

# 科普 | 体育工程 | 超宽带UWB技术在体育领域的应用评估

原创 刘泳庆 专业体育仪器器材 2021-11-01 09:55

## 前言

“体育工程”的概念出现于1996年，其主要特征是利用工学领域的理论、技术和方法来分析和研究体育领域内的需求，并针对需求制定对应的研发方案和技术方案、具体实施工程，满足用户需求。本专题旨在带来体育工程领域最新的科研成果，供广大读者参考。



## 体育工程 Sports Engineering

### 题目

Experimental Evaluation of UWB Indoor Positioning for Sport Postures

### 作者单位

比利时根特大学

### 作者

Matteo Ridolfi等

### 发表时间

2018年1月

### 期刊

sensors

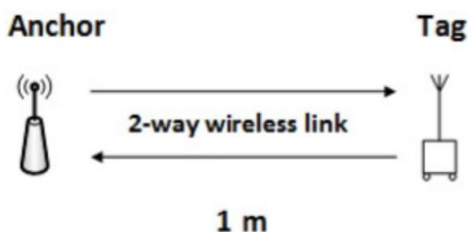
### 摘要

基于射频(RF)的室内定位系统(IPSs)使用无线技术(包括Wi-Fi、Zigbee、蓝牙和超宽带(UWB))来估计没有全球定位系统(GPS)接收信号可用的区域中人员的位置,例如在室内体育场或运动场。其中,UWB被认为是最精确的方法之一,因为它能够提供厘米级精度的定位估计。本文研究了UWB室内定位系统在运动员复杂运动过程中跟踪运动员的能力,分析了人体标签放置位置和人体运动模式对定位精度和通信可靠性的影响。

