

CAPACITACIÓN AUTOMATIZADA DE TIEMPO DE ACTIVIDAD

Antecedentes de la invención

Los sistemas informáticos y las redes asociadas han revolucionado enormemente nuestro mundo. Al principio, los sistemas informáticos solo podían realizar tareas simples. Sin embargo, a medida que la capacidad de procesamiento ha aumentado y está cada vez más disponible, la complejidad de las tareas realizadas por un sistema informático ha aumentado considerablemente. Del mismo modo, la complejidad del *hardware* y la capacidad de los sistemas informáticos ha aumentado considerablemente, como se ejemplifica con la computación en la nube que es compatible con grandes centros de datos.

Durante un largo período de tiempo, los sistemas informáticos simplemente hicieron lo que se les dijo en sus instrucciones o *software*. Sin embargo, el *software* y el empleo de *hardware* se están volviendo tan avanzados que los sistemas informáticos son ahora más que nunca capaces de tomar algún nivel de toma de decisiones en niveles más altos. En la actualidad, en algunos aspectos, el nivel de toma de decisiones puede acercarse, rivalizar o incluso superar la capacidad del cerebro humano para tomar decisiones. En otras palabras, los sistemas informáticos ahora son capaces de emplear algún nivel de inteligencia artificial.

Un ejemplo de inteligencia artificial es el reconocimiento de estímulos externos del mundo físico. Por ejemplo, la tecnología de reconocimiento de voz ha mejorado enormemente, lo que permite un alto grado de precisión en la detección de las palabras que se hablan, e incluso la identidad de la persona que está hablando. Del mismo modo, la visión por computadora permite a los sistemas informáticos identificar automáticamente los objetos dentro de una imagen o cuadro de video en particular, o reconocer la actividad humana a través de una serie de cuadros de video. Como ejemplo, la tecnología de reconocimiento facial permite que los sistemas informáticos reconozcan las caras, y la tecnología de reconocimiento de actividades permite que los sistemas informáticos sepan si dos personas cercanas están trabajando juntas.

Cada una de estas tecnologías puede emplear un aprendizaje profundo (mecanismos de aprendizaje basados en la red neuronal profunda y basados en el refuerzo) y algoritmos de aprendizaje automático para aprender de la experiencia que está haciendo un sonido, y los objetos o personas que están dentro de una imagen, mejorando así la precisión del reconocimiento durante el transcurso del tiempo. En el área del reconocimiento de objetos dentro de una escena con imágenes más complejas con un gran número de distracciones visuales, la tecnología avanzada de visión artificial ahora supera la capacidad de un ser humano para reconocer con rapidez y precisión objetos de interés dentro de esa escena. El *hardware*, como el *hardware* de transformación matricial en unidades de procesamiento gráfico convencional (GPU, por sus siglas en inglés), también puede contribuir a la rápida velocidad en el reconocimiento de objetos en el contexto de redes neuronales profundas.

La materia objeto reivindicada en el presente documento no se limita a modalidades que resuelven cualquier inconveniente o que operan solo en entornos como los descritos anteriormente. Más bien, este antecedente solo se proporciona para ilustrar un área de tecnología ejemplar donde se pueden

practicar algunas modalidades descritas en el presente documento.

Breve descripción de la invención

Al menos algunas de las modalidades descritas en el presente documento se refieren automáticamente a la capacitación de un actor en alguna condición con respecto a ese actor. Por ejemplo, esa condición podría ser que el actor esté actuando o esté a punto de realizar una actividad, o que el actor se encuentre en una ubicación física. Al detectar que la condición con respecto al actor está satisfecha, el sistema determina que la capacitación se debe proporcionar para una actividad. Como ejemplo, una determinación tal que el actor se está involucrando de manera inadecuada en la actividad. Sin embargo, tal determinación puede basarse en cualquier factor o política de capacitación.

Al determinar que la capacitación debe proporcionarse, el sistema automáticamente proporciona capacitación al actor. Por ejemplo, una representación de un segmento de señal puede enviarse al actor, o un ser humano o robot puede enviarse al actor para mostrarle cómo hacer algo. Si se trata de una representación de señal, la representación proporciona la capacitación para que el actor pueda incluir un objetivo de trabajo similar al que el actor está dirigido actualmente por la actividad. La representación también puede incluir una representación de una persona que participó en la actividad anterior correctamente.

Se proporciona esta breve descripción de la invención para introducir una selección de conceptos en una forma simplificada que se describen con más detalle a continuación en la descripción detallada de la invención. Esta breve descripción de la invención no tiene la intención de identificar características clave o características esenciales de la materia objeto reivindicada, ni está destinado a ser utilizado como una ayuda para determinar el alcance de la materia objeto reivindicada.

Breve descripción de los dibujos

Para describir la manera en que se pueden obtener las ventajas y características de la invención descritas anteriormente y otras, una descripción más particular de la invención descrita brevemente más arriba se presentará con referencia a modalidades específicas de la misma que se ilustran en los dibujos adjuntos. Al comprender que estos dibujos representan solo modalidades típicas de la invención y, por lo tanto, no deben considerarse limitantes de su alcance, la invención se describirá y explicará con mayor especificidad y detalle mediante el uso de los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 ilustra un sistema informático de ejemplo en el que se pueden emplear los principios descritos en el presente documento;

La figura 2 ilustra un entorno en el que pueden operar los principios descritos en el presente documento, que incluye un espacio físico que incluye múltiples entidades físicas y múltiples sensores, un componente de reconocimiento que detecta las características de las entidades físicas dentro del espacio físico y un almacén de características que almacena las características detectadas de tales entidades físicas, de tal manera que el cálculo y la consulta pueden realizarse contra esas características;

La figura 3 ilustra un diagrama de flujo de un método para el seguimiento de entidades físicas

dentro de una localización y puede realizarse en el entorno de la figura 2;

La figura 4 ilustra una estructura de datos de seguimiento de entidad que puede usarse para ayudar a realizar el método de la figura 3, y que puede usarse para realizar consultas posteriores en las entidades físicas rastreadas;

La figura 5 ilustra un diagrama de flujo de un método para representar eficientemente segmentos de señales de interés;

La figura 6 ilustra un diagrama de flujo de un método para controlar la creación o el acceso a la información detectada por uno o más sensores en un espacio físico;

La figura 7 ilustra un flujo recurrente que muestra que además de crear un gráfico navegable por computadora de características detectadas en el espacio físico, también puede haber un recorte del gráfico navegable por computadora para mantener así el gráfico navegable por computadora del mundo real en un tamaño manejable;

La figura 8 ilustra un diagrama de flujo de un método para compartir al menos una porción de un segmento de señal;

La figura 9 ilustra un diagrama de flujo de un método para generar automáticamente una narración de lo que está sucediendo en un segmento de señal; y

La figura 10 ilustra un diagrama de flujo de un método para capacitar automáticamente a un actor que ocurre en una condición particular con respecto a ese actor.

Descripción detallada de la invención

Al menos algunas de las modalidades descritas en el presente documento se refieren automáticamente a la capacitación de un actor en alguna condición con respecto a ese actor. Por ejemplo, esa condición podría ser que el actor esté actuando o esté a punto de realizar una actividad, o que el actor se encuentre en una ubicación física. Al detectar que la condición con respecto al actor está satisfecha, el sistema determina que la capacitación debe proporcionarse para una actividad. Como ejemplo, una determinación tal que el actor se está involucrando de manera inadecuada en la actividad. Sin embargo, tal determinación puede basarse en cualquier factor o política de capacitación.

Al determinar que la capacitación se proporcionará, el sistema automáticamente proporciona capacitación al actor. Por ejemplo, una representación de un segmento de señal puede enviarse al actor, o un ser humano o robot puede enviarse al actor para mostrarle cómo hacer algo. Si se trata de una representación de señal, la representación proporciona la capacitación para que el actor pueda incluir un objetivo de trabajo similar al que el actor está dirigido actualmente por la actividad. La representación también puede incluir una representación de una persona que participó en la actividad correctamente anterior.

Debido a que los principios descritos en el presente documento operan en el contexto de un sistema informático, se describirá un sistema informático con respecto a la figura 1. Luego, los principios de los sistemas sobre los cuales se puede realizar la computación ambiental se describirán con respecto a las figuras 2 a 4. La obtención de segmentos de señal del gráfico navegable por computadora se

describirá con respecto a la figura 5. A continuación, se describirá la aplicación de seguridad en el contexto de la computación ambiental con respecto a la figura 6. Finalmente, la gestión del tamaño del gráfico navegable por computadora se describirá con respecto a la figura 7. Luego, se describirán tres implementaciones que utilizan la comprensión semántica proporcionada por el gráfico navegable por computadora (también denominada en el presente documento "gráfica física") con respecto a las figuras 8 a 10.

Los sistemas informáticos ahora están tomando cada vez más formas variadas. Los sistemas informáticos pueden ser, por ejemplo, dispositivos portátiles, aparatos, computadoras portátiles, computadoras de escritorio, servidores, sistemas informáticos distribuidos, centros de datos, o incluso dispositivos que no han sido considerados convencionalmente como sistemas informáticos, como dispositivos vestibles (por ejemplo, lentes, relojes, bandas, etc.). En esta descripción y en las reivindicaciones, el término "sistema informático" se define ampliamente como que incluye cualquier dispositivo o sistema (o una combinación de los mismos) que incluya al menos un procesador físico y tangible, y una memoria física y tangible capaz de tener en ella instrucciones ejecutables por computadora que pueden ser ejecutadas por un procesador. La memoria puede tomar cualquier forma y puede depender de la naturaleza y la forma del sistema informático. Un sistema informático puede estar distribuido en un entorno de red y puede incluir sistemas informáticos de múltiples componentes.

