

SISTEMA INTEGRAL DE GUIADO Y LOCALIZACIÓN DE OBJETIVOS EN INTERIORES PARA PERSONAS CON DISCAPACIDADES VISUALES BASADO EN DISPOSITIVOS MÓVILES LIBRES

MÓDULO DE LOCALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTOS

Abstract

Las personas que disponen del sentido de la vista no siempre son conscientes de las limitaciones a las que se ven sujetos aquellos que sufren algún tipo de discapacidad visual, un factor que disminuye enormemente las posibilidades de moverse libremente y de forma independiente. Acciones cotidianas como coger un objeto de una estantería se convierten en una tarea compleja o imposible de realizar sin ayuda de terceros. Este trabajo propone un sistema basado en terminales móviles que permite a las personas con deficiencias visuales la localización e identificación de objetos previamente seleccionados, en estantes o lineales. Para ello el sistema combina comunicaciones en Campo Cercano (NFC), mediante la lectura de etiquetas pasivas de Identificación de Radio-Frecuencia (RFID) para la localización de los productos objetivos en el lineal, y la localización y decodificación de códigos de barras para su identificación.

Palabras claves

Comunicaciones en campo cercano (NFC Near Field Communication), Etiquetas de Identificación mediante Radio Frecuencia (RFID tags), Códigos de barras.

Introducción

La localización e identificación de objetivos para aplicaciones como el control de stocks, la gestión de la cadena de suministro, de almacenes, etc. ha sido ampliamente estudiada incluso en entornos automatizados sin apenas intervención humana. Sin embargo, cuando se traslada esta problemática a entornos no diseñados para su tratamiento automatizado y mucho menos preparados para su uso por personas con deficiencias visuales, las soluciones disponibles son escasas, muy costosas, poco prácticas, debido al tamaño y peso de las mismas, e intrusivas con el entorno donde se pretenden implantar.

Las propuestas actuales, tratan de resolver el problema apoyándose de forma aislada e independiente en una única tecnología, la cual no cumple los requisitos que se esperan de un sistema de estas características. Entre las desventajas de los sistemas existentes para usuarios con discapacidades visuales, merecen una especial mención:

- El alto precio de las partes hardware o del sistema en su conjunto, no siendo consistente con los recursos de las personas con discapacidades visuales. El uso de teléfonos móviles permite abaratar enormemente estos costes,

favoreciendo con ello la difusión de esta herramienta a todos aquellos usuarios que la requieran

- La interfaz de usuario. Cuando se crean aplicaciones para personas con discapacidades visuales, es fundamental la elección del interfaz de usuario, debiendo contarse en todo el proceso de desarrollo con la colaboración de un grupo de usuarios. El diseño por tanto, se debe llevar a cabo teniendo en cuenta las preferencias de un grupo de usuarios, así como investigaciones en esta área sobre las preferencias de este tipo de usuarios (Gagnet and Briffault, 2005, pp. 267-314; Loomis et al. 2005, pp. 219-232)
- La usabilidad, entendida como la comodidad ofrecida a las personas discapacitadas a la hora de utilizar el sistema. Algunas soluciones, requieren llevar un ordenador portátil, así como otros dispositivos, lo cual dificulta la utilización del sistema
- La Identificación del producto. Algunos sistemas llegan a posicionar al usuario en el lineal, pero no ofrecen ningún elemento que le permita asegurarse que el producto que coge del lineal realmente es el producto solicitado
- Intrusivas con el entorno donde se pretenden utilizar, dificultando por tanto su implantación

Si se realiza un análisis por tecnologías, y considerado el tipo de usuarios a los que van dirigido, se puede ver que dichas soluciones basadas en la utilización de una única tecnología presentan las siguientes problemática:

- Propuestas basadas únicamente en la lectura de etiquetas RFID. Desde su aparición las etiquetas RFID se han visto como un sustituto al código de barras, de hecho algunas instituciones y empresas del mundo de la distribución han pretendido, sin éxito hasta la fecha, imponer su uso como método de identificación de productos. Todavía es una solución cara, al menos para productos de bajo coste, por lo que se supone que tardará en implantarse completamente. Sin embargo, es totalmente asequible para su implantación en el lineal, aunque si consideramos el volumen de producto y usuarios en un supermercado, hipermercado o gran almacén, es fácilmente predecible que algunos productos no se encuentren exactamente sobre su etiqueta identificativa en el lineal sino que pueden encontrarse algo desplazados con respecto a la misma o incluso mezclados con los adyacentes.
Soluciones planteadas, como la incorporación de este tipo de etiquetas en cada unidad individual de producto, se han tratado de implantar por distintas corporaciones sin éxito, dado el coste de este tipo de etiquetas aunque bajo en la actualidad (unos 0,2 €/etiqueta), muy superior al del impresión de un código de barras identificativo que puede considerarse prácticamente despreciable
- Soluciones que se apoyan exclusivamente en la lectura de códigos de barras, tanto en el lineal como en el propio producto, presentan la limitación propia de esta tecnología de la necesidad de visibilidad directa para funcionar. Aunque, como se verá a lo largo de este paper, se han desarrollado algoritmos y sistemas que permiten a las personas con discapacidades visuales llegar a leer este tipo de etiquetas, no deja de implicar una solución un tanto lenta y laboriosa, que requiere de una alta intervención por parte del usuario como para ser utilizada de forma exclusiva

Por último destacar que si bien existen algunos trabajos basados en visión asistida por ordenador, no existe constancia de que éstos sean trasladables para un uso fuera del ambiente de laboratorio.

Actualmente, no se tiene conocimiento de ningún caso de desarrollo de características similares, por lo que puede entenderse que nuestra propuesta, es la primera en servirse de dos tecnologías complementarias, NFC (Near field Communication) y lectura de etiquetas de código de barras, para de este modo ofrecer una solución más eficaz, medida ésta, en términos de: facilidad de uso para nuestros usuarios, un menor tiempo medio empleado en la búsqueda y obtención del producto objetivo previamente seleccionado y una mayor tasa de éxitos, redundando estos factores en una mejora en las condiciones ofrecidas a las personas con discapacidades visuales.

El interés del presente proyecto radica en la posibilidad de ofrecer un sistema de localización e identificación de productos en una estantería o lineal acorde con las preferencias de las personas con capacidades visuales disminuidas, simple, económico y mínimamente intrusivo con el entorno donde se implante. Concretamente, este trabajo propone el desarrollo de un sistema basado en terminales móviles que soporten la combinación de dos tecnologías: Comunicaciones en Campo Cercano (NFC), mediante la lectura de etiquetas pasivas de Identificación de Radio-Frecuencia (RFID) para la localización de los productos objetivos en el lineal y la localización y decodificación de códigos de barras para su identificación.

Para ello el trabajo ha sido organizado como sigue:

En la segunda sección se presentan los preliminares; en la tercera sección se presenta un análisis de la situación actual; en la cuarta sección se detalla nuestra propuesta de solución y los distintos subsistemas que conforman su arquitectura; se finaliza el trabajo con la formación al usuario, las conclusiones, trabajos futuros y la bibliografía.

Preliminares

Se puede establecer el punto de partida del problema a resolver, una vez que el usuario de la aplicación - recordemos que estamos hablando de una persona con discapacidades visuales - se halla posicionado frente a la estantería o lineal donde se encuentra el producto que desea adquirir, a partir de aquí, el sistema deberá identificar la localización exacta de su objetivo. El encargado de realizar esta tarea, será el módulo de localización de productos. A continuación una vez que el usuario tiene en su poder el producto seleccionado, entrará en juego el módulo de identificación, que será el encargado de su identificación, garantizando que realmente se corresponde con el producto que se deseaba adquirir, permitiéndole así completar por sí mismo el proceso.

