

MDE para el desarrollo de redes de sensores inalámbricas siguiendo un enfoque de líneas de producto

Fernando Losilla, Pedro Sánchez, Bárbara Álvarez
Dpto. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Universidad Politécnica de Cartagena
E-mail: {fernando.losilla | pedro.sanchez | balvarez }@upct.es

Resumen. *Las redes de sensores inalámbricas constituyen una tecnología de creciente interés para la adquisición de datos del entorno. El desarrollo de aplicaciones basadas en dicha tecnología sigue un proceso tradicional excesivamente dependiente de la infraestructura empleada para su implementación, limitando en consecuencia la reutilización de los recursos desarrollados para aplicaciones similares. Un enfoque de Líneas de Producto permite mejorar dicha reutilización, sin embargo adolece de falta de automatización. La combinación de este enfoque con la ingeniería dirigida por modelos permite la obtención de un método de desarrollo de aplicaciones en el dominio referido que combina reuso y automatización tal y como se muestra en este trabajo.*

1 Introducción

Los avances tecnológicos recientes han llevado a la aparición de redes inalámbricas de sensores y actuadores distribuidos (*Wireless Sensor and Actor Networks, WSAN*) capaces de observar el mundo físico, procesar datos, tomar decisiones a partir de dichas observaciones y llevar a cabo las acciones apropiadas sobre el entorno [1]. Las redes WSAN constituyen una nueva forma de adquisición de datos y control para el desarrollo de numerosas aplicaciones de utilidad tales como: la monitorización medioambiental, la tele-medicina, aplicaciones de transporte, etc. [2]. En un estudio reciente publicado por el MIT's Technology Review se presentan las redes WSAN como una de las diez tecnologías más influyentes que cambiarán el mundo [3]. El interés creciente en este tipo de aplicaciones ha hecho que surjan nuevas necesidades por lo que las plataformas usadas para el desarrollo de software en dispositivos inalámbricos clásicos no son adecuadas para estas redes. A pesar de la aparición reciente de sistemas operativos específicos para este ámbito y de incluso utilizar lenguajes de programación orientados a componentes, el desarrollo de este tipo de aplicaciones no tiene en cuenta la experiencia previa en aplicaciones similares. Por ello, se limita la reutilización de los recursos a pesar de que comparten muchas decisiones arquitectónicas que tienen que ver con la infraestructura utilizada (escalabilidad, tolerancia a fallos, entorno operativo, topología de la red de sensores, restricciones hardware y de consumo de energía, etc.).

Dos de los últimos avances en ingeniería del software pueden contribuir de manera significativa a mitigar estas deficiencias. Por un lado, un enfoque de desarrollo basado en Líneas de Producto (LPS) permite adoptar un enfoque descendente en el que se identifican características comunes y puntos de variación entre miembros de una familia de productos. Este análisis lleva a la definición de una arquitectura común en el que queda explícita la

variabilidad identificada. La adopción de este enfoque representa según Clements [4] y Bosch [5] el mayor exponente de reutilización en el desarrollo de aplicaciones. Por otro lado, un enfoque de desarrollo de software dirigido por modelos (Model Driven Engineering, MDE) soluciona la excesiva dependencia que tiene el proceso de desarrollo respecto de las plataformas de ejecución. Se basa en el uso de modelos que permiten describir una aplicación software en función de conceptos independientes de la plataforma y en la adopción de mecanismos de transformación semi-automatizados de dichos modelos a representaciones específicas ejecutables [6].

En este trabajo se describe brevemente la combinación de estos enfoques (líneas de producto e ingeniería de modelos) para el desarrollo de aplicaciones basadas en redes WSAN y las decisiones adoptadas en el establecimiento de una metodología y el desarrollo de herramientas que den soporte al desarrollo de dichas aplicaciones.

