Università di Genova | DIFI DIPARTIMENTO DI FISICA

INFN

Calcolo Quantistico e l'impatto sull'IA

Paolo Solinas

Università of Genova, Dipartimento di Fisica e INFN

Panoramica

- Cosa è l’informatica quantistica
- Breve introduzione agli sviluppi storici
- Cosa sta succedendo nel mondo
- Applicazioni all’intelligenza artificiale

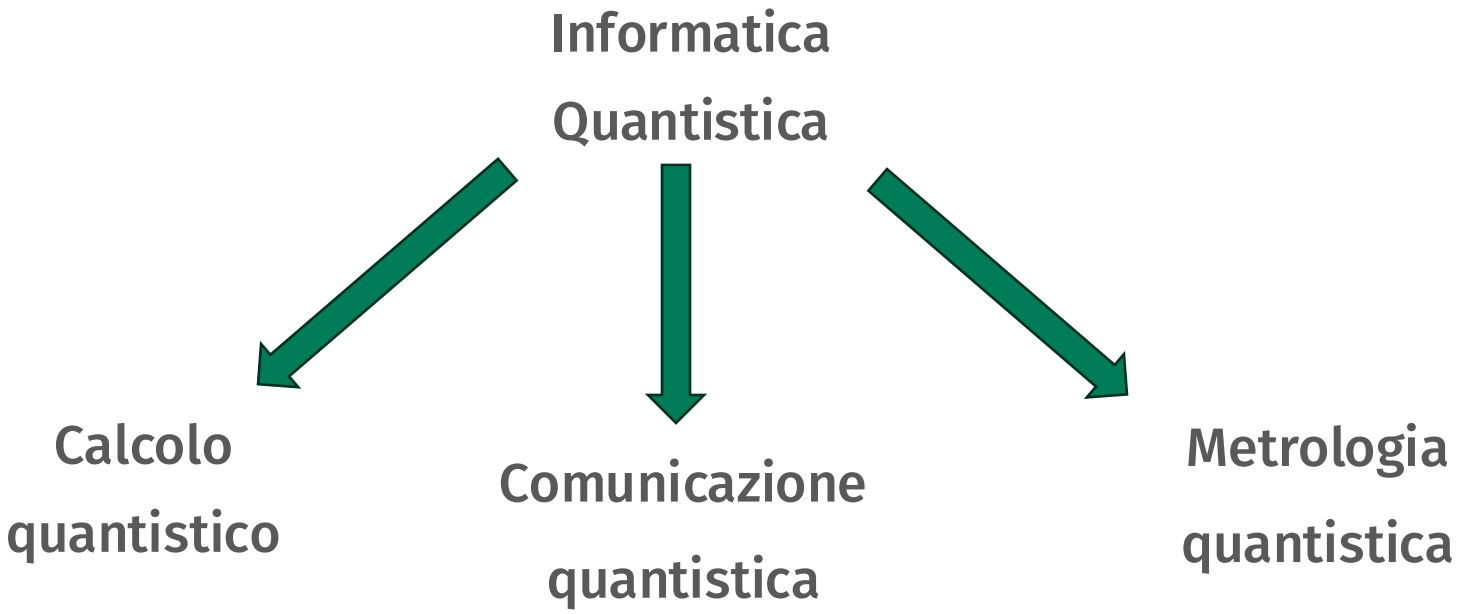
Cosa è l'informatica quantistica

- Invece di usare sistemi classici per i bit si usano sistemi quantistici Quantum Bit = Qubit

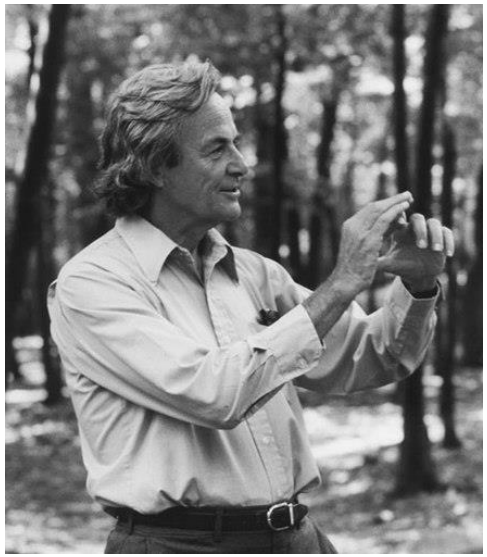
- Es. Atomi o fotoni

- Evolvono secondo le leggi della meccanica quantistica (entanglement e sovrapposizione di stati)

