

Construyendo un Sistema SCADA con LabVIEW

Introducción

La implementación de un sistema distribuido de medición y control permite que los ingenieros optimicen el proceso que se ejecuta en cada máquina y sobre la red, creando un sistema de mayor rendimiento y más confiable. Los sistemas distribuidos pueden separarse en dos piezas: la infraestructura y los nodos.

Al diseñar un sistema, es importante comprender antes las necesidades a satisfacer: ¿Será necesario que el sistema haga tanto control como monitoreo?, ¿Qué procesos de negocios únicos necesitan integrarse al sistema, p.ej., una base de datos de compras o de seguimiento de calidad? La identificación inicial de los procesos es importante para diseñar la arquitectura del sistema. La elección de las herramientas adecuadas ayuda a que los ingenieros construyan características usadas comúnmente y provee la flexibilidad para incorporar procesos personalizados o equipamiento de terceros. LabVIEW, de National Instruments, es un entorno de desarrollo flexible que está diseñado para ayudar a que los ingenieros integren fácilmente muchos componentes distintos dentro de un sistema completo de monitoreo y control.

Definiendo la Infraestructura

Al considerar un sistema distribuido, es una buena idea observar primero todo el sistema. La infraestructura del sistema se halla en el nivel más alto y puede simplificarse a los servidores críticos y a la red. El software que corre en los servidores críticos debe manejar las transferencias de la red, datos, visualización de datos, alarmas, eventos y la seguridad. Una característica crucial de la infraestructura es que debe ser capaz de comunicarse con el resto del hardware mediante un protocolo común, tal como el TCP/IP. El software usado en cada máquina de la red debe soportar los mismos protocolos de comunicación. Además, los servidores críticos deben soportar diversos protocolos de comunicación de manera que puedan interfacearse con máquinas antiguas y de próxima generación en el sistema. Al seleccionar un software, tal como LabVIEW, que soporta numerosos protocolos estándar de la industria, es crucial reducir el tiempo de desarrollo para cada máquina de la red e integrar dispositivos en red con los servidores críticos.

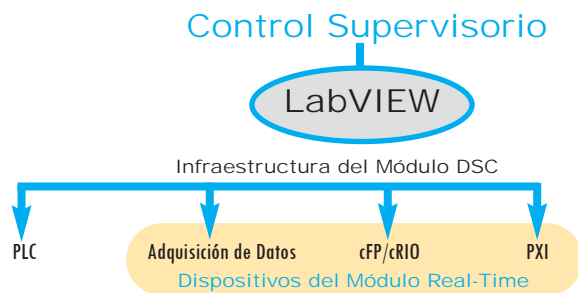


Figura 1. Diagrama de un Sistema Distribuido

Red

A medida que un sistema de adquisición de datos crece, éstos pueden almacenarse en múltiples computadores y ser monitoreados centralmente o bien pueden almacenarse en un solo servidor central. El desafío más difícil es comunicarse con datos en vivo. A fin de hacer eso fácilmente, las herramientas de software deben integrarse con la tecnología nati-

va de red del sistema operativo y hacerlo lo más transparente posible. Las herramientas de red deberían diseñarse para maximizar la transferencia de datos y deberían ser estables y confiables cuando se producen interrupciones en la red. El *OLE for Process Control (OPC)* es una interface industrial normalizada mediante la cual el software y el hardware pueden comunicarse independientemente del fabricante. LabVIEW provee soporte para OPC a través del Módulo *LabVIEW Datalogging and Supervisory Control (DSC)*, aunque el OPC puede no operar al rendimiento requerido para altas velocidades; en este caso el Módulo DSC también incluye un protocolo propio para optimizar el rendimiento.

Manejo de Datos

Los servidores críticos también deberían poder hacer registro de datos, que es el proceso de adquirir y almacenar datos en un archivo o base de datos. Cuanto más complicada sea una aplicación, más crítico se torna tener herramientas que hagan bien esta tarea. Pequeñas cantidades de datos pueden almacenarse fácilmente en archivos de texto o de base de datos, sin embargo, cantidades mayores de datos aprovechan mejor formatos más elaborados de almacenamiento de datos.

