

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 010 139**

51 Int. Cl.:

G06V 10/44 (2012.01)

G06V 10/764 (2012.01)

G06V 10/82 (2012.01)

G06V 20/68 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.10.2019 PCT/IB2019/058694**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.05.2020 WO20095131**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.10.2019 E 19790819 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2024 EP 3877904**

54 Título: **Analizador de leche para clasificar la leche**

30 Prioridad:

07.11.2018 DK PA201800836

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.04.2025

73 Titular/es:

**FOSS ANALYTICAL A/S (100.00%)
Nils Foss Allé 1
3400 Hilleroed, DK**

72 Inventor/es:

**TAURO, SANDEEP CHRISTOPHER;
BARTH WAL, SAMARTH y
SPARRE, SARA ZOLLFRANK**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 3 010 139 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Analizador de leche para clasificar la leche

5 La presente invención se refiere a un analizador de leche para clasificar la leche.

La leche mala es la leche que se agria involuntariamente, se cuaja, contiene materias extrañas o se estropea de cualquier otro modo. Hay varias razones que pueden causar la leche mala. Incluyen la limpieza inadecuada de las especies (vacas, cabras, ovejas, etc.) antes y después del ordeño, las especies enfermas y la falta de control o mal funcionamiento de las condiciones de transporte. Las proteínas pueden degradarse por acción enzimática o por exposición a la luz. La causa predominante de la degradación de las proteínas es a través de enzimas llamadas proteasas. La degradación no deseada (proteólisis) da como resultado una leche con sabores desagradables y de mala calidad. La leche mala a menudo se manifiesta en forma de pequeños racimos o gotas, que después pueden usarse para la clasificación visual. Además, los ciclos de temperaturas extremas, ya sea durante el almacenamiento o el transporte, los recipientes sucios, la introducción de una cantidad incorrecta de conservante, diluyente u otro aditivo en la leche antes de enviarla a un laboratorio central de análisis de leche (CMT, por sus siglas en inglés) u otros laboratorios o un analizador aceleran la degradación.

Sea cual sea la causa, las muestras de leche mala llegan inevitablemente al CMT y a otros laboratorios o lugares de análisis para analizarlas en instrumentos de análisis más o menos automatizados. Como estas muestras de leche mala normalmente no se examinan visualmente antes del análisis, pasan a formar parte del flujo de trabajo rutinario de toma de muestras, que después consiste en una combinación de muestras de leche buena y mala. Sin embargo, cuando estas muestras de leche mala se someten al instrumento de análisis pueden provocar un importante problema de obstrucción en los instrumentos. En algunos casos, los instrumentos pueden estar fuera de uso durante días, lo que puede tener un impacto grave en el funcionamiento del laboratorio. Según la naturaleza y/o el grado de "mala calidad" de las muestras de leche mala, pueden provocar un problema simple, como un bloqueo en la parte de admisión del instrumento de análisis tal como una pipeta, o pueden bloquear partes más complejas en lo profundo del instrumento.

En ocasiones, una pipeta bloqueada puede limpiarse mediante una rutina de limpieza automática, pero este no siempre es el caso. Si la rutina de limpieza automática no puede realizar una limpieza adecuada, el operador tiene que utilizar herramientas mecánicas para limpiar el sistema de admisión. Esto también es cierto si el bloqueo ocurre en una parte más profunda dentro del instrumento de análisis y abordar cualquier bloqueo de este tipo puede resultar difícil y llevar mucho tiempo. Tales bloqueos pueden provocar un tiempo de inactividad significativo, lo que reduce el rendimiento del instrumento de análisis afectado y aumenta los costos operativos del laboratorio de CMT. Además, el flujo de trabajo normal después de una obstrucción es ejecutar varios controles de medición para confirmar que la limpieza es exhaustiva. Estas mediciones de verificación aumentan el costo de operación del instrumento para el laboratorio, ya que se utilizan muestras adicionales tales como estándares y muestras de control, para verificar la efectividad de la limpieza antes de volver a ponerlo en servicio.

A menudo, la leche mala no solo tiene una apariencia visual distinta, sino también características olfativas distintas. Sin embargo, este no es siempre el caso y la detección de leche mala o de leche con otras características, particularmente características no deseadas, que se manifiestan visualmente puede resultar difícil. Por ejemplo, en el caso de las personas con discapacidad visual o cuando las manifestaciones visuales son sutiles, perceptibles quizás solo para una persona bien formada, tal como en la granja, donde un ganadero se beneficiaría de conocer ciertas características de la leche antes de cargarla en un camión cisterna de transporte, o en un consumidor donde sería útil identificar la leche mala antes de consumirla.

La patente EP189.204.3A2 se refiere generalmente a un aparato para analizar el fluido extraído de un cuerpo y, más en particular, para analizar fluidos corporales de mamíferos. El aparato proporciona un análisis automatizado de la leche.

Da Cruz, A. G. y col.: "Monitoring the authenticity of low-fat yogurts by an artificial neural network", JOURNAL OF DAIRY SCIENCE, vol. 92, n.º 10, 1 de octubre de 2009, páginas 4797-4804, describe el uso de una red neuronal artificial basándose en análisis instrumentales simples, tales como el pH, el color, y la dureza (entradas), para la clasificación de los yogures comerciales en las categorías de bajo contenido de grasa y reducido en grasa.

La patente WO2018.165.605A1 describe una tecnología que proporciona información nutricional precisa de los alimentos consumidos y la integra perfectamente en la vida del usuario.

La invención se expone en la reivindicación independiente.

Según la presente invención, se proporciona un analizador de leche que comprende una unidad de análisis de leche que tiene una modalidad de análisis en donde la unidad de análisis de leche comprende además un sistema de clasificación de leche que tiene un dispositivo de imágenes configurado para obtener imágenes de la leche para la generación de datos de imágenes digitales; un procesador adaptado para ejecutar un código de programa para

implementar un clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo entrenado utilizando imágenes de leche etiquetadas de leche dentro de clases en las que la imagen de leche puede clasificarse según las características de clase que se manifiestan visualmente en la imagen de leche y son operables para generar una clasificación de la imagen de leche; y un controlador configurado para emitir una señal de control dependiendo de la clasificación generada para controlar el suministro de leche a la unidad de análisis.

En algunas realizaciones, la toma de muestras comprende un clasificador adaptado para separar una muestra de otras muestras de una matriz de muestras que depende de la señal emitida desde el dispositivo de salida que indica una clase predeterminada, cuya clase predeterminada puede ser la misma o diferente de la clase predeterminada de la que depende el funcionamiento de la toma de muestras.

El método implementado por ordenador para clasificar la leche, puede comprender las etapas de:

- implementar en un procesador, cuyo procesador puede comprender una o más unidades de procesamiento interoperativos, un primer clasificador de red neuronal de aprendizaje profundo entrenado utilizando un conjunto de datos de entrenamiento que comprende representaciones digitales de imágenes de leche en donde cada imagen está etiquetada con una clase de leche a la que pertenece;

- obtener en el procesador datos de imágenes digitales que comprenden una representación de la leche a clasificarse; y

- procesar en el procesador los datos de imágenes digitales utilizando el primer clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo implementado para generar una clasificación de la leche representada en los datos de imágenes digitales como perteneciente a una clase del conjunto de clases.

En algunas realizaciones, los datos de imágenes digitales se procesan utilizando la primera red neuronal de aprendizaje profundo implementada para extraer un vector de características para los datos de imágenes digitales; determinar para el vector de características extraído la probabilidad de cada clase del conjunto de clases del vector de características que pertenece a esa clase y generar la clasificación dependiendo de las probabilidades determinadas.

El clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo está adaptado para clasificar la leche como perteneciente a una de las clases “BUENA” y “MALA” o a nombres similares que indiquen si la leche tiene o no características indeseables. En otras realizaciones, el clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo puede adaptarse para clasificar la leche en clases diferentes o adicionales, tal como puede ser “objeto extraño”, “tipo de objeto extraño”, “aglomeración”, o color y la leche puede clasificarse como perteneciente a una o más de las clases del clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo.

En algunas realizaciones, el clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo comprende una o más capas entrenadas para determinar una o ambas: la presencia de un recipiente de muestras y la presencia de una muestra de leche en los datos de imagen y el método comprende generar la clasificación de la muestra de leche dependiendo de la presencia determinada de una muestra de leche en los datos de imagen. El clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo puede contener una o más capas entrenadas para clasificar a partir de los datos de imagen un recipiente de muestras como conteniendo suficiente o insuficiente muestra de leche.

En algunas realizaciones, el clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo puede generarse utilizando cualquier aprendizaje por transferencia. En algunas realizaciones, el clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo puede comprender una red neuronal convolucional (“CNN”, por sus siglas en inglés). En algunas realizaciones, el clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo puede generarse utilizando una red de creencias profundas u otra arquitectura de red neuronal estratificada en la que la entrada de una capa es la salida de una capa anterior.

Los modelos de aprendizaje profundo requieren una cantidad sustancial de instancias de entrenamiento para evitar un ajuste excesivo. Como tal, el aprendizaje profundo requiere una cantidad sustancial de datos de imágenes de entrenamiento y la inversión de una cantidad sustancial de tiempo. Para reducir esta carga, el aprendizaje por transferencia puede utilizarse de manera útil, particularmente cuando el número de imágenes de entrenamiento es limitado. El aprendizaje por transferencia es un método de aprendizaje automático donde un modelo desarrollado para una tarea se reutiliza como el punto de partida para un modelo que se utilizará para una segunda tarea. En el contexto de la presente invención, el modelo de aprendizaje profundo se entrena primero en un gran número de imágenes etiquetadas (“clasificadas”) irrelevantes, no relacionadas con las imágenes de leche, para construir un clasificador. A continuación se proporciona un conjunto de datos de entrenamiento con imágenes de leche etiquetadas (cada imagen etiquetada también denominada “datos de imágenes de entrenamiento”) donde cada imagen se etiqueta como perteneciente a una o más clases y el modelo de aprendizaje profundo se entrena adicionalmente utilizando el conjunto de datos de entrenamiento para modificar el clasificador para que sea útil en identificar las clases relacionadas con el conjunto de datos de entrenamiento.

En una CNN, las capas convolucionales inferiores capturan características de imagen de bajo nivel, mientras que las capas convolucionales superiores capturan detalles de imagen cada vez más complejos, estableciéndose el número final de capas según la complejidad de los detalles de imagen requeridos para identificar el número requerido de clases. Las arquitecturas de CNN, generalmente, consisten en capas convolucionales y de agrupamiento (o submuestreo), que se agrupan en módulos o bloques. Una o más capas completamente conectadas, como en una red neuronal de retroalimentación estándar, siguen estos módulos de CNN. Los módulos se apilan uno encima del otro para formar un modelo profundo. Una imagen se introduce directamente a la red, y a esto le siguen varias fases de convolución y agrupamiento en los módulos de CNN. Después de eso, las representaciones de estas operaciones alimentan una o más capas completamente conectadas. Finalmente, la última capa completamente conectada emite la etiqueta de clase. Los módulos convolucionales sirven como extractores de características, y por lo tanto aprenden las representaciones de características de sus imágenes de entrada. Las neuronas en las capas convolucionales que comprenden los módulos convolucionales están dispuestas en mapas de características. Cada neurona en un mapa de características tiene un campo receptivo, que está conectado a una vecindad de neuronas en la capa anterior mediante un conjunto de pesos entrenables. Las entradas se convolucionan con los pesos aprendidos para calcular un nuevo mapa de características. El propósito de las capas de agrupamiento es reducir la resolución espacial de los mapas de características y por lo tanto lograr la invariancia espacial ante las distorsiones y traslaciones de entrada. Las capas de agregación de agrupamiento típicamente promedio pueden utilizarse, que propagan el promedio de todos los valores de entrada, de una vecindad pequeña de una imagen a la siguiente capa. Alternativamente, pueden utilizarse capas de agregación de agrupamiento máximo que propaguen el valor máximo dentro de un campo receptivo a la siguiente capa. Las capas completamente conectadas que siguen a estas capas interpretan las representaciones abstractas de características extraídas por los módulos y realizan la función de razonamiento y clasificación de alto nivel y a menudo se realizan como una máquina vectorial de soporte o están configuradas para implementar una función de aplicación Softmax.

