

Consulte las discusiones, las estadísticas y los perfiles de los autores de esta publicación en: <https://www.researchgate.net/publication/323362944>

Una ontología FIPA-ACL para mejorar la interoperabilidad entre múltiples agentes Comunicación

Capítulo en Apuntes de Ingeniería Eléctrica - Febrero de 2018

DOI: 10.1007/978-981-10-8276-4_15

CITAS

5

LECTURAS

488

4 autores, entre ellos:



[Chin Kim On](#)

Universidad de Malasia Sabah

101 PUBLICACIONES 839 CITAS

VER PERFIL



[Patricia Anthony](#)

Universidad de Lincoln

118 PUBLICACIONES 1,190 CITAS

VER PERFIL



[Abdul Aziz Hamdan](#)

Universidad Tecnológica de Malasia

73 PUBLICACIONES 855 CITAS

VER PERFIL

Versión preimpresa - 1 de noviembre de 2017

Una ontología FIPA-ACL para mejorar la interoperabilidad Comunicación entre múltiples agentes

Kim Soon Gan^{1,1}, Kim On Chin¹ , Patricia Anthony² , Abdul Razak Hamdan³

¹ Centro de Excelencia en Agentes Semánticos Facultad de Computación e Informática (Kota Kinabalu)
Universiti Malaysia Sabah, Jalan UMS 88400, Kota Kinabalu, Sabah, Malasia

g_k_s967@yahoo.com, kimonchin@gmail.com, Facultad de
² Medio Ambiente, Sociedad y Diseño, Universidad de Lincoln, Christchurch, Nueva Zelanda

Patricia.Anthony@lincoln.ac.nz Centro
³ de Tecnología de Inteligencia Artificial (CAIT) Facultad de Ciencia y Tecnología de la Información, Universiti
Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM, Bangi Selangor, Malasia arh@ukm.edu.my

Resumen. La naturaleza del paradigma informático ha evolucionado de centralizado, estático y cerrado a distribuido, dinámico y abierto gracias a la llegada y popularidad de Internet. Los sistemas multiagente (MAS) ganaron popularidad gracias a sus características que se ajustan a este cambio de paradigma. Para que los MAS interactúen eficientemente y se comuniquen significativamente, el lenguaje de comunicación con agentes (ACL) desempeña un papel fundamental. FIPA-ACL es un ACL desarrollado por FIPA que se ha convertido en la implementación de facto de ACL en MAS. Otra tendencia emergente derivada de Internet es la Web Semántica (SW). La web semántica es una extensión de la World Wide Web actual que codifica el contenido de la web con un significado bien definido para que pueda ser procesado por máquinas como ordenadores (agentes). Por lo tanto, la combinación del FIPA-ACL existente con la web semántica puede llevar los ACL a otro nivel y mejorar la interoperabilidad en los MAS. En este artículo, se desarrolla una ontología FIPA-ACL en OWL para mejorar la comunicación entre agentes en MAS.

Palabras clave: Lenguaje de comunicación del agente, FIPA-ACL, Web semántica, Ontología, OWL

1 Introducción

Internet ha cambiado la interacción computacional en el entorno informático actual. El paradigma informático evolucionó de un sistema centralizado, cerrado y estático a uno distribuido, abierto y dinámico. Este cambio de paradigma informático también se conoce como sistema abierto [1, 2]. La tecnología de agentes, que surgió como un nuevo paradigma de computación de software, coincide con

¹ Tenga en cuenta que el editorial de LNCS asume que todos los autores han utilizado el lenguaje occidental.

Convención de nomenclatura, con los nombres de pila precediendo a los apellidos. Esto determina la Estructura de los nombres en los encabezados y el índice de autores.

