

EXTRACCIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL MEDIANTE RESTRICCIONES DIFUSAS

Ramón Sangüesa i Solé (1), Beatriz López Ibáñez (2), David Riaño Ramos (3), Vicenç Torra i Reventós (4)

Departament d' Informàtica, Universitat Rovira i Virgili
Autovia de Salou s/n, 43006 TARRAGONA
e-mail:(1)sanguesa@lsi.upc.es, (2)bea@ceab.es, (3)fibels09@lsi.upc.es, (4)fibcls15@lsi.upc.es

RESUMEN: Se presenta un sistema que utiliza restricciones difusas para detectar la señalización horizontal en carreteras. Este sistema se compone de varios componentes: captación de imagen, filtrado y toma de decisiones. El filtrado se realiza sobre información inmediata y temporal a fin de etiquetar los objetos que aparecen en escena. Este etiquetaje permite ofrecer recomendaciones para la conducción. En el proceso la información que se utiliza es incierta y se presentan las funciones utilizadas para calcular los grados de certeza. Igualmente, el filtrado se realiza atendiendo a las restricciones que, en un entorno incierto han de cumplir las imágenes.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de ayuda a la conducción (SAC) de vehículos son herramientas útiles en aquellas situaciones en que se carece de capacidad de reacción, bien por que existe un exceso de información a tratar, bien por que se produzca una falta de atención por parte del conductor. Asimismo, en entornos industriales donde los vehículos pueden transportar mercancías peligrosas, resulta importante asegurar que el sistema de control de dichos vehículos tome decisiones a partir de información lo más fiable posible.

Un SAC basa sus decisiones en la información que, eventualmente, le proporciona un sistema de visión. Con frecuencia las mediciones en el entorno donde se desenvuelven los SAC son ruidosas, por lo que es necesario que entre el sistema de visión y el SAC exista otro subsistema que efectúe una función de filtrado para asegurar la fiabilidad de la información que se transmite al sistema de toma de decisiones.

En un estudio de los sistemas de filtrado convencionales se observa, en primer lugar, que éstos se basan en métodos matemáticos en los que resulta difícil o imposible formular ciertos conocimientos necesarios para llevar a cabo la interpretación de las imágenes. Además, aunque los resultados de los métodos matemáticos resulten muy precisos, esta misma precisión los convierte en frágiles ante la información ruidosa. Más aún, la precisión aportada puede resultar excesiva para la fase de interpretación.

En segundo lugar, en las tareas de filtrado y las de razonamiento el formalismo de expresión es distinto. Es decir, en un SAC hay que efectuar un razonamiento sobre la descripción obtenida del sistema de filtrado a fin de recomendar el curso de acción a seguir. Normalmente, los sistemas de ayuda a la decisión, utilizan lenguajes próximos a la lógica. Parece, pues, recomendable uniformizar los lenguajes del sistema de filtrado (matemático) y el de razonamiento (lógico). Puesto que, como ya se ha dicho, es difícil expresar ciertos conocimientos de filtrado de forma analítica, la uniformización ha de afectar a éstos.

Por último, es interesante remarcar el hecho de que las mediciones ruidosas con que trabajan los sistemas de filtrado obligan a tratar información incorrecta o imprecisa. Además, la exigencia de razonamiento en tiempo real introduce la necesidad de efectuar inferencias con conocimientos incompletos. Hay que trazar hipótesis sobre el contenido de la escena cuando aún no se dispone de toda la información necesaria para una confirmación plenamente segura. Estas características del problema aconsejan la adopción de métodos de razonamiento para efectuar la interpretación de la información obtenida por el sistema de visión.

Los sistemas de razonamiento aproximado se pueden entender como una formalización diseñada para evitar el problema de representar todos los estados posibles del entorno: se trata de razonar únicamente a partir de conocimientos parciales Ruspini(1990). Existen diversos métodos para llevar a cabo este tipo de inferencias: probabilistas, basados en lógica no monótona, basados en lógica difusa. Los problemas que conllevan los dos primeros tipos de métodos, en cuanto a complejidad de cálculo Bonissone(1988), aconsejan utilizar la lógica difusa para modelar el razonamiento en un entorno ruidoso, con imprecisión y donde el conocimiento es incompleto.

En este trabajo presentamos un sistema de filtrado en el que se hace uso de métodos de razonamiento basados en la lógica difusa. La escena se interpreta guiándose por restricciones que tienen validez inmediata (para la información que aporta una sola escena) y por otras que guían la revisión de hipótesis en presencia de nuevos conocimientos. El lenguaje de restricciones que se adopta se aleja de los lenguajes convencionales de satisfacción de restricciones Montanari(1984) para adecuarse a las exigencias del entorno. Así, las restricciones están expresadas en un lenguaje que admite grados de certeza y, por tanto, distintos niveles de cumplimiento de las restricciones.

El sistema de filtrado está incluido en el marco de un proyecto consistente en el diseño de un sistema de ayuda a la conducción en tiempo real que permita dar información al conductor sobre el estado de la carretera en la que circula y aconsejar, en determinadas condiciones, las maniobras a realizar. En la próxima sección describimos el proyecto con sus tres partes fundamentales: el sistema de visión, el sistema de filtrado y el sistema de toma de decisiones. A continuación, explicamos el sistema de filtrado (sección tercera) con sus tres etapas: filtraje espacial, filtraje temporal y etiquetaje. Cada una de las etapas son descritas en las secciones 4, 5 y 6 respectivamente. Finalmente, analizamos el trabajo realizado y presentamos las líneas de dirección de futuros trabajos.

2. MARCO DE TRABAJO

El diseño del sistema de ayuda a la conducción SAC consiste en los tres módulos siguientes (ver figura 1) donde aparecen (1) el sistema de visión, (2) el sistema de filtrado y (3) el sistema de toma de decisiones.

