

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 613**

21 Número de solicitud: 201600805

51 Int. Cl.:

G10L 15/14 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

16.09.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

12.04.2017

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

01.06.2017

Fecha de la concesión:

22.03.2018

45 Fecha de publicación de la concesión:

02.04.2018

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN
CANARIA (100.0%)**

Juan de Quesada, 30

35001 Las Palmas de G.C. (Las Palmas) ES

72 Inventor/es:

**TRAVIESO GONZÁLEZ, Carlos Manuel;
SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, David De La Cruz y
NODA ARENCIBIA, Juan José**

54 Título: **Metodología para el reconocimiento automatizado de reptiles mediante la transformación del modelo de Markov de la fusión paramétrica de características de su producción sonora.**

57 Resumen:

La presente invención se refiere a un procedimiento para el reconocimiento y censo automatizado de reptiles a través de la transformación usando modelos ocultos de Markov de la fusión de las características en diferentes dominios de sus emisiones de señales acústicas permitiendo la identificación de la especie y el seguimiento específico de individuos dentro de una misma especie. Esta metodología emplea una concatenación de características temporales y espectrales para ser automáticamente reconocidas por medio de un sistema inteligente de reconocimiento de patrones.

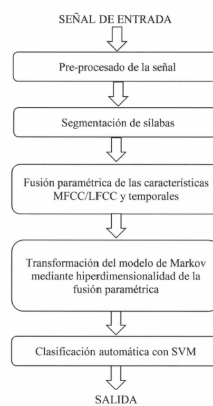


Figura 1.

ES 2 608 613 B2

DESCRIPCIÓN

Metodología para el reconocimiento automatizado de reptiles mediante su producción sonora.

5 Objeto de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para el reconocimiento y censo automatizado de reptiles a través de la hiperdimensionalidad de la transformación de sus emisiones de señales acústicas permitiendo la identificación de la especie y el seguimiento específico de individuos dentro de una misma especie. Las señales bio-acústicas que producen los reptiles son generadas de diversas formas: por excitación de la laringe, expulsando aire a través de su nariz o boca, y agitando o rascando partes corporales entre otros mecanismos.

Antecedentes de la invención

15 Actualmente, el empleo de técnicas bio-acústicas para el estudio y seguimiento de las especies animales dentro de su hábitat suponen una de las herramientas más importantes para los biólogos y conservacionistas. El avance tecnológico experimentado en los sensores acústicos y los medios de grabación digitales permiten el censo e identificación de especies de forma remota evitando técnicas invasivas que alteran los ecosistemas o suponen la presencia física del biólogo en el área de estudio. Los datos recopilados permiten el seguimiento de animales evitando el marcado físico de los mismos y proporcionan a los investigadores información sobre los indicadores biológicos de la zona. La presencia o no de determinadas especies y su número pueden ser empleados para determinar la salud de un ecosistema, detectando la presencia de contaminación, el estado de calidad de las aguas, cambios climáticos o incluso alteraciones en la radiación ultravioleta.

Existen numerosos estudios de las características espectro-temporales de especies, en los cuales se intentan analizar los parámetros en frecuencia y tiempo de las señales acústicas o vocalizaciones producidas por los animales con objeto de identificar patrones en sus comunicaciones y sus iteraciones sociales. En ellos en general, el procedimiento consiste en recopilar horas de grabaciones sonoras por medio de sensores o micrófonos situados en el hábitat de estudio, las cuales son escuchadas y analizadas espectro-temporalmente por un

biólogo para determinar la presencia de una determinada especie en el área que se está investigando. Sin embargo, este procedimiento es lento debido al gran número de horas de grabación que pueden haber sido recopiladas y a la necesidad de tener que contar con un biólogo experto en bio-acústica familiarizado con la especie animal a la que se desea realizar el seguimiento. En los últimos años se ha realizado un esfuerzo con la intención de automatizar este procedimiento por medio de sistemas inteligentes empleando técnicas de reconocimiento automático. Los estudios se han centrado en especies con amplia producción sonora como los pájaros, ranas y ballenas, donde existen varias investigaciones prometedoras que tratan de resolver este problema. En ellas se aplican técnicas empleadas en el reconocimiento del habla humana por medio de sistemas expertos que reconocen con más o menos éxito la especie objeto de estudio. Por el contrario, los reptiles al considerarse mudos o con poca producción sonora nunca han sido objetos de este tipo de investigaciones. Sin embargo, los reptiles entre ellos los cocodrilos, gecos, serpientes y tortugas, son capaces de producir sonidos bio-acústicos que son específicas de la especie. Los principales estudios en reconocimiento acústico se han centrado en los sonidos generados por los pájaros ejemplo de ello lo podemos encontrar en los siguientes artículos:

- i) Harmä, Automatic identification of bird species based on sinusoidal modeling of syllables, in: Acoustics, Speech, and Signal Processing 2003. Proceedings (ICASSP'03). 2003 IEEE International Conference on, Vol. 5, IEEE, 2003, pp. V-545.
- ii) S. Fagerlund, Bird species recognition using support vector machines, EURASIP journal on Applied Signal Processing 2007 (1) (2007) 64-64.
- iii) Lee, Chang-Hsing, Chin-Chuan Han, and Ching-Chien Chuang. "Automatic classification of bird species from their sounds using two-dimensional cepstral coefficients." Audio, Speech, and Language Processing, IEEE Transactions on 16.8 (2008): 1541-1550.
- iv) Jančovič, Peter, and Münevver Köküer. "Automatic detection and recognition of tonal bird sounds in noisy environments." EURASIP Journal on Advances in Signal Processing 2011.1 (2011): 982936.
- v) Graciarena, Martin, et al. "Acoustic front-end optimization for bird species recognition." Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP), 2010 IEEE International Conference on. IEEE, 2010.

