



Is Now Part of



**ON Semiconductor®**

To learn more about ON Semiconductor, please visit our website at  
[www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)

ON Semiconductor and the ON Semiconductor logo are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at [www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf](http://www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf). ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

# AN-5084

## XKF3 - 通过惯性以及磁感测以最佳方式实现低功率 3D 定位估计

### 总结

XKF3 是基于扩展卡尔曼滤波理论的算法，融合 3D 惯性数据（6D 运动数据）和 3D 磁力计数据，也称为“9D”传感器融合，用于以最佳方式估计针对地心地固坐标系的 3D 定位。XKF3 的输入由 Fairchild FIS1100 惯性传感器的 AttitudeEngine™ 提供，这是自定义矢量数字处理器，可计算捷联式积分以获得高准确度的定位和速度增量，同步可选磁力计数据，并以用户可选的数据速率和极低的功耗传输运动数量流。XKF3 自动校正最重要的传感器误差，并且能够成功规避因干扰如瞬时加速度或磁场畸变等引起的定位误差。XKF3 和 AttitudeEngine 组合支持以 1 mA 或更低的处理器功耗进行精确的 3D 运动跟踪，因而提供灵活性且方便系统集成。因此，该组合允许以极低的功耗开发高准确度运动跟踪应用。

### 介绍

XKF3 是针对地心地固坐标系计算 3D 定位的算法。计算核心是基于扩展卡尔曼滤波理论，它融合 3D 惯性传感器数据（定位和速度增量）和 3D 磁力计数据，也称为“9D”传感器融合。Xsens 的第二代 9D 传感器融合算法，称为 XKF3，是在 2005 年开发的，自那时起已经根据现实生活、需要和应用中的跟踪理论和市场反馈 [2]-[8] 中获得的新视角进行了优化。

十多年来，XKF3 算法一直作为 Xsens 专有产品的一部分或作为单独的库用于大量应用，从消费电子到工业应用以及军事应用（图 1）。使用 XKF3 算法的 Xsens 产品例子包括用于工业应用的高精度 IMU、姿态航向参考系统 (AHRS) 和 GNSS/INS 导航系统 [9]-[11] 图 2，以及用于人体运动实时数字化的全身可穿戴运动捕捉解决方案 Xsens MVN [12] 图 3。除了 Xsens 的专有产品，XKF 3 也在组合中使用的 FIS RF1100 inside Fairchild 的姿态和航向基准系统, [FMT 1000系列](#)

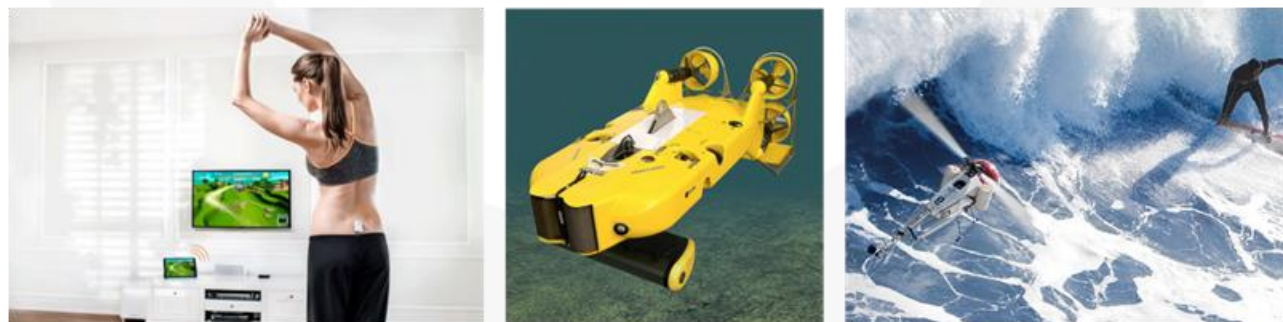


图 1. 左: Hocoma Valedo 背部疼痛治疗系统。中间: SAAB 无人水下系统侦查 ROV。右 Flying-Cam Inc. 公司推出用于电影/广播的 SARAH UAV



