

SISTEMA BDI PARA EL CONTROL COOPERATIVO Y CONCURRENTES DE DISPOSITIVOS ROBÓTICOS

CAMPO DE LA INVENCION

[0001] El presente desarrollo se relaciona con una arquitectura BDI para el control cooperativo, concurrente y en tiempo real de dispositivos robóticos.

ANTECEDENTES

[0002] El desarrollo de aplicaciones complejas en robótica, computación móvil, control autónomo y administración de redes, entre otros, tiene 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 limitaciones 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.

[0003] El diseño de sistemas complejos a partir de los requisitos se puede abordar modelando estos sistemas como entidades autónomas (agentes) que tienen mecanismos de comunicación entre ellos. Estas estructuras constituyen sistemas multiagente (MAS, por sus siglas en inglés) 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.

[0004] La arquitectura BDI (creencia-deseo-intención) es un modelo orientado a objetivos que generalmente emplea la ejecución dirigida por eventos y presenta estructuras tanto deliberativas como reactivas. El modelo de agente de BDI se basa en una visión simplificada del razonamiento humano en la que los agentes tienen su visión del mundo (creencias), ciertos objetivos que desean alcanzar (deseos) y planes (intenciones) para actuar sobre estos deseos utilizando su experiencia acumulada. La estructura de creencias, deseos e intenciones proporciona una forma dinámica de gestionar los objetivos de cada agente.

[0005] Si bien existen desarrollos relacionados con el funcionamiento interno de los agentes BDI, hay una carencia en la técnica en lo que se refiere a arquitecturas multiagente cooperativas, altamente concurrentes, mediante las cuales se puedan implementar escenarios complejos tales como teatro robótico o metodologías de enseñanza basadas en teatro robótico, aplicaciones interactivas de entretenimiento, herramientas de simulación

para soporte a la toma de decisiones, entre otras. Además, se presenta la necesidad en la técnica de definir de manera simple e intuitiva un “*guion*” interpretable por los agentes BDI y el cual sea reproducido por los robots con alta fidelidad.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

[0006] El presente desarrollo se relaciona con un sistema que implementa una arquitectura BDI multiagente para controlar en tiempo real y de manera concurrente y cooperativa dispositivos robóticos que reproducen una serie de eventos definida por un usuario. En el contexto de este documento, se entenderá por “*serie de eventos*” todo conjunto de actividades, acciones, sentimientos y expresiones de agentes BDI y relaciones entre agentes BDI que se desarrollan siguiendo una o más líneas de tiempo.

[0007] El sistema aquí descrito comprende:

uno o más agentes BDI ejecutores los cuales incluyen registros que almacenan las creencias del agente BDI ejecutor. Cada agente BDI ejecutor comprende además un módulo de gestión de creencias que controla el estado de ejecución del grafo que representa la serie de eventos y que actualiza los registros que almacenan el estado del dispositivo robótico, un módulo del motor BDI que controla los deseos e intenciones del agente, un módulo de cooperación configurado para comunicar distintos agentes BDI ejecutores entre sí de manera que pueden compartir información del estado interno de cada agente BDI ejecutor y configurado para generar señales de interacción que permiten la comunicación y la sincronización entre las acciones ejecutadas por los distintos agentes BDI ejecutores, un módulo de acción que en función de las creencias del agente BDI ejecutor controla los actuadores del dispositivo robótico mediante la utilización de una función que mapea la expresión emocional del agente BDI ejecutor en las acciones que puede ejecutar el dispositivo robótico a través de sus actuadores;

un agente BDI director que incluye registros en donde se almacena el grafo que describe la serie de eventos, un módulo de configuración de ejecutores que envía señales de control y configuración a los uno o más agentes BDI ejecutores para configurar y actualizar sus registros, y un tercer módulo gestor de ejecución de la serie de eventos desarrollada por los agentes BDI ejecutores;

un agente BDI interpretador que incluye un módulo de autoría que cuenta con una interfaz de usuario mediante la cual los usuarios del sistema especifican la serie de eventos y controlan la ejecución de la misma, un módulo de traducción que traduce la

serie de eventos al grafo, y un módulo de supervisión de la ejecución de la serie de eventos.

[0008] Adicionalmente, el sistema aquí revelado comprende uno o más canales de comunicaciones que interconectan los agentes BDI ejecutor, BDI director y BDI interpretador permitiendo que haya comunicación concurrente entre éstos.

[0009] De acuerdo con la presente invención, el grafo contiene toda la información acerca de la serie de eventos (900) definida por el usuario. Así las cosas, el grafo define las acciones que los agentes BDI ejecutor debe realizar, el momento en que deben ejecutarse, sus dependencias temporales de sincronización y los puntos de sincronización que permiten que dos o más agentes BDI ejecutores sincronicen su estado de ejecución. Además, la serie de eventos representada por el grafo se ejecuta considerando que puede haber paralelismo entre acciones ejecutadas por distintos agentes BDI ejecutores y/o entre distintas acciones ejecutadas por un mismo agente BDI ejecutor.

[0010] Los agentes del sistema aquí descrito ejecutan acciones siguiendo una línea de tiempo de acuerdo con la evolución temporal del grafo. Para ello, el módulo de creencias actualiza el estado del grafo de acuerdo con el estado de ejecución de la serie de eventos y las señales de control que el agente BDI director envía a los uno o más agentes BDI ejecutores. De esta manera, las acciones de ejecución y dirección se encuentran distribuidas entre distintos agentes que actúan de manera cooperativa, permitiendo el desarrollo sincronizado de series de eventos con distintos grados de complejidad.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0011] La Figura 1 muestra un diagrama general del sistema (100) aquí propuesto en donde se identifican los agentes BDI ejecutores (300), el agente BDI director (400) y el agente BDI interpretador (500).

[0012] La Figura 2 muestra un diagrama interno de los agentes BDI ejecutores (300) aquí propuestos.

[0013] La Figura 3 muestra un diagrama interno de los agentes BDI directores (400) aquí propuestos.

[0014] La Figura 4 muestra un diagrama interno de los agentes BDI interpretadores (500) aquí propuestos.

[0015] La Figura 5 muestra un ejemplo de un diagrama de flujo correspondiente al grafo (910) en donde se diferencia entre los nodos de línea de acción (AD, AI) y los nodos de transiciones activas (TA).

