

Proyecto en colaboración con la Universidad Politécnica de Valencia

Sistema de comunicaciones para el control de una planta de biocombustible

Tras el análisis exhaustivo de los protocolos más importantes, y con el objetivo de escalar la tecnología presente en la planta Perseo Bioethanol de Imecal, en la que se transforma la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en un biocombustible líquido de segunda generación, para el diseño de un nuevo sistema de comunicaciones se escogió la tecnología Profinet.

50

En el diseño de un sistema de automatización distribuido capaz de controlar el proceso de una planta industrial, se requiere de un conocimiento previo profundo de las características y necesidades de la industria donde se aplicará dicho sistema, pues la versatilidad y el carácter multifabricante de la instrumentación, dispositivos de interconexión (*gateways*) e interfaces hombre-máquina (HMI), posibilitan multitud de soluciones válidas, que se acotan a medida que se conoce la aplicación final. El estudio exhaustivo inicial de la mejor tecnología proporciona para cada entorno la reducción en la programación, el cableado o los tiempos de paro, así como un aumento de las prestaciones del sistema y su escalabilidad.

En los últimos años, la empresa española *Imecal* ha desarrollado,

dentro del marco de colaboración con la Universidad Politécnica de Valencia, la tecnología Perseo Bioethanol, capaz de transformar la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (Forsu) en un biocombustible líquido de segunda generación, apto como carburante para los automóviles, y un combustible sólido basado en lignina, capaz de producir energía térmica y eléctrica por cogeneración. El proyecto nació en 2005 y ha sido desarrollado por *Imecal* junto a sus socios tecnológicos, *Ciemat* (Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas) y *Ford España*. En 2007, tras validar el proceso a nivel de laboratorio, se construyó una planta semi-industrial, permitiendo la demostración y mejora del proceso a nivel semi-industrial, hasta obtener un proceso

viable tanto técnicamente como económica y medioambiental.

Objetivos y estado del arte en los sistemas de comunicación industrial

En la fase de escalado industrial y comercialización de la tecnología, se hace necesario el análisis de las alternativas que ofrece el mercado de los sistemas de automatización y comunicaciones necesarias para cumplir las exigencias marcadas por el proceso, y que aporten fiabilidad y flexibilidad al mismo. El trabajo realizado en 2011, y que aborda este artículo, se enmarca en dicha fase, aplicado fundamentalmente a las tecnologías de comunicación que controlarán el proceso, para integrar los instrumentos de medida y control a una red que proporcione información fiable y precisa y que permita el diagnóstico remoto, siendo el proceso biotecnológico Perseo Bioethanol un proceso *batch* (por lotes) que opera de forma continua, dividido en islas de automatización según su actividad desde el pretratamiento, pasando por la fermentación, destilación y almacenaje del bioetanol resultante.






La evolución de los protocolos sobre tecnología bus de campo recogidos en la norma IEC 61158/EN 50170, unida a la gran estandarización y aceptación que supone Ethernet IEEE 802.3, es en la actualidad un foco importante



■ Proceso Perseo Bioethanol.

del sector industrial. En el desarrollo de sus actividades industriales cada vez más eficientes, los fabricantes de equipamiento para las redes de control industriales han contribuido conjuntamente a aportar nuevas soluciones capaces de abaratar costes, maximizar la inversión y crear arquitecturas de red estándares y abiertas. Se trata de un ámbito en plena expansión, que pretende aportar las ventajas de la arquitecturas estándares TCP/IP y XML (mayor tasa de transmisión, mayor disponibilidad de ancho de banda para las aplicaciones, diagnóstico y parametrización estándar vía web, pasarelas transparentes, etc.) al sector industrial. En la tabla adjunta se detalla cómo algunas de estas soluciones tecnológicas resuelven las principales características que debe tener este tipo de tecnología: utilización en tareas de tiempo real y determinista, protocolos de nivel de enlace y red estándares junto planificadores (*schedulers*) propios en el nivel de aplicación, actualización de las medidas (tiempos de ciclo), tipos de topologías admitidas y perfiles específicos para su implementación en zonas clasificadas con riesgo de explosión.