图 2. Xsens 工业运动跟踪器

XKF3 不仅能够计算 3D 定位，而且能够提供信号，如局部坐标系中的加速度（去掉了重力分量）、自校正角速度和局部磁场。

本文介绍 XKF3 与 FIS1100 相关的架构，以及包括性能和所用资源在内的 XKF3 特性。

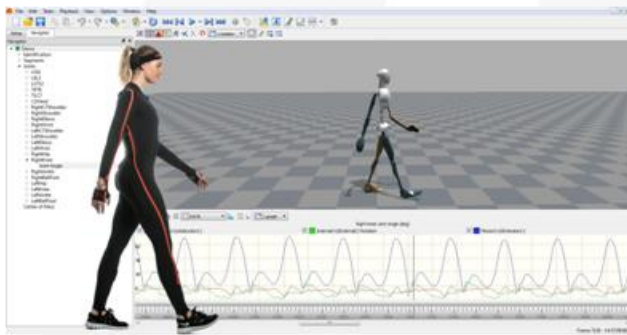


图 3. Xsens MVN 全身可穿戴运动捕捉解决方案

## 架构

XKF3 是二进制软件库，接收来自 FIS1100 MEMS IMU 的运动传感器数据。XKF3 通常运行在（传感器中枢）微控制器上（如 Cortex M 类）或应用处理器（如 Cortex A 类或 x86），如图 4 所示。图 4

运动传感器数据由 FIS1100 以可配置的速率传输至 XKF3。在 FIS1100 内部，以较高的频率 (1 kHz) 采样加速计数据和陀螺仪数据，然后传递给 AttitudeEngine，在该过程中以较高的精度计算捷联式积分 [1]。此外，磁力计数据可由 AttitudeEngine 同步到惯性数据，旨在获取圆锥和划船补偿定位和速度增量，并以较低的速率获取要传输到 XKF3 引擎的可选磁力计数据。

使用 AttitudeEngine 的一个好处是可以根据应用需要降低输出数据速率 (ODR)，而不会降低准确度 [1]。另外，AttitudeEngine 还提供一个从传感器中获取数据的异步选项。该机制称为按需运动，允许在应用确定的时间进行数据轮询 [1]。

图 4 中显示的架构包括捷联组合 (SDI) 步骤（作为 AttitudeEngine 的一部分）与 XKF3 引擎内部的状态跟踪步骤之间的明确分割。SDI 计算需要以较高的速率运行（AttitudeEngine 以 1 kHz 进行 SDI 计算，参考 [1]，查看全部详情），而实际的 XKF3 引擎只需要以较低的速率运行 ( $\leq 10$  Hz)。即使在高精度 9D 融合模式和全自动校正模式下运行时，这种分割也支持超低的处理器负荷。

重点注意使用磁力计是可选的。基于不包含磁力计 FIS1100，XKF3 能够估计 3D 定位。然而，在这种情况下，算法没有稳定航向的信息，然后航向就会失去基准，并根据设计（非常缓慢地）围绕垂直方向漂移。

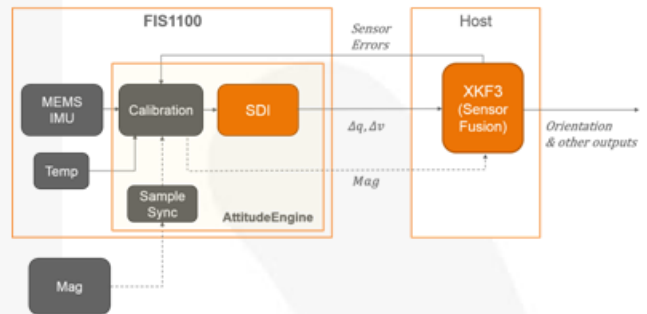


图 4. FIS1100 架构概述，包括 AttitudeEngine、校正和可选的同步磁力计，向应用处理器或 MCU 传感器中枢上运行的 XKF3 引擎提供定位和速度增量（SDI 数据）。

## 特性

### 坐标系

XKF3 根据 FIS1100 提供的输入数据和配置文件输出针对局部地心地固坐标系的 3D 定位。坐标系定义为笛卡尔正交坐标系，其中一个坐标轴沿重力方向，如图 5 所示。

