

Streszczenie

Technologie kwantowe mają potencjał by zrewolucjonizować świat. Komputery kwantowe, komunikacja kwantowa czy pomiary kwantowe to przykłady technologii, które – dzięki zastosowaniu specjalnych protokołów kwantowych – mogą okazać się szybsze, bezpieczniejsze i dokładniejsze niż ich klasyczne odpowiedniki. Jednak, aby je zrealizować, potrzebujemy kwantowego hardware'u oraz protokołów, które działają nawet wtedy, gdy ten hardware jest niedoskonały. Należy wziąć pod uwagę nie tylko straty i ograniczoną sprawność urządzeń, ale również realistyczną ocenę przyjętych założeń. Jednym z takich nierealistycznych założeń jest na przykład uznanie, że źródła, które naturalnie produkują stany wielofotonowe, ale w których prawdopodobieństwo powstania par wielofotonowych jest niewielkie, generują pojedyncze fotony.

W rozprawie przedstawiamy dwa nowe protokoły, w których uchylamy to założenie, uwzględniając wszystkie składowe generowanych stanów. Dzięki temu mamy możliwość skorzystania z zalet, jakie dają stany wielofotonowe, takich jak na przykład względnie prosty sposób ich wytwarzania czy odporność na straty.

Pierwszym rozważanym protokołem jest protokół dystrybucji splątania kwantowego. Pokazujemy, że wygenerowane wielofotonowe dwumodowe splątanie jest odporne na bardzo duże straty w kanałach transmisyjnych. Jako przykład analizujemy protokół pod kątem jego potencjalnego zastosowania w komunikacji kwantowej, a mianowicie rozważamy scenariusze transmisji Ziemia-przestrzeń kosmiczna lub przez bardzo długie włókna optyczne. Nasz protokół dystrybucji splątania osiąga kwadratowe przyspieszenie transmisji w porównaniu do typowych protokołów opartych na parach fotonów splątanych polaryzacyjnie.

Drugi protokół zapewnia zwiększoną czułość w pomiarach fazy optycznej. Pokazujemy, że wielofotonowe dwumodowe stany splątane wygenerowane w naszym układzie są odporne na straty w interferometrze i działają co najmniej na granicy szumu śrutowego, czyli maksymalnej precyzji osiągalnej za pomocą światła klasycznego, nawet przy bardzo dużych wartościach strat. Schemat daje dodatkową możliwość dostrojenia stanów wielofotonowych do stanów optymalnych, co jest szczególnie korzystne w sytuacji, gdy znana jest wysokość strat w układzie.

Opisane przykłady pokazują, że kwantowe technologie wielofotonowe rzeczywiście są osiągalne i wydajne, a nawet przewyższają pod względem wydajności i precyzji protokoły oparte na stanach pojedynczych fotonów.