- vi) Graciarena, Martin, et al. "Bird species recognition combining acoustic and sequence modeling." *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 2011 IEEE International Conference on. IEEE, 2011.
- 5 vii) Lopes, Marcelo T., et al. "Automatic bird species identification for large number of species." *Multimedia (ISM)*, 2011 IEEE International Symposium on. IEEE, 2011.
- viii) Mporas, Iosif, et al. "Automated Acoustic Classification of Bird Species from Real-Field Recordings." *Tools with Artificial Intelligence (ICTAI)*, 2012 IEEE 24th International Conference on. Vol. 1. IEEE, 2012.
- 10 ix) Juang, Chia-Feng, and Tai-Mou Chen. "Birdsong recognition using prediction-based recurrent neural fuzzy networks." *Neurocomputing* 71.1 (2007): 121-130.

Las técnicas clásicas de reconocimiento automático acústico han sido empleadas para el reconocimiento de acústico de patrones, de personas y animales, como en:

- 15 x) R. Bardelím, *Algorithmic analysis of Complex Audio Scenes*. Universität Bonn. PhD Thesis, 2008
- xi) H. Xing, P.C. Loizou, Frequency Shift Detection of Speech with GMMs and SVMs, *IEEE workshop on Signal Processing Systems*, (2002) 215-219

Además, se han tratado de emplear del mismo modo técnicas clásicas de reconocimiento automático acústico sobre los insectos, murciélagos y ranas, ejemplos de ello pueden encontrarse en los siguientes artículos:

20

- xii) K. Riede, Acoustic monitoring of orthoptera and its potential for conservation, *Journal of Insect Conservation* 2 (3-4) (1998) 217–223.
- xiii) T. Ganchev, I. Potamitis, N. Fakotakis, Acoustic monitoring of singing insects, in: *Acoustics, Speech and Signal Processing, 2007. ICASSP 2007. IEEE International Conference on*, Vol. 4, IEEE, 2007, pp. IV–721.
- 25 xiv) Z. Leqing, Z. Zhen, Insect sound recognition based on sbc and hmm, in: *Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA)*, 2010 International Conference on, Vol. 2, IEEE, 2010, pp. 544–548.
- xv) D. Chesmore, Automated bioacoustic identification of species, *Anais da Academia Brasileira de Ciencias* 76 (2) (2004) 436–440.
- 30

- xvi) J. Pinhas, V. Soroker, A. Hetzroni, A. Mizrach, M. Teicher, J. Goldberger, Automatic acoustic detection of the red palm weevil, computers and electronics in agriculture 63 (2) (2008) 131–139.
- 5 xvii) A. E. Chaves, C. M. Travieso, A. Camacho, J. B. Alonso, Katydid acoustic classification on verification approach based on mfcc and hmm, in: Intelligent Engineering Systems (INES), 2012 IEEE 16th International Conference on, IEEE, 2012, pp. 561–566.
- 10 xviii) S. Kaloudis, D. Anastopoulos, C. P. Yialouris, N. A. Lorentzos, A. B. Sideridis, Insect identification expert system for forest protection, Expert Systems with Applications 28 (3) (2005) 445–452.
- xix) A. Henríquez, J. B. Alonso, C. M. Travieso, B. Rodríguez-Herrera, F. Bolanos, P. Alpízar, K. Lopez-de Ipina, P. Henríquez, An automatic acoustic bat identification system based on the audible spectrum, Expert Systems with Applications 41 (11) (2014) 5451–5465.
- 15 xx) G. Grigg, A. Taylor, H. Mc Callum, G. Watson, Monitoring frog communities: an application of machine learning, in: Proceedings of Eighth Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference, Portland Oregon, 1996, pp. 1564–1569.
- 20 xxi) C.-H. Lee, C.-H. Chou, C.-C. Han, R.-Z. Huang, Automatic recognition of animal vocalizations using averaged mfcc and linear discriminant analysis, Pattern Recognition Letters 27 (2) (2006) 93–101.
- xxii) T. S. Brandes, Feature vector selection and use with hidden markov models to identify frequency-modulated bioacoustic signals amidst noise, Audio, Speech, and Language Processing, IEEE Transactions on 16 (6) (2008) 1173–1180.
- 25 xxiii) C.-J. Huang, Y.-J. Yang, D.-X. Yang, Y.-J. Chen, Frog classification using machine learning techniques, Expert Systems with Applications 36 (2) (2009) 3737–3743.
- 30 xxiv) M. A. Acevedo, C. J. Corrada-Bravo, H. Corrada-Bravo, L. J. Villanueva-Rivera, T. M. Aide, Automated classification of bird and amphibian calls using machine learning: A comparison of methods, Ecological Informatics 4 (4) (2009) 206–214.