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS MODALIDADES PREFERIDAS

[0016] El presente desarrollo proporciona un sistema (100) que implementa una arquitectura BDI multiagente para controlar dispositivos robóticos (200), que operan en un área de trabajo (700), de manera concurrente y cooperativa. Las acciones ejecutadas por los dispositivos robóticos (200) son definidas por un usuario como una serie de eventos (900) que especifica las actividades, acciones, sentimientos y expresiones de los agentes BDI y las emociones, así como las características individuales y las relaciones sociales que involucren uno o más agentes BDI. La arquitectura aquí presentada facilita la ejecución simultánea de acciones cooperativas y codependientes mediante la implementación de un control distribuido basado en agentes en el cual se definen tres tipos distintos de agente: BDI ejecutor (300), BDI director (400) y BDI interpretador (500), cada uno con su propio rol dentro del sistema. En consecuencia, se hace posible reproducir situaciones complejas y arbitrarias en donde los dispositivos robóticos (200) pueden simular y/o controlar el comportamiento y las interacciones entre humanos y/o diferentes tipos de entidades autónomas.

[0017] Dentro del marco del presente documento se trabajará con tres niveles de abstracción distintos relacionados con las acciones que debe ejecutar el sistema (100). El nivel más alto es la serie de eventos, que corresponde a la idea que tiene el usuario sobre las acciones de los dispositivos robóticos (200). Esta idea es un concepto que puede ser implementado de muchas maneras. El nivel medio de abstracción es un modelo computacional en forma de grafo (910) que se obtiene al traducir la serie de eventos (900) en instrucciones que pueden ser interpretadas por los agentes BDI. El grafo (910) es mucho más descriptivo y detallado, y acota la serie de eventos (900) a aquellas que son posibles con la arquitectura particular que se esté manejando. Por último, el nivel más bajo de abstracción corresponde a las señales que los agentes BDI ejecutores (300) envían a los dispositivos robóticos (200) para activar sus actuadores (210).

[0018] Como se muestra en la Figura 1, el sistema (100) aquí revelado se caracteriza porque comprende uno o más agentes BDI ejecutores (300) encargados de controlar las acciones de los dispositivos robóticos (200) de tal manera que ejecute la serie de eventos, un agente BDI director (400) responsable de configurar cada agente BDI ejecutor (300) y de supervisar la ejecución de las acciones que éstos ejecutan, y un agente BDI interpretador

(500) a través del cual un usuario del sistema define la serie de eventos, monitorea su estado y progreso, y establece instrucciones de control. Las Figuras 2 a 4 muestran diagramas detallados del sistema (100) en donde se identifica cada uno de los módulos que constituyen los agentes BDI (300, 400, 500), los dispositivos robóticos (200) y el canal de comunicaciones (610, 620, 630).

AGENTES EJECUTORES

[0019] Los uno o más agentes BDI ejecutores (300) incluyen un conjunto de registros en los cuales se almacenan las creencias del agente BDI ejecutor. El módulo de creencias (310) gestiona dichos registros, los cuales incluyen el estado BDI (810) que representa los deseos e intenciones de cada agente BDI ejecutor (300).

[0020] De acuerdo con una modalidad preferida de la invención, el módulo de creencias (310) del agente BDI ejecutor además incluye el estado del dispositivo robótico (820), el cual incluye registros en donde se almacena información, sobre la realización de las acciones ejecutadas por el dispositivo robótico (200), generada por el módulo procesador de sensores (320) a partir de la información recibida por los sensores (220).

[0021] De acuerdo con una modalidad preferida de la invención, el módulo de creencias (310) del agente BDI ejecutor además comprende un modelo social (830) que incluye las relaciones del agente BDI ejecutor (300) con otros agentes BDI ejecutores. El modelo social (830) se soporta en un conjunto de reglas que regulan la interacción entre los distintos agentes BDI ejecutores (300).

[0022] El módulo de creencias (310) del agente BDI ejecutor puede además incluir un modelo emocional (840) con el que se modulan las acciones y se controla la activación de comportamientos emergentes ejecutados por el agente BDI ejecutor (300). El modelo emocional (840) modifica el estado emocional dependiendo de la información emocional recibida desde otros agentes y de los eventos emocionales asociados a las acciones ejecutadas. El modelo emocional (840) determina la manera en que el estado emocional del agente BDI ejecutor se cambia por dichos eventos externos.

[0023] Además, el módulo de creencias (310) del agente BDI ejecutor puede también incluir un modelo temperamental (850) con el que se modula la intensidad con que se expresa el estado emocional (840) del agente BDI ejecutor (300).

[0024] Según modalidades preferidas, el módulo de creencias (310) de los agentes BDI ejecutores (300) comprenden además un modelo de mundo (860) que incluye una lista con

las posiciones de cada dispositivo robótico (200) u otros objetos en el área de trabajo o medio físico (700) en el que se desarrollan las actividades del sistema (100), una lista con las intenciones de movimiento de los dispositivos robóticos (200), y un mapa que contiene las posiciones disponibles en el área de trabajo y las posibles trayectorias entre ellas. El mapa permite que cada agente BDI ejecutor (300) planee la ruta que el dispositivo robótico (200) correspondiente va a seguir para desplazarse a través del área de trabajo, de manera que los dispositivos robóticos (200) asociados a dos o más agentes BDI ejecutores (300) no colisionen accidentalmente, entre sí o con otros objetos presentes en el área de trabajo (700). La lista de intenciones permite planificar el movimiento de los dispositivos robóticos (200) asociados a cada agente BDI ejecutor (300) de manera que éstos colaboren y se coordinen entre sí para evitar colisiones.

[0025] De acuerdo con la presente invención, los registros (310) también almacenan un grafo (910) de la serie de eventos (900) el cual define las acciones que el agente BDI ejecutor (300) debe ejecutar, el momento en que deben ejecutarse, sus dependencias temporales de sincronización y puntos de sincronización que permiten que dos o más agentes BDI ejecutores (300) sincronicen su estado de ejecución. El grafo (910) es una representación de la serie de eventos (900) en el cual se especifican las instrucciones de cada uno de los módulos del sistema (100). El grafo (910) se ejecuta considerando que puede haber o no paralelismo entre acciones ejecutadas por distintos agentes BDI ejecutores (300) o entre distintas acciones ejecutadas por un mismo agente BDI ejecutor (300). Dado que cada agente BDI ejecutor (300) tiene sus propios registros (310) en donde se almacena el grafo (910) y su estado de ejecución (912), existen múltiples instancias del mismo distribuidas a través del sistema (100). Por lo tanto, se hace necesario mantener sincronizada la información del estado de ejecución del grafo (912) entre los distintos agentes BDI del sistema (100).