2 Desarrollo basado en líneas de producto para WSAN.

Una Línea de Producto Software (LPS) se define como *el conjunto de sistemas intensivos en software que comparten un conjunto de prestaciones las cuales satisfacen las necesidades específicas de un segmento de mercado o misión y que son desarrollados a partir de un conjunto en común de recursos* [4]. El conjunto de recursos a los que hace referencia la definición lo constituyen la especificación de requisitos, los casos de uso, la arquitectura, modelos del dominio y diagramas de variabilidad, entre otros. Un enfoque LPS permite que a partir de estos elementos se puedan desarrollar cada una de las aplicaciones que conforman la línea de productos a través de un proceso en el que se especifican las características específicas de la aplicación.

Las propuestas metodológicas más conocidas para la creación de LPS se muestran en [7]. En concreto, las metodologías PULSE y KobrA [8], desarrolladas por el *Fraunhofer Institute for Experimental Software Engineering*, se complementan en la definición y mantenimiento de una LPS. KobrA, basado en UML y soportado por herramientas comerciales, está pensado para el desarrollo de *frameworks* de componentes. KobrA además facilita la reutilización de los componentes desarrollados al hacer que sus productos (casos de uso, modelos, código, etc.) se orienten a la descripción de un componente individual, no conteniendo información de otros componentes. PuLSE es más amplio, cubriendo todo su ciclo de vida de un producto y proponiendo el uso de KobrA para el desarrollo de la arquitectura de la LPS. Se pueden encontrar ejemplos de desarrollo de LPS en otros dominios de características similares a las WSAN. Este es el caso de la telefonía móvil como se describe en [9]. Otro ejemplo de aplicación de estas metodologías se muestra en [10] para Sistemas de Procesamiento de Información Visual (VIPs). Aprovechando la experiencia previa obtenida en [10] los autores están aplicando las metodologías PuLSE y KobrA al dominio de las aplicaciones WSAN.

3 Desarrollo dirigido por modelos para WSAN

La Ingeniería Dirigida por Modelos (MDE) [6] persigue el desarrollo de software a través de un uso sistemático de modelos. Con este enfoque los modelos cobran un protagonismo mayor que el que hasta ahora han tenido, pues constituyen el principal artefacto para el desarrollo y mantenimiento del software, en detrimento del código. En el enfoque MDE los modelos que se emplean son creados a partir de metamodelos formales que describen las distintas vistas de un sistema, pudiendo hacerlo con distintos niveles de abstracción y, aplicando transformaciones predefinidas, pueden convertirse a otros modelos más cercanos a la implementación y, a partir de éstos, a código. Gracias a la especificación formal que los metamodelos ofrecen, tanto la elaboración de modelos como las transformaciones entre ellos pueden ser realizados mediante herramientas que aumenten la automatización del proceso de desarrollo de software.

En la línea de MDE se sitúa la propuesta MDA (*Model Driven Architecture*) del OMG (*Object Management Group*). MDA [11] propone tres niveles de abstracción para los modelos de un sistema. En el nivel más alto se utilizan los modelos CIM (*Computation Independent Model*) que modelan los procesos de negocio desde un punto de vista independiente de la computación. En el nivel intermedio se usan los PIM (*Platform Independent Model*) que modelan el sistema desde un punto de vista independiente de la plataforma. Por último, los PSM (*Platform Specific Model*), representan un modelado desde el punto de vista específico de una

plataforma concreta. Además, MDA propone el uso de otros estándares del OMG como MOF [12], UML u XMI para proporcionar interoperabilidad entre las herramientas que toman parte en el proceso de desarrollo de software.

La aplicación de MDE, y más en concreto de MDA, al desarrollo de aplicaciones basadas en WSAN permitirá a un desarrollador la selección e interconexión de componentes que representen conceptos del dominio para generar el modelo de una aplicación individual.

4 Enfoque propuesto para el desarrollo de aplicaciones WSAN

Se propone un método de desarrollo de software para aplicaciones WSAN dirigido por modelos que permite construir aplicaciones a partir de los recursos proporcionados por una IPS del dominio. Como se ha dicho, para ofrecer una mejora frente al desarrollo tradicional de software, el proceso debe estar soportado por herramientas que lo automaticen. En este trabajo se ha elegido MetaEdit+ [13] con la que se pueden definir los meta-modelos, sus instancias y mediante programas externos que acceden a su repositorio, se pueden realizar las transformaciones entre modelos y la toma de decisiones durante el proceso. La figura 1 representa una instantánea de modelado definida para el dominio WSAN (parte izquierda) y el código generado automáticamente mediante *scripts* (parte derecha).

