

可记录运动者状态的衣服方案(上)

一采用 MEMS、DSP 及虚拟现实技术

MEMS, DSPs and Virtual Reality

Max Baron

摘要: 剖析了 Moven 和 ADI 展示的一件集惯性传感器、处理器以及无线通信模块于一身的衣服,这件衣服可记录穿着者的运动状态,并在电脑屏幕上实时显示出三维的运动图像。MEMS 传感器、DSP 乃至 SoC、软件在运动捕捉类应用上具有特殊的结构。

关键词: MEMS; DSP; 虚拟现实; 惯性传感器; 陀螺仪

系统级芯片(SoC)指的是处理器、内存和外围设备集成于同一芯片。它经常被误解为一个完整的系统。事实上,一个完整的系统必须通过物理传感器以及混合信号数据转换器等作为接口与外界相连。一个完整系统的软件负荷可被分配至多个彼此相连的资源。

在一个完整的系统中,SoC 仅仅是一个构件。Moven(Xsens 公司的子公司,总部在荷兰)和 ADI 在 2008 年的 CES 上展示了一个有趣的系统:一件集惯性传感器、处理器以及无线通信模块于一身的衣服。这件衣服可记录穿着者的运动状态,并在电脑屏幕上实时显示出三维的运动图像。

简单惯性传感器早已得到广泛应用。如汽车气囊(g-shock)、硬盘(用于防护自由跌落的零重力检测)、手机(零重力和菜单滚动)等。而应用于汽车短距离巡航及相机减振中的惯性传感器必须更快、更稳定和更准确。

在游戏开发者大会(GDC2008)之后,我们可以来快速的回顾一下由 MEMS(微机电系统)传感器技术实现的惯性传感器以及陀螺仪、DSP 或 PC 在位置 / 运动捕捉类应用上的

工作。同时,也简要介绍一下将位置采样数据插入成像 / 游戏环境所带来的软件方面的进展与结果。

本文将给出一个涉及多学科项目设计思路。需要注意的是,设计流程及相关的一些考虑是基于现有系统存在的问题,而非介绍 Moven 公司如何处理其工程中遇到的问题。

惯性传感器和一些典型的数学计算

初始化在起始位置的传感器,并将其输出储存,用作积分常数,程序员可以进行坐标变换,以将基于本地系 x_1, y_1, z_1 所得测量值置于基准球坐标系 x, y, z 坐标中。实现该任务的一种简单方法为采用本地旋转角速度及本地加速度将加速度,增量 x_1, y_1, z_1 投影到基准坐标系的 x, y, z 轴。采样的时间间隔证明使用的是增量集合而不是其导数或积分。

假定一种简化算法,其感应及计算步骤为:

- 通过对运动系中角度旋转速率及加速度采样,得到旋转速率 $\{\Delta\omega_x, \Delta\omega_y, \Delta\omega_z\}$ 及加速度 $\Delta A_1 = \{\Delta a_{x1}, \Delta a_{y1}, \Delta a_{z1}\}$;

- 将 $\{\Delta\omega_x, \Delta\omega_y, \Delta\omega_z\}$ 乘以时间增量,得到计算实际角所需角度增量 $\{\Delta\phi_x, \Delta\phi_y, \Delta\phi_z\}$;

- 将向量 $\{\Delta a_{x1}, \Delta a_{y1}, \Delta a_{z1}\}$ 与描述绕 x, y 和 z 轴旋转的矩阵相乘以得到加速分量 $\Delta A = \{\Delta a_x, \Delta a_y, \Delta a_z\}$, 变换为基准坐标系;

- $\Delta A = \Delta A_1 \times R_x \times R_y \times R_z$, 其中

$$R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\phi_x & -\sin\phi_x \\ 0 & \sin\phi_x & \cos\phi_x \end{bmatrix}, R_y = \begin{bmatrix} \cos\phi_y & 0 & \sin\phi_y \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\phi_y & 0 & \cos\phi_y \end{bmatrix}, R_z = \begin{bmatrix} \cos\phi_z & -\sin\phi_z & 0 \\ \sin\phi_z & \cos\phi_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

- 通过将加速度增量变换为基准坐标系,我们可以将 ΔA 积分以得到作为积分常数的速度 x, y, z 分量,并将其作为先前 V_x, V_y 和 V_z 的积分常量;

- 该基准坐标系中物体的新位置可通过采用 x, y, z 做为积分常量的二次积分进行计算。

需要注意的是,除三角函数外,上述所有操作均为乘法和加法。假定运动的物体类似于长方形,其时间积分可通过累乘与累加实

现,从而达到不断刷新速度和距离的目的。此部分工作任务可由DSP完成,也可将采样数据传递至PC进行处理。

许多附加计算没有具体的描述,如地球重力、离心力和传感器随时间的漂移,噪声衰减以及温度和电压效应等等。据Moven称,重力是影响加速度计读数的关键分量。因此重力必须通过计算除去,这也是实际设计中的一个主要挑战。为了成功除去重力的影响,必须确切地知道空间中本地坐标系的方向。 1° 这样一个看似不大的误差都会导致 0.17m/s^2 的加速度误差。此外,没有提到的还有卡尔曼(Kalman)滤波器,该滤波器用于合并来自陀螺仪和加速度计等传感器的读数,从而实现物体位置与取向的最优估计。同时,我们也忽略了其它可能提高准确性的信息。其它所需的数据可以通过穿着服装的人体的肢体长度的定义以及固有的运动限制以生成。