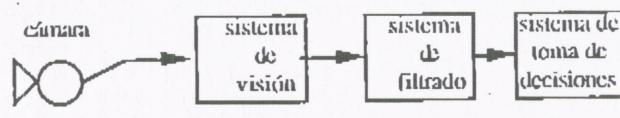


Figura 1: Componentes del sistema de ayuda a la conducción (SAC)

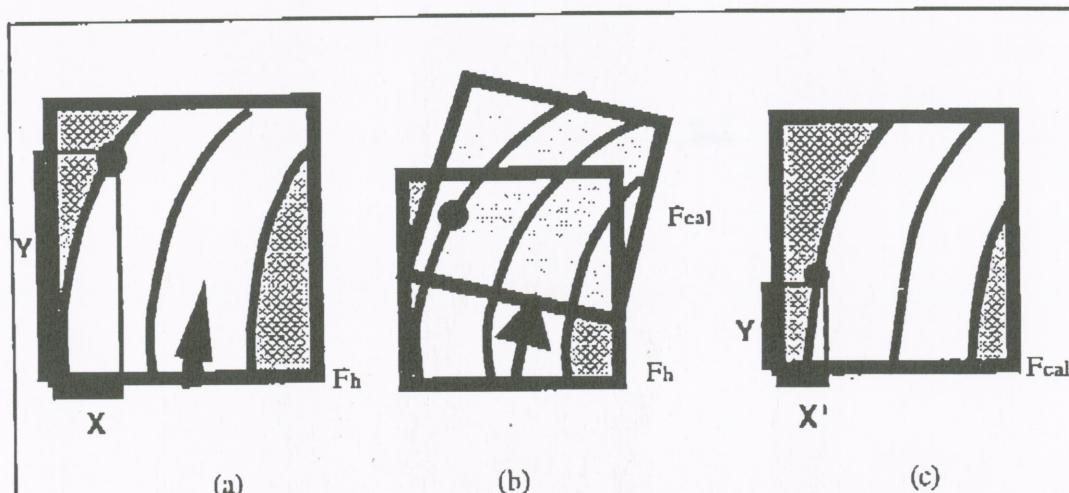


fig. 4: (a) Coordenadas de un punto (x, y) en un instante i en el fotograma F_h .
 (b) Predicción del movimiento entre el instante i (F_h) y el instante $i+1$ (F_{cal}).
 (c) Coordenadas del punto (x, y) en el fotograma esperado F_{cal} , instante $i+1$.

4.1. Verificación de las restricciones intrafranja

Los tres puntos de información de una franja han de satisfacer un conjunto de restricciones y, en caso de no cumplirse, se deben corregir. Las condiciones son las siguientes: (1) Ordenación de las coordenadas de los tres puntos: las coordenadas del punto izquierdo, central y derecho no deben cruzarse. En caso contrario, se reordenarán los puntos de manera adecuada. (2) Un punto extremo (derecho o izquierdo) no puede ser nunca caracterizado por dc ni por cd. (3) Un punto que no tenga coordenadas x, y , no será tenido en cuenta.

Después de verificar estas condiciones espaciales intrafranja en F_0 obtenemos un nuevo fotograma F_1 con, si se da el caso, las correcciones oportunas.

4.2. Verificación de las restricciones interfranja

Las restricciones interfranja nos permiten comprobar el estado de la información de cada punto en caso de tener información incompleta. Es decir, que falte información sobre alguno de los tres puntos esperados en una franja. Por ejemplo, nos puede venir información sobre el punto central y derecho de una franja, pero en realidad ser la información sobre los puntos de la línea izquierda y central.

Este tipo de situaciones no se pueden detectar con las restricciones intrafranja (las coordenadas x, y , por ejemplo, no se cruzan). La cuestión reside, entonces, en determinar a qué componente pertenece los puntos de información que el sistema de visión transmite.

La solución se encuentra consultando el fotograma esperado, F_{cal} , ya que con él podemos verificar las restricciones siguientes: (1) Si en F_{cal} se espera sólo dos puntos de información, entonces se hacen coincidir los puntos proporcionados en F_1 con las posiciones que F_{cal} indica. (2) En caso contrario, se hacen coincidir los puntos de F_1 con las posiciones de los puntos correspondientes en F_{cal} que muestren una desviación más pequeña.

Al realizar las verificaciones espaciales interfranja se obtiene una nueva descripción de la escena, en el fotograma F_2 , donde se satisfacen las restricciones.

5. FILTRADO TEMPORAL

El filtrado temporal consiste en la verificación de las restricciones inmediatas y las restricciones históricas (ver figura 6). Para verificar las restricciones históricas se necesita la escena (fotograma) que esperamos observar en el fotograma actual, es decir, F_{cal} .

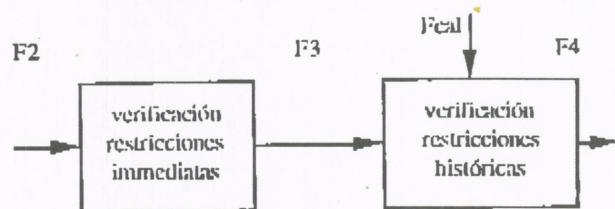


figura 6: Etapas del filtrado temporal

5.1. Verificación de las restricciones inmediatas

El filtrado interfranja consiste en asignar a cada punto del fotograma F_2 una distribución de posibilidad para cada posible tipo de línea obteniendo un nuevo fotograma F_3 . Así, para el punto del fotograma F_2 en la posición j de la franja i (p_{ij}) tendremos una distribución Π_{ij} en F_3 definida sobre CL_2 :

$$\Pi_{ij}: CL_2 \rightarrow [0,1]$$

Esta distribución tendrá, por tanto, seis valores de certeza representados en el vector $(\pi_{ij}(ec), \pi_{ij}(c), \pi_{ij}(dc), \pi_{ij}(cd), \pi_{ij}(d), \pi_{ij}(nul))$. Estos valores satisfarán la desigualdad

$$\pi_{ij}(x) \geq 0,1$$

por que hemos supuesto que tenemos una incertidumbre de 0,1 [Dubois y Prade 1992].

