



Universidad Rey Juan Carlos

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática

Departamento de Ciencias de la Computación

MÁSTER OFICIAL EN VISIÓN ARTIFICIAL

CURSO ACADÉMICO 2010/2011

**Detección de cambio de carril-bus en plataformas de
bajas prestaciones**

Trabajo Fin de Máster

— Autor —

David Fernández López

—Tutores—

Antonio Sanz Montemayor

Raúl Cabido Valladolid

6 de septiembre de 2011

Agradecimientos

La gente no suele hablar bien de las trilogías, pero esta película, como cualquier software, mejora con las versiones. Me gustaría darle las gracias a mucha gente pero el espacio es limitado.

- Gracias Noelia, una película no es nada sin la princesa que besa al sapo.
- Gracias a los productores por confiar en mí. Gracias Papá, gracias Mamá.
- Qué es una película de policías sin el binomio “poli bueno” - “poli malo”. Gracias Antonio, gracias Raúl.
- Gracias a mis amigos, una buena película sin público es un fracaso.
- Gracias a mis ayudantes de dirección. Gracias Colli, gracias Jesús.
- Gracias al resto del departamento, sin equipo no se llega a nada.
- Gracias a los malos de la película porque cuanto mejor es el malo mejor es la película.

Gracias a todos estrenamos película una vez más.

GRACIAS

Gracias a la Cátedra de Ecotransporte, Tecnología y Movilidad, así como a su directora Marisa Delgado Jalón

Resumen

En la ciudad de Madrid existe una red de carril-bus de 90,76 kilómetros de longitud. Este carril es de uso exclusivo para autobuses municipales, taxis y motos. La Empresa Municipal de Transportes cuenta con una flota de 2100 autobuses los cuales cubren 216 líneas. Estos autobuses utilizan la red de carril-bus para aumentar su eficiencia y disminuir el tiempo de espera de los pasajeros. Sin embargo, algunos vehículos privados ocupan este carril entorpeciendo la circulación de los autobuses.

La EMT cuenta con el “Servicio de Apoyo al Control de Estacionamiento” (SACE) formado por varios coches que operan cerca del carril-bus buscando vehículos que utilicen el carril-bus y sancionándolos. Sin embargo, este servicio no puede cubrir toda la red de carril-bus por lo que nace el proyecto BusVigia del que forma parte este trabajo.

En este trabajo se presenta un sistema capaz de detectar un cambio de carril utilizando sólo las imágenes recibidas de una cámara montada en el frontal del autobús. El sistema analiza el estado del autobús sobre el carril-bus mediante técnicas de visión artificial y utiliza métodos heurísticos para decidir si se ha producido un cambio de carril.

Para poder embarcar el sistema es necesario que funcione en tiempo real en los equipos existentes en los autobuses. Este equipo es un PC de bajas prestaciones basado en un procesador *Intel Atom*.

Los resultados experimentales muestran que el sistema tiene una tasa muy baja de falsos positivos aunque tasas de acierto mejorables.

Índice general

Agradecimientos	I
Resumen	III
1. Introducción	1
1.1. Detección de cambio de carril en la industria automovilística	1
1.2. Proyecto BusVigia	3
1.3. Plataforma de desarrollo y objetivo: Intel Atom Z530 y Z510	3
1.4. Técnicas de optimización utilizadas	5
1.4.1. Parametrización de Microsoft Visual Studio 2008	5
1.4.2. Intrinsics	6
1.4.3. Streaming Single Instruction Multiple Data (SIMD) Extensions 2 (SSE2)	6
1.4.4. <i>OpenMP</i>	6
1.4.5. Intel Array Building Blocks (Intel ArBB)	7
1.4.6. <i>Compute Unified Device Architecture</i> (CUDA)	7
2. Estado del arte	9
2.1. Detección de carril	9

2.2. Detección de cambio de carril	13
3. Objetivos	19
3.1. Objetivo principal	19
3.2. Objetivos operativos	19
4. Descripción algorítmica de las técnicas utilizadas	21
4.1. Segmentación basada en color	21
4.2. Umbralizado	23
4.2.1. Método de umbralizado Otsu	23
4.3. <i>Random Sample Consensus</i> (Consenso de muestreo aleatorio) (RanSaC) . .	24
5. Descripción Informática	27
5.1. Especificación de requisitos	27
5.1.1. Requisitos funcionales	27
5.1.2. Requisitos no funcionales	27
5.2. Detección de cambio de carril en tiempo real	28
5.3. Hipótesis heurística y método <i>naïve</i> para la detección de cambio de carril .	29
5.4. Enfoque basado en la fusión de información	30
5.4.1. Medidas utilizadas	31
5.5. Optimización paramétrica del compilador	33
5.6. Reducción del número de medidas para la mejora del rendimiento	34
5.6.1. Introducción de la medida “Umbralizado de Otsu mejorado”	34
5.7. Detección del delimitador de carril	36

5.8. Historial de imágenes para la detección de cambio de carril	39
5.8.1. Introducción de un umbral de distancia mínima entre posiciones . . .	40
6. Resultados Experimentales	41
6.1. Pruebas de calidad.	43
6.1.1. Experimento 1. Prueba del sistema utilizando solo la medida de umbral fijo.	44
6.1.2. Experimento 2. Prueba del sistema utilizando solo la medida Otsu mejorado.	44
6.1.3. Experimento 3. Prueba del sistema utilizando el método de fusión de información.	45
6.1.4. Experimento 4. Prueba sobre la secuencia de desarrollo con cada medida por separado.	46
6.1.5. Experimento 5. Prueba del sistema con dos medidas: umbral fijo y filtro de color.	47
6.1.6. Experimento 6. Prueba del sistema con dos medidas: Otsu mejorado y filtro de color.	47
6.1.7. Experimento 7. Prueba del sistema con dos medidas (umbral fijo y filtro de color) y RANSAC.	48
6.1.8. Experimento 8. Prueba del sistema con dos medidas (Otsu mejorado y filtro de color) y RANSAC.	49
6.1.9. Experimento 9. Prueba del sistema con dos medidas (umbral fijo y filtro de color) y RANSAC con estados.	49
6.1.10. Experimento 10. Prueba del sistema con dos medidas (Otsu mejorado y filtro de color) y RANSAC con estados.	50
6.2. Análisis de los resultados de calidad	53
6.3. Pruebas de rendimiento.	56

6.3.1. Experimento 11. Comparación del rendimiento individual de cada una de las medidas utilizadas en distintas plataformas.	56
6.3.2. Experimento 12. Comparación del rendimiento del método de fusión de información y del método con RANSAC y estados en distintas máquinas.	58
6.3.3. Experimento 13. Comparación del rendimiento del método de fusión de información y del método con RANSAC y estados tras la optimización en distintas máquinas.	58
7. Conclusiones y trabajos futuros	63
7.1. Conclusiones	63
7.2. Trabajos futuros	64
Bibliografía	68