

# Técnicas para aumentar la confiabilidad de la transmisión inalámbrica de datos de control

Por Hitoshi Saito, Naoyuki Fujimoto

Yokogawa, [www.yokogawa.com.ar](http://www.yokogawa.com.ar)

Con el desarrollo de dispositivos de campo inalámbricos que satisfacen el estándar ISA 100.11a, se acrecienta su necesidad de uso, no solo para monitorear procesos, sino también para el control, en donde un sistema huésped transmite información de control a dichos dispositivos de forma inalámbrica. Este trabajo describe la transmisión inalámbrica de datos de control y las técnicas para mejorar su fiabilidad. Como ejemplo de productos de campo con transmisión inalámbrica de datos de control, este trabajo presenta el módulo *FN910*, que opera válvulas neumáticas según instrucciones transmitidas de forma inalámbrica.

## Introducción

En tanto que se agranda la gama de instrumentos de campo inalámbricos, la introducción de este tipo de solución expande su rango de aplicaciones para sacar ventaja de sus beneficios, tales como la eliminación del cableado. En 2012, *Yokogawa* lanzó la estación de gestión inalámbrica *YFGW® 410* y el punto de acceso de campo inalámbrico *YFGW 510*, que ofrece una infraestructura inalámbrica muy confiable. El *YFGW 410* puede transmitir datos de control a instrumentos de campo inalámbricos, expandiendo el uso inalámbrico en campo, no solo para la medición, sino también para el control. Convencionalmente, cuando la comunicación falla, la transmisión de datos de control se suspende por alrededor de diez minutos (10 min) para cambiar la vía de comunicación. Sin embargo, el nuevo método, que elimina el cambio de trayecto, asegura la transmisión en tiempo real de datos de control y alcanza una comunicación altamente confiable.

En esta nota, se describe un método para mejorar la fiabilidad de la transmisión de datos de control en sistemas de campo inalámbricos, y se presenta el módulo de control de válvula solenoide inalámbrica *FN910* como un ejemplo que saca ventaja de este método.

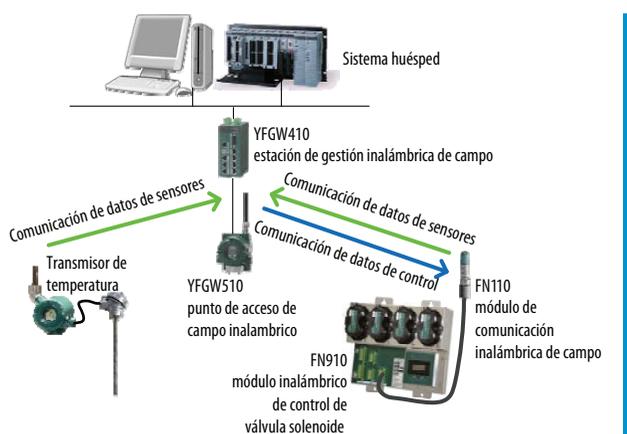


Figura 1. Transmisión de datos de sensores y de control

## Mecanismos de comunicación en sistemas de campo inalámbricos

Para comprender el nuevo método para mejorar la fiabilidad de la comunicación inalámbrica de campo, en esta sección se describen los mecanismos de transmisión en sistemas de campo inalámbricos que utilizan YFGW 410 e YFGW 510.

### Transmisión de datos de control y de sensores

Los valores de los instrumentos de medición inalámbricos, tales como transmisores de temperatura, se transmiten periódicamente al punto de acceso (de aquí en adelante, "transmisión de datos de sensores").

*En el método adicional convencional, un paquete de información se transmite por un solo camino. En cambio, YFGW 410 siempre transmite dos paquetes de información iguales hacia los dos trayectos de comunicación.*

A la vez, los instrumentos de campo inalámbricos son controlados a través de órdenes de operación que reciben periódicamente por medio de la transmisión de datos de control (de aquí en adelante, "transmisión de datos de control"), y reenvían y releen órdenes por medio de su propio sistema de transmisión. Que sea el sistema huésped el que envíe las órdenes de operación confirma el arribo exitoso de las órdenes de operación al releer los valores enviados a través de la transmisión de datos de sensores.

La figura 1 muestra cómo se llevan a cabo las transmisiones de datos de sensores y de control. FN910 trabaja en combinación con el módulo de comunicación inalámbrica FN110 (de aquí en adelante, "FN910" denota tanto a FN110 como a FN910).