Para realizar el tratamiento posterior, se establece un orden total entre los elementos de CL_2 de acuerdo con la ~~repercusión que tiene el tipo de línea en el momento de decidir un adelantamiento~~. Así, una característica ec condiciona más que una característica d . La relación de orden entre las características es la siguiente:

$$ec \rightarrow c \rightarrow dc \rightarrow cd \rightarrow d \rightarrow nul$$

Al recibir el fotograma F_2 se asignará a cada punto p_{ij} una distribución de posibilidad Π_{ij}^0 de acuerdo con la ~~característica~~ observada. En la tabla 1 y en la figura 7 se presentan, numéricamente y gráficamente, las distribuciones de posibilidad Π_{ij} para cada característica x de CL_2 . Así, si la característica del punto p_{ij} en la posición j de la franja i en F_2 es continua-continua, tendremos que en el mismo punto de F_3 la distribución $\Pi_{ij}^0 = \Pi_{cc}$ que, por la definición de Π_{cc} , tomará los valores $(\pi_{ij}(ec)=1, \pi_{ij}(c)=0,25, \pi_{ij}(dc)=0,5, \pi_{ij}(cd)=0,25, \pi_{ij}(d)=0,1, \pi_{ij}(nul)=0,1)$.

El sistema de visión consta de una cámara situada en el interior de un automóvil que detecta la señalización de la carretera y sistema se detalla en (Montseny (1993)). El sistema de visión envía datos de la cámara y transmite al sistema de filtrado un análisis icónico basado en fotogramas. La información de cada fotograma está repartida en un número determinado de franjas dependiendo de la velocidad del vehículo¹ y por cada franja hay puntos de información. Cada punto lleva asociadas sus coordenadas y el tipo de señal u objeto detectados.

El sistema de filtrado se encarga de recoger la información enviada por el sistema de visión y de transmitírsela al sistema de toma de decisiones, realizando previamente un filtrado de los datos, dado a que las informaciones proporcionadas por el sistema de visión pueden ser ruidosas. En particular, a partir del análisis icónico, el sistema de filtrado aísla los componentes de la escena, y construye una descripción de lo que el conductor está observando, a un cierto grado de certeza. Los componentes que interesa seguir son: las dos líneas laterales que determinan los límites de vía, la línea central que la divide en dos, así como posibles objetos móviles (coches, camiones, motos, etc.) que aparezcan en vía, en un sentido u otro². A partir de las características que el sistema de visión ha detectado en los puntos verticalmente adyacentes entre franjas, el sistema de filtrado puede reconocer los componentes y etiquetarlos. El proceso de etiquetado consiste en decir de qué tipo es cada componente: línea continua, línea discontinua, etc.

Finalmente, el sistema de toma de decisiones razona sobre la nueva información y el resto de imágenes observadas más recientemente y, si es el caso, proporciona una recomendación al conductor (por ejemplo: no avanzar al automóvil de delante porque viene una curva sin visibilidad). Entre las posibles acciones están: adelantar, no adelantar, dejar de adelantar, reducir la velocidad, etc.

3.1. EL SISTEMA DE FILTRADO

El objetivo del sistema de filtrado es tomar el análisis icónico que proporciona el sistema de visión y dar la descripción de lo que se está observando, es decir del fotograma, con un cierto grado de fiabilidad. La razón, como se ha comentado en la introducción, es que el sistema de visión ha de procesar imágenes reales, y el procesamiento se ha de realizar muy rápidamente, por lo cual la información contenida en el análisis icónico estará sometida a un cierto nivel de ruido, y a menudo será incompleta.

En el sistema de filtrado distinguiremos tres etapas: filtrado espacial, filtrado temporal, y etiquetado (figura 2). En el filtrado espacial se verifican las restricciones intrafranja e interfranja con el fin de validar la información que nos llega sobre cada punto. En el filtrado temporal se tienen en cuenta las restricciones que han de satisfacer los puntos en referencia a la información obtenida en las escenas anteriores (restricciones históricas) y entre las franjas de una misma escena (restricciones inmediatas).

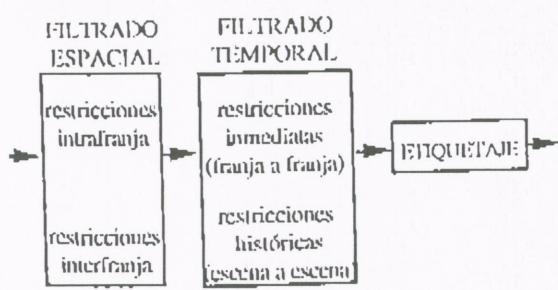


figura 2: Etapas del sistema de filtrado

Para realizar la verificación de restricciones es necesario, en primer lugar, calcular cuál es el fotograma que se espera recibir, en base a la información contenida en los fotogramas anteriores. También se hace necesario el traslado de las coordenadas de los puntos, que el sistema de visión proporciona en un sistema en el que el origen de coordenadas está situado en la posición que ocupa el automóvil. Sólo después de estos cálculos previos es posible comprobar si se satisfacen las restricciones.

