

Cấu Trúc Dữ Liệu - Cách Ethereum Lưu Trữ & Xử Lý Giao Dịch

Meta Description

Ethereum sử dụng Merkle Patricia Trie để quản lý trạng thái, áp dụng mô hình Account Model thay vì UTXO của Bitcoin, và sử dụng gas để tính phí giao dịch. Bài viết này sẽ phân tích cách Ethereum lưu trữ dữ liệu, tính toán phí gas, và so sánh với Bitcoin.

Key Takeaways

- Ethereum sử dụng **Merkle Patricia Trie (MPT)** để lưu trữ trạng thái, giúp xác minh nhanh và tối ưu hóa không gian lưu trữ.
- Ethereum áp dụng mô hình **Account Model** thay vì **UTXO** như Bitcoin, giúp giao dịch nhanh hơn và dễ tích hợp hợp đồng thông minh.
- **Gas** là đơn vị đo chi phí tính toán trên Ethereum, với EIP-1559 giúp tối ưu hóa phí giao dịch.
- **Nâng cấp Layer 2 và sharding** sẽ tiếp tục cải thiện hiệu suất và chi phí trên Ethereum.

Merkle Patricia Trie – Cách Ethereum Quản Lý Trạng Thái

Ethereum sử dụng **Merkle Patricia Trie (MPT)** để quản lý trạng thái của blockchain, giúp lưu trữ và xác minh dữ liệu hiệu quả. Đây là một cấu trúc **kết hợp giữa Merkle Tree và Patricia Trie**, đảm bảo tính toàn vẹn và tối ưu hóa không gian lưu trữ.

● Merkle Tree – Kiểm Tra Dữ Liệu Nhanh Chóng

Merkle Tree là **một cây nhị phân**, trong đó mỗi node là **hash của hai node con**. Điều này giúp:

- ✓ Xác minh dữ liệu mà không cần tải toàn bộ blockchain.
- ✓ Bảo vệ chống giả mạo – nếu một phần dữ liệu bị thay đổi, **hash gốc sẽ không khớp**.

● Patricia Trie – Lưu Trữ Key-Value Pairs Hiệu Quả

Patricia Trie là một cây trie đặc biệt giúp lưu trữ **dữ liệu theo dạng key-value**. Nó giúp:

- ✓ Tìm kiếm dữ liệu nhanh hơn.
- ✓ Giảm không gian lưu trữ so với bảng hash thông thường.

● Merkle Patricia Trie (MPT) – Sự Kết Hợp Hoàn Hảo

MPT được Ethereum sử dụng để lưu trữ ba loại dữ liệu chính:

Trie

Chức năng

State Trie Lưu trạng thái tài khoản, bao gồm số dư, code hash hợp đồng thông minh.

Transaction Trie Lưu danh sách giao dịch trong mỗi khối.

Receipt Trie Lưu kết quả giao dịch, bao gồm trạng thái và log.

🔥 Điểm nổi bật:

- **MPT giúp Ethereum xử lý trạng thái hiệu quả**, chỉ ghi root hash vào header khối.
- **Light clients có thể xác minh giao dịch mà không cần tải toàn bộ blockchain.**
- **Hỗ trợ sharding**, giúp Ethereum mở rộng quy mô trong tương lai.

👉 MPT là giải pháp lưu trữ mạnh mẽ, giúp Ethereum duy trì trạng thái nhất quán và xác minh dữ liệu hiệu quả.

So Sánh UTXO Model (Bitcoin) vs Account Model (Ethereum)

Ethereum và Bitcoin sử dụng hai mô hình khác nhau để quản lý giao dịch và trạng thái:

● UTXO Model (Bitcoin) – Lưu Trữ Đầu Ra Chưa Sử Dụng

Trong mô hình **Unspent Transaction Output (UTXO)**, mỗi giao dịch tiêu thụ **UTXO từ các giao dịch trước** và tạo ra UTXO mới.

✦ Cách hoạt động:

- Người dùng có 2 UTXO (**1 BTC & 2 BTC**) → muốn gửi 1.5 BTC.
- Phải tiêu cả 2 UTXO, tạo UTXO mới: **1.5 BTC cho người nhận, 1.5 BTC trả lại chính mình (trừ phí giao dịch).**

✦ Ưu điểm:

- ✓ **Bảo mật cao**, vì UTXO là riêng biệt, khó theo dõi dòng tiền.
- ✓ **Có thể xử lý song song**, giúp tăng hiệu suất.

