
Caso práctico: LoadSensing, producto de la empresa Worldsensing

PID_00251489

Màrius Montón Macián

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: 1 hora



Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño general y la cubierta, puede ser copiada, reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea éste eléctrico, químico, mecánico, óptico, grabación, fotocopia, o cualquier otro, sin la previa autorización escrita de los titulares del copyright.

Índice

Introducción	5
1. Los dispositivos LoadSensing	6
1.1. Nodo Analógico	7
1.2. Nodo Digital	8
1.3. Nodo VibratingWire	8
1.4. Nodo Inclinómetro	9
2. Arquitectura de los nodos	11
2.1. LecturaSensor	11
2.2. Radio	12
2.3. GestiónDatos	12
2.4. Configuración	12
3. Sistema de comunicación	13
Bibliografía	15

Introducción

LoadSensing es una familia de productos de la empresa Worldsensing. Esta familia está centrada, pero no limitada, en aplicaciones de geotecnia. Esta línea de productos empezó a comercializarse en 2013 y sigue siendo una parte principal del catálogo de productos de la compañía.

Worldsensing es una empresa catalana, fundada en Barcelona, en 2008 para el desarrollo de productos y servicios para las *smart cities*. Esta empresa se ha centrado en dos aspectos de las *smart cities*: monitorización de tráfico rodado en las ciudades y monitorización de infraestructuras urbanas.

Así, el caso que se va a detallar es la familia de productos para esta segunda línea de negocio (figura 1).

Geotecnia

Geotecnia es la ciencia que se encarga de estudiar las propiedades de los materiales provenientes del subsuelo para aplicarlas a las obras de ingeniería civil.

Figura 1. Familia de productos LoadSensing



1. Los dispositivos LoadSensing

La familia de productos LoadSensing se compone de diversos dispositivos o nodos. Cada uno de estos dispositivos está diseñado para leer y comunicarse con un conjunto de sensores distintos con el fin de cubrir todas las necesidades de una instalación de monitorización remota actual.

Así pues, los dispositivos actuales de la familia son los siguientes:

- Analógico: Este dispositivo puede leer sensores analógicos mediante distintas interfaces de este tipo. Así, puede leer entradas analógicas directamente (con tensiones de 0 a 10 Voltios), sensores resistivos mediante un puente de *wheatstone*, lazo de corriente de 4-20 mA, etc.
- Digital: Este producto tiene interfaces específicas para leer sensores digitales. En este caso lleva una interfaz MODBUS RTU RS485 y dos SDI-12.
- VibratingWire: Este dispositivo está diseñado para leer sensores de cuerda vibrante.
- Inclínómetro de alta sensibilidad: Este dispositivo proporciona lecturas muy precisas de la inclinación del poste, pivote o pilar al que está anclado. Esta información resulta crucial para saber el estado de grandes infraestructuras donde, por ejemplo, una pequeña variación en la inclinación de un soporte puede indicar una inestabilidad del terreno y, por tanto, un potencial peligro.

Todos estos dispositivos pueden leer unos sensores determinados a un ritmo preestablecido. Así, es posible obtener la lectura de un sensor cada 5 minutos, o cada hora o cada día según precise la aplicación o monitorización.

Los datos de los distintos dispositivos se envían a una *gateway* o concentrador. Este dispositivo central recibe los datos de todos los dispositivos en la red, agrega los datos y preanaliza y envía los datos importantes a un servidor central situado en el *cloud*. Una sola *gateway* puede recibir datos de centenares de dispositivos.

En caso de que la comunicación con la *gateway* se interrumpa, los nodos o dispositivos pueden almacenar internamente hasta 200.000 lecturas. Así, una vez restablecida la comunicación pueden recuperarse los datos que no se han podido transmitir. Además, un operario puede conectarse directamente al nodo y descargarse los datos almacenados de manera sencilla y rápida a través de un cable USB y un teléfono móvil tipo Android.

Los dispositivos están diseñados para ser usados en entornos complicados, y por tanto no precisan cables de comunicación o de alimentación. Por ello, van alimentados por baterías no recargables y una comunicación vía radio con la *gateway*. La vida útil de cada dispositivo depende del tipo de sensor que lleve conectado y de su ritmo de lectura. La empresa proporciona unas tablas aproximadas de la vida esperada del dispositivo según distintas configuraciones (ver tablas 1, 2, 3 y 4).

A continuación se detalla cada uno de los modelos de la familia LoadSensing.