## UWB运动活动性能评估

UWB室内定位系统在运动性能评估中需要对两个重要因素进行研究,即运动员身上标签的位置和其正在进行的运动的影响。

有研究人员使用基于Decawave的商业UWB模块在住宅环境的房间和根特大学的运动科学实验室进行了测试。

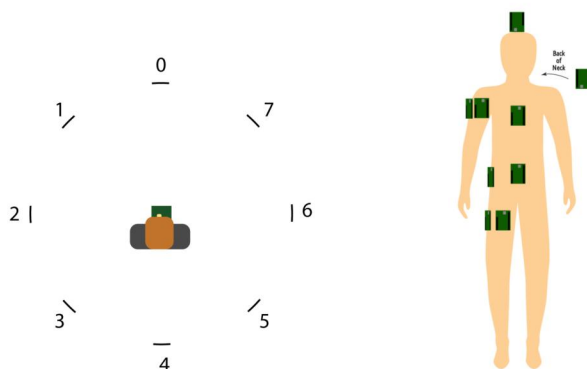


在这种理想的情况下,平均测距精度约为4.35cm,标准偏差为2.33cm。

### 标签放置位置影响

01

测试方案如下图所示,移动标签由一个用户佩戴,用户周围有8个固定的锚节点(编号从0到7)。标签位于半径为2m的圆的中心。

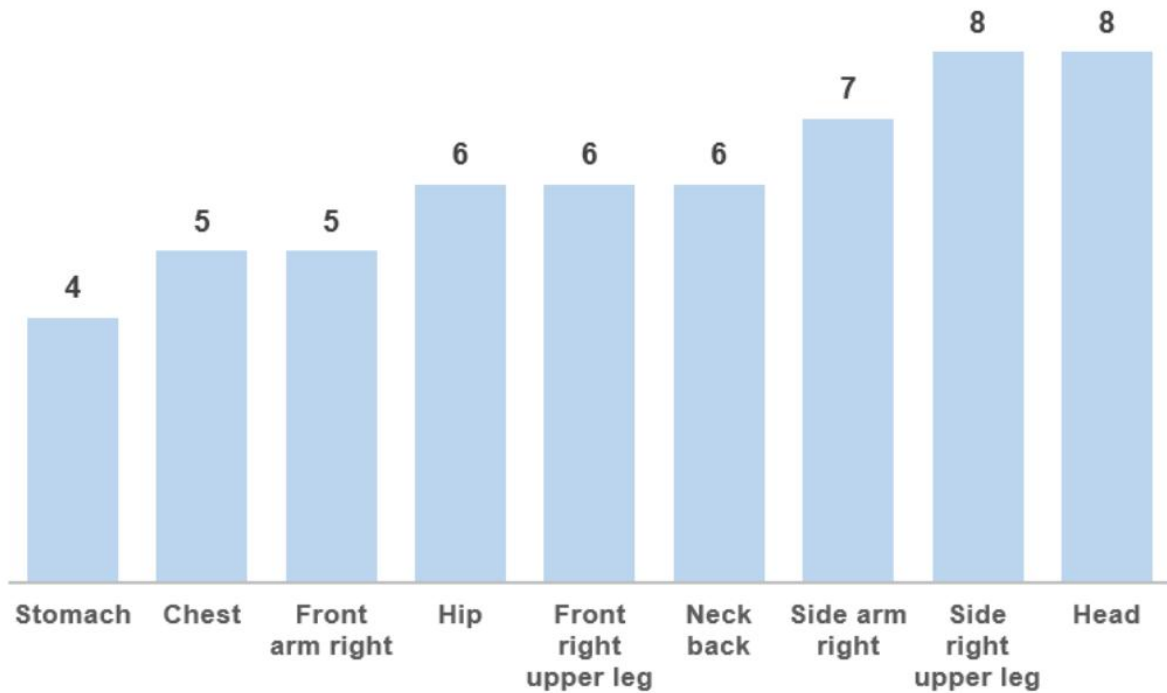


理想情况下,标签能够估计与所有锚节点之间的距离。然而,由于人体会对电磁波产生吸收和反射的效应,因此一些锚节点的信号可能无法到达标签。这与人体上标签的位置有很大关联。为了评估标签在人体上的最佳位置,采用三个指标进行评估:精度、丢包率和可见锚的数量。

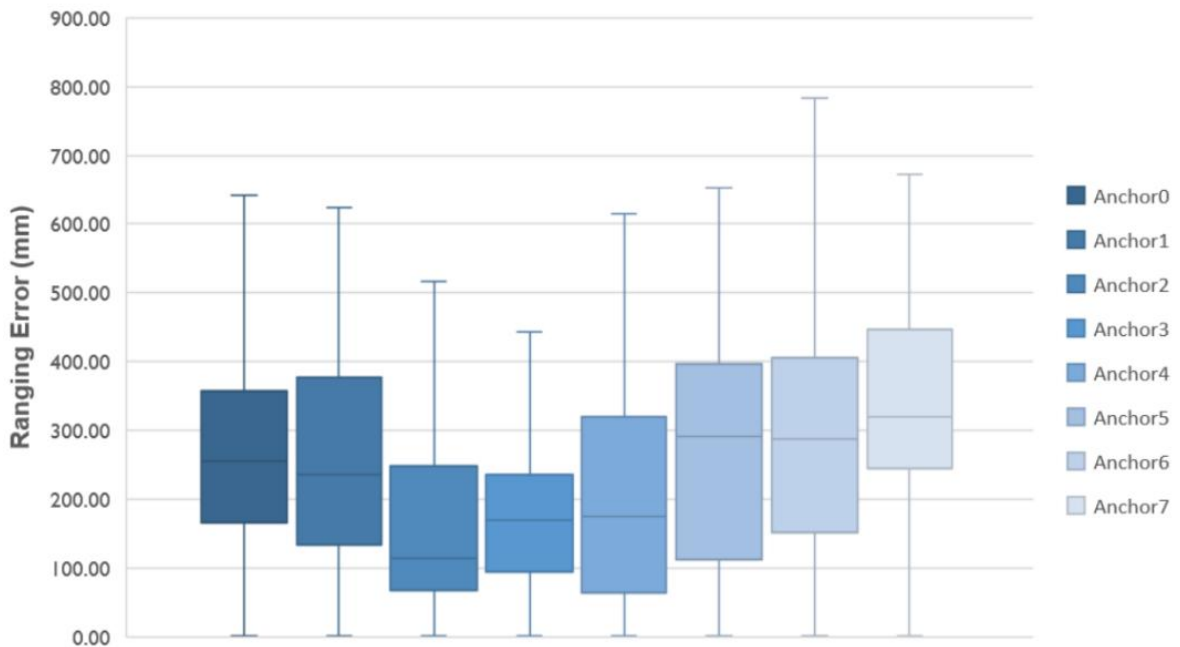
在实验中，标签被放置在身体的九个不同部位，即右臂和上肢的正面/侧面，胸部，颈部，胃，臀部和头部。当标签位于用户头上时，所有锚节点上的平均丢包率为1.45%。而当标签放在胸部时，UWB信号被人体阻挡，在某些情况下，超过50%的测距包丢失。

