

Sistema de conteo de pasajeros en el sistema Metrobús mediante procesamiento de imágenes

Trabajo Terminal No. 2010-0022

*Alumnos: Olvera Bernardino Xóchitl, Sánchez Castillo Ricardo,
Trejo Malpica Fabián, Valdez Hernández Francisco Javier.*

*Directores: M. en C. Martínez Díaz Juan Carlos, M. en C. Cervantes de Anda Ismael
Escuela Superior de Cómputo I.P.N. Mexico, D.F
Tel. 57-29-6000 ext. 52000 y 52021. E-mail: clarkyx31@hotmail.com,
ricardo_8990@hotmail.com, lord_fab1@hotmail.com, fcovalher@hotmail.com.*

Resumen: En este trabajo terminal se diseñará y desarrollará un prototipo que realice el conteo de usuarios que esperan, descienden del Metrobús, así como la cantidad de usuarios que se encuentran situados en los andenes de las estaciones. Por lo que se propone el empleo de cámaras de video instaladas en cada uno de las puertas de los andenes, para que mediante el procesamiento de las imágenes captadas por el video, se contabilice el número de pasajeros. Con el cálculo se tendrá la posibilidad de realizar de manera automática el correspondiente ajuste en las corridas de los autobuses del Metrobús, y de manera estadística se contará con la información histórica para realizar las programaciones futuras de las corridas de los autobuses.

Palabras clave –Academia de Ingeniería de Software, Procesamiento de Imágenes, Programación Visual, Visión por computadora.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población en los últimos 50 años se ha realizado de manera exponencial, por lo tanto, en la Ciudad de México este crecimiento se refleja directamente en la demanda de transporte, por tal motivo se buscan diferentes soluciones para hacer más eficiente el servicio de transporte público, es por ello que nuestro gobierno ha buscado soluciones a los ciudadanos para que puedan

transportarse de manera más económica, eficiente y rápida, como por ejemplo el transporte público.

Específicamente en el caso del Metrobús, en el D.F se tiene un sistema de transporte público de pasajeros, pero no cuenta con un sistema automatizado, que permita que el servicio sea 100% eficiente, ya que en los horarios pico el Metrobús tiene mucha demanda; es aquí donde se hace la propuesta de implementar un sistema de conteo de usuarios que desciendan, asciendan, como los usuarios que permanezcan en los andenes de las estaciones, y con esta información se cuente con la posibilidad de enviar corridas extras de autobuses de acuerdo con la normatividad establecida por el Metrobús.

El procesamiento de las imágenes se realizará por medio del sistema que se desarrollará, el cual contará con los algoritmos encargados de contabilizar a los usuarios.

Con esto lo que se pretende hacer es tener un estudio estadístico de cuantas personas requieren del servicio y en qué momento, para evitar la aglomeración de usuarios, y así en el sistema de despacho comunicarle a los conductores de los autobuses que a cierta hora tendrán que hacer sus corridas más rápidas o en caso contrario disminuir la velocidad de desplazamiento de los autobuses, de esta manera, con nuestro sistema se hará eficiente el servicio del Metrobús.

II. METODOLOGÍA

La metodología XP (Extreme Programming) es de tipo ágil ya que al no tener mucha experiencia en el desarrollo de software y solo una propuesta de proyecto, nuestros requisitos pueden cambiar y esta metodología nos proporciona mucho soporte para ello, también nos suministra posibles soluciones con respecto a los documentos en la planificación y desarrollo del software, un ciclo de vida y estándares de implementación [Figura 1].

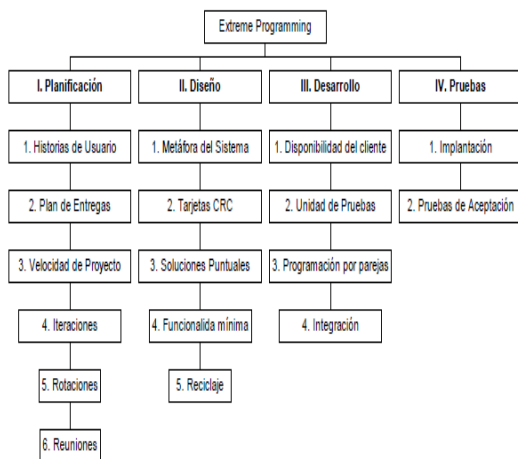


Figura 1. Fases de la metodología XP.