Teniendo en cuenta que el producto final del proceso es un producto con riesgo de explosión (bioetanol), es necesario que este tipo de industria atienda a las directivas europeas ATEX (Atmósferas Explosivas) del *Cenelec*, tanto para el marcaje correcto de la instrumentación como para la red de comunicaciones bajo el concepto de Seguridad Intrínseca (IEC 61158-2), que evita la aparición de chispas y/o calor en entornos peligrosos. Además, el cumplimiento del modelo Fisco (*Fieldbus Intrinsically Safety Concept*) restringe la longitud máxima del cableado y la corriente máxima que podemos suministrar a un segmento de red dentro de zona clasificada como ATEX.

| | Real-Time | Protocolo | Velocidad | Topología | Seguridad |
|---|--|---|---------------------------|------------------------------------|---|
|  | Requisitos sincronizados + IEEE 802.1p | Planificador CIP sobre TCP/IP y sobre UDP/IP | Eficiente esclavo-esclavo | Anillo, Arbol, Estrella, No lineal | Safety (IEC 61158) Intrinsically Safety |
|  | Procesado "on-the-fly" a nivel ASIC hardware | Datagramas UDP re-encapsulados para direc. IP | Mono-maestro: 30 ns | Anillo o estrella-embudo | Safety (IEC 61508) |
|  | Nodo Manager con envío broadcast | CANopen Asíncrono + TCP Iniciero + UDP | TDMA 100 µs Depende NM | Anillo, Arbol, Estrella, No lineal | Safety (IEC 61508) |
|  | Baja prioridad de las órdenes en TCP/IP | Requiere drivers Modbus en servidor TCP/IP | Rango de ms | Anillo, Arbol, Estrella, Lineal | No implementa |
|  | RT + Tiempo isocrono (IRT) | TCP/IP → configuración IRT → datos | 10-100ms o > 100ms | Anillo, Arbol, Estrella, Lineal | PROFIsafe (EN 954-1) Intrinsically Safety |

■ Tabla comparativa de algunos de los protocolos Industrial Ethernet.

Desarrollo de la solución

Tras el análisis exhaustivo de los protocolos más importantes, y con el objetivo de escalar la tecnología presente en la planta Perseo Bioethanol para el diseño de un nuevo sistema de comunicaciones, se escogió la solución más eficiente a todos los niveles, es decir, desde el diagnóstico de la instrumentación, la planificación de los paros por mantenimiento, la gestión y administración remota de los elementos de interconexión (*gateways* y *switches*) y el análisis de resultados a nivel corporativo. Se concluyó que la tecnología Profinet, en su perspectiva para la ingeniería ProfinetIO, es la más adecuada para esta aplicación y sus necesidades. Esto es debido principalmente a su robustez, fiabilidad, flexibilidad y el mantenimiento de la inversión, para redes industriales cada vez más heterogéneas, capaces de interconectar soluciones anteriores y actuales, dada su visión de futuro. Además, la integración vertical que se produce por el intercambio de información entre los instrumentos de campo y el centro de control de procesos, e incluso con el nivel corporativo del negocio, posibilita que la red Ethernet sirva como canal para una respuesta más rápida a las necesidades de gestión y supervisión de la red de control, dotando al proceso Perseo Bioethanol de un elemento de comunicación altamente competitivo, capaz de alinearse con los objetivos de control y comunicación del proceso de valorización de los residuos sólidos urbanos.

Por ello, una vez seleccionada la tecnología más adecuada para esta aplicación, se diseñó la topología de dicha red de comunicaciones partiendo de unas consideraciones de diseño previas, derivadas de la experiencia en el manejo de la planta piloto actual, tales como la utilización de una arquitectura distribuida,

con una única estación para el control y adquisición

con un software scada, tramos con velocidades 31,25kbps para la instrumentación con Profibus PA y 12Mbps para los tramos con Profibus DP que cumplen ampliamente el tiempo de actualización de las medidas (muestras) tomadas a nivel de campo. Es una tarea de los fabricantes proveer instrumentación de nivel de campo (sensores, actuadores) que soporten la tecnología Profinet, tanto a nivel de protocolo como de adecuación de conexión física, lo cual evitará la necesidad de elementos de interconexión adicionales para la adaptación de las PDU (*Protocol Data Unit*) a nivel de capa física y las distintas velocidades en la transmisión, que aumentan el tiempo de actualización de las medidas, así como utilizar topologías con anillos redundantes que protejan la instalación frente a posibles fallos o paros por mantenimiento.

