

Perceptually-Based Signal Features for Environmental Sound Classification

Tribunal:

Climent Nadeu, Universitat Politècnica de Catalunya

Antti Eronen, Nokia Research Centre

Stavros Ntalampiras, Politecnico di Milano

Julien Pinquier, Institute de Recherche en l'Informatique de Toulouse

Xavier Sevillano, La Salle-Universitat Ramon Llull

Resumen:

Esta tesis plantea el problema de la clasificación automática de sonidos ambientales, es decir, cualquier sonido diferente al habla o a la música que se encuentre en el medio ambiente. En términos generales, se requieren dos grandes procesos para llevar a cabo dicha clasificación: la extracción de descriptores de la señal con el fin de componer patrones representativos de cada tipo de sonido y la técnica de aprendizaje máquina que efectúa la clasificación de dichos patrones. El objetivo principal de esta investigación se centra en el primer proceso, estudiando descriptores de las señales que representen de manera óptima las características de cada sonido, ya que, según varias referencias, es un punto clave para lograr un reconocimiento robusto. Este tipo de señales de audio poseen diferencias significativas con respecto a las señales del habla o de la música. Por lo tanto, los descriptores de la señal deben ser determinados y adaptados a sus características propias. En este



sentido, se proponen descriptores inspirados por el sistema auditivo y la percepción sonora humana para mejorar la representación y clasificación de las señales sonoras ambientales.

En primer lugar, en el análisis del dominio espectral de la señal, se proponen y adaptan a la clasificación de sonido ambiental unos coeficientes Cepstrales computados con filtros biológicamente inspirados Gammatone, obteniendo los llamados Gammatone Cepstral Coefficients (GTCC). Los resultados experimentales muestran un incremento en las tasas de clasificación cuando usamos los GTCC en lugar de los clásicos Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) para describir cualquiera de los conjuntos de sonidos ambientales testea-

dos. La mejora es atribuida a una mejor recopilación de la información espectral de la señal, especialmente cuando los detalles o particularidades aparecen en bandas bajas de frecuencia.

En segundo lugar, la información del dominio temporal de la señal es introducida acorde con las características específicas de cada conjunto de sonidos ambientales. Por un lado, se proponen los coeficientes Wavelets Gammatone (GTW) para parametrizar sonidos relacionados con aplicaciones de vigilancia, dado que conjugan el óptimo análisis espectral de los filtros Gammatone con la capacidad de captar eventos impulsivos o de corta duración de la transformada espectro-temporal de Wavelet. Por otro lado, se proponen los descriptores Narrow-Band Auto-correlation Function (NB-ACF) para parametrizar señales de paisajes sonoros, dada su capacidad para extraer las complejas características de dichos paisajes sonoros compuestos por múltiples y coexistentes eventos sonoros. En este caso, los descriptores NB-ACF son capaces de representar sonidos espectralmente no superpuestos gracias al análisis detallado (consistente en la parametrización de la función de autocorrelación mediante cinco parámetros perceptuales) realizado independientemente en cada banda espectral. Los NB-ACF superan a los MFCC independientemente de la técnica de aprendizaje máquina utilizada, especialmente cuando éstos son calculados un banco de filtros Gammatone.

Por último, se estudia el caso particular de la clasificación de fuen-

tes de ruido ambiental que afectan a la salud y calidad de vida de las personas. En trabajos preliminares se detectó la dificultad de distinguir entre fuentes de ruido de tráfico (coche, camión, moto). Con el objetivo de mejorar la clasificación de dichas fuentes de ruido, se propone un sistema de clasificación jerárquica que

considera las distintas fases del paso de un vehículo. Las fases de paso se refiere a las fases en que se puede dividir el paso de un vehículo y que son perceptualmente distinguibles: aproximación, paso y alejamiento. El esquema propuesto, que usa modelos de mezcla de Gaussianas, proporciona una precisión en la

clasificación comparable a una aproximación clásica con modelos ocultos de Markov (técnica de aprendizaje que contempla intrínsecamente la evolución temporal de la señal) pero con unos requisitos computacionales notablemente inferiores.

Abstract:

This thesis faces the problem of automatically classifying environmental sounds, i.e., any non-speech or non-music sounds that can be found in the environment. Broadly speaking, two main processes are needed to perform such classification: the signal feature extraction so as to compose representative sound patterns and the machine learning technique that performs the classification of such patterns. The main focus of this research is put on the former, studying relevant signal features that optimally represent the sound characteristics since, according to several references, it is a key issue to attain a robust recognition. This type of audio signals holds many differences with speech or music signals, thus specific features should be determined and adapted to their own characteristics. In this sense, new signal features, inspired by the human auditory system and the human perception of sound, are proposed to improve the representation and classification of environmental sound signals.