Informatica quantistica



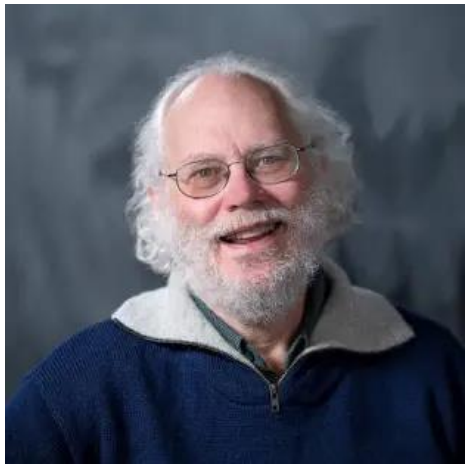
Tempistiche



R. Feynmann

Per simulare la dinamica quantistica si devono usare sistemi quantistici

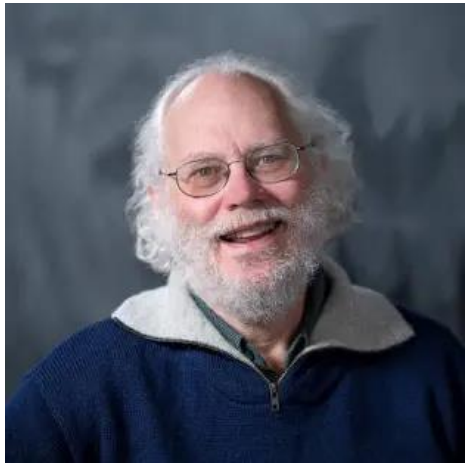
Tempistiche



Peter Shor (1994)

Lov Grover (1996)

Cosa e' l'informatica quantistica

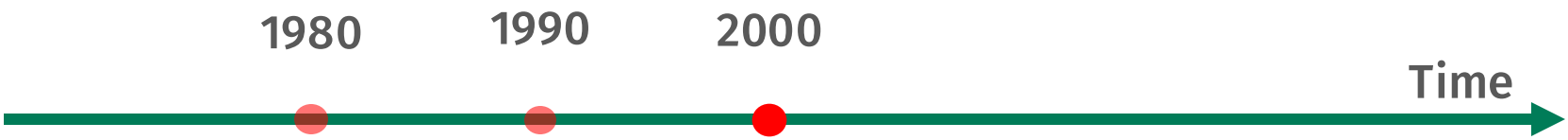


- Fattorizzazione di numeri interi
- Velocizzazione esponenziale
- Rottura di codici crittografici (RSA)

