

Sistema Móvil para el Aprendizaje de los Ruidos Pulmonares

Luis Felipe Wanumen S.¹, Manuel Fernando Sánchez G.², Judy Moreno O.³

¹Facultad Tecnológica – Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá – Colombia

² Facultad Tecnológica – Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá - Colombia

³ Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Colombia Bogotá – Colombia
luhofelipe20002000@gmail.com, manuelfsanchezg@hotmail.com,
maye156@hotmail.com

Abstract. *The simplest and cheapest form used to assess the state of the lungs is listening to breath sounds through a stethoscope. This paper describes an application that helps doctors learn to identify the sounds of the lungs of a patient and generate a diagnosis.*

Resumen. *La forma más simple y económica usada para evaluar el estado de los pulmones es escuchando los sonidos respiratorios a través de un estetoscopio. Este artículo describe una aplicación que le ayuda a los médicos a aprender a identificar los sonidos de los pulmones de un paciente y generar un diagnóstico.*

1. Introducción

Los médicos por lo general detectan el estado respiratorio de una persona auscultando los pulmones del paciente. En donde auscultar es la acción de escuchar en forma directa o usando instrumentos especializados como el estetoscopio, el área torácica para evaluar si el sonido es normal o propio de un problema pulmonar [Hedayioglu, 1998].

Este proceso no es realizado de forma certera y con alta precisión por parte de los aprendices de medicina, quienes en un comienzo a pesar de intentar reconocer bien si un sonido es normal o propio de una patología, no logran distinguir estos sonidos con un alto grado de precisión [Ignacio Foche, 2010].

El no distinguir apropiadamente si un sonido es normal (ruido fisiológico), o si el ruido es anormal (ruido patológico), puede llevar al médico o enfermero a tomar una mala decisión, en cuanto al tratamiento inicial que requiere el paciente [I. Mazic, 2003]. Esta mala decisión en casos extremos puede llevar a la muerte de un paciente [Sankaran, 2010].

Aunque el método de retropropagación ha mostrado mayor rendimiento que otros métodos como el aprendizaje basado en cuantificación vectorial, ambos siguen siendo métodos no precisos a la hora clasificar un determinado sonido pulmonar. [Syafria, 2014].

De otra parte la auscultación se dificulta en ambientes ruidosos y esto hace necesario la creación de sistemas de aprendizaje con sonidos reales y con distintos

ambientes de ruido [Gwo-Ching, 2008]. Es importante mencionar que aunque se desarrollen los mejores sistemas para reconocimiento de sibilancias pulmonares (anormalidades pulmonares), siempre será necesaria la retroalimentación de un médico experto que entregue la última opinión acerca de la clasificación de un determinado sonido pulmonar [Riella, 2003].

Se propone la creación de una aplicación móvil que permita a los estudiantes evaluar sonidos pulmonares y comparar dichas respuestas con las clasificaciones dadas por médicos expertos. Los sonidos que se pueden añadir al sistema aprendizaje propuestos son reales y permiten al estudiante clasificar sonidos con diversos ruidos.

La aplicación móvil busca remediar la situación de incertidumbre en la que se encuentran los aprendices de medicina cuando no logran diferenciar claramente un sonido específico. En este caso pueden usar la aplicación android para enviar los sonidos de los estetoscopios a los expertos, a fin de obtener por parte de ellos una evaluación correcta sobre el diagnóstico preliminar que se le puede adjudicar al paciente. Esto obviamente es una herramienta clave para los estudiantes de medicina, quienes pueden apoyarse en esta plataforma móvil no sólo para atender una emergencia, sino para capacitarse cuando escuchen sonidos que no logren clasificar correctamente.

2. Funcionamiento del sistema desarrollado

2.1. Subsistema de Entrenamiento y Escucha

La aplicación móvil es la misma para estudiantes y profesores, sin embargo cuando una persona entra a la aplicación como estudiante, tiene acceso a las opciones principales de menú (Figura 1).



Figura 1. Opciones Principales de Menú para estudiantes

En donde la opción “Escuchar sonidos del tutorial”, permite al estudiante de medicina escuchar sonidos que ya están previamente clasificados y que le sirven al

estudiante de medicina para tomar las lecciones que le permitan afinar su oído. En la figura 2, se muestra la interfaz gráfica que aparece al estudiante para que elija qué sonido desea reproducir. Cada sonido tiene incluido en el audio la clasificación del mismo.



Figura 2. Opción Escuchar sonidos del tutorial

Es importante anotar que el menú inicial que se presenta al estudiante en la parte superior, da la opción para que el aprendiz elija una foto de la galería para colocar en el perfil del estudiante. Esta opción también está presente en el menú del profesor.

