

ARQUITECTURA DE BDI MULTIAGENTE EN TIEMPO REAL CON MIGRACIÓN DEL AGENTE Y MÉTODOS DE LOS MISMOS

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

1. Campo de la invención.

La presente invención se refiere a una arquitectura de control basada en el paradigma BDI para controlar un sistema complejo en tiempo real y la migración de dominio de módulos de agente BDI.

2. Descripción de la técnica anterior.

El desarrollo de aplicaciones complejas en robótica, informática móvil, control autónomo y gestión de redes, entre otros, conlleva requisitos críticos que imponen desafíos especiales en el diseño y ejecución del modelo del sistema. Algunos de estos desafíos son los requisitos de rendimiento (incluidas las restricciones en tiempo real), la adaptabilidad y la interoperabilidad. Estos requisitos, a su vez, exigen sistemas escalables, modulares, flexibles y distribuidos que puedan mostrar propiedades emergentes.

El diseño de sistemas complejos a partir de requisitos puede abordarse modelando estos sistemas como entidades autónomas (agentes) que tienen mecanismos de comunicación entre ellos. Estas estructuras constituyen sistemas de múltiples agentes (MAS) con importantes ventajas sobre otros enfoques para modelar problemas complejos debido a su naturaleza dinámica, orientación a objetivos, racionalidad, capacidad de aprendizaje, escalabilidad, modularidad y flexibilidad.

La arquitectura BDI (creencia-deseo-intención) es un modelo orientado a objetivos que generalmente emplea ejecución dirigida por eventos y presenta estructuras deliberativas y reactivas. El modelo de agente BDI se basa en una visión simplificada de la inteligencia humana en la que los agentes tienen su visión del mundo (creencias),

ciertos objetivos que desean alcanzar (deseos) y planes (intenciones) para actuar en función de estos deseos utilizando su experiencia acumulada. La estructura de creencias, deseos e intenciones proporciona una forma dinámica de manejar los objetivos de cada agente.

Las creencias proporcionan un modelo del mundo a un agente, lo que indica todas las entidades que interactúan, todos los recursos disponibles, capacidades, medios y su propio estado interno. Se modifican por la percepción del mundo (a través de sensores) y la comunicación con otros agentes, y pueden evolucionar con el tiempo.

Los deseos son objetivos potenciales que pueden ceder ante acciones que aún no se han materializado. El agente detecta oportunidades en forma de objetivos específicos, que se analizan de acuerdo con su coherencia con el objetivo general y las compensaciones de costo-beneficio.

Las intenciones son la proyección de los deseos hacia el futuro, y generalmente se hacen realidad a través de la implementación de acciones.

El estado de un agente está asociado a sus creencias, deseos e intenciones. En un mundo dinámico, el estado de múltiples componentes puede cambiar con el tiempo. La adaptación a los cambios mundiales puede abordarse de dos maneras: a) el agente conoce sus objetivos y deseos (estado de motivación) y b) reconoce los cambios en el mundo, reconsiderando las decisiones en lugar de la consecución de sus objetivos (estado deliberativo). En un proceso dinámico, la reconsideración podría cambiar los deseos e intenciones del agente y modificar sus creencias.

Se han propuesto otros modelos e implementaciones de la arquitectura BDI y están directamente relacionados con el contexto y la aplicación del sistema. Algunos de estos modelos se basan en las emociones de los agentes, el carácter; y estados mentales. Estos enfoques mejoran el comportamiento racional, pero sus

implementaciones son complejas y requieren metodologías de diseño específicas para manejar una gran cantidad de variables y elementos en el modelo. Otras aproximaciones del modelo BDI se centran en el comportamiento social proyectando la funcionalidad social en la estructura de agentes basada en roles, estructuras jerárquicas, gestión de soluciones transaccionales entre agentes y resolución de coaliciones y estrategias cooperativas entre otros.

Sin embargo, los procesos concurrentes de razonamiento práctico no se modelan adecuadamente en las representaciones antes mencionadas. Los procesos concurrentes más representativos son: a) detección de oportunidades, que es un proceso reactivo, b) planificación como proceso deliberativo enfocado en el cumplimiento de objetivos, c) reconsideración reactiva y d) persistencia de intención, relacionada con el logro de los objetivos dinámicos. Además, la concurrencia es un elemento clave para la implementación de hardware / software de agentes BDI para fortalecer el rendimiento y reforzar la interoperabilidad.