Cosa e' l'informatica quantistica

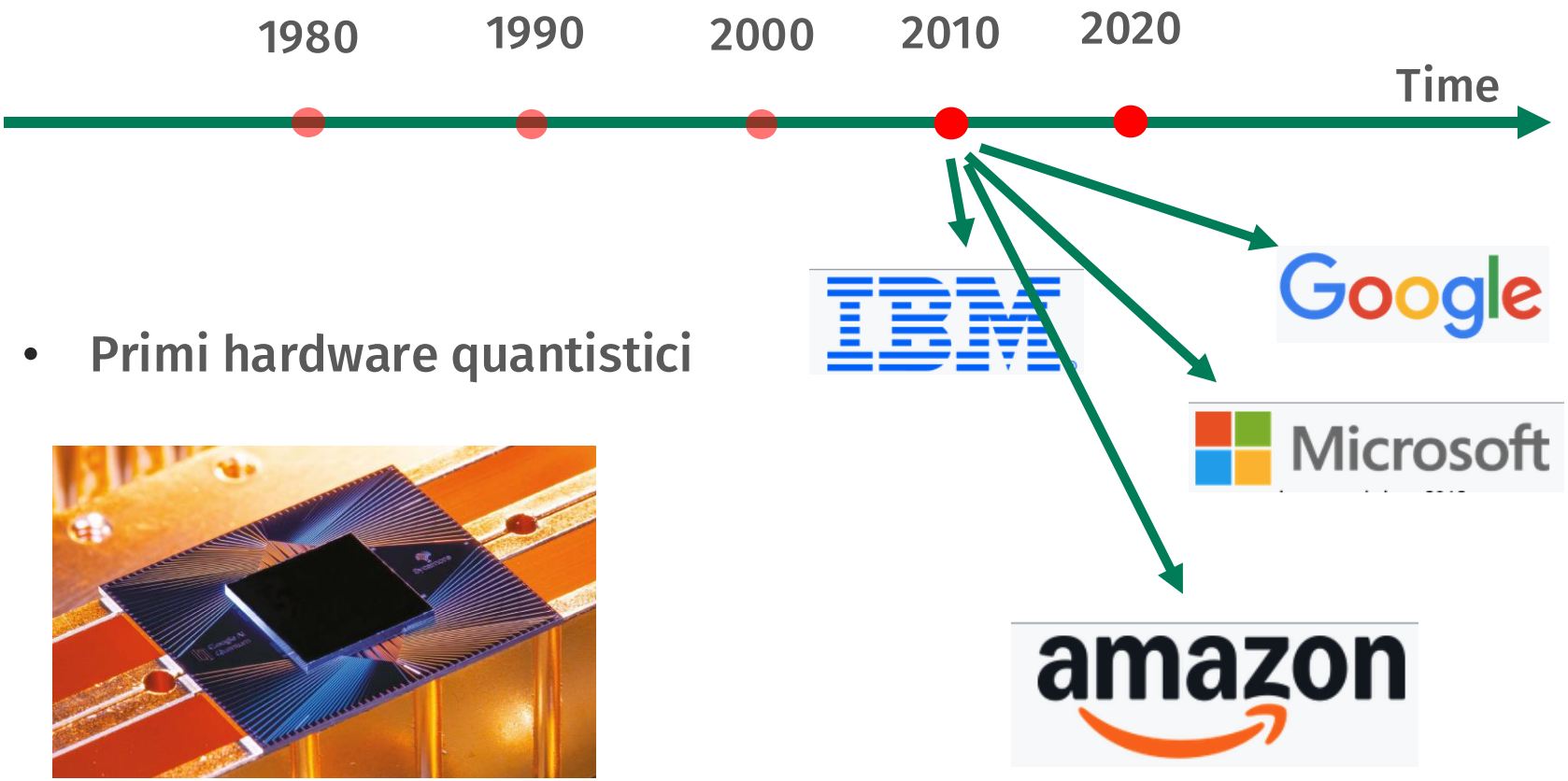
- Ricerca in un database
- Velocizzazione polinomiale
- Innumerevoli applicazioni

Tempistiche



- Primi quantum bit (qubit) in laboratorio
- Primi esperimenti di criptografica quantistica su larga scala

Tempistiche



- Primi hardware quantistici

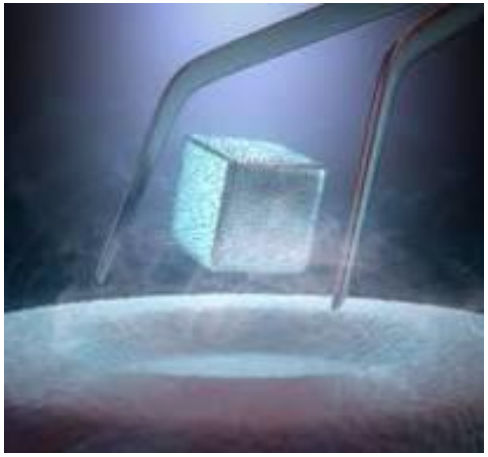
Google Sycamore 54-qubit

(2019)

Calcolo quantistico

Calcolo quantistico

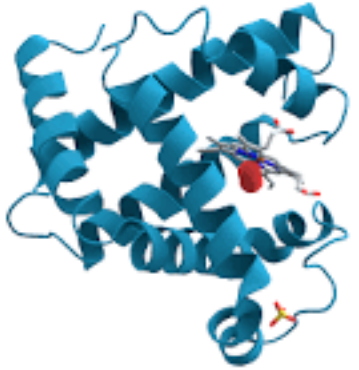
- Superconduttività ad alta temperatura



Calcolo quantistico

- Superconduttività ad alta temperatura

- Struttura di composti chimici complessi



Calcolo quantistico

- Superconduttività ad alta temperatura

- Struttura di composti chimici complessi

- Problemi di fisica delle alte energie, fisica nucleare

Calcolo quantistico

- Superconduttività ad alta temperatura
- Struttura di composti chimici complessi
- Problemi di fisica delle alte energie, fisica nucleare
- Problemi di ottimizzazione

Calcolo quantistico

- Superconduttività ad alta temperatura
- Struttura di composti chimici complessi
- Problemi di fisica delle alte energie, fisica nucleare
- Problemi di ottimizzazione
- Applicazioni all'IA (?)