- xxv) N. C. Han, S. V. Muniandy, J. Dayou, Acoustic classification of australian anurans based on hybrid spectral-entropy approach, *Applied Acoustics* 72 (9) (2011) 639–645.
- 5 xxvi) W.-P. Chen, S.-S. Chen, C.-C. Lin, Y.-Z. Chen, W.-C. Lin, Automatic recognition of frog calls using a multi-stage average spectrum, *Computers & Mathematics with Applications* 64 (5) (2012) 1270–1281.
- xxvii) C. L. T. Yuan, D. A. Ramli, Frog sound identification system for frog species recognition, in: *Context-Aware Systems and Applications*, Springer, 2013, pp. 41–50.
- 10 xxviii) H. Jaafar, D. A. Ramli, B. A. Rosdi, S. Shahrudin, Frog identification system based on local means k-nearest neighbors with fuzzy distance weighting, in: *The 8th International Conference on Robotic, Vision, Signal Processing & Power Applications*, Springer, 2014, pp. 153–159.
- xxix) C. Bedoya, C. Isaza, J. M. Daza, J. D. Lopez, Automatic recognition of anuran species based on syllable identification, *Ecological Informatics* 24 (2014) 200–209.
- 15 xxx) J. Xie, M. Towsey, A. Truskinger, P. Eichinski, J. Zhang, P. Roe, Acoustic classification of australian anurans using syllable features, in: *Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP), 2015 IEEE Tenth International Conference on*, IEEE, 2015, pp. 1–6.
- 20 Otros ejemplos de reconocimiento vocalizaciones bio-acústicas se pueden encontrar en la identificación automática de mamíferos marinos donde destacan los estudios sobre las ballenas. Las siguientes publicaciones son ejemplo de ello:
- xxxi) Mouy, Xavier, Mohammed Bahoura, and Yvan Simard. "Automatic recognition of fin and blue whale calls for real-time monitoring in the St. Lawrence." *The Journal of the Acoustical Society of America* 126.6 (2009): 2918-2928.
- 25 xxxii) Dugan, Peter J., et al. "North Atlantic right whale acoustic signal processing: Part I. Comparison of machine learning recognition algorithms." *Applications and Technology Conference (LISAT), 2010 Long Island Systems*. IEEE, 2010
- xxxiii) Baumgartner, Mark F., and Sarah E. Mussoline. "A generalized baleen whale call detection and classification system." *The Journal of the Acoustical Society of America* 129.5 (2011): 2889-2902.
- 30

- xxxiv) Seekings, Paul, and John Potter. "Classification of marine acoustic signals using Wavelets & Neural Networks." *Proc. of 8th Western Pacific Acoustics Conf.(Wespac8)*. 2003.

5 Existen varias patentes relacionadas con la identificación bio-acústica de especies las cuales se centran de manera genérica en la recolección y comparación de datos y parámetros sonoros basada en sus vocalizaciones. Pero todas ellas se centran principalmente en la identificación de pájaros y ninguna de ellas contempla la identificación acústica de reptiles, ni tienen en cuenta sus especificidades bio-acústicas. Además, solo contemplan la posibilidad de identificar especies no sujetos individuales, subfamilias o género dentro de una determinada especie. Ejemplo de ello se puede encontrar en las siguientes patentes:

- xxxv) WO 2005024782 A1 (Wildlife Acoustics Inc, Ian Agranat) "Method and apparatus for automatically identifying animal species from their vocalizations".
- xxxvi) US 8599647 B2 (Wildlife Acoustics, Inc.) "Method for listening to ultrasonic animal sounds".
- 15 xxxvii) US 7963254 B2 (Pariff Llc) "Method and apparatus for the automatic identification of birds by their vocalizations".
- xxxviii) US 20130282379 A1 (Tom Stephenson, Stephen Travis POPE) "Method and apparatus for analyzing animal vocalizations, extracting identification characteristics, and using databases of these characteristics for identifying the species of vocalizing animals".
- 20 xxxix) US 20040107104 A1 (Schaphorst Richard A.) "Method and apparatus for automated identification of animal sounds".
- xl) US 8457962 B2 (Lawrence P. Jones) "Remote audio surveillance for detection and analysis of wildlife sounds".

25 En cuanto a los reptiles, los dispersos estudios se centran en el análisis espectro-temporal de las características acústicas de los reptiles, pero ninguno de ellos hace uso de estas características para el reconocimiento automatizado de estas especies. Además, estos principalmente se centran en los cocodrilos y los geos que son las especies más comunicativas entre los reptiles.

- 30 xli) Vergne, A. L., M. B. Pritz, and N. Mathevon. "Acoustic communication in crocodylians: from behaviour to brain." *Biological Reviews* 84.3 (2009): 391-411.

xlii) Wang, Xianyan, et al. "Acoustic signals of Chinese alligators (*Alligator sinensis*): social communication." *The Journal of the Acoustical Society of America* 121.5 (2007): 2984-2989.

5 xliii) Ferrara, Camila R., Richard C. Vogt, and Renata S. Sousa-Lima. "Turtle vocalizations as the first evidence of posthatching parental care in chelonians." *Journal of Comparative Psychology* 127.1 (2013): 24.

xliv) Labra, Antonieta, et al. Acoustic features of the weeping lizard's distress call. *Copeia*, 2013, vol. 2013, no 2, p. 206-212.

10 Por tanto, se puede observar que no hay constancia de la identificación automatizada de reptiles por medio de su producción sonora, tanto de la especie a la que pertenece como al seguimiento individualizado de un espécimen en concreto. La presente invención tiene por objeto el reconocimiento específico de la especie, familia, subfamilia y género a la que pertenece un determinado reptil en base a sus características de emisión bio-acústica y
 15 mediante el hiperdimensionamiento de la transformación de la fusión de sus características acústicas en los dominios ceptrales y temporales. Gracias a este paso, esta solución no ha sido hallada en el estado de la técnica, a diferencia de las vocalizaciones realizadas por otras especies animales que poseen cuerdas vocales. Esta propuesta reconocería automáticamente vocalizaciones y emisiones bio-acústicas de cualquier naturaleza en reptiles. La invención,
 20 por tanto, tendría potenciales aplicaciones en la detección, identificación y monitorización del grupo de animales reptiles (Reptilia) o sauropsida. Permitiendo así el control de las poblaciones, lo que tiene a su vez aplicaciones en el control de plagas o especies invasivas, en la conservación de especies, estudios biológicos de comportamiento animal, cambios de las condiciones ambientales, etc. Incluso en la detección de posibles patologías o plagas que
 25 pudieran afectar a este grupo animal. La invención por lo tanto abre un amplio abanico de posibilidades de aplicaciones en el ámbito biológico o de conservación ambiental. Por ello, su análisis y detección es de suma importancia en los tiempos actuales y futuros.