La implementación de procesos concurrentes debe desarrollarse explícitamente a partir del análisis de partición de dominios de software y hardware. La implementación de software genera agentes BDI flexibles descritos por programas, facilitando el diseño de agentes, fortaleciendo el cumplimiento de los requisitos de interoperabilidad e implementando procesos concurrentes que simulan paralelismo mediante subprocesos en plataformas de procesador único o modelan el paralelismo real en plataformas multiprocesador o multinúcleo. Por otro lado, el desarrollo de agentes de hardware mejora la concurrencia y los requisitos de rendimiento, ya que los agentes llevan a cabo sus tareas de manera paralela, por ejemplo, aumentan el rendimiento del sistema.

Los métodos de codiseño exploran combinaciones de hardware / software en un espacio de solución formado por los dos dominios. Cada posible solución caracterizada por parámetros particulares se evalúa con respecto a algunos criterios de

especificación. A partir de estos parámetros, se desarrolla una función de costo que sirve para identificar y seleccionar las soluciones más apropiadas según las especificaciones. Las metodologías de codiseño aprovechan tres elementos. a) bibliotecas de software y hardware parametrizadas b) bibliotecas de comunicación que determinan los mejores protocolos de bus e interfaz, y c) analizador de recursos del sistema, que considera los requisitos del sistema, como el tamaño máximo del programa, la capacidad de procesamiento, la capacidad de memoria, etc.

El desarrollo de agentes híbridos BDI con migración de dominio requiere una reformulación de la ejecución del modelo de agente. Los agentes deben poseer una arquitectura efectiva que se pueda implementar en hardware, software o en una forma híbrida que permita la migración entre estos tres dominios. Además, las metodologías MAS deben modificarse para incluir en sus ciclos de ejecución, segmentación de dominio estático, adopción de técnicas de codiseño, así como la segmentación dinámica para soportar el proceso de migración.

Además, la mayoría de los enfoques de BDI manejan los deseos, intenciones y creencias de una manera simplista. Las implementaciones actuales generalmente se basan en algoritmos secuenciales que se apartan del comportamiento concurrente más realista. En estos enfoques, los deseos, creencias e intenciones son elementos estáticos que constituyen un sistema.

En consecuencia, existe la necesidad en el arte de una metodología que emplee dinámicamente arquitecturas BDI concurrentes de múltiples agentes para controlar eficientemente un sistema complejo en tiempo real y que se base en técnicas de codiseño para permitir la migración del dominio durante la operación. Esto implicaría la creación de instancias de objetivos con los que los agentes están comprometidos y la posibilidad de lograr acciones en función de los recursos y las capacidades.

RESUMEN

A continuación se describe un sistema (100) que controla sistemas complejos en tiempo real mediante el empleo de una arquitectura BDI mejorada. El sistema (100) comprende uno o más medios de salida (400) y medios de entrada (500), uno o más módulos de agente BDI (200) y un canal de comunicaciones (300) que permite que uno o más módulos de agente BDI (200) Al mismo tiempo comunicarse entre sí. Cada uno de los uno o más módulos de agente BDI (200) incluye:

- un módulo de administrador de creencias (210) que comprende uno o más registros (211) que almacenan el estado BDI (901), el estado emocional (902), el estado interno (903) y el modelo mundial (904) del módulo de agente BDI (200)
- un módulo de gestión de objetivos (220) que comprende uno o más registros (221) que almacenan las tareas de deseo (911) y las tareas de intención (912) del módulo de agente BDI (200), un módulo analizador de objetivos (222) que evalúa el potencial objetivos y actualiza las tareas deseadas (911), y un módulo de motor de deliberación (223) que prioriza los resultados del módulo analizador de objetivos (222) y actualiza las tareas de intención (221)
- un administrador de fin de medio (230) que controla simultáneamente uno o más medios de salida (400) en tiempo real dependiendo del estado instantáneo (901, 902, 903, 904) del módulo de agente BDI (200).

El sistema (100) se caracteriza además porque cada uno de los uno o más módulos de agente BDI (200) puede implementarse en hardware específico de la aplicación, hardware de propósito general o hardware de dominio híbrido, y el dominio de cada uno de los uno o más BDI los módulos de agente (200) pueden migrarse durante la operación.