Firstly, in the spectral signal analysis domain, Cepstral coefficients computed with the biologically inspired Gammatone filters are proposed and adapted to environmental sound classification, obtaining the so-called Gammatone Cepstral Coefficients (GTCC). The experimental results show an increase in the classification rates when GTCC are used instead of the standard-de-facto Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) to describe any of the different tested environmental sound sets. The improvement is attributed to a better representation of the spectral signal details, especially when those appear at low frequency bands.

Secondly, the temporal signal analysis domain is introduced according to the specific characteristics of different environmental sounds. On the one hand, the Gammatone Wavelet coefficients (GTW) are proposed for surveillance-related sounds parameterisation, since they merge the optimum spectral analysis of Gammatone filters with the ability to catch the short duration and impulsive events of Wavelet time-frequency transform. On the other hand, the Narrow-Band Autocorrelation Function (NB-ACF) features are proposed for soundscape signal parameterisation, since they are able to take into account the complex characteristics of such signals that are composed of multiple coexisting sound events. In this case, the NB-ACF features are able to represent non-spectrally overlapped sounds thanks to the detailed analysis (consisting in the parameterisation of the Autocorrelation Function with five perceptually-based descriptors) that is performed in each spectral band. NB-ACF features, especially when combined with Gammatone filter banks, notably outperform MFCC, regardless of the machine learning technique employed.

Finally, a particular case is studied, which deals with the classification of the environmental noise sources that affect human's health and quality of life. Preliminary works flag out the difficulty to distinguish among road vehicle noise sources (car, truck, motorbike). With the goal of improving the classification of such noise sources, a hierarchical classification system that takes into account the different vehicle pass-by phases is proposed. The vehicle pass-by phases refer to the perceptually distinguishable phases in which a vehicle pass-by might be divided into: the approaching, the passing-by and the receding. The proposed scheme, working with Gaussian Mixture Models, is able to yield comparable classification accuracies with respect to a traditional approach employing Hidden Markov Models (a machine learning technique that inherently takes into account the signal time evolution) but with dramatically lower computational cost requirements.

Modelización experimental del ruido de rodadura en ensayo de homologación de neumáticos

Tribunal:

Presidente: Antonio Simón Mata (Dpto. de Ingeniería Mecánica y Mecánica de Fluidos, Universidad de Málaga)

Secretario: Miguel Sánchez Lozano (Dpto. de Ingeniería Mecánica y Energía, Universidad Miguel Hernández de Elche)

Vocales: José Luís San Román García (Dpto. de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid)

Jordi Romeu Garbí (Dpto. de Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica de Cataluña)

Alfonso Fernández del Rincón (Dpto. de Ingeniería Estructural y Mecánica, Universidad de Cantabria)

Resumen:

La principal fuente sonora de un vehículo cuando circula a alta velocidad procede de la interacción entre sus neumáticos y la calzada, fenómeno conocido como ruido de rodadura. La metodología de referencia para evaluar el ruido de rodadura así como para la homologación de nuevos neumáticos es el método Coast-By, descrito en la Directiva 2001/43/CE. El procedimiento de evaluación definido en este método es el que mejor representa la molestia causada a un transeúnte por la rodadura de los neumáticos, ya que se realizan registros del nivel de presión sonora a 7,5m de distancia del vehículo. Sin embargo, ciertos autores coinciden en que este método presenta ciertos inconvenientes como procedimiento de homologación, entre otros factores por ser muy sensible al ruido de fondo.



Autora:

Nuria Campillo Davó

Directores:

Emilio Velasco Sánchez

Ramón Peral Orts

Exposición:

4 de abril de 2013

Lugar:

Escuela Politécnica Superior de Elche, Universidad Miguel Hernández de Elche

En la presente Tesis Doctoral se recoge un modelo experimental para la evaluación del ruido de rodadura de neumáticos durante su ensayo de homologación. La modelización experimental parte de un método alternativo a la metodología de homologación actual, con el que predecir el resultado del ensayo de homologación evaluando la emisión sonora de un neumático en su entorno cercano. La principal novedad de este método radica en obtener el nivel de potencia sonora de la fuente, considerada ésta como un sistema en el que neumático y pavimento intervienen simultáneamente.

A partir del resultado experimental de potencia sonora obtenido con

el método alternativo, denominado A-CPX, se desarrolla un modelo de comportamiento sonoro en el que se considera el efecto de la propagación sonora entre fuente y receptor. Con este modelo se obtiene el nivel de presión sonora que se recogerá a 7,5m de distancia del vehículo, considerando que en este punto se recibirá el sonido emitido por los cuatro neumáticos del vehículo.

