

远程监测长岛铁路高架道路结构健康



Figure 1 - 安装在LIRR 支撑梁上的设备

"在验证结构状态上，我们为客户带来了现代以太网驱动及基于网络连接，而在数据收集方面，我们能够享有坚固、可靠、低成本和可重复编程 CompactRIO 系统所带来的裨益。"

– Jim Campbell, Viewpoint Systems, Inc.

The Challenge:

在某些结构相对难以接近的情况下，连续监测长岛铁路高架道路的结构健康。

The Solution:

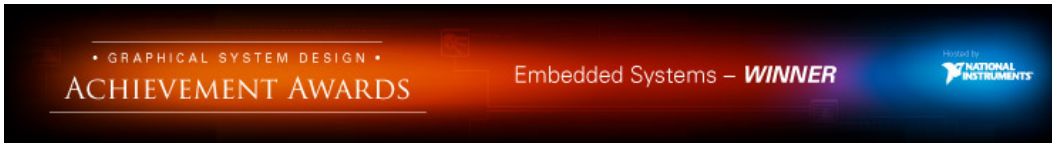
使用 CompactRIO、LabVIEW FPGA 和 LabVIEW 数字滤波器设计工具包来测量环境激励产生的振动数据的模式分析，远程捕捉数据并分析重要事件。

Author (s):

Jim Campbell - Viewpoint Systems, Inc.

Brian Lander - Viewpoint Systems, Inc.

Dan Fridline - STRAAM Corporation



背景

工程师使用结构振动来评估许多建筑和机器的状况，包括建筑物、桥梁、水坝、高塔、起重机和托架。尽管多年来我们已经都使用了一定工具来监控结构振动，但是这些工具所收集到的数据不是保真度高却持续时间短的波形，就是持续时间长却在频段上有功率失真的测量结果。许多结构只有在环境力量，例如风、车辆活动，附近的建筑，或者如地震和龙卷风存在等随机事件的情况下发生振动才有意义。因此，数据采集在这些情况下都必须保持活跃。

得益于存储容量、处理器速度和宽带无线通信技术上的最新进展，我们可以长期采集高保真波形。我们还可以与汇聚了多个数据采集点的结构振动数据的主机进行通讯，从而提供永久的数据收集以及高级分析和报告功能。

结构完整性评估的领导者 STRAAM 公司和作为 Select National Instruments Alliance Partner 的 Viewpoint Systems，合作开发了可在室外和其他较难接近的地方上运作的系统，它同时还保持了可用的基于 PC 的解决方案的能力。最终，我们生产出了 STRAAM SKG CMS™ 系统的增强版本，安装在长岛铁路桥上。

系统要求

系统需要执行下列运作：

- 从加速度计以及其他环境传感器上收集数据
- 以完全采样率在本地存储数周的数据
- 实时分析自定义数据
- 定期将统计数据发布至主机
- 按要求将波形上传至主机
- 提供坚固、重量轻、高性价比以及可靠的 OEM 部署
- 涵盖灵活的架构来应对未来的挑战
- 确保安全的用户访问控制

系统设计

我们选择了一个基于 NI CompactRIO 平台和动态信号采集 (DSA) C 系列模块的系统。CompactRIO 和相关 C 系列信号调理模块的工作温度范围为 -40 至 70°C，是大多数安装地点的典型环境极值。此外，CompactRIO 控制器没有移动部件，增加了发生故障的平均间隔时间，并确保它可以承受在运输和安装过程中的物理操作不当。在软件方面，我们决定采用 NI LabVIEW Real-Time 模块和 LabVIEW FPGA 模块。考虑到基本信号的采集，以及一些自定义抗混叠滤波允许低于动态信号模块 (DSA) 性能的采样率，我们采用了 LabVIEW FPGA。



图1-安装在 LIRR支撑梁上的 设备

数据采集与过滤

DSA模块通过由 STRAAM提供的 特殊传感器获取加速度信号，输出有关倾 斜和加速度的信息。由于大型结构在低频率产生共振，因此，这些传感器具有极低的噪声、高度的动态范围和低频响应十分重要，从而可在小于1 Hz 情况下收集有关结构的信息。低频率范围和长期数据存储的特点必须结合起来，以创造每秒200个样本(S/s)的最大的数据采集率。由于拥有delta-sigma转换技术，NI 9239的采样速度并不慢，因此我们基于可编程门阵列(FPGA)以2000 S/s 速度进行采样并使用低通数字滤波来产生速率为200S/s的抗混叠信号。通过抽取获得的简单二次抽样会违反Nyquist准则。我们使用LabVIEW数字滤波器设计工具包生成了28抽头的无限脉冲响应(IIR)滤波器，其3dB下降节点是采样率的0.8倍，阻带衰减大于90dB。数字滤波器设计工具包包括自动生成代码的工具，可将滤波器部署至FPGA。我们精心选择定点运算，以确保操作正确，从而避免过度使用FPGA资源。最终的滤波器是一个带4位尾数的24位定点数解决方案。