El sistema (100) según la presente invención permite el control en tiempo real de sistemas complejos generalizados midiendo simultáneamente el entorno del sistema complejo, actualizando el estado de cada uno de los uno o más módulos de agente BDI

(200), priorizando la intención tareas (912) dependiendo de una actualización previa de las tareas deseadas (911) y cambiando su entorno con uno o más medios de salida (400). En consecuencia, el sistema (100) descrito aquí logra un alto paralelismo.

También se describe aquí un método (2000) para controlar el sistema (100). El método (2000) comprende: compartir o comunicar información (2050) entre uno o más módulos de agente BDI (200) a través del canal de comunicación (300), detectar (2100) el entorno circundante del sistema (100) a través de uno o más más medios de entrada (500) y actualización (2200) de uno o más módulos de agente BDI (200). Dado que el sistema complejo está sujeto a varios estímulos dependientes del tiempo y es propenso a sufrir cambios, el sistema de control (200) necesita actualizarse constantemente. Por lo tanto, las etapas del método (2000) se repiten durante la operación y se ejecutan simultáneamente para permitir un alto paralelismo.

Otro aspecto de la invención se refiere a un método (1000) para implementar el sistema (100) aquí revelado. Esta implementación se logra determinando el dominio de cada módulo de agente BDI (200) y volviendo a determinar, durante la operación, el dominio óptimo para cada uno. Cada módulo de agente BDI (200) puede estar en uno de tres dominios: implementado por hardware, implementado por software e implementado por dominio híbrido. Los módulos de agente BDI implementados en hardware (200) se ejecutan en hardware específico de la aplicación, los módulos de agente BDI implementados en software (200) se ejecutan en hardware de propósito general y los módulos de agente BDI implementados en dominio híbrido (200) se ejecutan en una combinación de hardware específico de la aplicación y hardware de uso general.

El método (1000) descrito comprende: definir (1100) el dominio de cada uno de los módulos de agente BDI (200), mapear (1200) cada uno de los uno o más módulos de agente BDI (200) en su hardware respectivo, simultáneamente , durante la operación, repetidamente, actualizando (2200) uno o más de los módulos de agente BDI (200).

Una realización de la presente invención revela que el método (1000) comprende además el paso de reasignar (1400) cada uno de los uno o más módulos de agente BDI (200), migrando así su dominio en tiempo real que implica una optimización de recursos y Una mejora en el rendimiento, adaptabilidad e interoperabilidad del sistema.

La presente invención implica el concepto de "estado actual" que se refiere a las condiciones instantáneas que definen (y afectan) las decisiones del agente. Los cambios de estado o contexto se perciben como percepciones orientadas a objetivos y buscan obtener información sobre el medio ambiente y otros agentes para tomar decisiones más efectivas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 muestra un diagrama general del sistema (100) según la presente invención.

La figura 2 muestra un diagrama general de los módulos de agente BDI (200) según la presente invención.

La figura 3 muestra un diagrama de flujo del método (2000) para controlar el sistema (100) según la presente invención.

La figura 4 muestra un diagrama del modelo jerárquico para priorizar tareas de intención (912) de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

La figura 5 muestra un diagrama de flujo del método (1000) para implementar el sistema (100) de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

La presente divulgación proporciona sistemas y métodos para modelar sistemas complejos basados en arquitecturas BDI concurrentes con agentes híbridos de hardware / software. El enfoque se centra en los requisitos del sistema complejo, como el rendimiento, la interoperabilidad y la adaptabilidad desde la perspectiva del dominio de implementación de los agentes (hardware, software y / o híbrido configurables). La presente invención aborda estos requisitos mediante el uso de la migración de dominio. Por lo tanto, los agentes BDI pueden implementarse dinámicamente en software, hardware o dominio híbrido según sea necesario para mejorar ciertos requisitos, como el rendimiento del sistema). Además, el modelo incorpora fácilmente los procesos mentales de los agentes y los paralelismos naturales en la evaluación del ciclo de toma de decisiones. En consecuencia, la presente invención permite modelos de sistemas que son modulares, escalables, concurrentes e interoperables.

