

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
30 de septiembre de 2010 (30.09.2010)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2010/109035 A2

- (51) Clasificación Internacional de Patentes: Sin clasificar
- (21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2010/000122
- (22) Fecha de presentación internacional:
25 de marzo de 2010 (25.03.2010)
- (25) Idioma de presentación: español
- (26) Idioma de publicación: español
- (30) Datos relativos a la prioridad:
P200900840 27 de marzo de 2009 (27.03.2009) ES
- (71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US): **UNIVERSIDAD DE SEVILLA** [ES/ES]; OTRI-Universidad de Sevilla, Pabellón de Brasil, Paseo de las Delicias s/n, 41013 Sevilla (ES).
- (72) Inventores; e
- (75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): **CORTÉS ACHEDAD, Pablo** [ES/ES]; Dpto. Organización Industrial, y Gestión de Empresas, Escuela Superior de Ingenieros, C. de los Descubrimientos, s/n., Pabellón Pza. de América 41092 Sevilla (ES). **FERNÁNDEZ VALVERDE, Joaquín Rodrigo** [ES/ES]; Dpto.

Organización Industrial, y Gestión de Empresas, Escuela Superior de Ingenieros, C. de los Descubrimientos, s/n., Pabellón Pza. de América 41092 Sevilla (ES). **ONIEVA GIMÉNEZ, Luis** [ES/ES]; Dpto. Organización Industrial, y Gestión de Empresas, Escuela Superior de Ingenieros, C. de los Descubrimientos, s/n. Pabellón Pza. de América, 41092 Sevilla (ES). **MUÑUZURI SANZ, Jesús** [ES/ES]; Dpto. Organización Industrial, y Gestión de Empresas, Escuela Superior de Ingenieros, C. de los Descubrimientos, s/n., Pabellón Pza. de América 41092 Sevilla (ES). **GUADIX MARTÍN, José** [ES/ES]; Dpto. Organización Industrial, y Gestión de Empresas, Escuela Superior de Ingenieros, C. de los Descubrimientos, s/n., Pabellón Pza. de América 41092 Sevilla (ES). **FERNÁNDEZ MONTERO DE ESPINOSA, Pedro** [ES/ES]; Dpto. Organización Industrial, y Gestión de Empresas, Escuela Superior de Ingenieros, C. de los Descubrimientos, s/n., Pabellón Pza. de América 41092 Sevilla (ES).

- (81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE,

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: DYNAMIC CONTROLLER FOR DETECTING TRAFFIC PATTERNS BY MEANS OF FUZZY LOGIC

(54) Título : CONTROLADOR DINÁMICO DE DETECCIÓN DE PATRONES DE TRÁFICO MEDIANTE LÓGICA DIFUSA

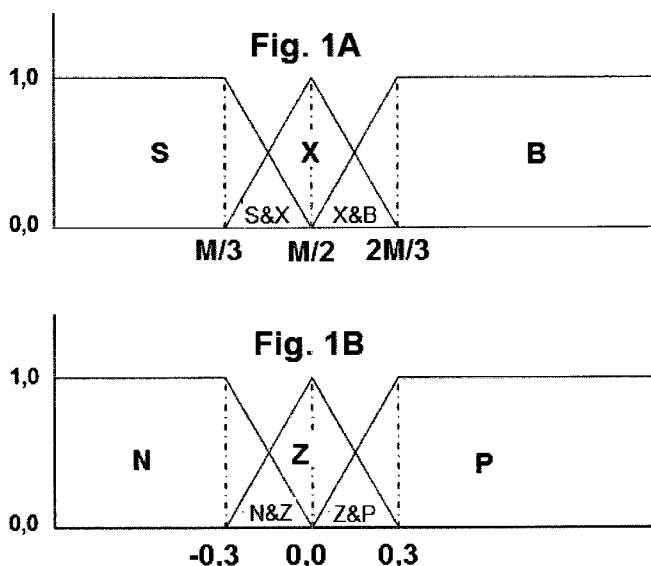


FIG. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method, a device and a dynamic control system for detecting traffic patterns (UPPEAK, DOWNPEAK, LUNCHPEAK, INTERFLOOR) by means of fuzzy logic wherein, according to the value of mass variables and mass variations, a fuzzy inference process is carried out on the basis of the mass component, the variation of said mass, and the type of immediately preceding traffic, thereby determining, according to the evaluation of the inference rules and the weight of said components, the type of traffic pattern corresponding to the period of time in question.

(57) Resumen: Método, dispositivo y sistema controlador dinámico de detección de patrones de tráfico (UPPEAK, DOWNPEAK, LUNCHPEAK, INTERFLOOR) mediante lógica difusa en donde, en función del valor de variables de masa y variaciones de masa, se desarrolla un proceso de inferencia borrosa en función del componente de masa, de la variación de dicha masa y del tipo de tráfico inmediatamente anterior, determinando, en función de la evaluación de las reglas de inferencia y del peso ponderado de dichos componentes, el tipo de patrón de tráfico correspondiente a ese periodo de tiempo.



GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

- (84) **Estados designados** (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible):
ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY,

— sin informe de búsqueda internacional, será publicada nuevamente cuando se reciba dicho informe (Regla 48.2(g))

CONTROLADOR DINÁMICO DE DETECCIÓN DE PATRONES DE TRÁFICO MEDIANTE LÓGICA DIFUSA

- El objeto principal de la presente invención es un controlador dinámico configurado para la detección de patrones de tráfico en sistemas de transporte vertical, definido este controlador por un método y un dispositivo, y en donde dicha identificación es un elemento clave para la determinación de los algoritmos y reglas de despacho que deberán llevar a cabo las asignaciones de cabina según la llamada de planta.
- La presente invención se inscribe en el ámbito de la ingeniería de transporte y más concretamente en el transporte vertical mediante uso de ascensores o grupos de ascensores.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- El problema del transporte vertical está referido al problema que surge cuando un pasajero desea tomar un ascensor para viajar entre plantas distintas de un edificio. Cuando el pasajero pulsa el botón de llamada, el sistema debe asignar una cabina a dicho pasajero de tal forma que se maximicen o minimicen determinados índices de rendimiento tales como el tiempo de espera del pasajero, el consumo energético, o la capacidad manejada por la cabina.
- La mayoría de los controladores están preconfigurados para hacer uso de ciertas reglas que dependen del tipo de tráfico. La identificación adecuada del tipo de tráfico por parte del controlador se convierte en un elemento fundamental en el buen funcionamiento del sistema global.
- Uno de los aspectos más relevantes y sin embargo menos estudiado en el funcionamiento de los sistemas de transporte vertical es la detección del tipo tráfico, fundamental a la hora de diseñar un sistema robusto que responda a las demandas de los pasajeros de forma rápida y eficaz. Así pues, según el método de control implementado y el flujo de tráfico detectado se elige un algoritmo apropiado de despacho de entre varios o simplemente se informa al despachador para que tenga en cuenta el patrón a la hora de distribuir las llamadas, de tal forma que en ambos casos el rendimiento aumenta gracias a la información proporcionada.

La teoría clásica [1] divide el tráfico en cuatro clases posibles:

- *Uppeak*: flujo ascendente considerable y flujo descendente despreciable. Normalmente tiene lugar al inicio de la jornada laboral cuando la mayoría de los viajes comienzan desde la planta baja o el sótano y parten hacia otras plantas.
- 5 • *Downpeak*: flujo descendente considerable y flujo ascendente despreciable. Un ejemplo típico de este patrón sería al final de la jornada laboral cuando la mayoría de los viajes van desde cualquier planta hacia la planta baja o el sótano.
- 10 • *Lunchpeak*: flujo ascendente y descendente ambos de menor intensidad que los máximos y mínimos ascendentes y descendentes que se registran en modo *uppeak* y *downpeak* respectivamente, pero ambos de tamaño considerable y que en conjunto suponen una carga mayor para el sistema que en cualquier otro periodo.
- 15 • *Interfloor*: tráfico ligero con flujos medianos o bajos. Se considera cualquier periodo de tráfico que no se defina como uno de los anteriores.

El procedimiento tradicional para la identificación de patrones de tráfico era realizado mediante informes manuales realizados por observadores. Estos informes pueden ser realizados desde el terminal principal donde el conteo se realiza exclusivamente desde la planta baja (de acceso). Siendo este método sólo adecuado para la caracterización de situaciones *uppeak*. O bien, mediante conteos realizados en cada planta, donde la información aportada es mayor, pero también el coste. Los informes manuales realizados por observadores se describe en detalle en [2], y en [3].

25 El problema principal de estos informes estriba en el carácter estadístico de los datos, los cuales se toman únicamente en un momento específico de un día específico, bajo unas circunstancias específicas. Realmente, el tráfico en grandes edificios de oficinas puede llegar a ser extremadamente complejo y variable en el propio día y entre días. Asimismo, en situaciones de alta densidad de tráfico, la observación humana hace
30 muy difícil el conteo correcto de los eventos. Y errores en esta fase pueden conducir a graves deficiencias del servicio.

Una alternativa al informe manual de observadores es la utilización de datos históricos para la generación a través de análisis estadísticos de un conjunto de reglas basadas en umbrales. Así, en [7] se utiliza la carga de la cabina a lo largo del día para predecir
35 el comportamiento del día siguiente. Los datos se comparan con los umbrales antes

señalados para identificar el periodo de pico de tráfico teniendo en cuenta la población relativa del edificio. La toma de datos se realiza cada pequeño intervalo de tiempo, configurándose un sistema experto.