3.1.1. Traslación de las coordenadas xy

El sistema de visión proporciona las coordenadas x e y medidas en pixels con el origen de referencia en el punto superior izquierdo del fotograma (figura 3a). La traslación consiste en pasar el origen a la parte inferior central (figura 3b), lugar donde se supone situado el vehículo.

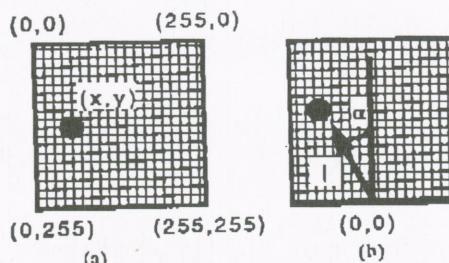


figura 3: Los dos sistemas de coordenadas

3.2. Determinación del fotograma esperado o histórico

El fotograma esperado F_{cal} se obtiene a partir del fotograma previo en F_0 , que denominaremos fotograma histórico F_h . Conociendo la velocidad del vehículo, podemos determinar el origen de coordenadas esperado para el fotograma siguiente en F_h , es decir, el fotograma actual F_0 (ver representación en figura 4).

A partir del nuevo origen de coordenadas, podemos determinar qué puntos de F_h esperamos encontrar en el próximo fotograma. Estos nuevos puntos quedan registrados en F_{cal} con sus nuevos valores de coordenadas. Algunos de los puntos cambian de franja, pero no de posición. Las características asociadas a los puntos permanecen inalteradas.

4. FILTRADO ESPACIAL

En principio, el sistema de visión proporciona tres puntos de información para cada franja: 1) información sobre la línea que delimita la carretera a la izquierda del conductor (punto izquierdo), 2) información sobre la línea central de la calzada (punto central) y 3) información sobre la línea que delimita la carretera a la derecha del conductor (punto derecho). Para cada punto de información se proporcionan: unas coordenadas del punto (x e y) y la característica de la línea en el punto. Esta característica toma valores en el conjunto de características de línea:

$$CL = \{cc, cd, dc, c, d, nul\}$$

donde cc significa doble línea continua, cd doble línea continua y discontinua (la más cercana al vehículo es discontinua), dc doble línea discontinua y continua, c continua, d discontinua y nul significa que no se ha detectado ninguna línea. Existe también la posibilidad de que no llegue ningún dato en un punto de información, lo cual nos dice que hay una línea no visible.

El filtrado espacial consiste en 1) verificar las restricciones intrafranja y 2) verificar las restricciones interfranja (ver figura 5).

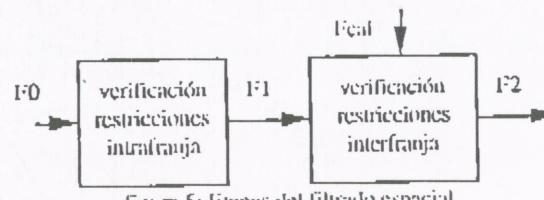


figura 5: Etapas del filtrado espacial

¹ A lo largo de este trabajo se ha supuesto que la velocidad del vehículo es constante, lo que facilita el filtrado al mantener siempre seis franjas por fotograma.

² En este trabajo no se consideran más objetos que los propios de la señalización.

Π_{cc}	Π_c	Π_{dc}	Π_{cd}	Π_d	Π_{nul}
1,00	0,75	0,50	0,10	0,10	0,10
0,75	1,00	0,75	0,25	0,25	0,10
0,50	0,75	1,00	0,50	0,50	0,25
0,25	0,50	0,50	1,00	0,75	0,50
0,10	0,25	0,25	0,75	1,00	0,75
0,10	0,10	0,10	0,50	0,75	1,00

Tabla 1

Una vez que tenemos la distribución de posibilidad para cada punto, se tratarán las restricciones temporales interfranja o inmediatas. Estas restricciones se basan en el hecho de que la información sobre la característica de un punto en una posición (izquierda, centro o derecha) de una franja si está estrechamente relacionada con la característica asociada al punto de la misma posición situado en la franja anterior f_{i-1} (más cercano del automóvil) y posterior f_{i+1} (más alejado). De esta manera, y una vez asignada una etiqueta Π^0_{ij} a todos los puntos del fotograma F_3 , se combinen las etiquetas de las franjas adyacentes, obteniendo una nueva distribución de posibilidad Π_{ij} . La función de combinación utilizada es la siguiente:

$$\forall i \in \{1, 2, \dots, F\}, j \in \{1, 2, 3\}$$

$$\pi_{ij}(x) = \begin{cases} S(T(\pi_{ij}^0(x), \pi_{i-1,j}^0(x)), T(\pi_{ij}^0(x), \pi_{i+1,j}^0(x))) & \text{si } 1 < i < F \\ S(T(\pi_{ij}^0(x), \pi_{i-1,j}^0(x)), \pi_{ij}^0(x)) & \text{si } i = F \\ S(\pi_{ij}^0(x), T(\pi_{ij}^0(x), \pi_{i+1,j}^0(x))) & \text{si } i = 1 \end{cases}$$

donde F es el número de franjas de cada fotograma (en nuestro caso $F=6$), T es una l -norma y S su respectiva l -conorma dual [Bonissone 86]. En particular:

$$\begin{aligned} S(x, y) &= \max(x, y) & S(x, y) &= x + y - xy \\ T(x, y) &= \min(x, y) & T(x, y) &= xy \end{aligned}$$

Para más detalle sobre las funciones de combinación ver Dubois(1993) y Bardosy (1993).

