

# Desarrollo de métodos inteligentes para la detección y clasificación de ronquidos

Leandro Perren - Matias Meurzet

2 de marzo de 2016

# Indice

Agradecimientos

Resumen

## 1. Introducción

- 1.1) Motivación.
- 1.2) Estado del arte.
- 1.3) Organización de la tesis.

## 2. Método de detección de ronquidos por medio del T0.

- 2.1) Procedimiento
- 2.2) Cálculo del T0 y comparación entre segmentos de distintas señales
  - 1) Análisis señales correspondientes a hombres
  - 2) Análisis señales correspondientes a mujeres
- 2.3) Comparación de T0 entre hombres y mujeres
- 2.4) Análisis de sonidos no deseados (ruidos)
- 2.5) Mejora a través de funciones de recorte
- 2.6) Cantidad mínima de ronquidos por segmento
- 2.7) Tasas de aciertos del método en Matlab.

## 3. Desarrollo de aplicación Android

- 3.1) Análisis y definición de requerimientos
- 3.2) Diseño del sistema y del software
- 3.3) Integración y prueba del sistema
- 3.4) Tasas de aciertos aplicación Android.

## 4. Conclusión

## 5. Bibliografía

## 6. Anexos

## Resumen

En la actualidad existen distintas herramientas para la detección de ronquidos de uso doméstico, las cuales van desde elementos diseñados especialmente como almohadas inteligentes o pulseras hasta diferentes aplicaciones para dispositivos móviles. Todos ellos consisten del análisis de una señal capturada por medio del micrófono del dispositivo. La problemática con estos métodos es que solamente realizan un análisis de la señal en busca de cambios bruscos del nivel de energía, lo cual hace que las aplicaciones sean poco robustas a los ruidos que se pueden presentar en un entorno cotidiano bajo condiciones normales. El objetivo de esta tesis es desarrollar una aplicación Android capaz de detectar episodios de ronquidos mediante la captura por medio del micrófono del dispositivo y que sea robusta frente al ruido. Es por esto que se propone un método basado en el cálculo del T0 por medio de la autocorrelación. Este método usado por la aplicación recorrerá por ventaneo en tiempo real toda la señal capturada por el dispositivo y determinará si el T0 de esa ventana cae dentro de un rango determinado para que sea considerado ronquido. Este rango de T0 se determina mediante la extracción de una gran cantidad de ronquidos sacados de señales EDF provistas por un especialista de trastornos de sueño y que consisten de señales limpias de personas de ambos sexos. La base de este método propuesto está en la naturaleza cuasi-periódica que los ronquidos presentan y que los ruidos no, a su vez la ventaja de utilizar el T0 se basa en que únicamente se analiza temporalmente la señal y que se puede utilizar señales de baja frecuencia (100Hz) lo que genera un costo computacional, de almacenamiento y de consumo de energía mucho menor que el de otros métodos que utilizan además características frecuenciales.

# 1. Introducción

## 1.1. Motivación

El ronquido es un sonido respiratorio producido durante el sueño pudiendo ser inspiratorio, espiratorio o bien ocupar todo el ciclo respiratorio. El surgimiento se debe a que el flujo de aire encuentra una obstrucción al pasar por detrás de la boca y la nariz, en donde la lengua y la parte superior de la garganta se encuentran con el paladar blando y la úvula. El choque de estas estructuras sumado al paso de la respiración determina la presencia del ronquido.

La importancia de la detección de esta patología excede el simple hecho de evitar roncar por las noches, esta situación puede ocasionar trastornos sociales al impedir el sueño de aquellos que rodeen al roncador, así como también producir el conocido Síndrome de Apneas Obstructivas del Sueño (SAOS).

Actualmente existen numerosas herramientas y dispositivos que permiten detectar esta patología en una persona. Dentro de éstas se encuentran diferentes aplicaciones disponibles para dispositivos móviles (smartphones) que cuenten con sistema operativo (OS) Android [6] o AppleiOS[7], ejemplos de las mismas son las aplicaciones SnoreClock y AntiSnore para Android y, AntiRonquidos y SnoreLab para dispositivos iPhone. Otros dispositivos que se encuentran disponibles hoy en día y que suelen ser menos frecuentes y más costosos son, por ejemplo, Snore-detection pillow [9] o almohada detectora de ronquidos, las pulseras detectoras, las cuales son colocadas en la muñeca como si se tratara de un reloj, además de una cama inteligente (The Starry Night Sleep Technology Bed) [8] que dispone de un dispositivo de detección y ajuste de la posición de la cabeza para que los sonidos cesen. Algunos de los dispositivos mencionados para la detección de esta patología (principalmente dispositivos móviles) están basados en un simple análisis de la señal de audio digital, capturada por el dispositivo, buscando cambios bruscos que superen un umbral dado de energía, indicando así la presencia de ronquido.

