

Enfoque ontológico para detectar conceptos holónicos en las organizaciones

Ontological approach to detect holonic concepts in organizations

Gloria Lucía Giraldo G.^{1}, Adrian S. Arboleda², Germán Zapata³*

¹Grupo de Lenguajes Computacionales, Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión, Facultad de Minas, Universidad Nacional, Sede Medellín. Código Postal 50034

²Grupo T&T, Facultad de Minas, Universidad Nacional, Sede Medellín. Código Postal 50034

³Escuela de Ingeniería Eléctrica y Mecánica, Facultad de Minas, Universidad Nacional, Sede Medellín. Código Postal 50034

(Recibido el 24 de mayo de 2012. Aceptado el 11 de octubre de 2013)

Resumen

Actualmente, las organizaciones presentan dificultades para entender el paradigma holónico y más aún, para identificar en sus procesos de producción, la existencia de posibles holones. Existen artefactos como las ontologías y los Esquemas Preconceptuales que permiten representar conocimiento para entender los elementos de un dominio. La literatura actual propone algunas ontologías para representar conceptos holónicos, pero estas ontologías carecen de una integración con los procesos de la organización. Estos procesos organizacionales se encuentran, la mayoría de las veces, escritos en lenguaje natural, el cual por su naturaleza es ambiguo y presenta irregularidades lingüísticas. Los Esquemas Preconceptuales, ayudan a eliminar esas características no deseables del lenguaje natural, representando esos procesos en forma no ambigua. Conocer si una empresa tiene en sus procesos, holones o maneja propiedades holónicas, requiere un análisis complejo por parte de analistas. Este artículo propone una ontología que ayuda a entender qué es un sistema holónico y a conocer si un proceso en una organización, modelado mediante Esquemas Preconceptuales, maneja características holónicas. Este trabajo realiza un acercamiento a la posible implantación de sistemas holónicos en una organización.

Palabras clave: Sistemas holónicos, holón, ontología, esquemas preconceptuales

* Autor de correspondencia: teléfono: + 57 + 4 + 4255258, fax: + 57 + 4 + 4255077, correo electrónico: lgiraldog@unal.edu.co (G. Giraldo)

Abstract

Today, organizations have difficulties to understanding the holonic paradigm and further, to identify in their production processes possible holons existence. There are artifacts such as ontologies and pre-conceptual schemas which represent knowledge to understand the elements of a domain. Current literature suggests some ontologies to represent holonic concepts, but these ontologies lack of integration with the processes of an organization. These organizational processes are found mainly, in natural language which by its nature is ambiguous and present linguistic irregularities. Knowing whether a company has holons or it handles holonic properties requires a complex investigation by analysts. This paper proposes an ontology that helps to understand what is a holonic system and see if a process in an organization, modeled by pre-conceptual schemas, handling holonic characteristics. This paper provides an insight into the possible implementation of holonic systems in an organization.

Keywords: Holonic systems, holon, ontology, pre-conceptual schemas

Introducción

A finales de los años ochenta, la necesidad de concebir sistemas inteligentes para las empresas manufactureras se hizo evidente, surgiendo varias propuestas como los sistemas holónicos de manufactura (SHM) [1]. Hoy, luego de varios años de investigación, las organizaciones, en general, aún presentan dificultades para entender el concepto de holón y sus características, tales como agilidad, flexibilidad y adaptabilidad. Por otra parte, surgen nuevas formas para representar conocimiento que se caracterizan por su integración con las ciencias de la computación, permitiendo acercarse al desarrollo ágil de aplicaciones de software tales como las ontologías [2] y los Esquemas Preconceptuales (EP) [3].

Algunas ontologías se han propuesto para explicar los conceptos holónicos [4], sin embargo, ninguna tiene en cuenta los procesos organizacionales para tratar de identificar en ellos holones y sus propiedades. El objetivo de este artículo es concebir un mecanismo automático que permita a los analistas de los SHM ser más ágiles y precisos en la implantación de sistemas holónicos en una organización. Para ello, se propone una ontología que se integra con Esquemas Preconceptuales.

Estos dos artefactos representan los procesos de producción de una o varias empresas. Con esta integración, la ontología tiene la capacidad de detectar las propiedades holónicas mediante su motor de inferencia.

La estructura de este artículo es la siguiente: en la sección 1 se introducen los conceptos fundamentales acerca de sistemas holónicos, ontologías y Esquemas Preconceptuales; la sección 2 expone algunos trabajos realizados hasta el momento alrededor de ontologías para SHM; la sección 3 presenta una aproximación a una ontología holónica unificada con EP, la cual permite detectar los conceptos holónicos en una organización; en la sección 4, a manera de validación de la ontología propuesta, se desarrolla un caso de estudio. Finalmente, en la última sección se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

Generalidades

Sistemas Holónicos

Para las organizaciones que buscan competitividad y flexibilidad en el mercado, los sistemas abiertos, distribuidos, inteligentes, autónomos y cooperativos tienen ciertas ventajas

sobre los sistemas convencionales. Por esta razón, surgen los sistemas holónicos de manufactura en el contexto de los sistemas inteligentes [5]. Los SHM se originan a partir de la analogía entre las fábricas y la concepción holónica propuesta por Arthur Koestler, quien propuso el término holón, una palabra griega que se refiere a una parte y a un todo al mismo tiempo. Un holón se define como una unidad funcional inteligente que posee una parte física y una lógica [1]. El holón, que puede verse en la organización como un recurso inteligente, cumple con varios objetivos y ciertas características. El holón tiene un plan de producción, conoce la forma de cumplir sus metas, debe cooperar con otros recursos (si es necesario), se puede componer de otros holones y puede pertenecer a un holón más grande. Las propiedades fundamentales de un holón son:

- *Autonomía*: habilidad de un holón de crear, controlar y monitorear la ejecución de sus propios planes y estrategias, y tomar las acciones correctivas en contra de su mal funcionamiento.
- *Cooperación*: proceso donde varios holones son capaces de negociar y ejecutar planes mutuamente o adoptar acciones conjuntas en contra de una perturbación.
- *Reactividad*: capacidad de respuesta de un holón ante cambios en su entorno. Estos cambios afectan sus objetivos internos o pueden prevenir la ejecución de tareas planeadas actuales o futuras.
- *Pro actividad*: capacidad de un holón de tomar la iniciativa en un entorno determinado, guiado por sus objetivos y sin esperar cambios en su entorno.