Existen muchas maneras diferentes de almacenar grandes conjuntos de datos, cada una con sus propias ventajas y desventajas. Los dos tipos primarios de base de datos utilizadas son las relacionales y las de escritura continua a disco (streaming). Las bases de datos relacionales son las más tradicionales y usadas a menudo en aplicaciones comerciales. Si bien son extremadamente flexibles, no son optimizadas en cuanto a espacio en disco y rendimiento. Las bases de datos de escritura continua a disco, por otro lado, están diseñadas para almacenar rápidamente grandes conjuntos de datos en disco. Sin embargo, el ingeniero no puede definir tables u otras estructuras por lo cual pierde alguna flexibilidad y capacidades de búsqueda.

Cuando se construye una base de datos, algunos de los desafíos más comunes son diseñar una estructura de archivos y datos fácil de usar y escalable. Sin las herramientas apropiadas los ingenieros pueden llegar a gastar horas diseñando y modificando sus estructuras de datos. El módulo DSC posee una base de datos de escritura continua diseñada para satisfacer las necesidades de las aplicaciones de medición y control. Al tener una estructura jerárquica y de datos definida, la base de datos provee una mejor utilización del espacio y rendimiento.

Visualización de Datos

El registro de datos en disco no es el único desafío que se enfrenta al diseñar sistemas distribuidos. Los ingenieros y operadores también necesitan visualizar los datos, ya sea durante la adquisición de las señales ya sea luego que se completó la adquisición. Existen dos maneras diferentes de ver los datos y la primera es visualizar los datos desde el servidor durante la adquisición, también conocida como datos en vivo. Los ingenieros necesitan observar los datos en vivo a fin de monitorear el estado de un sistema en ejecución.

Ver datos en vivo desde una sola máquina es una operación relativamente simple. Para monitorear datos en vivo los ingenieros pueden crear una interface de usuario, tal como un panel frontal de LabVIEW, y observarlos en un monitor local o embeberlos en una página Web usando la herramienta Remote Panels.

Ver datos en vivo desde múltiples máquinas es más difícil ya que cada máquina que visualiza datos debe estar ejecutando un cliente, cuyo trabajo es pedir los datos al ser requeridos. Es importante entender a qué tipo de servidor se estará conectando la aplicación y elegir el software que ayudará a facilitar la comunicación. Una de los servidores más poderosos es el OPC, por lo que encontrar un software con un servidor/cliente OPC incorporado puede ahorrar valioso tiempo de desarrollo.

La segunda manera es ver los datos luego de haber sido almacenados en un archivo, lo que se conoce también como visualización histórica. Estos datos se usan para análisis y presentaciones post-adquisición. Los desafíos asociados con esto son similares a los del registro de datos. Sin las herramientas correctas, los ingenieros deben conocer las estructuras de archivos y datos antes de analizarlos y visualizarlos. Nuevamente, elegir una herramienta de desarrollo de software que haga eso puede ahorrar tiempo.

El Módulo DSC está basado en las funciones de análisis y presentación de LabVIEW e incluye conectividad OPC y herramientas de visualización para lograr una fácil visión de datos en vivo e históricos desde múltiples máquinas.

Manejo de Alarmas y Eventos

Cuando se adquieren grandes cantidades de datos durante largos períodos, los ingenieros están usualmente menos interesados en el valor de cada dato y más interesados en las variaciones significativas de sus valores. Esas variaciones pueden monitorearse usando alarmas y eventos. Es importante que la historia de esas alarmas y eventos se conserve de modo que puedan ser analizadas con posterioridad. Las características cruciales requeridas para soportar alarmas incluyen la habilidad de generar una alarma, almacenarla con sus datos asociados y llamarla junto con toda la información relevante luego de la adquisición. Esta información relevante puede incluir cuándo se disparó la alarma, quién y en qué momento la visualizó. Con el Módulo DSC, los ingenieros pueden configurar y monitorear alarmas usando el asistente HMI, permitiéndoles focalizar en la causa de las alarmas en lugar de programar por sí mismos una infraestructura de alarmas.