5.2. Verificación de las restricciones históricas

Finalmente procedemos a la modificación de los valores de las distribuciones de posibilidad asociadas a cada punto de F_3 de acuerdo con la predicción hecha a partir del fotograma histórico y

reflejada en F_{ca} , obteniendo un nuevo fotograma F_4 (ver figura 6.1)

Cada punto p_{ij} del fotograma resultante, F_4 , tiene como coordenadas las coordenadas en F_3 , y la distribución de posibilidad Π'_{ij} . Esta distribución es el resultado de combinar Π_{ij} de F_3 con la correspondiente de F_{ca} , Π^c_{ij} . La operación de combinación es la que se muestra a continuación:

$$\forall p_{ij}, i \in \{1, 2, \dots, F\}, j \in \{1, 2, 3\}, \forall x \in CL$$

$$\pi'_{ij}(x) = \frac{\min(\pi_{ij}(x), \pi^c_{ij}(x))}{\max_{z \in CL} \{\min(\pi_{ij}(z), \pi^c_{ij}(z))\}}$$

Es interesante observar que el fotograma resultado, F_4 , además de contener la información necesaria para el etiquetado, es el fotograma que llegará a ser el fotograma histórico cuando se trae el fotograma que el sistema de visión envíe después de F_0 .

6. ETIQUETADO

El objetivo final del filtrado es, como se ha detallado al principio, obtener una descripción simbólica de la escena para que el sistema de decisión pueda recomendar acciones al conductor. Esta descripción simbólica consiste en indicar cuáles son las características de los diferentes componentes de la escena. Por ejemplo, una descripción puede ser: "la línea izquierda por donde circula actualmente el vehículo es continua pero está cambiando a discontinua".

Para determinar la descripción final en primer lugar es necesario hacer una proyección de las distribuciones de posibilidad sobre el conjunto $C = \{\text{continua, discontinua}\}$.

$$\begin{aligned} \pi_{ij}(\text{continua}) &= \max(\pi'_{ij}(cc), \pi'_{ij}(c), \pi'_{ij}(dc)) \\ \pi_{ij}(\text{discontinua}) &= \max(\pi'_{ij}(cd), \pi'_{ij}(d), \pi'_{ij}(nul)) \end{aligned}$$

A continuación, para cada línea de la carretera, miraremos si la posibilidad de que sea continua (resp. discontinua) es mayor que la de que sea discontinua (resp. continua) en todas las franjas. Si es así, afirmaremos que la línea es continua (resp. discontinua).

Si por el contrario se observa que, en las primeras franjas, la posibilidad de que sea la línea continua es mayor (resp. menor) que la posibilidad de que sea discontinua y después se produce un cambio de sentido de la desigualdad, entonces se asume

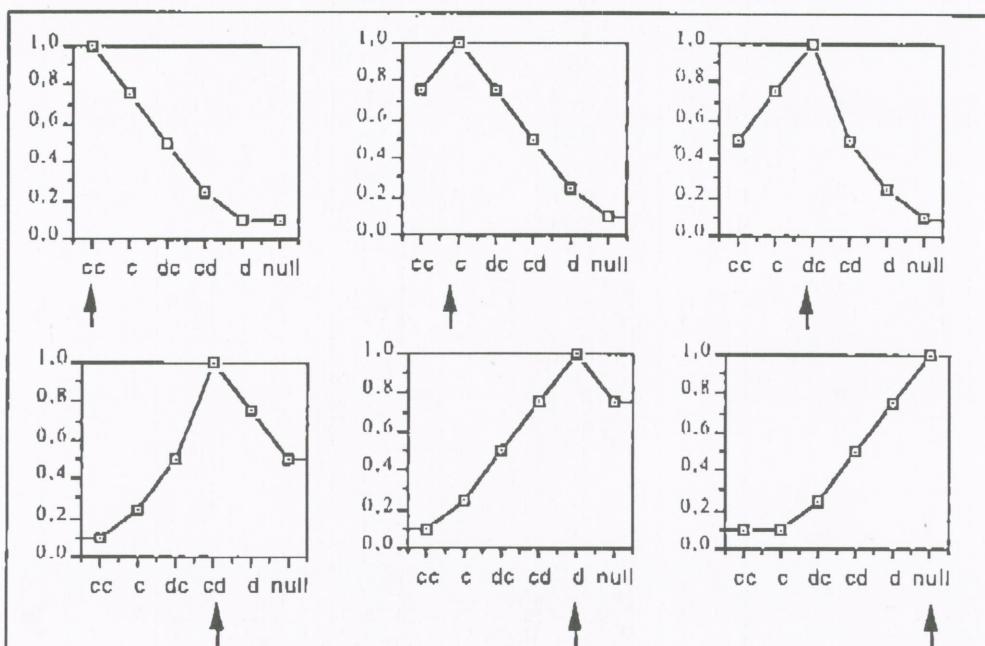


Figura 7: Distribuciones de posibilidad para cada característica de CL

que "la línea es continua y pasa a discontinua" (resp. "la línea es discontinua y pasa a continua"). En caso de coincidencia en las posibilidades, consideraremos la línea continua, por razones de seguridad.

7. DISCUSIÓN Y TRABAJOS FUTUROS

Actualmente se están implementando todas las etapas del sistema de filtrado. Las pruebas se realizan sobre datos generados por un simulador. La información proporcionada por el simulador se basa en descripciones de mapas de carretera que no contienen desniveles. Asimismo se supone que la velocidad del vehículo es constante, por lo que el número de franjas por fotograma es constante. El uso del simulador permite introducir diversos niveles de ruido en las imágenes icónicas pudiendo, de esta manera, analizar la sensibilidad del sistema de filtrado. Analogamente, el uso del simulador permite realizar un estudio sobre el comportamiento de diversas funciones de agregación ante los distintos porcentajes de imprecisión y error.