Un análisis más profundo del problema, así como de los estudios y soluciones disponibles en la actualidad, lleva en primer lugar a considerar las distintas variables que dificultan esta tarea:

- Los lineales en un supermercado o gran almacén pueden variar de posición a lo largo del tiempo y más aún los productos localizados en ellos
- El número de alturas en un lineal es completamente variable, siendo posible encontrar en un mismo lineal zonas con una única altura, seguidas de zonas con hasta ocho o más niveles
- Es bastante común que un producto, sobre todo aquellos que tienen en algún momento dado algún tipo de promoción u oferta, se encuentre localizado en más de un sitio, a veces incluso fuera de los lineales
- Dada la aglomeración de productos en los estantes, y la cantidad de usuarios que acceden a ellos. Existe la posibilidad de que una vez posicionado enfrente del producto seleccionado, al cogerlo el cliente, éste no sea exactamente el producto seleccionado, por lo que será necesaria una identificación adicional

Asimismo las metas que se marcan para el sistema general se pueden resumir en:

1. Diseñar un sistema móvil, capaz de navegar por un supermercado o centro comercial, permitiendo a sus usuarios: buscar, localizar, e identificar una serie de productos seleccionados
2. Facilitar la máxima penetración de la propuesta, ofreciendo un sistema asequible tanto en costes de adquisición como de implantación, buscando la máxima integración y adaptación para su uso por personas con discapacidades visuales, a la par que con una mínima alteración de los procesos de negocio del centro donde se implante
3. Utilización de dispositivos y tecnologías existentes y asequibles, capaces de ofrecer los servicios requeridos a cuantas personas los necesiten, contribuyendo a mejorar la accesibilidad de sus usuarios

Se puede concluir que los objetivos específicos que se busca cubrir dentro del módulo de Localización e Identificación de productos con esta investigación son:

- a)** Permitir a un usuario con discapacidades visuales, la localización, obtención e identificación de un producto concreto localizado en el lineal, simplificando en la medida de lo posible su intervención y por tanto las tareas a llevar a cabo a lo largo del proceso
- b)** Ofrecer un sistema de guiado e instrucciones de acuerdo con las preferencias de las personas con discapacidades visuales
- c)** Máxima fiabilidad de la solución propuesta

Modulo para la localización del producto

Aunque no abunda la literatura referente a la localización de productos, la mayoría se apoyan en la utilización de etiquetas de código de barras, pero como se ha comentado este método necesita una visión directa de la etiqueta, hecho que complica la automatización del proceso de lectura, presentado además el problema de su duración en ambientes hostiles. Gracias a que la tecnología RFID es capaz de superar la limitación anteriormente mencionada para el código de barras, al tratarse de una tecnología radial, es decir funciona en un radio de acción determinado y sin requerir visión directa, permitiendo identificar etiquetas localizadas en un estante. Además por ser dispositivos muy resistentes, garantizan una mayor duración, incluso en ambientes hostiles y corrosivos. Sin embargo, la incorporación en los propios productos de una etiqueta RFID identificativa, no parece una solución posible a corto plazo, considerando los costes de las etiquetas RFID pasiva actuales ($\approx 0,2\text{€}$ /etiqueta), sólo es factible en productos cuyo coste permita diluir el coste de la etiqueta o para agrupaciones como palés, contenedores donde el coste global lo justifica.

El primer teléfono móvil con tecnología NFC integrada fue el Nokia 6131 que salió al mercado en 2007, el número de fabricantes que incorporan modelos con capacidades NFC crece cada día, esperándose que para 2013 la mayoría de los terminales de gama media alta incorporen esta tecnología, al igual que ocurre hoy con la cámara o el acceso inalámbrico mediante tecnología WIFI. Por lo que se puede considerar como una facilidad disponible en los terminales de gama media actuales.

Como consecuencia de lo anterior, la utilización únicamente de la tecnología RFID se presenta como una solución simple, sencilla y asequible desde el punto de vista del sistema, que ayuda a resolver este problema, pero no se pueden considerar válidas, a menos a corto plazo, aquellas soluciones que proponen la incorporación de etiquetas RFID en todos los productos.

La actual propuesta va orientada a la incorporación de etiquetas RFID pasivas, no en los productos, pero si en el frontal del lineal, utilizándolas como balizas que indican al sistema y en último lugar al usuario, la localización de los distintos productos a adquirir. Con esta propuesta el coste de cada etiqueta se diluye entre todos los productos del mismo tipo que se comercializan a lo largo del tiempo haciéndose prácticamente imperceptibles, principalmente si tenemos en cuenta la durabilidad de este tipo de etiquetas, además de contribuir a mejorar la gestión logística y de stocks allá donde se implante.

Si se considera como se ha mencionado la creciente tendencia a la incorporación de la facilidad de lectura de este tipo de etiquetas en los terminales móviles. Las posibilidades se amplían de forma exponencial para cualquier tipo de usuarios y no sólo para personas con discapacidades visuales.

Módulo de identificación del producto

Actualmente existen una gran cantidad de estudios y soluciones disponibles en el mercado que permiten efectuar una lectura y decodificación de un código de barras utilizando un teléfono móvil, pero la inmensa mayoría, se apoyan en los recursos de que disponen las personas con plenas capacidades visuales para localizar y enfocar la cámara al código de barras impreso en el embalaje o empaquetado del producto seleccionado. Muy pocos son los casos de estudio disponibles orientados a la localización y el enfoque de un código de barras por un sistema automático o por personas con discapacidades visuales y menos aún aquellos que tratan de resolver esta problemática utilizando la prestaciones disponibles en un terminal móvil, considerando las limitaciones de estos dispositivos tanto en lo referente a la calidad de la cámara como a las capacidades de cómputo.

Aunque existen métodos para la búsqueda de códigos de barras, sin embargo, en ambientes complejos, factores como: la iluminación, la rotación, la distorsión de la perspectiva y otras múltiples circunstancias, han de ser considerados, ya que éstos dificultan la localización.

Antes de analizar las distintas propuestas existentes en la actualidad, a continuación se presentan algunos aspectos claves a considerar en la detección de líneas y por tanto de códigos de barra.

Mientras los bordes (vgr.: límites entre regiones con relativamente distintos niveles de grises) son con diferencia, la forma más común de discontinuidad en una imagen, instancias de líneas finas en una imagen, se producen con la suficiente frecuencia, como para establecer un mecanismo separado para detectarlas. A continuación vamos a describir una técnica basada en la “convolución”, la cual produce una descripción de las líneas finas de una imagen de entrada.

El operador para la detección de líneas consiste en un “convolution kernel” preparado para detectar la presencia de líneas de una anchura determinada “n”, con una orientación determinada por “ θ ”. La figura X, muestra cuatro de estos kernels, cada uno de los cuales responde a líneas de un solo pixel de anchura con una orientación particular.

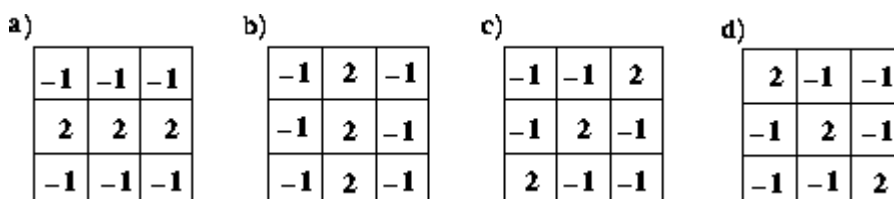
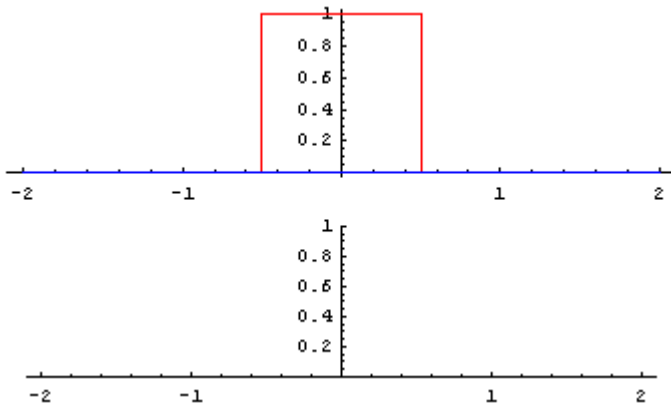


Figura 1. 4 kernels para la detección de líneas los cuales ofrecen la máxima respuesta a líneas horizontales, verticales y oblicuas (+45 y -45 grados) con una anchura de líneas de 1 pixel.