Una invención de aspecto se refiere a un sistema (100) para implementar una arquitectura BDI de múltiples agentes concurrentes para controlar sistemas complejos en tiempo real y exhibir un alto paralelismo. El sistema (100) se caracteriza por comprender uno o más módulos de agente BDI (200) que almacenan cada uno un estado BDI (901) de todo el sistema, un estado emocional (902) y un estado interno (903) de sí mismo, y un mundo modelo (904). Cada módulo de agente BDI (200) incluye un módulo administrador de objetivos (220) que comprende además un módulo analizador de objetivos (222) que evalúa simultáneamente la activación de objetivos potenciales del módulo de agente BDI (200) y un módulo de motor de deliberación (223) que implementa un Mecanismo mediador para priorizar y generar, en tiempo real, las intenciones de cada módulo de agente BDI (200). Los agentes BDI (200) según la presente invención pueden implementarse en hardware, en software o en dominio híbrido, dependiendo de si se ejecutan en hardware específico de la aplicación, hardware de propósito general o una combinación de los mismos.

El sistema (100) según la presente invención está configurado para implementar una arquitectura BDI concurrente de múltiples agentes para controlar sistemas complejos en tiempo real, exhibiendo un alto paralelismo. El sistema (100) comprende uno o más medios de entrada (500) y uno o más medios de salida (400) a través de los cuales se comunica con el sistema complejo.

La figura 1 muestra un diagrama general del sistema (100). El uno o más módulos de agente BDI (200) están interconectados entre sí a través del canal de comunicaciones (300) y conectados al entorno a través de los medios de salida (400) y los medios de entrada (500)

Según una realización preferida, el uno o más medios de entrada (500) son uno o más sensores con los que el sistema (100) mide las señales del sistema complejo. Según una realización preferida, el uno o más medios de salida (400) son uno o más actuadores con los que el sistema (100) cambia una o más variables de estado del sistema complejo.

La Figura 2 muestra un diagrama general de un módulo de agente BDI (200), que muestra los diferentes componentes que comprende. Cada uno de los uno o más módulos de agente BDI (200) del sistema (100) revelados por el presente incluye tres gerentes internos (creencia, objetivos y medios y fines) que instancian objetivos en diferentes niveles de abstracción durante la evolución de los deseos a las intenciones, modulada por las creencias y posteriormente un ciclo de decisión y acción. Cada uno de los módulos de gestión de creencias (210), el módulo de gestión de objetivos (220) y un módulo de gestión de medios y fines (230) es responsable de una tarea diferente durante la operación del módulo de agente BDI (200).

El módulo de administrador de creencias (210) se encarga de administrar las creencias del módulo de agente BDI (200) controlando el ciclo de vida de las creencias del agente. Incluye uno o más registros (211) que almacenan el estado BDI (901), el estado

emocional (902), el estado interno (903) y el modelo mundial (904) del respectivo módulo de agente BDI (200). Según una realización preferida de la invención, se almacena al menos uno del estado BDI (901), el estado emocional (902), el estado interno (903) y el modelo mundial (904) de los módulos de agente BDI (200) en un registro diferente (211) que los demás. Según otra realización de la invención, el estado BDI (901), el estado emocional (902), el estado interno (903) y el modelo mundial (904) de los módulos de agente BDI (200) están todos almacenados en el mismo registro (211)

Para controlar y actualizar uno o más registros (211) que almacenan el estado (901, 902, 903, 904) de cada módulo de agente BDI (200), el módulo administrador de creencias (210) puede comprender además un módulo actualizador de creencias (212)) El módulo de actualización de creencias es hardware específico de la aplicación, hardware de uso general o una combinación de estos configurado para leer el estado (901, 902, 903, 904) de cada módulo de agente BDI (200) y reescribir uno o más registros (211) dependiendo de su propio estado (901, 902, 903, 904), las señales medidas con uno o más medios de entrada (500) y el estado (901, 902, 903, 904) de los otros módulos de agente BDI (200) del sistema (100).

El administrador de creencias (211) ejecuta un ciclo en el que se pueden identificar cuatro estados: fusión, actualización, inferencia y muerte. Este ciclo mantiene la coherencia entre las creencias, incorpora información de las creencias a los procesos mentales de BDI y actualiza los posibles mecanismos de aprendizaje.