La figura 2 muestra esquemáticamente los principales pasos y artefactos utilizados en la metodología propuesta. Como se puede apreciar, coexisten dos dimensiones bien diferenciadas pero sinérgicas en todo el proceso: por un lado (parte izda), la ingeniería de dominio aplicada en la caracterización de la línea de productos WSAN; por otro lado (parte dcha), el desarrollo de software dirigido por modelos. El estudio detallado de la familia de productos identificados lleva a la catalogación de un conjunto de artefactos reutilizables dentro del dominio más un conjunto de puntos de variación que serán diferenciadores para los miembros de la familia. A partir de estos elementos identificados es posible obtener un conjunto de mecanismos arquitectónicos que servirán de guía en el proceso de compilación entre los niveles PIM y PSM del lado MDE. Merece la pena destacar cómo la derivación del modelo independiente de la plataforma está condicionada por los artefactos identificados en la parte de líneas de producto. Además, el proceso de ingeniería de dominio no está cerrado sino que se realimenta de nuevos requisitos que pueden hacer evolucionar los recursos disponibles en el enfoque de líneas de producto. Para la descripción de los modelos a nivel PIM se ha definido un lenguaje específico del dominio de interés al que se deberá hacer corresponder su correspondiente meta-modelo en MOF. El nivel intermedio PSM es necesario porque

los conceptos abstractos del dominio descritos en el PIM son trasladables a infraestructuras ejecutables de muy diversas formas. En este nivel intermedio el

diseñador podrá configurar la arquitectura diseñada atendiendo a distintos atributos tipo QoS (*quality of services*) que tengan que entrar en consideración.

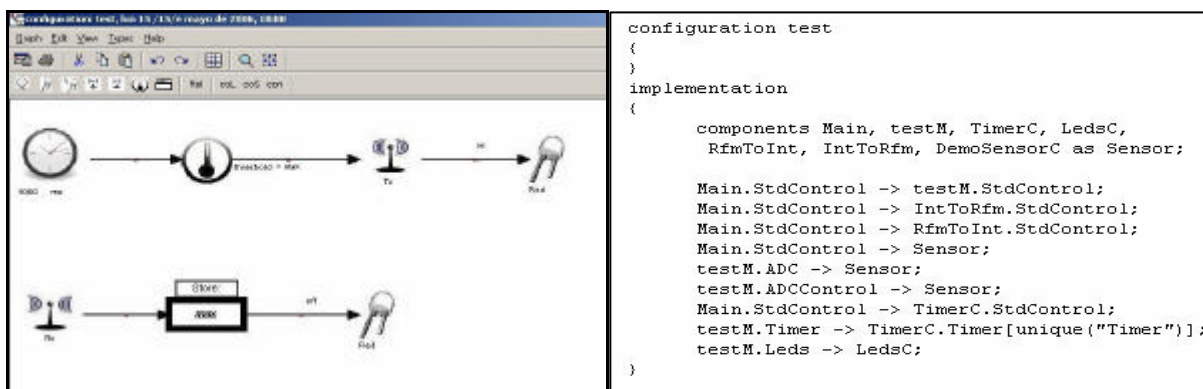


Figura 1. Desarrollo de aplicación WSN mediante MDE: (a) modelo PIM, (b) código NesC generado

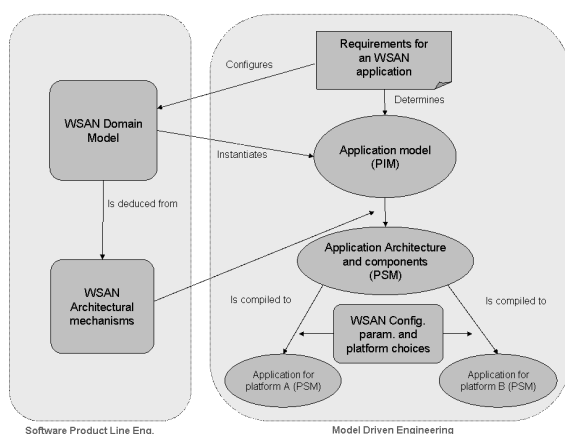


Fig 2. Ingeniería de Líneas de Producto Dirigida por Modelos.