La arquitectura de referencia para la construcción de sistemas holónicos y en la cual se basan la mayoría de arquitecturas de los SHM es PROSA, propuesta en [6]. PROSA está constituida por cuatro componentes:

- *Holón Producto*: actúa como un elemento servidor de información a los holones,

ofreciendo el conocimiento necesario para la correcta fabricación de un producto.

- *Holón Recurso*: es un dispositivo o recurso físico de la fábrica (máquina, mano de obra, transporte dispositivo, etc.) que puede ejecutar tareas de asignación, control y organización.
- *Holón Orden*: corresponde a un elemento organizador de tareas en el sistema de fabricación. Estos holones manejan los aspectos de logística de la producción y las negociaciones con otros holones *Orden* o con los holones *Recurso* para que la tarea específica se lleve a cabo correctamente y a tiempo.
- *Holón Staff*: encargado de asistir a otros holones básicos en la realización de su tarea, por tal razón se consideran holones con un propósito funcional muy general o muy particular, dependiendo de la organización.

Ontologías

Hacia finales del siglo XX, con la necesidad del intercambio de conocimiento en los sistemas informáticos y la evolución del pensamiento alrededor de las ciencias de la computación, resurgió el concepto de ontología expresado por primera vez en la época de Aristóteles [7]. El término ontología proviene de las palabras griegas *ontos* (ser) y *logos* (tratado), que en el contexto de la filosofía significa tratado del ser, sin embargo, varias definiciones formales de ontología en el contexto de la informática son manifestadas en [2], pero una de las más aceptadas es la planteada por [8], redefinida luego por [9]: “Una ontología es una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida”.

Una ontología permite describir el conocimiento de un dominio particular mediante la organización de conceptos, sus propiedades y relaciones entre ellos, con el objetivo de clarificar la estructura de conocimiento de ese dominio y poder compartirlo. De allí surge una clasificación de ontologías: las

ontologías livianas que incluyen taxonomías y relaciones básicas de conceptos y las ontologías pesadas, que agregan al primer grupo axiomas y restricciones, las cuales brindan la posibilidad de inferir conocimiento.

Existen metodologías y lenguajes para el desarrollo de ontologías. En [10] y [11] se especifican algunos fundamentos metodológicos para construir una ontología, definiendo en principio el alcance y la terminología básica alrededor de una temática. Ambos trabajos establecen que ninguna ontología es completa, ni ninguna metodología es perfecta, puesto que cada método de construcción es iterativo e incremental. En cuanto a los lenguajes de representación de ontologías, el más avanzado actualmente es el Lenguaje de Ontologías Web (OWL *Ontology Web Language*) [12]. En OWL, una ontología es un conjunto de axiomas que establecen restricciones sobre las clases y sobre los tipos de relaciones permitidas entre ellas. Algunas metodologías, lenguajes y herramientas para construir ontologías son descritos en [2].

Una herramienta de código abierto que ayuda a modelar ontologías es Protégé [13]. Aunque

su origen es relacionado directamente con aplicaciones biomédicas, actualmente se pueden construir ontologías independientes del dominio. Protégé está basado en *Java*, es flexible para desarrollos rápidos, y su motor de inferencia maneja varios formatos incluidos RDF(S), OWL y XML Schema [14].

Esquemas Preconceptuales (EP)

En el área de ingeniería de software, el análisis de requisitos es una fase fundamental para la construcción aplicaciones de software usables y de calidad. Problemas como la inconsistencia en los requisitos, la carencia de métodos formales de especificación y la baja calidad en la especificación de requisitos debida a la pequeña base de conocimiento de los analistas en cada dominio son expuestos en [15] y [16]. Estos inconvenientes se vienen solucionando con algunas propuestas que se encuentran en la literatura actual, entre ellas se destacan los EP. Según [3], los EP son diagramas que permiten la representación de la terminología de un dominio para facilitar su traducción posterior a diferentes esquemas conceptuales. En la figura 1 se muestran los diferentes elementos de los EP.

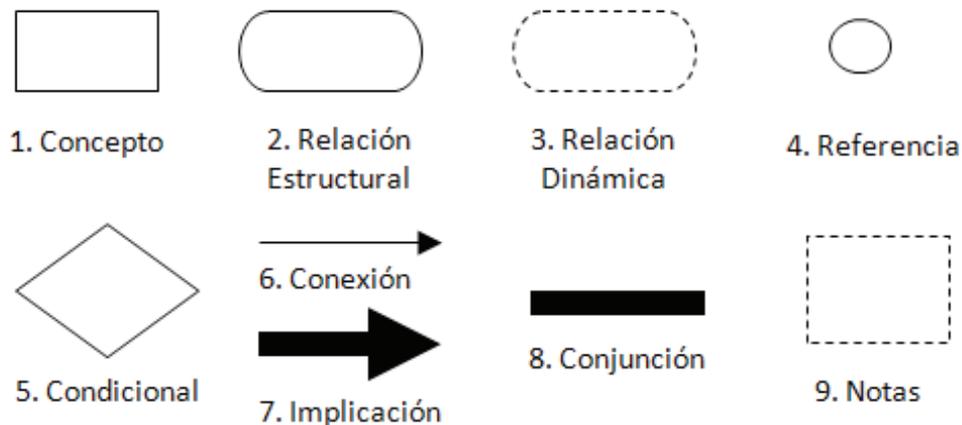


Figura 1 Elementos de un esquema preconceptual. [17]