Además, se puede identificar un ciclo de atención (actualización del módulo del administrador de creencias (211)). Este proceso ocurre cuando el agente actúa exclusivamente para alimentar el módulo de administrador de creencias (211) que busca información del entorno y de otros módulos de agente BDI (200). Ocurre cuando el agente no está ocupado cumpliendo su objetivo. Este ciclo de atención puede

modelarse como una acción refleja o como un objetivo que se procesa en el esquema de gestión de objetivos.

El módulo de administrador de objetivos (220) gestiona las tareas de deseo (911) del módulo de agente BDI (200) que evolucionan en sus tareas de intención (912). La instanciación de deseo-intención es un proceso de estado dinámico en el que se detectan, evalúan, activan o eliminan objetivos. Al final, las tareas de deseo activo (911) se establecen como tareas de intención (912).

El módulo de administrador de objetivos (220) incluye uno o más registros (221) que almacenan una o más tareas de deseo (911) y una o más tareas de intención (912) del módulo de agente BDI (200), un módulo analizador de objetivos (222) eso incluye un conjunto de máquinas de estados finitos (224) que operan en paralelo y evalúan la activación de objetivos potenciales, cuya salida actualiza en tiempo real las tareas deseadas (911) en uno o más registros (221), y un módulo de motor de deliberación (223) que incluye un conjunto de máquinas de estados finitos (225) que funcionan en paralelo e implementan un mecanismo mediador para priorizar los estados de salida del módulo analizador de objetivos (222), cuya salida actualiza en tiempo real las tareas de intención (912) en el o más registros (221).

Según una realización preferida, las tareas de deseo (911) y las tareas de intención (912) se almacenan en uno o más registros diferentes (221). Según otra realización de la invención, las tareas de deseo (911) y las tareas de intención (912) se almacenan en el mismo registro (221).

El módulo gestor de fin de medios (230) controla las acciones del módulo de agente BDI (200) dependiendo de sus tareas de deseo (911) y tareas de intención (912). Las acciones del módulo de agente BDI (200) son transmitidas por uno o más medios de salida (400). El módulo gestor de fin de medio (230) comprende uno o más módulos de razonamiento de fin de medio (231) que controlan simultáneamente uno o más

medios de salida (400) en tiempo real dependiendo del estado (901, 902, 903, 904) de El módulo de agente BDI (200). Los módulos de razonamiento de fin de medios (231) están configurados para leer una base de datos de la biblioteca de planes (233) y seleccionar el plan almacenado allí que satisfaga las tareas de intención actualmente activas (912). El control de uno o más medios de salida (400) se realiza a través de un módulo ejecutor de acción (232) que transmite las señales necesarias para lograr las tareas de intención activa (912).

Según la presente invención, el sistema (100) también comprende un canal de comunicación (300) que interconecta uno o más módulos de agente BDI (200), los medios de salida (400) y los medios de entrada (500) para permitir la comunicación concurrente entre ellos. El canal de comunicación (300) es un bus de datos físicos, un canal de comunicación inalámbrico o una combinación de estos.

Es una característica esencial del sistema (100) según la presente invención que los diversos módulos de agente BDI (200) pueden tener dominios diferentes, es decir, el uno o más módulos de agente BDI (200) están implementados en hardware, implementados en software o implementado en un dominio híbrido. los módulos de agente BDI implementados en hardware (200) se ejecutan en hardware específico de la aplicación, los módulos de agente BDI implementados en software (200) se ejecutan en hardware de propósito general y los módulos de agente BDI implementados en dominio híbrido (200) se ejecutan en una combinación de hardware específico de la aplicación y hardware de uso general.

En el contexto de la presente invención, el hardware específico de la aplicación se refiere a circuitos electrónicos específicos (integrados o contruidos conectando componentes discretos) que tienen un propósito definido y ejecutan una acción particular. Además, el hardware específico de la aplicación puede ser un circuito digital implementado utilizando, por ejemplo, FPGA, lo que permite la adaptabilidad y la evolución del circuito. Por otro lado, el hardware de propósito general se refiere a los

circuitos electrónicos que ejecutan una serie de instrucciones definidas por software o firmware y no tienen una aplicación específica. Los procesadores se encuentran entre los ejemplos más comunes de hardware de uso general. Además, el dominio de cualquier módulo de agente BDI (200) puede cambiar con el tiempo.

