

GridTokenX

Development of a P2P Solar Energy Trading Simulation System using Solana Smart Contracts

(Anchor Framework in Permissioned
Environment)

การพัฒนาระบบจำลองการซื้อขายพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Peer-to-Peer
ด้วย Solana Smart Contract ในสภาพแวดล้อมแบบ Permissioned



Ngendle หัวข้อนำเสนอ

1. Problem & Solution (ຈະ "ອາຍ" ແລ້ວ "ອາຫຼືດ")
2. Core Architecture (ຈະ "How It Works")
3. Innovations (Consensus & Speed)
4. System Workflow (Step-by-Step Description)
5. Economic Model (Sustainability)
6. Simulation & Visualization (Frontend)
7. Results & Timeline (Validation)

1. Problem Statement ท่าและความ สำคัญ

The Shift to Prosumers การเปลี่ยนแปลงสู่ Prosumer

Energy **consumers** are becoming **producers** (Solar
Rooftops)



ผู้บริโภคกลายเป็นผู้ผลิตไฟฟ้าเอง (Solar Rooftop)

1. Problem Statement

The "Trilemma" in Energy Blockchain ปัญหาสาม ประการ

1. Scalability: Cannot handle frequent micro-transactions (smart meter checks every 15 mins)

รองรับธุกรรมขนาดเล็กจำนวนมากไม่ได้

2. Cost: Gas fees on Ethereum/Public chains exceed the value of energy traded

ค่าธรรมเนียมแพงกว่าค่าไฟฟ้าขาย

2. The Solution: GridTokenX แนวทาง

แก้ไข

A **Hybrid Permissioned Blockchain** specifically designed for energy trading.