[0026] De acuerdo con una modalidad preferida de la invención, el grafo (910) se implementa a través de una extensión de Redes de Petri con Transiciones Activas. Las Redes de Petri facilitan la especificación y la ejecución simultánea y en paralelo de las acciones de la serie de eventos (900), las cuales corresponden a instrucciones que los dispositivos robóticos (200) deben ejecutar. De esta manera, las Redes de Petri permiten que los dispositivos robóticos (200) puedan ejecutar varias acciones de manera concurrente y de forma sincronizada.

[0027] En el modelo de Redes de Petri con Transiciones Activas aquí presentado, las acciones de la serie de eventos (900) pueden ser de dos tipos: las denominadas acciones de duración definida (AD), que terminan su ejecución de forma autónoma como consecuencia de un evento detectado por los sensores o actuadores de dispositivo robótico (200); y las

denominadas acciones de duración indefinida (AI), cuya finalización es disparada por un evento, asociado a la finalización o la activación de otra acción independiente, ya sea en el mismo agente o en un agente externo. Adicionalmente, la activación de acciones puede depender de que se complete la ejecución de otra acción, bien sea de otro agente externo, o del mismo agente BDI ejecutor (300).

[0028] Por otro lado, las Transiciones Activas extienden el modelo de las Redes de Petri tradicionales para que incorporen comportamientos proactivos. En efecto, además de permitir el manejo tradicional de sincronización de acciones, las Transiciones Activas también toman un rol proactivo para influir en la finalización de acciones de duración indefinida o en la activación de acciones en forma expropiativa.

[0029] Este modelo de Redes de Petri con Transiciones Activas tiene las siguientes características:

- Sincronización de acciones de un mismo agente BDI ejecutor (300)
 - a) Sincronización de acciones secuenciales: una acción secuencial debe esperar la finalización de la que la antecede en la red. Dado que son acciones realizadas por un mismo agente BDI ejecutor (300), la sincronización se puede realizar en forma directa a través de invocaciones secuenciales a las acciones.
 - b) Sincronización de acciones paralelas: un agente puede ejecutar varias acciones en forma simultánea. En este caso, si las acciones son de duración definida y requieren ser sincronizadas, se deben conectar a una transición activa la cual habilitará la ejecución de una o más acciones subsiguientes una vez todas las acciones que ingresan a la transición activa hayan completado su ejecución.
- Sincronización de diferentes agentes BDI ejecutores (300). Esta sincronización se logra mediante la cooperación de los agentes BDI ejecutores (300).
 - a) Sincronización de acciones secuenciales: cada agente ejecutor debe esperar que los otros agentes BDI ejecutores (300) reporten la finalización de la ejecución de sus acciones. Una vez todas las acciones que ingresan a la transición activa hayan sido finalizadas, la transición habilitará la ejecución de las acciones subsecuentes.
 - b) Sincronización de acciones paralelas: distintos agentes BDI ejecutores (300) pueden ejecutar acciones de manera simultánea. Cuando estos agentes hayan reportado la terminación de sus acciones, la transición activa asociada habilitará la ejecución de las acciones subsecuentes.
- Gestionar la finalización de las acciones de duración indefinida (AI). Existen dos mecanismos para la finalización de acciones de duración indefinida (AI):

- a) Las acciones de duración indefinida (AI) finalizan cuando todas las demás acciones simultáneas de duración definida (AD), conectadas a una misma transición activa, hayan finalizado su ejecución.
- b) Expropiación: la transición activa tiene control sobre las acciones de duración indefinida (AI) de las cuales depende, y puede finalizar una acción aún no terminada. Para tal fin, las acciones posteriores a la transición activa pueden verificar si se cumplen sus condiciones de activación, en cuyo caso se activa el mecanismo de expropiación de la transición activa.

[0030] Como se indicó anteriormente, de acuerdo con una realización de la invención, en el modelo de Redes de Petri con Transiciones Activas empleado, las acciones pueden ser de dos tipos: acciones de duración definida (AD), que terminan su ejecución de forma autónoma como consecuencia de un evento detectado por los sensores o actuadores; y acciones de duración indefinida (AI), cuya finalización es generada por un evento asociado a otra acción. Adicionalmente, la activación de acciones puede depender de que se complete la ejecución de otra acción, bien sea del mismo agente BDI ejecutor (300) o de otro.

[0031] Así, según una modalidad preferida de la invención, el grafo (910) se implementa a través de una extensión de Redes de Petri con Transiciones Activas. Este grafo se caracteriza por tener dos tipos de nodos: nodos de líneas de acción (AD, AI) y nodos de transiciones activas (TA). Los nodos de línea de acción (AD, AI) comienzan y terminan en nodos de transiciones activas (TA). Cada nodo de líneas de acción (AD, AI) tiene asociada una acción de la serie de eventos (900), y corresponde con una instrucción que un dispositivo robótico (200) debe ejecutar. Los nodos de transiciones activas (TA) se emplean para sincronizar las acciones en la serie de eventos (900). Este tipo de nodo tiene dos propósitos principales: primero, sincronizar las acciones que un único dispositivo robótico (200) debe ejecutar. Por ejemplo, un dispositivo robótico puede sobrevolar un campo mientras toma imágenes y libera marcas de señalización en lugares específicos, todo al mismo tiempo. El segundo propósito de los nodos de transiciones activas (TA) es sincronizar las acciones ejecutadas por dos o más dispositivos robóticos (200). Por ejemplo, dos dispositivos robóticos sincronizan sus acciones para construir un muro de ladrillos. El primer dispositivo robótico es el responsable de poner la capa de cemento y el segundo dispositivo es el encargado de poner los ladrillos. Cuando el primer dispositivo robótico termine su tarea le informa al segundo dispositivo robótico para que ponga los ladrillos. Cuando el segundo dispositivo robótico termine de poner los ladrillos, le informa al otro dispositivo para que ponga otra capa de cemento.