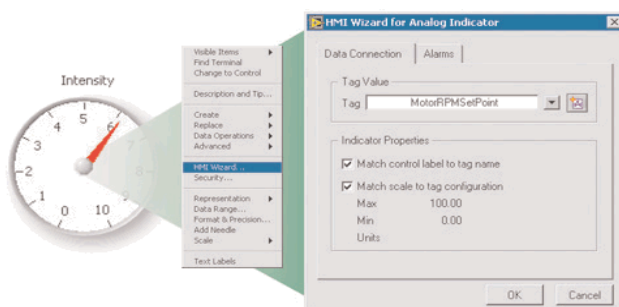


Figura 2. El Asistente HMI encapsula configuración de datos y programación gráfica.

Seguridad

En el manejo de datos sensibles a menudo surgen cuestiones de seguridad, como ser: ¿quién debería tener acceso a los datos y a qué partes?, o bien ¿cualquier debería ser capaz de modificar el archivo o la base de datos? Probablemente no. El desarrollo de código de seguridad puede tomar tiempo y ser tedioso. Definiendo al inicio las necesidades del sistema, los ingenieros pueden elegir las herramientas que le ayuden a hacerlo. El Módulo DSC permite a los ingenieros definir perfiles de usuario que limitan el acceso a diferentes

y específicos controles de la interface del usuario de la aplicación, así también como a secciones diferentes y sensibles de los datos.

Integración

Usualmente, la tarea más difícil y larga para construir un sistema es la integración de componentes dentro de una infraestructura existente o nueva. A fin de que la integración proceda lo más suavemente posible, es importante reunir los requerimientos al inicio del proceso y elegir herramientas de software que lo hagan más fácil; buscar herramientas que sean abiertas y flexibles es crucial para lograr ese objetivo. Las herramientas de software abierto usan protocolos industriales, tales como OPC y TCP/IP y trabajan con las de otros fabricantes para facilitar la integración al usuario final. Las herramientas de software flexibles proveen a los ingenieros la capacidad de agregar fácilmente diferentes componentes a la infraestructura del sistema.

Desde el inicio, LabVIEW ha sido desarrollado para trabajar con hardware de terceros. Posee una arquitectura subyacente de un lenguaje de programación tradicional, lo que permite a los ingenieros trabajar adecuadamente con E/S físicas, restricciones de tiempo real y configuración de hardware. Existe también una gran comunidad de usuarios que comparten ideas y recursos a fin de ayudar a los ingenieros a desarrollar sus programas.

Definiendo los Nodos

Como se puede ver, existen muchas tareas que requieren ser manejadas por los servidores críticos y, cuanto más se les exige, más poderosos deben ser los procesadores y más eficiente debe ser el código. En caso contrario, la computadora puede sobrecargarse fácilmente por esas diferentes aplicaciones y tareas. Aquí es donde el concepto de cálculo distribuido entra en escena. Descargando algunas de las tareas, tal como la adquisición de datos, análisis y control, a nivel de los nodos, los ingenieros pueden ser capaces de usar más eficientemente los recursos disponibles.

A nivel de los nodos del sistema se halla el hardware con tareas específicas, tal como el controlador de la cinta transportadora o un monitor de cierre de seguridad. En algunos componentes de software se puede incorporar inteligencia a nivel de las E/S. La rutina de control que se ejecuta en cada nodo puede tener un tiempo de respuesta más rápido ya que se eliminan las dependencias de la red. Además, descargar de los servidores críticos el procesamiento realizado en los nodos reduce el número de tareas que ellos deben ejecutar, liberándolos de monitorear un sistema más grande. Las ganancias en eficiencia de procesamiento son más evidentes cuando el sistema de control a nivel de nodos integra y analiza una variedad de E/S, tales como control de movimientos, adquisición de imágenes, adquisición de datos analógicos y transferencias de datos seriales.