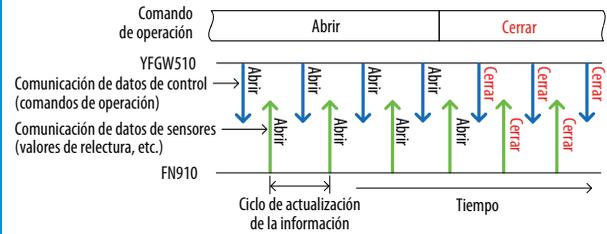


Figura 2. Transmisión y confirmación de las órdenes de operación vía inalámbrica

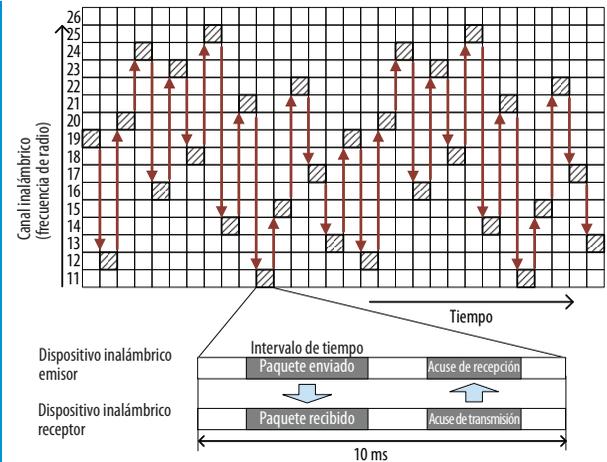


Figura 3. Comunicación con saltos de canal e intervalos de tiempo

### Ciclo de actualización de la información

En la comunicación de datos de control y de sensores, la información se transmite según un ciclo predeterminado de actualización de la información. La figura 2 muestra el diagrama de secuencia de tiempo cuando se transmiten las órdenes para abrir o cerrar una válvula al FN910.

### Intervalos de tiempo y "saltos" de canal

La banda de 2,4 gigahertz (2,4 GHz), que utilizan los sistemas de campo inalámbricos, se divide en dieciséis (16) canales y la información se transmite cambiando estos canales cada diez milisegundos (10 ms). Esta operación de cambio de canal, llamada "saltos de canal" (*channel hopping*), mejora la tolerancia de un canal específico a la interferencia de onda de radio. En un lapso de diez milisegundos (10 ms), entre dos dispositivos inalámbricos, un dispositivo envía un paquete de comunicación que contiene información de control o de sensores y la

Transmisión de datos de control.  
YFGW 410 transmite la misma información de control por dos trayectos

Transmisión de datos de sensor.  
Un instrumento de campo inalámbrico retransmite los datos de sensores a una ruta secundaria (flecha de líneas punteadas) cuando la respuesta de acuse no se confirma.

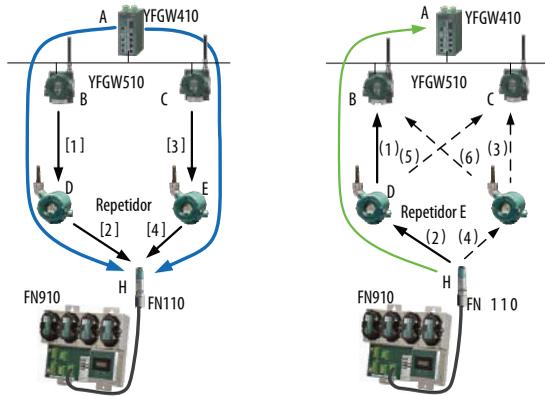


Figura 4. Canales de transmisión adicional en un sistema de campo inalámbrico

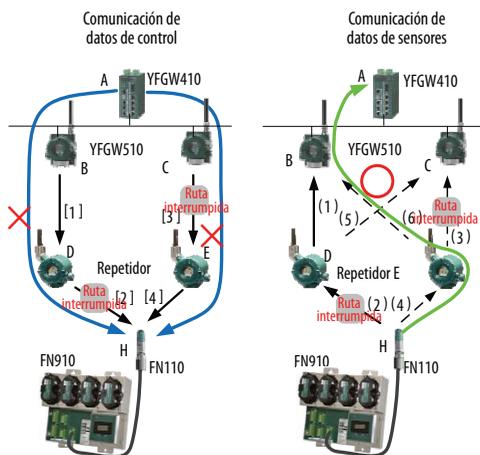


Figura 5. Reporte de anomalías por medio de la transmisión de datos de control

contraparte hace acuse de recibo. La figura 3 muestra dicha transmisión, haciendo uso de los intervalos de tiempo y de los cambios de canal.