A continuación se muestran las fases que considera la metodología XP que desarrollaremos:

I. Planificación

- Planear y desarrollar la interpretación del problema como nos sugiere la metodología XP.
- Realizar entrevistas tanto a usuarios como a operadores del Metrobús.
- Investigación de la demanda del Metrobús en los diferentes horarios.

- Investigación y análisis acerca del procesamiento de imágenes e interfaz gráfica.

II. Diseño

- Desarrollar la estructura lógica del sistema.
- A través de métodos computacionales desarrollar una posible solución del problema.
- Elaboración de tarjetas CRC (Clase, Responsabilidad y Colaboración).

III. Desarrollo

- Desarrollar una aplicación que en conjunto a todas las características anteriores nos permita contabilizar a las personas.
- Introducir una interfaz que sea de fácil e intuitivo uso, que proporcione la información para cumplir con el objetivo del sistema.
- Integración de la interfaz gráfica con la cámara.
- Programación por parejas.

IV. Pruebas

- Implementar un prototipo del sistema con completa funcionalidad.
- Realizar pruebas finales.

Librería OpenCV.

OpenCV es una biblioteca de visión computacional de código abierto escrito en C y C++, que fue diseñada para eficiencia computacional y gran enfoque a aplicaciones en tiempo real.

Uno de los objetivos de la librería OpenCV es proveer una infraestructura de simple uso que ayude a construir rápidas y sofisticadas aplicaciones de visión computacional. Esta librería contiene más de 500 métodos que

abarcan muchas áreas de visión por computadora. Porque la visión por computadora y el aprendizaje computacional van de la mano, OpenCV contiene una librería completa de aprendizaje enfocada al reconocimiento de patrones y “clustering”.

Análisis de Algoritmo

Sustracción del fondo

El algoritmo utilizado es una técnica de sustracción de fondo adaptativo, este algoritmo descrito por primera vez en [1] en base a [2], está implementado en las librerías de OpenCV, basado en una regla de decisión Bayesiana, que clasifica elementos de fondo y objetos en movimiento, utilizando distintos vectores de características. El fondo estacionario se describe por el color, el fondo en movimiento se describe mediante la coocurrencia de color y los objetos se extraen fusionando los resultados de la clasificación del fondo estacionario y pixeles en movimiento.

El algoritmo consiste básicamente en cuatro partes: Detección de cambios, clasificación de cambios, segmentación de objetos, y aprendizaje del fondo. El diagrama a bloques del algoritmo se muestra en la **Figura 2**. En el primer paso, los pixeles en las imágenes son filtrados usando el fondo simple y diferencias temporales. Los cambios son separados en pixeles pertenecientes a objetos en movimiento o estacionarios dependiendo a los cambios entre frames. En el segundo paso, los pixeles son asociados a objetos fijos o móviles y se clasifican como fondo u objetos de primer plano de acuerdo a las estadísticas obtenidas de colores y coocurrencia de colores respectivamente, usando la regla de decisión de Bayes. En el tercer paso, los objetos de primer plano son segmentados al combinar los resultados de clasificación tanto de partes estacionarias

como de partes en movimiento. Por último, los modelos del fondo son actualizados. Mientras tanto, una imagen de fondo de referencia es mantenida para hacer la diferencia del fondo precisa y adaptable a los cambios de fondo.

