

Resumen

Actualmente existe una creciente demanda de sistemas flexibles, adaptables y con gran escalabilidad para apoyar las interacciones de personas e instituciones distribuidas en entornos heterogéneos. Esto se debe principalmente al incremento en la necesidad de trabajo colaborativo y la descentralización de los procesos en muchos dominios de aplicación. Por lo general, estas aplicaciones de software deben seguir legislaciones y normativas específicas, es decir, las entidades que participan en el sistema tienen derechos, deberes y restricciones específicas. Al igual que en otros trabajos del área, en esta tesis se utiliza el término sistemas normativos abiertos para referirse a los sistemas de este tipo. El desarrollo de sistemas normativos abiertos puede producir importantes beneficios para las compañías que los usen, ya que permiten la comunicación de instituciones, entidades heterogéneas y diferentes dispositivos con el fin de lograr tanto los objetivos globales del sistema como los individuales de cada institución y entidad. Sin embargo, también hay algunas cuestiones importantes que potencialmente pueden complicar el análisis, diseño e implementación de estos sistemas. La mayoría de estos problemas están relacionados con la interoperabilidad de sus procesos, la privacidad, la combinación de los objetivos individuales y la combinación de las restricciones y la legislación de cada una de las entidades del sistema. Por lo tanto, es necesario el uso de métodos de ingeniería del software y herramientas de desarrollo para hacer frente a estos problemas y guiar a los desarrolladores durante el proceso de desarrollo.

La tecnología basada en sistemas multiagente (SMA) es considerada una buena candidata para el desarrollo de sistemas normativos abiertos. Durante los últimos años, el uso de las tecnologías SMA se ha incrementado no sólo en el ámbito académico, sino también en el desarrollo e implementación de aplicaciones industriales. Los SMA se han establecido como un paradigma de la ingeniería de software para la creación de sistemas adaptativos complejos, en entornos distribuidos y heterogéneos. Esta tesis se centra en el análisis y diseño de sistemas normativos abiertos utilizando la tecnología SMA. Algunas metodologías SMA se dedican al desarrollo de sistemas de este tipo. Sin embargo, después de analizar en qué medida las metodologías SMA actuales soportan el análisis y el diseño de estos sistemas, podemos concluir que todavía hay importantes problemas a resolver en el área. Algunos de estos problemas son la integración del contexto normativo del sistema durante el proceso de desarrollo, la falta de directrices para identificar y formalizar este contexto normativo, la falta de técnicas de validación y verificación que garanticen la coherencia del diseño final respecto a los requisitos del sistema, la coherencia entre los objetivos individuales, y la coherencia de las restricciones de cada entidad respecto al contexto normativo del sistema global.

La principal aportación de esta tesis es una nueva metodología SMA llamada ROMAS (Sistemas Multiagente Regulados y Abiertos), que se centra en el análisis y diseño de procesos para el desarrollo de sistemas multiagente organizacionales, donde los agentes interactúan por medio de servicios estándares, y donde las relaciones sociales y contractuales se formalizan mediante normas y contratos. La metodología ROMAS define un proceso de desarrollo orientado a agentes y proporciona guías específicas para identificar y formalizar el marco normativo del sistema, así como las comunicaciones y los intercambios de servicios y recursos. ROMAS especifica tanto el comportamiento global del sistema como las características individuales de cada entidad. En la metodología ROMAS, agentes, roles y organizaciones se definen a través de una estructura social formal basada en una arquitectura orientada a servicios. Aquí, las organizaciones representan un conjunto de personas e instituciones que tienen que coordinar recursos y servicios a través de fronteras institucionales. En este contexto, los agentes representan a las partes individuales que asumen roles en el sistema, dentro de una organización (por ejemplo, una empresa), que pueden ofrecer y consumir servicios como parte de las funciones que desempeñan. Más allá de esto, las organizaciones también pueden ser construidas para coordinar recursos y servicios a través de los límites institucionales. Las normas definen permisos, obligaciones y prohibiciones que restringen el comportamiento de las entidades del sistema. Los contratos se utilizan para formalizar las relaciones entre las entidades. En nuestro enfoque, podemos diferenciar entre dos tipos de contratos: acuerdos contractuales y contratos sociales.

Esta tesis también presenta una herramienta de modelado para el desarrollo de los sistemas normativos abiertos diseñados utilizando la metodología ROMAS. Esta herramienta de modelado integra técnicas de model checking que permiten la verificación de la coherencia del marco normativo de un sistema, es decir, la coherencia entre las restricciones y compromisos de cada entidad y la especificación global del sistema. Por último, con el fin de evaluar la calidad y usabilidad de nuestra propuesta, hemos analizado hasta qué punto la metodología ROMAS soporta el análisis y diseño de sistemas normativos abiertos. Además, hemos llevado a cabo una evaluación empírica de la aplicabilidad de la metodología y las herramientas ROMAS mediante el análisis y diseño de casos de estudio de diferentes ámbitos (salud, comercio electrónico y fabricación). El diseño de estos casos de estudio ha sido útil para evaluar las diferentes dimensiones y usos de la metodología ROMAS.