Cabe concluir tras estos antecedentes, que los estudios que se han desarrollado hasta el momento y que han tenido como parámetro característico los sonidos producidos por los
 30 reptiles, han sido utilizados básicamente para el estudio del comportamiento biológico de la especie, para caracterizar los parámetros acústicos fundamentales de sus llamadas, establecer su neurología o estudiar la implicación de las mismas en su comportamiento social. También

los antecedentes muestran trabajo específico para diferentes especies de animales, o bien sistemas generales basados en un sistema clásico de reconocimiento de patrones, sin particularidades sobre cómo mejorar el reconocimiento según la especie o la aplicación. El método propuesto, a diferencia de lo observado en el estado de la técnica, permite utilizar sus parámetros acústicos verbales y no verbales para posibilitar el reconocimiento de las especies por medio de un módulo que aumenta la hiperdimensionalidad de la transformación de las características acústicas aplicado a sistemas inteligentes. Esto presenta la ventaja de no ser invasivo, pues con un sistema de micrófonos remoto se puede captar y analizar la señal acústica de los especímenes. Además, permite el seguimiento y detección de estas especies en condiciones de visibilidad limitada.

Sumario de la invención

La presente invención se refiere a un método para la identificación y censo de especies de reptiles a partir de la hiperdimensionalidad de la transformación de su producción sonora siguiendo los siguientes cinco pasos:

- i) Pre-procesado de la señal acústica enfatizando las regiones que contienen mayor información.
- ii) Segmentación automática de las llamadas y sonidos verbales o no verbales detectados en la señal acústica, separando las distintas emisiones sonoras que pueden pertenecer a diferentes especies o especímenes en la señal de audio.
- iii) Fusión paramétrica de las características extraídas en frecuencia y tiempo de cada sonido segmentado de las llamadas o vocalizaciones para obtener una representación completa de diferentes dominios de la fuente sonora.
- iv) Transformación de las características fusionadas a partir de generar una hiperdimensionalidad de las mismas, creando un dominio de representación del modelo de Markov más discriminativo.
- v) Clasificación e identificación de la especie o individuo por medio de un algoritmo de aprendizaje automatizado.

30 Descripción de las figuras

La figura 1 detalla de forma esquemática el diagrama de bloques del sistema desarrollado.

La figura 2 muestra la forma del espectrograma de las emisiones sonoras de los reptiles.

- a) *Crotalus atrox*.
- b) *Gekko gecko*.
- 5 c) *Alligator mississippiensis*.
- d) *Chelonoides nigra*.

La figura 3 representa de forma esquemática la segmentación de las vocalizaciones.

- a) Cálculo de la transformada rápida de Fourier (FFT)
- b) Localización del punto de mayor energía del espectrograma
- 10 c) Se repite el procedimiento hasta el final del espectrograma.

La figura 4 detalla de forma esquemática el proceso de extracción de características espectrales.

- a) Cálculo de la transformada rápida de Fourier (FFT).
- b) Filtrado por medio de un banco de filtros triangulares Mel.
- 15 c) Transformada del Coseno Discreto (DCT).
- d) Se retienen los 14 primeros coeficientes de la DCT.

Descripción detallada de una realización preferida de la invención

Aunque la invención se describe en términos de una realización específica preferida, será
20 fácilmente evidente para los expertos en esta técnica que se pueden hacer diversas modificaciones, redistribuciones y reemplazos. El alcance de la invención está definido por las reivindicaciones adjuntas a la misma.

La invención propuesta consiste en un método que aplica varios subprocesos hasta llegar a
la identificación inequívoca de la especie a la que pertenece el réptil por medio de sistemas
25 inteligentes. El primero, realiza un pre-procesado de la señal (i). A continuación, se realiza una segmentación de las emisiones acústicas contenidas en la grabación de audio por medio de un análisis automático de su espectrograma (ii). Sobre los segmentos de audio se extraen características en el dominio del tiempo y la frecuencia para caracterizar cada sonido verbal

o no verbal y se fusionan todas las características para tener una robusta y única representación de la fuente sonora. (iii). Se aplicará una transformación del modelo de Markov para generar una mayor dimensionalidad y nueva representación de características, sobre la representación fusionada. (iv). Los parámetros transformados se envían a un algoritmo clasificador de patrones para realizar la identificación de la especie (v).

A continuación, se describen en detalle los subprocesos enumerados previamente.

