

Abstract

The purpose of this work is to study the mechanical vibrations field in two natural physical systems: vocal tract and heart.

The mechanical vibrations associated with trachea and larynx when Italian vowels are emitted are investigated by using two laser Doppler vibrometers and compared with the acoustic ones. An upward propagation of the mechanical vibrations is observed for which it is possible to estimate a delay between the traces: the mechanical oscillations at the trachea start before the larynx and the acoustic oscillations. These tracheal oscillations are self-oscillations in time and are associated with the pitch production, indicating a further hydrodynamic instability at trachea. This leads to new insights in the mechanism controlling the pitch in the speech.

We show that acoustical and mechanical vibration fields can be decomposed in two Landau modes which are limit cycles. The evidenced features of nonlinearity suggest a new phenomenological model of vocal tract. In this model the trachea plays an important role for in the generation of vowel sounds and contains information on the frequency of pitch.

An alternative technique is suggested to monitor the proper functioning of the heart. The mechanical vibration associated with the heart are investigated by using two laser Doppler vibrometers. We show that the Hilbert transform of the recorded signal with the two vibrometers is the envelope of the electrocardiographic signal. This technique can provide an innovative and valuable diagnostic tool in the field of cardiology.

Abstract

Lo scopo di questa attività di ricerca è quello di studiare il campo di vibrazioni meccaniche associato a due sistemi fisici naturali: l'apparato fonatorio e il cuore.

Le vibrazioni meccaniche della trachea e della laringe emesse da un operatore che produce un suono associato alle cinque vocali italiane sono state registrate utilizzando due Vibrometri laser Doppler e sono state confrontate con i rispettivi segnali acustici.

Si è osservata una propagazione verso l'alto delle vibrazioni meccaniche ed è stato possibile stimare un ritardo temporale tra le due tracce registrate in due punti distinti della trachea, uno più vicino ai polmoni e l'altro più vicino alla laringe. Queste oscillazioni tracheali sono auto-oscillazioni nel tempo e sono associate alla frequenza di pitch, ciò indica un'ulteriore instabilità idrodinamica alla base della trachea. Questo porta a nuove intuizioni nel meccanismo che controlla il pitch nel discorso.

Si mostra che i campi vibrazioni acustiche e meccaniche possono essere scomposti in due modi Landau, che sono cicli limite. Le caratteristiche di non linearità evidenziate suggeriscono un nuovo modello fenomenologico del tratto vocale. In questo modello la trachea svolge un ruolo fondamentale nella generazione dei suoni vocalici e contiene informazioni sulla frequenza di pitch.

Una tecnica alternativa è suggerita per monitorare il corretto funzionamento del cuore. La vibrazione meccanica associata al cuore è stata indagata utilizzando due Vibrometri laser Doppler. Si dimostra che la trasformata di Hilbert del segnale registrato con i due Vibrometri ha un andamento temporale simile al segnale elettrocardiografico. Questa tecnica può fornire uno strumento diagnostico innovativo e prezioso nel campo della cardiologia.