今天我汇报的论文是2023年四月25日发表在CHI2023上的文章IMUPoser: Full-Body Pose Estimation using IMUs in Phones, Watches and Earbuds

至于我为什么要选择这篇论文进行汇报，

是因为（1）首先，在当前各种便携的智能设备中IMU的使用非常广泛，因此它们的应用前景非常广阔；（2）第二，此类问题设计了很多领域比如计算机视觉、传感器工艺、人机交互等等，比较契合我们这门课的目的和需求；（3）第三，在VR、AR应用领域能够与人们的体育运动，形体健身等相结合；（4）最后，当前领域还面临着很多挑战性问题，比如多元传感器之间的协调问题等。

这是这篇论文的基本信息，它的发表时间、刊登在哪里、关键词以及研究类型。

论文主要研究的是人们平时随身携带的商用移动设备里的IMU来做人体全身的姿态估计。论文中提到的移动设备主要包括有手机、手表以及耳机，就是用这些设备里的IMU而不是其他更为精密的IMU来对人体进行姿态估计。这些可以应用于健康健身、康复之类的，以及应用于运动领域，比如可以在运动员日常训练中让运动员佩戴IMU，从而能够在运动中进行运动员的姿态估计，更好的矫正运动员的运动姿态等等

在整体姿态估计之前，需要确定用户当前佩戴了哪些设备，以及这些设备位于身体的哪些地方，根据这个要求，在论文的后半部分会有对不同设备的佩戴组合的分析

RELATED WORK

对于研究团队做的相关工作，他们是从三个方面展开相关讲述的，并且三个部分都是讲的动作捕捉。首先是Body Capture using External Sensors外部传感器，比如光学传感器之类的；第二个讲的是Body Capture with non-IMU Worn Sensors可穿戴但是非IMU的传感器，比如测量拉伸程度的传感器；第三个讲的是Body Pose Estimation using Worn IMUs，与该团队的研究的比较相似，是可穿戴的IMU类的设备，用于完成他们对于人的姿态的估计。

针对第三个传感器，研究团队列了一个表格如图，是之前有的一些基于IMU的方法。虽然看表中数据并没有那么符合预期，但考虑到表中的joints数量没有那么大，即他们佩戴IMU的关节位置没有很多，使用的传感点数量较少，相对来讲，所以整体的结果还是不错的。

POSSIBLE DEVICE COMBNATIONS

正如汇报开头所提到的，在论文的这一个部分，研究团队罗列出了他们可能的移动便携设备组合。比如移动手机有六种可能的状态：放在左口袋、放在右口袋、握在左手里、握在右手里、打电话的姿势以及没有携带在身上的时候；手表有三种可能状态：戴在左手、戴在右手以及没戴；耳机有四种可能状态：两只都戴上、只戴左耳、只戴右耳以及没戴。因此，共有起来共有72种组合。但他们也做了一些排除，比如将佩戴左右耳机和手机拿到耳边的情况去除、不佩戴任何设备等等。筛选后共有68种组合之后再做更深入地筛选，比如右手拿手机并且戴着手表的情况，此时两个信号源相距比较近，设备返回的信号情况比较相似，这样也可以合并成一种情况。因此，做完整个筛选后共得到了如图所示的24种情况。

IMPLEMENTATION

接下来的部分就是实现。首先是通过IMU读取运动数据，再将所有IMU设备的数据统一传入当前所佩戴设备中计算能力最强的一个设备中去进行计算。

第一点是关于模型部分，首先将人体佩戴的五个位置的IMU的信息传入，使用双向的LSTM来进行模型训练。最后输出所有关节的信息，通过正向运动学的模块将关节状态映射到姿态空间中。

第二点介绍了整个网络框架，可以看到图中，共有三种设备与五个对应位置，每个位置对应一个向量，最终拼接在一起，通过双向的LSTM来反映人体的具体姿态。为了做相应的分析，研究团队从集合了24个动补数据的较大的SMPL数据集模型中计算出他们需要的数据，比如加速度、方向等等。之后就是进一步的训练与基于逆向运动学的细化方法，比如用戴传感器的位置如手腕，来对手肘、肩关节的位置信息进行修正。

EVALUATION

完成了实现过程后科研团队进行了评估，训练的时候是在合成数据集上进行的训练，在DIP-IMU和IMUPoser数据集上对不同身体部位的总体准确性结果概述，而评估则是使用团队真实用IMU测量的数据进行评估，总的来说就是分成两部分采集：惯性动补以及光学动补，然后进行动作校订等。图中表现得就是人具体佩戴的设备位置。

RESULTS

这部分介绍了评估的结果，在图中可以看出，人体部位的红色越深，IMU测量的误差越大。这是因为测量误差来源于IMU的具体数量与放置位置以及人体所做出的动作是否对称，就总的来说，在利用便携移动设备中IMU进行人的姿态估计时，设备越多、覆盖关节数越多、范围越广，人体做出的动作越对称，整个姿态估计就越准确。

同样的，研究团队也将他们的实验数据在不同的身体部位进行了对比，发现在不同的身体区域IMU的准确率也不同，从图中可以看出，手的准确率在佩戴IMU与不佩戴IMU的情况下差别较大，但腿的差别却不是很大。这可能是因为腿的运动相对单一规律，手的运动相对多样不规律，因此手的准确率差别较大。

最后，他们将实验数据与DIP数据集中的数据进行对比，由于他们应用的传感点数据较少，所使用的场景也只是在日常生活当中，没有那么严格的精度要求，所以他们最终的结果误差是可以接受的。

REAL-TIME IMPLEMENTATION

这一部分相当于制作了一个demo，设备的检测与姿态的跟踪，并且提到了上面实验用到的设备都是苹果全家桶，从图中可以看出设备检测的具体情况。

Conclusion

最后的结论就是这一段话：

本文介绍了IMUPoser - 一种使用消费者设备（如手机、智能手表和无线耳机）中的IMU进行实时全身姿势估计的系统。我们的系统必须自动跟踪可用的设备以及它们当前在身体上的位置，并使用流媒体IMU数据来估计姿势。我们的评估表明，IMUPoser能够应对消费者IMUs的嘈杂信号，并生成自然且时间连贯的姿势估计，即使只有一个设备。这为全身姿势应用提供了新颖而有趣的可能性，而无需额外的用户仪器。

IMUPoser是一项创新的工作，它提供了以前不可思议的全身姿势估计方法，通过充分利用普及的消费者设备中的传感器。这项研究不仅为虚拟现实、增强现实等领域提供了潜在的应用，还为将来的研究提供了广阔的可能性，包括更多设备的支持、姿势精度的提高和多样性活动的跟踪。此外，研究人员还提供了数据集、体系结构、训练模型和可视化工具的开源，以鼓励其他研究者和从业者构建和改进IMUPoser系统。