sistema abierto [3,4]. El sistema multiagente está compuesto por múltiples agentes heterogéneos que pueden distribuirse en diferentes entornos y entrar y salir libremente de la comunidad de agentes [5]. Como resultado, los agentes necesitan interactuar o comunicarse para lograr algunos objetivos o tareas [6]. Para que los agentes lleven a cabo interacciones como la coordinación, la cooperación, la colaboración y la negociación, necesitan comunicarse de una manera que pueda ser entendida por cada agente [7,8,9,10]. El lenguaje de comunicación del agente (ACL) [11] es el lenguaje de comunicación utilizado para lograr la interoperabilidad entre agentes. Dos de los ACL más comunes adoptados por el MAS son KQML y FIPA-ACL. KQML es el primer ACL desarrollado por el esfuerzo de intercambio de conocimiento de DARPA [12]. La comunicación de alto nivel se desarrolló inicialmente para intercambiar información y conocimiento para el sistema basado en el conocimiento y luego se extendió para la comunicación entre agentes. FIPA-ACL fue desarrollado por FIPA, que es una organización sin fines de lucro establecida para promover la tecnología de agentes y la interoperabilidad entre aplicaciones de agentes [13,14]. FIPA-ACL se ha adoptado más ampliamente que KQML en los últimos años debido a la semántica formal de FIPA-ACL y la capacidad de FIPA para promover la tecnología del agente a través de un conjunto de especificaciones que actúa como guía para desarrolladores y proveedores de la industria.

Otra tendencia emergente en los sistemas de Internet es la web semántica. Esta es una extensión de la web actual que codifica los recursos de contenido web con un significado bien definido que permite su procesamiento automático [15]. Para materializar la web semántica, se utilizan tecnologías como RDF [16], RDFS [17] y OWL [18]. Se han creado. Además, se han creado otras tecnologías como SWRL [19] y SPIN [20]. Se crearon para incorporar reglas en la web semántica y expresar restricciones, reglas y lógica de negocio. Existe una creciente tendencia a aplicar la web semántica en MAS para aumentar la eficiencia computacional y facilitar la comunicación. Además, el software se utiliza como ontología, base de conocimiento, restricciones de validez y comprobación de consistencia, entre otros. El software también se ha utilizado en ACL como codificación para la comunicación. En este artículo, se desarrolla una ontología FIPA-ACL que actúa como ontología estandarizada para que MAS la adopte y la extienda como un componente de ACL en MAS para mejorar la interoperabilidad de la comunicación entre MAS.

Este artículo presenta una ontología FIPA-ACL que puede ser reutilizada e importada por las aplicaciones de los agentes que se comunican mediante FIPA-ACL. La ontología se crea mediante un proceso de desarrollo de ontologías por etapas. El resto del artículo se organiza de la siguiente manera: la Sección 2 describe parte del trabajo relacionado con la ontología FIPA-ACL. La metodología de ingeniería de ontologías se describe en la Sección 3. La Sección 4 describe los pasos del desarrollo de la ontología FIPA-ACL y, finalmente, la Sección 5 concluye y resume el trabajo presentado en este artículo.

2 trabajos relacionados

En esta sección, se revisan algunos trabajos relacionados con FIPA-ACL basado en ontologías, que sirven como base y motivación para esta investigación. Esta revisión está organizada cronológicamente para observar el progreso de las investigaciones en esta área. Uno de los primeros trabajos observados es el de FIPA sobre su especificación para codificar el contenido del mensaje en codificación RDF, conocido como Lenguaje de Contenido RDF FIPA.

Especificación [21]. Esta especificación especifica cómo representar objetos, proposiciones y acciones en RDF y en diferentes versiones de RDF con distintas extensiones. La codificación en RDF se basa en aumentar el nivel de interoperabilidad. Las ventajas de la codificación RDF incluyen extensibilidad, reutilización, simplicidad y estándares para el intercambio de datos y esquemas. Sin embargo, RDF es simplemente un formato de datos para codificación e intercambio, por lo que su expresividad es limitada.

También se ha propuesto DAML, otra tecnología de web semántica, para codificar el mensaje ACL [22]. La mayor expresividad de DAML en comparación con RDF y RDFS enriqueció el contenido expresado en el mensaje ACL. En este trabajo, se define una ontología DAML para la comunicación. Se utilizó una aplicación de demostración del proyecto ITTalks para ilustrar la codificación de la comunicación en DAML. Desafortunadamente, DAML, como piedra angular de OWL, no cobró impulso como tecnología de web semántica.

Zou continuó su investigación en ACL utilizando lenguaje de la web semántica como lenguaje de contenido, pero esta vez se centró en OWL. Travel Agent Game in Agentcities (TAGA) es un marco de trabajo compatible con FIPA que amplió y mejoró el escenario de Competición de Agentes Comerciales (TAC) en Agentcities como un entorno MAS abierto. OWL se utilizó como lenguaje de contenido en los mensajes FIPA-ACL para que los agentes se comunicaran entre sí y razonaran sobre las acciones y los servicios. Al aprovechar las ventajas de OWL, el contenido de los mensajes puede ser más expresivo, inequívoco, interpretable por computadora, interoperable, cuenta con técnicas de razonamiento automatizado, un mayor nivel de interoperabilidad entre agentes y permite compartir contenido significativo [23,24].