A continuación se presenta la descripción de cada uno de los elementos de los EP:

- Concepto: sustantivo o sintagma nominal del discurso del interesado.
- Relación estructural: relación permanente entre los conceptos. Está asociada con los verbos “es” y “tiene”.
- Relación dinámica: está asociada con los verbos de actividad que se pueden ejecutar por un actor.
- Implicación: sirve para unir relaciones dinámicas o para unir condicionales con relaciones dinámicas, estableciendo entre ellas una relación causa-efecto.
- Condicional: relación de causalidad que indica las restricciones que los conceptos deben cumplir.
- Nota: permite especificar un rango de valores posibles a los conceptos.
- Conexión: permite enlazar los conceptos con las relaciones o las relaciones con los condicionales.

Las principales ventajas de utilizar EP en la definición de los requisitos son su obtención fácil desde un lenguaje controlado sin presentar ambigüedades y la agrupación de características de los diferentes tipos de diagramas de UML [17].

Antecedentes de ontologías alrededor de los SHM

Debido a la complejidad que aún presentan los sistemas holónicos en cuanto a sus propiedades y precisión de sus conceptos, son mínimas las propuestas mediante ontologías que expliquen sus aspectos. La arquitectura de los SHM llamada ADACOR presenta una ontología que reúne aspectos holónicos y de manufactura [4]. Esta ontología es representada por medio de un diagrama de clases, lo que evidencia que no utilizaron herramientas y lenguajes propios

de ontologías. De esta deficiencia se deduce que la especificación no es del todo formal ni explícita, características vitales cuando se trata de una ontología, por lo tanto, no se puede inferir conocimiento por medio de axiomas.

Por otra parte, algunos trabajos presentados en [18, 19] plantean ontologías alrededor de las empresas manufactureras. Estos autores intentan abarcar más conceptos de la organización, pero dejan de lado los atributos holónicos. Estos trabajos se enfocan en posibles dominios heterogéneos y en diversas perspectivas de las empresas, como son el modelo del producto, de la organización, de los recursos y del proceso. Estas características conducen a un mantenimiento constante de las ontologías, puesto que se debe especificar el dominio particular para integrarse adecuadamente a la compañía.

Asimismo, también existen ontologías orientadas a sistemas inteligentes de manufactura sin ser específicamente SHM. En [20] se analizan algunas ontologías Multiagentes del dominio manufacturero, las cuales utilizan el protocolo *Open Knowledge Base Connectivity* (OKBC). Este protocolo no posee motor de inferencia. Aunque los sistemas multiagentes son la tecnología más utilizada para implementar SHM [21], usar OKBC no permitiría detectar conceptos holónicos en los procesos de una empresa. Por otro lado, en [22] se intenta una combinación de una ontología de manufactura llamada *MASON* con el diseño de máquinas reconfigurables (RMT). El resultado es una representación aproximada de tres aspectos fundamentales de la empresa: el funcional, el estructural y el de comportamiento.

En [23] se presenta una ontología manufacturera teniendo en cuenta las fases de análisis y diseño. Esta ontología se considera una ontología de alto nivel porque no tiene atributos, no maneja axiomas y contiene siete conceptos macro que podrían ser reutilizables en otras ontologías. Estos conceptos son: actor, actividad, producto, organización, almacén, método y valor.

Este análisis de trabajos previos permite concluir que la literatura aún no reporta una ontología que permita instanciar los procesos de una organización con el fin de detectar los holones existentes y sus propiedades, utilizando un motor de inferencia. Además, que dicha ontología sea genérica para dominios heterogéneos.

Ontología para detectar conceptos holónicos en una organización

En el enfoque propuesto, para alcanzar el objetivo de identificar holones en los procesos de producción, los analistas de sistemas holónicos deben describir y modelar, junto con los interesados, los procesos de producción utilizando los EP. Luego deben instanciar la ontología con los conceptos del EP construido

y una vez instanciada la ontología, se pueden realizar consultas sobre ella. Estas consultas permiten conocer si en un proceso existen holones que cumplan con propiedades de autonomía, reactividad y cooperación. Cabe anotar que, cada vez que un nuevo proceso quiera ser analizado, los analistas deben actualizar la ontología. La ontología así construida se convierte en una herramienta vital para el proceso de análisis de sistemas holónicos en las organizaciones.

Elementos de la ontología

La ontología mostrada en la figura 2, es propuesta como parte integral de una organización. Algunos conceptos están comprimidos para una visualización global. Sin embargo, dos conceptos centrales: “Componente_EP” y “Componente_holónica” se desglosan en figura 3 y figura 4, respectivamente.