- (i) El pre-procesado de la señal consiste en la conversión de estéreo a mono del audio procedente de las grabaciones sonoras realizando la media entre los dos canales y se filtra la señal paso bajo con frecuencia de corte de 18 kHz, debido a que las emisiones de los reptiles se concentran fundamentalmente en bajas frecuencias. A continuación, se aplica un filtro de pre-énfasis para igualar la energía del espectro definido por la ecuación $Y(n) = X(n) - 0.95 * X(n-1)$, donde $X(n)$ es la señal sonora e $Y(n)$ la salida del filtro. El filtro de pre-énfasis permite aumentar la contribución de las altas frecuencias en la identificación del espécimen.
- (ii) Una vez pre-procesada la señal se procede a la segmentación de sonidos vocales o no vocales de forma automatizada realizando un estudio del espectrograma de la señal. Para ello se emplea una versión especialmente modificada del algoritmo de Härmä para la obtención de los segmentos. Para ello el espectrograma se recorre aplicando una ventana de Hamming de duración 11.6 ms. y solapamiento del 45%. En cada paso de la ventana se localiza el punto de mayor energía del espectrograma y se toma la señal a izquierda y derecha de ese punto hasta que la energía cae a 20 dB decibelios, repitiendo el proceso a cada paso de la ventana. A continuación, se aplica un supresor inteligente de muestras incorrectas para eliminar automáticamente aquellos segmentos que no contienen información relevante para la identificación. Para ello, se ha aplicado el algoritmo de alineamiento temporal dinámico en inglés, *Dynamic Time Warping* (DTW), utilizando como intervalo de confianza la media más 1.8 veces la desviación estándar. Este diseño, que no se había utilizado con anterioridad en la detección de animales, impide que sonidos del entorno natural interfieran en el proceso de clasificación aumentando la tasa de éxito en el reconocimiento.
- (iii) Una vez obtenidas las distintas emisiones acústicas se extraen sobre cada una de ellos los coeficientes de caracterización espectrales MFCC y LFCC, en inglés "*Mel and Lineal Frequencial Cepstral Coeficients*", para obtener información de todo el

espectro; y se obtienen parámetros temporales como la longitud temporal del sonido y su entropía.

A continuación, se fusiona el conjunto de parámetros extraídos por cada sonido; creando un único vector que caracteriza tanto en frecuencia como en tiempo cada una de las llamadas. Se toman 14 coeficientes por cada una de las características, formando por tanto un vector de 28 coeficientes por cada segmento, modelando así la información tanto de las altas como de las bajas frecuencias de los sonidos producidos por los reptiles.

- (iv) Se aplica una transformación mediante el uso de los modelos ocultos de Markov, para generar una mayor dimensionalidad de la anterior fusión parametrizada. Este nuevo espacio de representación tendrá un mayor discriminante y mejorará el porcentaje de éxito del reconocimiento, sobre los sistemas clásicos que no usan este tipo de hiperdimensionamiento.

La transformación permitirá pasar del vector obtenido de la fusión paramétrica a un vector de mucha mayor dimensión, adaptado a un espacio de representación que dependerá del número de estados y del número de símbolos por estados del modelo oculto de Markov (MOM). Serán a estos vectores representados a los que se le aplicará el clasificador SVM para obtener un resultado de reconocimiento.

Teniendo en cuenta la nomenclatura usada en la descripción del clasificador MOM, se interpreta $P(X|\lambda)$ como la probabilidad de que un vector de características X (que es el resultado de la fusión paramétrica) haya sido creado por el modelo de Markov λ , definido por el número de estados y los símbolos por estado. Entonces el espacio adaptado para el mapeo mencionado de vectores de la fusión queda definido como el gradiente del logaritmo de dicha probabilidad:

$$U_X = \nabla_{\theta} \log P(X|\lambda)$$

Donde cada componente de U_X es la derivada con respecto a un determinado parámetro del MOM y especifica consecuentemente la medida en la que cada parámetro contribuye al vector de la fusión paramétrica. En este caso se ha utilizado solo la derivada respecto a la matriz de probabilidad de emisión de símbolos, $\{b_j(v_k) | 1 \leq k \leq M\}_{1 \leq j \leq N}$. Que indica la probabilidad de emitir un símbolo v_k estando en el estado j . Donde N es el número de estados y M el número de símbolos por estado.

Se obtiene entonces la expresión de transformación del modelo de Markov siguiendo la expresión:

$$U(i, k) = \frac{\partial}{\partial b_i(v_k)} \log P(X|\lambda) = \frac{\sum_{t=1}^T \gamma_t(i) \delta(\|v_k - X_t\|)}{b_i(v_k)} ;$$

5

donde $1 \leq k \leq M, 1 \leq i \leq N$

Siendo δ la función delta de Dirac y la matriz gamma $\gamma_i(i)$ un indicativo de la probabilidad de estar en el estado i en un instante t . El numerador de la expresión anterior indica el número de veces que se usó cada símbolo en cada estado.

10 (v)

Los vectores se envían a un sistema de clasificación basado en una máquina de soporte de vectores SVM, en inglés “*Support Vector Machine*”, de identificación multi-clase aplicando la estrategia “OneVsOne” que ha sido previamente entrenado con los audios de las especies de reptiles que se desea identificar. A la salida del clasificador se obtiene el reconocimiento o detección de las especies o individuos en los que se desee realizar el estudio, censo o seguimiento. La máquina de soporte de vectores ha sido configurada empleando un núcleo de tipo Gaussiano, $K(x, x') = \exp(-\gamma \|x - x'\|^2)$, con un valor de $\gamma = 0.52$ y un margen blando de parámetro $C = 20$. La transformación del modelo de Markov permite una mejor separación del espacio muestral en la entrada del SVM separando de forma más eficiente las distintas clases y, por tanto, incrementando los límites de decisión del mismo facilitando el reconocimiento. Este diseño es, por tanto, más eficaz que los diseños clásicos al permitir una diferenciación más óptima de los distintos sonidos. Los resultados experimentales dan como resultado tasas de acierto por encima del 99% en la identificación de la especie a la que pertenece el reptil.