Como se ilustra en la figura 1, en su configuración más básica, un sistema informático 100 típicamente incluye al menos una unidad de procesamiento de *hardware* 102 y una memoria 104. La memoria 104 puede ser una memoria física del sistema, que puede ser volátil, no volátil o alguna combinación de los dos. El término "memoria" también se puede usar en el presente documento para referirse al almacenamiento masivo no volátil, como los medios de almacenamiento físico. Si se distribuye el sistema informático, también se pueden distribuir las capacidades de procesamiento, memoria y/o almacenamiento.

El sistema informático 100 tiene múltiples estructuras denominadas a menudo como un "componente ejecutable". Por ejemplo, la memoria 104 del sistema informático 100 se ilustra como que incluye el componente ejecutable 106. El término "componente ejecutable" es el nombre de una estructura que es bien entendida por un técnico en la materia en el campo de la computación como una estructura que puede ser *software*, *hardware* o una combinación de los mismos. Por ejemplo, cuando se implementa en un *software*, un técnico en la materia entenderá que la estructura de un componente ejecutable puede incluir métodos, rutinas y objetos de *software* que pueden ejecutarse en el sistema informático, ya sea que exista un componente ejecutable en el montón de un sistema informático, o si el componente ejecutable existe en medios de almacenamiento legibles por computadora.

En tal caso, un técnico en la materia reconocerá que la estructura del componente ejecutable existe en un medio legible por computadora de tal manera que, cuando es interpretado por uno o más procesadores de un sistema informático (por ejemplo, por un subproceso del procesador), hace que el sistema informático realice una función. Tal estructura puede ser legible por computadora directamente por los procesadores (como es el caso si el componente ejecutable fuera binario). Alternativamente, la

estructura puede estar estructurada para ser interpretable y/o compilada (ya sea en una sola etapa o en múltiples etapas) para generar tal binario que sea directamente interpretable por los procesadores. Tal comprensión de estructuras de ejemplo de un componente ejecutable está bien dentro de la comprensión de un técnico en la materia de la computación cuando se usa el término "componente ejecutable".

El término "componente ejecutable" también es bien entendido por un técnico en la materia que incluye estructuras que se implementan exclusiva o casi exclusivamente en *hardware*, como dentro de una matriz de puertas programables de campo (FPGA, por sus siglas en inglés), un circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC, por sus siglas en inglés), o cualquier otro circuito especializado. En consecuencia, el término "componente ejecutable" es un término para una estructura que es bien entendida por los técnicos en la materia de la computación, ya sea implementada en *software*, *hardware* o una combinación. En esta descripción, también se puede usar el término "componente". Como se usa en esta descripción y en el caso, este término (independientemente de si el término se modifica con uno o más modificadores) también pretende ser sinónimo del término "componente ejecutable" o ser tipos específicos de tal "componente ejecutable", y por lo tanto también tienen una estructura que es bien entendida por los técnicos en la materia de la computación.

En la descripción que sigue, se describen las modalidades con referencia a actos que son realizados por uno o más sistemas informáticos. Si tales actos se implementan en *software*, uno o más procesadores (del sistema informático asociado que realiza el acto) dirigen el funcionamiento del sistema informático en respuesta a haber ejecutado instrucciones ejecutables por computadora que constituyen un componente ejecutable. Por ejemplo, tales instrucciones ejecutables por computadora pueden incorporarse en uno o más medios legibles por computadora que forman un producto de programa de computadora. Un ejemplo de tal operación involucra la manipulación de datos.

Las instrucciones ejecutables por computadora (y los datos manipulados) pueden almacenarse en la memoria 104 del sistema informático 100. El sistema informático 100 también puede contener canales de comunicación 108 que permiten que el sistema informático 100 se comuniquen con otros sistemas informáticos a través de, por ejemplo, la red 110.

Si bien no todos los sistemas informáticos requieren una interfaz de usuario (UI, por sus siglas en inglés), en algunas modalidades, el sistema informático 100 incluye una interfaz de usuario 112 para su uso en la interfaz con un usuario. La interfaz de usuario 112 puede incluir mecanismos de salida 112A así como mecanismos de entrada 112B. Los principios descritos en el presente documento no se limitan a los mecanismos de salida precisos 112A o los mecanismos de entrada 112B, como tales, dependerán de la naturaleza del dispositivo. Sin embargo, los mecanismos de salida 112A pueden incluir, por ejemplo, altavoces, pantallas, salidas táctiles, hologramas, realidad virtual, etc. Los ejemplos de mecanismos de entrada 112B podrían incluir, por ejemplo, micrófonos, pantallas táctiles, hologramas, realidad virtual, cámaras, teclados, ratón de otra entrada de puntero, sensores de cualquier tipo, etc.

Las modalidades descritas en el presente documento pueden comprender o utilizar un sistema informático de propósito especial o de propósito general que incluye *hardware* informático, como, por ejemplo, uno o más procesadores y memoria del sistema, como se describe con mayor detalle a

continuación. Las modalidades descritas en el presente documento también incluyen medios físicos y otros medios legibles por computadora para transportar o almacenar instrucciones ejecutables por computadora y/o estructuras de datos. Tales medios legibles por computadora pueden ser cualquier medio disponible al que se pueda acceder por un sistema informático de propósito general o propósito especial. Los medios legibles por computadora que almacenan instrucciones ejecutables por computadora son medios de almacenamiento físico. Los medios legibles por computadora que llevan instrucciones ejecutables por computadora son medios de transmisión. Así, a modo de ejemplo, y no de limitación, las modalidades pueden comprender al menos dos tipos claramente diferentes de medios legibles por ordenador: medios de almacenamiento y medios de transmisión.

Los medios de almacenamiento legibles por computadora incluyen *RAM*, *ROM*, *EEPROM*, *CD-ROM* u otro almacenamiento de disco óptico, almacenamiento de disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio de almacenamiento físico y tangible que pueda usarse para almacenar el código de programa deseado en forma de instrucciones ejecutables por computadora o estructuras de datos a las que se puede acceder mediante un sistema informático de propósito general o de propósito especial.

Una "red" se define como uno o más enlaces de datos que permiten el transporte de datos electrónicos entre sistemas informáticos y/o módulos y/u otros dispositivos electrónicos. Cuando la información se transfiere o proporciona a través de una red u otra conexión de comunicaciones (ya sea alámbrica, inalámbrica o una combinación de alámbrica o inalámbrica) a un sistema informático, el sistema informático ve la conexión como un medio de transmisión. Los medios de transmisión pueden incluir una red y/o enlaces de datos que se pueden usar para transportar los medios de código de programa deseados en forma de instrucciones ejecutables por computadora o estructuras de datos y al que se puede acceder mediante un sistema informático de propósito general o de propósito especial. Las combinaciones de los anteriores también deben incluirse dentro del alcance de los medios legibles por computadora.

Además, al alcanzar diversos componentes del sistema informático, los medios de código de programa en forma de instrucciones ejecutables por computadora o estructuras de datos pueden transferirse automáticamente desde los medios de transmisión a los medios de almacenamiento (o viceversa). Por ejemplo, las instrucciones ejecutables por computadora o las estructuras de datos recibidas a través de una red o enlace de datos pueden almacenarse en la memoria *RAM* dentro de un módulo de interfaz de red (por ejemplo, una "*NIC*"), y luego transferirse eventualmente a la memoria *RAM* del sistema informático y/o a medios de almacenamiento menos volátiles en un sistema informático. Por lo tanto, debe entenderse que se pueden incluir medios legibles en los componentes del sistema informático que también (o incluso principalmente) utilizan medios de transmisión.

Las instrucciones ejecutables por computadora comprenden, por ejemplo, instrucciones y datos que, cuando se ejecutan en un procesador, causan que un sistema informático de propósito general, un sistema informático de propósito especial o un dispositivo de procesamiento de propósito especial desempeñen una determinada función o grupo de funciones. Alternativamente, o además, las

instrucciones ejecutables por computadora pueden configurar el sistema informático para realizar una determinada función o grupo de funciones. Las instrucciones ejecutables por computadora pueden ser, por ejemplo, instrucciones binarias o incluso que se someten a alguna traducción (como la compilación) antes de la ejecución directa por parte de los procesadores, como instrucciones de formato intermedio como lenguaje ensamblador o incluso código fuente.

Los técnicos en la materia apreciarán que la invención puede ponerse en práctica en entornos informáticos de red con muchos tipos de configuraciones de sistemas informáticos, que incluyen computadoras personales, computadoras de escritorio, computadoras portátiles, procesadores de mensajes, dispositivos portátiles, sistemas multiprocesadores, elementos electrónicos de consumo basados en microprocesador o programables, las PC de red, minicomputadoras, computadoras centrales, teléfonos móviles, las PDA, buscapersonas, encaminadores, conmutadores, centros de datos, dispositivos vestibles (como lentes o relojes) y similares. La invención también puede ponerse en práctica en entornos de sistemas distribuidos donde los sistemas informáticos locales y remotos, que están vinculados (ya sea mediante enlaces de datos alámbricos, enlaces de datos inalámbricos o mediante una combinación de enlaces de datos alámbricos e inalámbricos) a través de una red, ambos realizan tareas. En un entorno de sistema distribuido, los módulos del programa pueden estar ubicados en dispositivos de almacenamiento de memoria local y remota.