水平轴定义为使用局部磁场，纠正潜在偏差<sup>1</sup>。应用纠偏和不应用纠偏的区别在于后者显示针对局部（磁北）北的航向，而前者显示针对真北的航向。

<sup>1</sup> 如果不存在磁力计，水平轴定义为与垂直轴正交的轴，自零点开始。

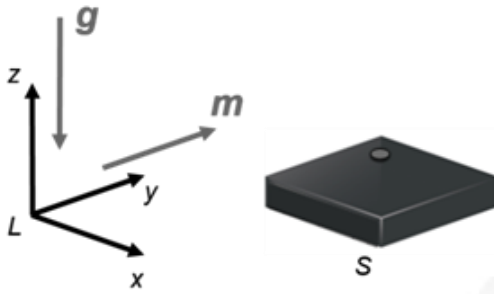


图 5. 局部坐标系 (L)，以及由重力定义的垂直轴 (g)。由磁场 (m) 定义的水平轴。FIS1100 的定位由引脚 1 标识，在 FIS1100 传感器 (S) 中用灰点表示。

### 基本原则

在某个场景下，经过良好校正的 IMU 在环境中保持静止，而环境四周没有邻近的铁磁材料，3D 定位可以直接通过加速计和磁力计中的信号计算，这非常类似于使用水准仪和罗盘针。然而，当传感器旋转或四处运动时，只有加速计和磁力计就不够了。为了准确跟踪 3D 定位，使用陀螺仪就非常有必要。综合来自不同信息源的信息的过程称为传感器融合，由 XKF3 实现，XKF3 非比寻常，将在下面明确介绍。

如图 6 中的原理图所示，XKF3 使用的信号本质上互补的。重力和磁力分量长期提供稳定性信息，而经过 AttitudeEngine 预处理的陀螺仪和加速计提供高带宽、响应性运动信号。通过 AttitudeEngine 连续融合惯性感应信号，能够捕捉到准确的、高带宽、高分辨率的短期运动。然而，固有的融合漂移不可避免地随时间增加。这种漂移可通过应用一些精心挑选、精确规划的动力学和传感器特性假设进行稳定，从而提供实时 3D 定位，同时传感器也被校正。

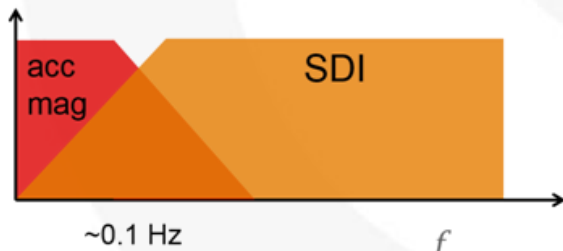


图 6. XKF3 中所用信号的互补本质 水平轴显示每个信息源适合的频率。AttitudeEngine 提供的 SDI 数据是短期的理想数据，基于重力和磁力分量的模型提供长期的稳定性。

### 跟踪回路

FIS1100 提供的传感器数据和上一段讨论的原理在扩展卡尔曼滤波（贝叶斯定理）框架中得到结合，原理图如图 7 所示。AttitudeEngine 提供定位和速度增量，被 XKF3 用来预测定位以及与传感器和环境相关的几个变量。XKF3 中使用的模型提供足够的信息，不但可以稳定定位，还能将任何捷联式积分误差的原因追溯到传感器的校正参数。视情况选择校正参数，发回到 FIS1100，用于纠正芯片上的测得传感器信号。