Blockchain แบบ Hybrid ที่ออกแบบมาเพื่อการซื้อขายพลังงานโดยเฉพาะ

0

Gas Fees
ค่าธรรมเนียม

65K+

TPS
(Theoretical)
ธุกรรม/วินาที

DvP

Atomic
Settlement
การชำระเงินแบบ

3. Core Architecture (Tri-Layer)

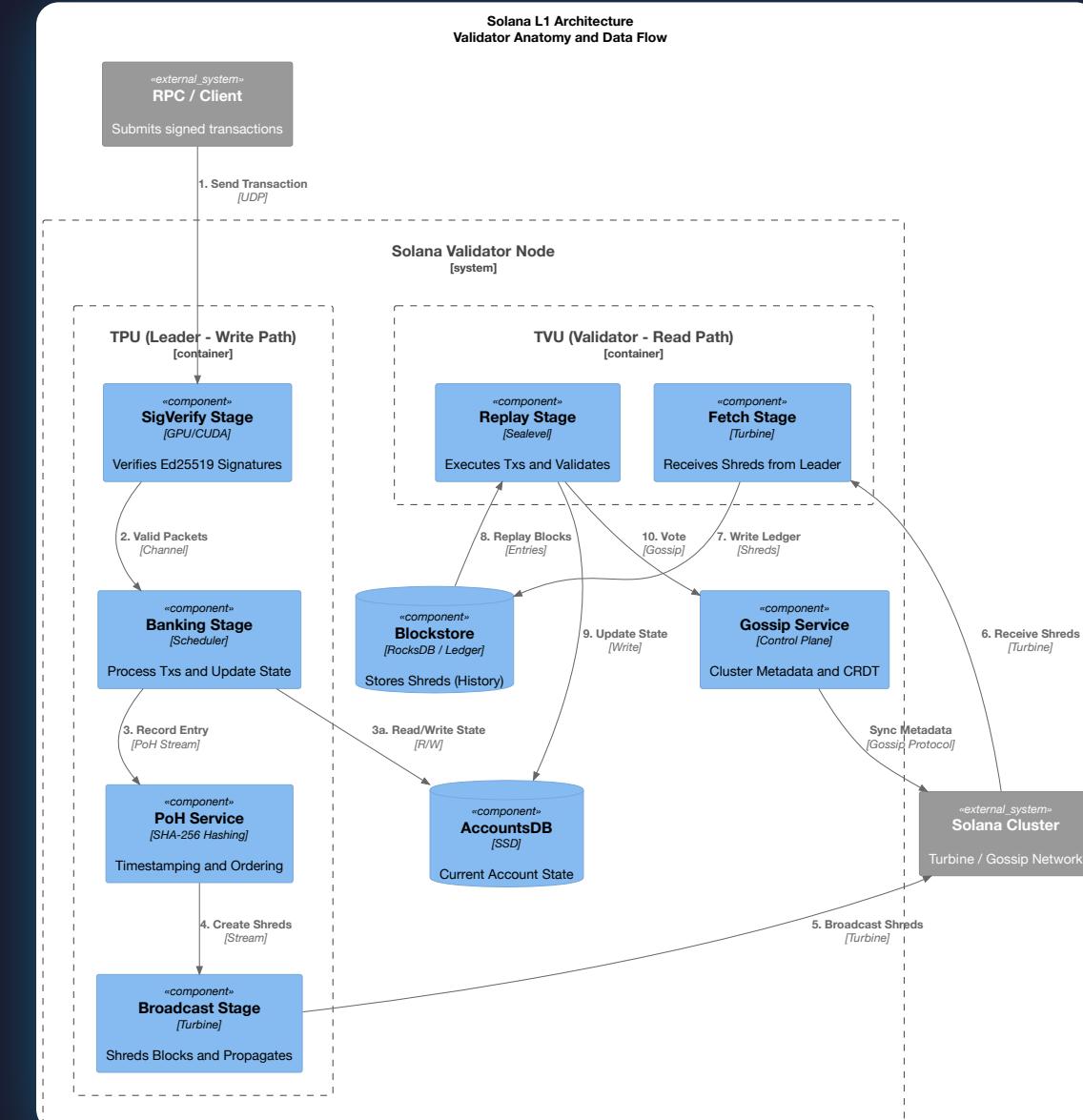
สถาปัตยกรรม 3 ชั้น

L1 - Consensus Layer:
Solana (PoA) for truth &
settlement

ชั้นฉันทามติ - บันทึกความจริง

L2 - Middleware Layer:
Rust API Gateway &
Matching Engine