AgentOWL es otra investigación que incorporó OWL como representación del modelo interno del agente y la comunicación [25]. Se trata de un marco distribuido de MAS, basado en JADE, con un modelo de conocimiento genérico para el agente. La descripción formal del modelo se representa mediante lógica descriptiva. El modelo consta de cinco elementos principales: recursos, acciones, actores, contexto y eventos. AgentOWL utilizó el razonador semántico de Jena para razonar el contexto, los recursos, las acciones y el dominio de conocimiento del agente, así como el contenido de su comunicación. CommonKADs se utiliza para modelar y desarrollar el MAS, mientras que los lenguajes de modelado UML y AUML se utilizan para modelar el formalismo. Como resultado, el modelo de conocimiento del agente es más genérico y expresivo, y puede adoptarse y utilizarse fácilmente en otras aplicaciones similares.

Pu utilizó la representación de la web semántica para el protocolo de negociación en el comercio electrónico [26]. La ontología se utiliza para describir el protocolo de negociación y así aumentar la eficiencia del proceso. El protocolo de negociación empleado en esta investigación es el protocolo Contract Net. El prototipo de demostración se construyó sobre JADE y el razonamiento empleó la API de Jena. Este trabajo se amplió aún más utilizando OWL para el proceso de comunicación entre agentes en una arquitectura en capas.

El modelo de agente semántico (SAM) utiliza tecnologías de la web semántica para el modelado de MAS y el soporte de la base de conocimiento [27]. En SAM, el lenguaje de reglas de la web semántica (SWRL) se utiliza para modelar el comportamiento y las restricciones de diferentes agentes. Se utiliza una arquitectura de tres capas para modelar los agentes, compuesta por una capa de base de conocimiento, una capa de motor y una capa de acción de bajo nivel. Los diferentes estados de las acciones de los agentes se modelan mediante el concepto FSM extendido.

Fornara ha sido uno de los actores clave en la representación del modelo semántico social de ACL mediante obligaciones y normas [28,29]. Se desarrolló una ontología de obligaciones para modelar la obligación entre deudor y acreedor en una proposición temporal. Se utilizó un programa externo para monitorear las restricciones temporales en

La proposición temporal para determinar los diferentes estados de las obligaciones. Fornara y su equipo han profundizado la investigación sobre la representación de políticas e instituciones artificiales [30,31].

Se puede observar que existen trabajos en curso sobre ACL. Sin embargo, aún no se ha desarrollado la ontología completa para FIPA-ACL. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es desarrollar una ontología FIPA-ACL para la interoperabilidad de la comunicación entre agentes.

3 Metodologías

Para desarrollar la ontología FIPA-ACL, utilizamos el enfoque de ingeniería ontológica.

El proceso de desarrollo de ontología utilizado en este trabajo proviene del enfoque de ingeniería de ontología de Noy y Deborah [32], que también fue adoptado por muchos de los investigadores que trabajan en el desarrollo de ontología.

Este proceso de desarrollo de ontologías incluye varios pasos que requieren iteración para su refinamiento y evaluación. Los pasos de este enfoque de desarrollo de ontologías son los siguientes:

1. Determinar el dominio y el alcance de la ontología.
2. Considere reutilizar las ontologías existentes.
3. Enumerar términos importantes en ontología.
4. Defina las clases y la jerarquía de clases.
5. Defina las propiedades de las clases.
6. Defina las facetas de las ranuras.
7. Crear instancias.

El primer paso en el desarrollo de una ontología es definir su dominio y alcance. Esto se logra mediante una lista de preguntas, compuesta por preguntas básicas y preguntas de competencia. Al revisar esta lista, se puede identificar aproximadamente el dominio y alcance de la ontología. El siguiente paso es considerar la reutilización de ontologías existentes, verificando si existen ontologías desarrolladas que sean aptas para su reutilización o ampliación.