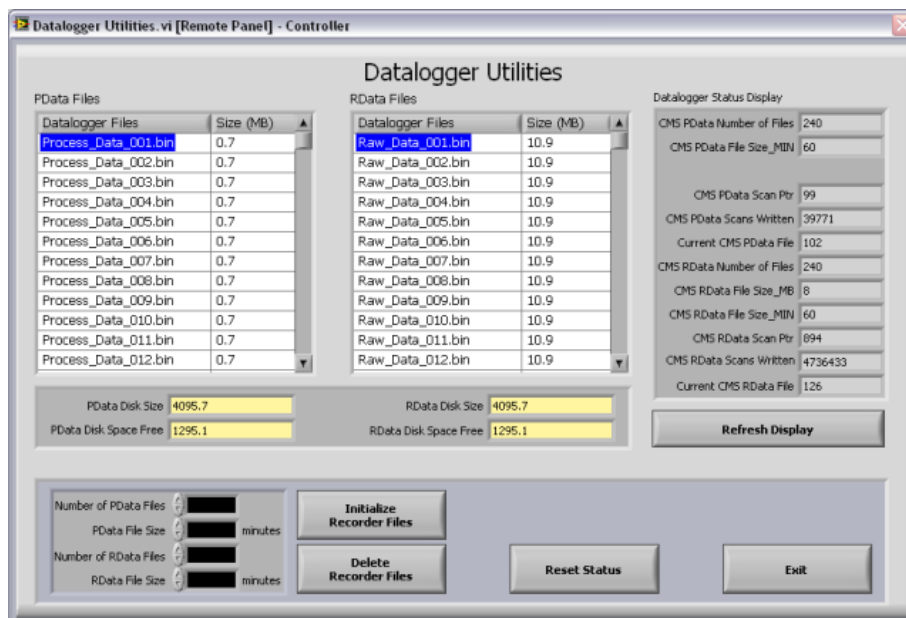


图2: 远程前面板 显示加速度波形捕获

配置、信号处理和警告

基于结构的共振频率，STRAAM采用专有的分析程序，从连续的加速度数据流中提取相关信息。由于环境能量能够激发结构变化，我们分析了一些初步的数据来定位共振。在初期阶段之后，我们配置 CompactRIO 来执行基于共振位置的专有分析。初始设置的所有活动都是通过远程无线通信进行的。我们通过无线方式连接到 CompactRIO，然后连接至最初获取和分配共振频带的 LabVIEW远程面板。

信号处理需要共振频带内的功率谱和时域波形结构。CompactRIO 处理器和FPGA模块可以基于快速傅里叶变换(FFT)计算功率谱，并进行时域滤波计算，因此我们可以在 STRAAM提供的复杂算法基础上进行计算。此外，CompactRIO 的大容量RAM可以存档原始加速波形以供日后检索。LabVIEW 开发环境大大简化了调整这些计算的步骤。我们进行更多的计算来辨别值得注意的事件，从而在重要状况发生时提醒工程师：这些状况可能意味着存在一个有意义的环境激励或结构已发生很大的变化。

主机通信

为了成功运作，该系统需要与主机进行有效地通讯。由于该系统部署的地方在几乎不可访问的地方和室外场所，因此所有的系统交互都需要进行远程操作。凭借蜂窝式调制解调器，系统通过TCP/IP上传重要信息、发布事件警报并允许远程配置。我们设计的LabVIEW应用程序，定期以自定义二进制信息方式将概要信息发送至主机，它包含结构状况及CompactRIO系统的信息。主机然后将信息与其他部署在该区域的SKG CMS™系统进行匹配。除了本概要信息，主机还可以从CompactRIO RAM获取原始波形数据。为了避免被篡改和未经授权的访问，我们的密码保护所有连接。

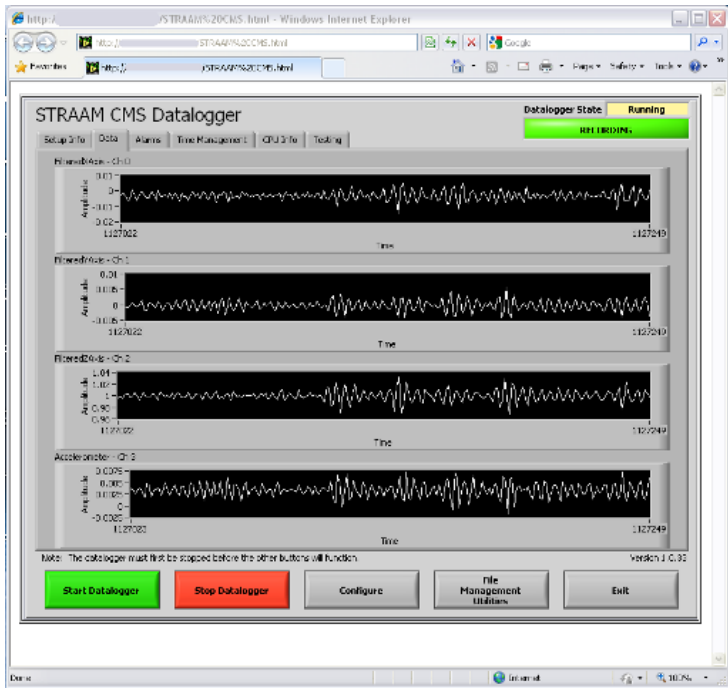


Figure 3 - 数据文件配置屏 幕

总结

我们已经成功地安装了几个基于 CompactRIO 平台的功能型 SKG CMS™ 系统。通过将些系统连接至主机，即便在恶劣的天气下，我们也可以监视持续的振动活动以及各种结构的警报条件。在验证结构状态上，我们的客户享有现代以太网驱动及基于网络连接带来的裨益，而在数据收集方面，我们能够享受坚固、可靠、低成本和可重复编程 CompactRIO 系统所带来的好处。

Author Information:
Jim Campbell
[Viewpoint Systems, Inc.](http://www.viewpointusa.com)
800 West Metro Park
Rochester, NY 14623
United States
Tel: 585 475 9555
jac@viewpointusa.com



Figure 1 - 安装在LIRR 支撑梁上的设备

Legal

This case study (this "case study") was developed by a National Instruments ("NI") customer. THIS CASE STUDY IS PROVIDED "AS IS" WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND AND SUBJECT TO CERTAIN RESTRICTIONS AS MORE SPECIFICALLY SET FORTH IN NI.COM'S TERMS OF USE (<http://ni.com/legal/termsofuse/unitedstates/us/>).