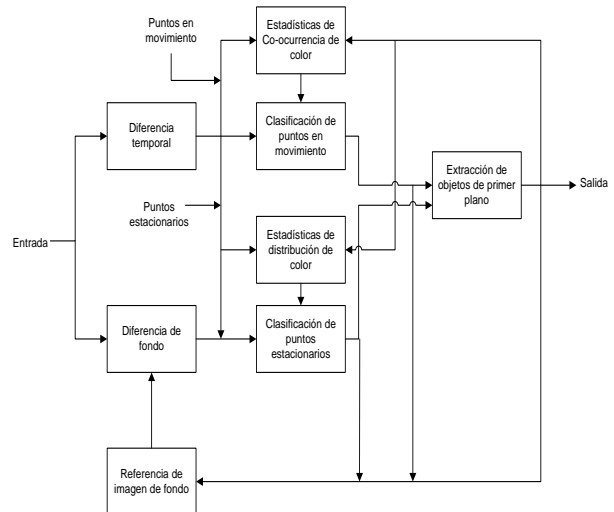


Figura 2. Algoritmo Sustracción de fondo.

Conversión de personas en círculos.

Ya que se tiene identificado lo que no es fondo, se tomaron en cuenta los siguientes dos parámetros para la correcta posición de los círculos:

Área: Se tomó en cuenta este parámetro ya que al estar dos personas reunidas sus contornos se unen.

Longitud: Al realizar las pruebas se descubrió que una persona tiene un rango de longitud, por lo que cuando dos contornos se unen se puede saber dónde colocar los círculos.

Cuando un objeto tiene un área mayor a 350 pixeles y una longitud menor a 135 pixeles, se toma el centro de ese objeto y se dibuja un círculo, cuando la longitud es mayor a 135 pixeles se estima que ese objeto son 2 personas, por lo que se realizan los siguientes pasos para obtener los puntos medios donde se dibujara el círculo:

1. Obtener la longitud del objeto, las coordenadas del centro y su ángulo

de inclinación tal y como muestra la Figura 3.

2. Por la ley de los senos y tomando un triángulo rectángulo como referencia obtener el tamaño de los catetos como en la Figura 4.
3. Sumar y restar según sea el caso, los valores de los catetos a las coordenadas del centro para obtener los puntos medios como en la Figura 5.

Con esto se garantiza que cuando un objeto que cumple con las características de ser dos personas, los círculos que se usarán para el seguimiento estén más cercanos a la realidad.

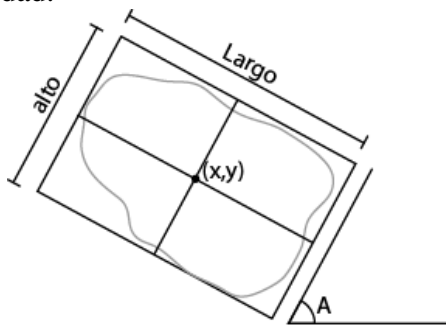


Figura 3 Obtener parámetros del objeto.

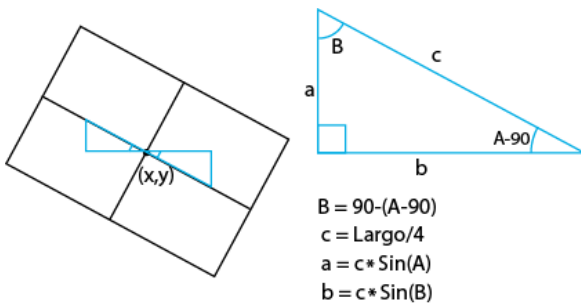


Figura 4 Aplicando la ley de los senos a un triángulo rectángulo.

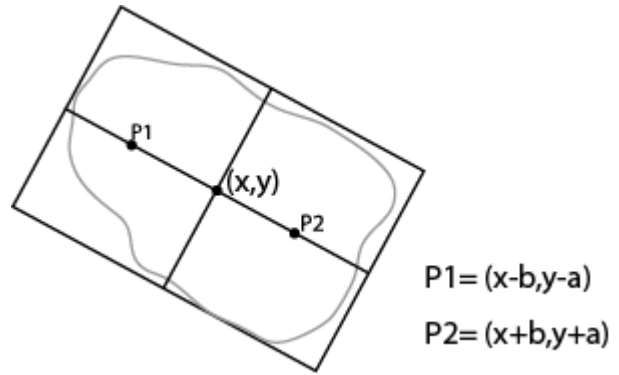


Figura 5 Obtener las coordenadas para los círculos.