En algunas realizaciones, los datos de imágenes digitales representan una imagen monocromática (o al menos información de color reducida), cuyo color monocromo o paleta de colores reducida puede seleccionarse para mejorar la visibilidad de las características relevantes de la imagen (es decir, las que contribuyen a la clasificación).

En algunas realizaciones, los datos de imágenes digitales pueden representar una imagen obtenida de la transmisión de luz a través de una capa de leche.

En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada puede ser, por ejemplo, un escáner adaptado para convertir una imagen grabada de una muestra de leche en una representación digital, puede ser una cámara de vídeo, tal como una cámara de vídeo digital, y un capturador de fotogramas adaptado para convertir un único fotograma de una imagen en movimiento que contiene una muestra de leche en una representación digital o puede ser una cámara fotográfica digital, adaptada para generar una representación digital de una muestra de leche ubicada en su campo de visión. En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada puede comprender una interfaz de comunicaciones configurada para acceder a datos de imágenes digitales generados remotamente a través de una red tal como, sin limitarse a, una red telefónica, una red de área local o Internet, ya sea a través de un enlace fijado por alambre, de forma inalámbrica o una combinación de los dos y proporcionar los datos de imágenes digitales generados remotamente como una entrada al clasificador basado en redes de aprendizaje profundo.

En algunas realizaciones, puede utilizarse un detector para detectar la presencia de una muestra de leche en el campo de visión de una cámara digital, cámara digital que está adaptada para adquirir datos de imágenes digitales dependiendo de que el detector detecte la presencia de una muestra de leche. En algunas realizaciones, el detector puede ser un detector de tipo interrupción en el que la interrupción de un haz de luz que pasa entre un emisor y un detector por un recipiente de muestras generará una señal indicativa de la presencia del recipiente de muestras utilizable para activar la adquisición de una imagen de leche para la generación de datos de imágenes digitales.

Aunque algunos aspectos de las realizaciones de la presente invención se han resumido anteriormente se apreciará que este resumen no pretende limitar la presente invención, cuyo alcance debe determinarse adecuadamente mediante las reivindicaciones adjuntas.

Las realizaciones ilustrativas que comprenden la presente invención se describen con mayor detalle a continuación con referencia a los dibujos de las figuras adjuntas, de las cuales:

La figura 1 ilustra un método ilustrativo para clasificar la leche en un analizador de leche según la presente invención;

la figura 2 ilustra esquemáticamente un clasificador DLNN utilizado en el método de la figura 1;

la figura 3 ilustra un sistema de clasificación de leche para clasificar la leche en un analizador de leche según la presente invención;

la figura 4 ilustra esquemáticamente un analizador de leche según la presente invención;

las figuras 5 ilustran esquemáticamente una parte de otras dos realizaciones de un analizador de leche según la presente invención; y

la figura 6 ilustra otra realización del sistema de clasificación de la leche según la presente invención.

Se apreciará que el alcance de la invención no se limita a las configuraciones, los componentes y las etapas del método ilustrados y analizados a continuación. En cambio, estos se describen solo como ejemplos que entran dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

En la figura 1, se ilustra una realización del método para clasificar la leche según la presente invención. El método comprende una etapa 100 de implementación del modelo en el que un procesador de un dispositivo informático accede al código del programa y lo ejecuta para implementar un clasificador basado en red neuronal de aprendizaje profundo (DLNN, por sus siglas en inglés) en el procesador. El clasificador DLNN que se obtiene de este modo en el procesador es un clasificador que ha sido entrenado para extraer un vector de características a partir de datos de imágenes digitales que comprenden una representación de la imagen de leche que va a clasificarse y para determinar a partir del vector de características extraído una probabilidad para cada clase de un conjunto de clases de cualquier leche representada en los datos de imágenes digitales que pertenezcan a esa clase. Cada clase del conjunto de clases indica una propiedad de la leche. En una etapa 102 de adquisición, los datos de imágenes digitales que comprenden una representación de una muestra de leche se obtienen hacia el procesador. En una etapa 104 de extracción de características, los datos digitales de imágenes de leche se procesan en el procesador utilizando el clasificador DLNN obtenido para extraer un vector de características para los datos de imágenes de leche digitales. En una etapa 106 de asignación, el vector de características extraído se procesa en el procesador utilizando el clasificador DLNN obtenido para determinar una probabilidad para cada clase del conjunto de clases del vector de características extraído que pertenece a esa clase. En una etapa 108 de clasificación, las probabilidades determinadas se procesan en el procesador utilizando el clasificador DLNN obtenido para generar una clasificación para la muestra de leche representada en los datos de imágenes digitales como perteneciente a una clase del conjunto de clases que depende de las probabilidades determinadas. En una etapa 110 de salida, se genera una señal que representa la clasificación y se emite para utilizar fuera del procesador.

En algunas realizaciones e ilustradas en la figura 1, el método comprende además una etapa 112 de confirmación ventajosa pero no esencial, en el que los datos de imágenes digitales adquiridos en la etapa 102 de adquisición se procesan para clasificar la imagen como si incluye o no una muestra de leche antes de que la imagen se procese 104, 106 para clasificar la propia muestra 108 de leche. En algunas realizaciones, pueden utilizarse datos de imagen digitales diferentes a los adquiridos en la etapa 102 de adquisición, siempre que estos otros datos de imágenes digitales representen una imagen de la misma muestra de leche que la representada por los datos 102 de imagen digital adquiridos anteriormente, pero tomada bajo otras condiciones. Se apreciará que estas condiciones pueden ser por ejemplo, un punto de vista diferente, diferentes tiempos de exposición o diferentes condiciones de iluminación, cada una seleccionada para proporcionar los datos de imagen digital más adecuados para las etapas de procesamiento adicionales descritos a continuación.

En esta etapa 112 de confirmación se lleva a cabo una subetapa 1122 de detección de objetos. En esta subetapa 1122 de detección de objetos, los datos de imágenes digitales se introducen en un clasificador, preferiblemente un clasificador DLNN, que ha sido entrenado para identificar la presencia o ausencia de una representación de un recipiente de muestras en los datos de imagen digitales de entrada y que se implementa en el procesador. El clasificador DLNN que se utiliza en esta subetapa 1122 puede en algunas realizaciones ser el implementado para clasificar la leche en la etapa 100 de implementación anterior o en otras realizaciones puede ser un clasificador DLNN independiente.

En esta subetapa 1122 de detección de objetos, el clasificador DLNN funciona para extraer las características relacionadas con un contenedor de muestras representado en los datos de imágenes digitales y para generar un vector de características apropiado. En una subetapa 1124 de decisión, el vector de características extraído en la subetapa 1122 de detección de objetos se procesa para determinar la presencia o ausencia de una representación de un recipiente de muestras en los datos de imágenes digitales. Si no está presente, ilustrado por la rama N en la subetapa 1124 de decisión, entonces no es necesario procesar los datos de imágenes digitales (etapas 104-110) para clasificar la leche y el método se termina en la subetapa 1126 de terminación.

Si un recipiente de muestras está presente, ilustrado por la rama Y en la subetapa 1124 de decisión, entonces el método continúa hasta una segunda subetapa 1128 de detección de objetos.

En esta segunda subetapa 1128 de detección de objetos, los datos de imágenes digitales se introducen en un clasificador, preferiblemente un clasificador DLNN, que ha sido entrenado para identificar la presencia o ausencia (en algunas modalidades adicionalmente o alternativamente una cantidad) de una representación de leche en los datos de imágenes digitales de entrada y que se implementa en el procesador. El clasificador DLNN que se utiliza en esta subetapa 1128 puede ser en algunas realizaciones el implementado para clasificar la leche en la etapa 100 de implementación anterior, en otras realizaciones puede ser un clasificador DLNN separado y en otras realizaciones puede ser el mismo clasificador DLNN que el utilizado en la detección de un recipiente de muestras en la subetapa

1124 de detección de objetos. Una ventaja de utilizar diferentes clasificadores DLNN para clasificar la leche, detectar un recipiente de muestras y detectar leche en datos de imágenes digitales es que cada clasificador DLNN puede entrenarse específicamente para realizar una tarea de clasificación individual y por lo tanto puede optimizarse mejor para realizar esa tarea.

En esta segunda subetapa 1128 de detección de objetos, el clasificador DLNN funciona para extraer las características relacionadas con la leche representadas en los datos de imágenes digitales y para generar un vector de características apropiado. En una segunda subetapa 1130 de decisión, el vector de características generado en la segunda subetapa 1128 de detección de objetos se procesa para determinar la presencia o ausencia de una representación de leche en los datos de imágenes digitales. Si no está presente, ilustrado por la rama N en la segunda subetapa 1130 de decisión, entonces no es necesario procesar los datos de imágenes digitales (etapas 104-110) para clasificar la leche y el método se termina en el subetapa 1126 de terminación.

Si está presente la leche, ilustrada por la rama Y en la segunda subetapa 1130 de decisión, entonces el método continúa (etapas 104-110) para implementar la clasificación de la leche representada en los datos digitales de imagen de leche adquiridos en la etapa 102.

Al utilizar la etapa 112 de confirmación opcional se evita el procesamiento y la clasificación innecesarios de las imágenes, reduciendo de este modo los gastos generales de procesamiento y tiempo. En algunas realizaciones, puede obtenerse una reducción adicional en los gastos generales de procesamiento y tiempo omitiendo las etapas 1122, 1124 de detección del recipiente de muestras, ya que no puede realizarse ninguna clasificación de la leche en ausencia de una representación de la leche en los datos de imágenes digitales.

Un ejemplo de un clasificador DLNN 200 que se implementa en uno o más procesadores y que puede utilizarse en el método según la presente invención, por ejemplo, el método descrito con referencia a la figura 1, se describirá ahora con mayor detalle con referencia a la figura 2. El clasificador DLNN 200 ilustrativo comprende un extractor 202 que se realiza en la presente realización utilizando una arquitectura de red neuronal convolucional (CNN); una entrada 204 que precede al extractor 202; y una salida 206 que sigue al extractor 202. Durante la clasificación, los datos en el clasificador DLNN 200 fluyen en una dirección hacia adelante desde la entrada 204, a través del extractor 202 y hasta la salida 206.

En el presente ejemplo, la entrada 204 está configurada para transformar una imagen 208 en una matriz M que contiene datos de imágenes digitales y proporcionar estos al extractor 202. Cada celda de la matriz M recibe y mantiene un valor diferente de intensidad de píxeles de la imagen 208 de entrada. Por lo tanto, una imagen de entrada de, por ejemplo, 720 píxeles de ancho por 480 píxeles de alto requerirá una matriz M de un tamaño de 720 x 480. Cuando la imagen 208 de entrada es una imagen en color, entonces cada píxel puede representarse mediante tres valores de intensidad: un valor de intensidad rojo, uno verde y uno azul y, en algunas realizaciones (como se muestra en la figura 2), la matriz M será, por lo tanto, de 720 x 480 x 3 celdas, donde 3 es el número de canales (en la presente memoria, un canal rojo, uno verde y uno azul). En algunas realizaciones, la imagen puede ser una imagen hiperespectral y la matriz tendrá necesariamente más de tres canales para tener la imagen representada. En algunas realizaciones, la entrada 204 también puede configurarse de un modo conocido para realizar también el procesamiento de imágenes, tal como por ejemplo, el cambio de tamaño de la imagen para garantizar que cada matriz M proporcionada al extractor 202 tenga la misma cantidad de datos o modificación de color para mejorar ciertas características de la imagen.