Modello di utilizzo

- I computer quantistici verranno usati in *cloud* con pochi grandi centri che gestiscono l'hardware.
- Questi centri saranno pubblici (es. nazionali) e privati (Google, Amazon, IBM)
- I computer quantistici serviranno per problemi complessi e intrattabili con quelli classici

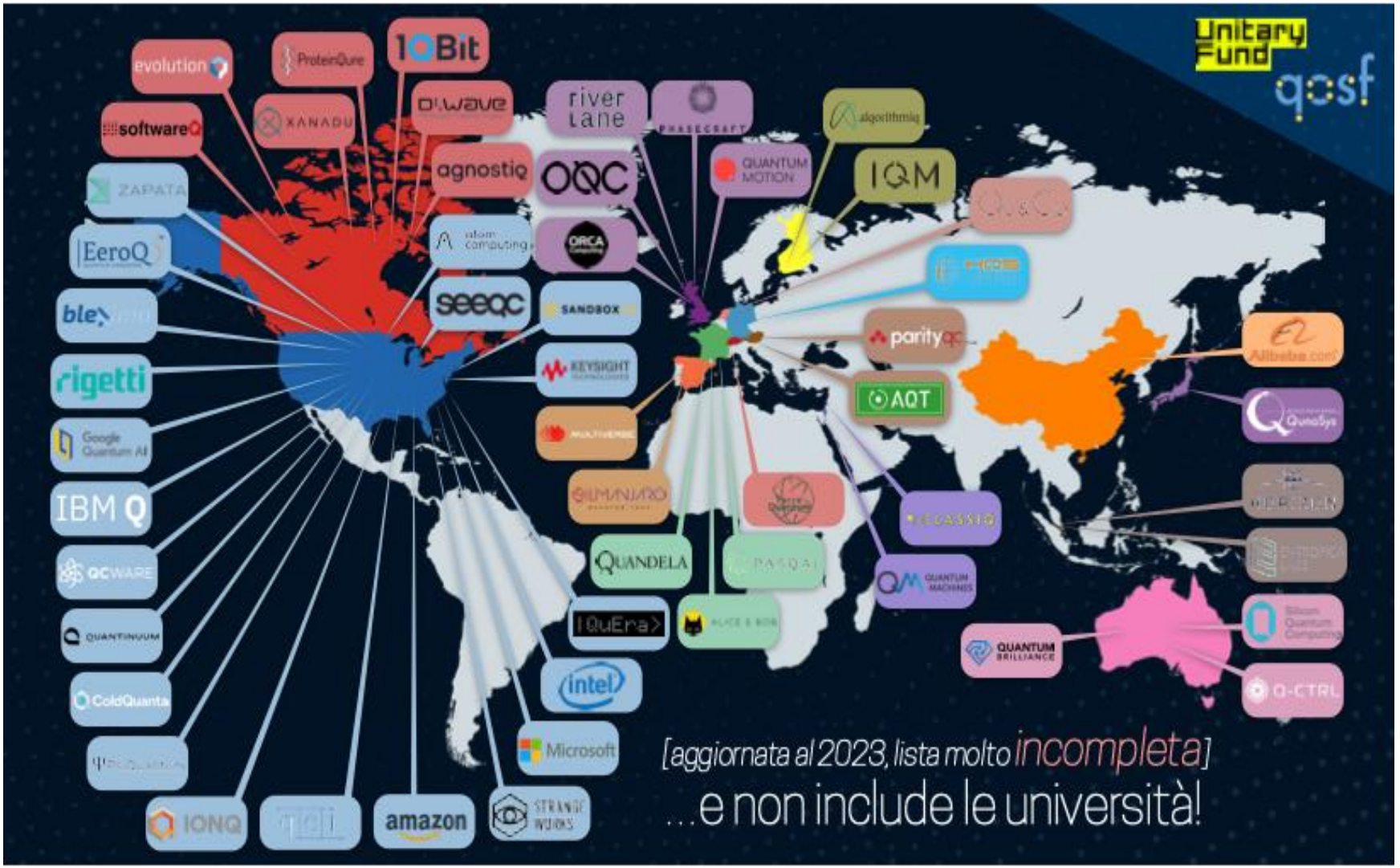
Calcolo quantistico – Problemi

- Controllo del rumore
- Hardware limitato e rumoroso
- Non ci sono però evidenti problemi concettuali
- Possibile arrivo in 5-10-20 anni (?)