	Anchor 0	Anchor 1	Anchor 2	Anchor 3	Anchor 4	Anchor 5	Anchor 6	Anchor 7	Average Packet Loss
Chest	0.00	0.00	5.60	53.20	79.20	70.40	0.40	1.20	26.25
Stomach	0.00	0.80	10.00	17.20	29.60	18.00	0.40	0.80	9.60
Hip	4.40	9.20	92.00	4.40	2.40	8.00	27.20	1.60	18.65
Side arm right	0.80	4.40	38.00	2.40	9.20	1.60	0.80	1.20	7.30
Front arm right	0.80	0.40	10.40	12.80	56.40	3.60	0.40	2.00	10.85
Side right upper leg	0.40	5.20	9.20	1.20	0.80	4.80	1.20	0.40	2.90
Front right upper leg	0.80	6.00	2.80	7.60	16.40	10.00	0.80	0.40	5.60
Back of the neck	7.20	46.00	4.00	1.60	1.20	0.40	2.40	13.60	9.55
Head	0.80	0.80	1.20	2.40	4.80	0.00	0.40	1.20	1.45

以丢包率小于10%来定义锚节点的可用性，大多数标签位置可以有至少6个锚节点可用，这使得这些标签位置适合用于位置估计。



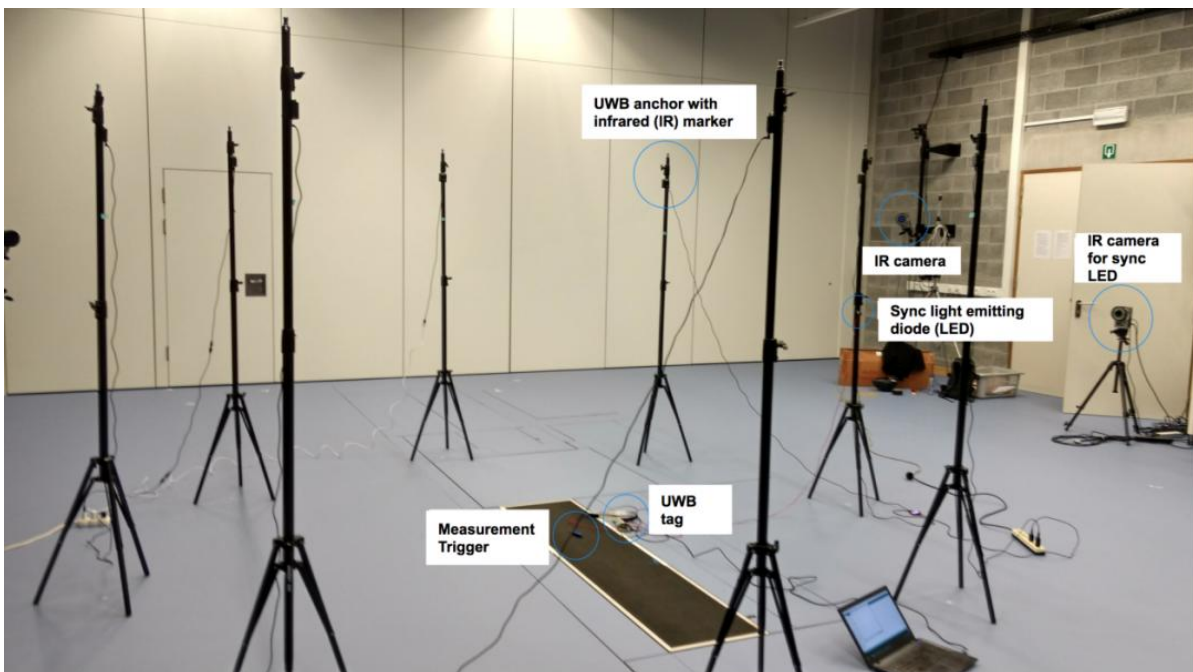
通过放置在头部的标签来进行精度测试，可以研究所有可见锚节点是否具有同等质量。如果将丢包率与平均测距误差相结合，高丢包率并不一定会导致较低的精度。在标签放置在头部的情况下，锚4在测距过程中的丢包率最高，为4.8%，但在平均测距误差为16.85cm的情况下，它的测距精度并不是最差的。