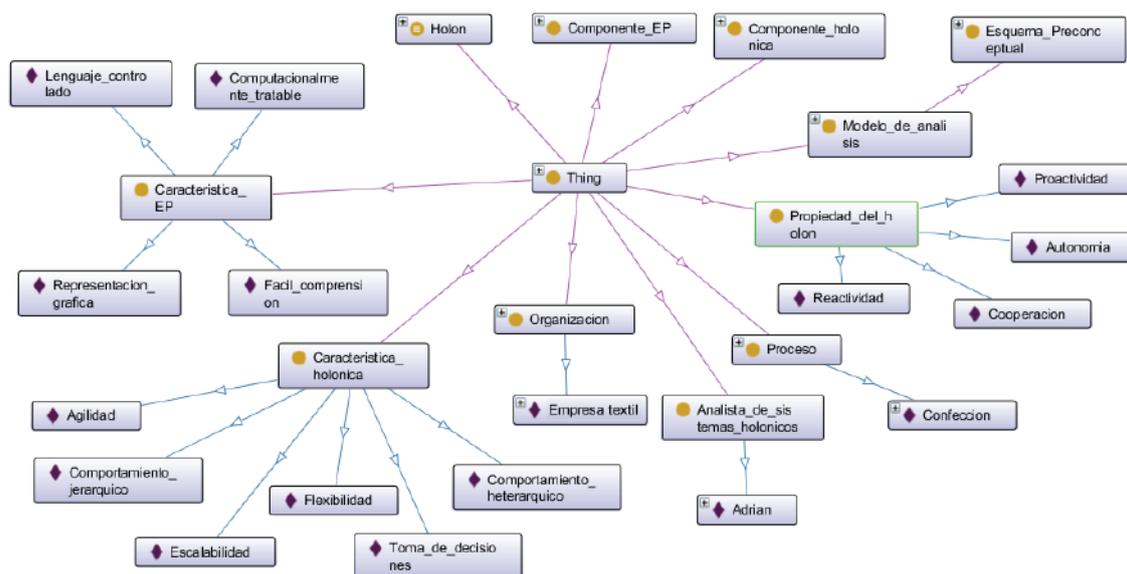


Figura 2 Ontología para detectar conceptos holónicos en una organización

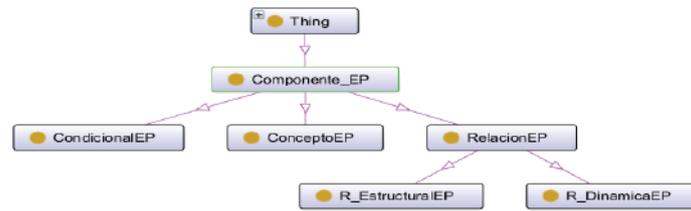


Figura 3 Extracto de la ontología que representa los componentes de los EP

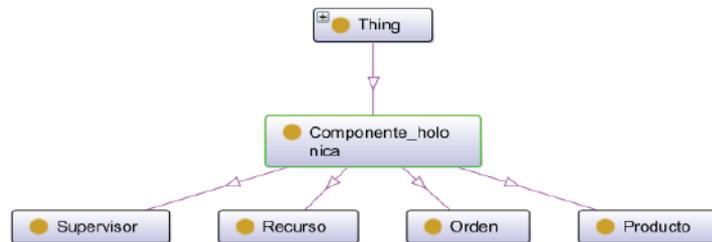


Figura 4 Extracto de la ontología que representa los componentes holónicos

A continuación se listan y explican brevemente los elementos de la ontología (Conceptos, atributos y relaciones), agrupados en aquellos relativos a EP y a SHM.

Conceptos de la ontología relativos a EP.

- Característica_EP: cualidad que describe lo que es un esquema preconceptual.
- Componente_EP: este concepto de la ontología agrupa todos los elementos del EP.
- ConceptoEP: representa el elemento concepto de un EP.
- CondicionalEP: representa el elemento condicional de un EP.
- RelacionEP: representa una relación de un EP
- R_DinamicaEP: representa una relación dinámica de un EP.
- R_EstructuralEP: representa una relación dinámica de un EP.

- Modelo_de_análisis: concepto que agrupa los modelos útiles para describir los procesos empresariales o que representan el comportamiento de un holón.
- Esquema_Preconceptual: diagrama utilizado para representar un discurso mediante un lenguaje controlado.

Conceptos de la ontología relativos a SHM

- Analista_de_sistemas_holónicos: persona encargada de analizar y modelar los procesos de una organización.
- Característica_holónica: cualidad que describe un sistema holónico.
- Componente_holónica: concepto de la ontología que agrupa todos los conceptos que componen la estructura de un holón.
- Orden: concepto de tipo componente holónica que se refiere a las actividades que debe cumplir un holón.

- Producto: concepto de tipo componente holónica que se refiere a los elementos que puede fabricar un holón.
- Recurso: concepto de tipo componente holónica que se refiere a la parte física de un holón. Puede ser de dos clases, recurso humano o recurso máquina.
- Supervisor: concepto de tipo componente holónica que se refiere a la supervisión de la parte física y lógica del holón.
- Holón: unidad inteligente formada por una parte física y otra lógica, caracterizada por las propiedades de autonomía, cooperación, reactividad y pro actividad.
- Materia_Prima: elemento necesario para la fabricación de un producto.
- Operación: conjunto de pasos ejecutados para fabricar parcialmente una orden.
- Organización: empresa que posee varios procesos para entregar un bien o elaborar un producto.
- Proceso: procedimiento por el cual se fabrica un bien o se alcanza un objetivo de una organización.
- Propiedad_del_holón: expresión única para describir el concepto de holón. Existen cuatro propiedades que son: autonomía, cooperación, reactividad y pro actividad.
- R_CondicionalEP(x): el condicional x pertenece a un EP.
- Comp_perteneceEP(x): el componente x pertenece a un EP.
- C_conecta_RD(x,y): el concepto x se conecta con la relación dinámica y .
- C_conecta_RE(x,y): el concepto x se conecta con la relación estructural y .
- Cond_conecta_RD(x,y): el condicional x se conecta con la relación dinámica y .
- EP_modela_P(x,y): el EP x modela un proceso y .
- EP_tiene_CompEP(x,y): el EP x tiene un Componente EP y .
- P_esmodeladoporEP(x,y): un proceso x es modelado por un EP y .
- RD_conecta_C(x,y): la relación dinámica x se conecta a un concepto y .
- RD_conecta_RD(x,y): la relación dinámica x se conecta con la relación dinámica y .
- RD_esConectadaPor_RD(x,y): la relación dinámica x es conectada por una relación dinámica y .
- RE_conecta_C(x,y): la relación estructural x se conecta con un concepto y .