Reutilizar cualquier ontología conocida puede aumentar la interoperabilidad de la ontología desarrollada. El siguiente paso es identificar una lista de términos importantes relacionados con el dominio de la ontología. Esta lista de términos puede obtenerse de numerosos documentos relacionados o de expertos en el dominio. Normalmente, los sustantivos identificados representan la clase de la ontología y los verbos la relación entre las clases conectadas en ella. La lista de términos sentará las bases para definir las clases y la jerarquía de clases en el siguiente paso. Existen varios enfoques para desarrollar la jerarquía de clases, como el enfoque de desarrollo descendente, el enfoque de desarrollo ascendente y el enfoque híbrido. El enfoque de desarrollo descendente se basa en

El concepto más general se reduce a un concepto especializado. Por otro lado, el enfoque de desarrollo ascendente se basa en el concepto más específico y agrupa los conceptos específicos relacionados para formar una clase general. El enfoque híbrido combina ambos procesos y se encuentra en un punto intermedio. Tras definir las clases y su jerarquía, el siguiente paso es definir las propiedades relacionadas con estas clases. Esto...

Las propiedades definen los valores de los atributos de la clase específica. En este paso también se define la relación entre los individuos de las clases. En el paso siguiente, se definen las facetas de los valores de las propiedades identificadas. Estas facetas incluyen la cardinalidad, el tipo de valor, el dominio y el rango. El paso final consiste en completar la ontología con instancias e individuos. Estos pasos deben realizarse en varias iteraciones antes de desarrollar y completar la ontología final.

4 Desarrollo de la ontología FIPA-ACL

4.1 Determinar el dominio y alcance de la ontología

La ontología de dominio cubrirá la especificación FIPA-ACL, que incluye los diferentes actos de comunicación, los distintos protocolos de interacción, el lenguaje del contenido y la estructura del mensaje. La ontología será utilizada por agentes (entidades autónomas) que intercambian información y conocimiento conforme a las normas FIPA (los agentes se comunican mediante FIPA-ACL). La ontología identificará los términos y el vocabulario utilizados para el intercambio de mensajes de conversación FIPA-ACL y permitirá inferir el performativo utilizado en el mensaje. La ontología podrá ser importada por otros agentes que utilicen FIPA-ACL como lenguaje de comunicación y también podrá ser ampliada por aquellos que deseen introducir performativos adicionales al conjunto básico para mejorar la interoperabilidad en la comunicación entre agentes.

Además, la ontología podría ser capaz de responder las siguientes preguntas de competencia: ¿Qué performativo debería usarse para el siguiente mensaje según el contenido y el performativo del mensaje anterior? Antes de ejecutar el performativo seleccionado, se realiza una validación verificando si el agente conoce el contenido o si puede realizar las acciones basándose en el conocimiento.

4.2 Considere reutilizar las ontologías existentes

Existen dos ontologías relacionadas con FIPA-ACL, desarrolladas por Zou en TAGA y Dickinson en NUIN. Estas dos ontologías servirán como base de referencia para el desarrollo de la ontología de este artículo. En la ontología de Zou, no se considera ningún modelo semántico al definir la ontología FIPA-ACL. En la ontología de Dickson, solo se considera el modelo mentalista presente en las ontologías FIPA-ACL. Otra ontología que se reutilizará en este trabajo es la ontología de la obligación de Fornara. Esta ontología de la obligación se basa en el modelo semántico del compromiso social inferido a partir de la interacción social.

4.3 Enumerar términos importantes en la ontología

La lista de términos para esta ontología se extrae de diversa documentación, incluidas las especificaciones FIPA, la publicación en lenguaje de comunicación del agente,

Modelo semántico de comunicación e interacciones entre agentes y otros. Sin embargo, el documento más importante es el conjunto de especificaciones FIPA-ACL, ya que constituye la guía principal para que los desarrolladores desarrollen el modelo FIPA-ACL MAS. Algunos de estos términos incluyen: performativos, mensaje, conversación, agente, emisor, receptor, contenido, lenguaje, codificación, ontología, identificador de conversación, responder con, en respuesta a y responder por. Los sustantivos que identifican la lista de términos normalmente se considerarían como clases y los verbos que identifican la lista de términos serían las relaciones que conectan las clases identificadas.

4.4 Definir las clases y la jerarquía de clases

El enfoque híbrido se utiliza para definir la ontología FIPA-ACL. Primero se definen los conceptos más relevantes y, a continuación, se les aplica la generalización y la especialización según corresponda. Por ejemplo, la clase performativa es una superclase para las diferentes subclases performativas y clases de protocolo. La lista de protocolos se muestra en la Figura 1. Otras clases relevantes identificadas como parte de la ontología se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Clases de ontología FIPA-ACL.