[0032] Los nodos de líneas de acción (AD, AI), que determinan las acciones a ser ejecutadas, tienen dos tipos de duración: definida e indefinida. Los nodos de líneas de acción (AD) de duración definida están asociados a acciones que se ejecutan durante un intervalo de tiempo predecible y acotado. Por su parte, los nodos de líneas de acción (AI) de duración indefinida son aquellos cuya ejecución se realiza de forma continua y su finalización depende de eventos independientes asociados a nodos de otras líneas de acción y sobre los cuales éstas no tienen control. La implementación de los nodos de transiciones activas (TA) obedece a la necesidad que existe de coordinar acciones aun cuando se desconoce la duración de las mismas. Para ello, cada nodo de transiciones activas (TA) debe esperar a que todas las acciones correspondientes a los nodos de línea de acción (LA) que conectados a él hayan finalizado. De esta manera, los nodos de transiciones activas (TA) actúan como puntos de acoplamiento temporal que no permiten que una línea de acción se continúe ejecutando hasta que hayan concluido todas las acciones de las que el nodo de transiciones activas (TA) depende. Sólo cuando todos los nodos de línea de acción (AD, AI) que van hacia un nodo de transiciones activas (TA) han concluido su ejecución, los nodos de línea de acción (AD, AI) subsecuentes pueden iniciar. De esta manera, se logra que los distintos agentes BDI ejecutores actúen de manera cooperativa y sincronizada.

[0033] En la Figura 5 se muestra un ejemplo de un grafo (910) implementado a través de una Red de Petri con Transiciones Activas para el sistema (100) aquí descrito. Este ejemplo muestra la manera en que las Redes de Petri con Transiciones Activas permiten la cooperación entre agentes con el fin de habilitar la sincronización de acciones. Los nodos de líneas de acción (AD, AI) representan las acciones ejecutadas por dos agentes BDI (300A) (300B), mientras que los nodos de transiciones activas (TA) representan las transiciones activas. Las líneas continuas (AD) representan acciones de duración definida y las líneas punteadas (AI) representan acciones de duración indefinida. En la Figura 5, la transición TA_2 sólo se activará una vez las acciones AD_1 y AD_2 hayan finalizado; en este momento, empezará la ejecución de la acción AD_3 la cual, al terminar, activará la transición TA_3 con lo cual darán inicio, de manera simultánea, las acciones AD_4 , AD_5 y AD_6 . La transición TA_4 da inicio a las acciones AI_7 , de duración indefinida, y AD_8 , de duración definida. La acción AI_7 se ejecutará hasta que la transición activa TA_5 ordene su finalización porque se finalizó la ejecución de la acción de duración definida AD_8 o porque las acciones posteriores AI_9 y AI_{10} cumplen sus condiciones de activación.

[0034] Como se evidencia en la Figura 5, la combinación de nodos de líneas de acción (AD, AI) y nodos de transiciones activas (TA) permite ejecutar acciones de manera concurrente y sincronizada. La ejecución de la serie de eventos (900) es una sucesión de acciones distribuidas entre los distintos agentes BDI ejecutores (300) cuyo sincronismo y coordinación temporal se debe a la interacción entre estos dos tipos de nodos.

[0035] Los uno o más agentes BDI ejecutores (300) incluyen además un módulo procesador de sensores (320) que a partir de la información sensorial recibida por el dispositivo robótico (200) a través de sus sensores (220) realiza procesamiento que permite generar información útil para actualizar el modelo del mundo (860) y el estado del dispositivo robótico (820).

[0036] Es una característica esencial del desarrollo aquí revelado que cada agente BDI ejecutor (300) además incluya un módulo de cooperación (340) configurado para comunicar distintos agentes BDI ejecutores (300) entre sí. La información que un agente BDI ejecutor (300) recibe de otros agentes BDI ejecutores (300) le permite actualizar sus creencias (310); en particular, el modelo social (830), emocional (840) y temperamental (850). El módulo de cooperación (340), por medio de la función de coordinación de ejecución del grafo (920), actualiza el estado de ejecución del grafo (912) y gestiona la activación de las transiciones activas (TA) del grafo (910). De esta manera, se logra la sincronización del estado de ejecución (912) de las distintas instancias del grafo (910) almacenadas en los registros (310) de cada uno de los agentes BDI ejecutores (300) del sistema (100).

[0037] El módulo de cooperación (340) está además configurado para generar señales de interacción, las cuales permiten la sincronización de las acciones ejecutadas por los distintos agentes BDI ejecutores (300). Estas señales de interacción comunican a otros agentes BDI ejecutores (300) que un nodo de transiciones activas (TA) del grafo (910) ha sido activado, permitiendo el inicio de la ejecución distribuida, concurrente y en paralelo de acciones de la serie de eventos (900). De igual forma, cuando ocurre un evento que afecta el estado de ejecución, como por ejemplo la finalización de la ejecución de una acción, todos los agentes ejecutores (300) envían señales a los demás, permitiendo así controlar las sincronizaciones que se realizan en los nodos de transiciones activas TA del grafo (910).

[0038] Un objeto de la invención aquí descrita es el control de dispositivos robóticos mediante la implementación de una arquitectura BDI. Para ello, se define el estado de los dispositivos robóticos (820) como el conjunto de variables que definen en su totalidad las características instantáneas del dispositivo robótico (200). Estas características incluyen parámetros estáticos, como la configuración física o estructural del dispositivo robótico (200), las acciones que puede ejecutar este dispositivo robótico y la especificación de los parámetros de las acciones que se pueden manipular. También se incluyen variables dinámicas como su nivel de batería, posición, velocidad, o el estado de sus actuadores. Cada dispositivo robótico (200) puede tener uno o más actuadores (210) los cuales incluyen motores, dispositivos audiovisuales, dispositivos de visualización, parlantes, luces y medios de locomoción, entre otros. Dentro del contexto de esta invención, los actuadores no están

limitados a elementos de actuación discretos, sino que también pueden ser subsistemas robóticos con funcionalidades específicas. Por ejemplo, cada dispositivo robótico (200) puede estar compuesto por módulos complejos. Así mismo, modalidades preferidas de la invención se caracterizan porque los dispositivos robóticos (200) además comprenden sensores (220) cuya información es recibida por el módulo procesador de sensores (320) el cual actualiza el modelo del mundo (860) y el estado del dispositivo robótico (820) del agente BDI ejecutor (300).

[0039] De acuerdo con una modalidad preferida, cada agente BDI ejecutor (300) tiene asociado uno y sólo un dispositivo robótico (200), de manera que todas las acciones de cada dispositivo robótico (200) son controladas por un único agente BDI ejecutor (300). Así, cada agente BDI ejecutor (300) se encarga de generar los comportamientos que el dispositivo robótico (200) debe ejecutar para llevar a cabo la serie de eventos (900) representada en el grafo (910). Con este propósito, cada agente BDI ejecutor (300) comprende además un módulo de acción (350) del agente ejecutor. El módulo de acción (350) además está configurado para controlar de manera concurrente y en tiempo real los uno o más actuadores (210) del dispositivo robótico (200).