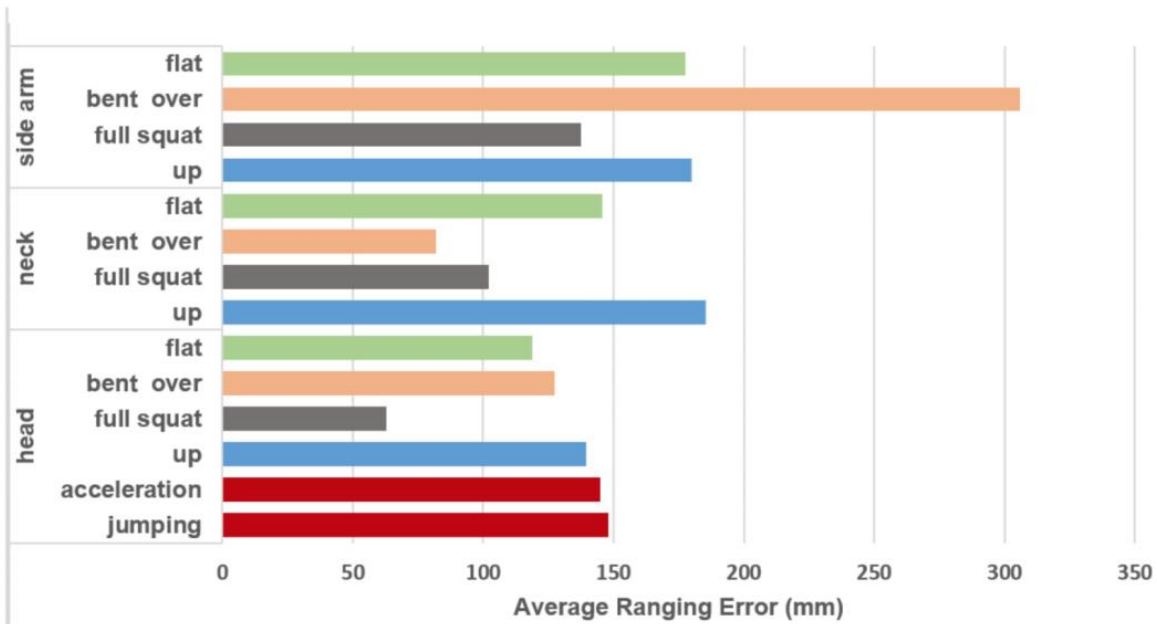
## 体育运动的影响

02

采用一种先进的可以提供毫米级精度的基于标记的运动捕捉系统(MOCAP)作为对标系统，评估当标签贴在身体的不同部位时不同姿态对测距误差的影响。关注四种姿态：站立，深蹲，弯腰，俯卧在地上。



实验收集了标签和所有8个锚节点之间的测距测量值。然后对数据进行处理，并从精度和丢包率的角度分析结果。



Position	Posture/Activity	Ranging Failures
<b>Side Arm</b>	Flat	8%
	Bent Over	28%
	Full Squat	18%
	Up	34%
<b>Neck</b>	Flat	3%
	Bent Over	25%
	Full Squat	6%
	Up	32%
<b>Head</b>	Flat	11%
	Bent Over	19%
	Full Squat	19%
	Up	8%
	Acceleration	17%
	Jumping	14%

