

Современный подход к традиционной балистокардиографии: измерения, обработка данных и диагностика

Анциперов В. Е., Морозов В. А., Сударев А. М.
antciperov@csplire.ru

Москва, Институт радиотехники и электроники РАН

Содержанием доклада являются последние результаты, полученные в ходе исследований в области торсионной балистокардиографии, выполненных в рамках проекта РФФИ № 06-01-00754-а — «Применение метода динамической сегментации квазипериодических сигналов в прикладных задачах контроля сердечного ритма при бесконтактной балистокардиографии».

Описана принципиально новая техника (основанная на высокоточных сейсмических датчиках вращения) измерения механической активности сердца и сердечно-сосудистой системы. Обсуждаются особенности балистокардиографических сигналов и новый (основанный на адаптивно-корреляционной обработке) метод сегментации и выделения значимых параметров регистрируемых данных. Приведены экспериментальные результаты, полученные применительно к прикладной задаче мониторинга сердечного ритма, в частности, обсуждаются вопросы борьбы с мешающими факторами, обусловленными другими физиологическими процессами.

Бесконтактное измерение сердечной механической активности

Физическим источником балистокардиографического сигнала является гидромеханическая активность сердечно-сосудистой системы: сердце, являясь своеобразным насосом прокачивает через кровеносные сосуды около 70–80 мл крови за цикл. Побочным эффектом сердечного выброса крови является импульс отдачи (Рис. 1), который передается телу пациента и затем, соответственно, ложементу. В классической балистокардиографии именно этот импульс измеряется датчиком (чаще всего пьезоэлектрического типа), прикрепленным к ложементу.

Очевидно, что движение крови по замкнутым кровеносным сетям приводит также к появлению и механического вращательного момента. В соответствии с законом сохранения полного механического момента в замкнутой системе, тело пациента (и ложемент) при этом приобретает некоторый угловой момент вращения, противоположный моменту массы крови, динамика которого может быть измерена (Рис. 1).

Для измерения углового момента была создана (Constel Ltd) специальная установка, включающая трехкомпонентный торсионный сейсмический датчик (динамический диапазон более 120 дБ) METR-003.

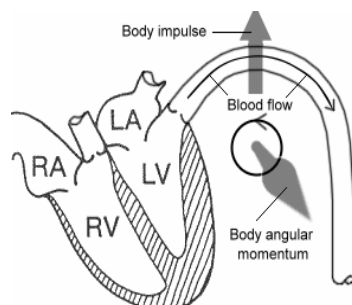


Рис. 1. Механический импульс отдачи и момент импульса, обусловленные выбросом крови из левого желудочка сердца.

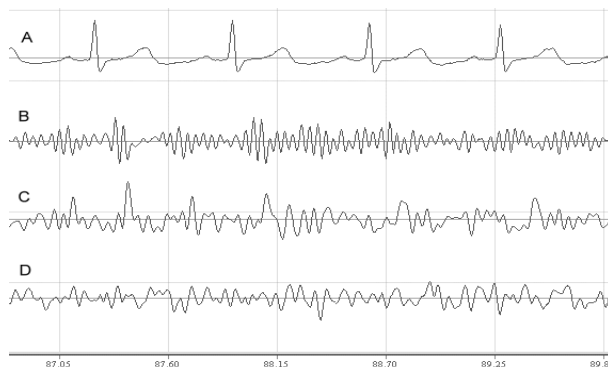


Рис. 2. Типичные данные, полученные на ТБКГ установке в процессе мониторинга сердечной активности. А — ЭКГ-запись сердечного ритма; В, С, D — Сигнал БКГ по осям X, Y, Z.

Он имеет следующие технические характеристики: частотный диапазон: не менее 0.03–100 Гц, коэффициент преобразования: не менее 50 В/рад-1. Совместно с сейсмобаллистордатчиком используется регистратор ЭКГ-сигналов. Типичные измерения, полученные на данной установке, представлены на Рис. 2.