- 5 La compañía KONE ha desarrollado diversas propuestas basadas en el cálculo con series históricas de datos. Así han desarrollado un algoritmo de alisamiento exponencial simple y otro adaptativo: "*Adaptive response rate single exponential smoothing (ARRSES)*" el cual ha sido utilizado en [5]. En el sistema las predicciones se actualizan para cada planta y dirección de viaje. Más recientemente, [8] describe un
- 10 algoritmo que incluye un análisis estadístico junto con conjunto de reglas basadas en lógica difusa para la predicción del tráfico futuro.

- De modo similar, [4] han presentado un sistema de predicción de flujos de tráfico basado en teoría de aprendizaje estadístico, para lo cual utilizan "*least squares support vector machines*", procedimiento basado en "*support vector machine*" con
- 15 función de pérdidas cuadrática.

- Actualmente se trabaja en equipos sofisticados que incluyen la utilización de videocámaras, infrarrojos, o visión computerizada que permiten la captación de datos
- 20 en tiempo real. La utilización de estos datos es clave para la identificación correcta de patrones de tráfico de forma dinámica. En este contexto la lógica difusa es un elemento con gran potencial de aplicabilidad. Hay que destacar la propuesta [6] para un algoritmo de lógica difusa que clasificaba patrones de tráfico. Sin embargo, el algoritmo no incluía características de especial importancia tales como el instante de
- 25 captación de datos o los ratios de entrada/salida de pasajeros, definidos por las masas instantáneas y sus variaciones en cada momento y que son claves para establecer en un periodo de tiempo determinado que tipo de tráfico está ocurriendo.

Referencias:

- 30 [1] Barney, G., 2003. Elevator Traffic Handbook: Theory and practice, Taylor & Francis Group.
- [2] Barney, G.C., dos Santos S.M., 1985. Elevator traffic analysis design and control second ed. London Peter Peregrinus.
- [3] Elevator World's Guide to Elevating 1992, Mobile AL: Elevator World.

- [4] Luo, F., Xu, Y-G., Cao, J-Z., 2005. Elevator traffic flow prediction with least squares support vector machines, in: Proceedings of the Fourth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Guangzhou, pp. 18-21.
- [5] Siikonen, M.L., 1997. Elevator group control with artificial intelligence, Helsinki University of Technology, Systems Analysis Laboratory, Research Reports A67.
- [6] Siikonen, M.L., Leppala, J., 1991. Elevator traffic pattern recognition, in: Proceedings of the 4th IFSA Congress, pp. 195-198.
- [7] Thangavelu, S. and Kandasamy, G., 1993. "Artificial intelligence" y "Based learning system predicting "peak-period" times for elevator dispatching". Otis Elevator Company, U.S. Patent No. 5 241 142.
- [8] Tyni, T., 2005. Identification of incoming peak traffic for elevators. KONE Corporation patent WO/2005/000726 (application number PCT/FI2004/000232).

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

15

Para paliar el problema técnico definido de disponer de un controlador dinámico de detección de patrones de tráfico mediante lógica difusa, que permita para un periodo de tiempo determinado, determinar dinámicamente el tipo de flujo de tráfico (UPPEAK, DOWNPEAK, LUNCHPEAK, e INTERFLOOR) en función de las masas ascendentes y descendentes, la variación de dichas cargas y el periodo del tráfico anterior, valores estos que no se han tenido en cuenta en el actual estado de la técnica, es un objetivo de la presente invención establecer un método en donde, en función del valor de dichas variables, se desarrolla un proceso de inferencia borrosa en función del componente de masa, de la variación de dicha masa y del tipo de tráfico inmediatamente anterior, determinando, en función de la evaluación de las reglas de inferencia y del peso ponderado de dichos componentes, el tipo de patrón de tráfico correspondiente a ese periodo de tiempo.

Es otro objeto de la presente invención un controlador dinámico de detección de patrones de tráfico mediante lógica difusa, de los del tipo empleado en sistemas de transporte vertical en la determinación de un patrón de tráfico de tipo uppeak, downpeak, lunchpeak e interfloor, en un determinado instante de tiempo, y que comprende, al menos, medios configurados para la detección de las masas ascendentes y descendentes y medios configurados para el cálculo de la variación de las cargas ascendentes y descendentes caracterizado porque además comprende unos medios configurados para establecer un proceso de inferencia borrosa en función

de las masas ascendentes, descendentes, sus variaciones y el periodo de tiempo de tráfico anterior; y unos medios lógicos configurados para establecer un proceso de inferencia borrosa en función de la masa del transporte vertical, de las variaciones de dicha masa y del tipo de tráfico establecido en el periodo de tiempo inmediatamente anterior; en donde dichos medios lógicos están a su vez configurados para evaluar las reglas de inferencia establecidas y calcular el peso ponderado de las masas para determinar el tipo de patrón de tráfico correspondiente a ese periodo de tiempo.