El operador matemático de Convolución, transforma dos funciones f y g en una tercera, que en cierto sentido representa la magnitud en la que se superponen f y una versión trasladada e invertida de g . Una convolución es un tipo muy general de promedio móvil



Si pulsamos en el siguiente enlace se observa cómo funciona este operador para un pulso rectangular, similar a una barra dentro de un código de barras.

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c6/Convolucion_Funcion_Pi.gif

Estas mascarar están sintonizadas (son apropiadas) para líneas claras sobre un fondo oscuro, y podrían dar una respuesta negativa grande en líneas oscuras sobre un fondo claro, por lo que habría que negar los valores de las máscaras o kernels. Puesto que en el caso que nos ocupa, podría considerarse que sería interesante detectar ambos tipos de líneas, habría que obtener el valor absoluto de la salida del operador de convolución.

Si llamamos R_i a la respuesta del kernel i , podemos aplicar cada uno de estos kernels a una imagen y para un punto particular, si $R_i > R_j$ para todo $j \neq i$, ese punto es más probable que contenga una línea cuya orientación y anchura coincida con la del kernel i . Normalmente se establece un límite para R_i para eliminar líneas débiles correspondientes a bordes u otras características de gradientes de intensidad de una escala diferente que la anchura de la línea buscada.

También puede usarse con estos fines la Transformada de Hough, sin embargo, en este caso, la salida obtenida, es una descripción paramétrica de las líneas de una imagen. Consistente en una técnica que permite aislar características de una forma concreta dentro de una imagen. Como se requiere que las características que se desean obtener tengan algún tipo de especificación paramétrica, la transformada de Hough se usa normalmente para la detección de curvas regulares, como líneas, círculos, elipses, por lo que es realmente apropiada para el caso que nos ocupa.

La mayor ventaja de la técnica basada en transformada clásica de Hough es su tolerancia a huecos o faltas de continuidad en la descripción de características en los bordes y a que se ve relativamente poco afectada por ruidos en la imagen. Esta técnica es particularmente útil para computar la descripción global de una característica dada

por una medida local. La idea que subyace detrás de esta técnica para la detección de líneas es que cada medida de entrada (vgr.: las coordenadas de un punto) indica su contribución a la consistencia global de la solución. Un ejemplo sencillo, es exactamente la problemática planteada, la detección de las líneas correspondientes al código de barras o sea, la fijación de un conjunto de segmentos lineales dentro de una imagen discreta, la figura 3 muestra una posible solución a este problema. Aquí la falta de conocimiento a priori del número de líneas (y la ambigüedad de lo que constituye un segmento de una línea) ilustra las constricciones de este problema. Aunque en el caso del código de barras, si conocemos el número de líneas que nos viene dado por nuestro conocimiento del código EAN-13, simplificando con ello los cálculos a procesar.

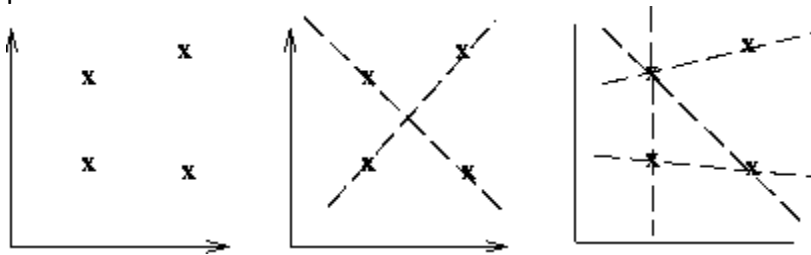


Figure 3 a) Puntos en un eje de Coordenadas. **b) y c)** Posibles líneas rectas que encajan con estos puntos.

Analíticamente se puede describir un segmento de una línea de distintas formas, sin embargo una ecuación apropiada para describir un conjunto de líneas viene dada por el uso de la notación paramétrica o normal.

$$x \cos \theta + y \sin \theta = r$$

Donde “r” es la longitud de una normal desde el origen a la línea y “θ” es la orientación de “r” con respecto al eje X. (como puede verse en la figura 4). Para cualquier punto (x, y) de la línea, “r” y “θ” son contantes.

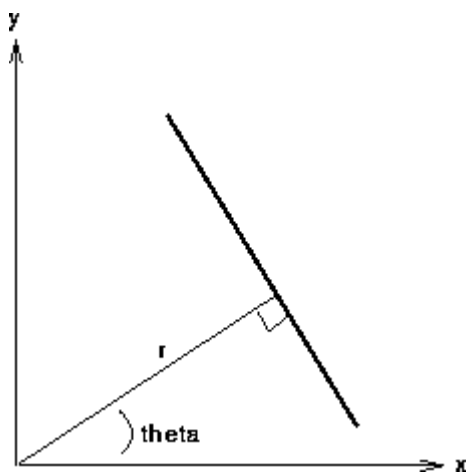
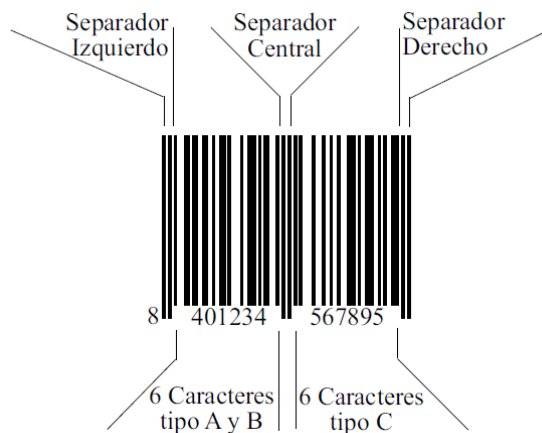


Figure 4 Descripción paramétrica de una línea recta

En el contexto de análisis de imágenes, las coordenadas de los puntos de los bordes de los segmentos (*i.e.* (x_i, y_i)) en la imagen son conocidos y por tanto considerados como constantes en la ecuación paramétrica de la recta, mientras que “ r ” y “ θ ” son las variables desconocidas que buscamos. Si dibujamos los posibles valores de (r, θ) por cada punto (x_i, y_i) de la imagen cartesiana en el mapa espacial a curvas (vgr.: sinusoides) en el espacio paramétrico polar de Hough. Esta transformación de punto a curva, es la transformación de Hough para líneas rectas. Cuando lo vemos en el espacio paramétrico de Hough, puntos que son co-lineales en el espacio cartesiano, llegan a ser fácilmente aparentes cuando producen las curvas que interceptan en un punto (r, θ) común. La transformada se implementa por la cuantificación de los parámetros espaciales en intervalos finitos o celdas acumuladoras, cuando corre el algoritmo, cada (x_i, y_i) , se transforma en una curva discreta (r, θ) , incrementando el acumulador de celdas. Produciendo picos en el matriz del acumulador que muestran de forma evidente la existencia de la correspondiente línea recta en la imagen.

Estructura de un código de barras EAN-13

Este código está constituido por 13 dígitos. El último es un checksum obtenido a partir de los otros 12.