1.1. Nodo Analógico

Este modelo tiene un *front-end* analógico para poder leer diversas *interfaces* de este tipo. El producto actualmente comercializado tiene cuatro canales independientes y cada uno puede ser configurado por separado.

Las opciones para cada uno de los canales son las siguientes:

- Voltaje: Entrada de voltaje de entre 0 y 10 V o entre 0 y 1.25 V*.
- Lazo de corriente: Esta entrada es capaz de leer un lazo de corriente de tipo 4-20 mA**.
- Puente de Wheatstone: En esta configuración se conecta un puente de Wheatstone*** para poder conectar un sensor tipo resistivo.
- Potenciómetro: Para conectar un sensor tipo potenciómetro a un canal.
- Termistor: Se puede configurar para leer directamente un termistor.
- PT100: Un canal es capaz también de leer un sensor de temperatura tipo PT100 (sensores que tienen una resistencia de 100 Ω a 0 °C).

Cada uno de los canales se configura con el tipo de sensor que leer y la cadencia de lectura, esto es, cada cuánto tiempo hay que leer el sensor. Según estos parámetros, la vida útil del dispositivo varía, como puede verse en la tabla 1.

Este nodo tiene una circuitería analógica compleja, que permite leer distintos tipos de entradas (de voltaje, de corriente, etc.), y mediante el microcontrolador se controla qué función hace cada canal.

* Véase el apartado «0-10 V» dentro del material titulado «Arquitectura: Componentes» para más detalles.

** Véase el apartado «4-20 mA» dentro del material titulado «Arquitectura: Componentes» para más detalles.

*** El puente de Wheatstone se detallará en el material «Acondicionamiento de señales de entrada» del PLA «Sensores y adquisición de datos».

Tabla 1. Estimación de la vida útil para el nodo Analógico

Canales y <i>sampling rate</i>	Vida estimada			
	4-20 mA	0-10	Puente Wheatstone	Potenciómetro
1 canal, 5 minutos	4 meses	5 meses	1,5 años	1,5 años
1 canal, 6 horas	>10 años	>10 años	8,5 años	>10 años
4 canales, 5 minutos	39 días	2 meses	1,5 meses	7 meses
4 canales, 6 horas	8 años	>10 años	8,5 años	>10 años

Elaboración propia a partir de [WorldSensing (2017)]

1.2. Nodo Digital

Este dispositivo está diseñado para poder controlar hasta tres buses de datos digitales. En este nodo, un canal es compatible con Modbus* y los otros dos son del tipo SDI-12.

* Véase el apartado «Modbus» dentro del material titulado «Arquitectura: Componentes» para más detalles.

Tanto Modbus como SDI-12 son buses de tipo serie y que permiten tener múltiples sensores conectados a un mismo dispositivo que los interroga (el nodo Digital).

Tabla 2. Estimación de la vida útil para el nodo Digital

Número de sensores	<i>Sampling rate</i>		
	3 minutos	30 minutos	6 horas
10	4 meses	2,5 años	>10 años
30	26 días	4 meses	5,2 años

Elaboración propia a partir de [WorldSensing (2017)]

Para este nodo, se configura qué canal y qué dispositivos de los que se encuentran en el bus hay que leer en cierta cadencia.

1.3. Nodo VibratingWire

Este nodo contiene la circuitería necesaria para leer sensores de tipo de cuerda vibrante o *vibrating wire* (figura 2).

Figura 2. Nodo de 5 canales de cuerda vibrante



Este tipo de sensores se excitan con una señal analógica que realiza un barrido de distintas frecuencias. Una vez excitado el sensor, este responde con una señal sinusoidal de una sola frecuencia. Esta frecuencia es proporcional a la magnitud física que mide el sensor.

Así, en este caso el dispositivo debe primero excitar el sensor para a continuación leer la señal que retorna el sensor.

Este proceso se realiza con una circuitería analógica especial, que adapta una salida digital del microcontrolador, que es quien controla el proceso. Una vez que la señal de excitación se ha generado y enviado al sensor, la circuitería adapta la señal de retorno y la devuelve al microcontrolador para que la reciba.

En este punto, el microcontrolador debe calcular con alta precisión (menos del 1 % de error) la frecuencia de la señal recibida. Esto se realiza con un control muy ajustado de un *timer* del microcontrolador para calcular los tiempos y así poder calcular la frecuencia de vibración.