Los técnicos en la materia también apreciarán que la invención se puede poner en práctica en un entorno informático en la nube. Los entornos informáticos en la nube se pueden distribuir, aunque esto no es necesario. Cuando se distribuyen, los entornos informáticos en la nube pueden distribuirse internacionalmente dentro de una organización y/o tener componentes en múltiples organizaciones. En esta descripción y en las siguientes reivindicaciones, "computación en la nube" se define como un modelo para habilitar el acceso de red a pedido a un conjunto compartido de recursos informáticos configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios). La definición de "computación en la nube" no se limita a ninguna de las otras numerosas ventajas que se pueden obtener de este modelo cuando se implementa correctamente.

Por ejemplo, la computación en la nube se emplea actualmente en el mercado a fin de ofrecer un acceso ubicuo y conveniente bajo demanda al conjunto compartido de recursos informáticos configurables. Además, el conjunto compartido de recursos informáticos configurables puede aprovisionarse rápidamente a través de la virtualización y liberarse con un esfuerzo de administración bajo o con la interacción del proveedor de servicios, y luego escalar en consecuencia.

Un modelo de computación en la nube puede estar compuesto de varias características, como autoservicio a pedido, acceso amplio a la red, agrupación de recursos, elasticidad rápida, servicio medido, etc. Un modelo de computación en la nube también puede venir en forma de varios modelos de servicio como, por ejemplo, *Software* como servicio ("SaaS", por sus siglas en inglés), plataforma como servicio ("PaaS", por sus siglas en inglés) e infraestructura como servicio ("IaaS", por sus siglas en inglés). El modelo de computación en la nube también se puede implementar utilizando diferentes modelos de implementación, como nube privada, nube comunitaria, nube pública, nube híbrida, etc. En

esta descripción y en las reivindicaciones, un "entorno informático en la nube" es un entorno en el que se emplea la computación en la nube.

La figura 2 ilustra un entorno 200 en el que pueden funcionar los principios descritos en el presente documento. El entorno 200 incluye un espacio físico 201 que incluye múltiples entidades físicas 210, que puede ser cualquier objeto, persona o cosa existente que emite o refleja señales físicas (como radiación electromagnética o acústica) que tiene un patrón que puede usarse para potencialmente identificar una o más características físicas (también llamadas estados en el presente documento) del objeto, persona o cosa respectiva. Un ejemplo de tal radiación electromagnética potencialmente identificable es la luz visible que tiene un patrón de luz (por ejemplo, una imagen fija o un video) desde el cual se pueden determinar las características de las entidades visibles. Tal patrón de luz puede ser cualquier espacio temporal, espacial o incluso de dimensión superior. Un ejemplo de tal acústica puede ser la voz de un ser humano, el sonido de un objeto en funcionamiento normal o que se somete a una actividad o evento, o un eco acústico reflejado.

El entorno 200 también incluye sensores 220 que reciben señales físicas de las entidades físicas 210. Los sensores no necesitan, por supuesto, captar cada señal física que la entidad física emite o refleja. Por ejemplo, una cámara de luz visible (imagen fija o video) es capaz de recibir radiación electromagnética en forma de luz visible y convertir tales señales en una forma procesable, pero no puede captar toda la radiación electromagnética de ninguna frecuencia, ya que todas las cámaras tienen un rango dinámico finito. Los sensores acústicos también tienen un rango dinámico limitado diseñado para ciertos rangos de frecuencia. En cualquier caso, los sensores 220 proporcionan (como se representa por la flecha 229) señales de sensores resultantes a un componente de reconocimiento 230.

El componente de reconocimiento 230 al menos estima (por ejemplo, estima o reconoce) una o más características de las entidades físicas 210 dentro de la localización basada en los patrones detectados en las señales de sensores recibidas. El componente de reconocimiento 230 también puede generar un nivel de confianza asociado con "al menos una estimación" de una característica de la entidad física. Si ese nivel de confianza es inferior al 100%, entonces "al menos una estimación" es solo una estimación. Si ese nivel de confianza es del 100%, entonces "al menos una estimación" es realmente más que una estimación - es un reconocimiento. En el resto de esta descripción y en las reivindicaciones, una característica que es "al menos estimada" también se denominará una característica "detectada" para promover la claridad. Esto es consistente con el uso ordinario del término "sentido", ya que una característica que se "detecta" no siempre está presente con total certeza. El componente de reconocimiento 230 puede emplear un aprendizaje profundo (mecanismos de aprendizaje basados en la red neuronal profunda y basados en el refuerzo) y algoritmos de aprendizaje automático para aprender de la experiencia de qué objetos o personas que están dentro de una imagen, mejorando así la precisión del reconocimiento durante el transcurso del tiempo.

El componente de reconocimiento 230 proporciona (como se representa con la flecha 239) las características detectadas en un almacén de características detectadas 240, que puede almacenar las características detectadas (y los niveles de confianza asociados) para cada entidad física dentro de la

localización 201, ya sea la entidad física está dentro del espacio físico por un tiempo corto, largo o permanentemente. El componente de cálculo 250 puede entonces realizar una variedad de consultas y/o cálculos sobre los datos de características detectadas proporcionados en el almacén de características detectadas 240. Las consultas y/o cálculos pueden habilitarse mediante interacciones (representadas por la flecha 249) entre el componente de cálculo 250 y el almacén de características detectadas 240.

En algunas modalidades, cuando el componente de reconocimiento 230 detecta una característica detectada de una entidad física dentro de la localización 201 utilizando señales de sensores proporcionadas por un sensor, las señales de sensores también se proporcionan a un almacenamiento, como el almacén de características detectadas. Por ejemplo, en la figura 2, el almacén de características detectadas 240 se ilustra como que incluye las características detectadas 241, así como las señales de sensores 242 correspondientes que representan la evidencia de las características detectadas.

Para al menos una (y preferiblemente muchas) de las características detectadas para al menos una de la pluralidad de entidades detectadas, al menos un segmento de señal está asociado por computadora con la característica detectada de tal manera que la navegación por computadora a la característica detectada también permite la navegación por computadora al segmento de señal. La asociación de la señal detectada con el segmento de señal asociado puede realizarse de forma continua, lo que da como resultado un gráfico en expansión y una colección en expansión de segmentos de señal. Dicho esto, como se describe más adelante, los procesos de recolección de basura se pueden usar para limpiar características detectadas y/o segmentos de señal que están obsoletos o que ya no son de interés.

El segmento de señal puede incluir múltiples piezas de metadatos como, por ejemplo, una identificación del sensor o sensores que generaron el segmento de señal. El segmento de señal no necesita incluir todas las señales que fueron generadas por ese sensor, y por brevedad, tal vez incluya solo aquellas porciones de la señal que se usaron para detectar la característica detectada de la entidad física en particular. En ese caso, los metadatos pueden incluir una descripción de la porción del segmento de señal original que se almacenó.

La señal detectada puede ser cualquier tipo de señal generada por un sensor. Los ejemplos incluyen señales de video, imagen y audio. Sin embargo, la variedad de señales no se limita a aquellas que pueden ser detectadas por un ser humano. Por ejemplo, el segmento de señal podría representar una versión transformada de la señal generada por el sensor para permitir observaciones humanas de un mejor enfoque humano. Tales transformaciones podrían incluir el filtrado, tal filtrado basado en frecuencia, o cuantización. Tal transformación también podría incluir amplificación, desplazamiento de frecuencia, ajuste de velocidad, aumento, ajuste de amplitud, etc.

Para permitir la reducción de los requisitos de almacenamiento, así como el enfoque adecuado en la señal de interés, tal vez solo se almacene una porción del segmento de señal. Por ejemplo, si una señal de video, tal vez solo se almacena una porción de los cuadros del video. Además, para cualquier imagen dada, tal vez solo se almacene la porción relevante del cuadro. Del mismo modo, si la señal del

sensor era una imagen, tal vez solo se almacene la porción relevante de la imagen. El servicio de reconocimiento que utiliza el segmento de señal para detectar una característica es consciente de qué porción del segmento de señal se utilizó para detectar una característica. Por consiguiente, un servicio de reconocimiento puede escindir específicamente la porción relevante de la señal para cualquier característica detectada dada.

El componente de cálculo 250 también puede tener un componente de seguridad 251 que puede determinar el acceso a los datos con el almacén de características detectadas 240. Por ejemplo, el componente de seguridad 251 puede controlar qué usuarios pueden acceder a los datos de características detectadas 241 y/o a las señales de sensores 242. Además, el componente de seguridad 251 puede incluso controlar en cuál de los datos de características detectadas se realizan los cálculos y/o qué usuario está autorizado para realizar qué tipo de cálculos o consultas. Por lo tanto, la seguridad se logra efectivamente. Más acerca de esta seguridad se describirá a continuación con respecto a la figura 6.