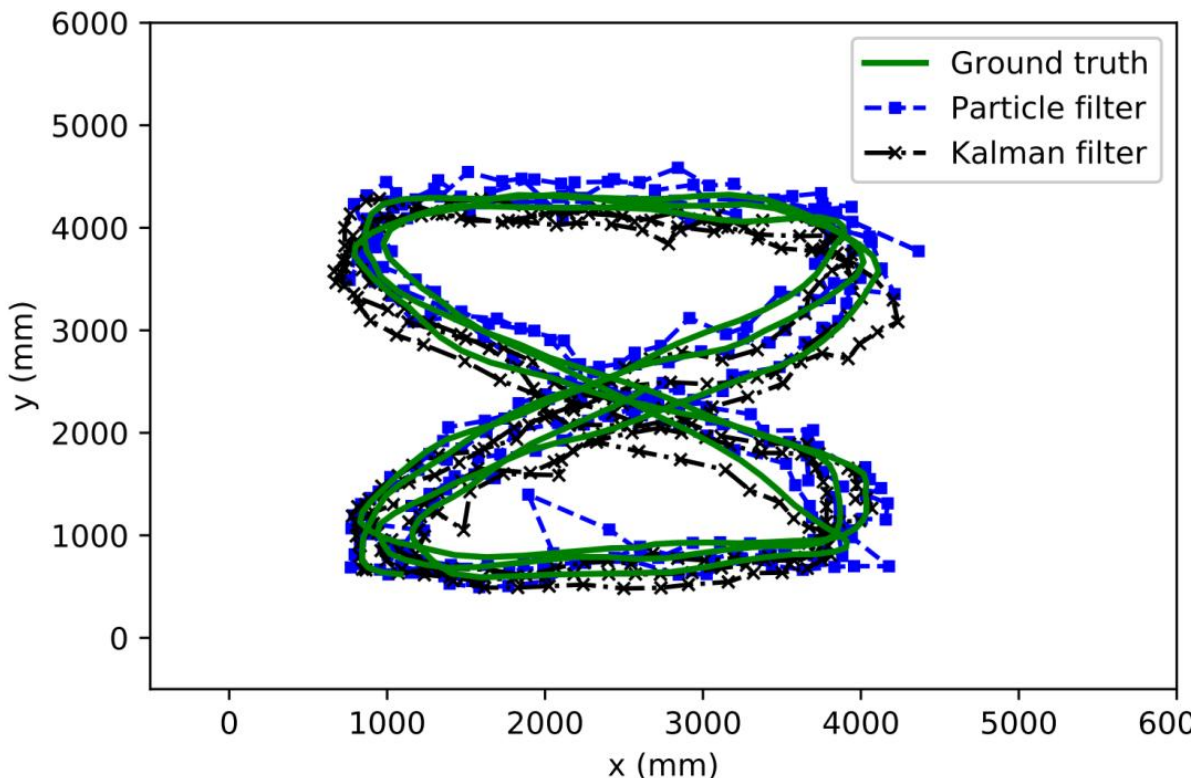
标签放置在头部的性能是最优的，该位置的丢包率和平均测距误差都是最小的。因此，针对头部的标签，还进行了加速跑和跳跃两项额外的测试。虽然与静止情况相比，丢包率从8%提升到了17%，但测距误差是相当的，加速情况下的平均误差为14.5cm，跳跃和静止情况下的平均误差分别为14.8cm和13.9cm。

下图报告了放置在头部的情况下错误的分布情况。这个可以看出是不同活动和姿势的影响。特别是，有可能注意到，在跳跃的情况下和站立时没有明显的差别。然而，天线围绕在少数几个区域时使平均误差略有不同[18]因此，深蹲的情况下似乎有最好的测距精度。出于同样的原因，平躺在地上的姿势是次好的，其精度 $\leq 20$  cm的累积概率为0.85。