Обработка ТБКГ сигнала с целью выделения сердечного ритма

Существо адаптивного подхода при обработке фрагментов ТВСГ сигнала заключалось в следующем (Рис. 3). Фрагмент сигнала обрабатывался двумя окнами длительностью нескольких ожидаемых периодов (длительность окна является параметром процедуры и может устанавливаться оператором). Одно из окон является основным, оно выделяет анализируемый сегмент рассматриваемого фрагмента. Вдоль основ-

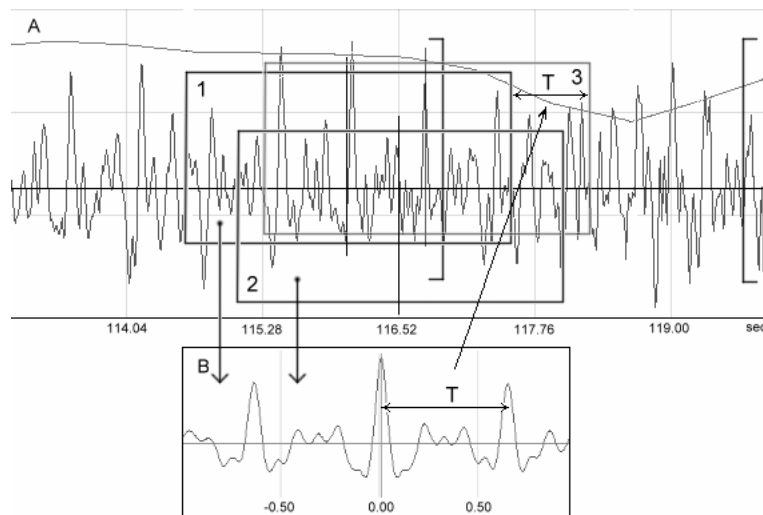


Рис. 3. Графическое представление схемы адаптивно-корреляционной обработки. А — выделенный квази-периодический участок сигнала обрабатывается двумя окнами — основным 1 и подвижным 2; данные из обоих окон используются для расчета корреляционной функции В. По корреляционной функции находится смещение бокового максимума Т, который рассматривается как текущий ритм сердца и используется в алгоритме для определения нового положения основного окна 3.

ного окна перемещается вспомогательное, которое выделяет смещенный относительно анализируемой части сегмент. На основе обоих сегментов формируется корреляционная функция, определяется смещение бокового максимума, которое и берется в качестве оценки текущего периода сердечного ритма. Далее основное окно смещается на величину полученной оценки, процедура повторяется и так, пока не будет обработан весь фрагмент. Схематически адаптивная процедура оценки ритма показана на Рис. 3.

Экспериментальные результаты

Для решения поставленной задачи (бесконтактной регистрации длительности кардиоциклов) был проведен ряд экспериментов на бодрствующих и спящих испытуемых, во время которых одновременно регистрировались ЭКГ и трёхосевая ТБКГ. По данным измерений проводилась обработка результатов с целью сравнения длительности кардиоциклов полученных с помощью ЭКГ и с помощью адаптивной автокорреляционной обработки ТБКГ. Практически у всех испытуемых во время отно-

сительного покоя (в отсутствие помех от «макродвижений», таких как перевороты, смены позы, и т. п.) результаты совпали по практически каждому кардиоциклу с точностью не хуже 5–10 мсек.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 06-01-00754-а.

Литература

- [1] *Baevsky R. M., Bogomolov V. V., Funtova I. I.* Less Contact Ballistogram Recording during Sleep as a Perspective Technology for the Medical Monitoring System in a Mission to Mars // Proc. of 34th COSPAR Scientific Assembly, The Second World Space Congress, 2002. — С. G-P-05.
- [2] *Velichko A. D., Sudarev A. M., Kadin I. L., Isaev I. A.* Soft hardware complex for functional diagnostics of cardiovascular system // Proc. of 3-d International Scientific-Practical Conference «Noninvasive monitoring of cardiovascular system in clinical practice», Moscow, 2001. — Pp. 160–163.
- [3] *Анциперов В. Е.* Метод коротких корреляционных функций в задачах структурирования сигналов сложной природы // докл. конф. Математические методы распознавания образов (ММРО-12), Москва, 2005. — С. 10–13.
- [4] *Eblen-Zajjur A.* A simple ballistocardiographic system for a medical cardiovascular physiology course. — Advan. Physiol. Edu., 2003. — С. 224–229.
- [5] *Antciperov W. E., Morozov V. A., Nikitov S. A.* Vowel Detection and Recognition on the base of Short Correlation Function Parameters Dynamics // Proc. of 10-th International Conference Speech and Computer (SPECOM'2005), Patras, Greece, 2005. — С. 535–538.