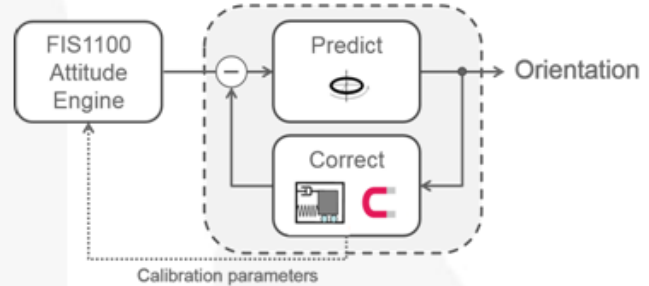


图 7. XKF3 的两步跟踪回路包括预测和纠正步骤。

### 连续传感器自动校正

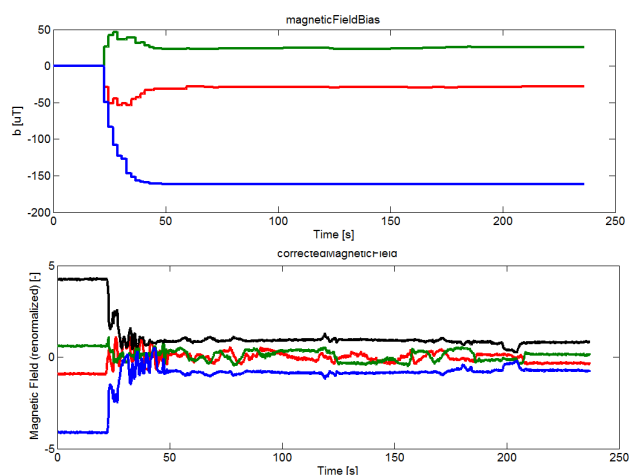
连续传感器自动校正对于 9D 传感器融合而言是一个至关重要的特性，因为该特性使得用户对运动感应的准确度、一致性、鲁棒性和流动性有良好的体验。自动校正很有必要，因为不管实际的物理刺激如何，传感器都表现出随时间改变输出的基本（随机）过程。原因很多（温度、机械应力、振动、老化等）也很复杂，但结果基本上是校正参数随时间出现的微小变化，需要自动校正。

XKF3 校正最重要的传感器误差，对用户而言是自动且透明的，无需中断用户的工作。

一个最重要的任务是充分利用 3D 磁力计数据。由于器件自身的磁化、由于附近元件或扬声器中的不断变化的电流，以及由于器件自身物理性状的变化（翻盖式手机、滑盖手机、笔记本盖子打开/关闭、机器人夹持器等），传感器的磁化“环境”不断变化。

为了提供最佳的用户体验，重要的是 XKF3 自动校正这些效应，统称为软硬铁效应。XKF3 具有零用户互动磁力计校正，该特性在正常使用中持续运行。算法确保无需用户中断，从而确保流畅的用户体验、高准确度和一致的性能。图 8 显示 XKF3 中磁力计自动校正性能的一个实例。





**图 8. XKF3 磁力计自动校正算法的输出和纠正磁场。**在上面的图中，包括适度旋转在内的典型运动的估计磁场偏置大约自 25 s 开始。下面的图显示施加跟踪偏置后的纠正磁场图。

### 用户场景

3D 定位跟踪主要有两个用户场景：

1. 导航：针对北向基准坐标系跟踪设备 3D 定位，用于导航、绘图、增强实境等。
2. GAME\_UI：不以北向为基准跟踪设备 3D 定位，用于游戏、UI、摄像机稳定等。

GAME\_UI 和导航场景在大多数方面都相似，但它们计算航向（偏航）的方式不同。两者都使用磁场模型，将短期磁变描述为对地磁场上部时空干扰的综合，从而计算航向测量。这就是说磁场作为位置（如向磁场畸变源方向移动）和/或时间（随设备运动的磁场畸变源）的函数变化。这些模型允许 XKF3 在严重磁场畸变情况下遵循航向，并且自动校正陀螺仪偏置和其他参数。导航场景的目的是在可能的情况下跟踪真北。如果在启动或各种磁场畸变时，XKF3 中出现非初始化磁力计自动校正，只要陀螺融合允许，捷联式积分就会保持跟踪方案稳定。然而，如果磁场无法使用更长时间，跟踪解决方案就会根据当前的局部磁场汇聚为一个解决方案。只要以一定的精度再次观测到磁北，航向估计就会尽快汇聚到真北。