Clases	rdf:tipo	SubclaseDe
Agente	búho:Clase	búho:Cosa
Plataforma del agente	búho:Clase	búho:Cosa
Acto comunicativo	búho:Clase	búho:Cosa
Conversación	búho:Clase	búho:Cosa
Mensaje	búho:Clase	búho:Cosa
Objeto	búho:Clase	búho:Cosa
Ontología	búho:Clase	búho:Cosa
Protocolo	búho:Clase	búho:Cosa
Role	búho:Clase	búho:Cosa
Regla	búho:Clase	búho:Cosa
Servicio	búho:Clase	búho:Cosa
Estado	búho:Clase	búho:Cosa

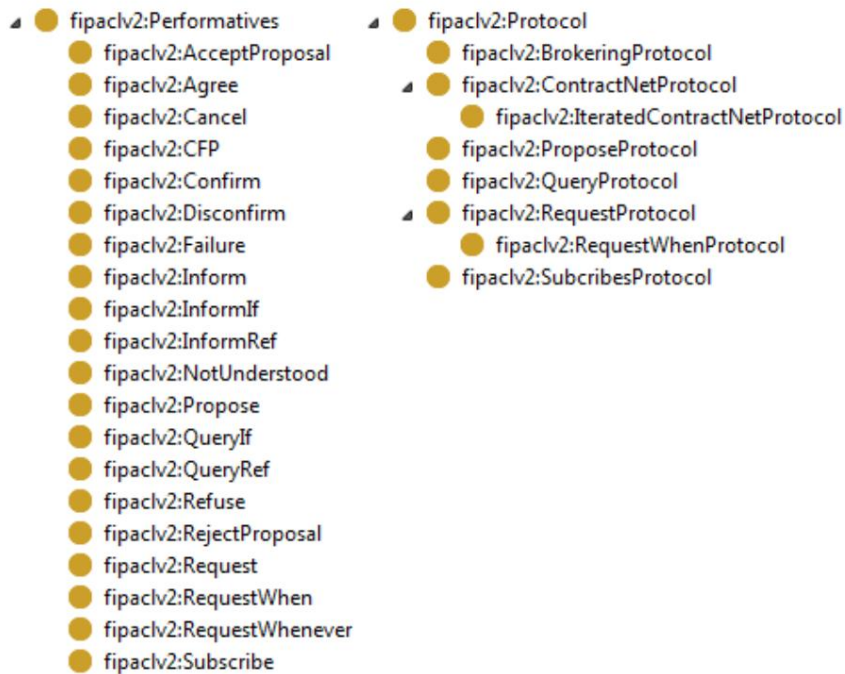


Fig. 1. Jerarquías de clases de ontología FIPA-ACL.

4.5 Definir las propiedades de las clases-ranuras

Tras identificar la jerarquía de clases, se identifican los valores de los atributos de las clases y las relaciones entre ellas. Las relaciones entre clases se identifican mediante la lista de verbos de los términos identificados. Los valores de los atributos de las clases son los términos restantes que no son clases ni relaciones. Las relaciones entre clases se identificarán como propiedades del objeto, mientras que los valores de los atributos se identifican como propiedades de los datos. La Tabla 2 muestra algunas de las propiedades del objeto identificadas para la ontología.

Tabla 2. Propiedades de los objetos con dominio y rango.

Nombre de la propiedad	Tipo	Rango de dominio	
en la plataforma			Plataforma del agente
búho:ObjetoPropiedadAgente tiene Dirección del Agente		búho:ObjetoPropiedadAgente	URIs
tiene contenido	búho:ObjetoPropiedad Mensaje Hecho, Objeto, Acción		
Ontología	owl:ObjectProperty Ontología de mensajes		

tiene protocolo	owl:Protocolo de mensajes	ObjectProperty	
tiene receptor	owl:ObjectProperty	Agente de mensajes	
tiene remitente	owl:ObjectProperty	Agente de mensajes	
tiene servicio	owl:ObjectProperty	Agente	Servicio
enRespuesta a	owl:ObjectProperty	Expresión de mensaje	
la respuesta de	owl:Agente de servicio	ObjectProperty	
propiedadPor	búho:ObjetoPropiedad	Mensaje Hora	
	owl:ObjectProperty	Agente de mensajes	
ResponderResponderCon	búho:ObjectProperty	Expresión del mensaje	