2.2. Subsistema de grabación y recepción de Sonidos

La segunda opción “Grabar Sonidos” es para los casos en los que el estudiante cuenta con la posibilidad de obtener de una fuente externa los sonidos amplificados.



Figura 3. Opción grabar sonidos

Sin embargo como ésta fuente no siempre está disponible y teniendo en cuenta que la mayoría de los estetoscopios modernos son digitales e incorporan tecnología bluetooth, se implementa la tercera opción “Capturar sonido bluetooth” para transferir el sonido del estetoscopio a la aplicación usando bluetooth”.

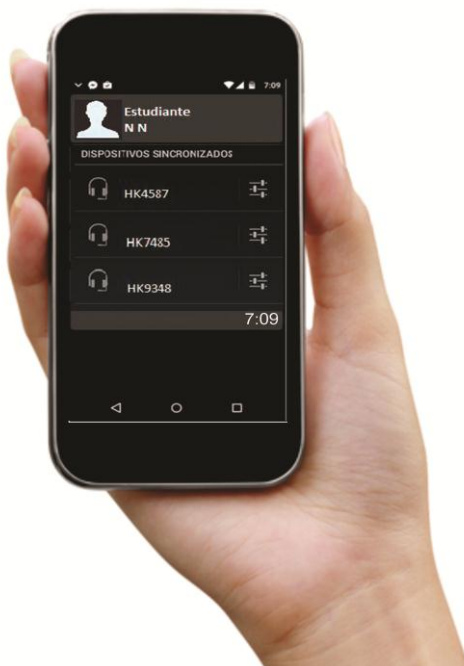


Figura 4. Esta opción permite transferir los sonidos de cada dispositivo haciendo clic sobre la conexión de cada estetoscopio.

Una vez el sonido se encuentra en el celular, el estudiante de medicina tiene la posibilidad de evaluarlo y si no está seguro sobre el tipo de evaluación que le adjudica al sonido, tiene la posibilidad de enviar la solicitud para que un profesor experto evalúe el sonido y le devuelva el resultado en la misma aplicación. Esta funcionalidad está presente en la cuarta opción “Enviar sonido a un profesor”

2.3. Subsistema de Presentación de la Evaluación

La quinta opción “Evaluar sonido”, le da la posibilidad al estudiante de medicina de practicar tanto con los sonidos que el profesor le envía vía WIFI o como con los sonidos que tiene en su celular y hacer una valoración de los mismos.

En la valoración de los sonidos por parte del estudiante, se clasifican los sonidos en unas subcategorías detalladas a fin solicitar al estudiante que identifique a qué grupo pertenece determinado sonido. La clasificación detallada se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación de Sonidos

Sonidos fisiológicos (sonidos normales)	Sonidos patológicos (sonidos anormales o adventicios)
S1) Sonidos bronquiales o tubulares en paciente adulto	S6) Sonidos Crepitantes o estertores en paciente pediátrico
S2) Sonidos bronquiales o tubulares en paciente pediátrico	S7) Sonidos Crepitantes o estertores en paciente adulto
S3) Sonido bronco vesicular en paciente adulto	S8) Sonidos de sibilancias en paciente adulto
S4) Sonido bronco vesicular en paciente pediátrico	S9) Sonidos de sibilancias en pacientes pediátricos con asma
S5) Sonidos de murmullo vesicular	S10) Sonidos de sibilancias en pacientes con bronquiolitis
	S11) Sonidos de gorjeo o roncus
	S12) Sonidos de roce pleural

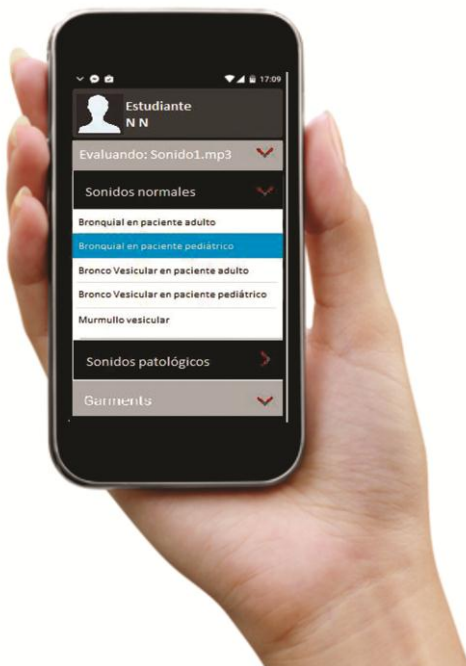


Figura 5. Evaluación de Sonidos

2.4. Subsistema de Consulta de Resultados

Finalmente la quinta opción le da la posibilidad al estudiante de consultar los resultados de sus evaluaciones realizadas. Al frente de cada sonido aparece un círculo de color verde cuando la respuesta del estudiante coincide con la respuesta del profesor y un círculo rojo cuando la respuesta no coincide con la del profesor.