GAME\_UI 场景目的是生成具有非常低航向漂移的 3D 跟踪解决方案，从而提供顺畅的航向输出、避免导航场景中可能出现的快速航向调整。完全能够抵抗磁场畸变。该用户场景在没有磁力计输入时也有效，但如果有磁力计数据，准确度会提高。根据设计，航向会表现出缓慢但较长时间的漂移，但是该漂移比通过简单的陀螺仪融合获得的漂移要小得多。如果有，可以通过局部磁场方向初始化航向。

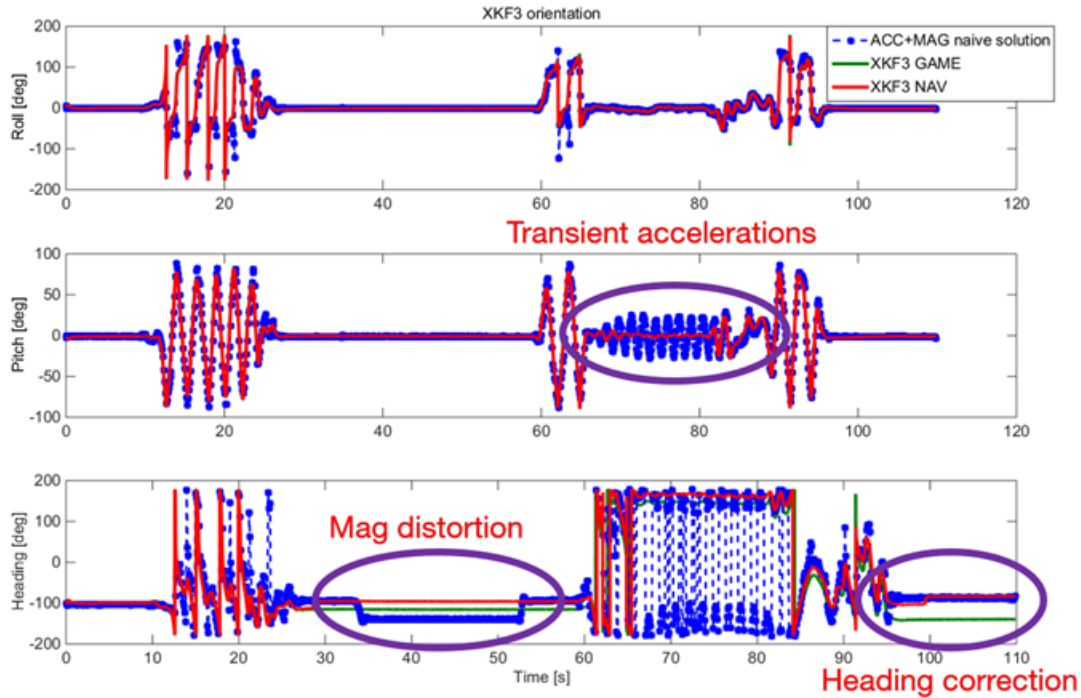


图 9. 导航和 GAME\_UI 场景中估计 XKF3 定位的实例，包含瞬态加速度和磁场畸变试验。

### 输出表示

XKF3 输出一个四元数，表达出针对局部坐标的传感器定位。定位表示为归一化单位四元数  $q = [W \ X \ Y \ Z]$ ，其中  $W$  是指实部，而  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  是虚部。为了方便说明，通常将四元数转换为欧拉角，用于显示传感器 3D 定位。

欧拉角通过特定顺序的三个连续旋转描述刚体的旋转。所用的欧拉角是“俯仰、滚转和偏航”。欧拉角旋转顺序遵循航空公约（Z-Y'-X''顺序），实现从局部标准坐标系  $L$  到传感器坐标系  $S$  的旋转。

### 性能

将俯仰和滚转估计到一般用户“看起来”准确的程度相对容易。当不再有运动时快速汇聚到加速计估计垂直方向，临时用户会感觉“看起来相当准确”（不管怎样看到移动的屏幕是很难的）。因此，不同算法之间的俯仰和滚转准确度区别只有在动态情况下使用标准传感器仔细查看才能发现。对于一般用户，动态过程中俯仰和滚转较高的准确度就会转化为“看起来就是固定的，没有漂浮”的用户体验。