Situazione nel mondo

- La EU, gli USA e la Cina hanno programmi pubblici di finanziamento (miliardi di euro/dollari).
- Stati più piccoli o non consorziati (es. Australia, Corea del Sud etc.) hanno programmi di finanziamento analoghi.
- La vera novità è la presenza di finanziamenti privati.

Nel mondo

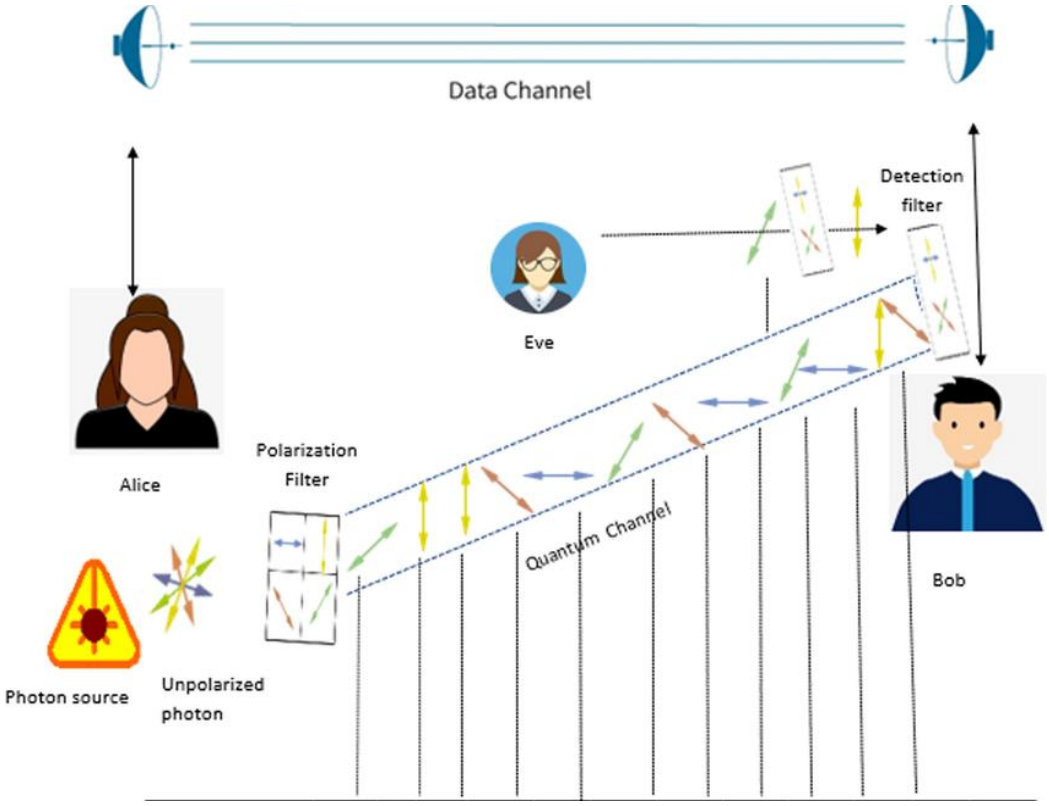


By Stefano Mangini (Algoritmq)