4.6 Definir las facetas de los atributos

Las facetas identificadas incluyen el tipo de valor permitido, los valores, la cardinalidad y otras características. La cardinalidad de los atributos puede especificar el valor máximo y mínimo. Valor y el valor exacto de los atributos. Los tipos de valor básicos permitidos se basarían en los tipos de datos del esquema XML permitidos en OWL 2 DL. Los tipos de valor también pueden ser un valor de instancia de las clases definidas. Si el tipo de valor es un valor de instancia, se pueden utilizar la cuantificación universal y existencial, y los operadores de conjunto de unión e intersección para definir las facetas de ranura. El dominio y el rango de las propiedades se definen para restringir el valor permitido para cada relación. Algunos de los dominios y rangos de Las propiedades de relación se muestran en la Tabla 2.

4.7 Crear instancias

En esta ontología no se rellenarán instancias, ya que se crearán durante el intercambio de mensajes entre agentes. Algunas instancias de prueba se rellenan para validar la consistencia y la solidez de las ontologías.

5 Conclusión

Este artículo tiene como objetivo crear una ontología FIPA-ACL más completa, basada en la especificación FIPA-ACL, necesaria para facilitar la comunicación entre agentes. Al combinar FIPA-ACL y OWL 2 DL para la ontología FIPA-ACL, se cree que puede ofrecer ventajas adicionales y superar algunas limitaciones. OWL 2 DL es un subconjunto decidible de la lógica de primer orden. Por lo tanto, su uso como lenguaje de contenido permite que la lógica de representación sea decidible, en comparación con la lógica modal o la lógica de primer orden. Además, gracias a su rica expresividad y a la inferencia incremental de nuevo conocimiento, OWL 2 DL permite representar los diferentes tipos de contenido para FIPA-ACL, incluyendo

Objeto, acción y expresión. En el siguiente paso, la ontología FIPA-ACL se dotará del modelo semántico que permitirá verificar el proceso de comunicación.

Agradecimientos. Este proyecto está financiado por el Ministerio de Educación Superior de Malasia (RACE0014-TK-2014).

Referencias

1. Luck, M., McBurney, P., Preist, C.: Tecnología de agentes: Habilitación de la computación de próxima generación (una hoja de ruta para la computación basada en agentes). AgentLink. (2003)
2. Artikis, A. 2012: Especificación dinámica de sistemas de agentes abiertos. Journal of Logic and Computation 22(6): 1301–1334 (2012)
3. Luck, M., McBurney, P., Shehory, O., Willmott, S.: Hoja de ruta tecnológica de agentes: Resumen e informe de consulta. AgentLink III. (2004)
4. Luck, M., McBurney, P., Shehory, O., Willmott, S.: Tecnología de agentes: computación como interacción (una hoja de ruta para la computación basada en agentes). Universidad de Southampton. (2005)
5. Sycara, KP: Sistemas multiagente. Revista AI. 19(2), págs. 79 - 93 (1998)
6. Payne, TR, Paolucci, M., Singh, R., Sycara, K.: Agentes comunicantes en sistemas abiertos multiagente. En las actas del 1.er Taller GSFC/JPL sobre conceptos de agentes radicales (WRAC) (2002).
7. Beer, M., D'inverno, M., Luck, M., Jennings, N., Preist, C., Schroeder, M.: Negociación en sistemas multiagente. The Knowledge Engineering Review, 14(3), 285-289. (1999)
8. Jennings, NR: Compromisos y convenciones: La base de la coordinación en múltiples Sistemas de agentes. The Knowledge Engineering Review, 8(3), 223-250. (1993)
9. Olfati-Saber, R., Fax, JA, Murray, RM: Consenso y cooperación en redes multidisciplinares Sistemas de agentes. Actas del IEEE, 95(1), 215-233. (2007)
10. Poslad, S.: Especificación de protocolos para la interacción de sistemas multiagente. Transacciones ACM en Sistemas Autónomos y Adaptativos (TAAS), 2(4). (2007)
11. Labrou, Y., Finin, T., Peng, Y.: Lenguajes de comunicación de agentes: el panorama actual. Sistemas inteligentes IEEE y sus aplicaciones, 14(2), 45-52. (1999)
12. Finin, T., Weber, J., Wiederhold, G., Genesereth, M., Fritzson, R., McKay, D., Beck, C.: Borrador de la especificación del lenguaje de comunicación entre agentes KQML. (1993)
13. FIPA.: Especificación FIPA, parte 2: Lenguaje de comunicación con agentes. Informe técnico, FIPA-Fundación para Agentes Físicos Inteligentes. (1997)
14. FIPA.: Especificación de la Estructura de Mensajes ACL FIPA. Fundación para la Inteligencia Física Agentes. (2002)
15. Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O.: La web semántica. Scientific American, 284(5), 28-37. (2001)
16. Cyganiak, R., Wood, D., Lanthaler, M.: Conceptos y sintaxis abstracta de RDF 1.1. W3C Recomendación. (2014)
17. Brickley, D., Guha, RV, McBride, B.: Esquema RDF 1.1. Recomendación del W3C. (2014)
18. Hitzler, P., Krötzsch, M., Parsia, B., Patel-Schneider, PF, Rudolph, S.: Introducción al lenguaje de ontología web OWL 2. Recomendación del W3C. (2009)
19. Horrocks, I., Patel-Schneider, PF, Boley, H., Tabet, S., Grosz, B., Dean, M.: SWRL: Un lenguaje de reglas para la web semántica que combina OWL y RuleML. Presentación de un miembro del W3C (2004).
20. Knublauch, H., Hendler, JA, Idehen, K.: Resumen y motivación de SPIN. Presentación de un miembro del W3C. (2011)
21. FIPA.: Especificación del lenguaje de contenido RDF. FIPA-Fundación para la Inteligencia Física Agentes. (2000)