精确的俯仰和滚转准确度并不总是对所有应用都很重要。然而，当估计 3D 速度和位置（如对于 PDR）或其他高级功能如与压力传感器（气压计）或 GPS 融合时，就变得至关重要。在任何情况下都需要减掉正确方向上的重力，因此俯仰/滚转精度就至关重要。尤其是当存在瞬态加速度且加速计测得的低频分量不再只是重力，还包括因转换或旋转产生的明显线性或向心加速度时，倾斜（俯仰/滚转）误差很容易浮现出来。XKF3 的设计支持处理三种误差，并且被证实能够处理瞬时加速度和输出准确的滚转和俯仰。

让一般用户“看起来和感觉”准确和一致的估计航向（又称偏航）更具挑战性。首先，提供标准方向的地磁场通常（很大程度上）因为建筑物（钢结构、钢筋混凝土）、家居、交通工具、周围的电子设备和“移动”电子设备自身中的常见材料而发生畸变。算法必须高效处理所有这些误差来源。其次，当导航通过一个包含所有这些畸变的建筑物时，用户就依赖提供的航向估计，能够轻松地连续监控输出。

仅通过陀螺仪、加速计和磁力计获取的航向准确度有很多基本局限性。考虑到输入数据和基本局限性，XKF3 提供最准确的航向估计。这点通过 AttitudeEngine 的使用得到进一步加强，AttitudeEngine 支持极其准确的航位推算，（必要时）可在更长的时间依赖航位推算，尤其是因为传感器误差还在后台自动校正。除此之外，XKF3 还利用多年的实践应用知识，为用户呈现与应用匹配的一致航向输出，这在更接近基本局限性的困难情况下尤为重要，基本局限性可通过输入信号计算。

例如，图 9 显示导航和 GAME\_UI 场景中的 XKF3 定位，包含瞬时加速度和磁场畸变试验，用椭圆形表示。从图 9 中可以很明显看出两个场景中的 XKF3 定位都能够抵抗瞬时加速度（俯仰角、中间图）和磁场畸变（航向角、下面图）。试验结束时，可以看出导航场景对估计航向进行了纠正，而 GAME\_UI 场景继续进行航位推算，从而提供顺畅的输出，代价是进行不必要的北向跟踪。应该注意到导航场景在试验中通过跳跃进行纠正，这个事实是由设计决定的。

## 资源

如前所述，算法分割为运行在 FIS1100 的高速率部分 (AttitudeEngine) 和运行在微控制器或应用处理器上的低速率部分 (XKF3 引擎)。XKF3 以非常低的速率执行状态跟踪，因此能够跟踪相对较大数量的状态，实现众多校正参数的最优统计跟踪，同时不会需要更多的系统资源，如图 10 所示。从图 10 可以清楚地看出，对于一般的 IMU，处理器负荷在 ODR 较高时显著增大。同时，滤波性能在 ODR 较低时显著降低（用红色表示）。相反，使用通过 FIS1100 中 AttitudeEngine 加速的 XKF3 硬件时，处理器负荷在 ODR 较高时不会发生变化。同时，滤波性能在 XKF3 的 ODR 为任何值时都是一样的（用绿色表示）。

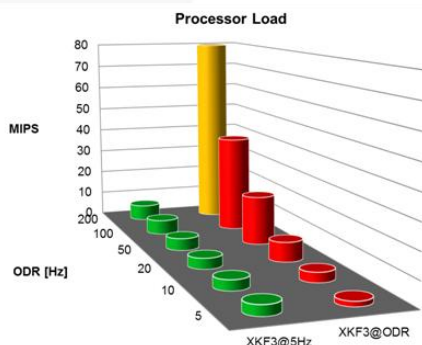


图 10. 结合使用 FIS1100 AttitudeEngine，运行频率为 5 Hz 且为不同 ODR 函数的 XKF3 的估计处理器负荷（一般 MIPS），对比基于 ODR 校正数据进行 XKF3 计算的一般 IMU 方法（没有 AttitudeEngine 硬件加速）。