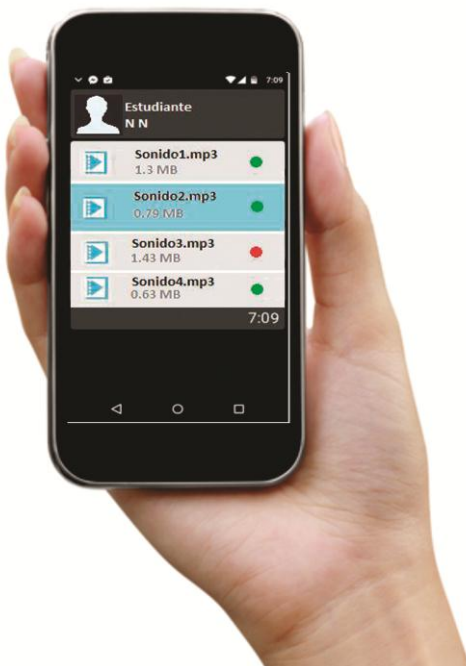


Figure 6. Consulta de resultados

De esta manera el estudiante, conoce en qué sonidos tiene dificultad y puede en forma autónoma escucharlos hasta que logre identificar perfectamente el tipo correcto al que pertenece dicho sonido.

3. Resultados

Se hizo una matriz de confusión para representar los resultados obtenidos de realizar varias ejecuciones del anterior sistema, obteniéndose la tabla 2:

Tabla 2. Resultados expuestos en una matriz de confusión

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
		s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11	s12
1	s1	1											
		2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	s2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
		0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
3	s3	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0
		0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0
4	s4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
5	s5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
		0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0
6	s6	0	1	0	0	0	6	5	0	0	1	0	0
		0	1	0	0	0	6	5	0	0	1	0	0
7	s7	0	0	0	0	0	8	5	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	8	5	0	0	0	0	0
8	s8	0	0	0	0	0	0	0	5	4	4	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	5	4	4	0	0
9	s9	0	0	0	0	0	0	0	2	7	3	0	1
		0	0	0	0	0	0	0	2	7	3	0	1
10	s10	0	0	0	0	0	0	0	3	5	5	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	3	5	5	0	0
11	s11	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	11	0
		0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	11	0
12	s12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	12
		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	12

Para referirse a las celdas de la matriz de confusión se usará la misma notación empleada por los proveedores de hojas de cálculo electrónicas para referenciar celdas. Así por ejemplo las celdas B6, F6, G6 y J6, con los valores de "1", "6", "5" y "1", muestran todos los valores distintos de cero que se encuentran en fila 6 de la tabla 2. Las columnas identificadas con letras indican las clasificaciones hechas por el sistema para los diversos sonidos. De otra parte las filas identificadas con números representan el tipo de archivo que se subió al sistema para que los clasificara e indica el tipo de archivo sonoro que fue analizado por los realizadores del experimento. Las celdas sombreadas indican los lugares donde se detectan problemas de clasificación del sistema. Las celdas sombreadas débilmente indican problemas leves que pueden tomarse como normales en este tipo de clasificaciones. De otra parte las celdas sombreadas en forma fuerte, indican problemas serios del clasificador usado por el sistema, de tal suerte que se hace

necesario prestar la mayor atención a estos problemas y plantear por lo menos trabajos futuros en las conclusiones que intenten arreglar o por lo menos disminuir el margen de error de esta matriz de confusión.

Para comprender como interpretar la matriz de confusión analicemos el caso de la fila 6 de la tabla 2. En esta fila se está mostrando que se hicieron 13 ejecuciones del sistema usando como entrada un sonido tipo S6 y de esas 13 veces tan sólo seis veces el sonido fue clasificado correctamente como S6. El resto de veces fue clasificado como sonido S1 (una vez en la celda B6), como sonido S7 (cinco veces en la celda G6) y como sonido S10 (una vez en la celda J6). Es claro entonces que para el sistema, muchos de los sonidos S6, son clasificados como S7. Más adelante en las conclusiones se indicarán posibles causas de estos resultados.

El cuadrado enmarcado por la celda superior izquierda H8 y por la celda inferior derecha J10, muestra otro aspecto crítico del sistema en el que el sistema confunde los sonidos de sibilancias en pacientes adultos con las sibilancias en pacientes pediátricos con asma (sonidos S8 y S9). Esto puede originar un gran problema al momento de confiarse en esta herramienta para la clasificación del sonido y se requiere obviamente la asesoría de un experto para distinguir estos sonidos.

