

infrarrojos, sensores de distancia magnéticos, u otros sensores de distancias conocidos por una persona medianamente versada en la materia y combinaciones de los anteriores.

Los datos de nivel de zoom son enviados al dispositivo de adquisición de imágenes (1), en donde el aumento permite aplicar el nivel de zoom para enfocar la fruta y tomar la imagen de la fruta, para luego ser enviada a la a la unidad de cómputo (2) para su procesamiento.

Por otro lado, el dispositivo de adquisición de imágenes (1) puede contar con un dispositivo de autoenfoco, el cual realiza un enfoque automático a la fruta para que sin importar la distancia entre el dispositivo de adquisición de imágenes (1) y la fruta se obtenga una imagen con resolución espacial homogénea.

En una modalidad de la invención, el dispositivo de la presente invención puede contar con un sensor de posición, el cual está configurado obtener unos datos de posicionamiento, dichos datos de posicionamiento corresponden a la ubicación del dispositivo en un área determinada (v.gr. un campo de sembrado). Lo anterior permite realizar una ubicación de donde fueron obtenidas las imágenes de las frutas, en especial las frutas que se considera maduras.

El dispositivo de la presente invención puede contar con un dispositivo de interfaz de usuario (8) conectado a la unidad de cómputo (2) para informar al usuario que la fruta que se está evaluando está madura y, por consiguiente, está apta para ser cosechada. Por consiguiente, el dispositivo interfaz de usuario está configurado para activarse al recibir una orden de activación, en donde la unidad de cómputo (2) está configurada para generar la orden de activación cuando se obtiene el dato de estado de maduración. El dispositivo de interfaz de usuario (8) puede ser un indicador de luz, un reproductor de sonido, un motor vibrador, una interfaz visual que muestra una imagen, un dispositivo de realidad aumentada que muestra una imagen, entre otros.

Opcionalmente, el dispositivo de la presente invención puede comprender un dispositivo de interfaz de usuario (8) de luz configurado para encenderse al recibir una orden de activación, en donde la unidad de cómputo (2) está configurada para generar la orden de activación cuando obtiene el dato de estado de maduración.

Por otra parte, el dispositivo de la presente invención puede comprender un dispositivo de interfaz de usuario (8) de audio configurado para reproducir un mensaje indicando que la fruta está lista para cosechar al recibir una orden de activación, en donde la unidad de cómputo (2) está configurada para generar la orden de activación cuando obtiene el dato de estado de maduración.

Por otro lado, el dispositivo de la presente invención puede contar con un dispositivo de cosecha de frutas, el cual está configurado para cosechar la fruta una vez se reciba una orden de activación de cosecha, en donde la unidad de cómputo está configura para generar la orden

madurez se seleccionaron por un método de selección que tuvo en cuenta las nuevas variables que correspondían en este caso a una nueva localización de la fruta.

Haciendo la referencia a la FIG. 6, el entrenamiento del método de selección del al menos un descriptor de textura y los datos de referencia del estado de madurez ingresado etapa (a), puede comprender las siguientes sub-etapas:

- a1) obtener un conjunto de imágenes en un espacio de color Rojo, Verde, Azul (RGB) de un conjunto de frutas por medio del dispositivo de adquisición de imágenes (1);
- a2) obtener de cada fruta del conjunto de frutas un dato de maduración correspondiente a una característica de maduración de la fruta;
- a3) asignar a cada imagen obtenida en la etapa a1) el dato de maduración correspondiente a una característica de maduración obtenido en la etapa a2);
- a4) clasificar las imágenes de las frutas de acuerdo con el dato de maduración y almacenarlas en la unidad de memoria (3);
- a5) procesar las imágenes RGB aplicando una Ecualización de Histograma Adaptativo Limitado por Contraste (CLAHE) mediante la unidad de cómputo (2);
- a6) transformar las imágenes procesada a un espacio de color HSV mediante un proceso de transformación;
- a7) ingresar un conjunto de métodos de textura y aplicar cada uno de los métodos de textura ingresados, en los canales de la imagen obtenida en la etapa a6) para obtener un arreglo de datos de referencia del estado de madurez por medio de la unidad de cómputo (2); y
- a8) obtener al menos un descriptor de textura y unos datos de referencia del estado de madurez por medio de un método de selección a partir del arreglo de datos de referencia del estado de madurez y de la clasificación de las imágenes de la etapa a4).