ADI 加速度计和陀螺仪

笔者认为Moven的惯性运动捕捉服通过ADI的ADXL330加速度计和ADXRS300陀螺仪实现。ADXL330加速度计(见图1a)通常功率仅 0.3mW ,可以感应三个轴x, y, z的加速度。其量程为 $\pm 3\text{g}$,但可以承受 $10\,000\text{g}$ 冲击,因此还可用于其它非惯性运动捕捉应用。和许多其它的线性器件一样,其用于感应频率的带宽可通过内阻以及与其输出相连的电容调节来选择。加速读数范围 X_{OUT} 和 Y_{OUT} 均为 $0.5\sim 1600\text{Hz}$, Z_{OUT} 为 $0.5\sim 550\text{Hz}$ 。在一个必须在三个轴提供相等带宽的运动捕捉服中, 550Hz 为 $-3\text{g}\sim +3\text{g}$ 最快加速的可测量的上限。注意 550Hz 以下的带宽可以通过数字滤波器被选择(如果有的话),但除了寄生电阻,电容不需要电源。下限频率(0.5Hz)可能是由于过慢运动漂移的能力较差所致。

在线性系统中,斜率确定模拟值(如电压)在技术指标内变化的最快速度。换句话说,当最大加速度,即物体由不动(速度=0)

至加速度为 3g ,我们发现斜率 $=2 \times 1/2 \times f \times 3 \times \text{g}$,约为 10.4g/s 。该值和捕捉运动的所需数据可对运动捕捉服内置的传感器的数字采样率有影响。

ADXRS300陀螺仪可测量 $\pm 300^\circ/\text{s}$ 的角旋转速率,可承受至多 $2\,000\text{g}$ 的冲击(在跌落到硬表面时,能承受的冲击可能小于 2000g)。可响应需要高至 40Hz 典型带宽的旋转。ADI将其典型斜率定义为 $\pm 0.300^\circ/\text{ms}$ 。

Moven公司称其采用高量程的 5g 传感器,以及配置为满量程 $1\,200^\circ/\text{s}$ 的陀螺仪,以协助跟踪人体运动。其它公司产品可提供不同量程的传感器。

系统瓶颈: 来自处理器之外

系统性能经常受限于处理器以外的其它资源。系统所需实际性能必须由其用途决定,例如捕捉人体运动这样的应用。例如收集在花园

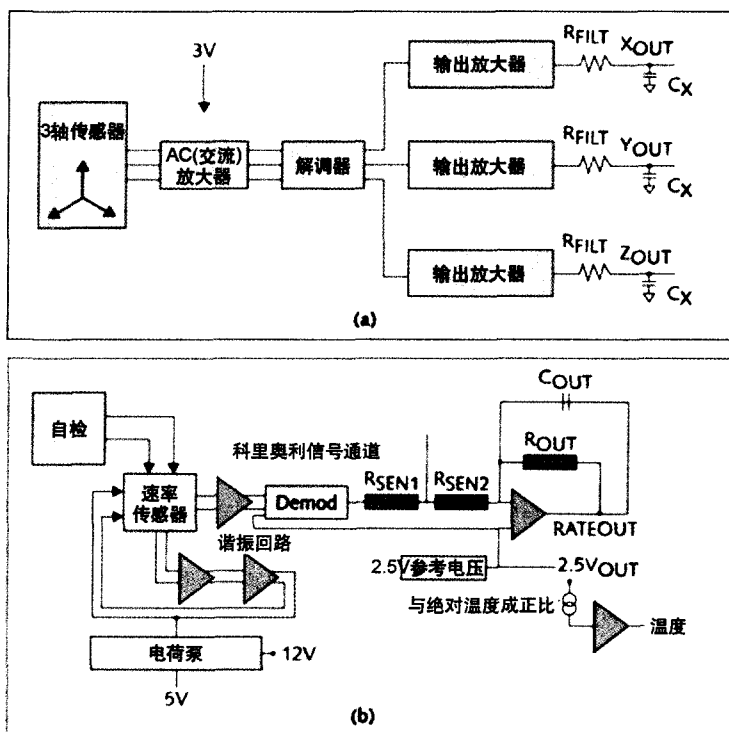


图1 ADI的加速度计(a)和陀螺仪(b)框图,显示了用于读取移动和固定电容板间电容耦合的AC法,以帮助MEMS测量加速度和旋转速率。注意陀螺仪的谐振器/谐振器通过反向放大回路实现。在图b中,谐振器和线路对于电压和温度敏感。A/D转换器的参考电压和后处理温度读数被输出,以减少错误