Redundancia de Medios por FSTP (*Fast Spanning Tree Protocol*) e IO-Device inteligente son algunas de las funcionalidades disponibles en la tecnología Profinet, y se han implementado en este proyecto. La primera permite configurar un equipo *master* que gestiona el anillo donde se configuran el resto como *clientes*, y la segunda permite la gestión independiente de la configuración y funcionalidad desde un fichero .GSD basado en lenguaje XML (GSDML - *General Station Description Markup Language*), de forma independiente. En el primer caso, gracias al protocolo FSTP, ante una caída de uno de los enlaces fi-

sicos se establecen nuevos enlaces lógicos por donde circulará la información, con la consecuente ventaja de utilizar caminos alternativos sin necesidad de sobrecargar la red de tramas, pues solo los caminos lógicos en uso retransmiten las tramas con datos relevantes, sin llegar a inundar la red de paquetes duplicados. Para el segundo, las funcionalidades típicas de IO-Controller quedan incluidas en un fichero .GSD, que puede utilizarse en el proyecto a modo de IO-Device "inteligente", salvaguardando y reutilizando hitos ya alcanzados anteriormente, que suponen un ahorro de tiempo de programación y mayor robustez del sistema.

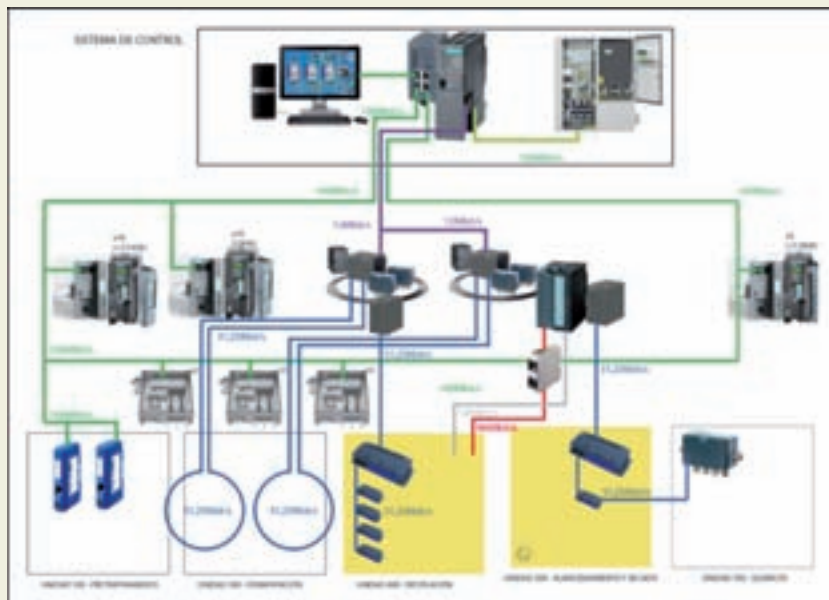
Por otra parte, el segmento Profinet en anillo funcionará en modo *full-duplex* a 100Mbit/s para los instrumentos del control de proceso: variadores de motor, electro-válvulas o células de pesaje, de los cuales existen en el mercado modelos con tecnología Profinet, combinándose el uso más eficiente del ancho de banda, la aceptación de distintas topologías, la identificación de dispositivos basados en direcciones MAC unívocas de fábrica y direccionamiento IP mediante (sub)redes y nodos(hosts), sin prácticamente restricciones en el número de dispositivos conectados. Todo ello unido a un sistema común de aplicación de control seguro como es PROFIsafe, disponible para Profinet IO, así como a otros sistemas de ahorro energético, como PROFIEnergy, que desconectan periferia descentralizada reduciendo su consumo según la programación de paros deseada.