Para determinar el código bajo el que se escribirán los 13 dígitos de que consta, se utiliza el módulo como unidad básica de representación y corresponde a la mínima anchura que puede tener una barra ($h1i$) o un espacio ($h0i$). De esta forma la codificación $h00i$ hace referencia a un espacio de módulo 3, mientras que la codificación $h11i$ se refiere a una barra de módulo 2. Además, cada código tiene siempre tres separadores (ver Figura), que son los mismos para todos los códigos EAN13, y que indican donde comienza el código (separador izquierdo o de inicio), donde termina (separador derecho o de fin) y cuál es su centro (separador central). Los separadores derecho e izquierdo son siempre (101) mientras que el separador central es (01010). Estos valores permiten al escáner que lee las barras determinar la anchura utilizada por cada módulo del código, lo que posibilita que un mismo escáner sea capaz de leer códigos de barras de diferentes tamaños. Las barras de dichos separadores son ligeramente más largas que las restantes del código.

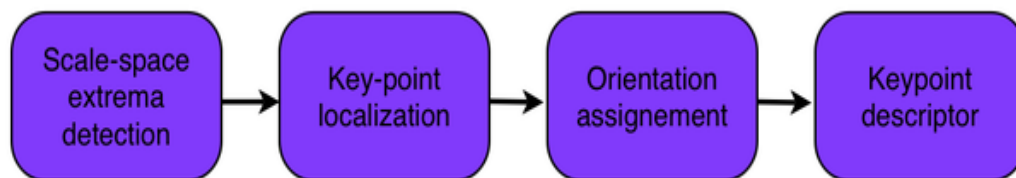
La anchura de un código EAN-13 completo viene dada por 59 áreas negras y blancas ($3 + 6 * 4 + 5 + 6 * 4 + 3$) consistente en 95 módulos ($3 + 6 * 7 + 5 + 6 * 7 + 3$).

Se utilizan 2 alfabetos para codificar un dígito, el alfabeto par o impar, los últimos 12 dígitos se codifican con estos 2 alfabetos, el primer dígito, viene determinado por el alfabeto que se ha utilizado para codificar los 6 primeros dígitos.

Sistemas basados en visión por ordenador

Si bien estos sistemas todavía son sólo una apuesta de futuro, este trabajo no puede dejar de analizarlos ya que son una clara tendencia.

Estos sistemas se apoyan en algoritmos como SIFT (scale-invariant feature transform). Son métodos que permiten extraer información útil en la identificación de objetos en una imagen sin importar el tamaño o la orientación de la misma. Esta información denominada puntos clave o características (key-point or features) encapsulan las propiedades geométricas más destacadas de una imagen, concretamente las esquinas y los bordes. Los key-points le dan a SIFT independencia a las variaciones en el tamaño, orientación, iluminación e incluso del bloqueo del objeto parcial en la imagen.



En comparación con otros descriptores locales, SIFT se jacta de ser el de mayor precisión, robustez y capacidad descriptiva.

Los resultados demuestran que el algoritmo de visión identifica con éxito objetos de tres dimensiones aunque bajo condiciones controladas. El éxito en la identificación, es muy dependiente del número de plantillas que se tengan del objeto a identificar. Para identificar un objeto orientado en cualquier posición se requieren un gran número de plantillas. Por el contrario, al aumentar el número de plantillas, se puede enlentecer el algoritmo. La resolución de la imagen, puede convertirse también en una limitación. Esto limita el número de características visibles de un objeto cuando no está suficientemente cerca de la cámara.

Las capacidades futuras del sistema pasan por las escalabilidad. Un área que puede no ser fácilmente escalable es el procesamiento de imágenes. El algoritmo de procesamiento de imágenes escanea la base de datos de imágenes completa y trata de buscar coincidencia de "features" utilizando SIFT, esta aproximación es factible con una modesta base de datos. El tamaño de la base de datos crecería enormemente si el ámbito de aplicación del sistema fuese general en vez de restringido.

Por último en [5] se hace una evaluación de un descriptor de compresión de puntos clave (Keypoints) usando para ello un hashing espectral y casándolo mediante distancia Hamming, indexando los keypoints en un árbol binario, por lo que se podrá

rápidamente reconocer puntos claves con una pequeña base de datos e insertar nuevos.

El método permite el reconocimiento rápido de puntos clave y la recuperación de imágenes con poco tamaño de código y apunta hacia aplicaciones potenciales para visualización escalable SLAM en teléfonos móviles.

Análisis de situación

En [9] se propone un método robusto mediante el análisis conjunto de la textura y de la forma del código de barras. Como proceso de análisis de imágenes, la detección de códigos de barras es una tarea más sencilla que la detección de los bordes de una imagen, ya que éstas son barras paralelas y tanto su anchura como la de los huecos entre ellas, son múltiplos de la unidad del módulo de anchura de la barra. El proceso se lleva a cabo en dos fases, en una primera fase con una muestra de la imagen a baja resolución, se estima la orientación principal de la dirección de los bordes, la cual es similar a los bordes de un histograma.

La característica más distintiva de un código de barras es la información de su textura. Contraste, grosor y direccionalidad, son los tres principales descriptores estadísticos de la textura. La obtención de la orientación principal del código se lleva a cabo en 4 pasos: a) pre-procesamiento de la imagen (eliminación de sombras). b) filtrado direccional (a 0, 45, 90 y 135°) para obtener la información del gradiente de la imagen, generación de los gradientes binarios mediante segmentación iterativa. c) aplicación del operador de imágenes abierto, en el caso de fondos complejos, los resultados de la segmentación todavía contienen muchos bordes aislados con similar orientación. Sólo los códigos de barras tienen una fuerte continuidad y coherencia a ciertas orientaciones, la utilización conjunta del operador abierto de imágenes y los filtros de orientación, permiten eliminar el ruido de fondo en la imagen. d) Estimación de la orientación principal. En este punto, se estima la orientación principal comparando las 4 imágenes previamente obtenidas, y contando el número de bordes en cada dirección, la orientación principal del código es aquella que tiene un número mayor de bordes.

Captura del área, se llevan a cabo 2 pasos: 1) cálculo del ángulo a partir de los bordes y 2) proyecciones sobre el eje del código y de la barra.

En un segundo paso, una vez que se ha determinado la orientación principal, se toma el área en un proceso en 2 pasos: a) cálculo preciso de la orientación (ángulo) a partir de los bordes y b) obtención de la proyección a lo largo del eje del código y de las barras respectivamente.

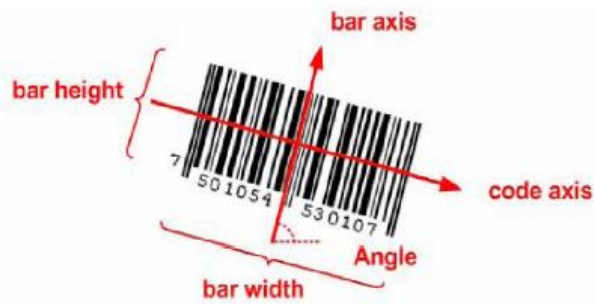


Figura 5: Análisis de las características del código de barras

Posteriormente y en alta resolución, se efectúa un pre-procesamiento de la imagen, consistente en la regularización del replanteo de código de barras, la búsqueda de partes efectivas y la eliminación de reflejos, antes de la decodificación.

A pesar de su robustez, se desestima este método por requerir posicionar el código de barras a 15 cm enfrente de la cámara, tarea compleja para nuestros usuarios objetivos sin la ayuda del sistema.

En [8] se propone un algoritmo para la localización de códigos de barras, basado en el análisis de imágenes y en la clasificación jerárquica de sus características. Este algoritmo permite localizar códigos de barras incluso con algunas barras parcialmente emborronadas u otro tipo de defectos en la calidad de la imagen.

El método comienza con un análisis de la calidad del código de barras mediante la descripción de un conjunto omnidireccional de líneas de escaneo, denominadas Conjunto de Líneas Activas (ASL). En función del ASL, se define una matriz de señales de similitud, llamada Medida de similitud o parecido al código de barras. En función del resultado de esta medida, se selecciona una determinada serie de métodos que permiten identificar el código de barras.