El extractor 202 comprende una serie (en la presente memoria se ilustran dos) de módulos convolucionales ocultos C1, C2 que funcionan de un modo bien conocida en la técnica para extraer características de los datos de imágenes digitales de entrada contenidos en la matriz M y formar un vector de características F para su propagación a la salida 206. En el presente ejemplo, el módulo convolucional oculto C1 procesa los datos de imágenes digitales de entrada en la matriz M propagados desde la entrada 204 convolucionando cada canal sucesivamente con un filtro ponderado WF1 (en algunas realizaciones, filtros ponderados) para generar un mapa FM1 de características (en algunas realizaciones, mapas de características) que es esencialmente un mapa de las ubicaciones de la característica asociada en la imagen representada por los datos de imagen digitales de entrada. Si va a extraerse más de una característica, los diferentes filtros ponderados, cada uno entrenado para extraer una característica de interés, se convolucionan con los datos de imágenes digitales de entrada en la matriz propagada M para generar un mapa de características correspondiente. El (o cada) mapa de características se propaga entonces a una capa P1 de agrupamiento que procesa el mapa de características para proporcionar una agregación de muestreo descendente en el espacio y genera un mapa RFM1 de características reducido asociado que tiene una invariancia espacial con respecto a las distorsiones y traslaciones de entrada. Este mapa (o mapas) de características reducido se propaga, en el presente ejemplo, a un siguiente módulo convolucional oculto C2, donde este mapa de características reducido del módulo convolucional anterior (en la presente memoria C1) se procesa por convolución con uno o más filtros ponderados WF2, WF3 y el uno o más mapas FM2 de características resultantes se procesan en una capa P2 de agrupamiento, similar a la capa P1 de agrupamiento descrita anteriormente, para generar un nuevo mapa RFM2 de características reducido. El nuevo mapa RFM2 de características reducido generalmente mapea características de nivel superior en los datos de imágenes digitales de la entrada 204.

En algunas realizaciones, y como se conoce en la técnica, uno o más de los módulos convolucionales ocultos C1, C2 pueden comprender otras capas proporcionadas para mejorar la robustez del modelo, tales como capas, denominadas “funciones de activación” para proporcionar no linealización, por ejemplo, capas de unidades lineales rectificadas (ReLU, por sus siglas en inglés) que funcionan para convertir valores negativos en cero y/o capas de normalización que pueden proporcionar un blanqueamiento o una inhibición lateral.

Las características del mapa de características reducido final, en la presente memoria el mapa RFM2 de características, generado después del procesamiento por todos los módulos convolucionales C1, C2 se concatenan entonces en una capa final de este extractor 202 basado en CNN para generar un vector de características F que se propaga a la capa L de predicción de etiquetas oculta de la salida 206. La capa L de predicción de etiquetas comprende una o más capas de nodos totalmente conectados y que también puede incluir funciones de activación. Cada nodo de una capa está conectado a cada nodo de la capa anterior mediante una conexión ponderada individualmente y cada nodo puede estar polarizado individualmente. En algunas realizaciones, pueden utilizarse datos de imágenes de entrenamiento adicionales para actualizar estos pesos y/o desviaciones para mejorar la predicción del clasificador DLNN 200.

La capa L de predicción de etiquetas funciona para generar un vector n dimensional, donde n es el número de clases posibles en las que podría clasificarse la imagen 208 de entrada (en la presente realización, dos clases posibles BUENA/MALA). Cada número en este vector n dimensional representa la probabilidad de que la imagen 208 (o partes de la misma) pertenezca a una clase particular de las n clases. Esta capa L de predicción de etiquetas podría, a modo de ejemplo, configurarse para utilizar una función de activación denominada “SOFTMAX” o configurarse como una denominada máquina vectorial de soporte (SVM, por sus siglas en inglés) para derivar estas probabilidades. En la presente realización, una salida O₁, O₂ para cada clase posible se rellena con la puntuación de probabilidad en el vector n-dimensional. Estas salidas O₁ y O₂, o en algunas realizaciones solo la salida que tiene la probabilidad más alta está configurada para ser accesible desde fuera del clasificador DLNN 200, por ejemplo, para utilizar en la generación de uno o más mensajes dependientes para su visualización en una pantalla de visualización o en la generación de una señal de control para controlar el funcionamiento de dispositivos externos para desviar una muestra de leche.

Se apreciará que pueden utilizarse redes distintas del procesamiento convolucional para extraer información de características de la imagen 208 de entrada. Las redes de creencias profundas, por ejemplo, que son capas apiladas de máquinas Boltzman restringidas, pueden utilizarse para realizar esta función, al igual que los codificadores automáticos y las redes adversarias generales.

El clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo de la presente invención, por ejemplo, el clasificador DLNN 200 de la figura 2, puede entrenarse (o volver a entrenarse) mediante aprendizaje por transferencia para generar los filtros ponderados de los módulos convolucionales C1, C2. Los pesos y/o desviaciones de cada conexión de la capa L de predicción de etiquetas pueden reentrenarse adicionalmente o alternativamente de este modo. Típicamente, los filtros ponderados de los módulos convolucionales C1, C2 permanecen fijos y son los pesos y/o desviaciones de las conexiones en la capa L de predicción de etiquetas los que se ajustan durante el ajuste fino posterior, como se describirá a continuación.

Solo a modo de ejemplo, el entrenamiento del clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo se describirá con referencia a la clasificación de las muestras de leche solo en dos clases, por ejemplo, BUENA o MALA, pero se apreciará que el clasificador puede entrenarse para clasificar las muestras de leche como pertenecientes a una o más de cualquier número de clases, siempre que las características de la clase se manifiesten visualmente en una imagen de la leche.

El clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo, por ejemplo, el clasificador DLNN 200, puede entrenarse sin el beneficio de datos o información previos (es decir, desde cero) o puede ajustarse según el tamaño del conjunto de entrenamiento en el dominio de la aplicación. El clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo puede entrenarse en dos fases. Durante una fase de entrenamiento de inicialización, un conjunto muy grande de imágenes con una variedad de sujetos no relacionados con la leche puede enviarse al clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo como datos de entrenamiento. Por ejemplo, las imágenes de, por ejemplo, la colección ImageNet pueden servir para inicializar los filtros ponderados y los pesos y desviaciones del clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo. Como fase de ajuste del entrenamiento, imágenes especializadas de muestras de leche que contengan anomalías esperadas, y anotadas como tales (los datos de las imágenes de entrenamiento), pueden enviarse al clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo como datos de entrenamiento. Los datos de entrenamiento pueden incluir un conjunto de imágenes de muestras de leche que se sabe que no tienen anomalías, y anotadas como tales. Una etiqueta puede definirse para toda la imagen de entrenamiento basándose en la presencia de cualquier parte anómala en una imagen, que puede obtenerse fácilmente en tiempo real sin un esfuerzo de etiquetado extenso. No es necesario definir, segmentar o delinear las regiones anómalas en las imágenes de entrenamiento. Una imagen de entrenamiento adecuada puede definirse como la que tiene al menos un píxel anómalo. Cada imagen de entrenamiento puede etiquetarse o anotarse como y almacenarse antes del entrenamiento del clasificador DLNN. Por ejemplo, una imagen de entrenamiento de una muestra de leche que tiene regiones anómalas puede anotarse como “MALA” y una imagen de entrenamiento de una

muestra de leche que no tiene regiones anómalas puede anotarse como “BUENA”. Mediante la aplicación de la anotación basada en el nivel de imagen, el proceso de formación se simplifica considerablemente y puede completarse con un esfuerzo reducido. Los datos de entrenamiento con etiquetas a nivel de imagen pueden consistir en un número sustancial de muestras, tales como varios cientos de muestras, para cada clase con etiquetas a nivel de imagen. Las imágenes seleccionadas para los datos de entrenamiento con etiquetas de recuadros delimitadores pueden consistir en un número menor de muestras, tales como alrededor de 20 imágenes para cada clase, con recuadros delimitadores que contienen marcadores clave en la imagen que son útiles para detectar las anomalías. Los parches de imagen pueden recortarse de las imágenes de muestra de cada clase y pueden etiquetarse para incluir los marcadores con la misma etiqueta de clase a nivel de imagen correspondiente a la imagen de la que se recortan los parches. Es posible redimensionar el tamaño de los parches de imagen para que coincidan con el tamaño de la imagen original. Una vez que se hayan generado y redimensionado todos los conjuntos de imágenes de datos de entrenamiento, el clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo puede entrenarse aplicando datos de entrenamiento. El clasificador DLNN 200 puede entrenarse utilizando metodologías de aprendizaje por transferencia conocidas; en este caso, los datos de entrenamiento se aplican como un reentrenamiento o “ajuste” después de la fase de entrenamiento de inicialización del clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo mediante uno de los conjuntos de datos de entrenamiento disponibles públicamente, por ejemplo, ImageNet; Imágenes abiertas u objetos comunes de Microsoft en contexto. Típicamente los filtros ponderados aprendidos durante esta fase de entrenamiento de inicialización permanecen fijos y solo los pesos y desviaciones de conexión entre los nodos de las capas de la capa L de predicción de etiquetas pueden alterarse posteriormente durante la fase de entrenamiento de refinamiento o “ajuste”. El conjunto de datos de entrenamiento de imágenes de leche etiquetada puede ampliarse o reemplazarse por otras imágenes de leche etiquetada y aplicarse a un clasificador de leche DLNN existente para volver a capacitarlo o mejorar su entrenamiento.

En algunas realizaciones, pueden utilizarse uno o más clasificadores DLNN adicionales, cada uno de los cuales se entrena por separado para identificar características relacionadas adicionales en una imagen de entrada. Estas características adicionales son independientes de las utilizadas en el clasificador DLNN 200 para hacer la clasificación de la leche y aunque el clasificador DLNN 200 puede entrenarse para que también haga estas identificaciones a menudo es más flexible y más fiable entrenar un clasificador DLNN para un propósito. En la presente realización y con referencia a la etapa 112 de confirmación opcional de la figura 1 pueden implementarse dos clasificadores DLNN adicionales, uno para determinar la presencia o ausencia de un recipiente de muestras (etapa 1122) y otro para determinar la presencia o ausencia (incluso la presencia de una cantidad suficiente) de leche (etapa 1128). Cada clasificador DLNN adicional puede configurarse y entrenarse de modo análogo a la configuración y el entrenamiento descritos anteriormente con respecto al clasificador DLNN 200 y puede configurarse para funcionar en serie con el clasificador DLNN 200, configurado para clasificar la leche con el clasificador DLNN posterior de la serie siendo configurado para funcionar dependiendo de una clasificación realizada por el clasificador DLNN inmediatamente anterior de la serie. Por lo tanto, y según el método ilustrativo de la figura 1, se realiza una primera clasificación DLNN (etapa 1122) de la imagen 208 para determinar la presencia o ausencia de un recipiente de muestras. Se activa un segundo clasificador DLNN para realizar una clasificación si el primer clasificador determina la presencia de una copa de muestra (etapa 1124). A continuación, se realiza una segunda clasificación DLNN (etapa 1128) de los datos de imagen para determinar la presencia o ausencia de leche en la imagen 208 de entrada y, en caso de que la leche esté presente (etapa 1130), se activa la operación del clasificador DLNN 200 para hacer una clasificación de la leche en la imagen 208. En otras realizaciones, los datos de imágenes digitales de entrada que representan una o más imágenes separadas pueden propagarse al extractor del clasificador DLNN apropiado.