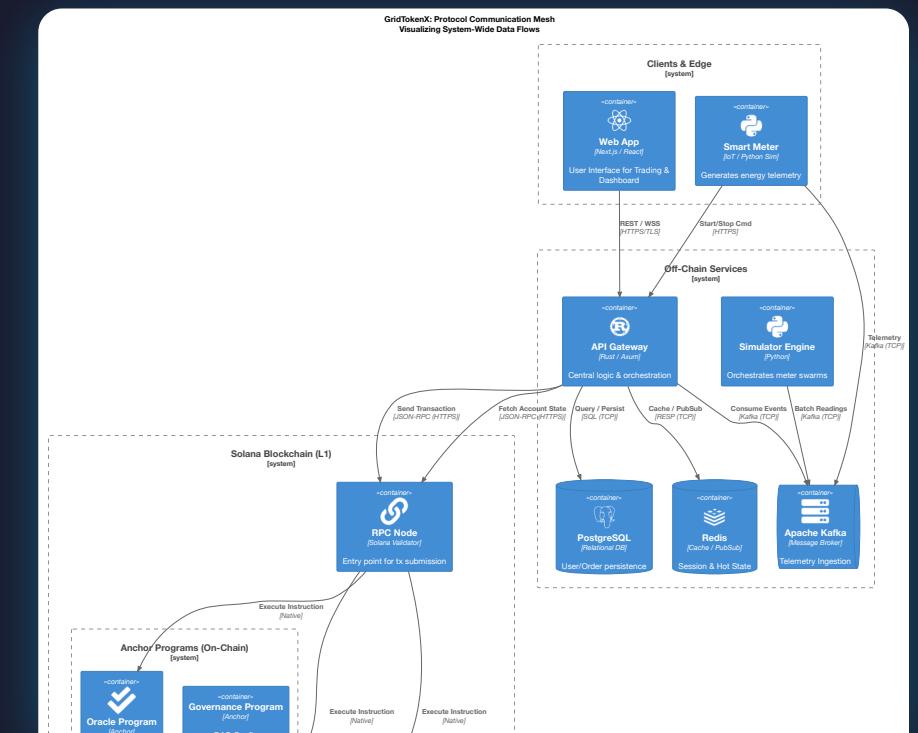
ชั้นกลาง - จับคู่คำสั่งซื้อขาย



3.1. System Protocols Overview

ໂປຣໂຕຄອລສື່ຂໍສາຮ

- **Gateway:** gRPC & JSON-RPC orchestration
- **Blockchain:** Gossip Protocol for validators
- **Clients:** Secure WSS (WebSockets)



3.2. Anchor Smart Contracts ស៊ូល្អា អ៊ីជនិយ

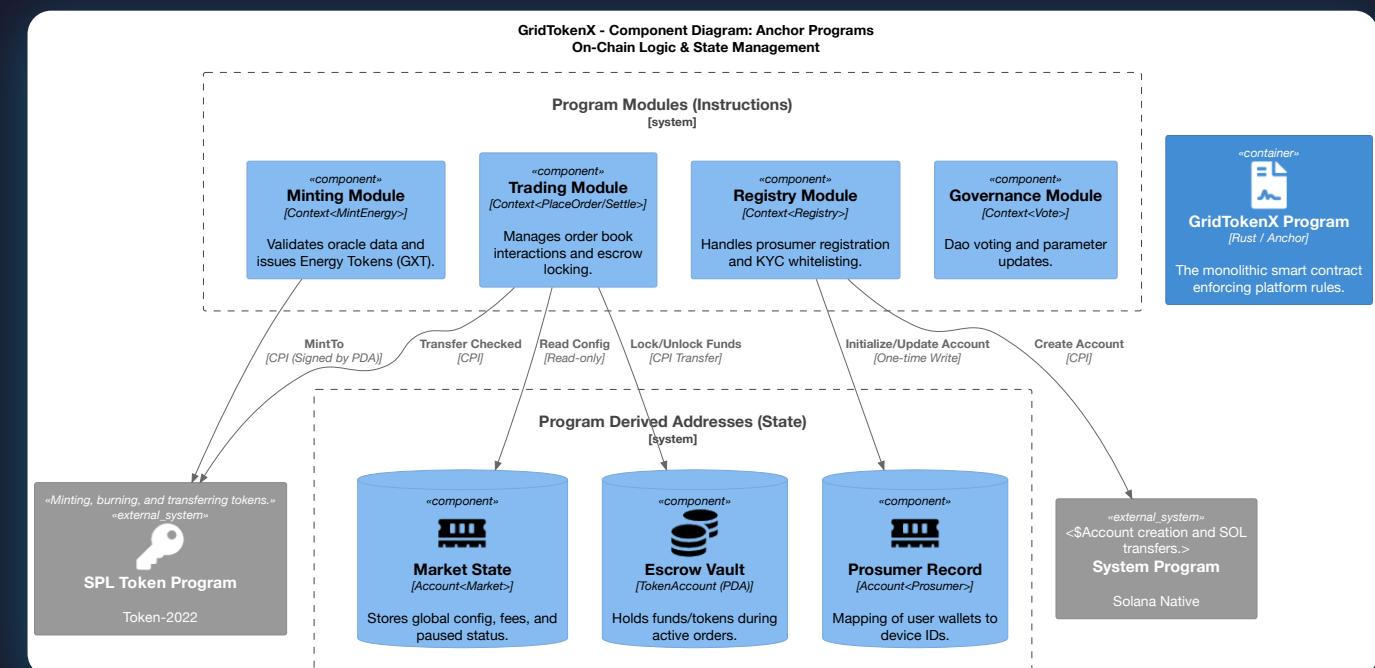
The "Brain" of the blockchain - **5 specialized programs**