Dado que los datos de características detectadas representan las características detectadas de las entidades físicas dentro del espacio físico 201 durante el transcurso del tiempo, la computación compleja se puede realizar en las entidades físicas dentro del espacio físico 201. Como se describirá más adelante, para un usuario, es como si el propio entorno estuviera lleno de una potencia informática útil que se está preparando para cualquier consulta o cálculo informático con respecto a ese espacio físico. Esto se denominará en lo sucesivo también "computación ambiental".

Además, siempre que una característica detectada sea de interés, la evidencia que respalda la detección de los componentes de reconocimiento de esa característica puede reconstruirse. Por ejemplo, el componente informático 240 podría proporcionar evidencia de video de cuándo una entidad física particular ingresó por primera vez en una localización particular. Si varios sensores generaron señales de sensores que fueron utilizadas por el componente de reconocimiento para detectar esa característica, entonces las señales de sensores para cualquier sensor individual o combinación de sensores se pueden reconstruir y evaluar. Por lo tanto, por ejemplo, la evidencia de video de la entidad física que ingresa por primera vez en una localización particular puede revisarse desde diferentes ángulos.

El espacio físico 201 se ilustra en la figura 2 y solo pretende ser una representación abstracta de cualquier espacio físico que tenga sensores. Hay ejemplos infinitos de tales espacios físicos, pero los ejemplos incluyen una habitación, una casa, un vecindario, una fábrica, un estadio, un edificio, un piso, una oficina, un automóvil, un avión, una nave espacial, una placa de Petri, una tubería o un tubo, la atmósfera, espacios subterráneos, cuevas, terrenos, combinaciones y/o porciones de los mismos. El espacio físico 201 puede ser la totalidad del universo observable o cualquier porción del mismo, siempre que haya sensores capaces de recibir señales emitidas desde, afectadas por (por ejemplo, difracción, desplazamiento de frecuencia, ecos, etc.) y/o reflejadas desde las entidades físicas dentro de la localización.

Las entidades físicas 210 dentro del espacio físico 201 se ilustran incluyendo cuatro entidades físicas 211, 212, 213 y 214 solo a modo de ejemplo. Los puntos suspensivos 215 representan que puede

haber cualquier número y variedad de entidades físicas que tengan características que se detecten basadas en los datos de los sensores 220. Los puntos suspensivos 215 también representan que las entidades físicas pueden salir e ingresar a la localización 201. Por lo tanto, el número y la identidad de las entidades físicas dentro de la localización 201 puede cambiar durante el transcurso del tiempo.

La posición de las entidades físicas también puede variar durante el transcurso del tiempo. Aunque la posición de las entidades físicas se muestra en la porción superior del espacio físico 201 en la figura 2, esto es simplemente con el propósito de un etiquetado claro. Los principios descritos en el presente documento no dependen de ninguna entidad física particular que ocupe una posición física particular dentro del espacio físico 201.

Finalmente, solo por convención y para distinguir las entidades físicas 210 de los sensores 220, las entidades físicas 210 se ilustran como triángulos y los sensores 220 se ilustran como círculos. Las entidades físicas 210 y los sensores 220 pueden, por supuesto, tener cualquier forma o tamaño físico. Las entidades físicas típicamente no tienen forma triangular, y los sensores típicamente no tienen forma circular. Además, los sensores 220 pueden observar entidades físicas dentro de un espacio físico 201 sin tener en cuenta si esos sensores 220 están físicamente ubicados dentro de ese espacio físico 201.

Los sensores 220 dentro del espacio físico 201 se ilustran como que incluyen dos sensores 221 y 222 solo a modo de ejemplo. Los puntos suspensivos 223 representan que puede haber cualquier número y variedad de sensores que sean capaces de recibir señales emitidas, afectadas (por ejemplo, a través de difracción, desplazamiento de frecuencia, ecos, etc.) y/o reflejadas por las entidades físicas dentro del espacio físico. El número y la capacidad de los sensores operables pueden cambiar durante el transcurso del tiempo a medida que se agreguen, eliminen, actualicen, rompan, reemplacen, etc., en el espacio físico.

La figura 3 ilustra un diagrama de flujo de un método 300 para el seguimiento de entidades físicas dentro de un espacio físico. Dado que el método 300 se puede realizar para el seguimiento de entidades físicas 210 dentro del espacio físico 201 de la figura 2, el método 300 de la figura 3 se describirá ahora con referencia frecuente al entorno 200 de la figura 2. Además, la figura 4 ilustra una estructura de datos de seguimiento de entidad 400 que puede usarse para ayudar a realizar el método 300, y se puede usar para realizar consultas posteriores en las entidades físicas rastreadas, y quizás también para acceder y revisar las señales de sensores asociadas con las entidades físicas rastreadas. Además, la estructura de datos de seguimiento de entidad 400 puede almacenarse en el almacén de características detectadas 240 de la figura 4 (que se representa como datos de características detectadas 241). Por consiguiente, el método 300 de la figura 3 también se describirá con referencia frecuente a la estructura de datos de seguimiento de entidad 400 de la figura 4.

Para ayudar con el seguimiento, se configura una estructura de datos espacio-tiempo para el espacio físico (acción 301). Esto puede ser una estructura de datos distribuidos o una estructura de datos no distribuidos. La figura 4 ilustra un ejemplo de una estructura de datos de seguimiento de entidad 400 que incluye una estructura de datos espacio-tiempo 401. Esta estructura de datos de seguimiento de entidad 400 puede incluirse dentro del almacén de características detectadas 240 de la figura 2 como

datos de características detectadas 241. Mientras que los principios descritos en el presente documento se describen con respecto al seguimiento de las entidades físicas y sus características y actividades detectadas, los principios descritos en el presente documento pueden operar para el seguimiento de las entidades físicas (y sus características y actividades detectadas) en más de una localización. En ese caso, quizás la estructura de datos espacio-tiempo 401 no sea el nodo raíz en el árbol representado por la estructura de datos de seguimiento de entidad 400 (simbolizada por los puntos suspensivos 402A y 402B). Más bien, puede haber múltiples estructuras de datos espacio-tiempo que pueden interconectarse a través de un nodo raíz común.

Luego, regresando a la figura 3, el contenido del recuadro 310A se puede realizar para cada una de las múltiples entidades físicas (por ejemplo, entidades físicas 210) que están al menos temporalmente dentro de un espacio físico (por ejemplo, espacio físico 201). Además, el contenido del recuadro 310B se ilustra como anidado dentro del recuadro 310A, y representa que su contenido puede realizarse en cada una de las múltiples veces para una entidad física dada. Al realizar el método 300, se puede crear y desarrollar una estructura de datos de seguimiento de entidad 400 compleja, para registrar así las características detectadas de entidades físicas que están una o más veces dentro de la localización. Además, la estructura de datos de seguimiento de entidad 400 también puede usarse potencialmente para acceder a las señales detectadas que resultaron en el reconocimiento de ciertas características detectadas (o cambios de características).

Para una entidad física particular en la localización en un tiempo particular, una entidad física es detectada por uno o más sensores (acción 311). En otras palabras, una o más señales físicas emitidas desde, afectadas por (por ejemplo, a través de difracción, desplazamiento de frecuencia, ecos, etc.) y/o reflejadas desde la entidad física es recibida por uno o más de los sensores. Con referencia a la figura 1, se supone que la entidad física 211 tiene una o más características que son detectadas por ambos sensores 221 y 222 en un tiempo determinado.

Un aspecto de seguridad puede entrar en este punto. El componente de reconocimiento 230 puede tener un componente de seguridad 231 que, de acuerdo con las configuraciones particulares, puede rehusarse para registrar características detectadas asociadas con entidades físicas particulares, características detectadas de un tipo particular y/o que fueron detectadas a partir de señales de sensores generadas en un tiempo particular, o combinaciones de las mismas. Por ejemplo, quizás el componente de reconocimiento 230 no registre las características detectadas de ninguna persona que se encuentre dentro de la localización. Como ejemplos más detallados, tal vez el componente de reconocimiento 230 no registre las características detectadas de un conjunto de personas, donde esas características detectadas se relacionan con una identidad o género de la persona, y donde esas características detectadas son el resultado de las señales de sensores que se generaron en determinados marcos de tiempo. Más adelante se describirá más sobre esta seguridad con respecto a la figura 6.

Si está permitido, al menos una aproximación de ese tiempo particular en el que se detectó la entidad física se representa dentro de una estructura de datos de entidad que corresponde a la entidad física y esto está asociado por computación con la estructura de datos espacio-tiempo (acción 312). Por

ejemplo, con referencia a la figura 4, la estructura de datos de entidad 410A puede corresponder a la entidad física 211 y está asociada por computación (representada por la línea 430A) con la estructura de datos espacio-tiempo 401. En esta descripción y en las reivindicaciones, un nodo de una estructura de datos está "asociado por computación" con otro nodo de una estructura de datos si un sistema informático es, por cualquier medio, capaz de detectar una asociación entre los dos nodos. Por ejemplo, el uso de punteros es un mecanismo para la asociación por computación. Un nodo de una estructura de datos también puede estar asociado por computación al ser incluido dentro del otro nodo de la estructura de datos, y por cualquier otro mecanismo reconocido por un sistema informático como una asociación.