Una realización de un sistema 300 de clasificación de leche según la presente invención, adecuada para implementar el clasificador DLNN 200 de la figura 2, para clasificar la leche representada en los datos de imágenes digitales como perteneciente a una clase entre una pluralidad de clases se ilustra esquemáticamente en la figura 3.

El sistema 300 comprende un dispositivo 302 de entrada, un dispositivo informático 304 y un dispositivo 306 de salida.

El dispositivo 302 de entrada está configurado para generar una representación digital de una imagen de una muestra 208 de leche y para proporcionar esta representación para su procesamiento en el dispositivo informático 304.

En algunas realizaciones, el dispositivo 302 de entrada comprende una cámara digital u otra disposición 3022 de detección, que incluye opcionalmente elementos ópticos de acondicionamiento (tales como lentes y filtros) adaptados para generar imágenes digitales de muestras de leche que pueden estar ubicadas en una fase 3024 de obtención de imágenes dentro de un campo de visión de la disposición 3022 de cámara digital o detector. La fase 3024 de obtención de imágenes en algunas realizaciones puede ser una región en el espacio a través de la cual se colocará o transportará una muestra de leche, por ejemplo, en una cinta o pista móvil, o se rociará o se hará fluir de cualquier otro modo a través del espacio libre, o puede ser un soporte en el que se asegura o coloca una muestra de leche. Opcionalmente, el dispositivo 302 de entrada puede incluir una fuente 3026 de iluminación adaptada para iluminar muestras ubicadas en la fase 3024 de obtención de imágenes. La óptica de acondicionamiento y/o la fuente 3026 de iluminación pueden adaptarse para garantizar que solo la luz dentro de un cierto rango de longitud de onda llegue al detector (de la cámara o de la disposición de detectores), por ejemplo, asegurando que la luz de ese rango de longitud de onda ilumine la muestra mediante una elección juiciosa de filtros y/o longitudes de onda de emisión emitidas por la fuente 3026 de iluminación. Esta selección de solo un rango de longitud de onda limitado también puede lograrse mediante un

procesamiento posterior a la adquisición adecuado de los datos de imágenes digitales para eliminar información de la imagen adquirida que no esté relacionada con la región de longitud de onda de interés. En algunas realizaciones, la fuente 3026 de iluminación y la disposición 3022 de cámara/detector pueden orientarse con respecto a la fase 3024 de obtención de imágenes de tal modo que solo la luz transmitida a través de la una muestra en la fase 3024 de obtención de imágenes es detectada por la disposición 3022 de cámara/detector, en otras realizaciones la configuración puede ser tal que la luz reflejada a partir de la muestra es detectada y en aun otras realizaciones la configuración puede ser de tal modo que imágenes separadas son generadas para cada luz transmitida y reflejada.

En algunas realizaciones, el dispositivo 302 de entrada puede ser un digitalizador convencional, tal como un escáner de superficie plana, que está adaptado para transformar una copia en papel de una imagen de una muestra de leche en una representación digital de esa imagen.

En algunas realizaciones, el dispositivo 302 de entrada puede comprender un dispositivo de almacenamiento y un lector. El dispositivo de almacenamiento está adaptado para almacenar imágenes digitales de muestras de leche en medios tangibles legibles por ordenador y puede comprender por ejemplo, un CD-ROM u otro medio de almacenamiento óptico, un USB u otro dispositivo de memoria de estado sólido o dispositivos de almacenamiento multimedia remotos instalados en uno o más servidores. El lector está configurado para acceder al dispositivo de almacenamiento y obtener una imagen digital de una muestra de leche almacenada en el dispositivo para su propagación como datos de imágenes digitales al dispositivo informático 304.

El dispositivo informático 304 comprende una o más interfaces 3042 de comunicaciones para recibir o transmitir datos desde el dispositivo informático 304 o los dos; un procesador 3044 que puede comprender una o más unidades de procesamiento tales como, por ejemplo, una o más de un microprocesador dedicado, una unidad de procesamiento informático (CPU, por sus siglas en inglés) convencional de uno o varios núcleos, una unidad de procesamiento gráfico (GPU, por sus siglas en inglés) adecuadamente adaptada o una unidad de procesamiento neuronal (NPU, por sus siglas en inglés); una memoria 3046 de sistema y, opcionalmente, un dispositivo 3048 de almacenamiento interno o de acceso remoto.

El código del programa, en la presente realización, se carga a la memoria 3046 del sistema para su ejecución por el procesador 3044. Este código de programa puede almacenarse temporal o permanentemente en la memoria 3046 del sistema; puede hacerse accesible a la memoria 3046 del sistema (o directamente al procesador 3044) desde el dispositivo 3048 de almacenamiento interno o externo, si está presente; o puede almacenarse en la parte interna del dispositivo informático 304 y en la parte externa del dispositivo informático 304. El código de programa almacenado externamente tiene la ventaja de que el reentrenamiento o el entrenamiento adicional del clasificador DLNN, por ejemplo, el clasificador DLNN 200 ilustrado en la figura 2, puede realizarse de forma centralizada y puede implementarse un mismo modelo nuevo en uno o más dispositivos informáticos 304 de uno o más sistemas 300 de clasificación de leche.

El código del programa contiene instrucciones que, cuando se ejecutan en una o más unidades de procesamiento del procesador 3044, hacen que el procesador 3044 implemente el clasificador DLNN, tal como el clasificador DLNN 200 descrito anteriormente, según la presente invención. Específicamente en la presente realización, cuando el código del programa es ejecutado por la una o más unidades de procesamiento del procesador 3044, el dispositivo informático 304 se transforma en un ordenador de propósito especial configurado para realizar las tareas descritas en la presente memoria con respecto al extractor 202, la entrada 204 y la salida 206 del clasificador DLNN 200. Es decir, los datos de imágenes digitales generados por el dispositivo 302 de entrada, con o sin un preprocesamiento adecuado para obtener el formato de datos deseado, están disponibles a través de la interfaz 3042 de comunicaciones, ya sea directamente al procesador 3044 o indirectamente al procesador 3044 a través de la memoria 3046 del sistema; el procesador 3044 actúa sobre estos datos de imagen digitales para procesarlos a través del clasificador DLNN implementado para generar una clasificación de la muestra de leche basándose en los datos de imagen digitales de entrada; y hacer que la clasificación generada esté disponible externamente, en la presente memoria a través de la interfaz 3042 de comunicaciones. Algunas o todas las probabilidades de que la muestra de leche pertenezca a las otras clases disponibles para el clasificador DLNN también pueden estar disponibles externamente a través de la interfaz 3042 de comunicaciones, determinándose estas otras probabilidades también en el proceso de clasificación implementado por el procesador 3044.

El dispositivo 306 de salida de la presente realización comprende una interfaz 3062 de comunicaciones, un dispositivo 3064 de visualización y un generador 3066 de señales de control. La información digital disponible externamente a través de la interfaz 3042 de comunicaciones del dispositivo informático 304 (es decir, la clasificación de la muestra de leche representada en la imagen obtenida por el dispositivo 302 de entrada y opcionalmente las probabilidades de que la muestra de leche pertenezca a algunas o todas las clases disponibles para el clasificador DLNN (según lo determinado por el procesador programado 3044) se recibe en el dispositivo 306 de salida a través de su interfaz 3062 de comunicaciones. El generador 3066 de señales de control recibe la información digital desde la interfaz 3062 de comunicaciones y genera una señal dependiendo de esto para, por ejemplo, e ilustrado en la presente realización, accionar el dispositivo 3064 de visualización para mostrar información relevante para la clasificación de muestras de leche que se generó mediante el clasificador DLNN implementado por el procesador 3044. Tal información mostrada puede ser simplemente la clasificación en sí misma (por ejemplo, clasificaciones binarias alternativas tal como

“BUENA” o “MALA” o “ADECUADA” o “INADECUADA”) o pueden ser instrucciones para un operador relevante para la clasificación (por ejemplo, “ELIMINAR MUESTRA” si la muestra está clasificada como “MALA” o “INADECUADA”). En algunas realizaciones, el dispositivo 3064 de visualización puede consistir en una serie de luces, tales como una luz roja para “MALA” y una luz verde para “BUENO”, que se iluminan por separado según la señal de control. En algunas realizaciones, el dispositivo 3064 de visualización puede ser un generador de sonido para mostrar los resultados de la clasificación de forma audible.

El generador 3066 de señales de control está configurado para generar una señal de control utilizable para controlar uno o más dispositivos externos dependiendo de la clasificación generada en el dispositivo informático 304, tal como se describirá a continuación. En tales realizaciones, la señal de control puede estar disponible fuera del dispositivo 306 de salida a través de la interfaz 3062 de comunicaciones y en algunas realizaciones la pantalla 3064 no tiene entonces ningún propósito útil y puede omitirse.

El sistema 300 puede implementarse utilizando ordenadores fijos, dispositivos electrónicos portátiles, ordenadores portátiles o móviles, ordenadores en red o servidores u ordenadores centrales. Ciertas funciones se describen como siendo realizadas en un único dispositivo, pero se apreciará que no se pretende limitar la invención a esto de modo que se entenderá que la invención también puede ponerse en práctica en entornos distribuidos donde la funcionalidad puede compartirse entre dispositivos de procesamiento digital y dispositivos de memoria dispares pero vinculados, que son dispositivos locales o remotos. Estos dispositivos de procesamiento y dispositivos de memoria pueden estar enlazados a través de una red de comunicaciones tal como una red de área local, una red de área amplia o Internet. Las instrucciones que se implementarán en un procesador adecuado pueden almacenarse en medios tangibles legibles por computadora tales como discos de computadora, chips de computadora preprogramados o dispositivos de almacenamiento de estado sólido extraíbles (tales como memorias USB). Adicionalmente o alternativamente, las instrucciones pueden distribuirse a través de una red y propagarse como una señal en un medio de propagación adecuado (tal como la utilización de ondas electromagnéticas o sónicas).

Transferencia de información digital desde el dispositivo 302 de entrada hasta el dispositivo informático 304, desde el dispositivo informático 304 hasta el dispositivo 306 de salida y desde el dispositivo informático 304 externo hasta su memoria 3046 de sistema o su procesador 3044, de hecho cualquier comunicación de información digital en un sistema según la presente invención puede realizarse a través de un enlace fijo tal como una red alámbrica o una conexión de telecomunicaciones alámbrica que lleve señales de datos moduladas, o puede realizarse a través de un enlace inalámbrico para comunicar una o más señales de datos moduladas u ondas portadoras, tal como una radiofrecuencia o un enlace de luz infrarroja.

Un ejemplo de un analizador 400 de leche según la presente invención se ilustra (no a escala) en la figura 4. El analizador 400 de leche comprende una unidad 402 de análisis de leche y un sistema 404 de clasificación de leche en conexión operativa con la misma. La unidad 402 de análisis de leche incluye un sistema 4022 de admisión de muestras configurado para controlar el funcionamiento de una pipeta móvil 4024 a través de la cual se suministra leche desde un recipiente de muestras a una modalidad de análisis (no ilustrada) dentro de la unidad 402 de análisis. La pipeta 4024 puede moverse para ajustar la altura de su punta 4026 por encima de una superficie. Se apreciará que cualquier modalidad de análisis, tal como las reivindicaciones conocidas de análisis por espectroscopía infrarroja o citometría de flujo, puede utilizarse dentro de la unidad 402 de análisis de leche.