1. Registry: PDAs for
10,000+ meters

2. Oracle: IoT signature
verification

3. Token: SPL-2022
Mint/Burn/Transfer

4. Trading: Order book &



3.3. Governance & Operations การกำกับ

ดูแล

Controlled by a **Proof-of-Authority (PoA)** Council



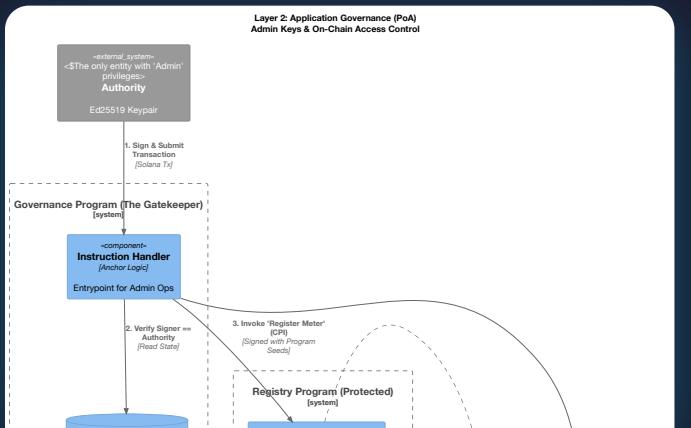
Admin: Upgrades contracts, sets fee structures



Verifier: Whitelists new meters (KYC)