Atributos de la ontología

La ontología propuesta posee tres atributos genéricos, los cuales se aplican indistintamente a todos los conceptos descritos previamente. Estos atributos son: identificador único ID, nombre y descripción.

Relaciones de la ontología relativas a EP.

- ConceptoEP(x): el concepto x pertenece a un EP.
- R_DinamicaEP(x): la relación dinámica x pertenece a un EP.

Relaciones de la ontología relativas a SHM.

- An_analiza_O(x,y): el analista x analiza la organización y .
- An_modela_P(x,y): el analista x modela el proceso y .
- Holon_tiene_PropiedadH(x,y): el holón x tiene una propiedad holónica y .
- O_tiene_P(x,y): la organización x tiene un proceso y .

Propósitos de una ontología unificada de EP y conceptos holónicos

Las ontologías actualmente cumplen un rol fundamental para la descripción de un determinado dominio. En [24] se expone las principales razones para utilizar ontologías. Allí se destacan importantes argumentos como el acercamiento al lenguaje natural, uso de motores de inferencia, su utilidad como vocabulario y la claridad en el conocimiento evitando la ambigüedad de los conceptos.

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de este trabajo es concebir un mecanismo automático que permita a los analistas acercarse a la implementación de SHM en una organización, representando sus procesos con EP e instanciándolos en una ontología propuesta. En este caso, la ontología definida permite conocer los elementos básicos de un SHM e identificar los posibles holones que estén implícitos en

esos procesos. Para ello, se tienen en cuenta las propiedades de autonomía, cooperación y reactividad de los sistemas holónicos. Con respecto a la propiedad de pro actividad, no se identificó una forma clara de interpretarla por medio de la simbología existente de los EP que permitiera establecer una analogía a lo que realmente significa esta propiedad. Sin embargo, las tres propiedades tenidas en cuenta, más el proceso de identificación de posibles holones, se consideran un aporte importante para el objetivo que se persigue. A continuación, se explican estos aspectos y se muestran dos formas de representación: en lógica descriptiva y con EP.

Autonomía: cuando en un EP un concepto se conecta con una relación dinámica, se infiere que dicho concepto está representando un actor, es decir, una entidad inteligente que puede ejecutar acciones (ver figura 5). A continuación se muestra la formalización de la propiedad de Autonomía.

$$Autonomía(x,y) =_{def} Concepto EP(x) \wedge R_DinamicaEP(y) \wedge C_conecta_RD(x,y)$$



Figura 5 EP representando la autonomía

Cooperación: cuando en un EP un concepto se conecta con una relación dinámica y ésta a su vez se conecta con otra relación dinámica mediante una implicación, se infiere una comunicación

entre actores (ver figura 6). En el contexto holónico, esto se entiende como una cooperación. A continuación se muestra la formalización de la propiedad de Cooperación.

$$Cooperacion(x,y,z,w) =_{def} Concepto EP(x) \wedge Concepto EP(y) \wedge x \neq y \wedge R_DinamicaEP(z) \wedge R_DinamicaEP(w) \wedge z \neq w \wedge C_conecta_RD(x,z) \wedge C_conecta_RD(y,w) \wedge RD_conecta_RD(z,w)$$

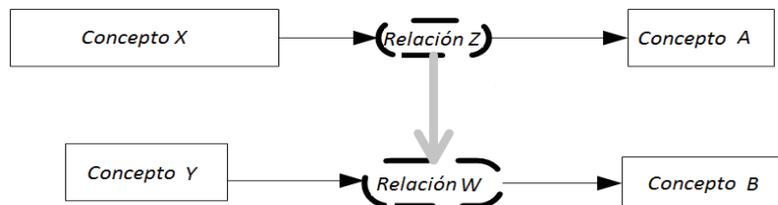


Figura 6 EP representando la cooperación

Reactividad: un condicional en un EP representa el inicio de un evento y por lo tanto un actor debe realizar una acción (ver figura7), lo que indicaría

una reacción con el entorno. La correspondiente formalización de la reactividad en lógica descriptiva es:

$$Reactividad(x,y,z) =_{def} Condicional EP(x) \wedge Concepto EP(y) \wedge R_DinamicaEP(z) \wedge C_conecta_RD(y,z) \wedge Cond_conecta_RD(x,z)$$

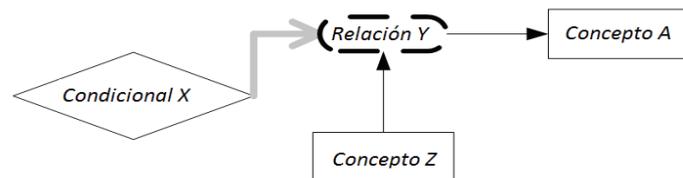


Figura 7 EP representando la reactividad

Identificación de holones: Un holón es una unidad inteligente que alcanza las cuatro propiedades fundamentales. Sin embargo, cuando se modela un proceso de una organización es posible que no se alcancen las cuatro propiedades. Basados en la especificación de autonomía, cooperación y reactividad dada anteriormente en EP, se define que para detectar un posible holón, la propiedad de cooperación se debe cumplir, ya que la propiedad de autonomía está implícita en ésta. Si se cumple la propiedad de reactividad se asegura en mayor medida el concepto de holón, sin embargo, no es una condición obligatoria porque no necesariamente siempre se plasman eventos de reactividad en un proceso. Por ende, cuando se cumple la propiedad heurística de cooperación, se concluye que existe un posible holón.