[0040] El módulo de acción (350), con el que se controla el dispositivo robótico (200), soporta su operación en la información del estado del dispositivo robótico (820) y en la función del modelo de mapeo de acciones y emociones (870). Esta función calcula, teniendo en cuenta los estados emocional y temperamental, la configuración y parámetros de las acciones a ser ejecutadas por el dispositivo robótico (200) a través de sus actuadores (210).

[0041] En un primer caso, la función (870) es una relación entre las acciones especificadas en el grafo (910) y señales a nivel de robot para activar los actuadores (210). Por ejemplo, si el grafo (910) define la acción "*avanzar caminando*", la función (870) podría traducir esta instrucción en los siguientes comandos para el robot: *potencia de motores: 30%; ángulo de ruedas: 0°*. En cambio, la función (870) traduciría la acción "*correr en círculos*" en los siguientes comandos para el robot: *potencia de motores: 80%; ángulo de ruedas 110°*. De esta manera, la función (870) mapea las acciones definidas en el grafo (910) en comandos específicos que tienen una repercusión directa en la operación de los actuadores (210).

[0042] En un segundo caso, complementario al primer caso, la función (870) modula la intensidad de las acciones ejecutadas por el dispositivo robótico (200) dependiendo del estado emocional y la parametrización el agente BDI ejecutor (300). Por ejemplo, si el grafo (910) define la acción "*avanzar caminando*" para un agente BDI *triste*, la función

(870) podría traducir esta instrucción en los siguientes comandos para el robot: *potencia de motores: 10%; ángulo de ruedas: 0°*. En cambio, la función (870) traduciría la misma acción definida para un agente BDI *feliz* como: *potencia de motores: 45%; ángulo de ruedas 0°*. De esta manera, el dispositivo robótico (200) puede expresar el estado emocional del agente BDI ejecutor (300).

[0043] Los uno o más agentes BDI ejecutores (300) se caracterizan porque además comprenden un módulo motor BDI (330) que implementa mecanismos de deliberación para la gestión de metas y la selección de las intenciones que determinan las acciones que debe realizar el dispositivo robótico (200). Este módulo motor BDI incluye tres módulos internos: análisis de objetivos (370), deliberación (380) y razonamiento de medios fines (390).

AGENTE DIRECTOR

[0044] De acuerdo con la presente invención, el sistema (100) comprende también un agente BDI director (400) responsable de configurar cada agente BDI ejecutor (300) y de controlar y supervisar la ejecución de la serie de eventos (900). La sincronización en tiempo real de las acciones es responsabilidad de los agentes BDI ejecutores (300) pues éstos implementan mecanismos de coordinación a través del módulo de cooperación (340) para este propósito.

[0045] El agente BDI director (400) incluye un módulo descriptor que contiene uno o más registros (410) en donde se almacena una instancia adicional del grafo (910) de la serie de eventos (900) y el estado de ejecución (920) de la serie de eventos (900). El estado de ejecución (920) contiene información sobre el estado de ejecución de la serie de eventos (900); es decir, que se active, se pause, se reinicie o se detenga su ejecución. El estado de ejecución (920) también contiene información sobre que punto de sincronización del grafo (910) en el que los uno o más agentes BDI ejecutores (300) deberán iniciar la ejecución del grafo (910).

[0046] El agente BDI director (400) comprende, adicionalmente, un módulo de configuración de ejecutores (420) y un tercer módulo gestor de ejecución (430). El módulo de configuración de ejecutores (420) usa el grafo (910) para configurar y actualizar las creencias (310) de los uno o más agentes BDI ejecutores (300). El módulo gestor de ejecución (430) usa el modelo del estado de ejecución (920) para enviarle a los uno o más agentes BDI ejecutores (300) señales de activación del grafo (910). Estas señales de activación les indican a los agentes BDI ejecutores en que punto de sincronización del grafo

(910) deben iniciar la ejecución. Las señales de activación también pueden indicar si se debe pausar, reiniciar o detener la ejecución de la serie de eventos (900).

[0047] El módulo de configuración de ejecutores (420) está diseñado para enviar información de control y configuración a los uno o más agentes BDI ejecutores (300) para configurar y actualizar sus creencias (310) con base en la información almacenada en los uno o más registros (410) del agente BDI director (400). El estado de ejecución del grafo (912) de los agentes BDI ejecutores (300) se actualiza de acuerdo con las señales de activación que el agente BDI director (400) le envía. De acuerdo con realizaciones preferidas de la invención, las informaciones de configuración que el agente BDI director (400) comunica a cada agente BDI ejecutor (300) se pueden catalogar en cuatro grupos: descripción de eventos, descripción de agentes, descripción de ambiente y descripción de robots.

[0048] La descripción de los eventos corresponde a la totalidad del grafo (910). El agente BDI director (400) distribuye copias del grafo (910) de manera que cada agente BDI ejecutor (300) tenga información acerca de las acciones que se deben ejecutar, quienes deben ejecutarlas y en qué momento. Dado que el agente BDI director (400) envía el mismo grafo (910) a todos los agentes BDI ejecutores (300), esta configuración es lo que permite la subsecuente sincronización de eventos.

[0049] La descripción de agentes corresponde a las características emocionales, temperamentales, sociales de los agentes BDI ejecutores (300), así como a la configuración de su estado BDI (810). Mediante esta configuración, el agente BDI director (400) define las diferencias y características propias de cada uno de los distintos agentes BDI ejecutores (400).

[0050] La descripción de ambiente es la información acerca del medio físico o área de trabajo (700) en la cual se desarrollarán las acciones de la serie de eventos (900). Esto incluye información sobre la topología, superficies, obstáculos, puntos de referencia, condiciones ambientales, entre otros. A partir de esta información, los uno o más agentes ejecutores (300) realizan la parametrización e inicialización del modelo de mundo (860).

[0051] Por último, la descripción de robots corresponde a las características de los dispositivos robóticos (200) asociados a cada agente BDI ejecutor (300). Esta configuración corresponde a los parámetros estáticos del estado del dispositivo robótico (820) que cada agente BDI ejecutor (300) almacena en los registros del módulo de creencias (310).

[0052] El módulo gestor de ejecución (430) usa el estado de ejecución (920) para enviarle a los uno o más agentes BDI ejecutores (300) señales de activación que indican cual es el estado de ejecución del grafo (910), es decir, si está activo, en pausa, detenido o se va a reiniciar. También se les indica a los agentes BDI ejecutores (300) en que punto de sincronización se debe iniciar la ejecución del grafo (910). Este agente envía señales a los agentes ejecutores (300) para poner en práctica las instrucciones de control de ejecución de alto nivel proporcionadas por el usuario a través del agente interpretador (500). De igual forma, el módulo gestor de ejecución (430) monitorea las señales de sincronización que intercambian los agentes ejecutores (300), las registra y reenvía al agente interpretador (500). El módulo gestor de ejecución (430) opera como un puente entre el agente interpretador (500) y los uno o más agentes ejecutores (300).