Sistemas Operativos de Tiempo Real

Muchos sistemas de control a nivel de nodos se implementan con controladores dedicados usando tecnología tal como sistemas operativos de tiempo real. Esta plataforma es ideal para control de nodos dado que estos sistemas operativos ofrecen rendimiento determinístico, alta confiabilidad y operación autónoma. El determinismo es la cualidad de hacer que una tarea siempre se ejecute a un dado tiempo o dentro de un cierto intervalo. La ventaja de esto es



un alto nivel de precisión en el lazo de control. Los sistemas operativos de tiempo real son más confiables que otros sistemas operativos debido a que están dedicados sólo a una aplicación o proceso por vez. Con menores tareas que distraigan el sistema operativo, el sistema operativo de tiempo real experimentará una operación más robusta. Finalmente, estos objetivos dedicados pueden operar como sistemas autónomos o embebidos, lo cual ofrece la ventaja de no requerir un operador para interactuar siempre con el proceso.

Existen muchos diferentes sistemas operativos de tiempo real disponible hoy en el mercado. Al considerar cuál usar, los ingenieros deberían tener en cuenta cómo desarrollarán el código para correr en ese sistema. Una opción es usar un lenguaje tradicional basado en texto, lo cual involucra una curva de aprendizaje empinada y habilidades especiales para optimizar el código de control. Otra opción es usar **LabVIEW** y su **Módulo Real-Time**. Este módulo extiende el entorno de desarrollo **LabVIEW** proveyéndole la posibilidad de instalar y ejecutar aplicaciones en un objetivo de hardware dedicado que corre un sistema operativo de tiempo real. Las herramientas propias de LabVIEW para sistemas de medición y control proveen funcionalidad específica de software y hardware a las aplicaciones de tiempo real, tales como funciones de control PID y capacidades avanzadas de temporizado y sincronización. Mediante una aproximación única al desarrollo de aplicaciones de tiempo real, **LabVIEW** brinda una plataforma altamente productiva a los ingenieros para crear sistemas determinísticos y embebidos.

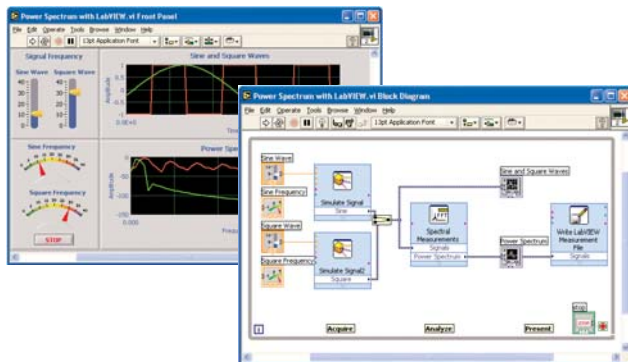


Figura 3. Entorno de Desarrollo Gráfico LabVIEW

Incorporación de Análisis al Monitoreo y Control

A fin de implementar control a nivel de E/S, los ingenieros deben poder incorporar funciones de análisis en el código de E/S. Incorporando estas funciones en el código de control los usuarios pueden extraer información valiosa de los datos, tomar decisiones sobre el proceso y obtener resultados. Desafortunadamente, la combinación del análisis con la adquisición y presentación de datos no es siempre un proceso directo. Los software de aplicación comerciales usualmente encaran un solo componente de la aplicación aunque rara vez toman en cuenta todos los aspectos. **LabVIEW** fue diseñado para atender los requerimientos de una solución del inicio al fin y totalmente integrada de modo tal que los ingenieros puedan integrar todas las fases de la aplicación en un solo entorno de manera continua.