Sin embargo en la actualidad se debe descartar este algoritmo, no por su robustez sino por los recursos que necesita, ya que requiere la utilización de: cámaras de altas prestaciones y hardware con grandes capacidades de cómputo, apropiado para grandes sistemas automáticos de control de stock o gestión de almacenes, pero inapropiado para los usuarios a los que va dirigido nuestro proyecto, tanto por coste como por ser poco portable.

Una solución a destacar, que proponen los algoritmos más interesantes vistos hasta ahora, es la división del proceso en dos etapas: una primera fase de búsqueda del código de barras en la imagen, en el cual se lleva a cabo un análisis de la región mediante el uso de una muestra de la imagen (a baja resolución), seguido de una fase de decodificación en alta resolución utilizando la imagen original.

Propuesta de solución

Una vez analizadas tanto las variables a considerar como los requisitos establecidos se plantea una solución en dos fases o etapas:

Localización del producto en el lineal

La solución propuesta para esta fase, se basa en la utilización de la tecnología NFC, que permite la lectura de etiquetas RFID identificativas de los distintos productos situadas en el frontal del lineal. Por tanto, para la implantación del sistema, se hace necesario incorporar una etiqueta RFID por cada tipo de producto y posición donde se desee situar el mismo.

En esta fase, se tratará de orientar al usuario, una vez el sistema le ha guiado hasta posicionarlo enfrente del lineal donde se encuentra el producto a adquirir. Es a partir de este instante, cuando realmente se inicia la intervención del presente módulo, el cual deberá, partiendo de la información disponible en el sistema:

- Plano con las coordenadas disponibles del recinto, donde se detallan todas y cada una de las posiciones susceptibles de albergar algún producto, vendrá definido por tres coordenadas “x, y, z”, se ha de tener en cuenta que éstas son únicas para cada posible ubicación
- Listado de productos. Se deberá considerar que un mismo producto puede estar localizado en distintos lugares, por lo que podrá tener varias coordenadas asociadas

Indicar al usuario, mediante el uso de instrucciones verbales y basadas en técnicas del tacto, la posición en el lineal coordenadas “x, y” y el nivel (estante / balda) (coordenada “z”) al que deberá de acercarse su terminal móvil para permitir la lectura de la etiqueta RFID pasiva, situada en el frontal del estante del lineal sobre el cual se encuentra el producto objetivo.

El terminal leerá la etiqueta correspondiente, pudiendo presentarse dos casuísticas:

- a) La etiqueta leída se corresponde con el producto seleccionado. En tal caso, el sistema, mediante instrucciones verbales, se lo indicará al usuario, quien una vez haya cogido el producto seleccionado, hará una llamada al subsistema de identificación del producto
- b) La etiqueta leída no se corresponde con el producto seleccionado. En cuyo caso el sistema calculará la distancia desde la etiqueta leída hasta el producto seleccionado. Si el producto se encuentra en el mismo lineal, se indicará este hecho al usuario, dándole a continuación las instrucciones necesarias para poder llegar hasta su correspondiente etiqueta. En caso de no encontrarse cerca, el módulo de localización efectuará una llamada al módulo de enrutamiento y éste realizará los ajustes correspondientes para que el proceso comience de nuevo tomando como referencia la posición obtenida con la lectura de la última etiqueta RFID

Identificación del producto seleccionado

Para el desarrollo de esta segunda fase, el sistema se apoyará en la lectura de los códigos de barra que actualmente incorporan todos los productos que se comercializan en Europa.

Esta fase permitirá al usuario verificar que el producto que tiene es su poder, es realmente el producto que desea adquirir. Para ello este módulo de identificación se dividirá en 4 subsistemas:

1. **Módulo de detección del código de barras**, será el encargado de buscar evidencias de posibles códigos de barra dentro de la imagen del empaquetado del producto seleccionado y en manos del usuario
2. **Interfaz de direccionamiento**, la misión de esta interfaz, será la de guiar al usuario hacia la imagen para un mejor enfoque de ésta y por tanto del código con la cámara. Para llevar a cabo esta tarea, se propone la utilización del algoritmo desarrollado en [4] – el cual se basa en el cálculo del encuadre máximo que encierre el código detectado
3. **Módulo de decodificación del código de barras** Este módulo hará uso del algoritmo descrito en [10], para la decodificación de distintos tipos de códigos de barras en 1D, entre las que podemos destacar el EAN-13 por su amplia difusión en Europa y más concretamente en España
4. **Módulo de validación e Interfaz de comunicación (informativo)**. Comprobará la concordancia entre: el producto previamente seleccionado e introducido en el sistema, con la lectura de la etiqueta RFID mediante NFC al posicionar el terminal cerca del lineal sobre el que se encuentra situado el producto objetivo y con el código de barras leído en el propio producto. En caso de que el usuario decida llevar a cabo esta última validación. Opcionalmente y bajo petición del usuario, informará a éste de las características más destacadas del producto.

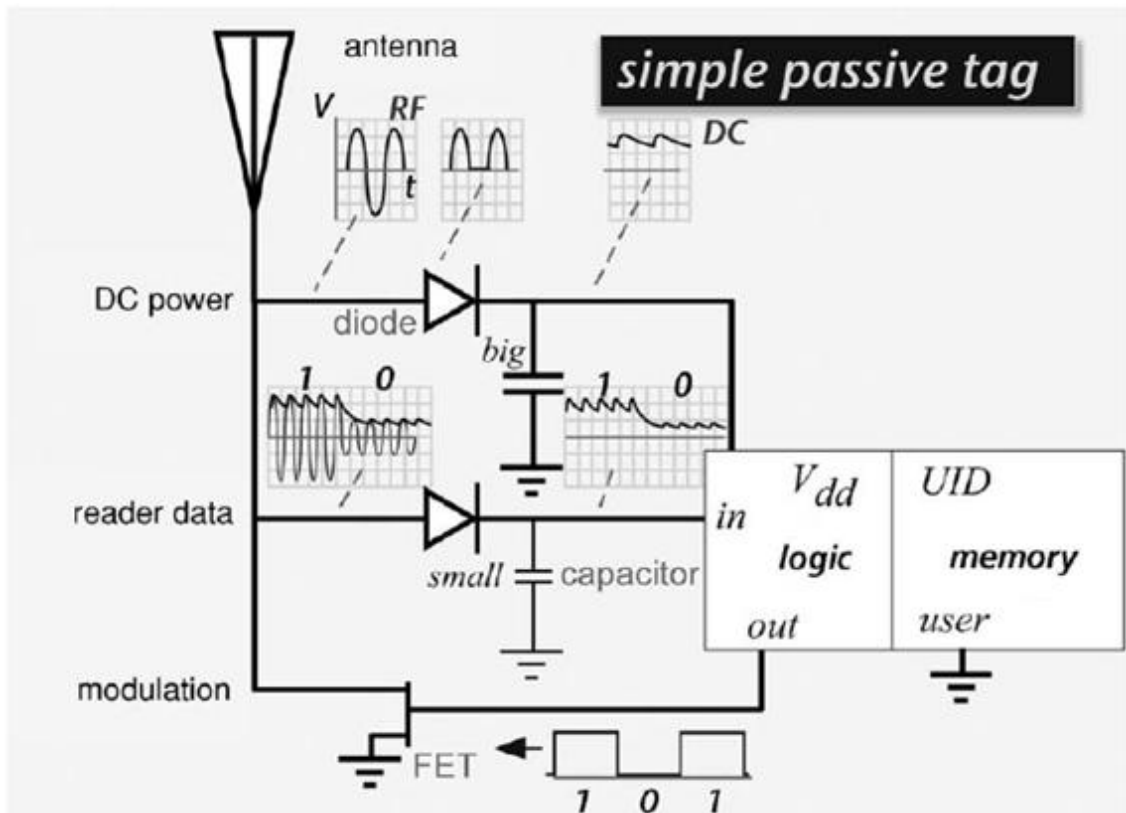
Arquitectura del sistema

Módulo para la localización del producto objetivo en el lineal

Una de las mayores limitaciones de las personas con discapacidades visuales es la incapacidad de localizar en un estante o lineal y de forma autónoma un producto previamente determinado.