Es un tercer objetivo de la presente invención el describir un sistema de transporte vertical que comprende el controlador dinámico descrito y que implementa el método igualmente descrito.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

FIG. 1 muestra la función de membresía en el proceso de fuzzyficación, en donde la figura 1A representa la fuzzyficación de las cargas totales ascendentes y descendentes durante el periodo Δt ; y en donde la figura 1B representa la fuzzyficación de la variación tanto ascendente como descendente de la carga.

FIG. 2 muestra la función de membresía en el proceso de defuzzyficación, en donde la figura 2A muestra la función de membresía para el flujo ascendente y la figura 2B muestra la función de membresía para el flujo descendente.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

La identificación de los patrones de tráfico en un edificio es un elemento clave para la determinación de los algoritmos y reglas de despacho para llevar a cabo la asignación de cabina a la llamada de planta. Tal y como se puede observar en las figuras adjuntas, se consideran cuatro flujos principales de tráfico: uppeak, downpeak, lunchpeak e interfloor.

La presente invención propone un método y un dispositivo de control por lógica difusa,

configurado para identificar los procesos de tráfico en un edificio de forma dinámica, en función de las variables siguientes:

- masa ascendente total (m_u) masa total ascendente durante un periodo de tiempo Δt ;
- 5 - variación de la masa ascendente total (m'_u) entre el periodo Δt y el periodo $\Delta t-1$;
- masa total descendente (m_d) durante el periodo Δt ; y
- variación de la masa total descendente (m'_d) entre el periodo Δt y el periodo $\Delta t-1$;

10 en donde Δt es el periodo de tiempo tras el cual se efectúa el análisis y posterior toma de decisión respecto al tipo de tráfico que acontece y el $T_anterior$ es el tipo de tráfico detectado al finalizar el periodo anterior.

En la figura 1A queda representada la función de membresía de las cargas totales ascendentes y/o descendentes, en donde para valores de carga inferiores a un tercio la máxima carga ascendente ($M/3$) se define como componente de masa pequeña (m_s), referencia S en la figura, y en donde para valores de carga superiores a dos tercios de la carga máxima ascendente ($2M/3$) se define el componente de masa grande (m_b), referencia B en la figura. Para valores intermedios entre estos dos valores queda definido el componente de masa mediana (m_m). Así pues, tenemos que

20 la carga es grande (B) cuando supera los dos tercios de la carga máxima, tenemos que la carga es pequeña (S) cuando es inferior a un tercio de la carga máxima y tenemos que la carga es mediana (X) cuando está comprendida entre esos valores.

En la figura 1B queda representada la función de membresía de las variaciones de carga tanto ascendente como descendente, en donde para variaciones positivas de

25 carga tanto ascendente como descendente, en donde para variaciones positivas de carga superiores a un 30% se define una variación positiva (m_p); para variaciones de carga comprendidas entre un 30% y un -30% se define como variación nula (m_z); y finalmente para variaciones de carga superiores a un -30% se define como variación negativa (m_n). Así pues, tenemos que la variación es positiva (P) cuando se

30 incrementa la carga en más de un 30%, tenemos que la variación es negativa (N) cuando se decrementa la carga más de un -30% y tenemos que la variación es nula (Z) cuando está comprendida entre esos valores.

Evidentemente, para cada conjunto de pertenencia se definen unas zonas intermedias,

35 convenientemente representadas e identificadas en la figura 1, donde la carga, o su variación, toman valores intermedios entre estos conjuntos de pertenencia.

Las reglas de inferencia borrosa, definidas por la figura 1 se indican en la siguiente tabla:

5

<i>SI</i> ($T_{anterior} = \text{UPPEAK} \parallel T_{anterior} = \text{LUNCHPEAK}$): ▪ R1u: $m_{us} \ \&\& \ m'_{un}$ ENTONCES Salida = NOT ▪ R2u: $m_{us} \ \&\& \ m'_{uz}$ ENTONCES Salida = UPPEAK ▪ R3u: $m_{us} \ \&\& \ m'_{up}$ ENTONCES Salida = UPPEAK ▪ R4u: $m_{um} \ \&\& \ m'_{un}$ ENTONCES Salida = UPPEAK ▪ R5u: $m_{um} \ \&\& \ m'_{uz}$ ENTONCES Salida = UPPEAK ▪ R6u: $m_{um} \ \&\& \ m'_{up}$ ENTONCES Salida = UPPEAK ▪ R7u: $m_{ub} \ \&\& \ m'_{un}$ ENTONCES Salida = UPPEAK ▪ R8u: $m_{ub} \ \&\& \ m'_{uz}$ ENTONCES Salida = UPPEAK ▪ R9u: $m_{ub} \ \&\& \ m'_{up}$ ENTONCES Salida = UPPEAK	<i>SI</i> ($T_{anterior} = \text{DOWNPEAK} \parallel T_{anterior} = \text{LUNCHPEAK}$): ▪ R1d: $m_{us} \ \&\& \ m'_{un}$ ENTONCES Salida = NOT ▪ R2d: $m_{us} \ \&\& \ m'_{uz}$ ENTONCES Salida = DOWNPEAK ▪ R3d: $m_{us} \ \&\& \ m'_{up}$ ENTONCES Salida = DOWNPEAK ▪ R4d: $m_{um} \ \&\& \ m'_{un}$ ENTONCES Salida = DOWNPEAK ▪ R5d: $m_{um} \ \&\& \ m'_{uz}$ ENTONCES Salida = DOWNPEAK ▪ R6d: $m_{um} \ \&\& \ m'_{up}$ ENTONCES Salida = DOWNPEAK ▪ R7d: $m_{ub} \ \&\& \ m'_{un}$ ENTONCES Salida = DOWNPEAK ▪ R8d: $m_{ub} \ \&\& \ m'_{uz}$ ENTONCES Salida = DOWNPEAK ▪ R9d: $m_{ub} \ \&\& \ m'_{up}$ ENTONCES Salida = DOWNPEAK
<i>SI</i> ($T_{anterior} = \text{DOWNPEAK} \parallel T_{anterior} = \text{INTERFLOOR}$): ▪ R10u: $m_{us} \ \&\& \ m'_{un}$ ENTONCES Salida = NOT ▪ R11u: $m_{us} \ \&\& \ m'_{uz}$ ENTONCES Salida = NOT ▪ R12u: $m_{us} \ \&\& \ m'_{up}$ ENTONCES Salida = NOT ▪ R13u: $m_{um} \ \&\& \ m'_{un}$ ENTONCES Salida = NOT ▪ R14u: $m_{um} \ \&\& \ m'_{uz}$ ENTONCES	<i>SI</i> ($T_{anterior} = \text{UPPEAK} \parallel T_{anterior} = \text{INTERFLOOR}$): ▪ R10d: $m_{us} \ \&\& \ m'_{un}$ ENTONCES Salida = NOT ▪ R11d: $m_{us} \ \&\& \ m'_{uz}$ ENTONCES Salida = NOT ▪ R12d: $m_{us} \ \&\& \ m'_{up}$ ENTONCES Salida = NOT ▪ R13d: $m_{um} \ \&\& \ m'_{un}$ ENTONCES Salida = NOT ▪ R14d: $m_{um} \ \&\& \ m'_{uz}$ ENTONCES

Salida = UPPEAK ▪ R15u: m_{um} && m_{up} ENTONCES Salida = UPPEAK ▪ R16u: m_{ub} && m_{un} ENTONCES Salida = UPPEAK ▪ R17u: m_{ub} && m_{uz} ENTONCES Salida = UPPEAK ▪ R18u: m_{ub} && m_{up} ENTONCES Salida = UPPEAK	Salida = DOWNPEAK ▪ R15d: m_{um} && m_{up} ENTONCES Salida = DOWNPEAK ▪ R16d: m_{ub} && m_{un} ENTONCES Salida = DOWNPEAK ▪ R17d: m_{ub} && m_{uz} ENTONCES Salida = DOWNPEAK ▪ R18d: m_{ub} && m_{up} ENTONCES Salida = DOWNPEAK
--	--

De estas reglas de inferencia borrosa se determina la fuerza de los componentes para uppeak se define como:

$$\begin{aligned}
 \text{"non-uppeak"} &= \sqrt{(R1u^2 + R10u^2 + R11u^2 + R12u^2 + R13u^2)} \\
 \text{"uppeak"} &= \sqrt{\left(\begin{aligned} &R2u^2 + R3u^2 + R4u^2 + R5u^2 + R6u^2 + R7u^2 + R8u^2 \\ &+ R9u^2 + R14u^2 + R15u^2 + R16u^2 + R17u^2 + R18u^2 \end{aligned} \right)}
 \end{aligned}$$

Mientras que para downpeak se define como:

$$\begin{aligned}
 \text{"non-downpeak"} &= \sqrt{(R1d^2 + R10d^2 + R11d^2 + R12d^2 + R13d^2)} \\
 \text{"downpeak"} &= \sqrt{\left(\begin{aligned} &R2d^2 + R3d^2 + R4d^2 + R5d^2 + R6d^2 + R7d^2 + R8d^2 \\ &+ R9d^2 + R14d^2 + R15d^2 + R16d^2 + R17d^2 + R18d^2 \end{aligned} \right)}
 \end{aligned}$$

Finalizado el proceso de fuzzificación, se procede a defuzzificar los procesos de tráfico descritos, tal y como se observa en las funciones de membresía representadas en la **figura 2**, en donde para la figura 2A tenemos la función de membresía para el flujo ascendente y en la figura 2B la función de membresía para el flujo descendente.