El sistema presenta una gran confusión al clasificar los siguientes sonidos: S9) Sonidos de sibilancias en pacientes pediátricos con asma y S10) Sonidos de sibilancias en pacientes con bronquiolitis. Esto puede deberse a que aparte que la altura de los sonidos anteriores es bien alta [M. Abella, 1992], en ocasiones es la misma y no es posible crear instrumentos que basados en la altura del sonido distingan estos sonidos dado que en algunos casos las sibilancias S9 son un poco más altas que los sonidos S10, pero en otras ocasiones sucede a la inversa. Esta situación confunde al sistema y no le permite hacer una clasificación adecuada.

También el sistema presenta problemas serios al clasificar entre estos sonidos: S8) Sonidos de sibilancias en paciente adulto y el sonido S10) Sonidos de sibilancias en pacientes con bronquiolitis. A pesar que por definición ambos tipos de sibilancias son continuas [M. Abella, 1992], en algunos casos los sonidos tipo S10, son más secos y esta es quizás la única diferencia entre estos sonidos [Alan, 1998]. Esta es quizás la razón por la cual no se pudo obtener un clasificador bueno para este tipo de sonidos, debido a que la captura a nivel físico de cuándo un sonido es más seco que otro fue producto de un desarrollo del grupo de investigación y quizás se haga necesario reformular este algoritmo en su totalidad.

4. Conclusiones

Fruto de los resultados obtenidos en la fila 6 de la tabla 2, se anotaba que el sistema no distinguía bien entre los sonidos S6 y S7. Se procede entonces a verificar si la relación se presenta en ambos sentidos y se concluye que efectivamente si fruto de observar la fila 7, en donde de 30 sonidos tipo S7, 14 fueron clasificados como S6 y 2 como S11. Esto se puede provocar, por el hecho que tanto los sonidos S6 como S7, son de duración discontinua y de tono alto. Entonces en forma a priori podría pensarse que hace falta desarrollar a nivel de ciencias como la física, nuevas teorías y proyectos de investigación tendientes a clasificar y diferenciar estos dos tipos de sonidos.

En resumen entre los sonidos de sibilancias se presentan muchos problemas y se hace necesario crear líneas de investigación tendientes a profundizar en la creación de algoritmos y técnicas para la clasificación entre los distintos de sibilancias pulmonares.

Se requiere urgente que la humanidad avance en la detección de un indicador que mida que tan seco es un sonido y con este desarrollo quizás se pueda mejorar la clasificación que hace el sistema entre los sonidos de sibilancias en pacientes pediátricos con asma y los sonidos de sibilancias en pacientes con bronquiolitis.

Referencias

- Alan V. Oppenheim, Alans S. Willsky, S. Hamid Nawab: Señales y Sistemas, pp. 527-528, Segunda edición, 1998. Pearson Educación.
- Hedayioglu FL, Mattos SS, Moser L, de Lima ME. 2007. Development of a tele-stethoscope and its application in pediatric cardiology. In Indian J Exp Biol. 2007 Jan;45(1):86-92.
- Ignacio Foche Pérez: Desarrollo de un teleestetoscopio digital Bluetooth para zonas rurales aisladas de países en desarrollo, Proyecto Fin de Master en Redes de Telecomunicación para Países en Desarrollo, 2010. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Comunicaciones, Universidad Rey Juan Carlos.
- I. Mazic, S. Sovilj and R. Magjarevic: Analysis od Respiratory Sounds in Asthmatic Infants, Measurement Science Review, Vol. 3, Section 2, 2003.
- M. Abella and J. Formolo: Comparson of the Acoustic Properties of Six Popular Stethoscopes, Department of Internal Medicine, St. John Hospital, Detroit, 1992. Michigan 48236.
- Sankaran, P. RMK Eng. Coll., Chennai, India Chandrasekaran, K.;Baig, A.H.; Moll, C.L. 2010. Development of a tele-stethoscope: Indian perspective, 2010, in Proc. IEEE/ICME International Conference on Complex Medical Engineering (CME), 2010.
- Syafria, F.; Buono, A.; Silalahi, B.P., "A comparison of backpropagation and LVQ: A case study of lung sound recognition," Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS), 2014 International Conference on , vol., no., pp.402,407, 18-19 Oct. 2014
- Gwo-Ching Chang; Yi-Ping Cheng, "Investigation of noise effect on lung sound recognition," Machine Learning and Cybernetics, 2008 International Conference on , vol.3, no., pp.1298,1301, 12-15 July 2008
- Riella, R.J.; Nohama, P.; Borges, R.F.; Stelle, A.L., "Automatic wheezing recognition in recorded lung sounds," Engineering in Medicine and Biology Society, 2003. Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE , vol.3, no., pp.2535,2538 Vol.3, 17-21 Sept. 2003