Los datos de tiempo 411 representan al menos una aproximación del tiempo en que se detectó la entidad física (al menos en este tiempo la iteración del contenido del recuadro 310B) dentro de la estructura de datos de entidad 410A. El tiempo puede ser en tiempo real (por ejemplo, expresado con respecto a un reloj atómico), o puede ser un tiempo artificial. Por ejemplo, el tiempo artificial puede ser un tiempo que se compensa durante el transcurso del tiempo real y/o se expresa de manera diferente al tiempo real (por ejemplo, número de segundos o minutos desde el último cambio de milenio). El tiempo artificial también puede ser un tiempo lógico, como el tiempo expresado por un número monótonamente creciente que se incrementa en cada detección.

También, basándose en la detección de la entidad física particular en el tiempo particular (en el acto 311), el entorno detecta al menos una característica física (y quizás múltiple) de la entidad física particular en la cual la entidad física particular existe en el tiempo particular (acción 313). Por ejemplo, con referencia a la figura 2, el componente de reconocimiento 230 puede detectar al menos una característica física de la entidad física 211 basada en las señales recibidas desde los sensores 221 y 222 (por ejemplo, como se representa por la flecha 229).

Al menos una característica física detectada de la entidad física particular se representa luego en la estructura de datos de entidad (acción 314) de una manera asociada por computación con al menos aproximación del tiempo particular. Por ejemplo, en la figura 2, los datos de características detectadas se proporcionan (representados por la flecha 239) al almacén de características detectadas 240. En algunas modalidades, estos datos de características detectadas pueden proporcionarse junto con al menos la aproximación del tiempo particular para para modificar la estructura de datos de seguimiento de entidad 400 en sustancialmente un acto. En otras palabras, el acto 312 y el acto 314 se pueden realizar sustancialmente al mismo tiempo para reducir las operaciones de escritura en el almacén de características detectadas 240.

Además, si se permiten, las señales de sensores en las que se basó el componente de reconocimiento para detectar la característica detectada se registran de una manera que está asociada con la computadora con la característica detectada (acción 315). Por ejemplo, la característica detectada que se encuentra en los datos de característica detectadas 241 (por ejemplo, en la estructura de datos espacio-tiempo 401) puede asociarse por computación con tales señales de sensores almacenadas en los datos de señal detectados 242.

Con referencia a la figura 4, la primera estructura de datos de entidad ahora tiene datos de

características detectadas 421 que están asociados por computación con el tiempo 411. En este ejemplo, los datos de características detectadas 421 incluyen dos características físicas detectadas 421A y 421B de la entidad física. Sin embargo, los puntos suspensivos 421C representan que puede haber cualquier número de características detectadas de la entidad física que se almacena como parte de los datos de características detectadas 421 dentro de la estructura de datos de entidad 401. Por ejemplo, puede haber una única característica detectada, o innumerables características detectadas, o cualquier número intermedio para cualquier entidad física dada, como se detectó en cualquier tiempo particular.

En algunos casos, la característica detectada puede estar asociada con otras características. Por ejemplo, si la entidad física es una persona, la característica podría ser un nombre de la persona. Esa persona identificada específicamente puede tener características conocidas basadas en características no representadas dentro de la estructura de datos de entidad. Por ejemplo, la persona puede tener un cierto rango o posición dentro de una organización, tener cierta capacitación, tener una cierta altura, etc. La estructura de datos de entidad puede extenderse, cuando se detecta una característica particular (por ejemplo, un nombre), apuntando a características adicionales de esa entidad física (por ejemplo, rango, posición, capacitación, altura) para extender aún más la riqueza de consulta y/u otro cálculo sobre la estructura de datos.

Los datos de características detectadas también pueden tener niveles de confianza asociados con cada característica detectada que representa una probabilidad estimada de que la entidad física realmente tenga la característica detectada en el tiempo particular 410A. En este ejemplo, el nivel de confianza 421a está asociado con la característica detectada 421A y representa una confianza de que la entidad física 211 realmente tiene la característica detectada 421A. Del mismo modo, el nivel de confianza 421b está asociado con la característica detectada 421B y representa una confianza de que la entidad física 211 realmente tiene la característica detectada 421B. Los puntos suspensivos 421c nuevamente representan que puede haber niveles de confianza expresados para cualquier número de características físicas. Además, puede haber algunas características físicas para las que no se expresa ningún nivel de confianza (por ejemplo, en el caso de que exista certeza o de que no sea importante o deseable medir la confianza de una característica física detectada).

Los datos de características detectadas también pueden tener una asociación por computación (por ejemplo, un puntero) a las señales de sensores que se utilizan por el componente de reconocimiento para detectar la característica de detección de ese nivel de confianza. Por ejemplo, en la figura 4, las señales de sensores 421Aa se asocian por computación con la característica detectada 421 A y representa las señales de sensores que se usaron para detectar la característica detectada 421A en el tiempo 411. Del mismo modo, las señales de sensores 421Bb están asociadas por computación con la característica detectada 421B y representa las señales de sensores que se usaron para detectar la característica detectada 421B en el tiempo 411. Los puntos suspensivos 421Cc nuevamente representan que puede haber asociaciones por computación de cualquier número de características físicas.

El componente de seguridad 231 del componente de reconocimiento 230 también puede ejercer la seguridad al decidir si registrar o no las señales de sensores que se usaron para detectar

características particulares en tiempos particulares. Por lo tanto, el componente de seguridad 231 puede ejercer seguridad en 1) determinar si registrar esas características particulares se detectaron, 2) determinar si registrar características asociadas con entidades físicas particulares, 3) determinar si registrar características detectadas en tiempos particulares, 4) determinar si registrar las señales de sensores y, en caso afirmativo, qué señales, registrar como evidencia de una característica detectada, etc.

Como ejemplo, suponer que la localización que se está rastreando es una habitación. Ahora suponer que un sensor de imagen (por ejemplo, una cámara) detecta algo dentro de la habitación. Un ejemplo de la característica detectada es que la "cosa" es un ser humano. Otra característica detectada de ejemplo es que la "cosa" es una persona nombrada en particular. Puede haber un nivel de confianza del 100% de que la "cosa" es una persona, pero solo un nivel de confianza del 20% de que la persona es una persona identificada específica. En este caso, el conjunto de características detectadas incluye una característica que es un tipo más específico de otra característica. Además, los datos de imagen de la cámara pueden ser señalado por el registro de la característica detectada de la entidad física particular en el tiempo particular.

Otra característica de ejemplo es que la entidad física simplemente existe dentro de la localización, o en una posición particular dentro de la localización. Otro ejemplo es que esta es la primera aparición de la entidad física desde un tiempo particular (por ejemplo, en los últimos tiempos, o incluso nunca). Otro ejemplo de características es que el elemento es inanimado (por ejemplo, con una certeza del 99%), una herramienta (por ejemplo, con una certeza del 80%) y un martillo (por ejemplo, con una certeza del 60%). Otra característica de ejemplo es que la entidad física ya no está presente (por ejemplo, está ausente) de la localización, o tiene una postura particular, está orientada de cierta manera, o tiene una relación de posición con otra entidad física dentro de la localización (por ejemplo, "en la mesa" o "sentado en la silla # 5").

En cualquier caso, el número y los tipos de características que pueden detectarse a partir del número y los tipos de entidades físicas dentro de cualquier localización son innumerables. Además, como se mencionó anteriormente, como se representa en el recuadro 310B, los actos dentro del recuadro 310B pueden potencialmente ejecutarse varias veces para cualquier entidad física dada. Por ejemplo, la entidad física 211 puede estar en contra de ser detectada por uno o ambos sensores 221 y 222. Con referencia a la figura 4, esta detección resulta en el tiempo de la siguiente detección (o es la aproximación) a ser representada dentro de la estructura de datos de entidad 410. Por ejemplo, el tiempo 412 también se representa dentro de la estructura de datos de entidad. Además, las características detectadas 422 (por ejemplo, que incluyen quizás la característica detectada 422A y 422B - con puntos suspensivos 422C que representan nuevamente la flexibilidad) se asocian por computación con el segundo tiempo 412. Además, estas características detectadas también pueden tener niveles de confianza asociados (por ejemplo, 422a, 422b, puntos suspensivos 422c). Del mismo modo, esas características detectadas también pueden tener señales de sensores asociadas (por ejemplo, 422Aa, 422Bb, puntos suspensivos 422Cc).

Las características detectadas, detectadas en el segundo tiempo pueden ser iguales o diferentes a las características detectadas, detectadas en el primer tiempo. Los niveles de confianza pueden cambiar durante el transcurso del tiempo. A modo de ejemplo, suponer que un ser humano se detecta en el tiempo # 1 a un lado de un cuarto grande a través de una imagen con un 90% de confianza, y que el ser humano se detecta específicamente como John Doe con un 30% de confianza. Ahora, en el tiempo # 2 que es 0.1 segundos más tarde, John Doe se detecta a 15 metros (50 pies) de distancia en otra parte del cuarto con un 100% de confianza, y sigue habiendo un ser humano en la misma localización donde se especuló que estaba John Doe en el tiempo 1. Ya que los seres humanos no viajan 15 metros (50 pies) en una décima de segundo (al menos en un entorno de oficina), ahora se puede concluir que el ser humano detectado en el tiempo 1 no es John Doe en absoluto. Así que la confianza para el tiempo # 1 de que el ser humano es John Doe se reduce a cero.