Este proceso de defuzzificación parte de la ponderación de cada centro (en la figura M/6 para non-uppeak y non-downpeak, mientras que es 7M/6 para uppeak y downpeak) mediante la fuerza de la componente respectiva, es decir, de los resultados obtenidos en las fórmulas anteriores, así pues tenemos que:

$$\begin{aligned}
 \text{ponderación downpeak} &= \frac{[\text{No-down.centro}] \times [\text{No-down.fuerza}] + [\text{Down.centro}] \times [\text{Down.fuerza}]}{\text{No-down.fuerza} + \text{Down.fuerza}} \\
 \text{ponderación uppeak} &= \frac{[\text{No-up.centro}] \times [\text{No-up.fuerza}] + [\text{Up.centro}] \times [\text{Up.fuerza}]}{\text{No-up.fuerza} + \text{Up.fuerza}}
 \end{aligned}$$

Finalmente, tenemos las reglas lógicas de decisión finales para la toma de decisiones y detección del patrón de comportamiento:

- 5 Rf1: SI Non-uppeak && Non-downpeak ENTONCES INTERFLOOR
 Rf2: SI Uppeak && Non-downpeak ENTONCES UPPEAK
 Rf3: SI Non-uppeak && Downpeak ENTONCES DOWNPEAK
 Rf4: SI Uppeak && Downpeak ENTONCES LUNCHPEAK

- 10 En el siguiente ejemplo no limitativo se puede observar una aplicación práctica del método descrito para la detección de patrones de tráfico.

Ejemplo 1

- 15 Supóngase que se detecta una masa media ascendente igual a 11M/24 y una descendente igual a 14M/24 con una variación de masa ascendente igual a +26,25% y descendente igual a +22,50% y que el periodo anterior se detectó tráfico *interfloor*. El controlador realizaría el proceso de inferencia obteniendo los siguientes valores:

- 20 $m_{us} : 0,25$ $m_{um} : 0,75$ $m_{ub} : 0,00$
 $m'_{un} : 0,00$ $m'_{uz} : 0,125$ $m'_{up} : 0,875$

- Estos valores han sido obtenidos de la siguiente forma: los valores directos (m_{us}, m_{um}, m_{ub}) son obtenidos mediante pesaje del pesa-cargas que todo ascensor
 25 tiene instalado, mientras que los valores incrementales ($m'_{un}, m'_{uz}, m'_{up}$) como el tanto por uno de incremento o decremento de la carga en cabina entre dos periodos consecutivos.

- Como el periodo anterior era *interfloor*, las reglas lógicas se calculan de la siguiente
 30 forma:

- R10u: $m_{us} = 0,25$ && $m'_{un} = 0,00$ **ENTONCES** Salida = 0,00 (NOT)
 R11u: $m_{us} = 0,25$ && $m'_{uz} = 0,125$ **ENTONCES** Salida = 0,125 (NOT)
 R12u: $m_{us} = 0,25$ && $m'_{up} = 0,875$ **ENTONCES** Salida = 0,25 (NOT)
 35 R13u: $m_{um} = 0,75$ && $m'_{un} = 0,00$ **ENTONCES** Salida = 0,00 (NOT)
 R14u: $m_{um} = 0,75$ && $m'_{uz} = 0,125$ **ENTONCES** Salida = 0,125 (UPPEAK)

R15u: $m_{um} = 0,75$ && $m_{up} = 0,875$ **ENTONCES** Salida = 0,75 (UPPEAK)

R16u: $m_{ub} = 0,00$ && $m_{un} = 0,00$ **ENTONCES** Salida = 0,00 (UPPEAK)

R17u: $m_{ub} = 0,00$ && $m_{uz} = 0,125$ **ENTONCES** Salida = 0,00 (UPPEAK)

R18u: $m_{ub} = 0,00$ && $m_{up} = 0,875$ **ENTONCES** Salida = 0,00 (UPPEAK)

5

Las aplicaciones del tipo AND toman el menor valor en salida de los dos input de entrada, obteniéndose las valoraciones para cada regla, tanto de UPPEAK como de NON-UPPEAK.

