

Dr hab. Jurij Tasinkiewicz

yurijtas@ippt.pan.pl

Zakład Ultradźwięków

Tematyka badawcza:

Obrazowanie ultradźwiękowe 3D/4D

Opis tematyki badawczej w zakresie proponowanej pracy doktorskiej:

- **Opracowanie nowoczesnych metod rekonstrukcji obrazu ultrasonograficznego 3D w czasie rzeczywistym bazujących na technikach przetwarzania danych w domenie częstotliwości czasowo-przestrzennych**
- **Opracowanie zaawansowanych algorytmów filtracji obrazu w dziedzinie spektralnej w oparciu o metody dekonwolucji z zastosowaniem sygnałów dopasowanych o rozproszonym widmie**

Badania ultrasonograficzne są obecnie powszechnie stosowane w diagnostyce medycznej oraz w terapii szeregu chorób ze względu na niski koszt badań, elastyczność, szybkość, nieinwazyjny charakter, ogólną dostępność oraz bezpieczeństwo dla pacjentów. Szeroki zakres zastosowań oraz popularność badań USG i procedur diagnostycznych wykonywanych w obrazowaniu ultrasonograficznym stworzyły zapotrzebowanie na nowy typ aparatury: mniejszej, bardziej dostępnej i przeznaczonej dla szerszego grona odbiorców, w tym mniej wykształconego personelu służby zdrowia. Ponadto, zwiększenie mocy obliczeniowej przenośnych urządzeń ultrasonograficznych pozwala oczekiwać na ich zastosowanie do obrazowania trójwymiarowego (3D) w czasie rzeczywistym (4D) w najbliższych latach. Jednak wykonanie takiego urządzenia które pozwoliło by uzyskać obrazowanie 3D/4D wysokiej rozdzielczości jest niezmiernie skomplikowane technologicznie. Wśród wyzwań można wymienić następujące:

- projektowanie elektroniki systemów nadawczo-odbiorczych
- projektowanie i produkcja przetworników 2D
- projektowanie obwodów elektronicznych oraz zapewnienie połączeń sztywnych przetworników 2D zawierających tysiące elementów do obwodów nadawczo-odbiorczych
- ograniczenia poboru mocy przenośnych urządzeń ultrasonograficznych
- ogromna ilość danych wejściowo-wyjściowych,
- **projektowanie efektywnych algorytmów rekonstrukcji obrazu 3D/4D.**

To ostatnie zagadnienie będzie celem proponowanej tematyki badawczej w zakresie pracy doktorskiej.

Metoda dekonwolucji ma na celu skorygowanie szerokości pasma systemu obrazowania ultradźwiękowego, które jest zwykle ograniczone. Jako przyczynę tych ograniczeń wymienić można przetwornik ultradźwiękowy, zawartość widma sygnału (zarówno amplitudy jak i fazy) która zmienia się wzdłuż ścieżki propagacji (domena czasowa) jak i w zależności od kształtu wiązki ultradźwiękowej (domena przestrzenna). W takim przypadku wynik dekonwolucji jest poprawny tylko w tym miejscu obszaru rekonstrukcji, gdzie sygnał odniesienia jest zdefiniowany. Ideą projektu jest zastosowanie adaptacyjnego sygnału referencyjnego który byłby również dopasowany względem wyżej wymienionych czynników. Co więcej, wydajność metody dekonwolucji zależy w znacznym stopniu od stosunku sygnału do szumu (SNR skrót od angielskiego *Signal-to-Noise Ratio*). Odrębnym tematem badawczym będzie więc opracowanie i zastosowanie sygnałów o rozproszonym widmie w celu zwiększenia przepustowości systemu obrazowania ultradźwiękowego, jak i SNR. W szczególności badania będą dotyczyć opracowania metod rekonstrukcji obrazu ultradźwiękowego opartych na przetwarzaniu w dziedzinie widmowej z kompensacją przestrzennej funkcji odpowiedzi impulsowej (PSF skrót od angielskiego *Point Spread Function*) w celu poprawy, jakości obrazowania. W algorytmach rekonstrukcji zostanie zaimplementowana w/w metoda dekonwolucji.

Dr hab. Jurij Tasinkiewicz

yurijtas@ippt.pan.pl

Ultrasound Department

Research topics:

3D/4D Ultrasonography

Description of research topics in the scope of the proposed PhD thesis:

- **Development of the modern real-time 3D ultrasound image reconstruction methods based on temporal-spatial frequency domain transformation techniques**
- **Development and implementation of advanced spectrum domain image filtration based on deconvolution and spread spectrum matched signals**

Ultrasound is an inexpensive and widely used imaging modality for the diagnosis and staging of a number of diseases. In the past two decades rapid advancements in the development of ultrasound imaging techniques have helped to improve diagnosis by providing immediate clinical information. It is its speed, cost-effectiveness, flexibility and noninvasive nature which make the ultrasound imaging more competitive over other imaging modalities. The most recent advances in ultrasound technology now provide 3D imaging capabilities in real-time (4D imaging). Sig

nificant development has been the introduction and fast development of portable, hand-held ultrasound systems with advanced computational power. They are becoming more popular among clinicians, especially for point-of-care diagnosis. Hand-carried ultrasound systems are primarily used for imaging internal organs, including heart and peripheral vasculature. However, implementing a high-resolution and high-quality image real-time 3D ultrasound system within the power budget constraints of a hand-held portable device is difficult and extremely complex technologically. Among the unresolved challenges the following can be mentioned:

- transmit/receive electronics design
- 2D array transducers design and manufacturing,
- connections of 2D arrays comprised of thousands of elements to the transmit and receive electronics
- power limitations of the hand-held systems
- huge amount of input/output data that must be transferred and processed.
- development of fast and efficient algorithms for 3D/4D image reconstruction which should be used in the portable hand-held devices.

This will be the main topic of the proposed PhD thesis. Deconvolution is aimed at correcting the bandwidth, which is usually limited in ultrasound imaging. Main limitation comes from the ultrasonic transducer; spectral content (both amplitude and phase) is also altered along the propagation path (temporal domain) and by spatial response of the ultrasonic beam (spatial domain). In such case deconvolution result is only valid at the position where the reference signal was taken. The idea of the project is to make the reference signal adaptive. Moreover, performance of deconvolution significantly depends on signal-to-noise ration. Therefore, another research topic will be connected with development of deconvolution algorithms using matched spread spectrum signals to ensure both bandwidth and SNR. Specifically, frequency domain 3D/4D image reconstruction methods will be developed with point-spread function (PSF) based deconvolution implemented in spectrum domain for image quality improvement.