El módulo de localización propuesto, se apoya en el uso de terminales móviles con lectores RFID, que soporten el uso de la tecnología NFC (combinación RFID sin contacto y tecnologías de interconexión de corto alcance de hasta 10 cm y un ratio de transferencia entre 106Kbps a 424 Kbps según el estándar ISO 18092) y etiquetas RFID pasivas (sin necesidad de alimentación externa) y de bajo coste tal y como se puede

ver en [2]. El sistema reconoce 2 tipos de etiquetas: “navi tags”, que contienen información de Identificación y navegación del producto objetivo, y “audio tags” que contienen mensajes de voz.



Para habilitar la descripción de Identificación de cada producto, se propone el uso de un meta lenguaje que pueda describir cualquier tipo de datos. XML (Extensible Markup Language) es el lenguaje más ampliamente utilizado cuando se requiere independencia de la plataforma de transferencia. Para comprimir los datos, debido a la limitación del tamaño de la memoria de las etiquetas RFID, se propone el uso del formato WAP Binary XML (WBXML).

Cada etiqueta RFID contiene los datos más representativos del producto: la posición, el nombre, el fabricante, una pequeña descripción, el tipo de empaquetado, el precio y la posición del código de barras en el producto. A continuación se muestra un ejemplo de la información contenida en una etiqueta RFID.

```
<?xml version="1.0"?>
<tag>
  <id>1000001</id>
  <pos>
    <posX>x</posX>
    <posY>y</posY>
    <posZ>z</posZ>
  </pos>
  <producto>
    <nombre>Maria</nombre>
    <marca>Fontaneda</marca>
    <descripcion>Galletas integrales</descripcion>
    <empaquetado>caja de carton</empaquetado>
    <precio>1,20</precio>
    <posCodigo>frontal-esquina inferior derecha</posCodigo>
  </producto>
</tag>
```

El intercambio de datos entre el terminal móvil y las etiquetas RFID se lleva a cabo mediante comunicación NFC en modo lectura/escritura. Cada registro para el intercambio de dato en NFC (NDEF) contiene una información válida de la trama descrita por un tipo, la longitud y un identificador opcional. Pudiendo utilizarse dos tipos de registro NDEF: en etiquetas de identificación (tipo MIME texto/XML) y etiqueta de mensajes (tipo MIME audio/amr).

El sistema está diseñado de tal forma que, estando activa la aplicación, tan pronto como el terminal se posiciona dentro del radio de acción de una etiqueta RFID, se procederá automáticamente a su lectura. La detección de la etiqueta se produce cuando el terminal entra en lo que podríamos llamar la zona de lectura de la etiqueta, constituida por aquella región donde la potencia absorbida por la etiqueta excede una sensibilidad determinada y que la activa. Limitando así el consumo de energía a únicamente aquellos instantes en que el usuario acerca el terminal a una etiqueta RFID, asegurando de este modo factibilidad de sistema.

Módulo/Método para la localización del código de barras en productos

Como se ha mencionado, existen una gran variedad de investigaciones y algoritmos que buscan códigos de barras en una imagen, unos se basan en la búsqueda de grupos de líneas con gradientes con una única orientación para la localización del código de barras, otros extraen regiones conectadas con una única textura, para llevar a cabo la búsqueda de códigos de barras en agrupaciones de zonas en 3-D. Otras propuestas utilizan métodos basados en la transformada de Hough [8] extraen la líneas del código de barra, asumiendo robustez frente a las variaciones de orientación y tamaño. El principal problema de todos estos métodos, es que tienen un consumo muy alto de tiempo y requieren de altas capacidades computacionales, necesitando por tanto un servidor externo para el procesamiento de imágenes.

Recientemente se han propuesto soluciones para la decodificación de códigos de barra mediante el uso de cámaras en teléfonos móviles, sin embargo, todas ellas están dirigidas a usuarios con capacidades visuales plenas, ya que necesitan que la cámara sea cuidadosamente alineada y centrada sobre el código a leer. En [1] se propone una solución basada en la hipótesis de que no son necesarias técnicas sofisticadas ya que se puede aumentar el rendimiento de técnicas simples y eficientes mediante el uso de interfaces que permitan una mayor interacción con el usuario.

Esta última aproximación es la seleccionada para el sistema propuesto, aunque estrictamente no cumple los requisitos exigidos a nuestro sistema; al recaer la responsabilidad del proceso completo, (enrutamiento, localización del usuario y del producto) únicamente en la lectura de códigos de barras localizados bien en las etiquetas puestas a tal efecto en los frontales del lineal, o bien en los propios productos, dificultando la tarea del usuario final además de requerirle una mayor intervención y consumo de tiempo, debido principalmente a la dificultad intrínseca que conlleva cada una de las lecturas necesarias.

La solución que se propone para este módulo, se sustenta en tres pilares básicos:

- El uso de información preliminar acerca de la localización del código de barras en el producto seleccionado
- Una interfaz de usuario basada en instrucciones verbales y fuertemente apoyada en el sentido del tacto (mediante vibraciones)
- Aplicación de algoritmos simples a la vez que eficientes para la localización y lectura de códigos de barra, desarrollados específicamente para usuarios con discapacidades visuales y apoyados en una interfaz de usuario que les permita una más fácil alineación de la cámara al código a localizar y decodificar
- Análisis de concordancia, dado que el usuario, tiene el producto seleccionado en el sistema y en la lectura de la etiqueta RFID, se realiza una doble validación del código de barras leído en el producto con los dos anteriores (preselección más etiqueta RFID)

Localización y captura de códigos de barra

Este proceso/algoritmo (apoyado en una fuerte interacción con el usuario) describe el mecanismo de obtención de una lectura válida del código de barras existente en los envases de los productos comercializados, haciendo uso de la **Interfaz de direccionamiento** que se describe a continuación:

Este subsistema, tiene como misión facilitar al usuario el enfoque del código de barras con la cámara de su terminal, guiándole a lo largo de todo el proceso hasta conseguir localizar y efectuar una lectura válida del código de barras identificativo del producto.

Una de las aportaciones más interesantes con respecto a los sistemas actuales, y que mayores beneficios proporcionará a los usuarios del sistema, es la inclusión en la estructura de datos de los productos a almacenar en el sistema, de la localización del código de barras en el empaquetado de éste. Esta información previa, junto con la formación inicial sobre el uso del sistema servirá al usuario de punto de partida es esta etapa del proceso.

Un aspecto que se debe tener en cuenta, es que para escanear un código de barras, la cámara deberá estar paralela a la superficie del producto donde se localiza el código de barras. Posteriormente alejar la cámara, las personas con discapacidades visuales, con frecuencia, desalinean la cámara con respecto a los ejes lateral (perpendicular al cuerpo de la cámara) y vertical (paralelo al cuerpo de la cámara) cuando la alejan, provocando distorsiones en la imagen del código de barras, que dan lugar a fallos en la decodificación.

El sistema, se sustenta en la implementación de un Módulo Interactivo de Alineación como el que se propone en [12], que permite minimizar la distorsión manteniendo el enfoque de la cámara con el código de barras.

El proceso de localización del código, arrancará con la pulsación por parte del usuario sobre la pantalla táctil de su terminal, una vez que el sistema ha leído el código RFID correspondiente al producto objetivo y el usuario tiene ya en su poder el producto a identificar. A continuación el sistema - mediante instrucciones verbales – indicará al usuario la posición en el embalaje o empaquetado donde se encuentra el código de barras a leer.