Comunicazione quantistica

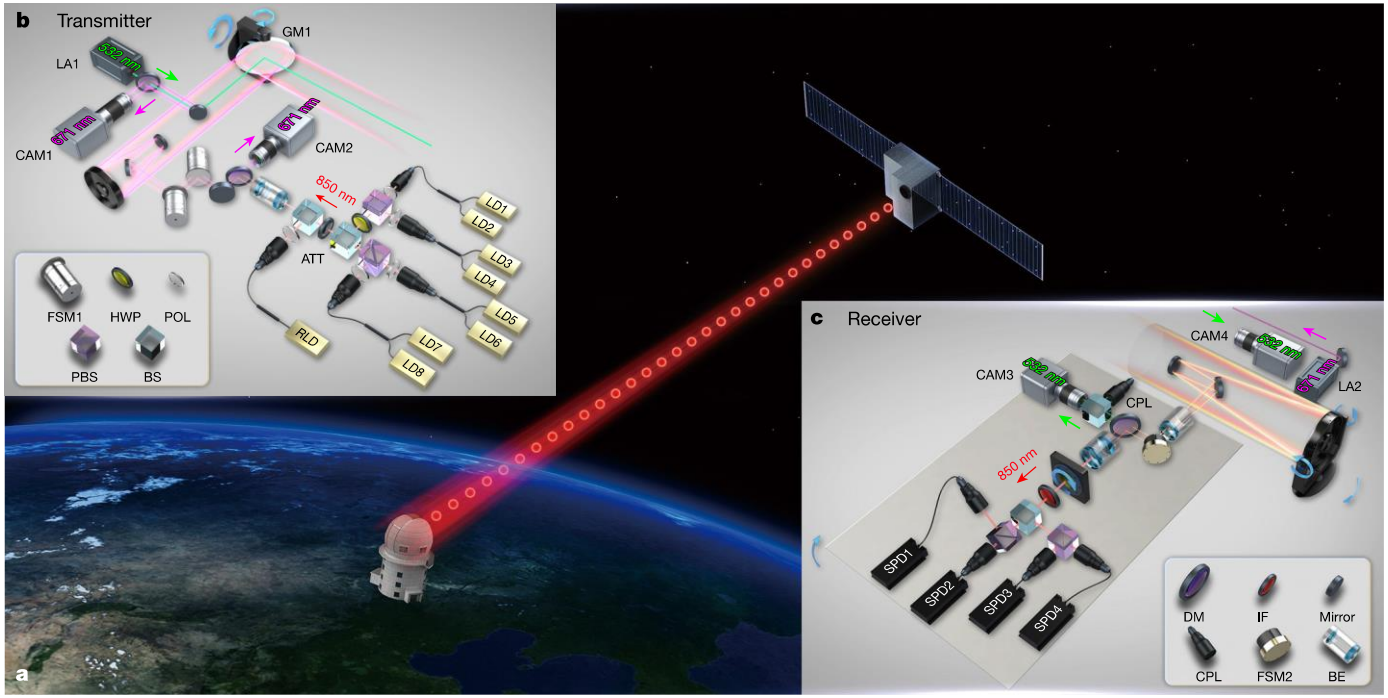
Crittografia quantistica

- Crittografia quantistica – Protocollo BB84
- Scambio di chiavi private sicure



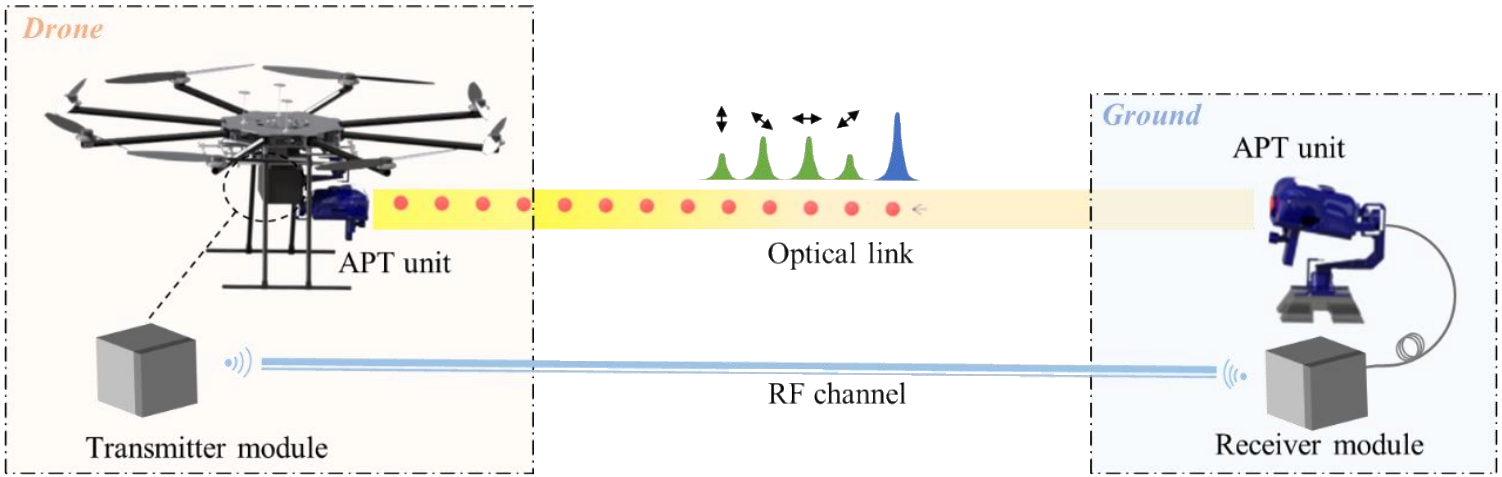
Crittografia quantistica

- Implementazione con satelliti (2017)