Emergency: Circuit breaker to pause trading



4. Innovation: Hybrid Consensus

นวัตกรรมฉันทามติ

Combining the best of centralized and decentralized
worlds



Proof of History (PoH): Fast clock synchronization

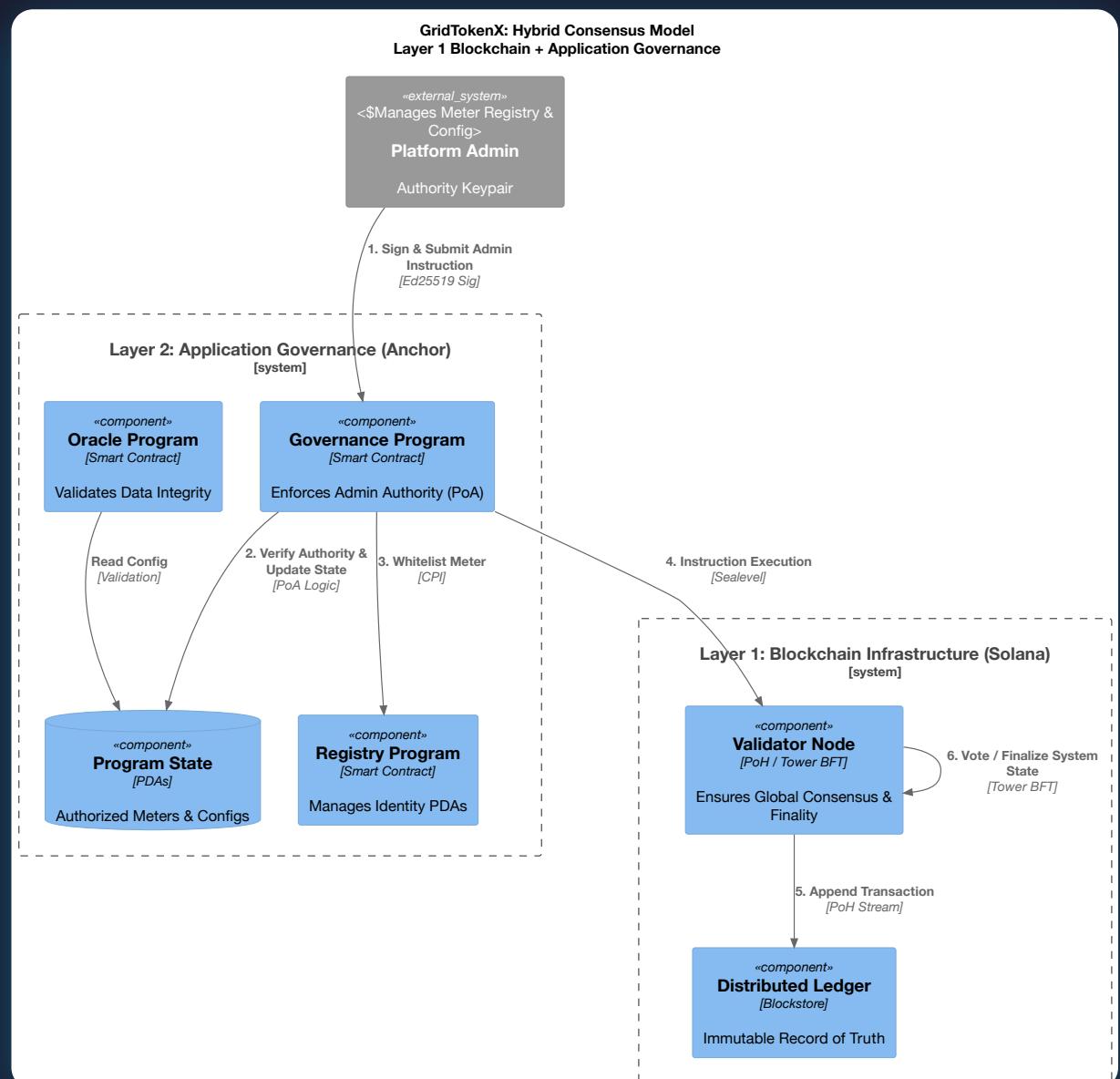
นาฬิกาที่รวดเร็วและแม่นยำ



Proof of Authority (PoA): Authorized validators only
(Regulatory compliant)

เฉพาะ Validator ที่ได้รับอนุญาต

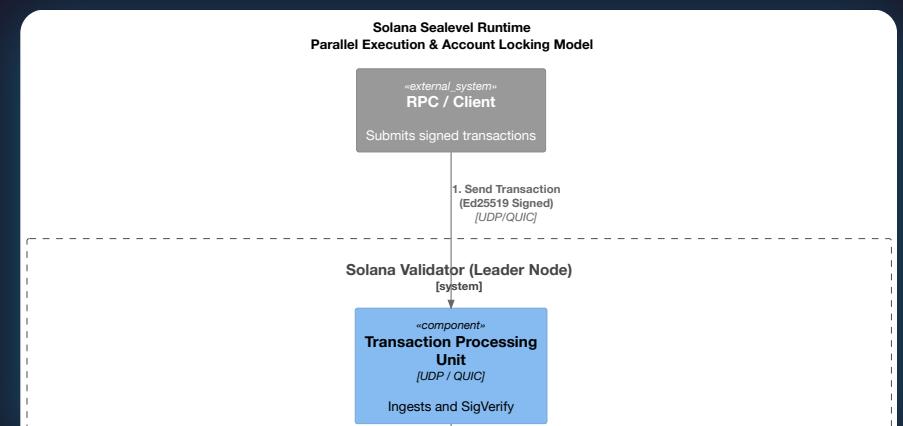
4. Innovation: Hybrid Consensus



4.1. Parallel Execution (Sealevel) การ ประมวลผลแบบขนาน

Unlike EVM (Sequential), Solana processes transactions
in **Parallel**

- **Non-Overlapping State:** Transactions touching different accounts run simultaneously
- **Horizontal Scaling:** Utilizes all CPU cores on Validator