Para establecer la relación entre la potencia sonora que emite un neumático en rodadura y la que emite el conjunto de los cuatro neumáticos de un vehículo se ha diseñado una segunda metodología, denominada A-CB, planteada para evaluar la potencia sonora de la rodadura de cuatro neumáticos instalados en un vehículo. Esta segunda metodología se emplea como punto intermedio en el análisis de la propagación sonora para la validación del modelo experimental.

La viabilidad de ambas metodologías ha sido previamente estudiada mediante simulaciones matemáticas, obteniendo resultados satisfactorios que han conducido a analizar su viabilidad técnica mediante ensayos experimentales. Los ensayos experimentales finales proporcionan resultados que demuestran que ambas metodologías son aptas para cumplir su propósito.

El trabajo realizado y los resultados alcanzados en el marco de la presente Tesis Doctoral permiten concluir que se ha logrado el objetivo principal de la investigación, obteniendo un modelo experimental para evaluar el ruido de rodadura en ensayo de homologación de neumáticos.

Abstract:

The main vehicle's noise source when it travels at high speed comes from the interaction between tyres and road, a phenomenon known as tyre/road noise or rolling noise. The reference methodology for evaluating rolling noise and for tyres type approval is the Coast-By method, described in the Directive 2001/43/EC. The assessment procedure described in this method represents, in a proper way, the discomfort caused to a pedestrian because of the tyre/road noise. However, some authors agree that this method is not the most suitable as approval procedure, because of being very sensitive to background noise among other factors.

The present Doctoral Thesis collects an experimental model for the evaluation of tyre/road noise in approval test conditions. The model is based in an alternative methodology which predicts the result of the approval test by means of evaluating tyre noise emission in its surroundings. The main innovation of this method is to obtain the sound power level of the source, considering the source as a system in which tyre and pavement are involved.

Based on the experimental results obtained with the alternative method, called A-CPX, it is developed a noise model which considers the effect of sound propagation between source and receiver. The model predicts the sound pressure level at 7.5m away from the vehicle, considering that at this point it will be received the sound emitted by the set of tyres installed on the vehicle.

To determine the relationship between the sound power emitted by a rolling tyre and the sound power emitted by the set of four tyres, it has been designed a second methodology, called A-CB. The aim of this methodology is to evaluate the sound power level emitted by a set of four tyres installed in a vehicle. The methodology is used as an intermediate point in the analysis of sound propagation to validate the experimental model.

The feasibility of both methods has been previously studied using mathematical simulations, and the satisfactory results have led to analyze the technical viability by means of experimental tests. The tests provide excellent results which show that both methods are suitable to fulfil their purpose.

The work carried out and the results achieved in the framework of this PhD Thesis allow concluding that it has been achieved the goal of the research: to obtain an experimental model to evaluate tyre/road noise in type approval test.

Índice de anunciantes

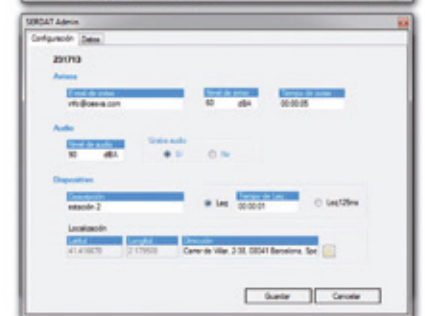
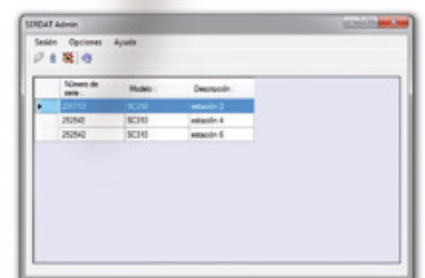
	Pág.
Álava Ingenieros	2
Saint-Govain Cristalería Isover	12
Audiotec	30
Microflown	39
Cesva Instruments	44-45
Rockwoolr	50
Decustik	71
Brüel & Kjaer	72-73
Vibcon	84
Ursa	86
Acusttel	88

CESVA

www.cesva.com

Red de vigilancia del ruido

Noise
Surveillance
Network



**Terminales de monitorización
de ruido Ambiental
TA024**

Software
SERDATadmin
Capture Studio

CESVA

GIP, global insulation package

www.cesva.com



MI005

Máquina de impactos

FP 121

Fuente de presión

 **Bluetooth**



SC 310

Sonómetro analizador de espectro

SOFTWARE

Cálculo de Aislamientos
CESVA Insulation Studio (CIS)

Ayuda a la medición
CESVA Measurement Assistant (CMA)