Los pasos a desarrollar en un futuro comprenden básicamente tres líneas de investigación. En primer lugar es necesario probar el sistema en situaciones más complejas: vehículo con aceleración variable, desniveles en la carretera, automóviles en el sentido contrario, etc. Por ello es preciso ampliar y optimizar los métodos empleados para que su uso sea efectivo en tiempo real. En segundo lugar, la mejora del sistema de filtrado puede verse reforzada por la incorporación de nuevas restricciones que el sistema pueda aprender a partir de su propia experiencia. Así, se están considerando las tareas de aprendizaje siguientes: (1) aprendizaje de funciones de suavidad (para controlar la coherencia interfranjas); (2) aprendizaje de nuevas restricciones: a partir de las regularidades encontradas en una secuencia histórica de escenas se derivarán nuevas restricciones expresadas en términos de grafos de restricciones Dechter (1992) difusos [Holder (1992)]; (3) aprendizaje de tratamiento de anomalías y revisión dinámica de las restricciones (para la formación y revisión de hipótesis en el tiempo); (4) aprendizaje de reglas contextuales para la aplicación de diversas funciones de reconocimiento (a fin de determinar en qué situaciones conviene aplicar cierto tipo de funciones, unificando técnicas de aprendizaje cuantitativo y cualitativo siguiendo a Falkenhainer (1986) pero adaptándolas a la lógica difusa).

Finalmente, la experiencia en el desarrollo de restricciones para el filtrado de análisis icónicos nos abre una nueva línea de investigación en el estudio de un lenguaje general de expresión de restricciones adecuado a los sistemas de ayuda a la conducción.

8. REFERENCIAS

- Bardosy (1993) Combination of fuzzy numbers representing expert opinions, Fuzzy sets and systems, 57 (1993), 173-181.
- Bonissone (1990) Time-Constrained Reasoning Under Uncertainty, The Journal of Real Time Systems (2), 25-45 (1990).
- Bonissone (1988) Plausible Reasoning in Dynamic Classification Problems, Proceedings of the Validation and Testing of Knowledge-Based Systems Workshop. AAAI Press.
- Bonissone (1986) Selecting Uncertainty Calculi and Granularity: An Experiment in Trading-off Precision and Complexity, En: L.N. Kanal and J.F. Lemmer, editors, Uncertainty in Artificial Intelligence, pages 217-247, Elsevier Science Publishers B.V., North-Holland, 1986.
- Dechter (1992) Structure Identification in Relational Domains, Artificial Intelligence (58), pp. 237- 270.
- Dubois (1993) Combination of Information in the Framework of Possibility Theory, In: M.A. Abidi & R.C. Gonzalez, editors, *Data Fusion in Robotics and Machine Intelligence*, Academic Press, 1992, 481-505.
- Falkenhainer (1986) Integrating Qualitative and Quantitative Discovery: The ABACUS System, Machine Learning, 1: 367-401.
- Holder (1992) Fuzzy Substructure Discovery, Proceedings of the tenth International Workshop on Machine Learning, ML '92, pp. 218-223.
- Montanari (1974) Networks of Constraints: Fundamental properties and applications to picture processing, Information Science, 7 (2) 95-132.
- Montseny (1993) Elección de la señalización horizontal en tráfico real, Actas
- Ruspini (1990) The Semantics of Approximate Reasoning, IV Symposium on Knowledge Engineering, Barcelona 1990.



**asociación
española
de robótica**



**CONGRESO DE LA
ASOCIACION ESPAÑOLA
DE ROBOTICA [AER]**

Zaragoza • 17-19 Noviembre • 1993

ZARAGOZA

**ROBOTICA
Y
AUTOMATIZACION
AVANZADA**

COMUNICACIONES

Depósito Legal: Z-2934-93
Imprime: GORFISA. Pedro Cerbuna, 7 - 50009 Zaragoza

Dirección y oficinas: PALACIO FERIAL
Carretera Nacional II, Km. 311. E 50012 - Zaragoza
Teléfono (976) 70 11 00
Apartado de Correos 108. Telex 58 185 FEMU E
Telefax (976) 33 06 49
50080 - ZARAGOZA (España)

INDICE

APLICACION DE PALETIZADO MEDIANTE ROBOT STAUBLIRS-84 José Vicente Gállego Gibert	7
SISTEMAS DE SENsoRES POR LASER PARA ROBOTS DE SOLDADURA L. Dilthey	11
ROBOT SOLDADURA AL ARCO CON CONTROL MULTIAREA Y MULTIGRUPO EJES EXTERNOS E. Masclans	15
ROBOTS TIPO PORTICO APLICADOS A LA LOGISTICA DE LA PRODUCCION CONTINUA J. Regués	19
ALTA INTEGRACION EN LA FABRICACION DE PIEZAS UNICAS E. Garijo	23
VIHICULO AUTONOMO PARA ENTORNOS DE FABRICACION FLEXIBLE X. Masdeu, M. Lás Heras	27
DE TELE-OPERACION A GENERACION AUTONOMA DE COMPORTAMIENTO EN UN ROBOT HEXAPODO D. Guinea, M.C. García-Alegre, A. Lacaze, A. Meystel	33
ADAPTABILIDAD DE UN ROBOT CAMINANTE SOBRE TERRENO IRREGULAR M.A. Armada, P. González de Santos, E. Vargas	43
NUEVO METODO DE PLANIFICACION DE TRAYECTORIAS LIBRES DE COLISION PARA ROBOTS REDUNDANTES C.A. Ochoa, A. Barrientos, C. Balaguer, R. Aracil, J. Cartera	49
ESTUDIO COMPARATIVO DE DIVERSOS METODOS PARA RESOLVER LA REDUNDANCIA F. Balibrea	55
COMPETITIVIDAD, COOPERACION Y JERARQUIA ENTRE AGENTES AUTONOMOS DE COMPORTAMIENTO D. Guinea, M.C. García-Alegre, A. Ibáñez, P. Bustos, L.J. Barrios	61
MIRAC SIMPLIFICADO PARA ROBOTS N. Aliane, M. A. Armada	69
ESTUDIO DEL ACOPLAMIENTO EN MODELOS DE ROBOTS INDUSTRIALES G. Fernández, M.A. Armada, J.C. Griego	75
UN SISTEMA DE VISION 3D MOVIL PARA USOS INDUSTRIALES F. Noureddine, D. Noyes, M. Larricu, Ph. Jaubert	85
INTEGRACION DE INFORMACION VISUAL Y PROXIMIDAD PARA EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO DE UN ROBOT INDUSTRIAL F. Fernández, C. Cuenca, P. Medina	89
IDENTIFICACION Y LOCALIZACION DE OBJETOS MEDIANTE SEGMENTACION CROMATICA J. Fernández, J.I. Frau, G. Oliver	99
SIMULACION DE MOVIMIENTOS ENTRE OBJETOS EN CONTACTO MEDIANTE UN METODO DE MARCHA J. Figueroa, F. Thomas	107
SIMULACION CINEMATICA DE UN ROBOT MEDIANTE UN SISTEMA CAD C. Corrales, J. Aguilar	113
SISTEMA EDUCACIONAL DE PROGRAMACION DE ROBOTS BASADO EN PC E. Vendrell, M. McLlado, E. Vidal	121