Además, este nodo también lleva un sensor de presión atmosférica (barómetro). Esto se debe a que la respuesta en frecuencia de algunos sensores de cuerda vibrante pueden variar con la presión atmosférica. Por tanto, cada vez que se lee el sensor externo, se hace simultáneamente una lectura del barómetro para poder hacer dicha corrección.

Para este nodo, el usuario puede configurar el rango de la frecuencia de excitación, el tiempo de excitación y el tiempo de espera a leer la frecuencia de respuesta. Como en todos los dispositivos de la familia, también puede seleccionarse la cadencia de lectura.

Tabla 3. Estimación de la vida útil para el nodo VibratingWire

Número de canales	Sampling rate	
	5 minutos	30 minutos
1	3 años	7 años
5	1,5 años	4 años

Elaboración propia a partir de [WorldSensing (2017)]

1.4. Nodo Inclinómetro

Este nodo incluye un sensor interno para obtener su inclinación. Está preparado para proporcionar datos de dos ejes con una precisión muy alta, de menos de 0,01°.

Este nodo no tiene más funcionalidad que esta. De hecho, está diseñado para ser instalado de forma sencilla, de manera que solamente sea necesario fijarlo a la estructura que queremos monitorizar (ya sea un pilar, una pared, un talud, etc.) y configurarlo para que envíe los datos con la cadencia necesaria.

Tabla 4. Estimación de la vida útil para el nodo Inclinómetro

<i>Sampling rate</i>	Vida útil
5 minutos	1,2 años
1 hora	5,8 años
6 horas	8,3 años

Elaboración propia a partir de [WorldSensing (2017)]

2. Arquitectura de los nodos

Aunque cada tipo de nodo requiere una interfaz distinta y, por tanto, una programación diferente para poder adquirir los datos de los sensores, los distintos nodos comparten una misma arquitectura de diseño.

Toda la familia de productos LoadSensing está basada en arquitectura Cortex-M como elemento central de cómputo. El microcontrolador es el encargado de leer el sensor o los sensores que correspondan, gestionar los datos, cumplir la cadencia de lectura, enviar los datos y recibir los datos de configuración, etc.

Todo el *firmware* está programado sobre FreeRTOS* y sobre el sistema operativo corren unos cuantos procesos, cada uno encargado de una de las tareas que se han de realizar.

* Véase el apartado «Mercado actual» dentro del material titulado «Sistemas operativos» para más detalles.

Así, en cada nodo LoadSensing corren, entre otras, las tareas que se describen a continuación.

2.1. LecturaSensor

Esta tarea se ejecuta periódicamente según la cadencia configurada para leer los datos de cada uno de los canales disponibles. Esta tarea es distinta para cada tipo de nodo (Analógico, Digital, VibratingWire o Inclinómetro), ya que debe usar distintos métodos e interfaces para comunicarse o leer los datos de los sensores.

Así, en el caso del nodo Analógico esta tarea se encarga de leer la configuración del nodo, aplicarla a cada uno de los canales y leer el sensor siguiendo la secuencia configurada.

Para el caso del nodo Digital, esta tarea hace la consulta mediante los puertos digitales a los sensores conectados y obtiene sus lecturas.

Si el nodo es de tipo VibratingWire, esta tarea es la encargada de generar la señal de excitación según la configuración de cada canal y, posteriormente, leer y estimar la frecuencia de vibración de respuesta del sensor.

2.2. Radio

Esta tarea se encarga de la gestión de la comunicación con la *gateway* a través de la radio LoRa. Recibe los datos que ha leído la tarea *LecturaSensor* y prepara los paquetes que hay que enviar con dichas lecturas más información de configuración. Con toda esta información se podrá reconstruir el valor físico que está midiendo el sensor o los sensores.

Esta tarea también es la encargada de sincronizar el reloj interno del nodo con el de la *gateway*. Esto se consigue mediante el envío del tiempo actual de la *gateway* como respuesta a ciertos paquetes que envían los nodos. De esta manera se mantienen sincronizados todos los componentes del sistema de forma automática.

2.3. GestiónDatos

Hay una tarea que se encarga de almacenar en una memoria flash externa los datos que se leen. Los datos almacenados en ella pueden ser recuperados para enviarlos posteriormente en caso de pérdida de comunicación.

Por tanto, esta tarea se encarga tanto de leer los últimos datos leídos de los sensores como de recuperar los datos que sea preciso.

