

Рандомизированный алгоритм при обработке данных ультразвуковых исследований

Сенин И. И., студент кафедры системного программирования СПбГУ,
i.senin@2012.spbu.ru

Аннотация

Ультразвуковая томография нашла широкое применение в медицинской практике. Для высокого качества изображения требуется большое количество датчиков и высокая частота дискретизации, что порождает очень большой объем данных, требующий для обработки много вычислительных мощностей. Ввиду разреженного профиля получаемого изображения имеет место сильная избыточность собираемой информации. В этой работе предложен прототип эффективной технологии по сбору и реконструкции изображений ультразвуковой томографии, основанной на принципах рандомизированных алгоритмов, которая позволяет сократить время исследования без потерь в качестве.

Актуальность

Ультразвуковая томография по качеству получаемых снимков достигла сопоставимого с МРТ уровня и активно применяется для исследования мягких тканей [1]. Преимуществами УЗИ являются относительно низкая стоимость оборудования и обслуживания, безопасность для организма, неинвазивность техники исследования. Для повышения качества и разрешающей способности получаемого в ходе исследования изображения требуется увеличение количества используемых датчиков и частоты дискретизации сигнала. Всё это ведёт к значительному увеличению объема передаваемых данных, что усложняет как производственный процесс, так и проведение диагностики.

Опухоли преимущественно имеют более высокую скорость прохождения ультразвука, чем окружающие ткани. Это делает возможным реконструкцию плотностей тканей в исследуемой зоне с помощью уравнений с участием предполагаемых путей распространения сигнала и временем его прибытия на датчики кругового массива (*travel time tomography*) [3]. Для метода томографии *travel-time* типична квадратичная от числа сенсоров зависимость получаемых "сырых" данных для анализа: последовательно с каждого датчика пускается ультразвуковой импульс, который принимают остальные $k - 1$ сенсоров. Это приводит к серьезному

повышению требований к вычислительной части устройства томографа, а также к увеличению времени обработки.

Примером современного коммерческого ультразвукового томографа является The SoftVue[2], который имеет следующие технические характеристики системы:

- Мастер сервер: 2 процессора quad-core Intel Xeon E5620, 192 ГБ ОЗУ
- Сервер реконструкции: 2 процессора quad-core Intel Xeon E5620, 96 ГБ ОЗУ, 2 ГП Nvidia Tesla M2070

Так в таблице 1 производители описали количество данных, получаемых с датчиков за один срез. На обработку такого среза при использовании только одного сервера для реконструкции требуется несколько минут[2]. При этом общее количество таких срезов равно 70.

Таблица 1: Объем исходных данных в ГБ за один срез в зависимости от числа датчиков в массиве и частоты дискретизации сигнала [2]

Частота дискретизации (МГц)	Число датчиков		
	256	51	1024
10	0.21	0.86	3.44
12	0.26	1.03	4.13
14	0.30	1.20	4.81

Travel-time томография

Техника томографии по времени прибытия сигнала уже хорошо изучена и освещена в работах [4], [3], [1]. Основная цель акустической томографии — восстановить параметры неизвестной среды изучая характеристики распространения звука в ней. Во-первых, для этого требуется точная модель, хорошо описывающая лежащую в её основе физическую систему, и, во-вторых, высокоточные измерения. Тогда решением обратной задачи составляется оценка неизвестной модели. Корректность физической модели, точность измерений и выбор метода решения обратной задачи имеют прямое влияние на качество реконструкции.

Compressive Sensing

Техника обработки сигналов *Compressive Sensing*, или *Опознавание со сжатием*, может быть использована для решения проблемы передачи и обработки большого количества информации с массива датчиков, поскольку данная парадигма вводит логарифмическую зависимость использования данных от всего объема. Этот метод уже успешно применяется в магнитно-резонансной(МР) и фотоакустической томографиях [5][6]. Однако, получаемые при УЗ-томографии сигналы содержат информацию в ином представлении по сравнению с МР или фотоакустической томографией.

Основной результат

Разработан метод, позволяющий при разработке ультразвукового томографа эффективно внедрить в применяемые алгоритмы по сбору и обработке данных парадигмы Compressive Sensing, способной существенно снизить требования к вычислительным мощностям прибора. Для численных экспериментов было проведено моделирование на маломасштабных моделях, которые показали:

- при использовании томографа с 72 датчиками объем ”сырых” данных для последующей реконструкции можно сократить на $\approx 10\%$, уменьшив при этом время, затраченное на получение изображения на $\approx 2\%$
- при увеличении числа датчиков до 100 выигрыш по использованному объему данных и времени составляет $\approx 30\%$ и $\approx 15\%$, соответственно

Заключение

Стремительно набирающая популярность парадигма Compressive Sensing показала высокую эффективность при использовании в ультразвуковой томографии. Был разработан метод, позволяющий при конструировании ультразвукового томографа эффективно внедрить в применяемые алгоритмы по сбору и обработке данных парадигмы опознавания со сжатием, способной существенно снизить требования к вычислительным мощностям прибора.

Литература

- [1] Breast imaging with 3D ultrasound computer tomography: results of a first in-vivo study in comparison to MRI images / Torsten Hopp, Lukas Šroba, Michael Zapf et al. // Breast Imaging. — Springer, 2014. — P. 72–79.
- [2] Breast imaging using ultrasound tomography: From clinical requirements to system design / Olivier Roy, Signe Schmidt, Cuiping Li et al. // Ultrasonics Symposium (IUS), 2013 IEEE International / IEEE. — 2013. — P. 1174–1177
- [3] Quan Youli, Huang Lianjie. Sound-speed tomography using first-arrival transmission ultrasound for a ring array // Medical Imaging / International Society for Optics and Photonics. — 2007. — P. 651306–651306.
- [4] Kunyansky Leonid. Fast reconstruction algorithms for the thermoacoustic tomography in certain domains with cylindrical or spherical symmetries // Inverse Problems and Imaging. — 2012. — Vol. 6, no. 1. — P. 111–131.
- [5] Compressed sensing MRI / Michael Lustig, David L Donoho, Juan M Santos, John M Pauly // Signal Processing Magazine, IEEE. — 2008. — Vol. 25, no. 2. — P. 72–82.
- [6] Lustig Michael, Donoho David, Pauly John M. Sparse MRI: The application of compressed sensing for rapid MR imaging // Magnetic resonance in medicine. — 2007. — Vol. 58, no. 6. — P. 1182–1195.