25

REIVINDICACIONES

1.- Método para la identificación y clasificación automática de especímenes animales
 5 pertenecientes al grupo Reptilia (reptiles o sauropsidas) por medio de la transformación del
 modelo de Markov de la fusión paramétrica de las características de sus emisiones bio-
 acústicas de sonidos verbales y no verbales, usando un sistema inteligente de reconocimiento
 de patrones y un sistema de supresión inteligente de sonidos o segmentos incorrectos. Por
 tanto, el método permite la identificación taxonómica de las especies por medio de los
 10 sonidos no verbales, es decir aquellos no producidos por medio de cuerdas vocales, por
 ejemplo, los producidos por fricción de distintas partes corporales. El método también
 identifica individuo, especie y género de cada reptil. Los sonidos detectados se hacen pasar
 por un supresor inteligente de segmentos, para descartar los sonidos procedentes del entorno
 y a todos aquellos que contengan poca o nula información para la identificación. El sistema
 15 inteligente de supresión del ruido ambiental permite una óptima identificación de los
 especímenes en entornos ruidosos, permitiendo su implantación en equipos de campo al
 suprimir la necesidad de la intervención humana en la selección de los sonidos que serán
 procesados por el sistema de entrenamiento como se ha realizado hasta ahora por el estado
 de la técnica. Finalmente, el reconocimiento taxonómico de cada reptil se produce al aplicar
 20 la transformación del modelo de Markov de la fusión de información de parámetros
 espectrales y temporales, que caracterizan las emisiones acústicas de estos especímenes en
 frecuencia y tiempo. En este caso, los sonidos verbales y no verbales procedentes de los
 reptiles son caracterizados por medio de La transformación del modelo de Markov de la
 fusión paramétrica de sus características a un espacio de mayor dimensionalidad lo que
 25 facilita la identificación taxonómica con un mayor grado de acierto que técnicas previas.

La particular transformación se ha calculado mediante la derivada del modelo de Markov
 resultante de parametrizarlo con la fusión de los parámetros ceptrales y temporales de los
 sonidos del grupo de Reptilia, siendo derivado con respecto a la matriz de probabilidad de
 emisión de símbolos, $\{b_j (v_k) |_{1 \leq k \leq M}\}_{1 \leq j \leq N}$; que indica la probabilidad de emitir un símbolo
 30 v_k estando en el estado j , como forma de hiperdimensionar las emisiones sonoras del grupo
 de Reptilia a otro espacio de representación más discriminante. Donde N es el número de
 estados y M el número de símbolos por estado. Se obtiene entonces la expresión de
 transformación del modelo de Markov siguiendo la expresión:

$$U(i, k) = \frac{\partial}{\partial b_i(v_k)} \log P(X|\lambda) = \frac{\sum_{t=1}^T \gamma_t(i) \delta(\|v_k - X_t\|)}{b_i(v_k)} ;$$

donde $1 \leq k \leq M, 1 \leq i \leq N$

- 5 Siendo δ la función delta de Dirac y la matriz gamma $\gamma_t(i)$ un indicativo de la probabilidad de estar en el estado i en un instante t . El numerador de la expresión anterior indica el número de veces que se usa cada símbolo en cada estado.

Con el nuevo espacio de representación de mayor dimensionalidad de la transformación del modelo de Markov de la fusión de parámetros, se clasifica e identifica la especie o individuo

- 10 por medio de un algoritmo de aprendizaje automatizado.

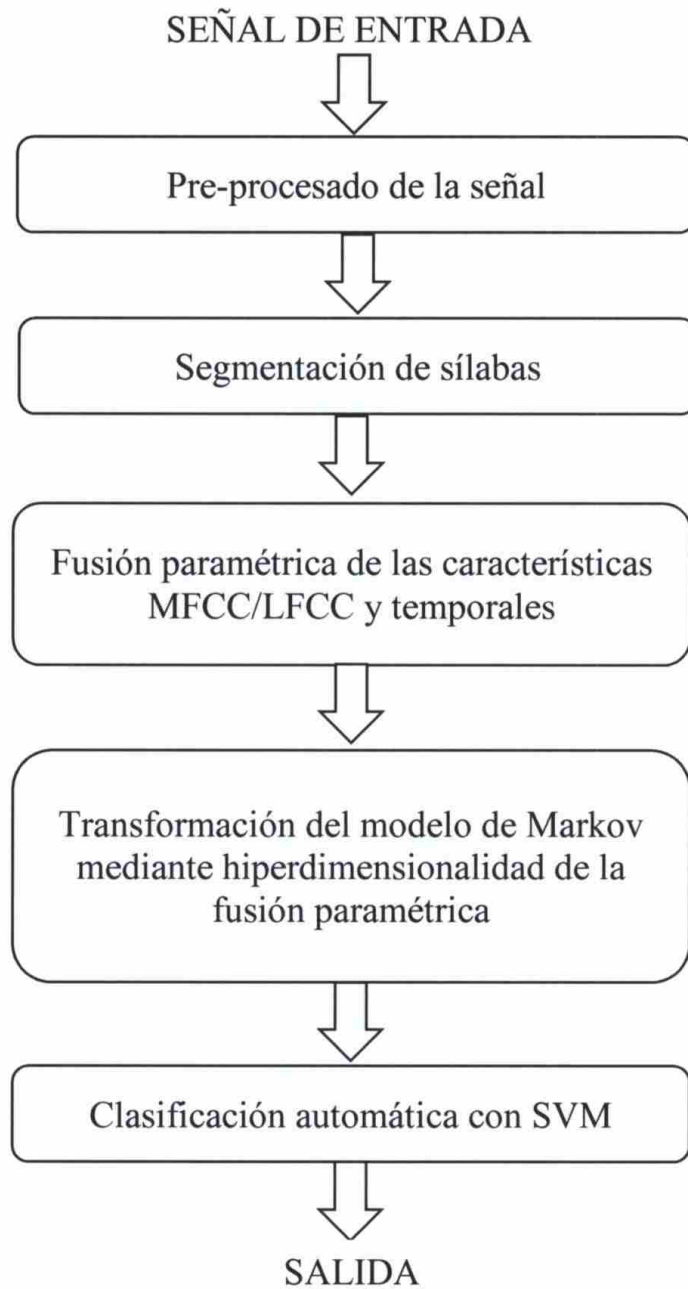


Figura 1.