由于 XKF3 基于扩展卡尔曼滤波理论，该算法是递归算法。这就是说代码大小和内存所需的资源很小，适合小型微控制器（通常是 ARM Cortex M 类）。

为了说明配备 AttitudeEngine 的 FIS1100 能够实现的节能，本小节介绍使用 FIS1100 与 XKF3 时的一些功率计算。对于以较高的速率提供校正数据的一般 IMU<sup>2</sup>，图 11 显示两种情况下的系统电流对比，一种是 XKF3 在专用微控制器 (MCU) 上实现，另一种是一般 IMU 的应用处理器以及配备有 AttitudeEngine 的 FIS1100。在所有情况下，XKF3 都以 32 Hz 的频率输出四元数。

对于左侧圆柱显示的例子，XKF3 的输入频率为 1 kHz，对应使用 AttitudeEngine 时 FIS1100 的采样速率。这种情况下，Cortex M4F 的功耗大约是 13 mA。相同情况下，使用体积庞大且功能强大的应用处理器及 HLOS 的功耗接近 100 mA<sup>3</sup>。

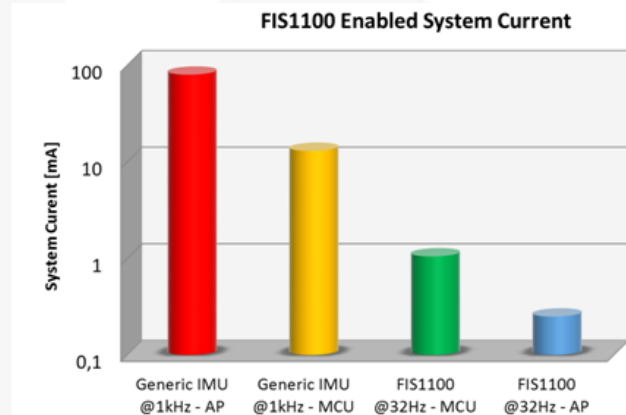


图 11. 系统电流概览，左侧为应用处理器和 MCU 上的一般 IMU（原始模式的 FIS1100）及 XKF3，右侧是 MCU 及应用处理器上配备有 AttitudeEngine 的 FIS1100。

<sup>2</sup> FIS1100 确实也会提供这样一种模式（“典型”模式），在这种模式下，加速计和陀螺仪数据流被直接传输至处理器。参考 FIS1100 数据表，查看更多详细信息 [13]。

<sup>3</sup> 应用处理器的功耗只是参考性的，并不是基于实际测量。在这种情况下，大部分功耗是由处理中断和 HLOS 中的上下文切换产生的，而不是由计算产生的。

对比而言，在使用 FIS1100 及 AttitudeEngine 时，获得的电流要低得多，如图 11 中右侧的两个圆柱所示。在 Cortex M4F 上以 32 Hz 的频率运行 XKF3 时，功耗会显著降低至仅 1 mA，同时准确度不会受到影响。与上面介绍的以 1 kHz 的频率传输校正数据的一般 IMU 情况相比较，功率节省超过 10 倍。两种情况下的定位性能相同。在使用应用处理器时，运行 HLOS 及 FIS1100 的功耗降低地更多，如图 11 所示。假设应用处理器的唤醒周期没有变化，因此只有动态处理器功率。

## 结论

本文介绍了 XKF3 9D 传感器融合算法。该算法能够针对地心地固坐标系以最优的方式估计 3D 定位。该算法基于扩展卡尔曼滤波理论，融合 FIS1100 AttitudeEngine 提供的 3D 惯性传感器数据（定位和速度增量）和可选的 3D 磁力计数据。

XKF3 能够自动校正最重要的传感器误差，不需要任何用户互动。该算法成功处理了对性能有不利影响（若不引起合理的重视）的普遍发生的畸变，比如瞬态加速度或磁场畸变，非均一性以及软硬铁效应。

XKF3 主要为用户提供两种可同时并行发生的场景。即，与标准导航场景垂直的真北/局部北，是导航/VR 应用的理想选择，以及与标准 GAME\_UI 场景垂直的真北/局部北，是游戏/UI/OIS 应用的理想选择。