10 Siendo todas las demás igual a cero. A continuación se calcula la fuerza de las componentes *uppeak* y *non-uppeak* como se describió:

$$\begin{aligned}
 \text{"non-dnpeak"} &= \sqrt{(R1d^2 + R10d^2 + R11d^2 + R12d^2 + R13d^2)} = \sqrt{(0,00^2 + 0,00^2 + 0,00^2 + 0,00^2)} = 0,00 \\
 \text{"dnpeak"} &= \sqrt{\begin{pmatrix} R2d^2 + R3d^2 + R4d^2 + R5d^2 + \\ R6d^2 + R7d^2 + R8d^2 + R9d^2 + \\ R14d^2 + R15d^2 + R16d^2 + R17d^2 + \\ R18d^2 \end{pmatrix}} = \sqrt{\begin{pmatrix} 0,00^2 + 0,00^2 + 0,00^2 + 0,00^2 + \\ 0,00^2 + 0,00^2 + 0,00^2 + 0,00^2 + \\ 0,25^2 + 0,50^2 + 0,00^2 + 0,25^2 + \\ 0,50^2 \end{pmatrix}} = 0,79
 \end{aligned}$$

15

20 Quedando agrupados los resultados tenemos que

NON-UPPEAK = 0,28

UPPEAK = 0,76

NON-DOWNPEAK = 0,00

DOWNPEAK = 0,79

25

El proceso de defuzzicación quedaría de la siguiente forma, en donde dados M/6 y 7M/6 como valores prefijados para los centros, tal y como se ha descrito anteriormente, se pondera cada uno de los centros mediante la fuerza de cada componente calculada anteriormente en el proceso de inferencia, obteniendo así la media:

30

$$\text{ponderación uppeak} = \frac{[\text{No-up.centro}] \times [\text{No-up.fuerza}] + [\text{Up.centro}] \times [\text{Up.fuerza}]}{\text{No-up.fuerza} + \text{Up.fuerza}}$$

$$\text{ponderación downpeak} = \frac{[\text{No-down.centro}] \times [\text{No-down.fuerza}] + [\text{Down.centro}] \times [\text{Down.fuerza}]}{\text{No-down.fuerza} + \text{Down.fuerza}}$$

35

$$\text{ponderación uppeak} = \frac{[M/6] \times [0,28] + [7M/6] \times [0,76]}{0,28 + 0,76} = 0,897M$$

$$\text{ponderación downpeak} = \frac{[M/6] \times [0,00] + [7M/6] \times [0,791]}{0,00 + 0,791} = 7M/6 = 1,17M$$

Aplicando estos resultados ponderados en las funciones de membresía representadas en la figura 2 tenemos que, por probabilidad estamos en el caso donde tanto UPPEAK como DOWNPEAK se cumplen. Así pues, aplicando las reglas de decisión finales:

- 5 1) SI Non-uppeak = 0,00 && Non-downpeak = 0,00 ENTONCES = 0,00 INTERFLOOR
 2) SI Uppeak = 1,00 && Non-downpeak = 0,00 ENTONCES = 0,00 UPPEAK
 3) SI Non-uppeak = 0,00 && Downpeak = 1,00 ENTONCES = 0,00 DOWNPEAK
 4) SI Uppeak = 1,00 && Downpeak = 1,00 ENTONCES = 1,00 LUNCHPEAK
- 10 Así pues, el resultado final es que estamos en un patrón de tráfico tipo LUNCHPEAK.

REIVINDICACIONES

1.- Método dinámico de detección de patrones de tráfico mediante lógica difusa, de los del tipo empleado en sistemas de transporte vertical en la determinación de un patrón de tráfico de tipo uppeak, downpeak, lunchpeak e interfloor en un determinado instante de tiempo, caracterizado porque

determina dinámicamente el tipo de flujo de tráfico en función de las masas ascendentes y descendentes, la variación de dichas cargas y el periodo del tráfico anterior,

y en donde, en función del valor de dichas variables se establece un proceso de inferencia borrosa en función del componente de masa, de la variación de dicha masa y del tipo de tráfico inmediatamente anterior, determinando, por evaluación de las reglas de inferencia y del peso ponderado de dichos componentes, el tipo de patrón de tráfico correspondiente a ese periodo de tiempo.