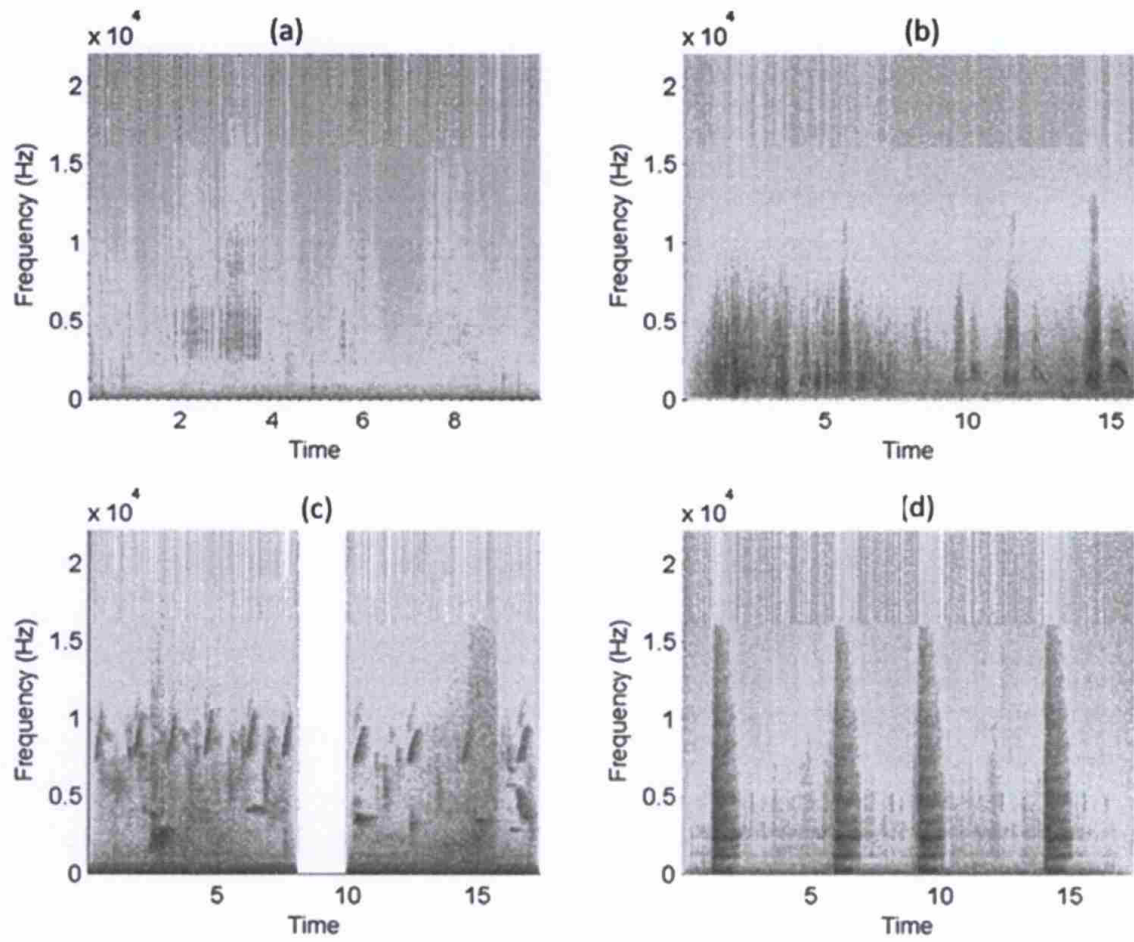


Figura 2.

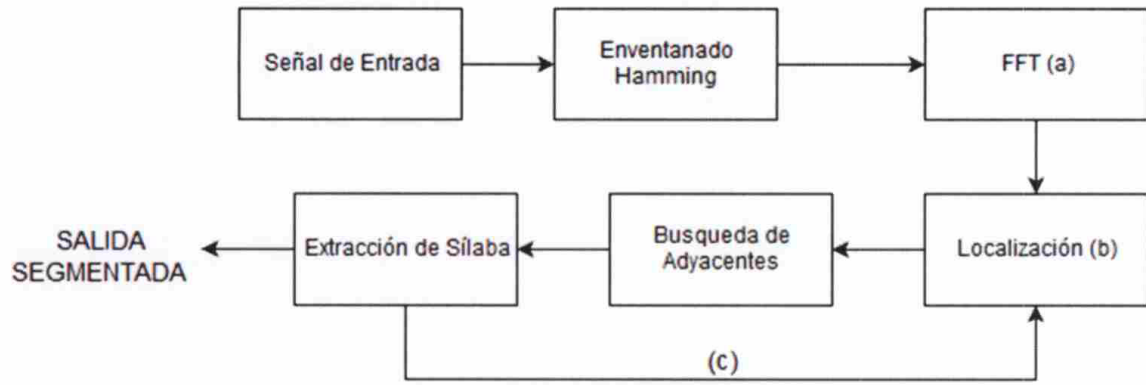


Figura 3.