LabVIEW provee bibliotecas poderosas de análisis, rutinas y algoritmos que van desde matemática básica al procesamiento avanzado de señales, el cual puede ser integrado con todas las otras funciones las cuales, junto con las poderosas capacidades de visualización, hacen de **LabVIEW** la herramienta ideal para cualquier aplicación.

Los ingenieros incorporan análisis dentro de sus aplicaciones y programas de diferentes maneras. Existen ciertas consideraciones que ayudan a determinar el modo en el cual debe realizarse el análisis. En los siguientes párrafos se describen las funciones de análisis en línea, fuera de línea y herramientas de análisis adicionales.

Análisis en Línea

El análisis en línea implica que los datos son analizados dentro de la misma aplicación donde son adquiridos, tal como el control de E/S. Se deben tomar decisiones de manera inmediata y los resultados tienen consecuencias directas sobre el proceso, típicamente mediante parámetros que necesitan cambiarse o acciones que deben realizarse. Cuando se trata del análisis en línea, es importante considerar el tiempo requerido y las rutinas de análisis particulares que son usadas con esos datos. Debe hallarse un balance adecuado puesto que las mismas podrían ser computacionalmente intensivas y tener un efecto adverso sobre el rendimiento de la aplicación. **LabVIEW** ofrece rutinas de análisis y matemáticas que trabajan de modo nativo junto con las funciones de adquisición de datos y capacidades de visualización, de modo tal que puedan ser integradas fácilmente en cualquier aplicación.

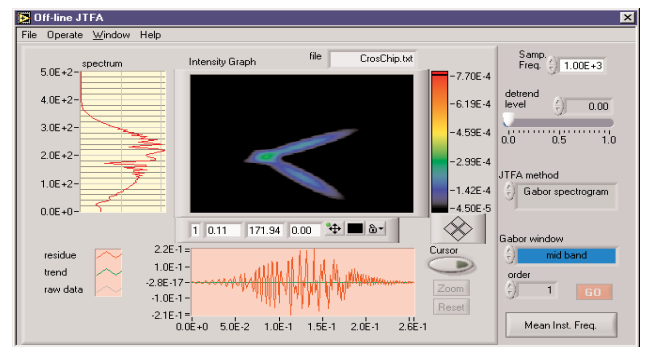


Figura 4. Análisis Espectral de Mediciones en LabVIEW

Cuando se trata de procesos de control donde hay adquisición de datos de alta velocidad, determinística y punto a punto, se necesita un tipo específico de análisis en línea: punto a punto. Cada vez que se dedican recursos a la adquisición de datos en tiempo real, el análisis punto a punto se hace necesario ya que las velocidades de adquisición y los lazos de control se incrementan en órdenes de magnitud. La aproximación del punto a punto simplifica el proceso de diseño, implementación y prueba puesto que el flujo de la aplicación alcanza plenamente el flujo natural del proceso real que la aplicación está monitoreando y controlando. El análisis punto a punto también es más liviano y estable puesto que se liga directamente dentro del proceso de adquisición y análisis.

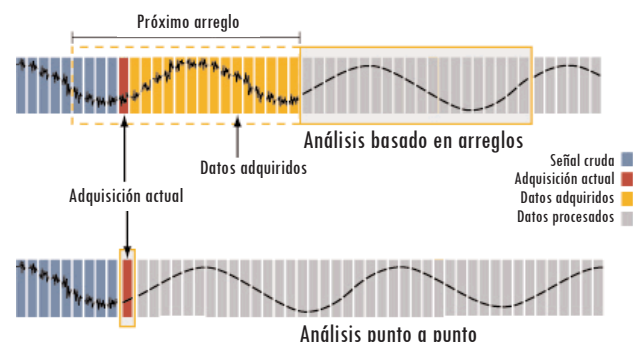


Figura 5. Análisis Punto a Punto en LabVIEW

Agregando estos poderosos algoritmos y rutinas dentro de sus aplicaciones, los ingenieros eliminan el trabajo de prueba y error y crean procesos inteligentes que pueden analizar resultados durante la ejecución, mejorando la eficiencia y correlacionando interactivamente las variables de entrada a los rendimientos de los experimentos o procesos. Este tipo de análisis permite que el proceso de adquisición y análisis se mueva más cerca al punto de control en controladores embebidos y CPUs dedicadas.