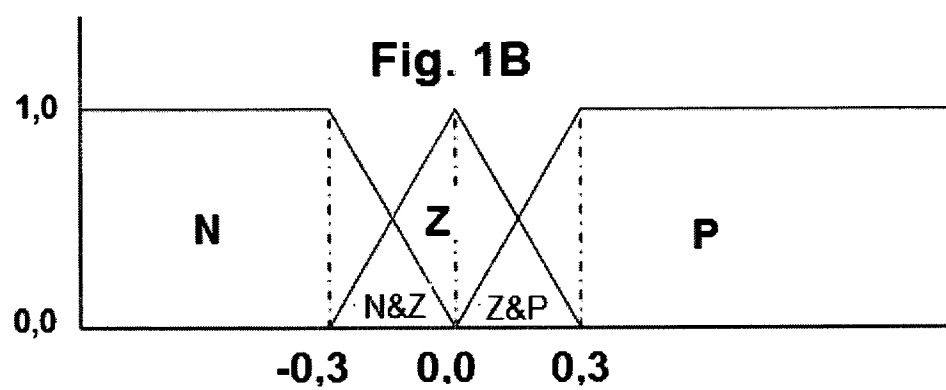
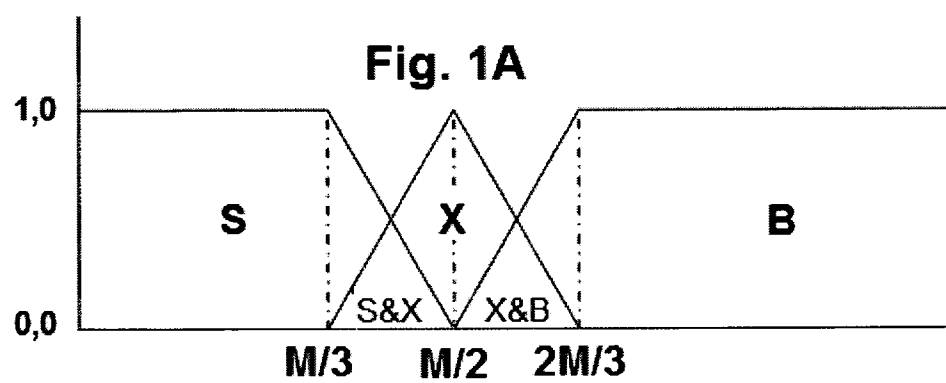
2.- Controlador dinámico de detección de patrones de tráfico mediante lógica difusa, de los del tipo empleado en sistemas de transporte vertical en la determinación de un patrón de tráfico de tipo uppeak, downpeak, lunchpeak e interfloor, en un determinado instante de tiempo, y que comprende, al menos, medios configurados para la detección de las masas ascendentes y descendentes y medios configurados para el cálculo de la variación de las cargas ascendentes y descendentes caracterizado porque además comprende

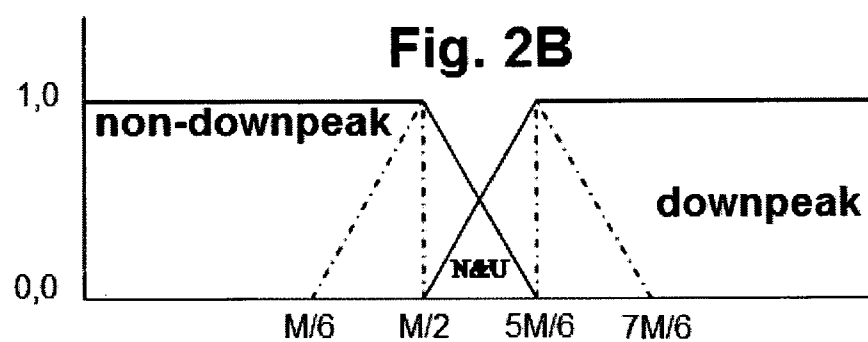
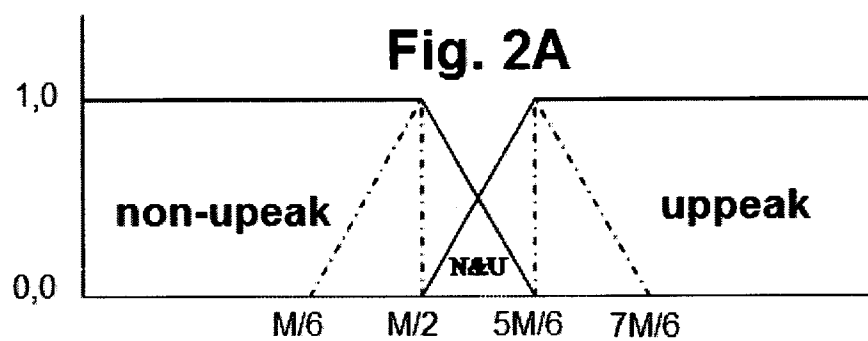
medios configurados para establecer un proceso de inferencia borrosa en función de las masas ascendentes, descendentes, sus variaciones y el periodo de tiempo de tráfico anterior; y

medios lógicos configurados para establecer un proceso de inferencia borrosa en función de la masa del transporte vertical, de las variaciones de dicha masa y del tipo de tráfico establecido en el periodo de tiempo inmediatamente anterior;

en donde dichos medios lógicos están a su vez configurados para evaluar las reglas de inferencia establecidas y calcular el peso ponderado de las masas para determinar el tipo de patrón de tráfico correspondiente a ese periodo de tiempo.

3.- Sistema de transporte vertical que comprende el controlador dinámico de la reivindicación 2.

**FIG. 1**

**FIG. 2**