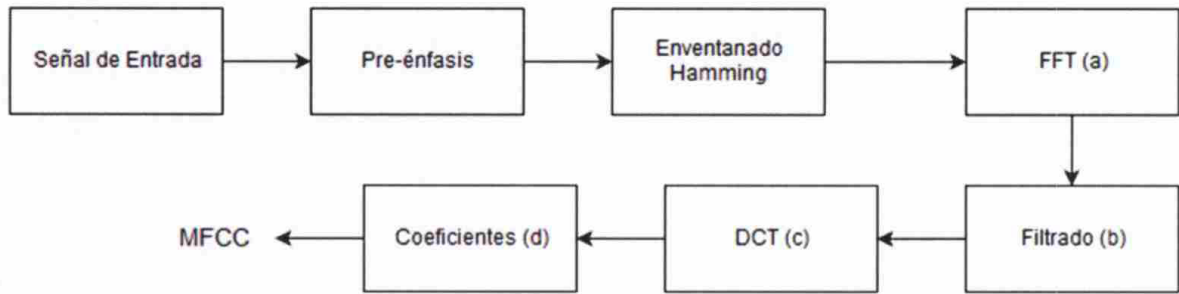


Figura 4.



- ②¹ N.º solicitud: 201600805
 ②² Fecha de presentación de la solicitud: 16.09.2016
 ③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤¹ Int. Cl.: **G10L15/14** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ ⁶ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	Noda Juan J et al. METHODOLOGY FOR AUTOMATIC BIOACOUSTIC CLASSIFICATION OF ANURANS BASED ON FEATURE FUSION. 29/12/2015, Vol. 50, Páginas 100 - 106, ISSN 0957-4174, <DOI: 10.1016/j.eswa.2015.12.020>. Todo el documento, Todo el documento,	1
A	US 2005049877 A1 (AGRANAT IAN) 03/03/2005, Todo el documento,	1
A	US 2007129936 A1 (WANG YE-YI et al.) 07/06/2007, Todo el documento,	1
A	Noda Arencibia Juan J et al. AUTOMATIC CLASSIFICATION OF FROGS CALLS BASED ON FUSION OF FEATURES AND SVM. 20/08/2015, Páginas 59 - 63, ISBN 978-1-4673-7947-2; ISBN 1-4673-7947-6, <DOI: doi:10.1109/IC3.2015.7346653>. Todo el documento,	1
A	US 2015269933 A1 (YU DONG et al.) 24/09/2015, Todo el documento,	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

<p>Fecha de realización del informe 27.03.2017</p>	<p>Examinador M. Muñoz Sanchez</p>	<p>Página 1/4</p>
---	---	------------------------------

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G10L

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPIEE, XPI3E

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 27.03.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	Noda Juan J et al.. METHODOLOGY FOR AUTOMATIC BIOACOUSTIC CLASSIFICATION OF ANURANS BASED ON FEATURE FUSION. EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS, 20151229 OXFORD, GB. Yigitcanlar Tan, Vol. 50, Páginas 100 - 106, ISSN 0957-4174, <DOI: 10.1016/j.eswa.2015.12.020>	29.12.2015
D02	US 2005049877 A1 (AGRANAT IAN)	03.03.2005
D03	US 2007129936 A1 (WANG YE-YI et al.)	07.06.2007
D04	Noda Arencibia Juan J et al. AUTOMATIC CLASSIFICATION OF FROGS CALLS BASED ON FUSION OF FEATURES AND SVM. 2015 Eighth International Conference on Contemporary Computing (IC3), 20150820 IEEE. Páginas 59 - 63, ISSN ISBN 978-1-4673-7947-2 ; ISBN 1-4673-7947-6, <DOI: doi:10.1109/IC3.2015.7346653>	20.08.2015
D05	US 2015269933 A1 (YU DONG et al.)	24.09.2015

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se considera D01 el documento más próximo del estado de la técnica al objeto de la solicitud.

Reivindicaciones independientes

Reivindicación 1: El documento D01 describe un método de reconocimiento automático de anuros utilizando una fusión paramétrica de las características de sus emisiones bioacústicas, sonidos, y aplicando un sistema inteligente de reconocimiento de patrones. La fusión paramétrica se obtiene a partir de los coeficientes MFCC y LFCC (*Mel and Lineal Frecuencial Cepstral Coeficients*), la duración del sonido y su entropía. Finalmente se clasifica e identifica la especie o individuo por medio de un algoritmo de aprendizaje automatizado (máquina de vectores de soporte).

El documento D01 no indica que se realicen:

- una supresión inteligente de segmentos, para descartar los sonidos procedentes del entorno y todos aquellos que contengan poca o nula información para la identificación.
- una transformación del modelo de Markov basada en el gradiente de probabilidad de un vector de características

En cuanto a la primera, se trata de una característica que representa una alternativa conocida que el experto en la materia consideraría incluir para mejorar el preprocesamiento de sonidos. A modo ilustrativo de este hecho se cita el documento D02.

En cuanto a la segunda, el uso del gradiente, es comúnmente conocido en el campo técnico del reconocimiento de patrones, a la hora de estimar qué modelo (qué especie de anuro, en este caso) se ajusta mejor a los sonidos obtenidos. La definición de unos vectores asociados a cada sonido en función de distintos valores de parámetros y realizar la discriminación basándose en dichos vectores asociados, **sin más** (según se expresa en esta reivindicación), teniendo en cuenta lo que representan dichos nuevos vectores, puede considerarse, por tanto, un uso adicional (opción) evidente de una operación habitual.

Por otra parte, el hecho de que el método se aplique a anuros en lugar de a reptiles, no supone una característica técnica per se y así, el documento D01 afecta a la actividad inventiva de la reivindicación 1 según el art. 8.1 de la Ley de Patentes.