8	A8	DQ14		43 dspD14
dspA7	18	A7	DQ13		41 dspD13
dspA6	19	A6	DQ12		39 dspD12
dspA5	20	A5	DQ11		36 dspD11
dspA4	21	A4	DQ10		34 dspD10
dspA3	22	A3	DQ9		32 dspD9
dspA2	23	A2	DQ8		30 dspD8
dspA1	24	A1	DQ7		44 dspD7
dspA0	25	A0	DQ6		42 dspD6
DGND	46	A0	DQ5		40 dspD5
CV3.3	37	Vss	DQ4		38 dspD4
DGND	27	Vcc	DQ3		35 dspD3
	14	Vss	DQ2		33 dspD2
	16	NC	DQ1		31 dspD1
	13	NC	DQ0		29 dspD0

MBM29LV400TC/400BC

图 2 信息整合系统的人机交互设计

图 2 中，系统调试采用 4 通道输入的信息加载程序实现，采用 VXI 总线技术^[11]进行运动员体能训练多传感器信息整合的信息融合调度，根据综合素质测评进行运行训练状态分析，用 ARM 片上控制器来完成运动员体能训练多传感器信息整合系统的嵌入式设计和集成开发，使用 2 个 I/O 口作为数据库查询接口，采用主机控制和 ZigBee 协议设计方法，实现对运动员体能训练多传感器信息整合系统的嵌入式接口设计和网络输出设计。

1.4 网络拓扑控制模型

网络拓扑控制模型部署传感器和检测装置于目标区域，以收集环境或特定对象的实时数据。这些传感器和检测装置与无线传感器网络 (wireless sensor networks, WSN) WSN 节点相连，构成了一个自组织、多跳的网络系统。WSN 节点负责将采集到的数据通过无线方式传输至网络中的其他节点或统一接入网关，这一过程中遵循统一的通信规约，以确保数据传输的准确性和可靠性。

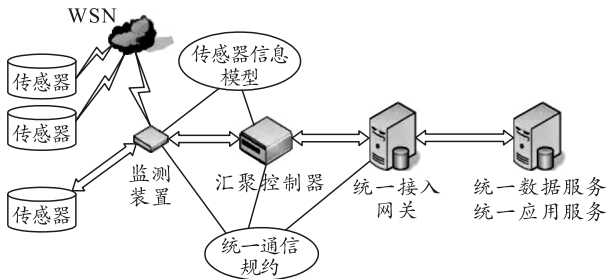


图 3 网络拓扑控制模型

2 信息整合系统软件设计

2.1 运动员体能训练多传感器信息融合

多传感器信息跟踪模型通过跟踪多个传感器节点的信息,能够准确地获取这些节点所收集到的数据,并对其进行结构重组和整合,以提供更全面、准确的运动员体能训练信息。运动员体能训练信息多传感器节点分布如图 4 所示。

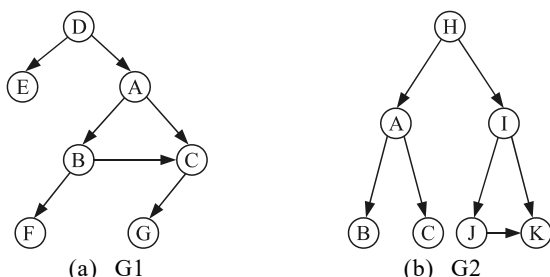


图 4 运动员体能训练信息多传感器节点分布

在建立准确的传感器数据跟踪模型的过程中,先采用数据中台技术解决运动员体能训练多传感器信息源定位问题,并引入数据治理规则对信息进行定位:

$$\Pi_M^{sc} = \begin{cases} (1-\phi)pD(e) - (1-\alpha)g(e) - \sum wq, & D(e) \leq q \\ (1-\phi)pq - (1-\alpha)g(e) - \sum wq, & D(e) > q \end{cases} \quad (1)$$