## UWB定位算法

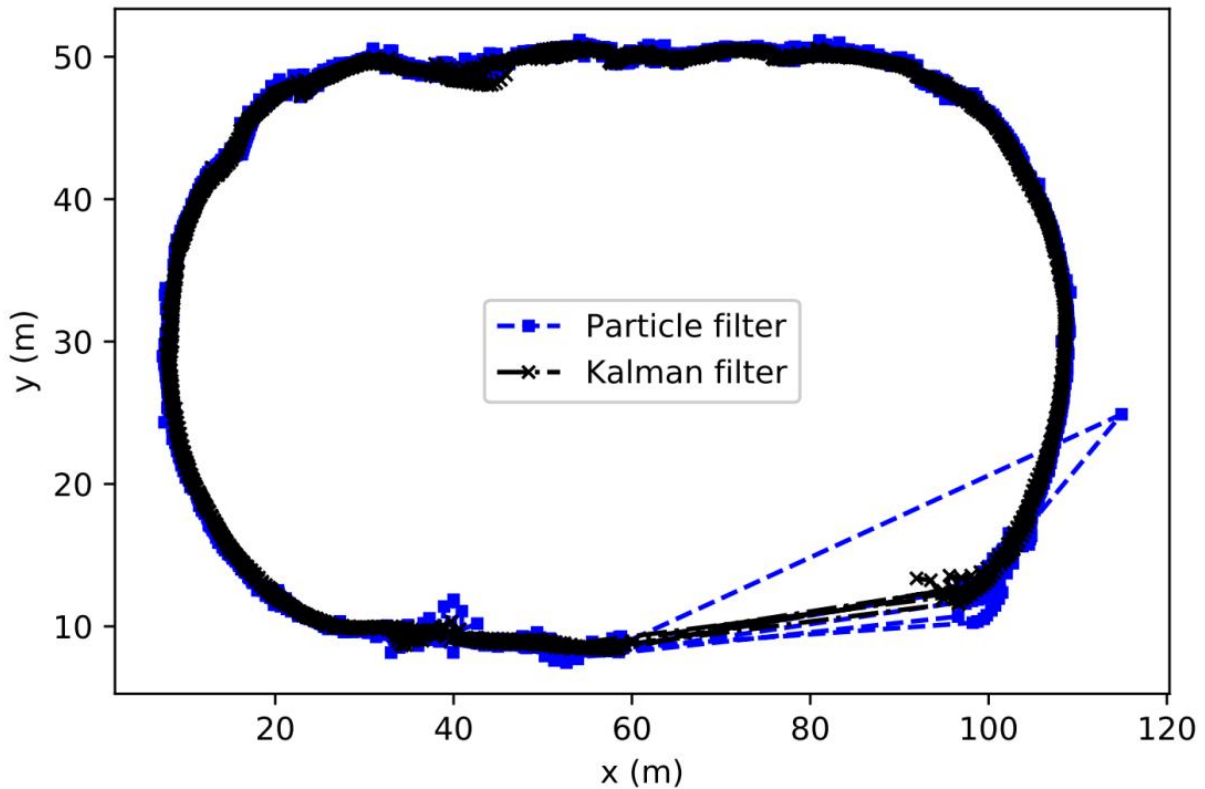
通常使用卡尔曼和粒子滤波融合来自不同传感器（如UWB和IMU）的信息，实现对物体或人的跟踪。卡尔曼滤波不适用于非线性系统，通常采用扩展卡尔曼滤波和无迹卡尔曼滤波对非线性系统进行建模。另一方面，粒子滤波虽然能更好地处理非线性系统，但它需要更多的计算能力。