EL PAPEL DEL ROBOT DENTRO DE UNA CELULA DE FABRICACION FLEXIBLE DIDACTICA	
V. Caballero	129
LA FORMACION EN AUTOMATIZACION INDUSTRIAL AVANZADA	
M.A. Saigí, X. Grau	135
LA FORMACION EN AUTOMATICA INDUSTRIAL AVANZADA	
J.C. Lavandeira	143
SISTEMA ROBOTIZADO DE ENSAMBLAJE DE BANDEJAS PARA CATERING AEREO	
J. Milian, J. Rueda, J. Oliver, A. Bautista	145
ESTACION DE MOLDEO PARA JAMON COCIDO	
J.M. Vela, J.R. Perán, J. López, A. Lara	151
AUTOMATIZACION DEL EMPAQUETADO DE MONEDA CIRCULADA	
J.M. Chamorro, G. López	157
REVISION AUTOMATICA DE PLIEGOS POR VISION ARTIFICIAL	
J. M. Sebastian, F. Torres, C. Montes, F. Pisonero, J.L. Bello, E. Barroso	161
SOLDADURA DE CARROCERIA DE AUTOMOVIL POR LASER INTEGRADO AL ROBOT PARA PRODUCCION EN SERIE	
M. Bengoa	165
SISTEMA AUTOMATICO DE IDENTIFICACION COLORIMETRICA MEDIANTE VISION ARTIFICIAL PARA SU APLICACION EN LA SEPARACION DE BOTES DE CONSERVA SEGUN TAMAÑOS Y CALIDADES DEL PRODUCTO	
G. Domenech, R. Torres, J.L. Muñoz, L.M. Tomás	169
CALIBRACION DE ROBOTS MEDIANTE INTERFEROMETRO LASER	
J.L. Borrego, J.L. del Pozo, L.M. Rodriguez, A. de la Chica	175
NUEVOS CAMINOS EN LA INCORPORACION DE LOS ROBOTS EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS	
J. Cutchet	181
NUEVO SISTEMA DE PALETIZACION PARA TRES DIFERENTES LINEAS DE ENVASADO	
A. Esturillo	185
DESCRIPCION DEL SISTEMA-ACUMULADOR DE MUESTRAS PARA LABORATORIO	
A. Esturillo	187
BANCO AUTOMATIZADO DE PRUEBA DE ESTANQUEIDAD PARA CONJUNTO VALVULA DE CALENTADORES DE AGUA A GAS	
A. Belda, J. Revert	189
ASPECTOS MECANICOS EN EL DISEÑO DE ROBOTS MOVILES: APLICACION AL RAM-I	
A. Ollero, A. Simón, F. García, M. Prado	195
SISTEMA DE CONTROL DE MOVIMIENTOS DEL ROBOT MOVIL RAM-I	
J.L. Martínez, A. Ollero, A. García-Cerezo, J. Molina	205
DESCRIPCION DEL SISTEMA SENSORIAL DEL ROBOT MOVIL RAM-I	
V. Torres, J.A.G. Fortes, A. Ollero, J. González, A.J. Reina	211
VEHICULO EXPERIMENTAL AUTONOMO DE ALTA MANIOBRABILIDAD PARA ENTORNOS PARCIALMENTE EXTRUCTURADOS	
J.M. Ezkerra, J. Mujika, A. Martínez	217