式中: α 为节点位置信息; $g(e)$ 为传感器节点编号; w 为节点信息关键性权重,即 $w = \text{sum}g(i, j) / \log_2 g(i, j)$; p 为网络负载; ϕ 为数据相关性,采用皮尔逊相关系数进行计算,即 $\phi = \text{cov}(X, Y) / \sigma X \sigma Y$; q 为实际采集时间; $D(e)$ 为传感器数据采集时间戳。在运动员体能训练中,可能涉及不同传感器节点收集的数据,如血清肌酸激酶(CK)和尿蛋白等指标。进行信息定位之后,就可以根据定位结果,针对具体的传感节点对应的数据,采用嵌入式的 B/S 架构方法进行信息的动态跟踪,进而构建了运动员体能训练多传感器信息跟踪模型:

$$E\Pi_M = \sum_{\Pi_M^{sc}} (1-\phi)pq - (1-\alpha)g(e) - (1-\phi)p - wq \quad (2)$$

当 $D(e) > q$ 时,假定 $Z_i(t)$ 表示运动员体能训练信息多传感器动态分布行为在时刻 t 、位置 i 的偏好值。当 $D(e) \leq q$ 时,构建自适应姿态运动学分布模型,得到模型关联动态因子为 $m+1$,算出运动员个体血红蛋白水平的平均水平,得到最优匹配动态分配参数为 $p=1$,则运动员在大运动量训练中,通过多传感器信息跟踪模型获取动态模糊评估函数:

$$V = \frac{-(\lambda_1 - 1)(c - W)F(q - y(e)) + (1 - \phi)p}{E\Pi_M(m+1)} \quad (3)$$

式中: λ_1 为模糊隶属度函数; $y(e)$ 为模糊推理函数; c 为融合函数; W 为将模糊输出转换为具体数值的函数。

动态模糊评估函数 V 通过综合各个传感器所提供的数据,进行模糊推理和融合,以有效地处理信息中的不确定性,使后续信息的整合结果更加可靠和鲁棒。由此建立有用训练信息融合的传感数据信息处理模型:

$$R_\alpha = \alpha[\beta(g'(e(k)))]/V \quad (4)$$

式中: $\alpha[\cdot]$ 为决策函数; $g'(\cdot)$ 为数据预处理函数; $e(\cdot)$ 为数据分析函数; $\beta(\cdot)$ 为数据融合函数; k 为采集的数据。根据上述分析,构建多传感数据信息处理模型,实现运动员体能训练有用信息的融合。

2.2 运动员体能训练信息传输调度

在运动员体能训练信息的多传感器整合传输中,利用特征重合模型对融合后的信息进行去重处理,其中信息相关性系数帮助确定相关联的传感器数据进行去重。利用特征重合模型对上一节融合后的信息进行去重处理:

$$A_s = R_\alpha / \bar{q}_R^s \quad (5)$$

式中: $\bar{q}_R^s$ 为信息相关性系数, $\bar{q}_R^s = 2 \times (\rho \lg(1 + \rho)) / (\lg(1 + \rho) + \lg(1 - \rho))$; ρ 为 2 个随机变量之间的相关系数,其值域在 $[-1, 1]$ 之间。参数能帮助确定传感器相关联数据,进而进行信息去重,避免冗余信息的传输和存储,提高整合信息的效率和准确性。

由此,基于上述特征重合模型,将其与传输优化系数结合,传输优化系数是用来调整传输过程中各个传感器数据的权重或传输顺序,以优化整合传输的准确性和效率的因子,实现运动员体能训练信息的多传感器整合传输调度。表示如下:

$$EU_M = \frac{(\lambda_1 - 1) \int_0^{\bar{q}} [f(\sigma)(1 - \phi) - \eta(1 - \alpha)g(e)] d\eta}{A_s} \quad (6)$$

式中: $\bar{q}$ 为共同特征; η 为特征隶属度, $\eta = e^{-(x-c)^2 / 2\delta^2}$, δ 和 c 为 2 个特征参数,用于控制函数的形状和位置; $f(\sigma)$ 为传输优化系数。

基于上述流程,实现对运动员体能训练信息的多传感器整合传输调度。

2.3 体能训练信息跟踪整合

对调整后的数据通过选择副簇头来传输,可以得到区块融合度函数:

$$x_i^{(k+1)} = (1 - \omega)x_i^{(k)} + \frac{\omega}{a_{ni}} \left(b_i - \sum_{j=1}^{i-1} a_{ij}x_j^{(k+1)} - \sum_{j=i+1}^n a_{ij}x_j^{(k)} \right). \quad (7)$$