### Programación de intervalos de tiempo

En el sistema inalámbrico de campo, el tiempo que demora cada dispositivo para transmitir información está asignado de antemano. Esta asignación, denominada "programación de intervalo de tiempo", se determina en el YFGW 410 y se descarga a cada dispositivo para que estos también transmitan o reciban la información durante los lapsos de

tiempo asignados. La cantidad máxima de dispositivos de campo inalámbricos que se pueden conectar a un solo YFGW 510 depende de la programación de tales intervalos.

### Tecnologías para optimizar la confiabilidad en la transmisión

Esta sección describe tecnologías para mejorar la confiabilidad de la transmisión de datos de control y de sensores.

La figura 4 muestra las rutas de comunicación de YFGW 410 a FN910 con dos rutas adicionales, en donde se utilizan dos repetidores. Las rutas marcadas [1] a [4] son para la transmisión de datos de control, y las rutas marcadas (1) a (6) son para transmisión de datos de sensores. Se asignan intervalos de tiempo para cada ruta.

### Trayectos de comunicación adicionales para transmisión de datos de control

En la transmisión de datos de control a través de trayectos adicionales, el YFGW 410 o el YFGW 510 transmiten paquetes con la misma información de control hacia ambas rutas. Con esta característica, por ejemplo, incluso cuando ocurre una falla en la ruta [1], [2], los paquetes con datos llegan hasta FN910 vía rutas [3], [4].

En el método de redundancia convencional, un paquete de información se transmite por un solo camino, y recién cuando ocurre la falla, se retransmite por el otro trayecto. Para cambiar trayectos, es necesario reprogramar los intervalos de tiempo e incluir un nuevo trayecto de transmisión, y descargarlo otra vez a los dispositivos del campo. Este proceso lleva aproximadamente diez minutos (10 min), durante los cuales se suspende el tiempo de transmisión.

En cambio, el nuevo método, en donde el YFGW 410 siempre transmite paquetes de información hacia los dos trayectos de comunicación, elimina la necesidad de cambiar el canal, y asegura la

operación en tiempo real requerida para la transmisión de datos de control incluso cuando falla el sistema de comunicación.

### Trayectos de comunicación adicionales para la transmisión de datos de sensores

En la transmisión de datos de sensores, cuando no se confirma la respuesta de acuse, los paquetes de información se retransmiten a una subruta, representada mediante flechas de línea punteada en la figura 4. Por ejemplo, si ocurriera una falla en la ruta (2), los paquetes se retransmitirán por la ruta (4). Cuando ocurra otra falla en la ruta (3), los paquetes se retransmitirán a la ruta (6).

## FN910 opera de forma inalámbrica una válvula neumática a través de manejar una válvula solenoide con sus baterías integradas

### Aumento de la cantidad máxima de intentos posibles

El YFGW 410 tiene un ítem de configuración llamado "Modo de reintento" (*Retry Mode*). Cuando se selecciona "x 2", la cantidad máxima de intentos se incrementa en comparación con el caso de "Normal". Para el caso de la figura 4, si el modo de reintento está configurado en "x 2", se asignan ocho (cuatro por dos -4 • 2-) y doce (seis por dos -6 • 2-) intervalos para la transmisión de datos de control y de sensores, respectivamente, incrementándose así la cantidad de intervalos de tiempo por intento. Esto mejora la tolerancia a fallas de la transmisión.