El entrenamiento anterior del método de aprendizaje supervisado permite obtener al menos un descriptor de textura y a su vez los datos de referencia del estado de madurez con los cuales se realiza la determinación de la madurez de la fruta.

Opcionalmente, un usuario que realiza el entrenamiento obtiene el dato de maduración correspondiente a la característica de maduración de la etapa a2), se pueden obtener de cualquier tipo de método conocido por la persona mediana versada en la materia, por ejemplo, en el caso del aguacate para conocer los valores de porcentaje de materia seca se realiza un ensayo destructivo para el conjunto de aguacates.

En la etapa a3), el usuario que realiza el entrenamiento puede realizar una asignación a las imágenes tomadas en la etapa a1), la asignación se basa en la característica de maduración obtenida en la etapa a2), que se puede seleccionar del grupo conformado por porcentaje de materia seca, grados brix, contenido de aceite, características morfológicas, entre otros. En un ejemplo particular, la característica de maduración es el porcentaje de materia seca de la fruta.

En una modalidad de la invención, las imágenes procesadas son almacenadas localmente, pero además son enviadas a un servidor, el cual puede estar configurado para aplicar las etapas a7) y a8) del entrenamiento del método de selección, con los que se obtiene unos segundos descriptores de textura y unos segundos datos de referencia del estado de madurez. Uno de los efectos de llevar a cabo parte del entrenamiento en el servidor es que permite reducir los requerimientos de cómputo del dispositivo usado en campo, seguridad de la información, depuración continua del modelo, generación de modelos generalizados o individualizados para diferentes regiones, asociación de la información con otros datos e integración a otros dispositivos, mejora de los modelos al implementar nuevos descriptores de textura o métodos de clasificación.

Una vez obtenidas el menos un descriptor de texturas y los datos de referencias del estado de madurez, en una etapa b) se obtiene una imagen en el espacio de color RGB de al menos una porción de la fruta por medio del dispositivo de adquisición de imágenes (1). La ventaja de tomar la imagen en el espacio de color RGB es el aprovechamiento de la masificación de los sensores Bayer que han llevado a un bajo costo de implementación y también la facilidad que tiene para convertirse en datos hexadecimales. Preferiblemente, la imagen obtenida en la etapa a) corresponde a la totalidad de un plano de la fruta, con lo cual se aumenta la efectividad de la determinación del estado de madurez.

Por otro lado, una vez obtenida la imagen de la etapa a) la unidad de cómputo (2) puede extraer un segmento de la imagen, por ejemplo, la unidad de cómputo (2) puede solo usar el segmento de la foto que corresponde a la parte central de la fruta. En un ejemplo particular, se toma un segmento central de la imagen con un tamaño de 600*600 pixeles. Uno de los efectos técnicos de tomar el segmento central de la imagen de la fruta es que permite tener la suficiente información para caracterizar la textura de la fruta y representa bajo costo computacional.

Adicionalmente, para evitar pérdida de tiempo en procesamiento de la unidad de cómputo (2), la presente invención puede contar con métodos de procesamiento de imagen para saber si al objeto al cual se le tomo una foto es una fruta o no. Haciendo referencia a la FIG. 5, entre la etapa (b) y la etapa (c) ocurre una etapa adicional una etapa de determinar con la unidad de cómputo (2) si la imagen obtenida en la etapa (b) corresponde a una fruta usando un método de procesamiento de imagen configurado para reconocer frutas, en donde en caso que se determine que la imagen sea una fruta se continua con la etapa (d) y en caso contrario, la unidad de cómputo (2) genera una orden de activación de objeto desconocido.

El método de reconocimiento de frutas puede utilizar un proceso de aprendizaje supervisado que tiene en cuenta algunas características de la imagen como lo pueden ser los descriptores de textura, descriptores de color entre otro, para así determinar si la imagen es una fruta, u opcionalmente, identificar qué tipo de fruta es, el proceso de aprendizaje supervisado se puede seleccionar que se puede seleccionar del grupo conformado por máquina de soporte

evaluar. Opcionalmente, el señalador se apaga cuando el dispositivo de adquisición de imágenes (1) se disponga a obtener la imagen, esto con el objetivo de no afectar la calidad de la imagen obtenida. En un ejemplo particular, el señalador es un señalador laser.