Caso de estudio

En esta sección se presenta la descripción de un proceso de confección de prendas de vestir mediante un EP. El objetivo es conocer si tal proceso tiene características holónicas, con el fin de verificar si es posible iniciar un desarrollo de sistemas holónicos y conocer de manera preliminar qué elementos serían holones.

En una empresa textil, se tiene un proceso de confección donde existen cinco trabajadores que realizan distintas actividades para comercializar, en última instancia, prendas de vestir. La producción se caracteriza por tener una cantidad de productos con unas fechas de inicio y entrega. En el nivel de planta se encuentran los siguientes actores que realizan el producto físico. El empleado de corte es quien inicia la confección de la prenda en su forma más básica, tarea que implica esperar la entrega de la materia prima por parte del encargado del almacén. El empleado de costura y acabados es responsable de pedir las prendas básicas al empleado de corte, con el fin de terminar la fabricación de la prenda y finalmente entregarla al jefe de producción. El encargado de almacén es responsable de tres actividades: la compra, la entrega de materia prima y la ejecución del mantenimiento del almacén. Por otro lado, en un nivel más alto, se encuentran el gerente de planta y el jefe de producción. El primero se encarga de comercializar los productos terminados de la empresa y exigir al segundo que efectúe las actividades de verificación del producto y planificación de la producción. Esta descripción es representada mediante un EP en la figura 8.

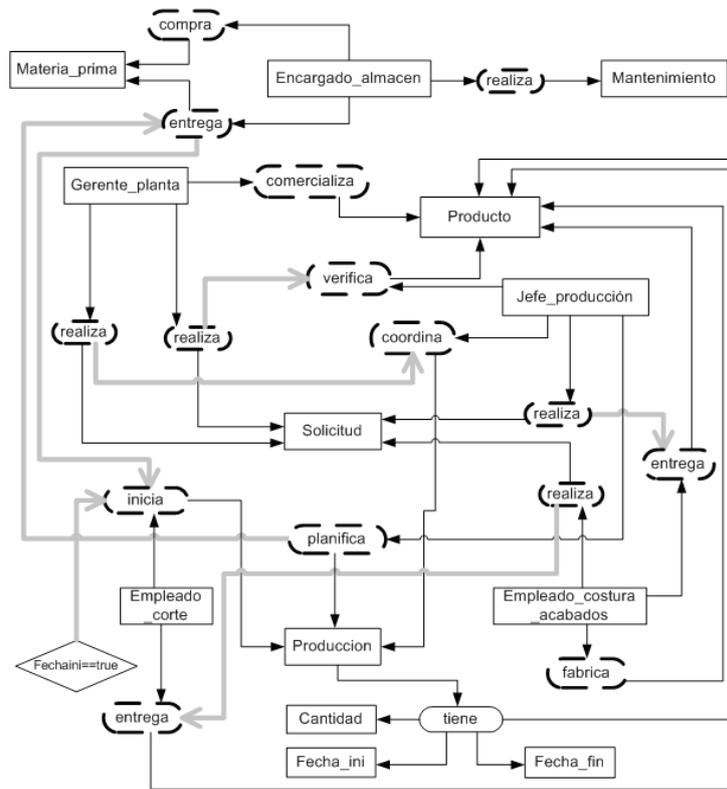


Figura 8 Proceso de confección en una organización textil representado en EP.

Instanciación de la ontología

Los analistas de sistemas holónicos deben instanciar la ontología a partir del EP presentado

en la figura 8. A manera de ejemplo, en la figura 9 se muestran las instancias (*Members List*) del concepto “*ConceptoEP*” de la ontología.

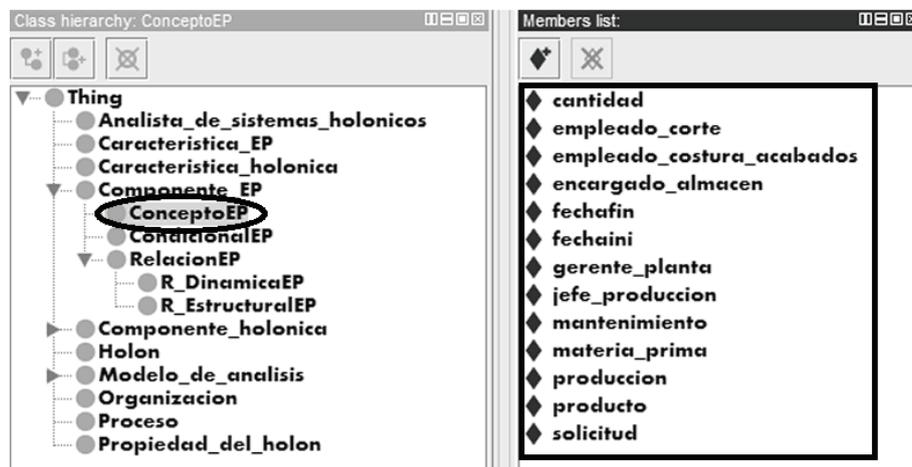


Figura 9 Instancias de *ConceptoEP* construidas con Protégé 4.1

Consultas

Las consultas enunciadas a continuación se representan en lógica descriptiva y pueden ser ejecutadas con *Protégé* 4.1 utilizando el motor de inferencia *HermiT* 1.2.4. Las respuestas dadas por la ontología son de utilidad para los analistas de sistemas holónicos, porque permiten identificar conceptos factibles de ser holones. Además, mediante la deducción de propiedades holónicas, se reafirma que un proceso de fabricación tiene características semejantes a las de un holón.

