

ESTIMACION OPTICA REMOTA DE LA FRECUENCIA RESPIRATORIA DE SUJETOS EN MOVIMIENTO EMPLEANDO SMARTPHONES

Propuesta de Tesis de Maestría
Posgrado en Ingeniería Electrónica
Dr. Bersaín Alexander Reyes, Dra. Guadalupe Dorantes Méndez

Motivación

Un monitor respiratorio debe ser capaz de proporcionar la frecuencia respiratoria (FR), i.e., el número de ciclos respiratorios por cada unidad de tiempo [1]. Los valores de la FR de un sujeto no se encuentran fijos, sino que se ajustan en respuesta a diversos escenarios mediante el mecanismo de control respiratorio [2]. Debido al cambio de la FR ante distintos escenarios, su monitorización resulta de gran importancia y puede contribuir a identificar y predecir eventos adversos [3].

Existen diversos métodos para el monitoreo de la FR, incluyendo la observación humana calificada, impedancimetría transtorácica, capnografía y fonoespirometría [4]. Cada método presenta ventajas y desventajas, e.g., la cánula nasal empleada en capnografía puede resultar molesta para los pacientes. A pesar de sus limitaciones, dichos métodos son empleados en la práctica clínica y en la investigación. Sin embargo, aún se requieren monitores no-invasivos de la FR que permitan su uso diario por el común de la población, donde resulta difícil trasladar los métodos de monitoreo anteriores debido a sus elevados costos, la necesidad de entrenamiento o su limitada movilidad.

Hoy en día, los smartphones resultan dispositivos ubicuos y sus velocidades de procesamiento, capacidades multimedia e incorporación de diversos sensores costo-efectivos, los vuelven una opción atractiva para desarrollar un monitor respiratorio portátil. Consecuentemente, se han llevado a cabo esfuerzos para emplear de forma innovadora los diversos sensores de los smartphones para estimar la FR. Se ha empleado un enfoque acústico para estimar FR mediante el análisis de sonidos respiratorios adquiridos [5], [6]. Otra alternativa corresponde al enfoque óptico donde la videocámara del dispositivo es empleada para extraer cambios en la intensidad de la luz reflejada asociados con la respiración, ya sea empleando una técnica de contacto [7], [8], o una técnica sin contacto [9], [10].

Empleando la videocámara de un smartphone, Reyes et al. lograron estimar la FR a partir de una señal altamente correlacionada con el volumen respiratorio obtenido con un espirómetro [9]. Aunque los resultados obtenidos presentaron un bajo error de estimación, las condiciones experimentales se limitaron al estudio de sujetos cuya posición era restringida a una única posición durante el periodo de adquisición. De forma similar a lo ocurrido con otras técnicas de estimación de la frecuencia respiratoria [11], se reconoce que el desempeño de dicha estimación óptica no remota es susceptible a artefactos de movimiento. Así, para poder brindar una estimación adecuada de la FR, se propone la integración de técnicas de procesamiento de señales e imágenes capaces de contender con los movimientos realizados por el sujeto, tales como desplazamientos laterales y frontales durante la adquisición con el dispositivo móvil inteligente.

Objetivo

Monitorear la frecuencia respiratoria de sujetos en movimiento mediante un smartphone, empleando una técnica óptica sin contacto que involucre algoritmos de procesamiento de imágenes para la detección y seguimiento del torso y algoritmos de procesamiento de señales para la reducción de artefactos de movimiento.

Referencias

- [1] M. Folke, L. Cernerud, M. Ekström, and B. Hök, "Critical review of non-invasive respiratory monitoring in medical care," *Med. Biol. Eng. Comput.*, vol. 41, no. 4, pp. 377–383, Jul. 2003.
- [2] B. M. Koeppen and B. A. Stanton, *Berne & Levy Physiology, Updated Edition*. Elsevier Health Sciences, 2009.
- [3] M. A. Cretikos, R. Bellomo, K. Hillman, J. Chen, S. Finfer, and A. Flabouris, "Respiratory rate: the neglected vital sign," *Med. J. Aust.*, vol. 188, no. 11, p. 657, 2008.
- [4] F. Q. Al-Khalidi, R. Saatchi, D. Burke, H. Elphick, and S. Tan, "Respiration rate monitoring methods: A review," *Pediatr. Pulmonol.*, vol. 46, no. 6, pp. 523–529, Jun. 2011.
- [5] B. A. Reyes, N. Reljin, and K. H. Chon, "Tracheal Sounds Acquisition Using Smartphones," *Sensors*, vol. 14, no. 8, pp. 13830–13850, Jul. 2014.
- [6] Y. Nam, B. Reyes, and K. Chon, "Estimation of Respiratory Rates Using the Built-in Microphone of a Smartphone or Headset," *IEEE J. Biomed. Health Inform.*, vol. PP, no. 99, pp. 1–1, 2015.
- [7] Y. Nam, J. Lee, and K. H. Chon, "Respiratory Rate Estimation from the Built-in Cameras of Smartphones and Tablets," *Ann. Biomed. Eng.*, vol. 42, no. 4, pp. 885–898, Nov. 2013.
- [8] J. Lázaro, Y. Nam, E. Gil, P. Laguna, and K. H. Chon, "Respiratory rate derived from smartphone-camera-acquired pulse photoplethysmographic signals," *Physiol. Meas.*, vol. 36, no. 11, p. 2317, 2015.
- [9] B. Reyes, N. Reljin, Y. Kong, Y. Nam, and K. Chon, "Tidal Volume and Instantaneous Respiration Rate Estimation using a Smartphone Camera," *IEEE J. Biomed. Health Inform.*, vol. PP, no. 99, pp. 1–1, 2016.
- [10] B. A. Reyes, N. Reljin, Y. Kong, Y. Nam, S. Ha, and K. H. Chon, "Towards the Development of a Mobile Phonopneumogram: Automatic Breath-Phase Classification Using Smartphones," *Ann. Biomed. Eng.*, pp. 1–14, Feb. 2016.
- [11] A. Lanatà, E. P. Scilingo, E. Nardini, G. Loriga, R. Paradiso, and D. De-Rossi, "Comparative Evaluation of Susceptibility to Motion Artifact in Different Wearable Systems for Monitoring Respiratory Rate," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 14, no. 2, pp. 378–386, Mar. 2010.
- [12] Y. Nam, Y. Kong, B. Reyes, N. Reljin, and K. H. Chon, "Monitoring of Heart and Breathing Rates Using Dual Cameras on a Smartphone," *PloS One*, vol. 11, no. 3, p. e0151013, 2016.
- [13] J. K. Aggarwal and Q. Cai, "Human motion analysis: a review," in *Proceedings IEEE Nonrigid and Articulated Motion Workshop*, 1997, pp. 90–102.
- [14] R. Poppe, "Vision-based human motion analysis: An overview," *Comput. Vis. Image Underst.*, vol. 108, no. 1–2, pp. 4–18, Oct. 2007.
- [15] D. Dao *et al.*, "A Robust Motion Artifact Detection Algorithm for Accurate Detection of Heart Rates from Photoplethysmographic Signals using Time-Frequency Spectral Features," *IEEE J. Biomed. Health Inform.*, vol. PP, no. 99, pp. 1–1, 2016.
- [16] S. M. A. Salehizadeh *et al.*, "Photoplethysmograph Signal Reconstruction based on a Novel Motion Artifact Detection-Reduction Approach. Part II: Motion and Noise Artifact Removal," *Ann. Biomed. Eng.*, vol. 42, no. 11, pp. 2251–2263, May 2014.