El sistema 404 de clasificación de leche está configurado para obtener imágenes de la leche del recipiente de muestras; generar una clasificación de la imagen de leche utilizando un clasificador DLNN, tal como el clasificador DLNN 200 descrito anteriormente con referencia a la figura 2, entrenado utilizando imágenes de leche etiquetada de las clases en las que puede clasificarse la imagen de leche e implementarse en un procesador del sistema 404 de clasificación de leche; y controlar el suministro de leche a la unidad de análisis dependiendo de la clasificación generada.

En la presente realización, el analizador 400 de leche está ubicado con respecto a un sistema transportador 406, tal como un transportador de banda, para colocar su pipeta 4024 por encima de la superficie horizontal 4062 del sistema transportador 406 de modo que cuando se mueve pueda entrar y salir de los recipientes 408a.. d de muestras retenidos en una rejilla 410 de muestras a medida que pasan secuencialmente por debajo de la pipeta 4024 con el movimiento del sistema transportador 406 en la dirección de la flecha ilustrada en la figura. Los recipientes 408a.. d de muestras pueden contener leche (por ejemplo, 408a, 408b y 408d), sin embargo, los recipientes de muestras pueden contener (por ejemplo, 408b) una cantidad insuficiente de leche para el análisis, los recipientes de muestras (por ejemplo, 408c) pueden estar vacíos o pueden faltar los recipientes de muestras y la rejilla 410 tiene una posición de soporte vacante (por ejemplo, 4102).

Solo a modo de ejemplo y para facilitar la descripción, el sistema 404 de clasificación de leche de la presente invención se describirá como que comprende los elementos funcionales del sistema 300 de clasificación de leche ya descritos anteriormente con referencia a la figura 3. Por lo tanto, el sistema 404 de clasificación de leche comprende un dispositivo 302 de entrada, un dispositivo informático 304 y un dispositivo 306 de salida.

El dispositivo 302 de entrada en la presente realización comprende dos cámaras 4042, 4044 de vídeo digitales. La primera cámara 4042 de vídeo digital está dispuesta con su campo de visión verticalmente hacia abajo y la segunda cámara 4044 de vídeo digital está dispuesta con su campo de visión que se interseca con el de la primera cámara 4042 de vídeo digital y es perpendicular al campo de visión de la primera cámara 4042, de tal modo que cualquier recipiente 408a.. d de muestras puede ser fotografiado desde arriba por la primera cámara 4042 de vídeo digital y desde un lado por la segunda cámara 4044 de vídeo digital. Una ventaja de obtener imágenes desde el lado es que la presencia de un recipiente 408a.. d de muestras y opcionalmente un nivel de leche en el recipiente 408a, b, d de muestras puede determinarse en la presente realización a partir de la imagen utilizando un clasificador DLNN implementado en el dispositivo informático 302. Una imagen obtenida desde arriba utilizando la primera cámara 4042 de vídeo digital se procesará para convertirla en otro clasificador DLNN que también está implementado en el dispositivo informático 304 y que se entrena utilizando imágenes de leche etiquetadas para hacer una clasificación de la leche identificándola como adecuada o inadecuada para el análisis (es decir, es poco probable o probable que cause un bloqueo) en el analizador 400 de leche. Este clasificador DLNN adicional puede por ejemplo, funcionar como se ha descrito anteriormente con respecto al clasificador DLNN 200 de la figura 2. Las dos cámaras 4042, 4044 de vídeo de la presente invención están dispuestas para obtener imágenes de una ubicación corriente arriba de la pipeta 4024 (en una dirección del movimiento del sistema transportador 406) y, por lo tanto, corriente arriba de la modalidad de análisis dentro de la unidad 402 de análisis de leche de modo que cualquier recipiente 408a.. d de muestras del sistema transportador 406 recibirá imágenes desde arriba y desde el lado antes de que pase por debajo de la pipeta 4024.

Se apreciará que pueden utilizarse otras disposiciones de las cámaras digitales 4042, 4044 de modo que los recipientes de muestras puedan verse desde diferentes ángulos o que puedan utilizarse más o menos cámaras digitales o que los otros detectores de obtención de imágenes, tales como las cámaras fotográfica o una matriz de sensores CCD, puedan sustituirse por las cámaras 4042, 4044 de vídeo sin apartarse de la invención tal como se reivindica. En la presente realización, las imágenes se obtienen en luz ambiental, pero en otras realizaciones el dispositivo 302 de entrada también puede incluir una o más fuentes de iluminación, que pueden incluir fuentes adaptadas para generar iluminación en regiones espectrales estrechas específicas, junto con otros elementos de acondicionamiento óptico tales como uno o más filtros ópticos de paso de banda y/o lentes.

El dispositivo 306 de salida del sistema de clasificación comprende un controlador 3066 que genera una señal de control que depende de los resultados de la clasificación binaria de la leche generada en el dispositivo informático 304. La señal de control se envía al sistema 4022 de admisión de muestras que está configurado para funcionar dependiendo de esta señal de control para controlar la admisión de una muestra de leche en la unidad 402 de análisis de leche. En la presente realización, cuando la clasificación generada indica la presencia de una muestra de leche inadecuada (leche "MALA"), la señal de control generada se interpretará dentro del sistema 4022 de admisión de muestras para inhibir el suministro de cualquier muestra de leche desde la pipeta 4042 hasta la modalidad de análisis de la unidad 402 de análisis de leche.

En algunas realizaciones, la señal de control puede pasar fuera de la unidad 402 de análisis de leche a un clasificador (no mostrado) tal como un brazo robótico o un deflector para evitar que los recipientes de muestras sigan la trayectoria indicada por la flecha, que funciona en respuesta a la señal de control para retirar del sistema transportador 406 recipientes, 408b, 408c por ejemplo, clasificados como que contienen una muestra de leche inadecuada o insuficiente y por lo tanto inhibir el suministro de una muestra inadecuada a la modalidad de análisis de la unidad 402 de análisis de leche.

En algunas realizaciones, como se ilustra en la figura 4 mediante las construcciones 412, 304' de líneas discontinuas, la totalidad o una parte del clasificador DLNN puede implementarse en un dispositivo informático remoto 304'. Las imágenes capturadas por el dispositivo 302 de entrada se transmitirán, en la presente memoria utilizando Internet 412, al dispositivo informático remoto 304'. El dispositivo informático remoto 304', como el dispositivo informático 304 descrito anteriormente, implementa el clasificador DLNN para procesar las imágenes capturadas y realizar una clasificación binaria de las imágenes que se devuelve como entrada al dispositivo 306 de salida para utilizar en la construcción de la señal de control como se ha descrito anteriormente. Alternativamente, el dispositivo informático remoto 304' también puede construir la señal de control y devolverla para utilizar en controlar la captación de una muestra de leche en la unidad 402 de análisis de leche (por ejemplo, a través del control de la sección 4022 de admisión de muestras o de un clasificador).

Una parte de otra realización de un analizador 500 de leche se ilustra en la figura 5a. El analizador 500 de leche comprende una unidad 502 de análisis de leche (ilustrada solo parcialmente) que incluye un sistema 504 de admisión de muestras. El sistema 504 de admisión de muestras comprende un soporte 506 para recipiente y una pipeta móvil 508 a través de la cual la leche de un recipiente de muestras (no mostrado) colocado en el soporte 506 para recipientes se transporta a una modalidad de análisis dentro de la unidad 502 de análisis de leche. La pipeta 508 es móvil bajo el control del sistema 504 de admisión de muestras a lo largo de un eje A para variar su altura por encima de la base 5062 del soporte 506 para recipientes y por lo tanto ser móvil para entrar y salir de contacto con la leche en un recipiente de muestras colocado en el soporte 506 para recipientes.

Un dispositivo 510 de entrada de un sistema de clasificación de leche según la presente invención e ilustrado anteriormente con referencia a la figura 3 está ubicado, al menos en parte, dentro del sistema 504 de admisión de

muestras. El dispositivo 510 de entrada comprende en la presente memoria una cámara 5102 fotográfica digital configurada para obtener imágenes desde arriba de un recipiente para muestras de leche colocado en el soporte 506 para recipientes.

Como se describió anteriormente en relación con el analizador 400 de leche representado en la figura 4, los datos de imágenes digitales que representan las imágenes obtenidas por el dispositivo 510 de entrada se pasan a un dispositivo informático, por ejemplo, el dispositivo informático 304 de la figura 3 tras lo cual, y como se ha descrito anteriormente, una o más unidades de procesamiento de un procesador (3044 de la figura 3, por ejemplo) que ejecuta un código de programa para implementar un clasificador DLNN entrenado (200 de la figura 2, por ejemplo) procesa los datos de imágenes digitales para generar una clasificación de cualquier leche de la imagen en una clase de un conjunto de clases disponibles para el clasificador DLNN. Un dispositivo de salida (por ejemplo, el dispositivo 306 de salida de la figura 3) recibe la clasificación generada por el dispositivo informático y genera una señal de salida que depende de ella. La señal de salida se utiliza entonces en la unidad 502 de análisis de leche para inhibir el suministro de leche a la unidad 502. En la presente realización, además de o en lugar de que la señal de control se utilice en el sistema de admisión de muestras para controlar el funcionamiento de la pipeta 508 para evitar la admisión de leche, si la señal de control depende de una clasificación que indique la ausencia de una muestra de leche (ningún recipiente de muestras o un recipiente de muestras vacío o un recipiente de muestras insuficientemente lleno) y/o la presencia de una muestra de leche inadecuada (leche "MALA"), la señal de control se utiliza para hacer funcionar una luz 512 y/u otro generador de señales visibles o audibles, que constituye una pantalla (por ejemplo, la pantalla 3064 de la figura 3) de un dispositivo de salida (por ejemplo, el dispositivo 306 de salida de la figura 3) de un sistema de clasificación de leche (por ejemplo, el sistema 300 de clasificación de leche de la figura 3) de la presente invención.

Una parte de otra realización de un analizador 520 de leche se ilustra en la figura 5b. En la presente realización, el sistema de clasificación se describirá con referencia al sistema 300 de clasificación de la leche ilustrado en la figura 3 y descrito anteriormente con referencia a esa figura.

El analizador 520 de leche comprende una unidad 522 de análisis de leche (ilustrada solo parcialmente) en comunicación líquida con la leche en una línea 524 de flujo (u otra fuente de leche a granel) a través de un conducto 528 de desvío. El conducto 528 de desvío está conectado, en algunas realizaciones conectado de forma liberable, con el conducto 530 de flujo interno en la unidad 522 de análisis de leche. Una fuente 532 de iluminación y una matriz 534 de detectores cooperan para formar una parte de un dispositivo de entrada de un sistema de clasificación según la presente invención. La fuente de iluminación puede comprender una pluralidad de generadores 5322 de luz individuales, cada uno de los cuales puede emitir longitudes de onda de luz iguales o diferentes y cada uno de los cuales puede energizarse para emitir luz en cualquier secuencia, por ejemplo, individualmente en serie o en combinaciones o simultáneamente, para proporcionar una iluminación de un perfil de longitud de onda deseado. La matriz 534 de detectores en algunas realizaciones puede comprender, de una forma conocida, una matriz de elementos sensores direccionables individualmente, cuyas salidas dependen de la intensidad de la iluminación incidente en una superficie fotosensible y tienen un valor que por ejemplo, puede oscilar entre 0 y 256. Estos valores para los elementos sensores individuales se propagan para poblar las celdas de una matriz de entrada M adecuadamente dimensionada de un clasificador DLNN según la presente invención (por ejemplo, el clasificador DLNN 200 de la figura 2) implementada en un dispositivo informático (por ejemplo, el dispositivo informático 304) del sistema 300 de clasificación.