Análisis Fuera de Linea

Típicamente, las aplicaciones fuera de línea no tienen la demanda de obtener resultados en tiempo real para poder tomar decisiones sobre el proceso. Las aplicaciones de análisis fuera de línea sólo requieren que existan suficientes recursos computacionales. El principal objetivo de esas aplicaciones es identificar causa y efecto de variables que afectan un proceso correlacionando múltiples conjuntos de datos. Estas aplicaciones generalmente requieren importar datos desde archivos comunes, binarios o ASCII, y bases de datos comerciales, tales como la base de datos histórica del Módulo LabVIEW DSC, Oracle, Access y otras bases de datos compatibles con SQL/ODBC.

Una vez que los datos se importan a LabVIEW, los usuarios utilizan varios de los cientos de rutinas de análisis disponibles, manipulan los datos y los acomodan en un formato específico para hacer los informes. LabVIEW provee funciones para acceder a cualquier tipo de formato de archivo y base de datos, funcionalidad SQL para que los ingenieros se comuniquen con bases de datos comerciales a través del Database Connectivity Toolset y soporte para las últimas tecnologías de compartir datos, tales como XML, presentación de datos en la web y ActiveX.

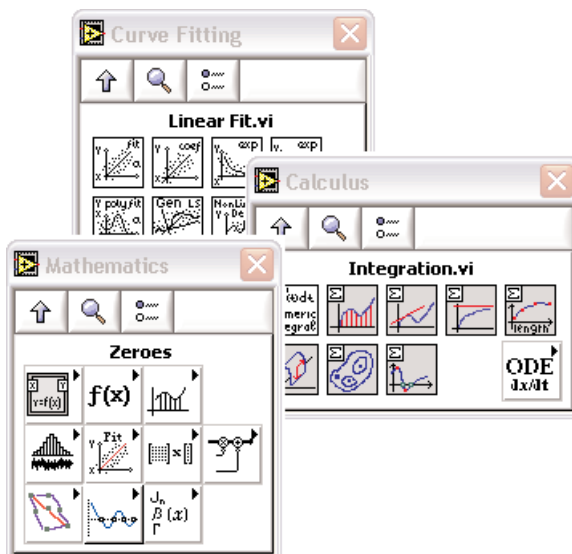


Figura 6. Rutinas matemáticas estándar de LabVIEW

Herramientas Adicionales de Análisis

Además de las bibliotecas de análisis de mediciones incorporadas, los ingenieros se basan en herramientas y módulos adicionales para reducir el tiempo de desarrollo de ciertos requerimientos de aplicaciones especializadas. Incorporando componentes de herramientas en aplicaciones personalizadas, los usuarios reducen la necesidad de poseer una experiencia particular asociada comúnmente con el desarrollo de aplicaciones más verticales, tales como el control PID, mediciones de vibraciones y procesamiento de imágenes.

Control PID

El módulo LabVIEW PID Control Toolset agrega elaborados algoritmos de control para controlar aplicaciones. Combinando las funciones de control PID y de lógica difusa de este módulo con las funciones de análisis de mediciones de LabVIEW, los usuarios pueden desarrollar rápidamente programas para control automático. Además, integrando estas herramientas de control con el hardware de adquisición de datos NI, los usuarios pueden crear sistemas de control poderosos y robustos.

Análisis de Sonido & Vibración

El módulo Sound and Vibration Toolset de LabVIEW provee las herramientas básicas requeridas para crear rápidamente aplicaciones personalizadas para el análisis de sonido y vibraciones. Se puede usar este módulo para extender LabVIEW con funciones y herramientas de visualización para manejar calibración, análisis de frecuencia, análisis de transitorios, mediciones de nivel de ruido y análisis fraccional de octavas.