Obviamente, la ontología propuesta permite instanciar varios procesos de producción, es decir varios EP. Sin embargo por limitaciones de espacio y en aras de la simplicidad, en este artículo solo presentamos una instancia de EP: “*EPConfeccion*” (figura 8). Esta consideración es importante para las consultas siguientes, pues el resultado depende de ésta limitación.

Consulta 1. Elementos de un proceso determinado modelado mediante EP: esta consulta permite recolectar todos los elementos de un EP dado.

Comp_pertenece_EP value x donde *x* es una instancia de un EP.

Si reemplazamos *x* por *EPConfeccion*, el sistema retorna todos los elementos de ese EP. Para nuestro caso, retornaría elementos como: *materia_prima*, *producción*, *producto*, *solicitud*, entre otros.

Consulta 2. Actores de un EP determinado: permite listar los conceptos que realizan acciones en un EP dado.

C_conecta_RD some (RD_conecta_C some ConceptoEP) and Comp_pertenece_EP value x donde *x* es una instancia de EP

Si reemplazamos *x* por *EPConfeccion*, el sistema retorna los actores de ese EP, los cuales son: empleado de corte, empleado de costura de acabados, jefe de producción, gerente planta y encargado de almacén.

Consulta 3. Holones de un EP: esta consulta devuelve los posibles holones, dado que se identifica la presencia de dos propiedades holónicas: la autonomía y la cooperación; con ellas se puede argumentar la identificación de holones en un proceso de producción.

C_conecta_RD some (RD_conecta_RD some R_DinamicaEP) and Comp_pertenece_EP value x donde *x* es una instancia de EP

La figura 10 ilustra la consulta 3 y su resultado. En este caso, la ontología retorna los conceptos: empleado de costura de acabados, jefe de producción, gerente planta y encargado de almacén, quienes además de realizar acciones (autonomía), interactúan con otros conceptos (cooperación). Esta detección de propiedades identifica los posibles holones y brinda argumentos preliminares al analista, los cuales le permiten determinar qué conceptos son realmente holones.

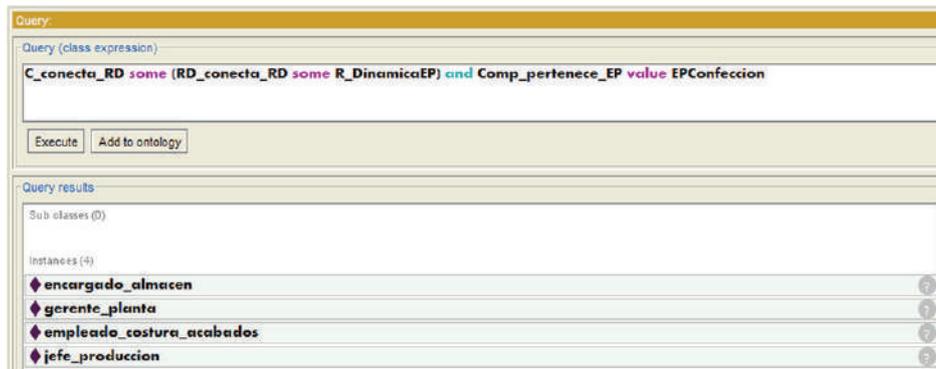


Figura 10 Consulta en Protégé 4.1 sobre posibles holones del proceso de confección

Consulta 4. EP que presentan la propiedad de autonomía: esta consulta permite conocer en cuáles procesos de la organización está presente la propiedad de autonomía.

EP_tiene_CompEP some (C_conecta_RD some (RD_conecta_C some ConceptoEP))

Consulta 5. EP que presentan la propiedad de cooperación: esta consulta permite conocer en cuáles procesos de la organización está presente la propiedad de cooperación.

EP_tiene_CompEP some (RD_conecta_RD some R_DinamicaEP)

Consulta 6. EP que presentan la propiedad de reactividad: esta consulta permite conocer en cuáles procesos de la organización está presente la propiedad de reactividad.

EP_tiene_CompEP some (Cond_conecta_RD some R_DinamicaEP)

Las consultas 4, 5 y 6 retornan el nombre del proceso donde se detecta la presencia de las propiedades de autonomía, cooperación y reactividad, respectivamente. En nuestro caso de estudio, la ontología solo se instanció con un EP y ese EP tiene conceptos que realizan acciones, conceptos que cooperan con otros y situaciones que muestran reactividad (por ejemplo, el condicional de verificación de la fecha de inicio dentro del proceso). Por lo tanto, el resultado de las consultas 4,5 y 6 es el mismo: “EpConfección”.

Conclusiones y trabajo futuro

El paradigma holónico intenta convertir los procesos empresariales en parte de un sistema inteligente que posea características de agilidad y flexibilidad. En la actualidad, existen ontologías que intentan comprender las fábricas manufactureras como un todo, dejando de lado la representación de sus procesos. Este artículo propone una ontología que al integrarse con los procesos de la organización representados en EP, le ayuda al analista de sistemas holónicos a detectar posibles holones en un proceso, por

medio de la identificación de tres propiedades fundamentales de los sistemas holónicos: autonomía, cooperación y reactividad. Con este aporte, los analistas de sistemas holónicos pueden conocer de manera automática los conceptos, las relaciones, los actores y los posibles holones en los procesos de una organización, aunque finalmente son estos analistas quienes deciden la permanencia y veracidad de los holones detectados por la ontología. Como trabajo futuro se planea el enriquecimiento de la ontología mediante otros modelos de análisis propios de los sistemas holónicos y la integración con los EP, para inferir y conectar más información implícita alrededor de los procesos empresariales. Por otra parte, se debe sugerir una forma apropiada de representar mediante EP, la propiedad de pro actividad, para así completar la interpretación de las cuatro propiedades fundamentales de un holón.