En la presente realización, la fuente 532 de iluminación y la matriz 534 de detectores están ubicadas una frente a la otra a través de una sección transparente 5302 del conducto 530 de flujo interno de modo que la matriz 534 de detectores generará una imagen de transmisión de leche en la sección transparente 5302.

Una válvula 536 de múltiples trayectorias está ubicada en una unión del conducto 530 de flujo interno y es controlable para seleccionar el flujo de leche en el conducto 530 hacia una primera rama 5304 o una segunda rama 5306 del conducto 530 de flujo interno. La primera rama 5304 puede conectarse a un residuo (no se muestra) y la segunda rama 5306 puede conectarse a una modalidad de análisis (no se muestra) dentro de la unidad 522 de análisis de leche.

Al igual que el sistema 300 de clasificación de leche, el dispositivo informático 304 comprende un procesador que tiene una o más unidades de procesamiento en las que se ejecuta un código de programa para implementar un clasificador DLNN, tal como el clasificador 200 ilustrado en la figura 2 y descrito anteriormente, entrenado para hacer una clasificación binaria de las muestras de leche representadas en los datos de imágenes digitales generados por la matriz 534 de detectores.

Una salida del dispositivo informático 304 que depende de la clasificación generada por el dispositivo informático 304 se pasa a un dispositivo de salida (por ejemplo, el dispositivo 306 de salida) que está adaptado para generar una señal de control en respuesta a la salida desde el dispositivo informático 304 para utilizar en el control del funcionamiento de la válvula 536 de múltiples trayectorias. En el caso de que la clasificación generada por el clasificador DLNN implementado en el dispositivo informático 304 esté asociada a que la leche representada en los datos de imagen no sea adecuada para el análisis, entonces la válvula 536 de múltiples trayectorias se controla en respuesta a la señal de control transmitida desde el dispositivo 306 de salida para permitir el flujo de leche a través de la primera rama

5304 y no de la segunda rama 5306. Contrariamente, si la clasificación se asocia con leche adecuada, entonces la válvula 536 de múltiples trayectorias se controla en respuesta a la señal de control transmitida desde el dispositivo 306 de salida para permitir el flujo de leche a través de la segunda rama 5306 y no de la segunda rama 5304.

La figura 6 ilustra una realización adicional de un sistema de clasificación de leche según la presente invención, por ejemplo, el sistema 300 de clasificación de la figura 3, realizado como un analizador 700 de leche a granel, por ejemplo, ubicado en una granja o en una estación de recepción de leche para analizar la leche a granel. El analizador 700 de leche a granel comprende una fase 702 de obtención de imágenes transparentes; una unidad 704 de rociado; un generador de imágenes digitales, en la presente memoria una cámara digital (fotografías o vídeo) 706; fuente 708 de iluminación; y un dispositivo informático 710, que puede comprender un ordenador personal, tal como un ordenador fijo o un portátil, o que puede ser un dispositivo informático dedicado o que puede ser un dispositivo informático remoto conectado a través de una red de telecomunicaciones.

La unidad 704 de rociado comprende una matriz (en la presente memoria una matriz lineal de seis boquillas) de boquillas (7042 por ejemplo) dispuestas para rociar leche a lo ancho (o una parte de la misma) de una superficie superior 7022 de la fase 702 de obtención de imágenes transparentes, en la presente memoria hacia un primer extremo 7024 de la misma. La leche, cuando se rocía sobre la superficie 7022 se mueve en una capa delgada sobre la superficie 7022 y hacia un segundo extremo 7026 de la fase 702 de obtención de imágenes transparentes, tras lo cual la leche sale de la fase 702 de obtención de imágenes y, en la presente realización, se recolecta en una cuba 712, que en algunas realizaciones se recolecta a un sistema 714 de residuos, en algunas realizaciones se conecta selectivamente al sistema 714 de residuos o a una línea de retorno para devolver la leche e la cuba 712 para su uso posterior. Para ayudar al movimiento de la leche rociada sobre la superficie superior 7022 la fase 702 de obtención de imágenes transparentes puede, como se ilustra en la presente realización, estar ubicada con su superficie superior 7022 formando un ángulo con respecto a la horizontal. La unidad 704 de rociado puede conectarse a una fuente de leche 718, que en la presente realización es una línea de flujo de leche a granel, a través de una entrada, en la presente memoria una válvula 7044 de control de flujo.

La cámara digital 706 está ubicada en un lado de la fase 702 de obtención de imágenes transparentes para que su campo de visión incluya al menos una parte de la leche a medida que se mueve como una capa delgada sobre la superficie superior 7022. La fuente 708 de iluminación está dispuesta en un lado opuesto de la fase 702 de obtención de imágenes transparentes para iluminar al menos la parte de leche en el campo de visión de la cámara digital 706 a través de una superficie inferior 7028 de la fase 702 de obtención de imágenes transparentes, opuesta a la superficie superior 7022. La cámara digital 706 y la fuente 708 de iluminación cooperan para generar datos de imágenes digitales mediante la cámara digital 706 que detecta la luz transmitida desde la fuente 708 de iluminación y a través de la fina capa de leche en la superficie superior 7022 de la fase 702 de obtención de imágenes transparentes.

La cámara digital 706 puede estar provista de una interfaz de comunicaciones, en este caso la interfaz inalámbrica 7062 a través de la cual los datos de imágenes digitales de leche generados se proporcionan al dispositivo informático 710. Una interfaz de comunicaciones, en la presente memoria la interfaz inalámbrica 7102, del dispositivo informático 710 recibe los datos digitales de imágenes de leche generados por la cámara digital 706 y los proporciona a un almacenamiento interno 7104 del dispositivo informático donde se mantienen disponibles para su procesamiento mediante un procesador 7106, que puede comprender una o más unidades de procesamiento, tales como una unidad de procesamiento central (CPU) y/o una unidad de procesamiento gráfico (GPU) del dispositivo informático 710 configurada adecuadamente para implementar un clasificador DLNN según la presente invención entrenado para clasificar la leche como perteneciente a una de una pluralidad de clases, tal como el clasificador DLNN 200 descrito anteriormente.

En algunas realizaciones, la fase 702 de obtención de imágenes transparentes puede omitirse y la cámara digital 706 y la fuente 708 de iluminación pueden disponerse para generar imágenes de transmisión a través de la leche en el espacio libre, tal como la leche que se rocía como una cortina desde la unidad 704 de rociado.

El código del programa se obtiene en una memoria 7108 del sistema del dispositivo informático 710 desde el almacenamiento interno 7104 o desde el dispositivo informático 710 externo a través de su interfaz 7102 de comunicaciones, tal como desde un servidor/instalación de almacenamiento remoto a través de Internet. El procesador 7106 ejecuta este código de programa y se ve obligado a implementar el clasificador DLNN, por ejemplo, el clasificador DLNN 200, para clasificar la leche en los datos de imagen de entrada almacenados en el almacenamiento interno 7104 como BUENA o MALA (o aceptable o no, o alguna otra clasificación binaria). De modo análogo al dispositivo 306 de salida del sistema 300, un dispositivo 7110 de salida en la presente realización comprende un generador 7112 de señales de control y un adaptador 7114 de pantalla, los cuales están adaptados para generar señales de control dependiendo de la clasificación generada por el clasificador DLNN, por ejemplo, el clasificador DLNN 200, implementado en el procesador 7106. El generador 7112 de señales de control está configurado para generar una señal de control para el control de un dispositivo externo. En la presente realización, el generador de señales de control está conectado a la interfaz 7102 de comunicaciones inalámbricas para transmitir la señal de control, solo a modo de ejemplo, a una válvula 720 de cierre que regula el flujo de leche a través de la línea 718 de flujo de leche a granel. El adaptador 7114 de pantalla está configurado para generar una señal de control de pantalla para hacer que una unidad

7116 de visualización del dispositivo informático muestre una etiqueta 7118 en respuesta a la clasificación generada por el clasificador DLNN.

5 Por ejemplo, en el caso de que el clasificador DLNN implementado por el procesador 7106 clasifique la leche de los datos digitales de imágenes de leche como inadecuada (por ejemplo, estropeada), el generador 7112 de señales de control puede funcionar para generar una señal de control para cerrar la válvula 720 de cierre e impedir el flujo de leche en la línea 718 (por ejemplo, un contenedor de almacenamiento o transportador) mientras el adaptador de pantalla funciona para generar automáticamente uno o varios mensajes basándose en la clasificación, por ejemplo, una etiqueta 7118 de advertencia (tales como PARADA o DETENIDO) que se muestra en la unidad 7116 de
10 visualización y puede servir para alertar a un usuario sobre un estado indeseable de la leche de la que se están obteniendo imágenes.

15 Se apreciará que, si bien los aspectos de la invención pueden haberse descrito anteriormente en el contexto general de las instrucciones ejecutables por ordenador, tales como las rutinas ejecutadas mediante un dispositivo de procesamiento de datos de propósito general, por ejemplo un ordenador personal, los experimentados en la técnica apreciarán que la invención puede practicarse con otras configuraciones de comunicaciones, procesamiento de datos o sistemas informáticos, que incluyen: dispositivos inalámbricos, sistemas multiprocesadores, PC de red, miniordenadores, ordenadores centrales, y similares.

20 Si bien se describe que algunos aspectos de la invención, tales como ciertas funciones, se realizan exclusivamente en un único dispositivo o unidad, la invención también puede practicarse en entornos distribuidos donde la funcionalidad se comparte entre dispositivos de procesamiento dispares y entre varios dispositivos o unidades. Los dispositivos, unidades y dispositivos de procesamiento dispares pueden estar enlazados a través de una red de comunicaciones, tal como una red de área local (LAN, por sus siglas en inglés), una red de área amplia (WAN, por
25 sus siglas en inglés), o Internet, o pueden estar en comunicación alámbrica.

El código de programa para implementar el clasificador DLNN de la invención puede almacenarse o distribuirse en medios tangibles legibles por ordenador, incluidos discos de ordenador legibles magnéticamente u ópticamente, chips alámbricos o preprogramados (p. ej., chips semiconductores EEPROM), memoria nanotecnológica, memoria biológica, u otros medios de almacenamiento de datos. Alternativamente, el código del programa y otros datos relacionados con la invención pueden distribuirse a través de Internet o a través de otras redes (incluidas las redes inalámbricas), en una señal propagada en un medio de propagación tal como una onda electromagnética.

35 Los módulos, unidades y dispositivos que constituyen las realizaciones de la presente invención pueden integrarse en algunos casos y en otros casos algunos o todos pueden estar interconectados entre sí como módulos, unidades y dispositivos individuales.