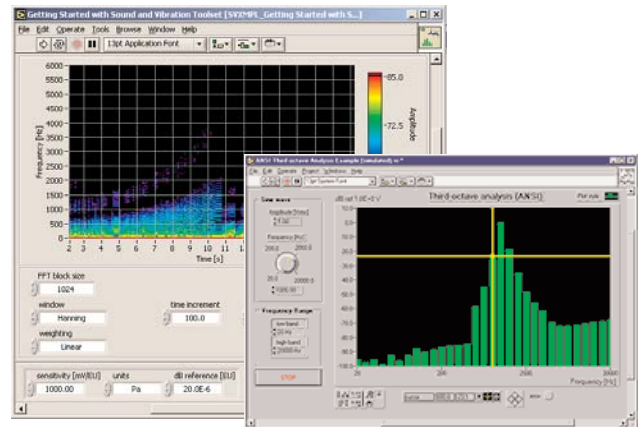


Figura 7. Gráficos de análisis sonido y vibración

Análisis de Orden

El análisis de orden se usa comúnmente en el monitoreo de condición de maquinarias y en maquinaria rotante o recíprocante. Con el análisis de orden los ingenieros obtienen más información que con las herramientas de análisis más simples, tales como la transformada Rápida de Fourier, mediante el análisis de las señales en los dominios del tiempo y la frecuencia simultáneamente. Esta funcionalidad está disponible en el módulo LabVIEW Order Analysis Toolset.

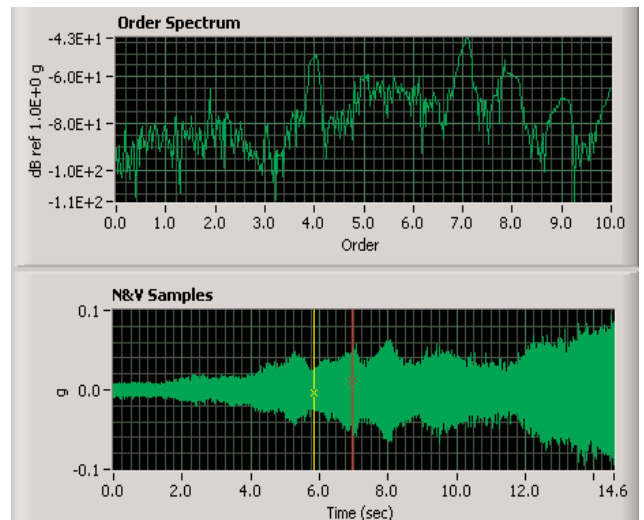


Figura 8. Gráficos de análisis de orden

Visión & Procesamiento de Imágenes

El módulo IMAQ Vision agrega visión de maquinarias de alto nivel y procesamiento de imágenes a LabVIEW. Los ingenieros pueden usar este módulo en maquinarias así como también en operaciones de automatización de fábricas que requieren sistemas de visión extremadamente confiables y de alta velocidad.



Figura 9. Medición de piezas con el módulo IMAQ Vision

Análisis de Post Adquisición y Generación de Informes

Luego de pensar en el diseño del sistema, la próxima cuestión es cómo se utilizarán los datos. ¿ Los ingenieros necesitarán extraer datos desde una base de datos central y crear un informe para compartir con colegas, administradores o clientes ? Si es éste el caso, entonces es importante elegir un software que se halle fuertemente integrado con el resto del sistema. Un ejemplo es DIAdem de National Instruments, que los ingenieros pueden usar para importar datos desde numerosas fuentes o bases de datos, analizar interactivamente grandes conjuntos de datos y crear fácilmente informes profesionales.

Con DIAdem los ingenieros pueden retirar fácilmente datos adquiridos por su aplicación en LabVIEW. Para elegir un archivo de datos y determinar la mejor manera de visualizarlo y presentar su contenido se usa un asistente, aunque esta tarea también puede hacerse programáticamente desde adentro de LabVIEW. Retirar datos desde múltiples archivos a la vez también es simple y los ingenieros pueden comparar rápidamente resultados y datos obtenidos por diferentes aplicaciones o diferentes ejecuciones de la misma aplicación.

