

6 Conclusiones

6.1 Escalabilidad de la solución propuesta

Uno de los aspectos clave a la hora de concluir el análisis de un diseño es comprobar su validez ante alteraciones en las especificaciones que deriven en restricciones más severas, de cara a evaluar su respuesta a posibles futuras ampliaciones del sistema. Por tanto, a continuación realizaremos un análisis de escalabilidad del diseño propuesto

Si resultase necesaria la adquisición de un número mayor de muestras provenientes de otros transformadores, se plantean varias alternativas para solucionar este problema. En primer lugar, se puede optar por la ampliación de la *merging unit*, mediante la conexión de unidades que aumenten el número de entradas a la tarjeta; otra posible alternativa es la utilización de una tarjeta independiente para adquirir esas nuevas señales.

La primera alternativa plantea el problema de la compartición de los recursos (memoria, procesador, recursos de red), creando un cuello de botella poco oportuno para aplicaciones en tiempo real como la que nos ocupa. Por otra parte, el diseño de la tarjeta para que disponga de la posibilidad de expansión se complica bastante con respecto al original, ya que haría falta usar un puerto de expansión a tal efecto. La segunda alternativa no necesita modificar el diseño original de la tarjeta y no presenta los cuellos de botella de la anterior opción. Su principal inconveniente es la necesidad de otra tarjeta, aunque se ve compensado por las ventajas anteriores.

Por otra parte, como ya se indicó en el apartado de sincronización, cualquier tipo de centralización tiene inconvenientes de escalabilidad, por ejemplo en el servidor, cuando la sincronización responde al modelo cliente/servidor. Por tanto, se plantea como buena alternativa un modelo de sincronización empleando mensajes *broadcast*, que evita en gran medida el empleo de comunicaciones punto a punto.

6.2 Conclusiones y futuras posibilidades

En las subestaciones actuales existe una clara tendencia a la automatización de sistemas, y se comienza a extender el uso de tecnologías digitales para los sistemas automáticos de la subestación tradicional.

En este ámbito, la diversidad de fabricantes se manifiesta en una gran variedad de equipos y protocolos diferentes, que se ve agravada por el continuo desarrollo de las tecnologías eléctricas y la aparición de nuevos estándares. Por tanto, uno de los principales problemas que aparece es la incompatibilidad entre dispositivos de diferentes fabricantes. La norma IEC 61850, convertida en un estándar de facto, viene a

solucionar este problema, y su introducción gradual ha de permitir la coexistencia entre las mejoras propuestas y el equipamiento del que se dispone.

La gran cantidad de información digitalizada en el nivel de bahía y su intercambio entre este nivel y de proceso requieren cierto ancho de banda. Además, se requiere una gran cantidad de cableado para interconectar los transductores con los dispositivos de protección y control. Para disminuir este cableado, soportar el ancho de banda necesario, y de paso facilitar la adición de nuevos elementos, se ha propuesto utilizar una red Ethernet, compatible con la norma IEC 61850. De esta forma, los diversos elementos de la subestación quedarían conectados mediante un bus, con la notable simplificación de la red que esto supone.

En este Proyecto Fin de Carrera se ha realizado una propuesta de diseño de la *merging unit* o unidad de comunicaciones de una subestación de baja y media tensión. Este dispositivo, reflejado en la norma IEC 61850, tiene la misión de tomar los valores de los transformadores, y enviarlos muestreados y de forma coherente a los equipos de protección, control y monitorización. El protocolo existente entre los transductores de tensión y corriente y la unidad de comunicaciones es privado, mientras que la salida de la *merging unit* a través del puerto Ethernet, cumplirá la norma IEC 61850-9-1. La posibilidad de incorporación del soporte a otros protocolos en esta *merging unit* mediante un cambio en el software queda totalmente abierta, gracias a la versatilidad de la arquitectura propuesta.

Esta propuesta de diseño abarca todos los niveles, tanto el software como el hardware. En su realización, se han tenido en cuenta diversas técnicas de codiseño hardware-software, para un óptimo reparto de tareas entre el procesador empotrado y la FPGA, que constituye la solución más eficiente para las tareas a realizar por parte de la *merging unit*.

Se ha hecho especial hincapié en el aspecto de las comunicaciones, donde se propone el uso del protocolo 802.15.4 para que la *merging unit* tenga capacidad de efectuar comunicaciones inalámbricas, tanto para ser utilizado como posible medio de comunicación con la unidad de comunicaciones (por ejemplo, para la reconfiguración de parámetros) como para contar con la posibilidad de un futuro empleo de sensores inalámbricos para la obtención de las medidas de tensión y corriente, sustituyendo el enlace actual por un enlace inalámbrico, con el consiguiente ahorro en costes que esto supone.

Una posible funcionalidad que se podría implementar en este diseño de *merging unit* es un modo de hibernación que preserve el estado del dispositivo; para ello, se valdrá de un volcado de la memoria RAM para tener una copia exacta del instante previo a la hibernación, que pueda servir para reanudar el funcionamiento del sistema en el mismo punto en que se dejó.