Crittografia quantistica

- Implementazione con droni (2023)



Crittografia quantistica

- Implementazione in città (agosto 2024)

Una rete Internet quantistica testata a New York per 15 giorni

Con GothamQ più vicine connessioni tra computer quantistici

Metrologia quantistica

Metrologia quantistica

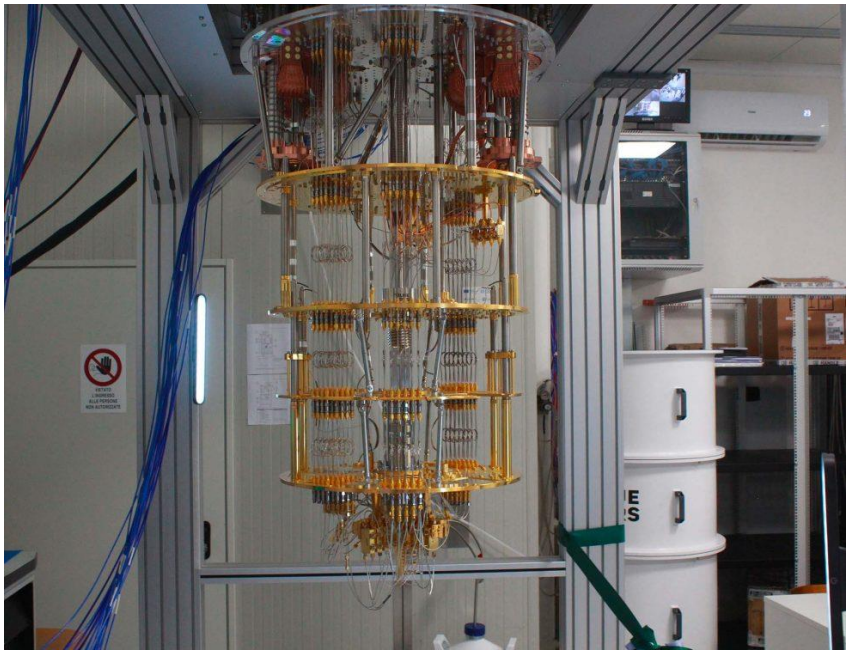
- Misure di precisione usando la meccanica quantistica
- Es. Misura di precisione di campi magnetici ed elettrici
- Applicazioni mediche: Risonanza magnetica nucleare, tomografia e produzione di immagini mediche.
- Applicazioni scientifiche con misure di alta precisione.

Panorama italiano

- Cineca – Bologna
- Atomi freddi

Panorama italiano

- Univ. Napoli
- Superconduttori



Panorama italiano

- Crittografia quantistica
- Trieste e Padova

ThinkQUANTUM

Quantum computation e IA

- C'è molto interesse per le possibili applicazioni dei computer quantistici all'intelligenza artificiale (Google Quantum AI)
- Ci sono alcuni risultati preliminari e, per adesso, con limitato interesse applicativo
- Ci sono dei problemi che vanno risolti per poter sviluppare tutte le potenziali applicazioni

Considerazioni per la IA quantistica

- Per ora non è chiaro se ci saranno applicazioni di IA quantistica rivoluzionarie
- Non è chiaro che vantaggi si possono avere con un computer quantistico
- E' possibile che non si arrivi a applicazioni IA generaliste ma singoli problemi (molto complicati) potrebbero beneficiare dell'uso di computer quantistici
- I possibili vantaggi potrebbero dipendere dallo specifico problema

Futuro dell'informatica quantistica

- C'è un enorme interesse pubblico e privato
- La comunicazione quantistica è già realtà
- La metrologia quantistica lo sarà presto.
- Per i computer quantistici dovremmo aspettare (5-10-20 anni)
- C'è molto interesse per le potenziali applicazioni a problemi legati all'IA ma è necessario individuare problemi che siano velocizzabili

Grazie per l’attenzione