AGENTE INTERPRETADOR

[0053] De acuerdo con el presente desarrollo, el sistema (100) aquí revelado comprende además un agente BDI interpretador (500) a través del cual un usuario puede interactuar con el sistema (100), definir la serie de eventos (900), controlarla de manera asíncrona y recibir en tiempo real información acerca de su ejecución. De acuerdo con una realización preferida, la interacción entre el usuario y el agente BDI interpretador (500) se hace en forma intuitiva empleando un lenguaje natural con lo cual el usuario no necesita un conocimiento técnico específico. El agente BDI interpretador (500) comprende un módulo de autoría (510) que cuenta con una interfaz de usuario (511) mediante la cual el usuario del sistema (100) especifica la serie de eventos (900). La serie de eventos (900) corresponde a una descripción abstracta y de alto nivel que especifica en su totalidad el comportamiento de los dispositivos robóticos (200), y las acciones que éstos deben realizar y la sincronización de las mismas. En una aplicación específica del presente desarrollo, la serie de eventos (900) puede ser entendida como un guion que los dispositivos robóticos (200) siguen.

[0054] De acuerdo con realizaciones de la invención, la interfaz de usuario (511) puede ser una interfaz gráfica y/o una interfaz que implemente aprendizaje por demostración u otro método de especificación de la serie de eventos. Dentro del contexto de este desarrollo, el método de aprendizaje por demostración consiste en que el usuario especifica las acciones que los agentes BDI ejecutores (300) ejecutan mediante la interacción directa con los dispositivos robóticos (200) asociados a cada agente BDI ejecutor (300). Por ejemplo, el usuario toma el dispositivo robótico (200) y lo mueve por una trayectoria la cual es incorporada en el grafo (910).

[0055] Dado que el usuario define la serie de eventos (900) como una descripción conceptual de las acciones que debe desarrollar el sistema, es necesario convertir esta descripción en un elemento ejecutable por los agentes BDI del sistema. Para ello, el agente BDI interpretador (500) incluye además un módulo de traducción (520) que traduce la serie de eventos (900) al grafo (910) el cual puede ser interpretado por otros agentes BDI del sistema (100). El grafo (910) generado por el agente BDI interpretador (500) es enviado al agente BDI director (400), para que este lo distribuya a los agentes BDI ejecutores (300), junto con las señales de control y configuración.

[0056] De acuerdo con realizaciones preferidas, el agente BDI interpretador (500) comprende además un módulo de supervisión (530) que incluye un registro (531) en el que se almacena el estado global del sistema (100). Dicho módulo de supervisión (530) está configurado para que el usuario envíe durante la ejecución, señales de activación al agente BDI director (400) que alteran la ejecución de la serie de eventos (900). Este envío asíncrono de señales de activación brinda al usuario control total sobre la ejecución de la serie de eventos (900) aún después de que ésta haya iniciado; a través del módulo de supervisión (530) el usuario puede así detener, reiniciar, pausar y reanudar la ejecución del sistema (100). Adicionalmente, el módulo de supervisión (530) está configurado para que el usuario reciba a través de la interfaz gráfica de usuario (511) información sobre las creencias de los agentes BDI ejecutores (300); en particular del estado de los dispositivos robóticos (820) y del estado de ejecución del grafo (920) de la serie de eventos (900).

CANAL DE COMUNICACIONES

[0057] El sistema (100) de acuerdo con la presente invención comprende además un canal de comunicaciones (600) que interconecta los agentes BDI (300, 400, 500) permitiendo que haya comunicación concurrente entre éstos. De acuerdo con modalidades preferidas de la invención, el sistema (100) comprende canales de comunicación dedicados entre distintos tipos de agentes BDI. El sistema (100) puede incluir un canal de coordinación (610) que corresponde a un canal de comunicaciones dedicado entre el agente BDI interpretador (500) y el agente BDI director (400); un canal de configuración y supervisión (620) que corresponde a un canal de comunicaciones dedicado entre el agente BDI director (400) y cada agente BDI ejecutor (300); un canal de cooperación (630) que corresponde a un canal de comunicaciones dedicado entre agentes BDI ejecutores (300).

[0058] En un aspecto de la presente invención se considera que el usuario del sistema (100) puede definir series de eventos alternativas para que sean ejecutadas por los dispositivos robóticos (200). La decisión de cuál serie de eventos (900) debe ser ejecutada es introducida por el usuario en tiempo de ejecución a través del agente BDI interpretador

(500) o deducida a partir de la información sensorial recibida por uno o más de los agentes ejecutores. De acuerdo con realizaciones de la invención en donde este sea el caso, se construirá en forma recursiva la serie de eventos (900) a partir las diversas series de eventos definidas por el usuario. Las relaciones posibles de secuencia entre las series se modelan mediante nodos de decisión. En este caso, el agente BDI interpretador (500) generará un grafo (910) independiente para cada una de las series de eventos que constituyen la serie de eventos (900). Adicionalmente, el agente BDI director (400) está configurado para informar a los uno o más agentes BDI ejecutores (300) cuál es el grafo (910) que debe ser ejecutado dependiendo de la serie de eventos (900) que el usuario haya elegido.

MOTOR BDI

[0059] En realizaciones preferidas, los agentes BDI tienen las características aquellas descritas en el documento WO2019/064287, el cual es incorporado completamente aquí como referencia.

[0060] El módulo motor BDI (330) se encarga de gestionar los objetivos del agente para decidir cuales se convierten en intenciones; las acciones que debe ejecutar un agente ejecutor (300) se asocian a los planes que permiten cumplir los objetivos que han sido activados como intenciones. De acuerdo con una modalidad preferida, el módulo motor BDI (330) se apoya en la información registrada en el módulo de creencias (310) y consta de tres módulos internos: análisis de objetivos (370), deliberación (380) y administración de medios y fines (390).

[0061] De acuerdo con una modalidad preferida, los agentes BDI ejecutores (300) comprenden un módulo de análisis de objetivos (370) que gestiona la evolución de deseos de los agentes BDI ejecutores (300) en intenciones. El módulo de análisis de objetivos (370) incluye un conjunto de máquinas de estado finitas operando en paralelo y que evalúan de manera concurrente la activación de objetivos potenciales. La salida de este conjunto de máquinas de estado finitas actualiza en tiempo real el estado BDI (810) de los agentes BDI ejecutores.