Para cada conjunto de datos leído, se almacena la fecha en la que se capturaron y los datos listos para ser enviados. Se usa una configuración en *buffer* circular, esto es, se escriben los datos secuencialmente en la memoria flash y si se llega a llenarla completamente se sobreescriben los datos más antiguos.

Es necesario poder descargar los datos almacenados en la memoria flash, ya sea por un error en la comunicación con la *gateway* o por que un operario haga un mantenimiento manual del nodo. En este último caso, esta tarea se encarga de empezar a leer los datos en orden cronológico y volcarlos al puerto serie para que los recoja la tableta o el teléfono móvil conectado.

2.4. Configuración

Puesto que un nodo puede configurarse de diversas formas y con distintos parámetros, existe un *thread* encargado de dicha tarea. La configuración puede venir por el puerto USB desde un teléfono móvil o tableta, o por parte de un paquete de radio.

En ambos casos, esta tarea procesa y almacena la nueva configuración en una posición fija de la memoria flash para que el resto de las tareas que necesiten consultarla puedan hacerlo. La configuración gestionada por esta tarea es la que lee y sigue la tarea *LecturaSensor*.

3. Sistema de comunicación

Como ya se ha comentado, los nodos LoadSensing se comunican sin hilos con una *gateway*, que es el dispositivo que tiene conexión a internet.

Esta comunicación se realiza actualmente mediante el sistema LoRa*. **Como se verá en la PLA4**, este sistema de comunicación trabaja en la banda libre ISM-868MHz, y no es necesario ningún permiso ni licencia para usarla.

Este sistema de comunicación se ajusta perfectamente al tipo de usos que se da a los dispositivos LoadSensing, ya que la red de comunicación está diseñada para que los dispositivos envíen pocos datos (decenas de Bytes) cada cierto tiempo y que los datos solo puedan recibirse por una *gateway* (red en estrella). Una de las ventajas de este sistema es su fácil instalación, que permite que operarios no cualificados puedan preparar el sistema *in situ*; otra ventaja es su largo alcance (Worldsensing afirma un rango máximo de 15 kms en campo abierto y visión directa), lo que permite que pueda instalarse en grandes instalaciones, como son taludes, puentes, minas a cielo abierto, etc.

La *gateway* es el elemento central del sistema de comunicación, ya que es el dispositivo que actúa como servidor central de la red y es quien gestiona la red de dispositivos y recibe todos los datos de los nodos (figura 3).

La *gateway* puede funcionar en dos modos: modo *off-line* y modo conectado.

En el modo *off-line* la *gateway* no está conectada a internet y por tanto la red de todos los dispositivos está aislada. En este caso, la *gateway* es un punto de acceso Wi-Fi para que dispositivos externos, como móviles u ordenadores portátiles, puedan conectarse y gestionar los nodos, visualizar los datos recibidos, descargar dichos datos, etc.

En el modo conectado, la *gateway* está conectada a internet. Esta conexión puede realizarse mediante conexión vía ethernet a una red del cliente o usando telefonía móvil 3G/GPRS. En este caso, la *gateway* envía al *cloud* los datos según se van recibiendo de los nodos, de manera que los usuarios de los datos pueden acceder de forma remota y sencilla a ellos, a la configuración de los nodos, etc. (ver figura 4).

* (ver PLA4 - apartado 5.7)



Figura 3. Gateway del sistema LoadSensing
© Worldsensing

Figura 4. Página web para la gestión de los datos



Sensor Network Tablet View Log out

Nodes

Sensor Name: 157

Details

Serial Number:

Model:

Manufacturer:

Interface: Ratio voltage ch7

Installation Date: 07-12-2012

Status

Sensor enabled

Configuration

Config Data

Current configuration

Sampling rate: none

+ Advanced configurations

Edit

Comments

Edit comments

Strain reading in kg

download

11-02-2014 18-02-2014

Last reading: 3.8388 kg

Load (kg)

Highcharts.com

Sensor Name: 85

Details

Serial Number:

Model:

Manufacturer:

Interface: Ratio voltage ch9

Installation Date: 07-12-2012

Status

Sensor enabled

Configuration

Config Data

Current configuration

Sampling rate: none

+ Advanced configurations

Edit

Comments

Strain reading in kg

download

11-02-2014 18-02-2014

Last reading: 2.1854 kg

Load (kg)

Highcharts.com

Bibliografía

WorldSensing (2017). «LoadSensing Technical Datasheet».

URL: <http://www.worldsensing.com/wp-content/uploads/2016/09/LoadSensing-technical-datasheet.pdf>.