En el siguiente paso, se le guiará en la localización y enfoque del mismo con la cámara de su terminal móvil. El sistema captura la lectura del sensor de posición respecto a los planos lateral y vertical para futuras referencias. El usuario, entonces procederá a alejar la cámara de la superficie a capturar, a su vez el sistema irá tomando lecturas, cuando las siguientes lecturas varíen con respecto a las lecturas de referencia, considerando que la cámara pierde en algún momento su alineación, la interfaz emitirá una serie de señales (vibraciones) que permitirán su realineación, las señales persistirán hasta que la cámara vuelva a estar alineada. El usuario parará de alejar la cámara cuando considere que ésta se encuentra a unos 10 cm de la superficie.

Se puede establecer que una pequeña región consistente en líneas blancas y negras alternas constituye un código de barras. Cualquier algoritmo para localizar códigos de barras 1D se apoyará en la búsqueda de las características de los bordes de las líneas en la imagen, además se pueden destacar otras características como:

- Alternancia de frecuencias, definida como el número de transiciones de negro a blanco y blanco a negro a lo largo del eje x [1]
- Continuidad vertical, dada por la continuidad de las líneas negras y blancas a lo largo del eje y [1]
- Gradiente de las líneas [4]

Después de analizar los distintos algoritmos existentes en la actualidad se observa que no existe una solución única que cumpla con los requisitos establecidos al inicio del proyecto, especialmente por la limitación impuesta de utilizar un teléfono móvil, limitando con ello la calidad de la imagen y la capacidad de cómputo del sistema. Por lo que se decide la utilización de 2 algoritmos sencillos en cascada, en lugar de uno más complejo pero que requiere unas capacidades computacionales que hacen inviable su implantación en un Smartphone actual.

Se propone por tanto, la utilización secuencial de los dos algoritmos que se detallan a continuación, dada su simplicidad y facilidad de implementación. En primer lugar se propone la utilización de un algoritmo realmente simple y con una alta efectividad [1] basado en la alternancia de frecuencias y continuidad vertical, y sólo en el caso de que se sobrepase un límite temporal establecido, el sistema pasará a la utilización del segundo [4], el cual incorpora una tercera característica a analizar; el gradiente direccional, para con ello asegurar la captura del código a leer.

A continuación se detallan ambos algoritmos:

[1] Captura y lectura del código de barras mediante la utilización de las características de alternancia de frecuencias y continuidad vertical

En primer paso para la localización del código de barras en el producto seleccionado por el usuario, una vez se ha capturado una imagen del mismo, consistirá en la aplicación de un filtro para la detección de líneas, propuesto en [11], que convoluciona el kernel de la figura 8, el cual a su vez se inspira en el kernel utilizado para la detección de líneas verticales basado en la matriz de 3 x 3 descrita en los preliminares del presente artículo, extendido experimentalmente a una matriz de 13 x 3 haciéndolo menos sensible al ruido en la imagen.

-1	2	-1
-2	4	-2
-3	6	-3
-4	8	-4
-5	10	-5
-6	12	-6
-7	14	-7
-6	12	-6
-5	10	-5
-4	8	-4
-3	6	-3
-2	4	-2
-1	2	-1

Figura 8. Kernel (mascara) del filtro de detección de líneas.

Dada una matriz de m x n, el filtro se generará a partir de la siguiente fórmula:

$$F[i][j] = \begin{cases} \frac{(m+1) - |i|}{2} \times \frac{n^2 - 1}{4} & \text{if } j = 0 \\ \frac{-(m+1) - |i|}{2} \times \frac{(n+1) - |j|}{2} & \text{if } j \neq 0 \end{cases}$$

Donde: $-m/2 \leq i \leq m/2$ y $-n/2 \leq j \leq n/2$

Puesto que las líneas del código de barras pasan a través de este filtro junto con otras líneas verticales generadas por gráficos y textos que pueden estar presentes en la imagen, se buscará la imagen filtrada en una trama patrón con dos líneas de un pixel de anchura para aislar áreas con una mayor alternancia de frecuencias y una mayor continuidad vertical. Se lleva a cabo un rápido análisis del histograma en todos los pares de líneas con coeficientes suficientemente altos de alternancia de frecuencias y de continuidad vertical. Después de obtener un pequeño conjunto de regiones candidatas, cada región candidata se mapea con la imagen original.

[4] Captura y lectura del código de barras mediante la utilización de gradiente direccional

El área del código de barras en la imagen, varía con la distancia entre el código de barras y la cámara. Si la cámara esta cerca al código de barras, la región ocupada por éste, es grande lo que facilita la etapa de decodificación. Sin embargo, si la cámara se mantiene lejos del código de barras, la región de la imagen ocupada es pequeña lo que puede originar que otros componentes, como texto o gráficos situados en la región del código, puedan producir fallos en la detección. Localizar y segmentar regiones donde puedan existir códigos de barras, antes de la fase de decodificación, aumenta las probabilidades en la fase de decodificación.

Como se establece en [4] una característica importante de una zona de un código de barras es que, entre los píxeles donde el gradiente de la imagen es significativamente mayor que cero, los píxeles cercanos en la zona tienen un gradiente direccional que están también alineados (correspondientes a bordes de la misma polaridad) o contra alineados (correspondiente a bordes de polaridad opuesta).

El primer paso para la localización consiste en calcular el gradiente de la imagen a lo largo de toda la imagen, y en todos los puntos donde el gradiente es mayor que un límite establecido (al cual nos referimos como el límite del pixel) se calculará el gradiente direccional como un ángulo entre 0 y 2π . Posteriormente se escaneará la imagen en las cuatro orientaciones: horizontal, vertical, y las dos diagonales ($\pm 45^\circ$).

Suponiendo que se toma la orientación horizontal primero, se lleva a cabo un escaneo por turnos (de arriba abajo y de izquierda a derecha dentro de cada fila), se buscarán los límites de los píxeles cuya orientación es consistente con barras verticales. Para cada límite de pixel, se busca uno cercano que encaje con la polaridad contraria. Una vez que se han localizado un número suficiente de píxeles cercanos a un segmento de una línea, se salva este segmento para el siguiente paso que consistirá en efectuar un barrido de las líneas en sentido perpendicular al anterior. Si se encuentran segmentos de líneas con similar principio y final, se salva este área como candidata a posible código de barras y se pasa al siguiente punto donde se buscará eliminar falsos positivos que puedan aparecer, como alta densidad de texto cuando se mira desde la distancia.

Se realiza un histograma del gradiente de los ángulos, el cual estaba cuantificado en 16 intervalos pasándolo a 8 mediante la combinación de aquellos píxeles cuya dirección está separada 180° . Posteriormente se calcula la entropía de la distribución resultante

y se compara con un límite máximo. Puesto que se espera que un código de barras tenga líneas con una única orientación, se debe esperar un valor de entropía bajo. Este paso elimina falsos positivos - como texto - procedentes de etapas previas, el cual suele tener distintas orientaciones. Además al dirigir a usuario en el proceso del enfoque, se conseguirá aumentar la precisión en el proceso de localización.

Una vez localizado y capturado el código, el paso siguiente será la **Decodificación del código de barras**.

Como ya se ha comentado, aunque imágenes en baja resolución son suficientes para la fase de localización del código de barras, permitiendo de esta forma además, una mayor velocidad en el proceso, no resultan adecuadas para la fase de decodificación del código de barras, por lo que deberemos volver a la imagen original, obtenida con una mayor resolución.

Para esta tarea, existen soluciones como ZXing [13], una librería de código abierto para la decodificación de distintos tipos de códigos de barras de 1D y 2D, no obstante se opta por la solución desarrollada en [10] donde se presenta un algoritmo robusto específico para la decodificación de los códigos de barra de 1-D UPC-A, EAN-13 e ISBN-13 en teléfonos móviles. Este algoritmo usa un método de análisis y reconocimiento de patrones de imágenes, apoyándose en los conocimientos sobre la estructura y apariencia de un código de barras de 1-D. Dada la potencia de computación y la calidad de las cámaras de los teléfonos móviles actuales, este algoritmo ofrece rapidez y robustez frente a las distorsiones típicas en imágenes.