A diferencia de los programas estándar de planillas de cálculo, los grandes conjuntos de datos no constituyen un problema para DIAdem. En realidad, DIAdem es capaz de manejar más de un billón de datos. Los ingenieros no sólo pueden fácilmente retirar datos desde la base de datos del Módulo DSC sino que también lo pueden hacer desde bases de datos SQL/ODBC y Microsoft ADO. DIAdem posee un mecanismo integrado con el cual los datos pueden guardarse fácilmente a y retirado desde esas bases de datos.

Una vez que los datos fueron adquiridos y analizados y obtenidos los resultados deseados, los ingenieros pueden compartir los resultados con colegas y clientes ya que DIAdem torna fácil esta tarea. Con DIAdem, los ingenieros pueden diseñar plantillas de informes reutilizables totalmente personalizadas. Cualquiera de los objetos del informe puede mostrar datos de los canales adquiridos o calculados. Una vez satisfecho con el diseño del informe, éste se puede almacenar para ser reutilizado o enviado a imprimir.

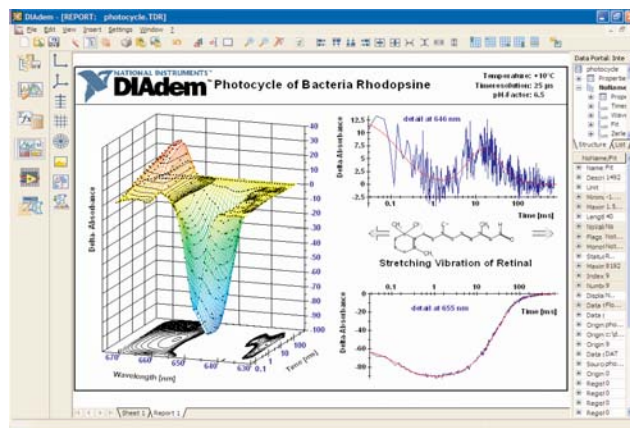


Figura 10. Informe realizado con DIAdem

Mantenimiento del Sistema y Actualizaciones

Por último, es extremadamente importante diseñar un sistema que sea fácilmente de escalar y mantener. Entre las varias cosas a considerar se incluye la minimización de diferencias entre el sistema actual y el nuevo tanto como sea posible, así como también la automatización de la mayoría de los pasos posibles. Algo que puede ayudar a los ingenieros a diseñar un sistema con mínimo mantenimiento es colaborar con los diferentes grupos responsables del mantenimiento al comienzo del proyecto y aprender de sus procesos y expectativas. Una manera de hacer eso es construir interfaces de usuario para procedimientos de mantenimiento y luego automatizarlas siempre que sea posible. Aunque trabajar con un equipo de gente diversa puede causar algunos requerimientos conflictivos, lidiar con ellos lo más tempranamente posible redundará en un mejor sistema.

Conclusión

Los sistemas distribuidos de monitoreo y control permiten que los ingenieros aprovechen la potencia de procesamiento de todos los recursos disponibles a fin de usar todo el sistema más eficientemente. Seleccionar herramientas abiertas y flexibles para la infraestructura del sistema permite que los ingenieros integren más fácilmente productos de muchos y diversos fabricantes. Seleccionando un sistema operativo de tiempo real y diseñando una aplicación embebida que incluya análisis ayudará a descargar algunos de los requerimientos computacionales de los servidores principales así como también permitirá proveer algoritmos de control más rápidos y elaborados a nivel de los nodos. El entorno LabVIEW de National Instruments, junto con los módulos DSC y Real-Time proveen a los ingenieros las herramientas que necesitan para alcanzar el éxito en el diseño, construcción e integración de sistemas distribuidos.