Regresando a la figura 2, los puntos suspensivos 413 y 423 representan que no hay límite en el número de veces que se puede detectar una entidad física dentro de la localización. A medida que se realizan detecciones posteriores, se puede aprender más sobre la entidad física y, por lo tanto, las características detectadas se pueden agregar (o eliminar) según sea apropiado, con los ajustes correspondientes a los niveles de confianza para cada característica detectada.

Ahora moviéndose fuera del recuadro 310B, pero permaneciendo dentro del recuadro 310A, para cualquier entidad física dada, los cambios de características en la entidad particular se pueden detectar (acción 322) con base en la comparación (acción 321) de las características detectadas de la entidad física particular en diferentes tiempos. Estos cambios detectados pueden ser realizados por el componente de reconocimiento 230 o el componente de cálculo 250. Si se desea, esos cambios detectados también pueden registrarse (acción 323). Por ejemplo, los cambios detectados se pueden registrar en la estructura de datos de entidad 410A de una manera que está, o tal vez no, asociada por computación con un tiempo en particular. Las señales de sensores que evidencian el cambio de características pueden reconstruirse utilizando las señales de sensores que evidenciaron la característica detectada en cada tiempo.

Por ejemplo, con base en una característica detectada en un primer tiempo es una presencia de la entidad física dentro de la localización, y con base en una segunda característica en un segundo tiempo es una ausencia de la entidad física dentro de la localización, puede concluirse que la entidad física ha salido del espacio físico. Por el contrario, con base en una característica detectada en un primer tiempo que es una ausencia de la entidad física de la localización, y una segunda característica en un segundo tiempo es una presencia de la entidad física dentro de la localización, puede concluirse que la entidad física ha entrado en la localización. En algunos casos, tal vez la ausencia de un espacio físico no se busca en una entidad física hasta que la entidad física se detecta por primera vez como que está presente en el espacio físico.

Ahora, con referencia al recuadro 310A, este seguimiento de las características de las entidades físicas se puede realizar para múltiples entidades durante el transcurso del tiempo. Por ejemplo, el contenido del recuadro 310A se puede realizar para cada una de las entidades físicas 211, 212, 213 o

214 dentro del espacio físico 201 o para otras entidades físicas que ingresan o salen del espacio físico 201. Con referencia a la figura 4, la estructura de datos espacio-tiempo 401 también está asociada por computación (representada por las líneas 430B, 430C y 430D) con una segunda estructura de datos de entidad 410B (quizás asociada con la segunda entidad física 212 de la figura 2), una tercera estructura de datos de entidad 410C (quizás asociada con la tercera entidad física 213 de la figura 2); y una cuarta estructura de datos de entidad 410D (quizás asociada con la cuarta entidad física 214 de la figura 2).

La estructura de datos espacio-tiempo 401 también puede incluir uno o más accionadores que definen condiciones y acciones. Cuando se cumplen las condiciones, las acciones correspondientes van a ocurrir. Los accionadores pueden almacenarse en cualquier localización en la estructura de datos espacio-tiempo. Por ejemplo, si las condiciones y/o acciones son con respecto a una estructura de datos de una entidad particular, el accionador puede almacenarse en la estructura de datos de entidad correspondiente. Si las condiciones y/o acciones son con respecto a una característica particular de una estructura de datos de entidad particular, el accionador puede almacenarse en la estructura de datos de característica correspondiente.

Los puntos suspensivos 410E representan que el número de estructuras de datos de entidad puede cambiar. Por ejemplo, si los datos de seguimiento se guardan para siempre con respecto a las entidades físicas que están siempre dentro del espacio físico, entonces se pueden agregar estructuras de datos de entidad adicionales cada vez que se detecte una nueva entidad física dentro de la localización, y cualquier estructura de datos de entidad dada puede ser aumentada cada vez que se detecta una entidad física dentro del espacio físico. Sin embargo, hay que recordar que se puede realizar una recolección de basura (por ejemplo, mediante el componente de limpieza 260) para evitar que la estructura de datos de seguimiento de entidad 400 crezca demasiado para ser editada, almacenada y/o navegada adecuadamente.

En el exterior del recuadro 310A, se pueden detectar relaciones físicas entre diferentes entidades físicas (acción 332) con base en la comparación de las estructuras de datos de entidades asociadas (acción 331). Esas relaciones físicas también se pueden registrar en la estructura de datos de seguimiento de entidades 401 (acción 333) quizás dentro de las estructuras de datos de entidades asociadas que tienen las relaciones físicas detectadas y/o quizás asociadas con el tiempo en que las entidades físicas se detectan como si tuvieran la relación. Por ejemplo, al analizar las estructuras de datos de entidades para diferentes entidades físicas a través del tiempo, se puede determinar qué en un tiempo particular, una entidad física puede estar oculta detrás de otra entidad física, o que una entidad física puede estar ocultando la detección de otra entidad física, o que dos entidades físicas se han unido o que una entidad física se ha separado para crear múltiples entidades físicas. Las señales de sensores que evidencian la relación de la entidad física pueden reconstruirse utilizando las señales de sensores que evidenciaron la característica detectada en el tiempo apropiado y para cada entidad física.

El almacén de datos de características 240 se puede usar ahora como un almacén poderoso sobre el cual se calculan funciones complejas y consultan sobre representaciones de entidades físicas durante el transcurso del tiempo dentro de un espacio físico. Tal cálculo y consulta puede realizarse por

el componente de cálculo 250. Esto permite una cantidad enumerable de modalidades útiles, y de hecho introduce una nueva forma completamente por computación referida en el presente documento como "computación ambiental". Dentro del espacio físico que tiene sensores, es como si el mismo aire se pudiera usar para calcular y detectar el estado del mundo físico. Es como si se hubiera creado una bola de cristal para ese espacio físico desde el cual es posible consultar y/o calcular muchas cosas sobre esa localización y su historia.

Como ejemplo, un usuario puede ahora consultar si un objeto está ahora en un espacio físico, o dónde estaba un objeto en un tiempo determinado dentro del espacio físico. El usuario también puede consultar qué persona tiene características particulares (por ejemplo, rango o posición dentro de una empresa) que se encuentra cerca de ese objeto en este tiempo, y comunicarse con esa persona para llevar el objeto al usuario. El usuario puede consultar en cuanto a las relaciones entre las entidades físicas. Por ejemplo, el usuario puede consultar quién tiene la posesión de un objeto. El usuario puede consultar el estado de un objeto, si está oculto y qué otro objeto está ocultando la vista del objeto. El usuario podría consultar cuándo apareció por primera vez una entidad física dentro del espacio físico, cuándo salió, etc. El usuario también puede consultar cuándo se apagaron las luces, cuando el sistema estaba seguro de una o más características de una entidad física. El usuario también puede buscar en las características de un objeto. El usuario también puede consultar las actividades que se han producido dentro de la localización. Un usuario puede calcular el tiempo medio que una entidad física de un tipo particular está dentro de la localización, anticipar dónde estará una entidad física en algún tiempo futuro, y así sucesivamente. Por consiguiente, el cálculo y consultas enriquecidas se pueden realizar en un espacio físico que tiene sensores.

Como se mencionó anteriormente, el gráfico navegable por computadora puede tener segmentos de señal asociados con características detectadas. La figura 5 ilustra un diagrama de flujo de un método 500 para representar eficientemente segmentos de señales de interés. Primero, el sistema informático navega por el gráfico navegable de las características detectadas para alcanzar una característica detectada en particular (acción 501). Por ejemplo, esta navegación se puede realizar de forma automática o en respuesta a las entradas del usuario. La navegación puede ser el resultado de un cálculo, o puede implicar simplemente identificar la característica detectada de interés. Como otro ejemplo, la navegación puede ser el resultado de una consulta del usuario. En algunas modalidades, un cálculo o consulta puede dar lugar a múltiples características detectadas a las que se navega. Como ejemplo, suponer que el sistema informático navega a la característica detectada 222A en la figura 2.

El sistema informático luego navega a la señal detectada asociada por computación con la característica detectada particular (acción 502) utilizando la asociación por computadora entre la característica detectada particular y la señal de sensor asociada. Por ejemplo, en la figura 2, con la característica detectada que es la característica 222A, la asociación por computadora se usa para navegar al segmento de señal 222Aa.

Finalmente, el segmento de señal puede ser procesado (acción 503) en un dispositivo de salida apropiado. Por ejemplo, si el sistema informático es el sistema informático 100 de la figura 1, el

dispositivo de salida apropiado podría ser uno o más de los mecanismos de salida 112A. Por ejemplo, las señales de audio pueden reproducirse utilizando altavoces, y los datos visuales pueden reproducirse utilizando una pantalla. Después de navegar a las señales detectadas, pueden ocurrir varias cosas. El usuario puede reproducir un segmento de señal en particular, o quizás elegir entre múltiples segmentos de señal que contribuyeron a la característica. Una vista podría sintetizarse a partir de los múltiples segmentos de señal.