REIVINDICACIONES

1. Un analizador (400; 500; 520) de leche que comprende una unidad (402; 502; 522) de análisis de leche que tiene un componente de modalidad de análisis en donde la unidad (402; 502; 522) de análisis de leche comprende además:

un sistema (300; 404) de clasificación de leche que tiene un dispositivo (4042, 4044; 5102; 534) de obtención de imágenes configurado para obtener imágenes de leche para la generación de datos de imágenes digitales (M); y
un procesador (3044; 304) adaptado para ejecutar un código de programa:

para implementar un clasificador basado en redes neuronales de aprendizaje profundo entrenado utilizando imágenes de leche etiquetadas con una clase proveniente de un conjunto de clases a las que puede asignarse la imagen de leche según las características de la clase que se manifiestan visualmente en la imagen de leche, y operable para asignar la imagen de leche a una clase del conjunto de clases;
caracterizado por:

un controlador (3066) configurado para emitir una señal de control dependiendo de la clase asignada para controlar el suministro de leche a la unidad (402; 502; 522) de análisis de leche;
en donde el conjunto de clases incluye una clase que indica que la leche tiene características indeseables y una clase que indica que la leche no tiene características indeseables.
2. El analizador (400; 500; 520) de leche, según se reivindica en la reivindicación 1, en donde la unidad (402; 502; 522) de análisis de leche comprende un sistema (4022; 504; 530, 536) de admisión de muestras adaptado para inhibir un flujo de leche al componente de modalidad de análisis en respuesta a la señal de control.
3. El analizador (400; 500) de leche según la reivindicación 2, en donde el sistema (4022; 504) de admisión de muestras comprende una pipeta móvil (4024; 508) configurada para moverse en respuesta a la señal de control.
4. El analizador (520) de leche según la reivindicación 2, en donde el sistema de admisión de muestras comprende un conducto (530) de flujo y una unidad (536) de válvula conectada al conducto (530) de flujo para controlar el flujo de leche en el mismo en respuesta a la señal de control.
5. El analizador (520) de leche según la reivindicación 4, en donde el conducto (530) de flujo comprende una sección transparente (5302) y en donde el dispositivo (534) de obtención de imágenes está ubicado para obtener imágenes de la leche dentro de la sección transparente (5302).