[0062] Los agentes BDI ejecutores (300) también pueden incluir un módulo de deliberación (380) el cual prioriza en tiempo real las intenciones de cada agente BDI ejecutor (300). El módulo de deliberación (380) incluye un conjunto de máquinas de estado finitas operando en paralelo y que implementan un mecanismo de mediación para priorizar los objetivos potenciales activados por el módulo de análisis de objetivos (370). Dadas las circunstancias, un agente BDI ejecutor puede tener varios objetivos activos excluyentes simultáneamente y, por lo tanto, debe decidir cuál realizar primero. El módulo de

deliberación (380) implementa un paradigma de priorización que incluye un modelo jerárquico para determinar la relevancia de las distintas intenciones del agente BDI ejecutor (300) y organizarlas consecuentemente. En general, este modelo jerárquico incluye al menos dos niveles de prioridad en donde los distintos objetivos, posibles intenciones, son clasificados teniendo en cuenta la contribución de los mismos a las metas generales del agente. De acuerdo con una modalidad de la presente invención, el modelo jerárquico considera seis categorías de objetivos: atención, requerimientos, necesidades, oportunidades, obligaciones y acciones de supervivencia.

[0063] Por otro lado, y de acuerdo con otras realizaciones del presente desarrollo, los agentes BDI ejecutores (300) comprenden un módulo de administración de medios y fines (390) el cual controla las acciones del agente BDI ejecutor (300) dependiendo de sus deseos e intenciones. El módulo de administración de medios y fines (390) ejecuta las intenciones del agente BDI ejecutor (300) y envía señales al módulo de acción (350) para controlar de manera concurrente y en tiempo real los actuadores (210) del dispositivo robótico. De esta manera, los deseos e intenciones del agente BDI ejecutor (300) se convierten en acciones materializadas por los actuadores (210) de los dispositivos robóticos (200).

[0064] Además, gracias a la operación de los módulos del motor BDI (330), los agentes ejecutores (300) también están configurados para realizar acciones emergentes de manera improvisada; es decir, que no están incluidas explícitamente en el grafo (910) o en la serie de eventos (900). Estos agentes pueden gestionar objetivos de improvisación que se activan de manera emergente por eventos internos o externos detectables o generados por el ambiente u otros agentes. Por ejemplo, estos eventos de activación pueden ser generados por eventos internos relacionados con el estado emocional del agente o el nivel de batería del dispositivo robótico; estos eventos también pueden ser producidos por otros agentes BDI ejecutores (300) (como la falla de un robot que bloquea un camino), actores humanos (interacciones con la audiencia) o alteraciones en el entorno (caída de un objeto en el área de trabajo que impide la realización de una acción), e incluso se pueden generar reacciones a eventos emocionales (como por ejemplo realización de acciones relacionadas con la empatía entre agentes ejecutores). A través de estos comportamientos emergentes, el agente BDI ejecutor (300) puede reaccionar ajustando su comportamiento temporalmente para luego continuar con la ejecución de la serie de eventos (900).

[0065] La presente invención contempla además un método para controlar dispositivos robóticos (200) empleando la arquitectura aquí descrita. El método consiste en definir una serie de eventos (900) que deben ser ejecutados por los dispositivos robóticos (200) e introducir dicha serie de eventos (900) en un módulo de interpretación (500); traducir la serie de eventos (900) en un grafo (910) que define las acciones que deben ejecutar los

distintos agentes BDI ejecutores (300) asociados los dispositivos robóticos (200); enviar el grafo (910) a cada uno de los agentes BDI ejecutores (300) y actualizar su estado BDI (810) junto con el estado del grafo (910) a medida que la ejecución de la serie de eventos (900) avanza. La actualización de las creencias de cada dispositivo BDI ejecutor se caracteriza porque depende de las creencias de todos los agentes BDI ejecutores, así como del estado de los dispositivos robóticos (200) y la evolución temporal del grafo (920). Dado que cada agente BDI es independiente, el método aquí descrito permite la ejecución concurrente, cooperativa y sincronizada de la serie de eventos, sin importar la complejidad de la misma.

EJEMPLO 1

[0066] Una primera aplicación no limitativa de la presente invención es el drama robótico, que consiste en la representación de una obra de teatro en la cual los actores son robots. Dentro del marco de este desarrollo, el relato o la historia que el autor de la obra desea representar corresponde a la serie de eventos, el guion de la obra de teatro corresponde al grafo (910) que describe cada una de las acciones que los actores deben realizar, cada personaje está asociado a un agente BDI ejecutor (300), y el escenario en el cual toma lugar la obra es el área de trabajo (700). Los robots actores deben seguir el guion, desplazarse por el escenario, interactuar entre sí y, de ser necesario, improvisar acciones.

[0067] En el caso del drama robótico, los robots pueden tener forma antropomórfica, zoomórfica o de otro tipo. Los actuadores suelen mover piezas que se asemejan a brazos, piernas y dedos, aunque también es muy común que el mecanismo de locomoción principal sean las ruedas. Los robots actores también pueden tener un dispositivo de visualización que hace las veces de cara, en el cual se proyectan imágenes que ayudan a representar el estado emocional del actor. En general, para emplear completamente las potencialidades del sistema (100) de acuerdo con la invención, se prefiere que el robot actor sea modular con diferentes configuraciones posibles y con capacidad para expresar emociones.

[0068] La creación y ejecución de una obra de teatro para drama robótico se podría hacer de la siguiente manera: primero, el autor define el relato (serie de eventos (900)) que desea representar. Este relato puede ser descrito en términos generales y coloquiales, y no requiere que el autor maneje ningún tipo de lenguaje técnico. Por ejemplo, el autor puede ser un niño y el relato un fragmento de la historia de Caperucita Roja.

[0069] Una vez el autor ha definido el relato, utiliza una interfaz de usuario para ingresarlo al sistema. Esta interfaz de usuario corresponde a la interfaz (511) que hace parte del módulo de autoría (510) del agente BDI interpretador (500). El relato es luego traducido y convertido en el guion de la obra (grafo (910)).

[0070] El guion incluye toda la información necesaria para que la obra de teatro sea realizada: los personajes involucrados (agentes BDI ejecutores (300)), su movimiento y líneas de diálogo, su comportamiento, reacciones y relaciones con otros personajes (modelos emocional (840), temperamental (850) y social (830)), las características del escenario y la escenografía (área de trabajo (700)), las características físicas de los actores (dispositivos robóticos (200)) que van a representar cada personaje, y las señales y puntos de coordinación entre actores. El Cuadro 1 muestra un ejemplo de relato y el guion correspondiente.