Con la realización del cálculo en el mundo físico, se habilita un nuevo tipo de computación ambiental. Es como si las computadoras estuvieran disponibles en el entorno ambiental, incorporadas en el aire mismo, y capaces de realizar cálculos en entidades físicas que estuvieran en algún punto en contacto con ese aire. En el lugar de trabajo, la productividad puede mejorarse enormemente al utilizar esta computación ambiental. Por ejemplo, un usuario puede encontrar rápidamente una herramienta fuera de lugar, o ser capaz de comunicarse con un compañero cercano a la herramienta para que el usuario pueda pedirle a ese compañero que agarre esa herramienta y se la lleve al usuario. Además, adicionalmente de la computación ambiental, los seres humanos pueden revisar las señales de sensores que se usaron para detectar funciones de interés para entidades físicas de interés particulares, en tiempos particulares de interés. Sin embargo, es ilimitado el número de escenarios para mejorar la productividad física debido al uso responsable de la computación ambiental.

Ahora que los principios de la computación ambiental se han descrito con respecto a las figuras 2 a 5, los mecanismos de seguridad que pueden realizarse en el contexto de tal computación ambiental se describirán con respecto a la figura 6. La figura 6 ilustra un diagrama de flujo de un método 600 para controlar la creación o el acceso a la información detectada por uno o más sensores en un espacio físico. El método incluye la creación (acción 601) de un gráfico navegable por computadora de funciones de entidades físicas detectadas en un espacio físico durante el transcurso del tiempo. Los principios descritos en el presente documento no se limitan a la estructura precisa de tal gráfico navegable por computadora. Se ha descrito una estructura de ejemplo y su creación con respecto a las figuras 2 a 4.

El método 600 también incluye restringir la creación o el acceso a nodos del gráfico navegable por computadora con base en uno o más criterios (acción 602). Por lo tanto, la seguridad se impone sobre el gráfico navegable por computadora. Las flechas 603 y 604 representan que el proceso de crear el gráfico y restringir la creación/acceso a sus nodos puede ser un proceso continuo. El gráfico puede tener nodos agregados continuamente (y quizás eliminados de) el gráfico. Además, las restricciones de creación pueden considerarse siempre que exista la posibilidad de creación de un nodo. Las restricciones de acceso pueden decidirse cuando se crea un nodo del gráfico, o en cualquier tiempo posterior. Los ejemplos de restricciones pueden incluir, por ejemplo, una identidad prospectiva de una entidad física detectada, una característica detectada de una entidad física detectada, etc.

En la determinación de si se autoriza el acceso a un nodo de un gráfico navegable por computadora, puede haber criterios de acceso para cada nodo. Tales criterios de acceso pueden ser explícitos o implícitos. Es decir, si no hay un criterio de acceso explícito para el nodo al que se va a acceder, quizás entonces se aplique un conjunto predeterminado de criterios de acceso. Los criterios de

acceso para cualquier nodo dado se pueden organizar de cualquier manera. Por ejemplo, en una modalidad, los criterios de acceso para un nodo se pueden almacenar con el nodo en el gráfico navegable por computadora.

Las restricciones de acceso también pueden incluir restricciones basadas en un tipo de acceso solicitado. Por ejemplo, un acceso computacional significa que no se accede directamente al nodo, pero se usa en un cálculo. El acceso directo para leer el contenido de un nodo puede estar restringido, mientras que el acceso computacional que no informa el contenido exacto del nodo puede estar permitido.

Las restricciones de acceso también pueden basarse en el tipo de nodo al que se accede. Por ejemplo, puede haber una restricción en el acceso al nodo de estructura de datos de entidad particular del gráfico navegable por computadora. Por ejemplo, si el nodo de la estructura de datos de entidad particular representa las detecciones de una persona en particular en el espacio físico, el acceso podría ser denegado. También puede haber restricciones en el acceso a nodos de segmentos de señal particulares del gráfico navegable por computadora. Como ejemplo, quizás uno pueda determinar que una persona se encontraba en una localización en un tiempo dado, pero no puede revisar las grabaciones de video de esa persona en ese lugar. Las restricciones de acceso también pueden basarse en quién es el solicitante de acceso.

En la determinación de si restringir la creación de un nodo de característica detectada particular del gráfico navegable por computadora, puede haber una variedad de criterios considerados. Por ejemplo, puede haber una restricción en la creación de un nodo de segmento de señal particular de un gráfico navegable por computadora.

La figura 7 ilustra un flujo recurrente 700 que muestra que además de crear un gráfico navegable por computadora de características detectadas en el espacio físico (acción 701), también puede haber recorte del gráfico navegable por computadora (acción 702). Estos actos incluso pueden ocurrir de manera simultánea y continua (como los representados por las flechas 703 y 704) para mantener así el gráfico de características detectadas por computadora en un tamaño manejable. Ha habido una descripción significativa en el presente documento acerca de cómo se puede crear el gráfico navegable por computadora (representado como la acción 701).

Ahora, esta descripción se centrará en cómo se puede recortar el gráfico navegable por computadora para eliminar uno o más nodos del gráfico navegable por computadora (acción 702). Cualquier nodo del gráfico navegable por computadora puede estar sujeto a eliminación. Por ejemplo, características detectadas de una estructura de datos de entidad física puede eliminarse por un tiempo específico o un grupo de tiempos. Una característica detectada de la estructura de datos de una entidad física también puede eliminarse para todos los tiempos. Más de una característica detectada de una estructura de datos de entidad física puede ser eliminada por un tiempo dado, o por cualquier grupo de tiempos. Además, la estructura de datos de una entidad física puede eliminarse por completo en algunos casos.

La eliminación de un nodo puede ocurrir, por ejemplo, cuando el gráfico físico representa algo

que es imposible dadas las leyes de la física. Por ejemplo, un objeto dado no puede estar en dos lugares al mismo tiempo, ni tampoco puede viajar distancias significativas en un corto período de tiempo en un entorno en el que dicho viaje es inviable o imposible. En consecuencia, si se realiza un seguimiento de una entidad física con absoluta certeza en una localización, se puede eliminar cualquier estructura de datos de entidad física que represente con menor confianza que la misma entidad física se encuentra en una localización inconsistente.

La eliminación de un nodo también puede ocurrir cuando se obtiene más confianza con respecto a una característica detectada de una entidad física. Por ejemplo, si una característica detectada de una entidad física dentro de una localización se determina con una certeza del 100%, entonces los niveles de certeza de esa característica detectada de esa entidad física también pueden actualizarse para que lean el 100% de todos los tiempos anteriores. Además, las características detectadas que se han aprendido a no ser aplicables a una entidad física (es decir, el nivel de confianza se ha reducido a cero o es insignificante), la característica detectada puede eliminarse para esa entidad física.

Además, parte de la información en el gráfico navegable por computadora puede ser demasiado obsoleta para ser útil. Por ejemplo, si una entidad física no se ha observado en el espacio físico durante un período de tiempo sustancial para que el reconocimiento previo de la entidad física ya no sea relevante, entonces se puede eliminar toda la estructura de datos de entidad física. Además, las detecciones de una entidad física que se han estancado pueden eliminarse, aunque la estructura de datos de entidad física permanece para reflejar detecciones más recientes. Por lo tanto, la limpieza (o recorte) del gráfico navegable por computadora se puede realizar mediante análisis intrínseco y/o mediante información extrínseca. Este recorte mejora intrínsecamente la calidad de la información representada en el gráfico navegable por computadora, al eliminar información de menor calidad, y liberar espacio para almacenar información más relevante.

Por consiguiente, los principios descritos en el presente documento permiten un gráfico navegable por computadora del mundo físico. El gráfico se puede buscar y se puede almacenar, lo que permite realizar búsquedas, consultas y otros cálculos en el mundo real. La seguridad puede además ser impuesta en tal ambiente. Finalmente, el gráfico se puede mantener a un tamaño manejable a través de la limpieza y la recorte. Así, se ha logrado un nuevo paradigma en la informática.

El gráfico navegable por computadora de espacio físico descrito anteriormente permite una amplia variedad de aplicaciones y logros técnicos. En particular, tres de los logros que se describirán ahora con base en un gráfico físico que tiene segmentos de señal que evidencia el estado de las entidades físicas, y por lo tanto el gráfico físico tiene una comprensión semántica de lo que está sucediendo dentro de cualquier segmento de señal dado. En una primera implementación, se pueden compartir porciones de segmentos de señal, con la comprensión semántica participando en qué porciones del segmento de señal se extraen para compartir. En una segunda implementación, los segmentos de señal pueden ser narrados automáticamente utilizando la comprensión semántica de lo que está sucediendo dentro de un segmento de señal. En una tercera implementación, los actores pueden ser capacitados justo a tiempo al proporcionar representaciones de segmentos de señal cuando

el actor debe comenzar o ha comenzado una actividad.

La figura 8 ilustra un diagrama de flujo de un método 800 para compartir al menos una porción de un segmento de señal. El segmento de señal podría ser, por ejemplo, múltiples segmentos de señal que han capturado la misma entidad física. Por ejemplo, si el segmento de señal es un segmento de señal de video, múltiples segmentos de video pueden haber capturado la misma entidad física o entidades desde diferentes perspectivas y distancias. Si la señal es un segmento de señal de audio, se pueden haber capturado múltiples segmentos de audio en la entidad o entidades físicas seleccionadas con diferentes canales acústicos que intervienen entre los sensores acústicos correspondientes y la entidad o entidades físicas seleccionadas (o porciones de los mismos). Los segmentos de señal que se comparten pueden ser un segmento de señal en vivo que captura señales en vivo de una o más entidades físicas dentro de una ubicación. Alternativamente, los segmentos de señal que se comparten pueden ser un segmento de señal grabado.

