

	VIETTEL AI RACE	TD074
	Điện Toán Lượng Tử Ứng Dụng Trong Tối Ưu Hóa Mạng 6G	Lần ban hành: 1

1. Giới thiệu và bối cảnh

Mạng di động thế hệ thứ sáu (6G) được kỳ vọng mang lại tốc độ truyền tải dữ liệu hàng trăm gigabit/giây, độ trễ dưới 1 mili giây, và khả năng kết nối hàng tỷ thiết bị IoT. Tuy nhiên, việc tối ưu hóa cấu trúc mạng 6G – từ phân bổ tài nguyên phổ tần, định tuyến dữ liệu, đến quản lý năng lượng – đặt ra những bài toán tính toán khổng lồ, thường là NP-hard, khó giải quyết bằng máy tính cổ điển.

Điện toán lượng tử (Quantum Computing), với khả năng khai thác hiện tượng chồng chập và rối lượng tử, hứa hẹn giải quyết các bài toán tối ưu này nhanh hơn cấp số nhân so với phương pháp truyền thống.

2. Cơ sở lý thuyết điện toán lượng tử

- Qubit: Đơn vị thông tin cơ bản, tồn tại ở trạng thái chồng chập (0 và 1 đồng thời).
- Cổng lượng tử (Quantum Gate): Thao tác toán học biến đổi trạng thái qubit, tương tự như cổng logic trong máy tính cổ điển.
- Rối lượng tử (Entanglement): Liên kết giữa các qubit giúp tính toán song song và truyền thông tin nhanh.
- Đo lường (Measurement): Quá trình chuyển trạng thái lượng tử thành kết quả nhị phân.

Nhờ các đặc tính này, máy tính lượng tử có thể khám phá không gian nghiệm khổng lồ của các bài toán tối ưu phức tạp.

3. Các tính năng vượt trội của 6G so với 5G:

- Tốc độ vượt trội: Mạng 6G được kỳ vọng sẽ đạt tốc độ truyền dữ liệu lên đến 1 Terabit/giây (Tbps), nhanh hơn gấp 100-500 lần so với 5G. Tốc độ

	VIETTEL AI RACE	TD074
	Điện Toán Lượng Tử Ứng Dụng Trong Tối Ưu Hóa Mạng 6G	Lần ban hành: 1

này cho phép tải xuống phim 4K trong vài giây hoặc thậm chí truyền tải hình ảnh голограмма 3D theo thời gian thực.

- **Độ trễ cực thấp:** Độ trễ của mạng 6G được dự đoán sẽ giảm xuống dưới 1 micro giây (μs), gần như bằng không. Điều này rất quan trọng cho các ứng dụng yêu cầu phản hồi tức thời, chẳng hạn như thực tế ảo (VR), thực tế tăng cường (AR), lái xe tự động và điều khiển từ xa các thiết bị công nghiệp.
- **Băng thông siêu rộng:** 6G sẽ sử dụng các băng tần tần số cao hơn, bao gồm cả sóng milimet và Terahertz (THz), cho phép truyền tải một lượng lớn dữ liệu cùng một lúc. Điều này sẽ đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng về băng thông của các ứng dụng như truyền phát video 8K/16K, trò chơi trực tuyến và Internet vạn vật (IoT) quy mô lớn.
- **Khả năng kết nối vạn vật:** 6G được thiết kế để kết nối hàng tỷ thiết bị IoT, từ cảm biến trong nhà thông minh đến thiết bị công nghiệp và xe tự lái. Điều này sẽ tạo ra một mạng lưới kết nối rộng khắp, cho phép thu thập và phân tích dữ liệu theo thời gian thực, tối ưu hóa hiệu suất và tạo ra các dịch vụ thông minh.
- **Kết nối không gian:** Ngoài kết nối mặt đất, 6G còn hướng đến việc tích hợp các mạng vệ tinh và máy bay không người lái, mở rộng phạm vi phủ sóng đến những vùng sâu vùng xa và khu vực biển đảo. Điều này sẽ đảm bảo kết nối liên tục và ổn định cho người dùng ở bất kỳ đâu.
- **Tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI):** AI sẽ đóng vai trò then chốt trong việc quản lý và tối ưu hóa mạng 6G. AI sẽ giúp phân bổ tài nguyên mạng một cách thông minh, dự đoán và ngăn chặn các sự cố, cũng như tối ưu hóa hiệu suất của các ứng dụng.
- **Bảo mật nâng cao:** Với sự gia tăng của các thiết bị kết nối và lượng dữ liệu được truyền tải, bảo mật trở thành một yếu tố cực kỳ quan trọng. 6G