SISTEMA DE CONTROL DE UN ROBOT MOVIL DE LOCOMOCIÓN SOBRE PATAS PARA INTERVENCIÓN EN MEDIOS HOSTILES J. Alberdi, J. M. Barcala, J. Navarrete, C. Yuste	225
SISTEMA DE NAVEGACION PARA ROBOTS MOVILES AUTONOMOS V. Muñoz, A. Ollero, M. Paz	229
SISTEMAS DE ODOMETRIA PARA EL GUIADO DE UN ROBOT MOVIL A. Carmona, A. Calvo, R. Medina, J.A. Romero, R. Jiménez	235
DETECCION DE LA SEÑALIZACION HORIZONTAL EN TIEMPO REAL E. Moniseny, C. García-Bartoso, P. Millán, D. Puig	241
EXTRACCION DE LA SEÑALIZACION HORIZONTAL MEDIANTE RESTRICCIONES DIFUSAS R. Sangüesa, B. López, D. Riaño, V. Torta	247
PROCESAMIENTO DE ECOS ULTRASONICOS PARA IDENTIFICACION DE PIEZAS EN ENTORNOS AUTOMATIZADOS J. Pérez, A. Groba	253
DETECCION DE COLISIONES EN UN SISTEMA TELE-ROBOTICO A. Ollero, J.M. Gómez	259
SOLUCION GENERAL DE LA DINAMICA INVERSA PARA ROBOTS FLEXIBLES E. Cartera, M. A. Serna	265
IDENTIFICACION DE PARAMETROS DE UN ROBOT FLEXIBLE TRIDIMENSIONAL R. F. Jacobus, M.A. Sema	271
UTILIZACION DE LA VISION ARTIFICIAL PARA LA MEDIDA AUTOMATICA DE LA EFLORESCENCIA EN LADRILLOS DE CARA VISTA J. Artieda, J.C. Catalina, R. Fombella	277
ROBOT DE PROYECCION Y AUTOMATIZACION DE FACTORIA PARA LA FABRICACION DE PANELES CON GRC J. Florez, M. Esteban, J.A. Comas, E. Márquez, E.A. Puente, C. Balaguer, F. Rodríguez, J. Pastor, J.M. Aracil y R. Bartiños	285
DISEÑO MECANICO DE UN MANIPULADOR ESPACIAL DE REDUCIDAS DIMENSIONES T. Muñoz, J. Santo-Tomás	299
PROYECTO MINIMAN. DEMOSTRADOR DE LA TECNOLOGIA DE PEQUEÑOS MANIPULADORES ESPACIALES J. Gómez-Elvira, A. Ollero	305
DISEÑO, SIMULACION Y PROGRAMACION OFF- LINE DE APLICACIONES ROBOTIZADAS R. Pérez-Caballero, J. García, M. Dorronsoro	311
SISTEMA TERMINAL AVANZADO PARA LA PROGRAMACION DE ROBOTS A.J. Muñoz, F.J. Pérez	323
MANUTENCION DE SISTEMAS ROBITIZADOS A. Ramírez	329
ESQUEMA CINEMATICO, MONTAJE Y SIMULACION DE ROBOTS Y MAQUINAS-HERRAMIENTA M.J. Oliveros, L. Lardiés, J. Royo, J.L. Huertas, F. Tortes	333
BASE DE DATOS DE ROBOTS Y MAQUINAS-HERRAMIENTAS DENTRO DE UN ENTORNO CIM M.J. Oliveros, L. Lardiés, J. Royo, J.L. Huertas, F. Tortes	339
ALMACENAMIENTO AUTOMATICO: UNA EXPERIENCIA MUY POSITIVA J. Juste	345

METODOLOGIA ESTRUCTURADA DE SISTEMAS DE INFORMACION SINCRONIZADOS PARA EL CONTROL
DE LA PRODUCCION AUTOMATIZADA

L. Monge 349

CONTROL Y SUPERVISION POR ORDENADOR DE LINEAS ROBOTIZADAS

J. Ojeda, F. Cortés 355

DIGITALIZADOR TRIDIMENSIONAL PARA LA INDUSTRIA DEL CALZADO

R. Aracil, A. Guillén, F. González, P. Campoy 365

CONTROL DE ESFUERZOS CON UN ROBOT PUMA-560: APLICACIONES INDUSTRIALES

C. Sagües, L. Montano 371

I. MICROACELEROMETROS DE SILICIO PARA APLICACIONES EN ROBOTICA

J. Esteve, Chr. Bürer, J.A. Plaza, M.H. Bao, J. Samitier, O. Ruiz 379

VERIFICACION DE LA PRECISION DE POSICIONAMIENTO DE ROBOTS

J.M. Alcalde, F. Burguera, O. Sagredo 385

UN METODO PARA CONTROL DE ROBOTS BASADO EN VISION: TEORICA DE LA RED DE TENSORES

J. Domingo, J. Pelechano, M. Vicens 389

CONTROL DE UN MANIPULADOR POR REALIMENTACION SENSORIAL DE FUERZA

J.C. Grieco, M. A. Armada, G. Fernández 395

SEGMENTACION OPTIMA DE MAPAS DE PROFUNDIDAD. APLICACION AL RECONOCIMIENTO DE

CARACTERISTICAS DE PIEZAS INDUSTRIALES

N. Mata, A. Sanfeliu 403

EL SISTEMA DE FABRICACION FLEXIBLE INTEGRADO POR ORDENADOR CIM-MADRID

L.M. Rodríguez, L. M. González, J. Estévez 409

TECNOLOGIAS DE COMUNICACION PARA FABRICACION

J.M. Fuertes, J. Ojeda 415

SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE LA ESTACION DE BOMBEO DE DARLIK (TURQUIA)

J. Tardón 425

RENTABILIDAD DEL ESTUDIO PREVIO DEL ENTORNO ANTES DE IMPLANTAR UN SISTEMA AUTOMATIZADO

E. Marsal, J. Pla 431

PLENARIA 1

INVESTIGACION EN ROBOTICA Y AUTOMATIZACION INDUSTRIAL EN CENTROS PUBLICOS FINANCIACION DE

PROYECTOS DE ROBOTICA INDUSTRIAL

J.A. de la Puente 435

J. Diez, J. Casado 439

MESA REDONDA

AUTOMATIZACION AVANZADA Y NUEVAS TENDENCIAS DEL EMPLEO Y LA FORMACION

C. Riba, S. Verdaguer 447

PLENARIA 2

APLICACIONES INDUSTRIALES EN LOS SECTORES DE LA ALIMENTACION Y LA CONSTRUCCION

R. Ceres 453

J. M. Vela 463

E.A. Puente, C. Balaguer, A. Barrientos, R. Aracil 471