### Detección de anomalías en la transmisión de datos de control

Existe un caso en el que la transmisión de datos de sensor permanece normal pero falla la transmisión de datos de control dependiendo de dónde

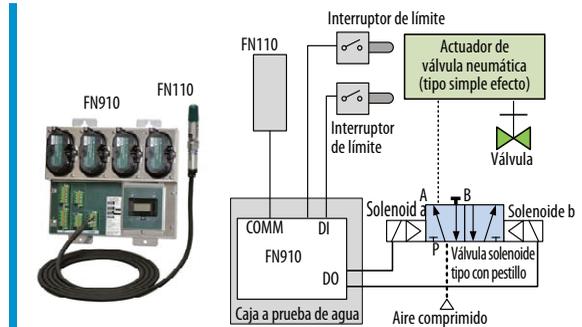


Figura 6. Vista exterior de FN910 y configuración para operar una válvula neumática

ocurren las fallas de comunicación. El lado izquierdo de la figura 5 muestra tal caso, en donde la transmisión de datos sobre control se interrumpe debido a fallas en la comunicación en dos lugares, ocasionadas por obstáculos que interfieren sobre las ondas de radio. Cuando FN910 no puede recibir los paquetes con datos de control una cierta cantidad de veces, su función de autodiagnóstico cambia de status a anormal, y este estado se suma al paquete de datos de sensor y se transmite a YFGW 410. Así, como se muestra en la parte derecha de la figura 5, el sistema huésped puede detectar la anomalía.

### Confiabilidad de comandos de operación inalámbrica

El siguiente es el cálculo de la probabilidad que tienen los comandos de operación inalámbricos de apertura o cierre de válvulas para llegar hasta FN910 (de aquí en adelante, "índice de probabilidad de llegada de la orden de operación") en el caso

PER	Índice de llegada de orden de operación	
	Primera actualización	Con un solo reintento
5%	99,9909631%	99,9999992%
10%	99,8696790%	99,9998302%
15%	99,4070037%	99,9964836%

Tabla 1. Índice de llegada de orden de operación

de configuración mostrada en la figura 4. Dado que el ciclo más corto del *FN910* es de cuatro segundos (4 s), una operación de corte de cierre de la válvula puede comenzar en diez segundos (10 s) si la orden de operación del sistema huésped alcanza *FN910* dentro de los dos ciclos de actualización.

Asumiendo que todos los índices de errores (PER, por sus siglas en inglés, 'packet error rates') (3), (4) entre cada dispositivo de campo inalámbrico son los mismos en las rutas para transmisión de datos de control, se calculan índices R de llegada de órdenes de operación. La figura 4 muestra el caso de rutas adicionales vía dos saltos.

Los PER de la ruta [1] de B a D y de la ruta [2] de D a H se definen como  $PER_1$  y  $PER_2$  respectivamente. El índice de llegada de la orden de operación RBH de B a H se calcula según la siguiente ecuación.

$$RBH = (1 - PER_1) (1 - PER_2)$$

Este es un índice de llegada de orden de operación cuando la ruta no es adicional.

De igual forma, se muestra a continuación el índice de llegada de orden de operación RCH de C a H.

$$RCH = (1 - PER_3) (1 - PER_4)$$

Utilizando esto, el índice de llegada de orden de operación RAH para rutas adicionales de A a H que se muestra en la figura 4 se calcula como sigue.

$$RAH = 1 - (1 - RBH) (1 - RCH)$$

Se muestra abajo RAH en el caso en el que se sume un primer reintento.

$$RAH = 1 - (1 - RBH) (1 - RCH) (1 - RBH) (1 - RCH)$$

La tabla 1 muestra los resultados del cálculo de índice de llegada de la orden de operación RAH en

la configuración de la figura 4, cuando el PER equivale a cinco, diez y quince por ciento (5, 10 y 15%).

## Módulo inalámbrico *FN910* de control de válvula solenoide

### Descripción general

El *FN910*, de acuerdo con las órdenes de operación enviadas desde el sistema huésped, maneja una válvula solenoide por medio de baterías integradas, y opera de forma remota una válvula neumática. El *FN910* satisface estándares de seguridad intrínseca. Combinado con el *FN110*, una válvula solenoide e interruptores de límite (*limit switch*), se puede instalar en áreas peligrosas tales como tanques, y utilizar para control remoto de una válvula de corte.

### Configuración del dispositivo para operar una válvula neumática

La parte izquierda de la figura 6 muestra la vista exterior del *FN910*, y la parte derecha, la configuración del dispositivo para operar una válvula neumática. El *FN110*, una válvula solenoide, e interruptores de límite, que detectan el estado abierto-cerrado de una válvula de corte, se conectan al *FN910* y operan cooperativamente una válvula neumática. Para la válvula solenoide, se utiliza una tipo pestillo cuya dirección se modifica aplicando un pulso de tensión, consumiendo menos energía. Así, las baterías integradas del *FN910* duran diez años en condiciones en que la válvula se maneja una vez por hora y el ciclo de actualización de la información es de cuatro segundos (4 s).