La detección de los límites comienza en el centro de la línea de escaneo, donde encuentre el primer pixel negro. Desde este punto de partida, se van sucesivamente añadiendo espacios y barras a izquierda y derecha. Recordando el tamaño de las barras añadidas, se puede determinar los candidatos a separadores.

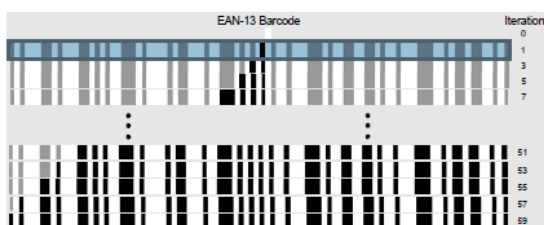


Figure 2. Barcode bounds detection.

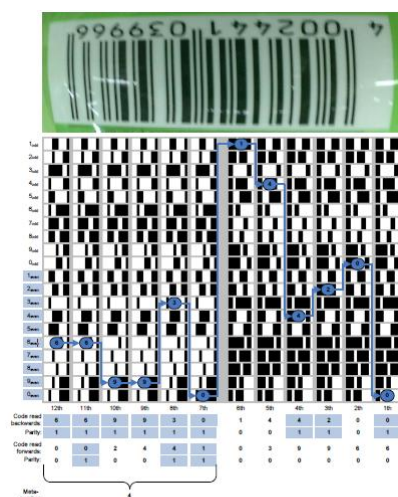


Figure 3. Code hypothesis as path.

Las barras y espacios encontrados en el paso anterior, se deben clasificar como dígitos, como cada dígito se codifica por 4 áreas negras y blancas, se representa el patrón en 4

tuplas, basándose en la distancia cuadrática para obtener la similitud con el patrón correspondiente. En el último paso, se busca el código con mayor similitud.

Formación del usuario

Los usuarios recibirán una formación previa que incluirá:

Utilización de software de localización e identificación de productos

Búsqueda de códigos de barra, donde se les informará de una serie de trucos útiles acerca de la localización del código de barras en función de la forma y el tipo de embalaje o empaquetado:

- Paquetes de forma poliédrica: normalmente el código de barras se encontrará en la base del mismo o en una de las esquinas inferiores.
- Envases cilíndricos tipo latas y similares, si existe distinción entre la parte superior y la base, por ejemplo: la lengüeta de apertura, normalmente el código de barras se encontrará en la base de no existir diferencia entre ambas partes, podría estar en cualquiera de ellas.
- Bolsas y similares: la posición habitual para la colocación del código de barras en la esquina inferior derecha.

Significado de las distintas instrucciones verbales y/o mediante técnicas del tacto (vibraciones) que faciliten al usuario tanto el manejo del software del sistema, como el proceso de enfoque de la cámara, hasta poder obtener una lectura válida del código de barras (la estructura de datos de la base de datos de productos, deberá incluir la localización del código de barras).

Conclusiones

En este trabajo se ha desarrollado un sistema basado en terminales móviles que permite a las personas con deficiencias visuales la localización e identificación de objetos previamente seleccionados, en estantes o lineales, este sistema muestra una alternativa real, simple, asequible y no intrusiva a los sistemas actuales, focalizada en las preferencias de los usuarios con discapacidades visuales.

La aportación principal que ofrece este sistema es la combinación de las tecnologías NFC para la localización de productos en el lineal y la lectura de códigos de barra en la identificación de productos mediante un teléfono móvil. El uso de un dispositivo común como el teléfono móvil ayuda a eliminar la barrera tecnológica de entrada que presentan los productos específicos, evitando además la estigmatización del usuario.

Trabajos Futuros

Se debe destacar la aparición de una tecnología inalámbrica realmente prometedora, que sin duda marcará las futuras investigaciones que se realicen en este campo. La UWB (IR-UWB) RFID, basada RFID de ultra-ancho de banda, tecnología caracterizada por la implementación de su impulso radio, con una duración de los pulsos de transmisión de nanosegundos [15]. El empleo de esta tecnología permite:

- La resolución de los problemas de multipath
- Alta precisión en la localización basada en la estimación del el tiempo de llegada de la señal (time-of-arrival TOA)
- Bajo consumo de energía
- Capacidades extraordinariamente precisas de alineación y posicionamiento en a niveles de sub-metro
- Gran número de dispositivos operando y coexistiendo en pequeños entornos

Esto garantiza una mayor robustez y unas mejores prestaciones en futuros sistemas, aunque todavía queda por determinar los precios de comercialización de este nuevo tipo de etiquetas.

De otra parte, existe una clara tendencia a la utilización de sistemas basados en visión por ordenador, sin duda en un futuro no muy lejano, la solución completa a nuestra problemática, pasará por métodos de visión asistida, y es en la profundización en esta tecnología y en su aplicación en terminales móviles donde deben centrarse nuestros esfuerzos a medio plazo.

Como continuación a este proyecto, nos planteamos realizar una prueba de concepto, apoyada en un prototipo real que nos permita demostrar la validez de nuestra propuesta.

Bibliografía

[1] Kulyukin, V., and Kutiyawala, A. Eyes-Free Barcode Localization and Decoding for Visually Impaired K_K.odt, International Conference on Image Processing, Computer Vision, & Pattern Recognition IPCV 2010.

[2] Rosen Ivanov. Indoor navigation system for visually impaired International Conference on Computer Systems and Technologies 2010.

[3] Rong Chen, Li Peng, Yi Qin Supermarket Shopping Guide System based on Internet of things. Wireless Sensor Network, 2010. IET-WSN. IET International Conference

[4] Tekin, E. Coughlan, J. M. An Algorithm Enabling Blind Users to Find and Read Barcodes. Applications of Computer Vision (WACV), 2009 Workshop

- [5] Ventura, J. Höllerer, T. Fast and Scalable Keypoint Recognition and Image Retrieval using Binary Codes. Applications of Computer Vision (WACV), 2011 IEEE Workshop
- [6] Zhuang Er; Fei Yu Lian; Jin Gong Lian. An RFID-based Automatic Identification System on Modern Grain Logistics. Management of e-Commerce and e-Government, 2008. ICMECG.
- [7] Team Vision: Steve Caperna, Christopher Cheng, Junghee Cho, Victoria Fan, Avishkar Luthra, Brendan O’Leary, Jansen Sheng, Andrew Sun, Lee Stearns, Roni Tessler, Paul Wong, and Jimmy Yeh, A navigation and object location device for the blind. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements of the Gemstone Program University of Maryland, College Park. 2009
- [8] Lu Xiangju, Fan Guoliang, Wang Yunkuan. A Robust Barcode Reading Method Based on Image Analysis of a Hierarchical Feature Classification. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems Beijing, China. 2006.
- [9] Chunhui Zhang, Jian Wang, Shi Han, Mo Yi, Zhengyou Zhang. Automatic real time barcode localization in complex scenes 2006.
- [10] Steffen Wachenfeld, Sebastian Terlunen, Xiaoyi Jiang. Robust Recognition of 1-D Barcodes Using Camera Phones 2008 IEEE.
- [13] Vladimir Kulyukin and Aliasgar Kutiyawala Accessible Shopping Systems for Blind and Visually Impaired Individuals: Design Requirements and the State of the Art. The Open Rehabilitation Journal, 2010.
- [14] Robert Fisher, Simon Perkins, Ashley Walker, Erik Wolfart. Line detection HIPR. <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/linedet.htm>. 2004
- [15] Davide Dardari, Senior Member IEEE, Raffaele D’Errico, Member IEEE, Christophe Roblin, Alain Sibille, and Moe Z. Win, Ultrawide Bandwidth RFID: The Next Generation? Proceedings of the IEEE | Vol. 98, No. 9, September 2010.