

Projekt

“Sensory kwantowe działające w skrajnych scenariuszach: nowatorskie zastosowania wnioski statystycznego, uczenia maszynowego i metod teorii sterowania.”

Żyjemy obecnie w ekscytujących czasach *drugiej rewolucji kwantowej*, kiedy mechanika kwantowa nie jest już „tylko” intrygującą teorią pozwalającą na rozwiązywanie zagadek mikroświata. W przeciwieństwie do początku XX wieku i *pierwszej rewolucji kwantowej*, ludzkość jest w momencie, w którym możemy nie tylko badać zjawiska kwantowe, ale także wykorzystywać je w codzienności. Jedną z takich technologii kwantowych jest kwantowy sensing, czyli analiza i budowa urządzeń potrafiących z niespotykaną dotąd precyzją mierzyć np.: czas (zegary atomowe), pola elektromagnetyczne (magnetometry atomowe, w ciele stałym lub typu SQUID) albo siłę inercji/grawitacji (interferometry atomowe). Urządzenia tego typu stanowią przykłady sensorów kwantowych, dla których wykazano, że są one w stanie „obejść” *klasyczne ograniczenia* na uzyskiwaną rozdzielczość. Niemniej jednak, kolejnym wyzwaniem dla takich urządzeń jest umożliwienie ich skoordynowanej pracy w sieciach, tak aby można było je wykorzystywać w złożonych zadaniach próbkowania, np. aktywności magnetycznej ludzkiego mózgu czy aktywności sejsmicznej Ziemi poprzez śledzenie zmian pola grawitacyjnego na dużych obszarach powierzchni planety.

Chociaż sensory kwantowe naturalnie kojarzą się z mikroskalami, nietypowym, ale spektakularnym przykładem takiego urządzenia jest detektor fal grawitacyjnych. Mimo swoich kilkukilometrowych rozmiarów pozwolił na zmierzenie zaburzeń czasoprzestrzeni w skali jednego protonu, dzięki czemu po raz pierwszy zarejestrowano fale grawitacyjne. Nie można jednak zapominać, że Nagroda Nobla przyznana za to niezwykle osiągnięcie w 2017 r. nie byłaby możliwa, gdyby nie najnowocześniejsze techniki przetwarzania sygnałów. Były one owocem wieloletnich prac nad opracowywaniem wyników z tak gigantycznego urządzenia, aby w końcu móc usłyszeć delikatny szept zderzenia się dwóch czarnych dziur w ścianie dźwięku całkowicie zdominowanej przez szum. Eksperyment ten stanowi dobry przykład faktu, że metody przetwarzania sygnałów stanowią kluczowe ogniwo w protokołach sensingu, szczególnie kwantowego.

Głównym celem tego projektu jest umożliwienie użycia sieci sensorów kwantowych do zadań próbkowania rozproszonego. Od strony czysto teoretycznej, ponieważ jest to w dużej mierze niezbadany obszar, naszym celem będzie scharakteryzowanie roli korelacji kwantowych w takich scenariuszach, w których splątanie może być wykazywane nie tylko pomiędzy np. atomami wchodzącymi w skład pojedynczego sensora, ale także pomiędzy oddzielnymi sensorami tworzącymi sieć. W tym celu przygotowane zostaną zaawansowane modele sensorów kwantowych – w szczególności sensorów opartych na parach atomowych, urządzeniach optomechanicznych i defektach krystalograficznych – które pozwolą na symulację ich działania z równoczesnym zastosowaniem technik wnioski statystycznego, uczenia maszynowego i teorii sterowania do interpretacji wyników sensora i aktywnego dostosowywania jego stanu w pętli sprzężenia zwrotnego. Powyższe metody przetwarzania danych zostaną zaimplementowane w ramach szerokiej biblioteki oprogramowania o otwartym dostępie, która jest kolejnym ważnym celem tego projektu. Umożliwi to użytkownikowi elastyczną pracę z modelami sensorów i narzędziami interpretacji danych, pozwalając na zbadanie wydajności także w zaawansowanych zadaniach sensingu, np., wykrywania anomalii lub specyficznych przebiegów w próbkowanym sygnale, lub w scenariuszach, które wymagają hybrydowych rozwiązań z użyciem sensorów różnego typu.

Wszystkie uzyskane przez nas wyniki będą regularnie konsultowane z grupami eksperymentalnymi rozwijającymi poszczególne typy sensorów kwantowych – w dłuższej perspektywie przygotowane przez nas narzędzia zostaną jednoznacznie zweryfikowane poprzez użycie danych wyjściowych z prawdziwych sensorów kwantowych, kontrolowanych dzięki przygotowanemu przez nas oprogramowaniu.