Conclusiones finales

Por tanto, la tecnología Profinet IO se ha considerado la mejor opción para este trabajo, tanto por sus prestaciones tecnológicas avanzadas e integración TIC, que aportan nuevas funcionalidades y perfiles de aplicación para la seguridad y el control del consumo energético, como por la facilidad de interconexión con otras tecnologías y un buen soporte a la ingeniería. La idealidad de diseñar redes homogéneas que trabajan con un solo

Topología del sistema

La topología definitiva de la red de comunicaciones de la planta Perseo Bioethanol industrial presenta un total de 211 dispositivos, de los cuales 121 se implementan con Profinet IO, 81 con Profibus PA, 7 con HART y 2 con Modbus RTU, además de los aisladores galvánicos necesarios para la utilización de dicha instrumentación y su red de comunicaciones, dentro de zonas ATEX de categoría 1 y 2. La experiencia adquirida en la planta semi-industrial es una pieza clave para algunas restricciones en la instrumentación, ya que los buenos resultados obtenidos se trasladan a la nueva red de comunicación que debe interconectar instrumentos de varias tecnologías y protocolos bus de campo. La CPU elegida para esta aplicación es la ofrecida por Siemens, la 317F-2PN/DP con una tarjeta de memoria de 1,5MBytes, que será configurada además como *máster* del anillo de redundancia. La periferia descentralizada, del mismo fabricante, está constituida por la ET200S con IM151-3 PN ST para el control de motores, electro-válvulas y células de pesajes, y por los acopladores DP/PA Link con IM151-2 High Feature, que permiten una adaptación total del segmento DP a PA a las velocidades deseadas de transmisión. Algunos de estos elementos quedan ilustrados en el diagrama del sistema de control adjunto, en el que aparecen únicamente las áreas de automatización y la jerarquía de elementos de red necesarios para la interconexión hasta el sistema de control central.



■ Topología final resultante, equipos de interconexión y velocidades de transmisión.

protocolo queda descartada ante proyectos reales de estas características. La experiencia adquirida en la partida de instrumentación para la sensorica (niveles de temperatura, presión,...) del mercado actual, el trato con los suministradores y los costes reales, nos lleva a la realidad de las redes industriales heterogéneas, que cada vez más tienden al uso de las arquitecturas estándares

basadas en los buenos resultados del control y gestión de las redes Ethernet.

Josep F. Signes Palop, Víctor M. Sempere Payá, Caterina Coll Lozano

Perseo Bioethanol: <http://www.imecal.com/perseo>

Cenelec: <http://www.cenelec.eu/>

Lapp, tras más de 50 años innovando, se ha convertido en la referencia internacional en soluciones de cableado y conectorización para aplicaciones industriales y energías renovables.

Somos especialistas en condiciones de trabajo exigentes:

- Alta resistencia mecánica: flexibilidad, abrasión, torsión...
- Química: aceites, ácidos...
- Protección electromagnética (EMC)
- Entorno: agua, ozono, UV, temperatura, etc.

Y en todas aquellas aplicaciones en las que se requieren calidad, fiabilidad y certificaciones internacionales.

Nuestros ingenieros de venta le ayudarán a encontrar la mejor solución, con la ventaja de poder tratar con un fabricante como único interlocutor.

Y durante 7 días/24h, en nuestra nueva web, encontrará, entre otras muchas cosas:

- Selector de cables y conectores
- Catálogo y buscador de productos on-line
- Descarga de planos 3D y CAD
- Tablas técnicas
- Ejemplos de aplicaciones, etc.



www.lappgroup.es

Cables de alimentación y control **ÖLFLEX®**, cables de datos y buses **UNITRONIC®**, cables de fibra óptica **HITRONIC®**, componentes para tecnología activa de red **ETHERLINE®**, prensaestopas **SKINTOP®**, conectores industriales **EPIC®**, sistemas de protección de cables y cadenas portacables **SILVYN®** y sistemas de marcaje **FLEXIMARK®**. Las ocho marcas originales del Grupo Lapp.



ÖLFLEX® keeps the world moving.

Lapp Group España
 Av. de les Garrigues, 34-36, Nave 1
 Parque Empresarial Mas Blau II
 E-08820 El Prat de Llobregat (Barcelona)
 Telf: 902 108 669
 info@lappgroup.es - www.lappgroup.es