Seguimiento de personas a través de círculos.

Para el seguimiento de personas se desarrolló un algoritmo en el cual se identifica cada círculo dibujado y se le asigna un número único de identificación, y un número dependiendo de su posición de origen. Después de esto se compara con los círculos de la siguiente imagen obtenida, si un círculo en esta imagen está a una distancia considerable y se sobrepone sobre un círculo que ya se tiene identificado, este nuevo círculo obtiene el número de identificación del anterior y así sucesivamente como se detalla a continuación.

Cada vez que se encuentre un círculo en una imagen se le asigna un número de identificación y dependiendo de su punto de origen, si es la sección del pasillo o de la entrada del autobús, se le asigna 1 y 2 respectivamente (Figura 6).



Secciones: ■ Entrada del autobús ■ Pasillo

Figura 6 Asignación de ID y secciones

Cada uno de los círculos es almacenado en una lista, se carga la siguiente imagen y se repite el proceso para cada círculo que se encuentre, después se comparan los píxeles de los círculos de la lista nueva con la anterior (Figura 7), en caso de que un círculo de la lista nueva colisione con uno de la lista anterior, su número de identificación y punto de origen pasan a ser los del círculo de la lista anterior. En caso de que un círculo nuevo se quede sin colisionar con alguno de la lista anterior significa que es un círculo nuevo y tendrá un identificador nuevo.

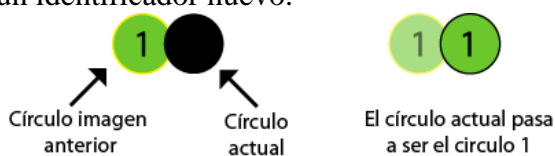


Figura 7 Colisión de círculos

Para detectar si una persona entro o salió del autobús se toma en cuenta que cada círculo identificado ya tiene un número de identificación y un punto de origen, por lo que si un círculo de la lista anterior no colisiona con uno de la imagen actual, se entiende, que esa persona desapareció de la visión de la cámara, así mismo, si una persona que tenía su punto de origen en la sección del pasillo y desaparece en la sección de la entrada del autobús se determina, que esa persona entro al autobús, así mismo si una persona que tenga su punto de origen en la sección de entrada del autobús desaparece en la sección de pasillo significa que salió del autobús

Definición de módulos del sistema

A continuación se describen las características de cada módulo de la aplicación:

Arquitectura del sistema

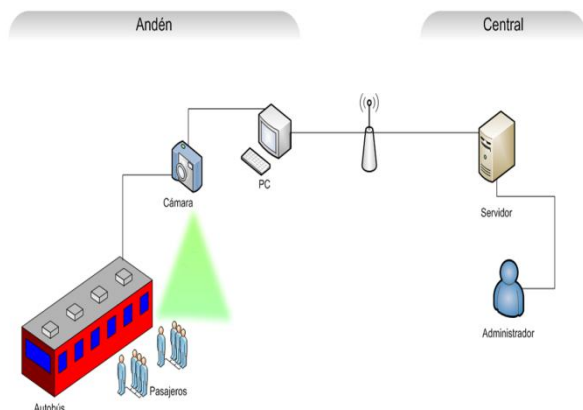


Figura 8. Arquitectura del sistema

Nuestra arquitectura tiene 2 módulos.

Módulo Andén: Este módulo cuenta con el autobús y las personas que abordan, esperan y que descienden, así como la toma de la imagen de la cámara, la cual será enviada a una computadora que estará situada en cada estación al recibir la imagen, será procesada con el algoritmo para guardar los datos en la PC y así enviarlos mediante una red privada que proporcionara otro trabajo terminal.

Módulo Central: al recibir los datos en el servidor del Metrobús, serán enviados a un sistema visual basado en consultas y gráficas, que el administrador podrá visualizar.