为了评估粒子和卡尔曼滤波的性能，实现采用一条8字形的路径，同时用UWB标签和动作捕捉系统采集测量数据。

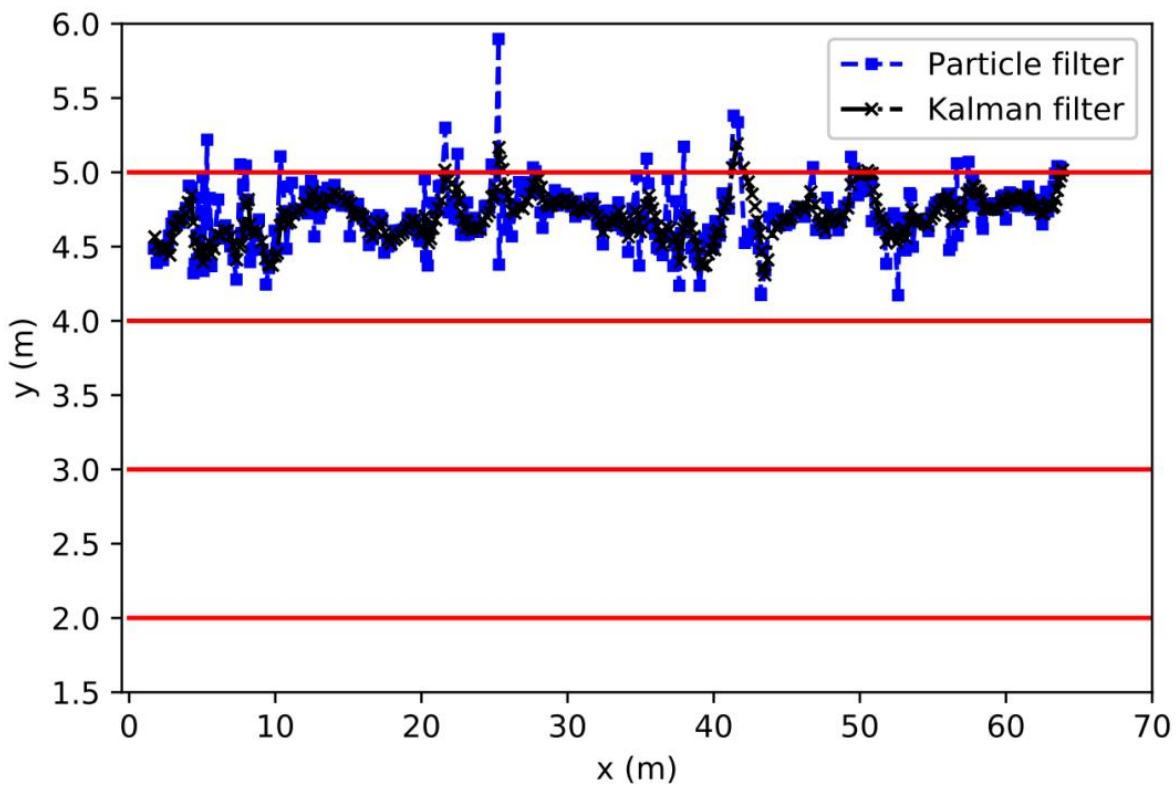


从图中可以看出使用粒子滤波和卡尔曼滤波估计的遍历路径，以及从MOCAP系统获得的地面实况。可知，粒子和卡尔曼滤波都能够遵循正确的路径。另外，对于粒子滤波来说，大多数的测量误差在30cm以下，有50%的时间误差小于10cm。另一方面，卡尔曼滤波有50%的时间误差小于17cm。

为了覆盖整个赛道，需要28个锚节点。自行车运动员在头盔上佩戴移动标签，对运动员的表现几乎没有影响。骑行一圈参考时间约为27s，近似速度为9m/s。



在一条长60米，有三条赛道的直线跑道上进行测试。部署的锚的数量减少到10个，运动员将标签佩戴在侧臂上。根据之前的研究结果，侧壁从丢包率和精度来看是第三好的选择。虽然在跑步过程中，手臂相对于身体重心移动得更明显，但这个位置确保了跑步者的最佳舒适感。



可以看出运动员显然处于第一条赛道 ( $4\text{m} < y < 5\text{m}$ )。由于标签位于手臂上, 估计值略偏向上。即使在这种情况下, 算法也可以精确地跟踪跑步者。然而, 粒子滤波似乎不太精确, 估计值有时比卡尔曼滤波更分散。

## 结论

UWB被认为是获得厘米级位置估计值最有前途的技术之一。随着价格低廉的UWB芯片的商业化, 这项技术得到了更多的普及。UWB是一个很好的体育分析和跟踪市场的候选。

### 原文信息

Matteo R , Stef V , Jense D , et al. Experimental Evaluation of UWB Indoor Positioning for Sport Postures[J]. Sensors, 2018, 18(2):168. DOI: 10.3390/s18010168

文字编辑: 刘泳庆

责任编辑: 陈 骐



### 编者寄语

为了进一步推动体育工程助力体育强国建设，国家体育总局体育科学研究所体育工程中心将开始收集和整理当前人工智能、传感器、数据科学、人机工程学、网络与通信等先进技术应用于体育训练、科学研究和教育等领域的最新成果，与广大体育界同仁共享交流。发布的成果由国家体育总局体育科学研究所体育工程中心组织专家遴选并编辑，由合作单位提供微信排版和发布等技术支持。欢迎广大同仁关注，提出宝贵意见和建议，并积极投稿，共同为体育强国建设贡献力量。联系邮箱：liuyongqing@ciss.cn



阅读 65

分享 收藏

1 在看

写下你的留言