### Mecanismo de operación del *FN910*

El *FN910* aplica un pulso de tensión a la válvula solenoide de tipo con pestillo cuando cambia la orden de operación recibida a través de la transmisión de datos de control durante cada ciclo de actualización de información. Esto cambia el trayecto

de aire comprimido, la aplicación y la descarga alternada del aire comprimido a la válvula neumática, hace que la válvula indicada cierre o abra. Los estados de los interruptores de límite se envían al sistema huésped junto con el valor de la orden de operación a través de la transmisión de datos de sensor.

### Comparación con la instrumentación cableada

La figura 7 muestra un ejemplo de la instrumentación cableada e inalámbrica para operar válvulas de corte para tanques de aceite. La instrumentación cableada requiere trabajo desde áreas peligrosas a la sala de control para satisfacer requisitos de prueba de explosión, y también requiere suministros ininterrumpibles de energía para soportar las válvulas solenoides en caso de fallas de energía. Por otro lado, la instrumentación inalámbrica que hace uso de FN910 no requiere ningún trabajo de cableado, y es menos susceptible a las fallas de energía porque las baterías incluidas del FN910 alimentan las válvulas solenoides.

### Conclusión

Con el nuevo método, los paquetes de datos de control se transmiten por dos rutas. Los instrumentos de campo inalámbricos tienen dos oportunidades de recibir la misma información a través de dos rutas dentro de un solo ciclo de actualización. Este método logra que la transmisión de datos de control sea más fiable y tiempos de retardo más breves en comparación con el método convencional, en donde un trayecto de comunicación se modifica sobre la falla en la comunicación y recién entonces se retransmite el paquete de información. Además, el FN910 opera de forma inalámbrica una válvula neumática a través de una válvula solenoide que opera con sus baterías integradas. Por lo tanto, el sistema inalámbrico que haga uso de FN910 no solo requiere menos cableado, sino que también

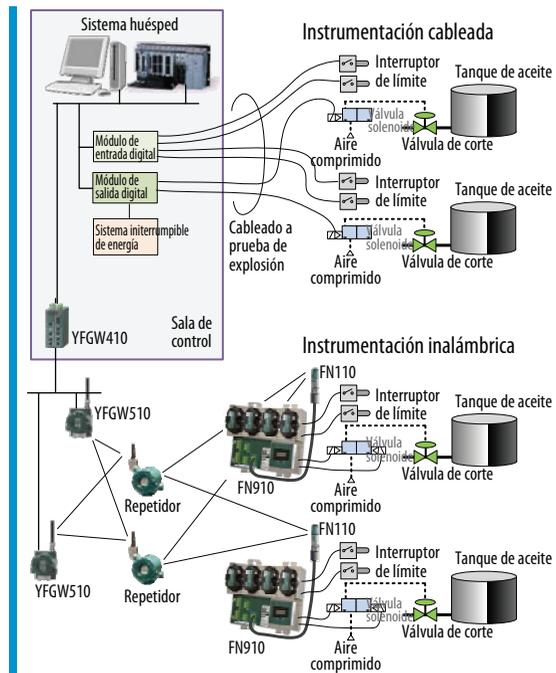


Figura 7. Instrumentación cableada e inalámbrica para operar válvulas de corte

es menos susceptible a la desconexión de los cables y a las fallas de energía a causa de accidentes o desastres, comparado con sistemas cableados convencionales en donde las válvulas solenoides se manejan de forma remota a través de cables.

Utilizando transmisión inalámbrica de datos de control tan confiable, Yokogawa busca aumentar el uso de la instrumentación inalámbrica que favorece una instalación más flexible y la eliminación de las tareas de cableado. ❖

### Bibliografía

La nota técnica aquí publicada está respaldada por bibliografía cuyas referencias no se publican por normas editoriales. Por consultas de esta índole, o cualquier otra acerca de la temática tratada, consultar a Yokogawa.

**Nota del editor:** La nota aquí reproducida fue originalmente escrita para la revista *Yokogawa Technical Report* Vol. 58, N.º 2 (2015). La traducción estuvo a cargo de Editores SRL, especialmente para esta revista.