El uso de agentes de dominio de hardware garantiza que la evaluación del objetivo sea concurrente y paralela. Por lo tanto, el sistema es extensible con nuevos objetivos. Esta capacidad de expansión se logra con un bajo costo en elementos lógicos y con un tiempo (aproximadamente) constante. La latencia en este caso estaría asociada con la ruta más larga y costosa en el tiempo. Por otro lado, los agentes de dominio de software pueden usarse para aplicaciones que tienen pocos objetivos, del orden de cientos de objetivos. Para un mayor número de objetivos, es conveniente usar una implementación híbrida (por ejemplo, software FPGA +).

Un factor importante en la implementación es el canal de transferencia de datos, que debe ser lo suficientemente rápido para no aumentar la latencia para la ejecución completa del sistema. Según una realización preferida de la invención, el sistema (100) tiene una memoria compartida entre el dominio de hardware y los módulos de agente BDI de dominio de software (200). Otra realización preferida incluye un procesador integrado en el FPGA (o hardware específico de la aplicación) que implementa los módulos de agente BDI de dominio de hardware (200).

Según una realización preferida de la invención, el sistema (100) comprende además un módulo de reasignación (600) para cambiar el dominio de uno o más módulos de agente BDI (200) entre implementado por hardware, implementado por software e híbrido. implementado en el dominio. El módulo de reasignación (600) podría ejecutarse mientras el sistema está funcionando para migrar dinámicamente el dominio del agente. Este módulo puede ser exclusivo para el sistema (100) o distribuido entre los módulos de agente BDI (200). En la Figura 1 se muestra un

diagrama general del sistema (100) que muestra la implementación distribuida del módulo de reasignación (600).

La presente invención también se refiere a un método (2000) para controlar, con alto paralelismo y en tiempo real, el sistema (100) aquí revelado. El método (2000) comprende los pasos de comunicar simultáneamente (2050) información entre uno o más módulos de agente BDI (200), detectar (2100) el entorno del sistema (100) y actualizar (2200) el estado de cada BDI módulo de agente (200). Estos pasos se repiten durante el funcionamiento del sistema (100), percibiendo y ajustándose a la evolución del sistema complejo a lo largo del tiempo. Un diagrama de flujo del método (2000) para controlar el sistema (100) se puede ver en la Figura 3.

Según la presente invención, el paso de actualizar simultáneamente (2200) uno o más de los módulos de agente BDI (200) comprende: actualizar (2201) el modelo mundial (904) en uno o más registros (211) en base a los datos adquirido al comunicar (2100) información entre uno o más de los módulos de agente BDI (200) y al detectar (2200) el entorno circundante, actualizando (2202) el estado interno (903) en uno o más registros (211) basado en el estado interno (901, 902, 903, 904) del módulo de agente BDI (200), actualizando (2203) el estado emocional (902) basado en la información relacionada con las tareas de intención activa (912) realizadas por uno o más Módulos de agente BDI (200), lectura (2204) de uno o más registros (221) para identificar las tareas de deseo activo (911) y las tareas de intención priorizadas (912), escribiendo (2205) en el registro (211) el BDI actualizado estado (901), ejecutando (2206) el conjunto de máquinas de estados finitos (224) para actualizar las tareas deseadas (911) y ejecutando el conjunto de máquinas de estados finitos (225) para actualizar las tareas de intención priorizadas (912) en uno o más registros (221), escribiendo (2207) en el registro (221) las tareas de deseo actualizadas (911) y las tareas de intención priorizadas (912), ejecutando (2208) desde la base de datos de la biblioteca de planes (233) un plan que realiza cada una de las tareas de intención priorizadas (912) y

enviando (2209), desde el ejecutor de acciones (232), señales a uno o más medios de salida (400) a través de las unidades de control.

El administrador de creencias (211) ejecuta un ciclo en el que se pueden identificar cuatro estados: fusión, actualización, inferencia y muerte. Este ciclo mantiene la coherencia entre las creencias, incorpora información de las creencias a los procesos mentales de BDI y actualiza los posibles mecanismos de aprendizaje.

En un escenario dado, un agente BDI (200) puede enfrentar múltiples objetivos específicos al mismo tiempo; por lo tanto, debe gestionar estos objetivos al mismo tiempo para determinar cuál determinará sus acciones. El módulo de administrador de objetivos (220) implementa un paradigma de priorización para considerar estos diversos objetivos y analizarlos de manera paralela y concurrente. El paradigma de priorización se lleva a cabo durante los pasos de lectura (2204), ejecución (2206) y escritura (2207) del método (2000). Esto se modela a través de un sistema de estados asociados a objetivos representados por las máquinas de estados finitos (224, 225). Los eventos son activados por los medios de entrada (500) y los canales de comunicación (300), y a su vez hacen que los objetivos evolucionen entre los estados disponibles a través de los medios de salida (400).