通过选择合适的副簇头，可提高传感器之间的协同工作能力，确保数据整合的准确性和一致性。设运动员体能训练信息多传感器整合传输每个节点 b_i ，得到体能训练信息整合的线性规划函数描述为：

$$\left. \begin{aligned} G_i &= b_{i1}a_1 + b_{i2}a_2 + \cdots + b_{in}a_n \\ G_j &= b_{j1}a_1 + b_{j2}a_2 + \cdots + b_{jn}a_n \\ &\vdots \\ G_n &= b_{n1}a_1 + b_{n2}a_2 + \cdots + b_{nn}a_n \end{aligned} \right\}. \quad (8)$$

式中： G_i 和 G_j 为运动员体能训练信息动态特征提取的模糊相关数； a_n 为运动员体能训练信息多传感融合的动态监测分布模型参数。

根据上述分析，运用局部物联网中心数据网络结构和线性规划函数描述，实现多传感信息整合：

$$O = x_i^{(k+1)} EU_M / (N_f [G_1, G_2, \cdots, G_n]). \quad (9)$$

式中 N_f 为局部物联网中心数据网络结构中信道的冲击响应的脉冲帧数。其中，区块融合度函数和线性规划函数的引入可以提供对整合信息的定量评估和调控，帮助优化整合过程并达到更好的整合效果。

3 仿真实验

3.1 数据集设置

为了验证本文中方法在实现运动员体能训练信息整合的性能，进行实验测试。其测试相关平台配置如表 2 所示。

表 2 平台配置

名称	内容
操作系统	Windows10 64 位
处理器	Intel(R)Core(TM)i7-9700
CPU	3.6 Hz
内存	16 G
编程语言	Python
集成开发环境	PyCharm
仿真软件	Matlab
传感器接口	Bluetooth
数据存储	SSD 硬盘
网络配置	千兆以太网

为了实时接收和记录来自运动员的各种生理参数，采用 Bluetooth 接口的传感器套件，包括 Polar H10 心率带用于精确监测心率，以及具备呼吸频率监测功能的胸带式传感器，还有无线体温贴片来连续跟踪体温变化。对于血压数据，采用了间歇测量的方式，利用血压计在关键时间点获取数据。所有

传感器数据均通过蓝牙实时传输至配备千兆以太网连接的数据采集系统，并存储在 SSD 硬盘上，以确保数据的高速读写和安全性。

首先进行信息加载：

```
import tkinter as tk
from tkinter import ttk
import threading
import time
#更新 GUI 的函数
def update_gui(heart_rate, respiration_rate,
body_temperature):
    # 假设 app. label_heart_rate, app. label_
    respiration_rate, app. label_body_temperature 是
    Tkinter 的标签
    app.label_heart_rate.config(text=f " 心
率:{int(heart_rate)}BPM" )
    app.label_body_temperature.config(text=f
" 体温:{body_temperature:.1f}℃ ")
#Tkinter GUI 应用
class App:
    def __init__(self,root):
        self.root=root
        self.root.title(" 运动员生理参数监测" )
        #创建标签用于显示数据
        self.label_heart_rate=ttk.Label(root,text=
" 心率:--BPM" )
        self.label_respiration_rate=ttk.Label(root,text=
" 呼吸频率:--次/分钟" )
        self.label_body_temperature=ttk.Label(root,text
= " 体温:--.0℃" )
        #创建 Tkinter 窗口并运行应用
if __name__=="_main_":
```

```
import random
root=tk.Tk()
app=App(root)
root.mainloop()
```

在可视化的界面下进行应用程序开发，对体能训练信息采样的节点数为 200，采样周期为 1.2 ms，输出调制系数为 $\mu_1=\mu_2=0.01$ 。将文献[4]和[5]方法作为对比方法，选取信息整合输出增益、信息整合效率作为测试指标，展开对比测试。

3.2 结果分析

3.2.1 系统有效性测试

采用所提系统进行信息整合，则得到整合输出如图 5 所示。

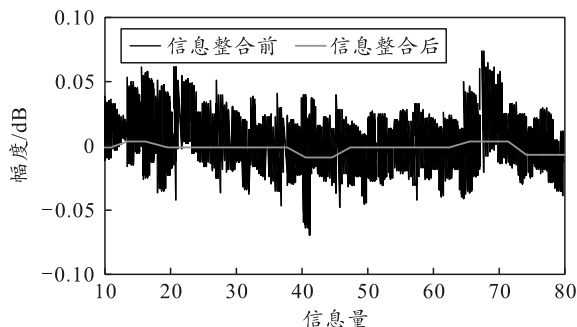


图 5 信息整合输出

分析图 5 得知：图中数据线条清晰可辨，将采样的体能训练信息进行了有效整合，波动范围分别在 $-0.01\sim 0.01$ ，均反映了数据的实际变化，不同训练阶段的数据能够形成明显的聚类。