III. RESULTADOS

Durante la fase de pruebas se tomaron en cuenta tres parámetros principales:

- Falsos positivos
- Positivos falsos
- Personas identificadas y reales

La principal grafica se puede ver en la **Figura 9**, donde se muestran los usuarios identificados en rojo contra los reales en negro.

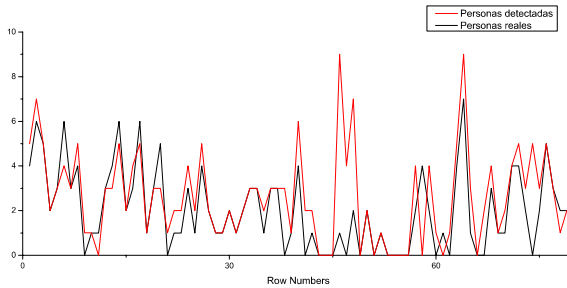


Figura 9. Gráfica de pruebas.

IV. CONCLUSIONES

El sistema tiene un gran porcentaje de efectividad cuando las circunstancias de luz tienden a ser ideales y disminuye cuando estas cambian abruptamente haciendo que los valores se alejen de lo real.

Aun así, sabemos que al contar con una cámara de mayor calidad que ayude a eliminar las sombras, los cambios de luces y el ruido que se producen por el cambio extremo de iluminación, se podría hacer el seguimiento de las personas de manera más eficiente y tal vez de manera continua lo que aumentaría más la eficiencia del sistema.

Al ser un trabajo de investigación y de realización de prototipo se logró el objetivo, es posible implementar un sistema de conteo de pasajeros a través de procesamiento de imágenes, y se espera que la investigación sirva de apoyo para futuros proyectos relacionados con el procesamiento de imágenes.

V. RECONOCIMIENTOS

Los Autores agradecen a la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional por el apoyo recibido y las facilidades otorgadas para el desarrollo del presente trabajo terminal.

VI. REFERENCIAS

[1] Foreground object detection from videos containing complex background (2003)
Liyuan Li, Weimin Huang, Irene Y. H. Gu, Qi Tian

In MULTIMEDIA '03: Proceedings of the eleventh ACM international conference on Multimedia

[2] Thresholding for Change Detection (1998) by Paul L. Rosin

[3] Open CV Página Principal. Documentación [en línea]: **de la biblioteca.**

< <http://opencv.willowgarage.com/wiki/> >

[4] Marvin Image Processing Framework. Documentación [en línea]: **de los algoritmos.**

< <http://marvinproject.sourceforge.net/en/index.html> >

[5] Librería ImageLib para procesamiento de imágenes. Documentación [en línea]: **de la librería.**

< <http://www.dip.ee.uct.ac.za/~brendt/srcdist/> >

[6] CImg Library open source C++ toolkit for image processing. Documentación [en línea]: **de las utilerías.**

< <http://cimg.sourceforge.net/index.shtml> >

[7] Herramientas de Procesamiento de Imágenes Digitales. Lista de opciones [en línea]: **para procesamiento de imágenes**

<

<http://alojamientos.us.es/gtocoma/pid/herramientas/herrPID.html> >

[8] Página principal a mathworks. Documentación [en línea]: **para matlab**

< <http://www.mathworks.com/> >

[9] Tienda virtual toda electrónica. Documentación [en línea]: sobre **cámara vigilancia**

< <http://todoelectronica.com/camara-vigilancia-seguridad-domo-color-alta-resolucion-leds-p-6841.html> >

[10] Microsoft Hardware especificaciones. Documentación [en línea]: cámaras LifeCam

< <http://www.microsoft.com/latam/hardware/digitalcommunication/ProductDetails.aspx?pid=001> >

[11] Axis Communication. Documentación [en línea]: **para cámara** de red AXIS 210

< http://www.axis.com/es/products/cam_210/ >

[12] Axis Communication. Documentación [en línea]: **para cámara** de red AXIS q1755e

< http://www.axis.com/es/products/cam_q1755e/ >

[13] Página principal del servicio Metrobús. Información [en línea]: **sobre el sistema Metrobús del D.F.**

< <http://www.metrobus.df.gob.mx/organizacion.html> >