El paradigma de priorización según la presente invención incluye un modelo jerárquico para determinar la relevancia de las diferentes tareas de intención (912) de cada módulo de agente BDI (200). Este modelo jerárquico es ejecutado por el módulo del motor de deliberación (223) cuya salida actualiza en tiempo real las tareas de intención priorizadas (912) almacenadas en uno o más registros (211). El modelo jerárquico determina el grado de importancia de cada tarea de intención activa (912) y la asigna a una cola. Los planes de la base de datos de la biblioteca de planes (223) se ejecutan en el orden en que sus tareas de intención correspondientes (912) se asignan a la cola. El modelo jerárquico incluye al menos dos categorías de prioridad diferente en las que se clasifican los diversos objetivos. Según una realización particular y no limitativa de la

invención, el modelo jerárquico considera seis categorías de objetivos específicos: atención, requisitos, necesidades, oportunidades, obligaciones y tareas de supervivencia.

Los objetivos de **atención** están relacionados con las actividades básicas del agente; por lo tanto, están asociados con acciones relacionadas con funcionalidades básicas perceptivas y operativas. Normalmente, estos objetivos se seleccionan cuando no hay otras cosas útiles que hacer. Como ejemplo, en un juego de fútbol cuando el agente no está involucrado en las acciones cerca de la pelota, al menos debe buscar de manera activa la pelota y las posiciones de los otros jugadores. Estos generalmente representan el nivel más bajo de prioridad.

Los **requisitos** son objetivos asociados con las capacidades esenciales del agente. Son solicitudes de contexto para cumplir con el objetivo general para el que estaba destinado el agente. Por lo general, pueden implicar una combinación de recursos y habilidades que se deben cumplir. En el ejemplo del juego de fútbol, un objetivo requerido podría ser la necesidad de correr más rápido para alcanzar la pelota.

Las **necesidades** son metas derivadas de la metacognición y el pensamiento autocrítico de un agente racional. Los agentes de BDI evalúan si se está cumpliendo el objetivo general del sistema, de lo contrario, desencadena un proceso de reestructuración de sus objetivos. Por ejemplo, un jugador de fútbol (agente de BDI) que no alcanza la pelota se da cuenta de que necesita aumentar su velocidad.

Las **oportunidades** son eventos o circunstancias que surgen en el contexto del agente BDI a medida que pasa el tiempo, y el agente BDI debe hacer un esfuerzo para aprovecharlas. Por ejemplo, un jugador de fútbol (agente de BDI) aprovechará los errores de su oponente, su posición en el campo y su proximidad a la pelota para tomar posesión de la pelota.

Las **obligaciones** surgen de la naturaleza del agente y su contexto. Un agente puede ser un nuevo padre y luego debe actuar de manera consistente con su nuevo rol; el individuo debe equilibrar sus decisiones incluso si no son consistentes o no contribuyen directamente a la meta general. En este sentido, los objetivos generados por la obligación afectarán directamente los procesos de toma de decisiones. Por ejemplo, un jugador de fútbol tiene que evitar golpear a otros jugadores.

La **supervivencia** es una categoría de objetivos esenciales para el agente de BDI, ya que se centran en su propio cuidado y protección. Por ejemplo, un individuo en una sociedad (agente) tiene que obtener los recursos mínimos (comida, descanso, etc.) para sobrevivir o cuidar su propia salud. Si el agente de BDI carece de estos elementos, no podrá alcanzar su objetivo general. Por lo tanto, esta suele ser la máxima prioridad en el modelo jerárquico.

La figura 4 muestra un diagrama del modelo jerárquico para priorizar tareas de intención (912) de acuerdo con una realización de la presente invención. Se puede ver que las tareas de supervivencia tienen la máxima prioridad, seguidas de obligaciones, oportunidades, necesidades, requisitos y objetivos de atención.