✦ Nhược điểm:

- ✗ **Quản lý số dư phức tạp**, vì phải theo dõi nhiều UTXO.
- ✗ **Hạn chế hợp đồng thông minh**, khó lưu trữ trạng thái phức tạp.

● Account Model (Ethereum) – Tài Khoản & Cân Bằng

Ethereum sử dụng **Account Model**, nơi **mỗi tài khoản có số dư trực tiếp**.

✦ Cách hoạt động:

- A có **5 ETH** → gửi **1 ETH** cho B.
- Trạng thái thay đổi: **A -1 ETH, B +1 ETH** (không cần tạo đầu ra mới).

✦ Ưu điểm:

- ✓ Đơn giản, dễ hiểu và dễ quản lý.
- ✓ Hỗ trợ hợp đồng thông minh, phù hợp với DeFi & NFT.

✦ Nhược điểm:

- ✗ Bảo mật thấp hơn, vì giao dịch liên kết trực tiếp giữa tài khoản.
- ✗ Khả năng mở rộng có giới hạn, nhưng **Layer 2** giải quyết vấn đề này.

Tiêu chí	UTXO Model (Bitcoin)	Account Model (Ethereum)
Quản lý cân bằng	Tổng hợp UTXO, không có tài khoản cố định.	Mỗi tài khoản có số dư trực tiếp.
Privacy	Tốt hơn, vì mỗi UTXO là riêng biệt.	Kém hơn, vì giao dịch minh bạch.
Hỗ trợ hợp đồng thông minh	Hạn chế, khó lưu trữ trạng thái.	Tốt, dễ dàng thực thi hợp đồng thông minh.
Độ phức tạp giao dịch	Cao, phải chọn UTXO phù hợp.	Thấp, chỉ cần thay đổi số dư tài khoản.

👉 Ethereum sử dụng **Account Model** để hỗ trợ hợp đồng thông minh linh hoạt hơn, giúp xây dựng nền kinh tế phi tập trung.

Gas & Gas Fees – Cách Ethereum Tính Phí Giao Dịch

✦ Gas là gì?

- Đơn vị đo lường **chi phí tính toán** trên Ethereum.
- **Đảm bảo mạng không bị spam** và tối ưu hóa tài nguyên.

✦ Cách tính phí giao dịch:

✦ Công thức:

Phí giao dịch = Gas Used × Gas Price

✦ Ví dụ:

- Chuyển ETH: **21,000 gas**.
- Nếu **gas price = 20 gwei** → phí giao dịch = **21,000 × 20 = 420,000 gwei (0.00042 ETH)**.

🔥 EIP-1559 – Cải Tiến Gas Fee (2021)

Ethereum giới thiệu **EIP-1559**, giúp cải thiện tính minh bạch của phí giao dịch.

- ✓ **Base Fee** – Phí cố định, được **thieu hủy (burn)** để giảm nguồn cung ETH.
- ✓ **Priority Fee (Tip)** – Phần thưởng cho validator để xử lý nhanh hơn.
- ✓ **Tổng phí = Base Fee + Tip**.

✦ Cách tối ưu hóa phí giao dịch:

- ✓ Chọn thời gian thấp điểm, khi mạng ít tắc nghẽn.
- ✓ Sử dụng Layer 2 (Arbitrum, Optimism, zkSync) để giảm phí.
- ✓ Tối ưu hợp đồng thông minh để sử dụng ít gas hơn.

👉 EIP-1559 giúp phí giao dịch Ethereum ổn định và làm cho ETH trở thành tài sản giảm phát theo thời gian.

Kết Luận

✦ Ethereum sử dụng **Merkle Patricia Trie** để quản lý trạng thái, giúp xác minh nhanh chóng và hỗ trợ nâng cấp như sharding.

✦ Ethereum áp dụng **Account Model** thay vì **UTXO**, giúp hợp đồng thông minh hoạt động hiệu quả nhưng có thể gặp vấn đề mở rộng (Layer 2 giải quyết điều này).

✦ **Gas fee** là cơ chế đảm bảo chi phí giao dịch công bằng, với EIP-1559 giúp tối ưu hóa và giảm nguồn cung ETH.

✦ Nâng cấp như Proto-Danksharding và sharding trong tương lai sẽ tiếp tục cải thiện hiệu suất của Ethereum.

💬 Bạn nghĩ Ethereum có thể tiếp tục giữ vị trí số 1 không? Hãy chia sẻ ý kiến của bạn! 🚀