

Elicitación de Sistemas de Producción Ciber-físicos

Alejandro Oliveros¹ and Jorge Fossati¹

¹ Universidad Nacional de Tres de Febrero, Depto. de Ciencia y Tecnología, Argentina
{aoliveros,jfossati}@untref.edu.ar

Resumen. Los Sistemas Ciber-físicos han irrumpido como una conceptualización de los sistemas que integran, fundamentalmente, hardware, software y redes de comunicaciones. Involucran casi todos los elementos que integran el campo de la computación. Un caso especial de sistemas ciber-físicos lo constituyen los Sistemas de Ciber-físicos de Producción, que constituyen la evolución de los actuales sistemas de producción físicos al incorporárseles la componente “ciber”. Se ha propuesto la metáfora de las *capacidades*, entendidas como un servicio conceptual que ejecuta procesos respaldados por la tecnología (en su sentido más amplio) como más adecuado que la metáfora de los requerimientos para acompañar esa evolución de los procesos productivos. Así es que emerge la demanda de un proceso de elicitación de capacidades actuales de los procesos productivos. El proyecto en curso se propone elaborar dicho proceso de elicitación sobre la base de la utilización del Léxico Extendido del Lenguaje. Se presenta el proyecto y un template de capacidad de un Sistema de Ciber-físico de Producción.

Palabras clave: Sistemas Ciber-físicos, Capacidades, Elicitación.

Elicitation of Cyber-Physical Production Systems

Abstract. Cyber-physical systems have emerged as a conceptualization of systems that primarily integrate hardware, software, and communications networks. They involve almost all elements comprising the field of computing. A special case of cyber-physical systems is Cyber-physical Production Systems, which represent the evolution of current physical production systems by incorporating the "cyber" component. The capabilities metaphor, understood as a conceptual service that executes processes supported by technology (in its broadest sense), has been proposed as more appropriate than the requirements metaphor for accompanying this evolution of production processes. Thus, the demand for a process of elicitation of current capabilities of production processes emerges. The current project proposes to develop such an elicitation process based on the use of the Extended Language Lexicon. The project and a capability template for a Cyber-physical Production System are presented.

Keywords: Cyber-Physical Systems, Capabilities, Elicitation.

Introducción

Los Sistemas Ciber-físicos (CPS, por sus iniciales en inglés) integran el mundo físico y el mundo digital en tiempo real ofreciendo una serie de características diferenciadas del resto campo de la computación [1]. Su introducción ha impactado fuertemente en diversos campos de la Computación en particular nos referimos a la Ingeniería de Requerimientos: han planteado el problema de establecer sus requerimientos. En el camino de establecer los requerimientos, se ha revisado la pertinencia de utilizar la metáfora de los requerimientos como la más adecuada para el proceso de diseño y construcción de los CPS. En este documento se propone un proceso de elicitación de capacidades basado en el Léxico Extendido del Lenguaje.

Un emergente de los CPS son los Sistemas Ciber-físicos de Producción (CPPS, por sus iniciales en inglés), vale decir su aplicación a los procesos de la manufactura. En la industria manufacturera predominan los aspectos físicos en ese contexto resulta valioso establecer un camino de evolución desde el estado actual del proceso productivo hacia un CPPS. En breve síntesis establecer un camino que permita evolucionar desde el estado actual del proceso hasta el proceso deseado.

“The purpose of CPPS is to transform current Physical Production Systems (PPS) towards those that, underpinned by ICT-related capabilities, could achieve a greater degree of connectivity of production entities and processes.” [2]

Un CPPS es de una complejidad superlativa con numerosas componentes y estrictamente se trata de un Sistema de Sistemas (SoS, por sus siglas en inglés), esto es sistemas que conforman un sistema mayor, diferenciados del concepto de subsistema y cada uno de ellos con sus propios objetivos que pueden operar independientemente. La variedad de sus componentes es muy amplia: físicas, hardware, software, redes de comunicación, sensores, actuadores, datos y gente.

El enfoque de *early Capability Oriented Requirements Engineering (eCORE)* propone como nueva metáfora en reemplazo de los requerimientos a las capacidades (*capabilities*) del sistema., Se trata de un enfoque e orientado a los procesos de transformación de la manufactura tradicional en Sistemas de Producción Ciber-Físicos como elemento clave de la Industria 4.0. En este enfoque un elemento clave son las capacidades entendiéndolas como la idoneidad para una determinada actividad más el aspecto cuantitativo del producto resultante de esa actividad: *qué* se hace y *cuánto* se hace (en cierta unidad de tiempo). La noción de capacidad así entendida se orienta especialmente a los objetivos iniciales (más vinculados al negocio) y entrelaza objetivos estratégicos y requerimientos organizacionales.

Una capacidad representa un servicio conceptual ejecutada por un grupo de procesos y personas, respaldados por aplicaciones, información y tecnología subyacente relevantes. Es una generalización de activos (*assets*), que pueden ser pasivos (recursos) o dinámicos (agentes).