Referencias

1. R. Babiceanu, C. Frank. “Development and applications of holonic manufacturing systems: a survey”. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2006. Vol. 17. pp. 111-131.
2. A. Gómez, F. López, O. Corcho. *Ontological Engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web*. 1st ed. Ed. Springer London. London, England. 2004. pp.420
3. C. Zapata. *Definición de un esquema preconceptual para la obtención automática de esquemas conceptuales de UML*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 2007. pp.179
4. S. Borgo, P. Leitão. “Foundations for a Core Ontology of Manufacturing”. In *Ontologies: A Handbook of Principles, Concepts and Applications*. R. Sharman, R. Kishore, R. Ramesh (eds). *Integrated Series in Information Systems* Vol. 14. Ed. Springer US. Heidelberg, Germany. 2007. pp. 752-776.
5. A. Gruver, B. Kotak, E. Leeuwen, D. Van and Norrie. “Holonc Manufacturing Systems: Phase II”. In *Holonc and Multi-Agent Systems for Manufacturing*. V. Marik, D. Mcfarlane and P. Valckenaers (eds). *Lecture Notes in Computer Science* Vol. 2744. Ed. Springer Berlin Heidelberg. Berlin, Germany. 2004. pp. 1-14.

6. V. Brussel, J. Wyna, P. Valckenaers, L. Bongaerts, P. Peeters. "Reference architecture for holonic manufacturing systems: PROSA". *Computers in industry*. Vol. 37. 1998. pp. 255-274.
7. R. Neches, R. Fikes, T. Finin, T. Gruber, R. Patil. "Enabling technology for knowledge sharing". *AI magazine*. Vol. 12. 1991. pp. 36.
8. T. Gruber. "A translation approach to portable ontology specifications". *Knowledge Acquisition*. Vol. 5. 1993. pp. 199-221.
9. W. Borst. *Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse*. Ph.D Thesis. University of Twente. Enschede, Nederland. 1997. pp.227.
10. N. Noy, D. McGuinness. "Ontology development 101: A guide to creating your first ontology", in *Stanford Medical Informatics*. Technical Report SMI-2001-0880. Stanford, USA. 2001. pp. 25.
11. R. Kishore, R. Ramesh, R. Sharman. *Computational Ontologies: foundations, representations, and methods*. Proceedings of the Ninth Americas Conference on Information Systems AMCIS. Tampa, Florida, US. 2003. pp. 3178-3189.
12. S. Bechhofer, F. Van Harmelen, J. Hendler, I. Horrocks, D. McGuinness, P. Schneider, L. Stein. *OWL web ontology language reference*. W3C proposed recommendation. 2004. Available on: <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>. Accessed: February 2006
13. Protégé. Disponible en: <http://protege.stanford.edu/>. Consultado: Agosto 2011.
14. J. Gennari, M. Musen, F. Grosso, W. Crubézy, M. Eriksson, H. Noy, N.F. S.Tu. "The evolution of Protégé an environment for knowledge-based systems development". *International Journal of Human-Computer Studies, Elsevier*. Vol. 58. 2003. pp. 89-123.
15. X. Zhu, J. Zhi. "Inconsistency measurement of software requirements specifications: an ontology-based approach". 10th IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems, ICECCS 2005. Shanghai, China. 2005. pp. 402-410.
16. V. Dzung, A. Ohnishi. *Improvement of Quality of Software Requirements with Requirements Ontology*. 9th International Conference on Quality Software. QSIC '09. Jeju, South Korea. 2009. pp. 284-289.
17. J. Zapata, O.Tamayo, I. Arango. "Conversión de Esquemas Preconceptuales a diagrama de casos de uso empleando AToM³". *Dyna*. Vol. 153. 2007. pp. 237-251.
18. Yu. Guo, J. Hai, T. Guo, L. Wen. *Research on manufacturing resource organization model based on ontology*. IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA). Harbin, China. 2010. pp. 1978-1983.
19. W. Long. *Construct MES Ontology with OWL*. ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management, CCCM '08. Washington, USA. 2008. pp. 614-617.
20. M. Obitko, V. Marik. *Ontologies for multi-agent systems in manufacturing domain*. 13th International Workshop on Database and Expert Systems Applications. Washington, DC, USA. 2002. pp. 597-602.
21. A. Giret, V. Botti. *Analysis and design of holonic manufacturing systems*. Proceedings of the 18th International Conference on Production Research. Citeseer, Salerno. Italy, 2005. pp. 1-10.
22. A. Baqai, A. Siadat, J. Dantan, P. Martin. *Integration of a manufacturing ontology with the design of reconfigurable machine tool using function-behavior-structure approach*. 2nd International Conference on Digital Information Management, ICDIM '07. Lyon, France. 2007. pp. 473-478.
23. Z. Jiehan, R. Dieng. *Manufacturing ontology analysis and design: towards excellent manufacturing*. 2nd IEEE International Conference on Industrial Informatics, INDIN '04. Berlin, Germany. 2004. pp. 39-45.
24. B. Chandrasekaran, J. Josephson, V. Benjamins. "What are ontologies, and why do we need them?". *Intelligent Systems and their Applications*. Vol. 14. 1999. pp. 20-26.