RELATO serie de eventos (900)	GUION grafo (910)
Caperucita Roja es una niña que vive en el bosque con su madre. Un día, su madre le pide que lleve una canasta de galletas a su abuela enferma quien vive al otro lado del bosque. Caperucita toma las galletas y sale de su casa hacia donde su abuela	Personajes: Caperucita, Madre, Narrador ESCENA 1 <i>Toma lugar al interior de la casa de Caperucita. La madre de Caperucita se encuentra sentada en un sillón, tejiendo. Caperucita y su madre tienen una relación cercana y cariñosa.</i> Narrador: Había una vez una niña llamada caperucita Roja quien vivía en el bosque con su madre. <i>(Entra caperucita, cantando)</i> Caperucita (Feliz): ¡Qué hermoso día! Madre (Tranquila): Hola Caperucita. Tengo un importante trabajo para ti. Lleva esa canasta de galletas a tu abuela. Se encuentra enferma y las galletas la harán sentir mejor. <i>(La madre señala una canasta que se encuentra sobre la mesa. Caperucita se acerca a la mesa y toma la canasta)</i> Caperucita (Exaltada): ¡Claro que sí! ¡Me encantará visitar a la abuela! <i>(Caperucita sale de la casa dando saltos y su madre se queda sentada en el sillón, tejiendo)</i>

Cuadro 1. Comparación entre serie de eventos (900) y guion (910) de acuerdo con la presente invención.

[0071] Como lo muestra el Cuadro 1, el relato es general y conceptual, y no requiere especificidad de detalles por parte del autor. En cambio, el guion es una versión mucho más descriptiva y define acciones específicas, relaciones entre personajes, emociones y relaciones temporales entre las acciones a ejecutar.

[0072] Si bien el guion define qué debe hacer cada actor, y cómo y cuándo lo debe hacer, la representación de una obra de teatro necesita que haya cooperación entre los distintos actores. En este punto, entra a jugar un papel importante el módulo de cooperación (340) de los agentes BDI ejecutores (300), que garantiza la comunicación integral entre los actores de manera que toda la información relevante de los personajes sea conocida por los demás.

[0073] Luego de que cada robot actor tiene el guion, debe empezar con su actuación, es decir, representar el guion mediante las acciones adecuadas. Para ello, el módulo motor BDI (330) gestiona objetivos relacionados directamente con las acciones del guion, pero también objetivos asociados a comportamientos emergentes de improvisación. El módulo de acción (350), apoyándose en la función de mapeo de acciones y emociones (870), traduce cada acción en señales que habilitan la operación de los actuadores. En el ejemplo mostrado en el Cuadro 1, la expresión de Caperucita es distinta a la de su madre. Mientras Caperucita habla feliz y exaltada, su madre se encuentra tranquila. Esta diferencia, especificada en el guion y que debe ser transmitida por los actores robóticos, es lograda a través de la función (870). Por ejemplo, el volumen de la voz de Caperucita puede ser más alto que el de su madre, indicando que está más emocionada. La función (870) también puede relacionar la alegría de Caperucita con un movimiento más acelerado y enfático de sus extremidades, mientras su madre, quien teje calmadamente, tiene movimientos más sutiles. Además, si los robots actores de Caperucita y su madre incluyen dispositivos de visualización, éstos podrían mostrar un par de ojos grandes y brillantes para Caperucita y serenos para su madre.

[0074] Mapear emociones del personaje en acciones del actor es particularmente útil en el drama robótico pues es lo que permite que las acciones del robot se asemejen al comportamiento esperado del personaje mediante la entonación en los diálogos, los sonidos, los gestos, las pausas al hablar, la rapidez de los movimientos y la expresión facial mostrada.

[0075] De forma concurrente, si un agente BDI ejecutor tiene una acción emergente de felicidad que se activa cuando su nivel de intensidad de felicidad llega a cierto nivel (por ejemplo, un 80% de la intensidad máxima), cuando se cumpla la condición de activación del comportamiento emergente, el agente BDI ejecutor ejecutará las acciones que se asociaron a este comportamiento; por ejemplo, decir “¡hurra!” mientras que salta.

[0076] Ahora bien, en el caso en el que este agente BDI ejecutor está ejecutando la acción del guion “caminar” y ocurre un evento emocional que hace que su nivel de felicidad se incremente y llegue al nivel que se requiere para activar el comportamiento emergente de felicidad (es decir, el nivel de intensidad supere el 80% de la intensidad máxima), como el comportamiento emergente de felicidad tiene mayor prioridad que la acción del guion caminar, se realiza una expropiación de la acción caminar para ejecutar las acciones del comportamiento emergente. Es decir, el agente BDI ejecutor pausará la ejecución de la acción caminar y va a ejecutar las acciones: decir “¡hurra!” y saltar. Cuando el agente BDI ejecutor finalice las acciones del comportamiento emergente se retomará la ejecución de la acción que fue expropiada u otra acción de mayor prioridad que haya podido surgir.

[0077] La ejecución del guion puede estar sujeta a condiciones imprevistas y no controladas. Por ejemplo, un actor puede caerse o las condiciones del escenario pueden cambiar. Además, parte del relato puede incluir la interacción con seres humanos o animales. En estas circunstancias, los actores robóticos deben estar en capacidad para reaccionar ante eventos y comportamientos no predefinidos. Aquí, el modelo emocional (810) de cada personaje permite el desarrollo de comportamientos emergentes, que son mecanismos de improvisación con los que el actor puede responder a circunstancias desconocidas y buscar seguir en el guion.

[0078] La interfaz de usuario también le permite al autor de la obra el control de su ejecución. Éste puede pausar, rebobinar, adelantar, acelerar o terminar la ejecución de la obra a través de opciones en la interfaz gráfica. A través de este medio, el autor también puede conocer información sobre el estado de cada actor, las características de los personajes y el desarrollo general del guion.

[0079] Adicionalmente, los agentes BDI ejecutores tienen unas metas de baja prioridad que permiten que los agentes BDI ejecutores no se queden inmóviles cuando no tienen alguna acción por ejecutar. Por ejemplo, una meta puede ser mostrar que el dispositivo robótico está observando a otros con los que está interactuando. Otra meta de baja prioridad puede ser que el dispositivo tenga pequeños movimientos en su cuerpo como mover los brazos o la cabeza.