	VIETTEL AI RACE	TD074
	Điện Toán Lượng Tử Ứng Dụng Trong Tối Ưu Hóa Mạng 6G	Lần ban hành: 1

sẽ tích hợp các công nghệ bảo mật tiên tiến để đảm bảo an toàn cho dữ liệu người dùng và ngăn chặn các cuộc tấn công mạng.

4. Bài toán tối ưu trong mạng 6G

Các kịch bản tiêu biểu:

- Phân bổ phổ tần (Spectrum Allocation): Tìm cách chia phổ tần hạn chế cho hàng triệu thiết bị.
- Định tuyến dữ liệu động: Chọn đường truyền tốt nhất trong thời gian thực để giảm tắc nghẽn.
- Quản lý năng lượng: Tối ưu công suất phát để tiết kiệm năng lượng mà vẫn đảm bảo chất lượng dịch vụ.
- Lập lịch truy cập (Scheduling): Điều phối truy cập giữa các thiết bị IoT đa dạng.

Những bài toán này đều đòi hỏi giải các bài toán tối ưu tổ hợp với quy mô cực lớn.

5. Ứng dụng thuật toán lượng tử

1. Quantum Approximate Optimization Algorithm (QAOA):
 - Giải các bài toán tối ưu tổ hợp như phân bổ phổ tần.
 - Sử dụng mạch lượng tử lai (hybrid quantum-classical).
2. Variational Quantum Eigensolver (VQE):
 - Tìm nghiệm gần đúng của các hệ thống phức tạp, hữu ích cho tối ưu năng lượng.
3. Grover's Algorithm:
 - Tăng tốc tìm kiếm trong cơ sở dữ liệu, giúp định tuyến và tra cứu nhanh.
4. Quantum Annealing:

	VIETTEL AI RACE	TD074
	Điện Toán Lượng Tử Ứng Dụng Trong Tối Ưu Hóa Mạng 6G	Lần ban hành: 1

- Tương tự tối ưu hóa bậc thang, đặc biệt hiệu quả cho bài toán lập lịch lớn.

6. Kiến trúc triển khai thực tế

- Mô hình lai (Hybrid Quantum-Classical):
Phần lượng tử giải quyết các thành phần tối ưu nặng, trong khi phần cổ điển xử lý giao thức mạng.
- Tích hợp Cloud-Quantum:
Các trạm gốc 6G có thể truy cập dịch vụ máy tính lượng tử đám mây (IBM Q, D-Wave) để thực hiện tính toán.
- Edge Computing:
Đưa các thuật toán lượng tử nhẹ xuống rìa mạng để giảm độ trễ.

7. Lợi ích tiềm năng

- Tốc độ tính toán: Giải bài toán NP-hard trong thời gian khả thi.
- Tiết kiệm năng lượng: Phân bổ tài nguyên tối ưu giảm lãng phí.
- Khả năng mở rộng: Phù hợp với lượng thiết bị IoT khổng lồ trong kỷ nguyên 6G.

8. Thách thức

- Hạ tầng phần cứng lượng tử:
Máy tính lượng tử vẫn hạn chế về số lượng qubit và độ bền.
- Thuật toán chuyên biệt:
Cần phát triển thuật toán phù hợp bài toán mạng viễn thông.

	VIETTEL AI RACE	TD074
	Điện Toán Lượng Tử Ứng Dụng Trong Tối Ưu Hóa Mạng 6G	Lần ban hành: 1

- Tích hợp hệ thống:
Đồng bộ giữa mạng lượng tử và mạng cổ điển đòi hỏi chuẩn giao thức mới.

9. Hướng nghiên cứu tương lai

- Lượng tử hóa mạng (Quantum Networking):
Tích hợp kênh truyền lượng tử cho truyền thông siêu an toàn.
- AI lượng tử (Quantum Machine Learning):
Sử dụng mạng lượng tử để học và tối ưu hóa động.
- Chống nhiễu lượng tử:
Tăng độ ổn định cho mạch lượng tử để triển khai thực tế.