散步时的运动数据与收集高速激烈游戏时的运动数据对系统的要求会有很大区别。由于有些系统瓶颈可以通过分配数字处理任务克服,因此系统瓶颈必须在进程中尽早识别。这将直接影响到 SoC 架构及在其之上运行的软件。

由此,将加速度计和陀螺仪的感应能力与现实世界中各种高速运动作比较,将是一件十分有趣的事情。第一个例子来自美国职业棒球联盟中某投手的经典一掷。2001年8月22日的雷达测速结果告诉我们当时的球速为每小时100.8英里,即45.1m/s。我们假定只是投手手臂的弧线运动的切线速度导致了在释放时的球速为45.1m/s。进一步地,为简化计算,我们假定加速一掷,抬起时间为0秒。如果该投掷在稳定加速期间需要较长的0.2秒时间以达到该速度,我们得到加速度为 $45.1 \div 0.2 = 225.5 \text{ m/s}^2$, 即约23g($g = 9.8 \text{ m/s}^2$)。

我们得出结论:由于 $10.4 \text{ g/s} < 23 \text{ g/s}$, 在0.2秒中加速度计不能感应到这“传奇一掷”的加速度。注意这些数据反应了MEMS按g/s(克每秒)的测量能力,而非实际值在MKS(米-公斤-秒)单位中的误差。z轴将受到影响,但是带宽为1600Hz的x和y输出不会有影响。

考虑另一种只感应旋转的投掷。根据

Internet 记录,一个经过训练的平均臂长为0.588m的人的投掷,加速度为0.2秒,可达到平均速度为19.22m/s。切向速度与加速度计的感应能力非常接近,但是陀螺仪会遇到麻烦。假设在0.2秒与角速率 $360^\circ \div 0.2 = 1800^\circ/\text{s}$ 响应时的全旋转,我们发现其速率大于传感器可能测量的值: $300^\circ/\text{s} < 1800^\circ/\text{s}$ 。

没有提供5g加速度计传感器变化率(g/s),但是陀螺仪为 $1200^\circ/\text{s}$,仍低于 $1800^\circ/\text{s}$ 的要求。

注意,上述均为模拟输出,它们不会只降低为0或升到最高值。模拟设计人员可尝试通过数字处理来采用预置的温度和电压响应曲线来估计高加速度及旋转速率。☞(本文译自《微处理器报告》,莫怡欣译)

参考文献:

- [1] iMEMS accelerometers and gyroscopes, Blackfin DSP[R/OL]. <http://www.analog.com/>
- [2] Suit and downloads of software[R/OL]. <http://www.moven.com/>
- [3] Products based on inertial sensing[R/OL]. <http://www.xsens.com/>
- [4] General information[R/OL]. <http://www.smithmicro.com/>
- [5] Downloads, prices for Poser 7 and Anime 5.5 Pro[R/OL]. <http://www.graphics.smithmicro.com/>

风河: Linux 崛起, 实现两大操作系统互补

人们通常是通过VxWorks知道风河系统公司的,而5年之前风河又把Linux引入到其操作系统(OS)家庭中。5年后的2008年,风河Linux已经实现了5千万美元的销售额,成为嵌入式Linux的第一大厂商。为此,本刊访问了风河资深副总裁兼Linux产品部总经理Vincent Rerolle先生。

风河转向Linux的原因很简单:满足客户的需求。风河主要通过与合作伙伴协作进行开源软件和软件栈的开发,这些组织包括Google倡导的Android,基于Linux移动电话OS的LiMo, Intel和BMW支持的车载娱乐系统组织

GenIVI, Intel主导的MID(移动互联网设备)组织Moblin, Freescale支持的CGL(Carrier Grade Linux)。

VxWorks和风河Linux不是冲突的,而是相互补充的。对实时性和性能要求高的客户会选择VxWorks。Linux的生态系统好,能够从网上获得很多开源的软件,能使很多的软件开发商参与其中,因此多媒体(例如图像、视频)等应用会选择Linux。不过,有时客户不是单纯只选择一种OS,而是这两种OS在一个电子系统上并存。事实上,多种OS混合应用也正是多核软件最佳的用武之地之一,而成熟的商业级多核软件开发工具一直

是风河公司的传统优势。

金融风暴对商业平台供应商也是一个机遇。因为很多厂商会紧缩银根,停止开发自己的软件平台或者外包,转而购买商业产品。风河的优势是提供客户需要的所有产品,不仅有OS,还有多核和虚拟化技术/工具等,并且和一些硬件厂商有良好的合作关系。除此之外,风河的实力也较为雄厚,仅在中国就有约250名员工。☞(迎九)

Vincent Rerolle
风河资深副总裁
兼Linux产品部总经理