GÖTEBORGS UNIVERSITET

High-threshold error-correcting codes for biased noise with advanced decoding strategies

Ms. **Basudha Srivastava**
Institutionen för fysik
Naturvetenskapliga fakulteten

Akademisk avhandling för filosofie doktorsexamen i naturvetenskap, som med tillstånd från Naturvetenskapliga fakulteten kommer att offentligt försvaras Fredag den 13 december, 2024 kl. 09:00 i PJ-salen, Institutionen för fysik, Fysik Origo, Fysikgården 4, Göteborg.

ISBN: 978-91-8115-028-5 (PRINT)
ISBN: 978-91-8115-029-2 (PDF)

GÖTEBORGS UNIVERSITET

Svensk summering

Kvantdatorer är mycket känsliga för brus som uppstår på grund av interaktioner med omgivningen, vilket kraftigt begränsar användbarheten. Kvantfelskorrigering angriper detta problem genom att koda logisk information i flera kvantbitar för att på så sätt bevara information i närvaro av brus. Detta är en förutsättning för att förverkliga de teoretiska fördelarna med kvantberäkning såsom exponentiell uppsnabbning för vissa algoritmer jämfört med klassiska datorer.

Fysiska realiseringar av kvantbitar kan ha olika brusprofiler, inklusive biaserat brus, där fas-flip-fel kan vara mer sannolika än bit-flip-fel. Vi presenterar en kvantfelskorrigerande kod, XYZ^2-koden, som är skräddarsydd för sådant biaserat brus. Koden har höga feltrösklar, under vilka logiska fel är exponentiellt undertryckta som funktion av kodens linjära dimension.

För att härleda korrigeringar baserat på delinformation om fel krävs en klassisk algoritm i form av en avkodare. Vi undersöker flera avkodningsstrategier som är skräddarsydda för specifika utmaningar, allt från en ny samplingsavkodare för maximal sannolikhet, en modellfri, datadriven, neural-nätverksbaserad avkodare, till en effektiv flerstegsavkodare för sammanlänkade koder. Vi studerar också kopplingen mellan kvantfelkorrigerande koder och modeller inom statistisk fysik genom att representera dessa i termer av generaliserade Isingmodeller och därefter härleda exakta resultat för korrigeringar som beror på ändlig storlek under biaserat brus.

Kvantfelskorrigering är fortfarande i utvecklingsstadiet, och detta arbete ger ett bidrag till området genom att överbrygga ett gap mellan teori och praktik. Genom att anpassa väl studerade topologiska koder till felmodeller som ligger närmare verkligheten bidrar det till för förverkligandet av en feltolerant kvantarkitektur.

Keywords: Kvantfelskorrigering, biaserat brus, avkodare, stabilisatorkoder, topologiska koder, sannolikhetspropagering