22. Zou, Y., Finin, T., Peng, Y., Joshi, A., Cost, S.: Comunicación de agentes en el mundo DAML. En "Conceptos innovadores para sistemas basados en agentes: Primer taller internacional sobre conceptos radicales de agentes", WRAC 2003. Springer. (2003)
23. Zou, Y., Finin, T., Ding, L., Chen, H. (2003). TAGA: Uso de tecnologías de la Web Semántica en sistemas multiagente. En la Conferencia Conjunta Internacional sobre Inteligencia Artificial 2003.
24. Zou, Y., Finin, T., Ding, L., Chen, H., Pan, R.: Uso de la tecnología de la web semántica en sistemas multiagente: un estudio de caso en el entorno de agentes comerciales TAGA. En Actas de la 5.^a Conferencia Internacional sobre Comercio Electrónico. Págs. 95-101. ACM. (2003)
25. Laclavik, M., Balogh, Z., Babik, M., Hluchý, L.: AgentOWL: modelo de conocimiento semántico y arquitectura de agentes. Computación e Informática, 25(5), 421-439. (2012)
26. Pu, Q., Fu, S., Cao, Y., Hou, Z.: Adopción de ontología y agente en el servicio de negociación electrónica. En la 8.^a Conferencia Internacional del IEEE sobre Informática Cognitiva ICCI'09, págs. 547-551. IEEE. (2009)
27. Subercaze, J., Maret, P.: SAM: Modelo de Agente Semántico para agentes basados en reglas SWRL. En la Conferencia Internacional sobre Agentes e Inteligencia Artificial, vol. 2, págs. 244-248 (2010)
28. Fornara, N., Colombetti, M.: Ontología y evolución temporal de obligaciones y prohibiciones mediante tecnología de la web semántica. En el Taller Internacional sobre Lenguajes y Tecnologías de Agentes Declarativos. pp. 101-118. Springer, Berlín, Heidelberg. (2009)
29. Fornara, N., Colombetti, M.: Representación y seguimiento de compromisos y normas mediante OWL. AI communications, 23(4), págs. 341-356. (2010)
30. Fornara, N., Okouya, D., Colombetti, M.: Uso de OWL 2 DL para expresar contenido y semántica de ACL. En el taller europeo sobre sistemas multiagente. Págs. 97-113. Springer, Berlín, Heidelberg. (2011)
31. Fornara, N., Cardoso, HL, Noriega, P., Oliveira, E., Tampitsikas, C., Schumacher, MI: Modelado de instituciones de agentes. En Tecnologías de Acuerdo. Págs. 277-307. Springer Países Bajos. (2013)
32. Noy, NF, McGuinness, DL: Desarrollo de ontologías 101: Una guía para crear su primera ontología. Laboratorio de Sistemas de Conocimiento, Universidad de Stanford. Informe Técnico KSL-01-05 del Laboratorio de Sistemas de Conocimiento de Stanford e Informe Técnico SMI-2001-0880 de Informática Médica de Stanford. (2001)