Las capacidades son esenciales para lograr los objetivos organizacionales y pueden ser actuales o deseadas, reflejando las transformaciones necesarias de las primeras a las segundas. En el contexto de los CPS, las capacidades se centran en la colaboración de activos para lograr objetivos organizacionales específicos. (Loucopoulos)

Establecer las capacidades deseadas se asocia fuertemente con los objetivos organizacionales o de negocio. Se carece de un proceso de elicitación de capacidades actuales de un CPPS que vaya más allá de las técnicas tradicionales orientadas a la interacción con el usuario. En ambos tipos de capacidades es necesario contar con la posibilidad de describirlas. El proyecto que se presenta se propone desarrollar un proceso de elicitación basado en el uso del conocimiento obtenido con el Léxico Extendido del Lenguaje (LEL) y su proceso de elaboración [3], un enfoque que se ha demostrado útil en dominios de aplicación con enfoques muy técnicos y con variedad de tipos de *stakeholders* involucrados [4].

Plantilla de capacidades

Como punto de partida de la elicitación de capacidades se ha elaborado una plantilla, basado en la información provista en [2].

Sobre la base del análisis realizado por los autores del artículo citado de Loucopoulos *et al* acerca de eCORE, se extrajo un conjunto de elementos específicos de las capacidades. Además, se utilizó ChatGPT como herramienta para identificar potenciales atributos candidatos. En la Tabla 1 se reproducen los atributos identificados y una descripción compacta de cada uno.

Table 1. Plantilla de capacidades

Atributo	Descripción
Objetivo de negocio	Objetivo de negocio específico que la capacidad alcanzará
Indicador clave de negocio	Métricas de la performance y éxito de la capacidad para alcanzar sus objetivos
Proceso de negocio	Procesos requeridos para lograr los objetivos de negocio
Recursos	Recursos necesarios para ejecutar los procesos de negocio
Elementos del contexto	Circunstancias/condiciones en que se proporciona la capacidad:
Tipos de contexto	Categorías de elementos de contexto (por ejemplo, ubicación geográfica, plataforma, dispositivo)
Rangos de elementos de contexto	Rangos válidos de valores para elementos de contexto
Indicadores de contexto	Propiedades medibles utilizadas para monitorear la situación del contexto
Patrones de despliegue de la capacidad	Soluciones reutilizables para el despliegue de la capacidad en diferentes contextos:
Variantes del proceso	Diferentes formas de ejecución del proceso según el contexto
Recursos y roles	Recursos y roles necesarios para cada variante del proceso.
Componentes de TI de soporte	Componentes de TI necesarias para respaldar el despliegue de capacidad.

Por ejemplo, el ítem *Objetivo de negocio* tiene una serie de complejidades. Consideremos el caso de un sistema de producción en una planta manufacturera extraído del caso presentado en [2]. En el más alto nivel se encuentra el objetivo estratégico de *disponer de material para que la producción no se interrumpa*; Sub-objetivos de este objetivo son *gestionar las interrupciones en el aprovisionamiento y en la producción*;

un objetivo operativo derivado es *monitorear el plan de transporte*; y un soft-goal es la *gestión eficiente del aprovisionamiento*. Los objetivos se presentan en los niveles estratégico, táctico y operativo y por lo tanto deben tener presencia en las capacidades del sistema productivo (actual y futuro).

En el caso de *Proceso de negocio*, si se considera la capacidad de *gestión de la interrupción de la cadena de aprovisionamiento*, se necesitan procesos tales como la *detección* o la *gestión* de la interrupción.

Trabajos futuros

El objetivo del proyecto es definir un *proceso de elicitación de capacidades de un CPPS*, basado en el conocimiento obtenido mediante el Léxico Extendido del Lenguaje. Para ello se desarrolló una extensión de los atributos requeridos para cada símbolo del LEL a fin de poder incorporar componentes que se presentan en los CPPS y no lo hacen en los sistemas tradicionales. Actualmente esa propuesta está en un paper en evaluación para el *Workshop on Requirements Engineering*. El próximo paso es desarrollar el LEL completo de un sistema real. Se elaboró la plantilla de capacidades, que se presenta en este artículo, y está en proceso el desarrollo de una prueba de concepto de su efectividad.

Una vez establecidas las versiones definitivas de ambas plantillas se definirá un proceso que permita obtener las capacidades actuales de un CPPS.

Referencias

- [1] V. Gunes, S. Peter, T. Givargis, y F. Vahid, «A Survey on Concepts, Applications, and Challenges in Cyber-Physical Systems», *KSII TRANSACTIONS ON INTERNET AND INFORMATION SYSTEMS*, vol. 8, n.º 12, pp. 4242-4268, dic. 2014, doi: 10.3837/tiis.2014.12.001.
- [2] P. Loucopoulos, E. Kavakli, y J. Mascolo, «Requirements Engineering for Cyber Physical Production Systems: The e-CORE approach and its application», *Information Systems*, vol. 104, pp. 1-16, 2022.
- [3] L. Antonelli, G. Rossi, y A. Oliveros, «A Collaborative Approach to Describe the Domain Language through the Language Extended Lexicon», *JOT*, vol. 16, n.º 3, pp. 1-27, 2016, doi: doi:10.5381/jot.2016.15.3.a3.
- [4] Gil, G.D., Arias Figueroa, D., y Oliveros, A., «Producción del LEL en un Dominio Técnico. Informe de un caso», en *Anais III Workshop de Engenharia de Requisitos WER2000*, Rio de Janeiro, Brasil, jun. 2000, pp. 54-69.