在 Cortex M4F 上，XKF3 以及 FIS1100 AttitudeEngine 的整体功耗低至 1 mA 或更少。包括获取数据、处理数据和生成输出。与基于一般 IMU 的传统架构相比，节能超过一个数量级。低功耗、算法准确度不会降低，并且 FIS1100 支持灵活的架构，这些都方便集成和开发需要高准确度的 3D 运动跟踪的应用。



## 参考文献

- [1] G Bellusci, R Zandbergen, M Ashkar, P Slycke, [AN-5083 – 用于高精度跟踪应用的低功耗运动协处理器](#), Fairchild 应用指南, 2015。
- [2] JD Hol, “惯性传感器、图像、超宽频和 GPS 的传感器融合和校正”, 博士论文, 林雪平大学, 2011 年。
- [3] HJ Luinge, “人体运动的惯性感应”, 博士论文, 屯特大学, 2002 年。
- [4] D Roetenberg, “人体运动的惯性和磁感应”, 博士论文, 屯特大学, 2006 年。
- [5] HM Schepers, “人体运动学和动力学的非固定评估”, 博士论文, 屯特大学, 2009 年。
- [6] M Tanigawa, HJ Luinge, L Schipper, PJ Slycke, “使用 MEMS 压力传感器辅助 MEMS IMU 的无漂移动态高度传感器”, 第 5 届定位、导航和通信研讨会论文集, 191-196 页, 2008 年。
- [7] A Vydhyathan, HJ Luinge, M Tanigawa, F Dijkstra, MS Braasch, M Uijt de Haag, “用于多平台相对导航, 包含超宽频收发器的更低成本 GPS/INS”, 第 22 届卫星导航协会国际技术会议 (ION GNSS 2009) 论文集, 547–554 页, 2009 年。
- [8] M Zhang, A Vydhyathan, A Young, HJ Luinge, “在基于集成式 UWB/MEMS 的 IMU/Baro 系统中, 通过适当考虑非线性进行稳健的高度跟踪”, 位置测定和导航研讨会 (PLANS), 2012 IEEE/ION, 414–421 页, 2012 年。
- [9] Xsens Mti 白皮书, 可访问 <http://www.xsens.com/wp-content/uploads/2013/12/MTi-WhitePaper.pdf> 获取。
- [10] MTi-10 系列用户手册, 可访问 <https://www.xsens.com/manual-download-mti-10-series?pid=40> 获取。
- [11] MTi-100 系列用户手册, 可访问 <https://www.xsens.com/manual-download-mti-100-series?pid=296> 获取。
- [12] Xsens MVN 手册, 可访问 [https://www.xsens.com/wp-content/uploads/2013/12/Xsens-DM-MVN-2.0-brochure\\_D05112014.pdf](https://www.xsens.com/wp-content/uploads/2013/12/Xsens-DM-MVN-2.0-brochure_D05112014.pdf) 获取。
- [13] “FIS1100 6DOF 包含运动协处理器的惯性测量装置”, Fairchild 数据表, 2015 年。

索引词 — XKF3, AttitudeEngine, FIS1100, 传感器融合, 运动跟踪, 捷联组合 (SDI), 微机电系统 (MEMS), 惯性测量装置 (IMU), 加速计, 陀螺仪, 磁力计, 定位, 航位推算。

## 相关数据手册

[FIS1100 产品信息](#)

[FMT 产品信息。](#)

## 作者

*Martin Schepers, Henk Luinge, Giovanni Bellusci, Per Slycke*

### DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION, OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

### LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

ON Semiconductor and  are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at [www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf](http://www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf). ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

## PUBLICATION ORDERING INFORMATION

### LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA  
**Phone:** 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
**Fax:** 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
**Email:** [orderlit@onsemi.com](mailto:orderlit@onsemi.com)

**N. American Technical Support:** 800-282-9855 Toll Free  
USA/Canada

**Europe, Middle East and Africa Technical Support:**  
Phone: 421 33 790 2910

**Japan Customer Focus Center**  
Phone: 81-3-5817-1050

**ON Semiconductor Website:** [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)

**Order Literature:** <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local  
Sales Representative