Conclusiones y trabajos futuros

Este trabajo presenta un método de desarrollo de aplicaciones basadas en WSN que combina el desarrollo dirigido por modelos con un enfoque basado en LPS. Esta combinación de paradigmas se presenta aún más interesante cuando se aplica a sistemas en los que hasta la fecha no se habían obtenido resultados en ninguno de los dos ámbitos de estudio. Las ventajas que se esperan son las inherentes a los enfoques en los que se basa el nuevo proceso: por un lado la automatización del proceso de desarrollo e independencia respecto de la plataforma que MDE ofrece y por otro la reutilización de los recursos comunes identificados en el proceso de LPS.

La consecución del trabajo propuesto conlleva aportar resultados a diferentes niveles: (1) Desarrollo metodológico de combinación de paradigmas y adopción de los estándares más adecuados, (2) Análisis de las aplicaciones WSN desde un enfoque de línea de producto (recursos comunes), y (3) Adopción, extensión y/o desarrollo de herramientas que soporten la metodología. Actualmente, se ha realizado un estudio de la LPS mediante PULSE disponiéndose de una clasificación de las aplicaciones WSN, se ha definido un lenguaje

específico del dominio para los modelos PIM y se está trabajando en el metamodelado mediante MOF. Para el nivel PSM intermedio se tiene previsto utilizar SysML (www.sysml.org). En la primera versión del prototipo las transformaciones de los modelos PIM se realizan al PSM de la plataforma (TinyOS-NesC) utilizando MetaEdit+.

Agradecimientos

Este trabajo está financiado por la CICYT (TIC2006-15175-C05-02) y la Fundación Séneca (02998-PI-05).

Referencias

- [1] I.F. Akyildiz et al., *Wireless Sensor and Actor Networks: research challenges*, Ad Hoc Networks, Elsevier, Vol. 2, Issue 4, Oct 2004.
- [2] K. Römer, F. Mattern, *The design space of wireless sensor networks*, IEEE Wireless Communications, Dec 2004.
- [3] Huang, Gregory, *Casting the Wireless Sensor Net*, July/August 2003 MIT Technology Review Bruno, Lee Oct 2003 MIT Technology Review.
- [4] P. Clements, et al. *Software Product Lines: Practices and Patterns*, Addison-Wesley, 2001.
- [5] J. Bosch, *Design and use of software architectures, adopting and evolving a product-line approach*, Addison-Wesley, 2000.
- [6] S. Kent, *Model Driven Engineering*. In IFM 2002, Vol. 2335 of LNCS. Springer-Verlag, 2002.
- [7] M. Matinlassi, *Comparison of Software Product Line Architecture Design Methods: COPA, FAST, FORM, KobrA...* Proc. of the 26th Int. Conf. Soft. Eng. Edinburgh, Scotland, 2004.
- [8] J.Bayer, et al. PuLSE. Sym. Sw. Reusability,99.
- [9] D. Muthig, et al. *A Software Product Line in the Mobile Phone Domain*, Kaiserslautern, 2004.
- [10] C. Vicente, *Desarrollo Integral de Sistemas de Procesamiento de Información Visual: Un enfoque Multiparadigma*. PhD, UPCT, 2005.
- [11] *Model Driven Architecture (MDA) Guide v1.0*, OMG document omg/2003-06-01.
- [12] *Meta Object Facility (MOF) 2.0 Core Specification*. OMG doc. formal/2006-01-01.
- [13] MetaEdit+: <http://www.metacase.com>