De acuerdo con el método 800, el sistema detecta la selección de una o más entidades físicas o porciones de las mismas que se procesan dentro de uno o más segmentos de señal (acción 801). Por lo tanto, la compartición puede iniciarse con base en el contenido semántico de un segmento de señal. Por ejemplo, la entidad o entidades físicas seleccionadas (o parte de ellas) pueden ser el objetivo de trabajo o una fuente de trabajo. Como ejemplo, el usuario puede seleccionar un objetivo de trabajo, como una pizarra física. Otro ejemplo de objetivo de trabajo podría ser una pieza de equipo que se está reparando. Ejemplos de fuentes de trabajo podrían ser, por ejemplo, una persona que escribe en una pizarra física, un bailarín, un mago, un obrero de la construcción, etc.

El individuo que seleccionó la entidad o entidades físicas (o porciones de ellas) para compartir puede ser un ser humano. En ese caso, el usuario puede seleccionar la entidad o entidades físicas (o porciones de las mismas) de cualquier manera intuitiva para un usuario humano. Ejemplos de tal entrada incluyen gestos. Por ejemplo, el usuario podría rodear un área que abarque la entidad o entidades físicas (o porciones de las mismas) dentro de una porción de un segmento de señal de video o imagen.

Alternativamente, la selección puede realizarse por un sistema. Por ejemplo, el sistema podría seleccionar que la porción de segmentos de señal que incluye una entidad o entidades físicas particulares (o porciones de las mismas) se comparta al detectar una condición particular, y/o de acuerdo con la política. Por ejemplo, como se describe a continuación con respecto a la figura 10, el sistema puede detectar que un actor humano está a punto de participar en una actividad particular que requiere capacitación. El sistema puede entonces seleccionar la entidad o entidades físicas que son similares a un objetivo de actividad, o que incluyen a un individuo, ya que ese individuo ha realizado previamente la actividad, para compartir con el actor humano. Una narración de la actividad incluso se puede generar y proporcionar automáticamente (como se describe con respecto a la figura 9).

Luego, el sistema extrae las porciones de los segmentos de señal en el cual se representa la entidad física seleccionada o la porción seleccionada de la entidad física (acción 802). Por ejemplo, el segmento de señal puede ser múltiples segmentos de señal de video. El sistema puede crear un segmento de señal en el cual el punto de vista cambia de un segmento de señal (generado por un

sensor) a otro segmento de señal (generado por otro sensor) al ocurrir las condiciones que ocurren con respecto a la entidad o entidades físicas seleccionadas (o la porción seleccionada allí). Por ejemplo, suponer que la entidad física seleccionada son las porciones de la pizarra en la que un instructor está escribiendo actualmente. Si el cuerpo del instructor debía ocultar su propia escritura desde la perspectiva de un sensor, otro segmento de señal que captura la porción activa de la pizarra puede cambiarse automáticamente. El sistema puede realizar tal conmutación (de segmentos de señal en vivo) o costura (o segmentos de video grabados) automáticamente.

El sistema luego envía una representación de los segmentos de señal que abarca la entidad o entidades físicas seleccionadas (o porciones allí) a uno o más destinatarios (acción 803). Dichos destinatarios pueden ser seres humanos, componentes, robóticos o cualquier otra entidad capaz de usar las porciones de segmento de señal compartida.

En una modalidad, los segmentos de señal representan una porción de un gráfico físico que incluye representaciones de entidades físicas detectadas dentro de un espacio físico, junto con segmentos de señal que evidencian el estado de las entidades físicas. Un ejemplo de tal gráfico físico se ha descrito anteriormente con respecto a las figuras 2 a 4 con respecto al gráfico navegable por computadora 400. El sistema también podría enviar una porción del gráfico físico que se relaciona con las porciones del segmento de señal que son compartidos, y/o tal vez pueden extraer información de esa porción correspondiente del gráfico físico para compartir junto con (o como alternativa a) compartir las porciones del segmento de señal en sí.

Como se mencionó anteriormente, la representación de la porción compartida podría ser una narración generada automáticamente. La comprensión semántica de qué actividad física y entidades se representan en un segmento de señal también permite la generación automática de una narración del segmento de señal (ya sea narración en vivo o narración de un segmento de video grabado). La figura 9 ilustra un diagrama de flujo de un método 900 para generar automáticamente una narración de lo que está sucediendo en un segmento de señal. Como ejemplo, se puede realizar la narración automática de un juego de ajedrez, un juego de fútbol o similares. También se puede realizar la narración automática de una actividad laboral.

Para generar una narración automática de un segmento de señal, se accede al segmento de señal desde el gráfico físico (acción 901). Usando la comprensión semántica de lo que se representa en el segmento de señal, el sistema determina cómo actúan la entidad o entidades físicas en el segmento de señal (acción 902). De nuevo, tal comprensión semántica se puede obtener de las porciones del gráfico físico que corresponden al segmento de señal.

No todo lo que se muestra en un segmento de señal será relevante para la narración. El sistema podría determinar qué acciones son relevantes teniendo en cuenta cualquier número de factores (o un balance de los mismos), que incluyen, por ejemplo, si una acción ocurre repetidamente, qué no ha cambiado, qué ocurre constantemente, qué porciones se han compartido de los segmentos de señal, instrucciones del usuario, y etc. También podría haber alguna capacitación del sistema y aprendizaje automático para saber qué acciones son potencialmente relevantes.

Luego, el sistema genera automáticamente una narración de las acciones en el segmento de señal utilizando las acciones determinadas de una o más entidades físicas (acción 903). Como ejemplo, si el segmento de señal fuera un segmento de señal de video, la narración generada podría ser una o más narraciones de audio, una narración esquemática o similares. En la narración de audio, lo que está sucediendo en el segmento de la señal de video puede ser hablado. En una narración esquemática, un diagrama de lo que está ocurriendo en el segmento de la señal de video se puede procesar con material irrelevante eliminado y con entidades físicas relevantes que se enfatizan visualmente. Las entidades físicas relevantes podrían estar representadas en forma simplificada (quizás con dibujos animados), con movimientos y acciones potencialmente representadas visualmente (por ejemplo, mediante flechas).

Si el segmento de señal fuera un segmento de señal de audio, la narración generada podría incluir una narración de audio resumida que incluya un audio simplificado de los asuntos relevantes que se escuchan dentro del segmento de señal. La narración generada también podría ser una narración esquemática. La narración también puede mostrar o describir a un destinatario deseado qué hacer con respecto al entorno del destinatario deseado, ya que el gráfico físico también puede tener una comprensión semántica del entorno del destinatario deseado.

La figura 10 ilustra un diagrama de flujo de un método 1000 para capacitar automáticamente sobre la ocurrencia de una condición con respecto a ese actor. El método 1000 se inicia al detectar que la condición se cumple con respecto al actor en el que está involucrado un actor humano o que está a punto de participar en una actividad física (acción 1001). Por ejemplo, la condición podría ser que el actor esté realizando o esté a punto de realizar una actividad física, o que el actor tenga un cierto estado físico (por ejemplo, presencia dentro de una sala). En respuesta, el sistema evalúa si se debe o no proporcionar capacitación al actor humano para esa actividad física (acción 1002). Por ejemplo, la determinación podría basarse en alguna política de capacitación. Como ejemplo, la capacitación podría ser obligatoria al menos una vez para todos los empleados de una organización con respecto a esa actividad, y podría tener el mandato de ocurrir antes de que se realice la actividad. La capacitación puede ser requerida anualmente. Podría requerirse capacitación dependiendo de quién es el actor (por ejemplo, un nuevo empleado o un oficial de seguridad).

La capacitación podría ofrecerse cuando el sistema determina que el actor humano se está involucrando en una actividad de manera incorrecta (por ejemplo, no doblar las rodillas al levantar un objeto pesado). La capacitación puede adaptarse a cómo el actor humano está realizando la actividad de manera incorrecta. La capacitación puede ofrecerse repetidamente dependiendo del índice de aprendizaje del actor humano.

La capacitación se envía al actor (acción 1003). Por ejemplo, un robot o un humano puede ser enviado al actor para mostrarle cómo realizar una actividad. Alternativamente o además, una representación de un segmento de señal puede enviarse al actor (acción 1003), donde la representación proporciona capacitación al actor humano. Por ejemplo, la representación podría ser una narración (como la generada automáticamente por el método 900 de la figura 9). La representación compartida puede ser un segmento de señal múltiples sensores - como una señal de video unida en la cual el punto de vista

cambia estratégicamente al ocurrir una o más condiciones con respecto a una entidad física seleccionada o una porción seleccionada de la entidad física, como describió anteriormente con respecto a la figura 9.

En consecuencia, los principios descritos en el presente documento utilizan un entorno informático ambiental y la comprensión semántica de lo que está sucediendo en el mundo real, a fin de proporcionar avances técnicos significativos. La presente invención se puede materializar en otras formas específicas sin apartarse de su esencia o características esenciales. Las modalidades descritas deben considerarse en todos los aspectos solo como ilustrativas y no restrictivas. El alcance de la invención, por lo tanto, está indicado por las reivindicaciones adjuntas en lugar de por la descripción anterior. Todos los cambios que se encuentren dentro del significado y rango de equivalencia de las reivindicaciones deben incluirse dentro de su alcance.