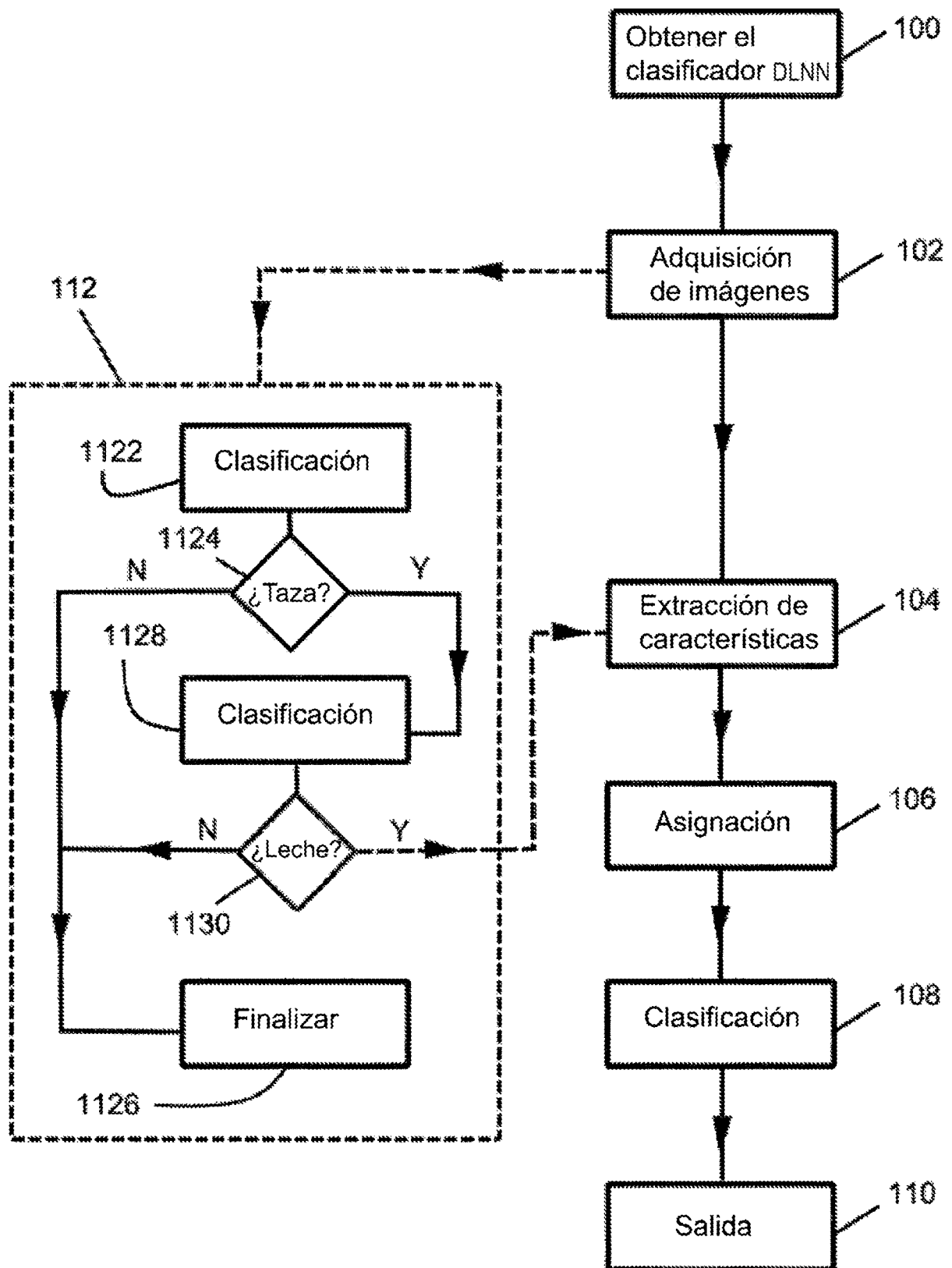


Figura 1

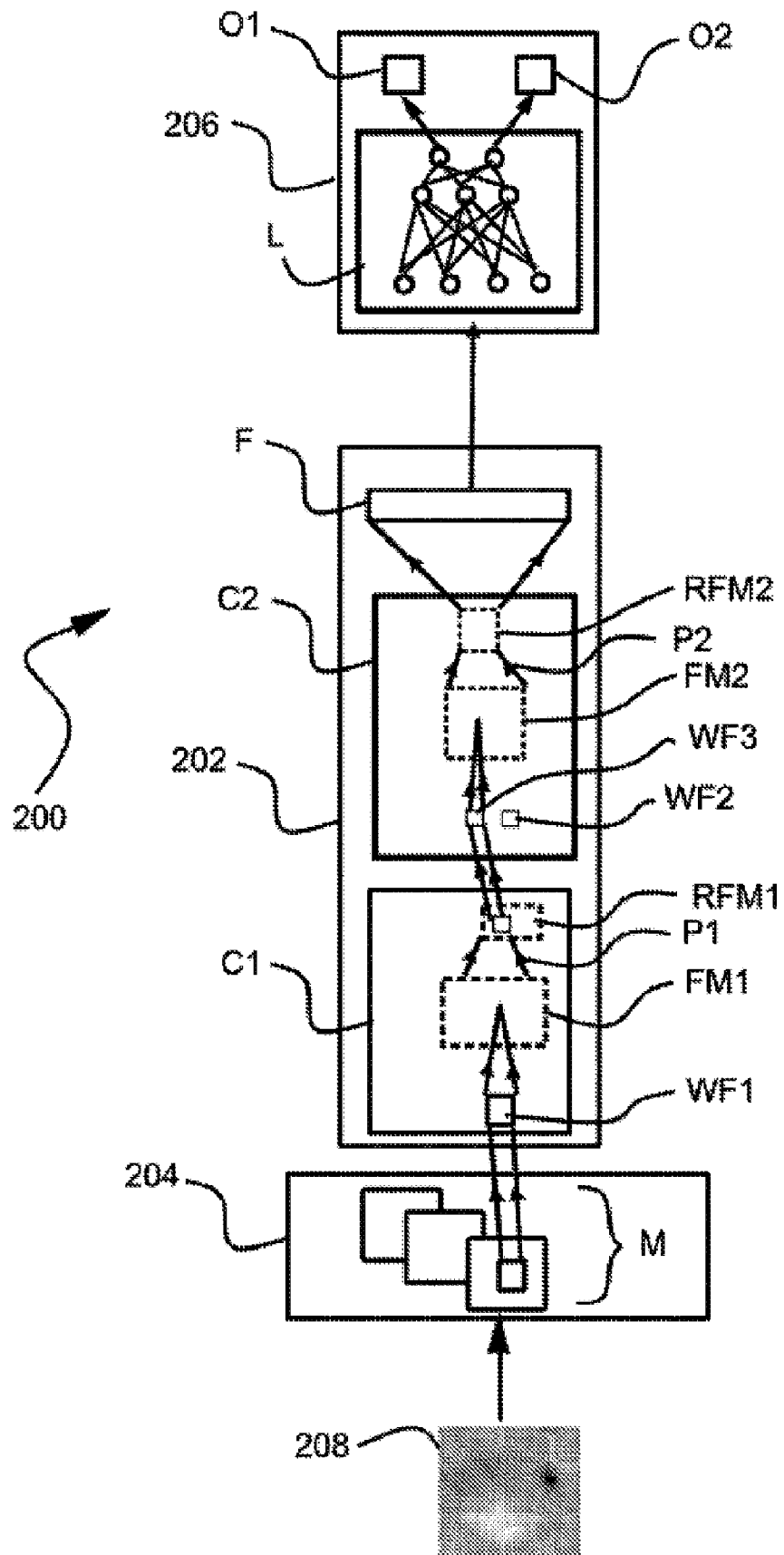


Figura 2

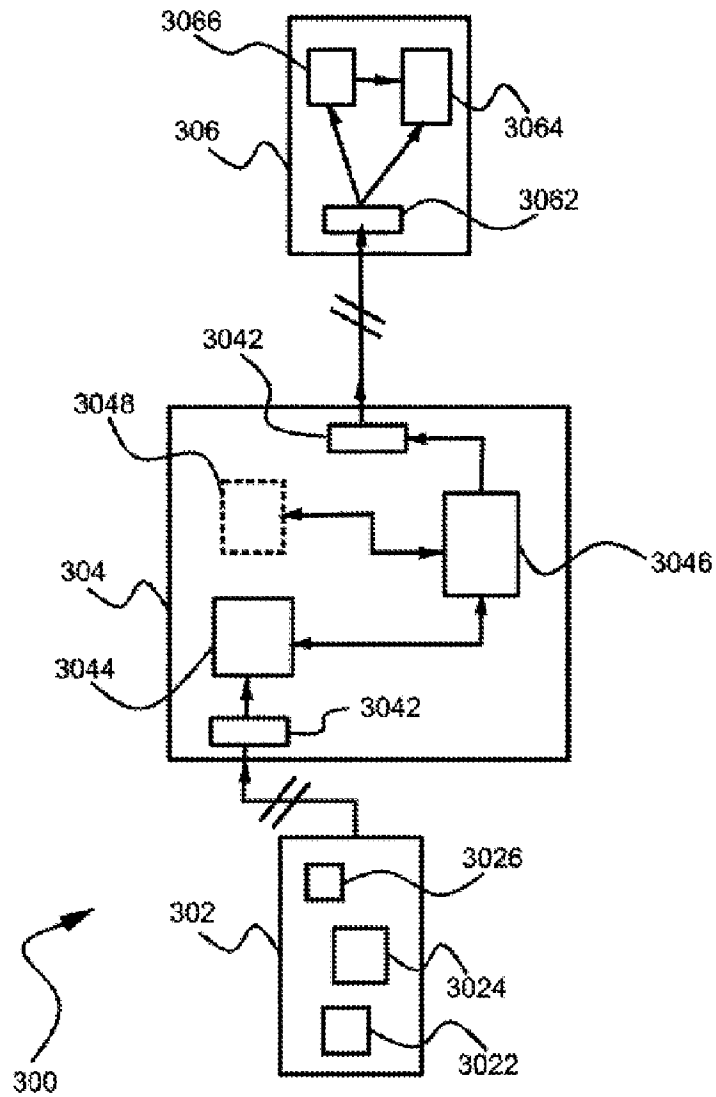


Figura 3

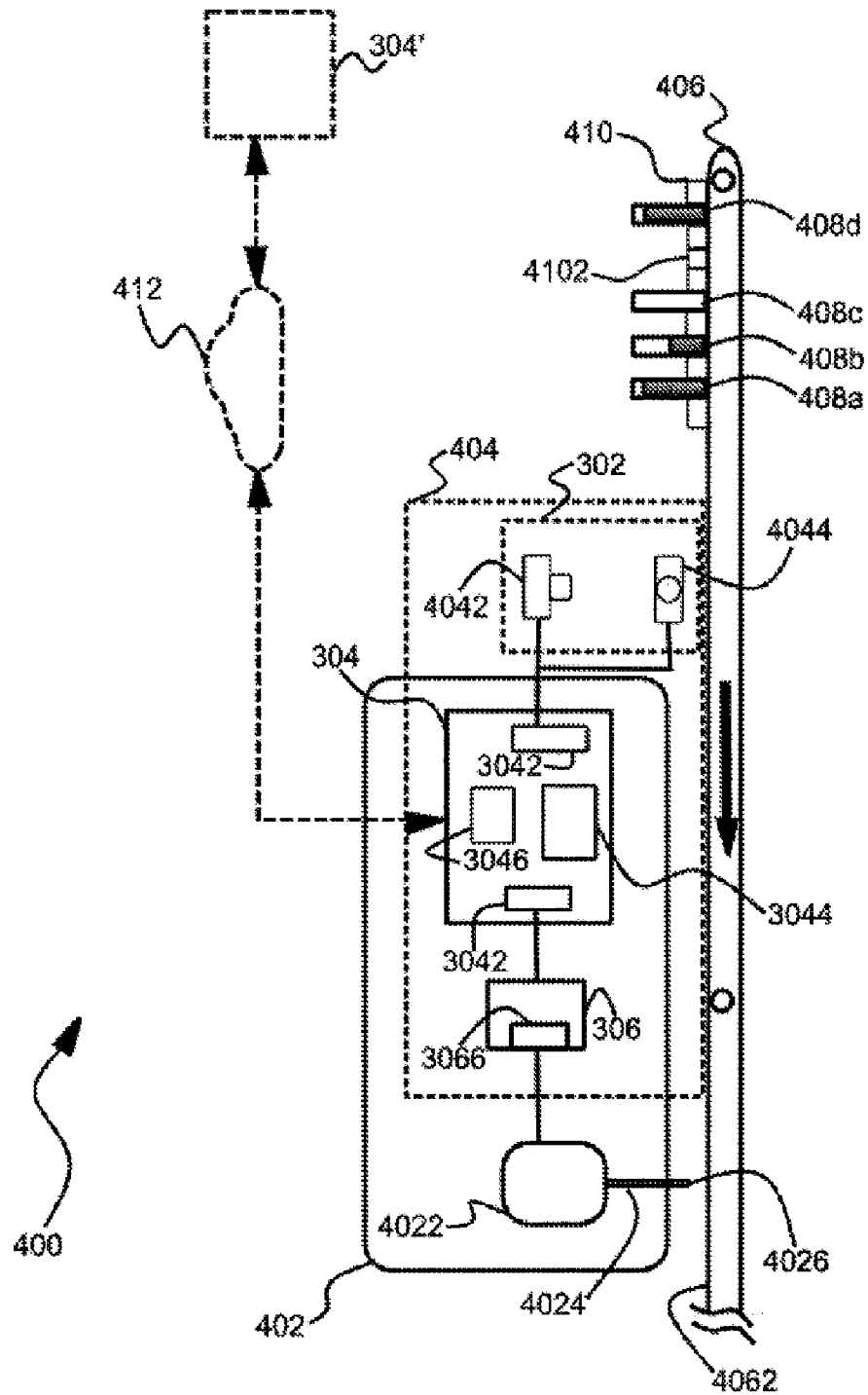


Figura 4

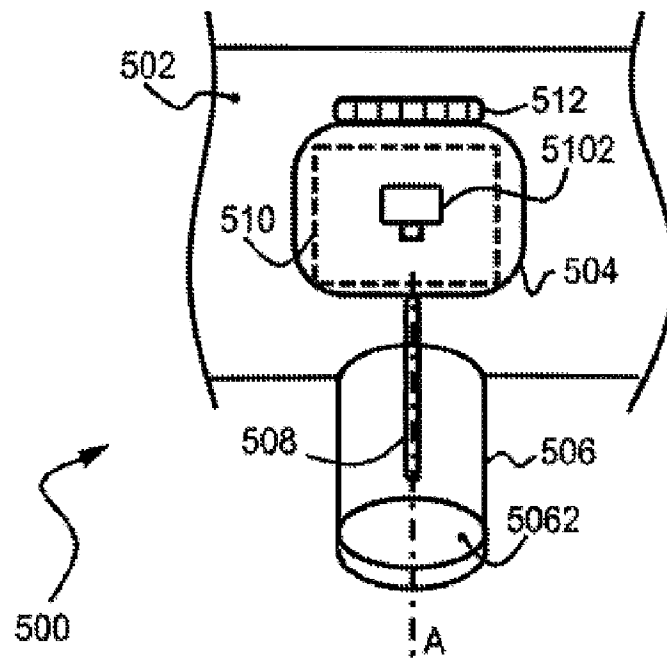


Figure 5(a)

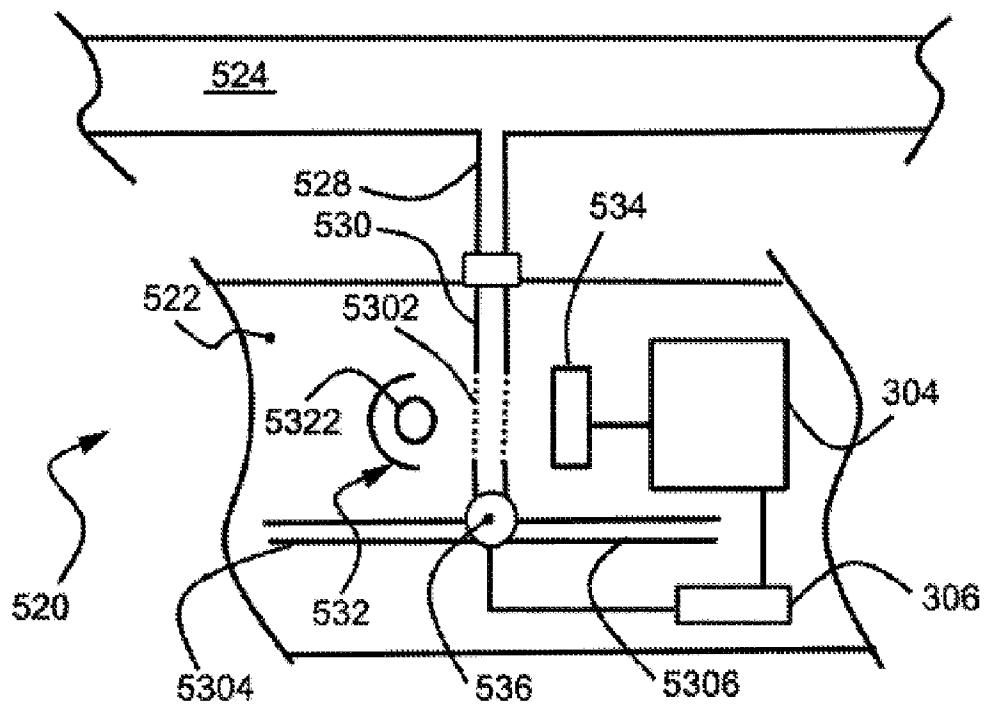


Figure 5(b)

Figure 5

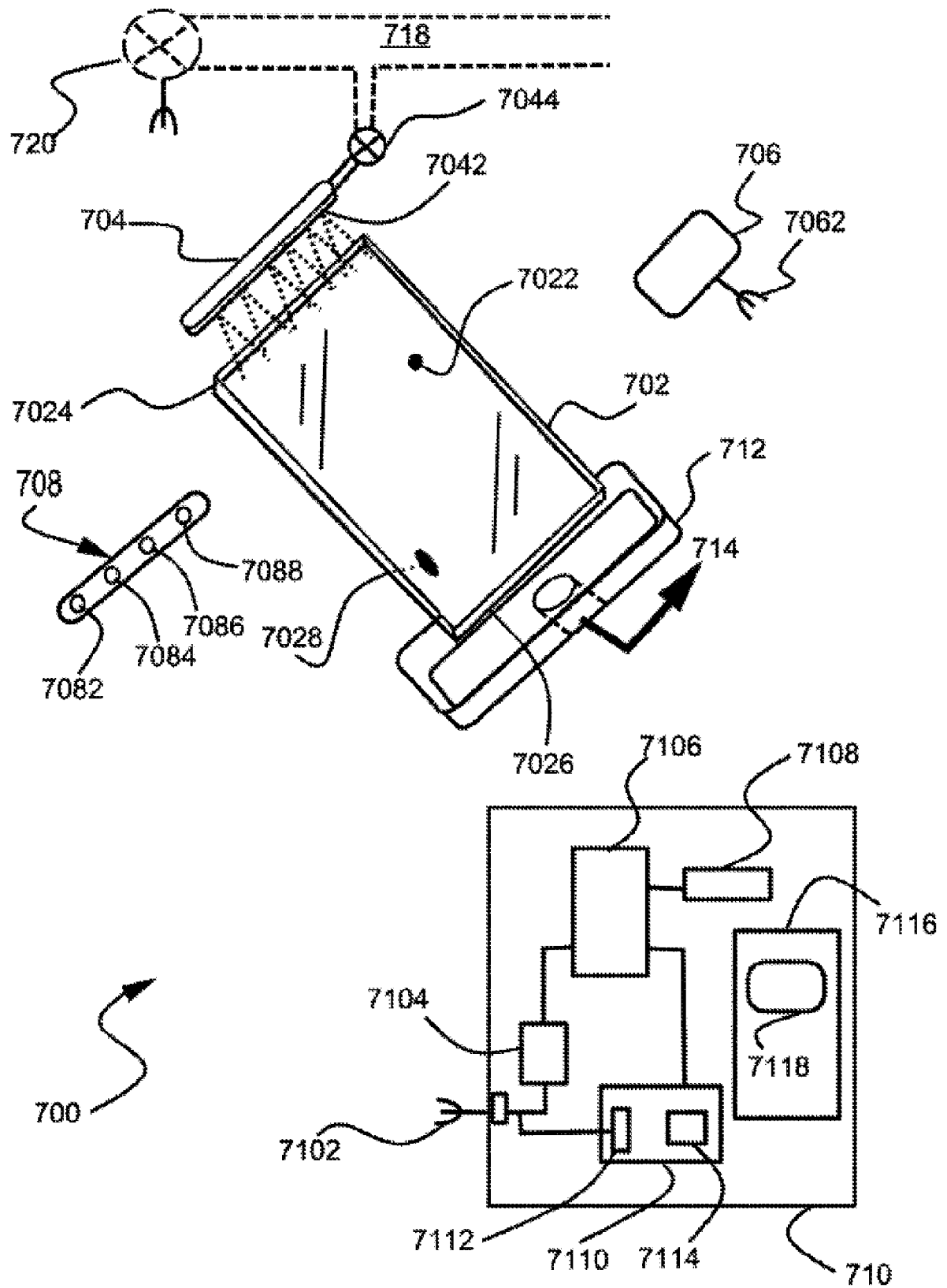


Figura 6