La problemática de los métodos actuales mencionados, radica en el hecho de que no cualquier sonido que supere cierto umbral de energía es un ronquido. Este problema se puede presentar de manera habitual cuando un individuo realiza la grabación en un ambiente natural como una habitación, en la cual se pueden adicionar muchos ruidos. Se entiende como ruido toda aquella información no deseada que se encuentre contenida en la señal bajo análisis, generando inconvenientes, pudiendo ser estos tanto externos (colectivos, motos, vecinos, etc.) como internos (charlas, música, TV, cierre brusco de puerta, etc.) incorporando una gran cantidad de energía a la señal, siendo eventualmente detectados como ronquido.

Desde esta problemática, surge la posibilidad de poder desarrollar una apli-

cación para dispositivos móviles la cual utilizando métodos más inteligentes que los actuales, sea capaz de reconocer y clasificar ronquidos, a partir de la captura de una señal de audio digital mediante el micrófono de un dispositivo móvil (smartphone), realizando el análisis de la misma y bajo la aplicación de diversos conocimientos:

1. Mecánica de la respiración.
2. Fisiología y anatomía de la vía aérea superior (VAS).
3. Procesamiento de señales.
4. Informática.

La importancia de la mecánica de la respiración [5] y de la fisiología y anatomía de la vía aérea superior (VAS) [5]: fosas nasales, faringe y laringe, reside en el conocimiento funcional del aparato respiratorio para comprender por qué se produce el ronquido. El funcionamiento incorrecto de alguna de sus partes provoca la oclusión intermitente de la VAS que predispone el desarrollo de la roncopatía. La informática [12][13] es una ciencia que estudia métodos, procesos y técnicas con el fin de almacenar, procesar y transmitir información y datos en formato digital. Los campos aplicables para este estudio van desde la ciencia de la computación hasta la ingeniería de software para el desarrollo de una solución integral de cómputo y comunicación capaz de procesar información de manera automática. El procesamiento de señales [10] permite la manipulación matemática de la señal para modificarla, mejorarla y extraer información en algún sentido con el fin de obtener las características necesarias para una posterior clasificación.

El método que se desarrolla en esta tesis presenta el desafío de lograr una detección y clasificación de ronquidos con la mayor tasa de aciertos posible. Para ello es preciso realizar un estudio exhaustivo de las características temporales de diferentes ronquidos de manera tal que la detección y clasificación, aún en presencia de ruido, presenten una gran robustez. Al estudiar los diferentes ronquidos se debe tener presente las condiciones del entorno en el que se capture la señal, ya que esto tendrá incidencia directa en la amplia variedad de ruidos que pueden afectarla. Otros posibles aspectos a considerar son las características personales de quien se capture la señal, es decir: edad, género, índice de masa corporal, adicciones como alcoholismo y tabaquismo, entre otras, ya que influyen en las características del ronquido mismo.

Se pretende mediante este trabajo proporcionar una alternativa inteligente respecto a los métodos actuales de detección de ronquidos, además de ser un punto inicial para futuros desarrollos tecnológicos, no necesariamente software sobre teléfonos inteligentes (smartphones), sino también para otros dispositivos que pretendan incorporar inteligencia a fin de detectar el ronquido para llevar

a cabo alguna acción determinada. A su vez se espera que sirva de base sólida para futuros trabajos que logren ampliar su alcance llevándolo a la detección y clasificación de otros trastornos como es el caso del SAOS[5].

## **1.2. Estado del arte**

Aca segun mi parecer deberiamos analizar brevemente alguna de las apps disponibles y describir algunos de los papers que utilizan señales de estudios de sueños (IEEE).

## **1.3. Organización de la tesis**

Esta tesis presenta la siguiente estructura:

- En el presente capítulo se describió la motivación de este desarrollo y el problema que será abordado. Se presenta una revisión del estado del arte de dispositivos y aplicaciones destinados a detectar ronquidos, como también se describen trabajos investigativos orientados a la detección de los mismos utilizando señales obtenidas en estudios de sueños. Finalmente, se describe la estructura de capítulos.
- En el capítulo 2 se describe el método de detección desarrollado en esta tesis. Primeramente se describe la extracción de ronquidos y calculo del T0 de las señales limpias EDF y se determinan en base a ellos una serie de parámetros. Para finalizar se presentan las tasas de acierto del algoritmo detector desarrollado en Matlab utilizando las señales limpias EDF.
- En el capítulo 3 se presenta el desarrollo de la aplicación Android. Primeramente se desarrollan las distintas etapas propuestas por la Ingeniería de Software. Luego se calculan las tasas de aciertos de la aplicación realizando distintas pruebas tanto con señales limpias (EDF) como en entornos cotidianos propensos a un alto contenido de ruidos.
- El capítulo 4 dispone de las conclusiones particulares y generales como también de propuestas de futuros trabajos que podrían derivar del presente.

# **2. Método de detección de ronquidos por medio del T0**

## **2.1. Procedimiento**