Todas las metas comienzan en un estado de una meta potencial. Posteriormente, para alcanzar el estado de meta activa, los objetivos específicos se filtran y clasifican en una de las diferentes categorías jerárquicas. En una realización particular, estas categorías jerárquicas son: atención, requisitos, necesidades, obligaciones, oportunidades y elementos de supervivencia. Si un objetivo no entra en ninguna de estas categorías, seguirá siendo un objetivo potencial. Posteriormente, cada objetivo activo se evalúa en paralelo a través de una valoración de plausibilidad. Como se define aquí, un objetivo plausible es un objetivo que es legal en el contexto del agente. La transición entre meta activa y meta plausible se genera aplicando una función de permisibilidad que tiene como parámetro el umbral de plausibilidad para la aplicación específica.

Los objetivos plausibles son evaluados nuevamente por un filtro de factibilidad basado en las capacidades del agente. El filtro se basa en una función que calcula si el agente tiene las habilidades y los recursos para cumplir un objetivo específico. En el caso de que el agente carezca de estos requisitos, el objetivo no será viable y volverá al estado de objetivo potencial. Los objetivos viables se evalúan de forma recursiva para determinar su plausibilidad y factibilidad como mecanismo de limpieza (recolector de basura), que permite la adaptación a los cambios en el contexto; es decir, generar capacidad de adaptación a un cambio de meta general. En algunos casos, las metas viables tendrán una transición a una meta potencial. Los objetivos viables son evaluados por un árbitro de contribución. Este árbitro tiene una jerarquía establecida con respecto a las categorías de objetivos, de modo que algunos objetivos tienen prioridad sobre otros. Las categorías de objetivos se pueden ver como organizadas en una pirámide, las de alta prioridad en la parte superior y las de baja prioridad en la parte inferior.

En caso de que un determinado agente de BDI (200) se enfrente a una decisión entre objetivos que se encuentran en la misma categoría de objetivos, el concepto de "contribución" se vuelve relevante. La contribución se refiere a la ponderación de cada objetivo específico como su impacto en el objetivo general para el cual se ha comprometido el agente. Este valor indicará el orden en el que se ejecutarán los objetivos que están en el mismo nivel de la pirámide.

El proceso en el cual una meta dominante se reemplaza por una nueva y se envía al estado de meta potencial se llama expropiación. El proceso de reemplazar una meta factible por una meta dominante se llama activación. La expropiación puede resultar de varias causas, por ejemplo, si el objetivo general actual ya se ha cumplido. Cada agente BDI (200) debe sincronizarse con el nuevo objetivo general.

Otro aspecto de la invención se refiere a un método (1000) para implementar el sistema (100) aquí revelado y migrar, en tiempo real y durante la ejecución, el dominio

en el que se implementan uno o más agentes BDI (200). El método (1000) permite mapear y volver a mapear durante la operación de cada módulo de agente BDI (200) en hardware específico de la aplicación, hardware de propósito general o una combinación de estos, dependiendo de su dominio elegido.

El método (1000) para implementar el sistema (100) comprende los pasos de: definir (1100) el dominio de cada uno de los módulos de agente BDI (200), en donde uno o más módulos de agente BDI (200) son hardware- implementado, implementado por software o implementado en un dominio híbrido; mapear (1200) cada uno de los uno o más módulos de agente BDI (200) en hardware específico de la aplicación si están implementados en hardware, en hardware de uso general si están implementados en software y en una combinación de hardware específico de la aplicación y hardware de uso general si están implementados en un dominio híbrido; y actualizar simultáneamente (2200) uno o más módulos de agente BDI (200). El paso de actualizar simultáneamente (2200) los módulos de agente BDI (200) se repite constantemente durante el funcionamiento del sistema (100).

En una realización preferida, el método (1000) comprende además el mapeo (1400), durante la operación, cada uno de los uno o más módulos de agente BDI (200) para migrar su dominio dependiendo del estado actualizado (901, 920, 903, 904) del módulo de agente BDI (200), las tareas de deseo actualizadas (911) y las tareas de intención actualizadas (912). Además, de acuerdo con esta realización preferida, el paso de reasignación (1400) también se repite durante la operación, lo que permite la adaptabilidad e interoperabilidad en tiempo real del sistema, lo que implica la optimización de los recursos y la mejora del rendimiento. En la Figura 5 se puede ver un diagrama de flujo de una realización preferida del método (1000) para implementar el sistema (100).