Opcionalmente, después de obtener el dato de estado de maduración de la etapa f), la unidad de cómputo (2) puede generar una orden activación, para ser enviada al dispositivo de cosecha de frutas. El controlador del dispositivo de cosecha de frutas recibe la orden de activación de cosecha y genera una señal de control que es enviada al actuador del dispositivo de cosecha de frutas, dicho actuador se activa moviendo el elemento de cosecha para cosechar la fruta. El dato de estado de maduración puede ser un dato binario, en donde por ejemplo cuando el dato de estado de maduración es 1 se considera madura la fruta, a la cual fue obtenida la imagen y cuando el dato de estado de maduración es 0 se considera inmadura a la fruta, a la cual fue obtenida la imagen.

Ejemplo

Se diseñó un dispositivo para determinar un dato del estado de madurez fisiológica de una fruta a partir de descriptores de textura de su imagen, las características del dispositivo son las siguientes:

Para este ejemplo particular, la unidad de cómputo (2) es una Jetson Nano que cuenta con los siguientes módulos:

- la unidad central de procesamiento (4): GPU NVIDIA Maxwell™ architecture with 128 NVIDIA CUDA® cores, CPU Quad-core ARM® Cortex®-A57 MPCore processor
- Memoria temporal (5): 4 GB 64-bit LPDDR4
- Unidad de memoria (3): 16 GB eMMC 5.1 Flash
- Módulo de comunicaciones (6) alámbrico e inalámbrico: compatible con WLAN (Externo), Bluetooth® (Externo), y red Ethernet (integrado).

La unidad de cómputo (2) que se conecta con un módulo de alimentación (7) que es una batería de litio de 10000 mAh, se aloja dentro de una primera carcasa (10) que tiene una tapa (11).

Por su lado, el dispositivo de adquisición de imágenes (1) es una Raspberry pi camera conectada a la unidad de cómputo (2), con un sensor Sony IMX219.

Además, el dispositivo de la presente invención cuenta con un dispositivo de distanciamiento (14) que es un Parallax 15-122 cm Láser Rangefinder y con un dispositivo interfaz de usuario (8) de luz que comprende dos bombillas. Por otro lado, el dispositivo de la presente invención cuenta con un señalador laser.

Por otro lado, el dispositivo de adquisición de imágenes (1), el dispositivo interfaz de usuario (8) y el dispositivo de distanciamiento (14) se disponen en una segunda carcasa (12), la cual cuenta con un sistema de agarre configurado para ajustarse al brazo del usuario.

El usuario puede poner la segunda carcasa (12) en su brazo y la primera carcasa (10) la puede llevar en una maleta que cargaba el usuario alrededor de la cadera, como se observa en las FIGS. 2 y 3. En este caso, la unidad de cómputo (2) se conecta al dispositivo de adquisición de imágenes (1) por medio de un cable que se conecta los módulos de comunicaciones de cada elemento.

En este caso se realizó una prueba en donde el usuario se acercó a un árbol de aguacates y seleccionó uno en el árbol señalándolo con el dispositivo de distanciamiento (14), con el cual se determinó la distancia correcta entre el usuario y la fruta y se obtuvo una imagen, la cual estaba en un formato tiff no comprimido. Esta imagen se envió a la unidad de cómputo (2) quien realizó el procesamiento de la imagen y generó una orden de activación que fue enviada al dispositivo interfaz de usuario (8) de luz, el cual encendió la bombilla, indicando así que la fruta seleccionada se encontraba madura.

EJEMPLO 2

El sistema del ejemplo 1 ejecuta el siguiente método para determinar un dato del estado de madurez fisiológica de una fruta a partir de descriptores de textura de su imagen. En primer lugar, se hace ingreso en la unidad de cómputo (2) los datos de referencia del estado de madurez y unos descriptores de textura, que se obtuvieron por medio de un proceso de selección que tuvo en cuenta una muestra de imágenes de aguacates tomada previa a la prueba realizada. Los descriptores de textura y sus respectivos métodos de cálculo son los mostrados en la siguiente tabla:

Método	Descriptor de textura
patrón binario local	Media
Filtro Eigen	Entropía
Descomposición Wavelet	Entropía
la técnica del espectro de poder	Skewness
histogramas de suma y diferencia	Homogeneidad

Los datos de referencias del estado de madurez corresponden a los valores del cálculo de estos descriptores de textura, donde se considera que la fruta está madura. Una vez se almacenan los descriptores de texturas y los datos de referencias del estado de madurez, se realizó una prueba en donde el usuario se acercó a un árbol de aguacates y seleccionó uno en el árbol señalándolo con el dispositivo de distanciamiento (14), con el cual se determinó que la distancia entre el usuario y la fruta era de 0.5 metros y se obtuvo una imagen, la cual estaba