3.2.2 信息整合输出增益结果分析

采用整合输出的增益作为测试指标，对比所提系统、文献[4]和[5]方法的信息整合输出增益结果，如表 3 所示。

表 3 信息整合输出增益对比 %

测试次数	所提系统	文献[4]方法	文献[5]方法
10	94.060	90.483	90.870
20	96.815	95.072	93.987
30	95.168	93.770	91.106
40	97.806	95.416	92.536
50	97.197	90.581	92.664
60	98.277	94.378	94.213
70	94.423	90.180	90.899
80	95.649	92.944	91.673
90	94.081	90.873	91.152
100	94.345	90.146	90.345

分析表 3 得知：所提系统对运动员体能训练信息整合的输出增益较高，最高可达到 98.277%，具有较好的性能和有效的信息整合能力。

3.2.3 信息整合效率

在上述的基础上，通过信息整合所耗时间来估计信息整合效率，结果如图 6 所示。

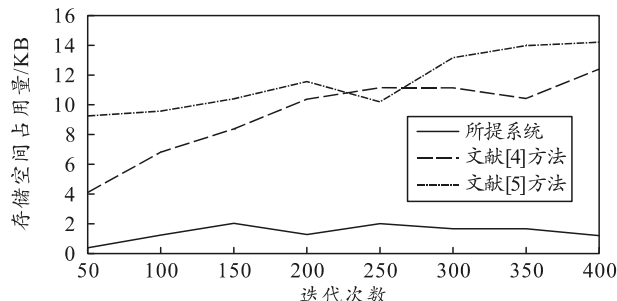


图 6 信息整合所耗时间结果

分析图 6 可知，所提系统的整合耗时始终维持在 4 s 左右，所提系统的信息整合耗时较低。

4 结束语

笔者提出基于多传感器的运动员体能训练信息整合系统，采用相关性检测算法实现对运动员体能训练多传感器信息结构重组，通过提取、清洗、检测、去重、归类方法建立运动员体能训练信息整合的传感数据信息处理模型。在连续滑动窗口上进行运动员体能训练信息多传感器整合传输信道均衡控制，实现对运动员体能训练的信息提取，对运动员体能训练信息整合的输出增益较高，具有有效的信息整合能力和较高的信息整合效率。

参考文献：

- [1] GAO T, LOU Y, SIVAPARTHIPAN C B, et al. Prediction of athlete movements using wearable sensors for sports person health monitoring application[J]. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 2021, 6(1): 1-12.
- [2] 徐尚青, 陈勇. 云计算技术下“大数据校园”数字信息整合[J]. 电脑编程技巧与维护, 2022(11): 113-115.
- [3] JIA Y. Design of Sports Training System and Motion Monitoring and Recognition under Wireless Sensor Network[J]. Mobile information systems, 2021, 7(8): 1-13.
- [4] 胡宇飞, 谢莉. 面向移动终端的异常用户信息资源整合仿真[J]. 计算机仿真, 2023, 40(7): 472-476.
- [5] 张洁, 张楠. 基于关键属性匹配的网络体育教学资源快速整合研究[J]. 微型电脑应用, 2022, 38(7): 147-150.
- [6] 贾文溪, 张军堂, 马晓洁. 区块链视域下档案信息资源的整合路径研究[J]. 石家庄学院学报, 2022, 24(4): 152-156.
- [7] 郭蕾. 基于深度学习的运动员训练量监测信息整合[J]. 信息技术, 2023, 47(11): 143-147.
- [8] 武彬. 基于翻转课堂的 C 语言教学资源信息整合方法[J]. 喀什大学学报, 2023, 44(3): 72-76.
- [9] LIU Q. Human motion state recognition based on MEMS sensors and Zigbee network[J]. Computer Communications, 2022, 181: 164-172.
- [10] YU S. Application of Blockchain-Based Sports Health Data Collection System in the Development of Sports Industry[J]. Mobile Information Systems, 2021(4): 1-6.
- [11] 梁磊. 基于 RFID 的城市智能建筑信息整合系统构建[J]. 信息系统工程, 2023(6): 4-7.