



Propuesta de Trabajo Fin de Grado del Doble Grado en Física y Matemáticas

Responsable de tutorización: Michalis Skotiniotis
Correo electrónico: mksotiniotis@onsager.ugr.es
Departamento: Electromagnetismo y Física Materia
Área de conocimiento: Física y Información Cuántica

Responsable de cotutorización:
Correo electrónico:
Departamento:
Área de conocimiento:

(Rellenar sólo en caso de que la propuesta esté realizada a través de un estudiante)
Estudiante que propone el trabajo:

Título: Broadcasting Quantum Gates
Número de créditos: 12 ECTS

Tipología del trabajo (marcar una o varias de las siguientes casillas):

1. Revisiones y/o trabajos bibliográficos sobre el estado actual de aspectos específicos relacionados con la titulación
2. Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática de la titulación, a partir del material disponible en los centros
3. Trabajos experimentales, de toma de datos de campo, de laboratorio, etc.
4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio
5. Elaboración de un informe o un proyecto en el ámbito del grado de naturaleza profesional
6. Trabajos relacionados con las prácticas externas

Descripción y resumen de contenidos:

Broadcasting of information is a more general way of copying. Rather than making N identical copies and sending them to the intended receivers, in broadcasting one prepares a single message, consisting of a random variable with a *joint probability distribution* $p(x_1, \dots, x_n)$, whose *marginals* $p(x_i) = \sum_{\forall j \neq i} p(x_1, \dots, x_n)$ all satisfy $p(x_i) = p(x), \forall i$.

It is known that quantum mechanical states cannot be broadcasted [1]. However, nothing is known about the broadcastability of quantum gates or quantum channels. It is possible that some form of broadcasting is possible for these, despite the fact that it is not possible for states. This is the case with cloning for instance [2,3]. In this project we will apply similar ideas to [2,3] for the case of broadcasting the set of quantum gates of a quantum computing algorithm. This problem is highly relevant for the case of distributed quantum computation where the various nodes need to communicate the relevant gate set to each other in order to complete the distributed computation.

Actividades a desarrollar:

In this project you will exploit techniques from

1. Group representation theory (Permutation groups, Special Unitary groups)
2. Quantum Statistical inference theory

and construct strategies for broadcasting a non-commuting set of quantum gates. Given N copies of an unknown gate (drawn from a restricted known set) we will implement a collection of strategies known as estimate-broadcast-reconstruct strategies. These strategies attempt to use a fraction of the copies to estimate the gate (in terms of a classical bit string), broadcast this estimate to the intended users who then proceed to reconstruct as many of copies of the gate. Our aim is to place upper and lower bounds on the *fidelity* of the reconstructed gates.

Objetivos planteados

Use the natural symmetries of the problem (permutation, angular momentum etc) to identify the relevant parameters that one needs to broadcast

Determine the performance of an estimate-and-broadcast strategy that uses all N copies of the gate U to estimate its pertinent parameters optimally and broadcasts the resulting estimate

Determine the performance of an estimate-and-broadcast strategy that uses part of the N copies of the gate U to estimate its pertinent parameters optimally, then uses the remaining copies of U and this estimate to perform coherent *amplification* of the gate before it broadcasts

Bibliografía

- [1] Barnum, H., *et al.* Noncommuting mixed states cannot be broadcast. [PRL, 76, 2818.](#)
- [2] Dür, W., Sekatski, P., Skotiniotis, M. Deterministic superreplication of one-parameter unitary transformations. [PRL, 114, 120503.](#)
- [3] Chiribella, G., Yang, Y. Quantum superreplication of states and gates. [Frontiers of Physics, 11, 1-19.](#)

Firma del estudiante
(solo para trabajos propuestos por estudiantes)

Firma del responsable de tutorización
(solo para trabajos propuestos por estudiantes)

Firma del responsable de cotutorización *(en su caso)*
(solo para trabajos propuestos por estudiantes)

En Granada, a 24 de Abril de 2023