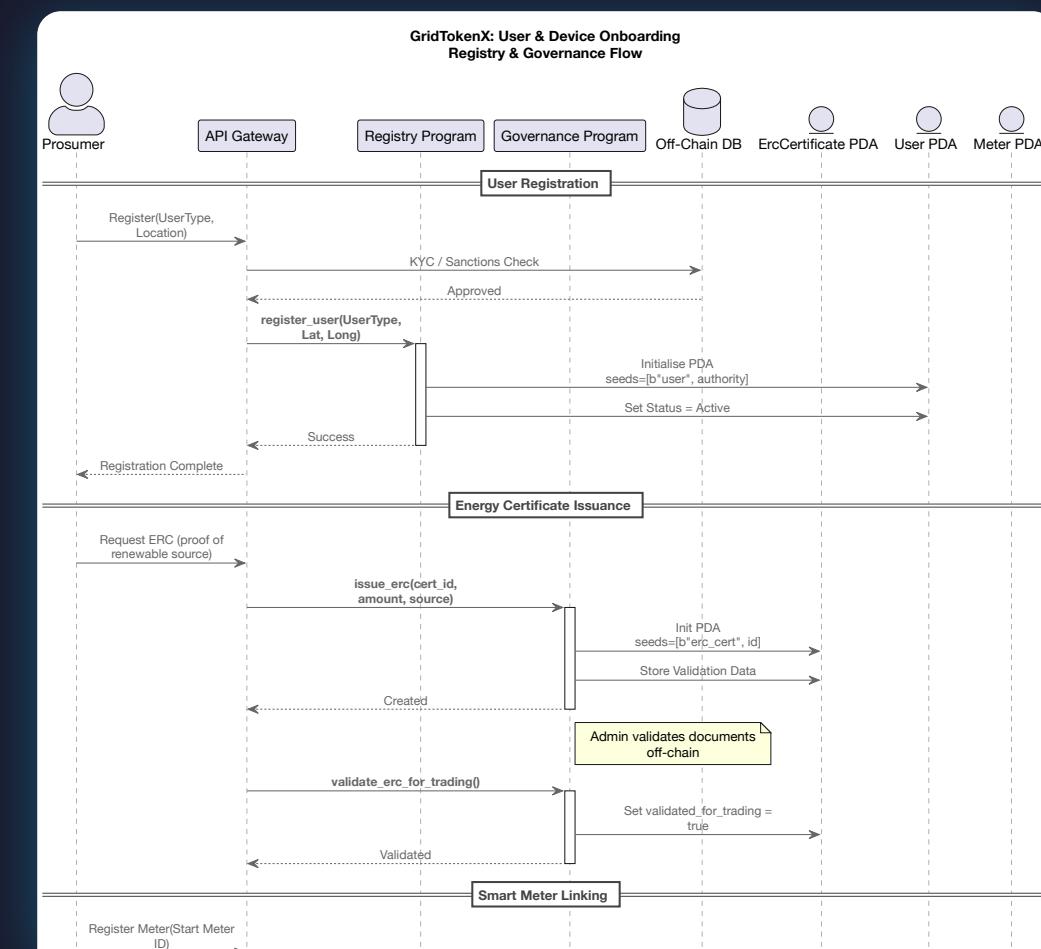
5. System Workflow (Happy Path) ขั้น

ต่อนการทำงาน

1.  **Registration:** User KYC → PDA Wallet Creation
2.  **Telemetry:** Meter sends kWh → Oracle mints **GXT Tokens**
3.  **Offer:** Prosumer lists 10 GXT @ 4.00 THB
4.  **Match:** Consumer buys → Atomic Swap executes
5.  **Result:** Prosumer gets Stablecoin, Consumer gets GXT (Burned)

5.1. Sequence: Onboarding (KYC) การลงทะเบียน

- Users map their **Real Identity** to a **Digital Wallet**
- Smart Meters are registered as **PDAs**

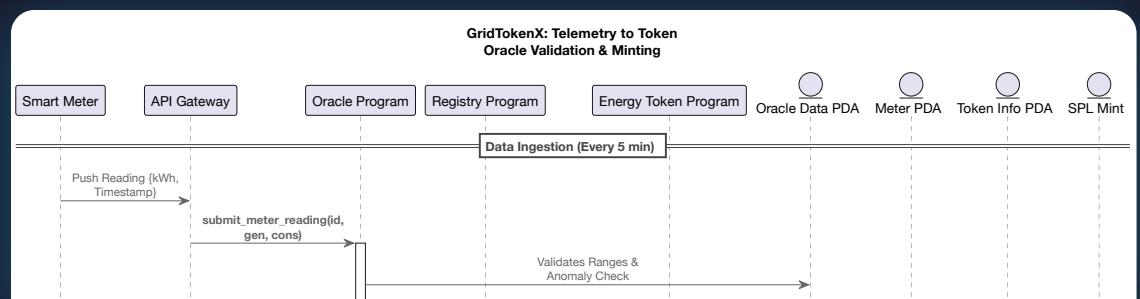


5.2. Sequence: Telemetry & Minting

การอ่านค่าและสร้างเหรียญ

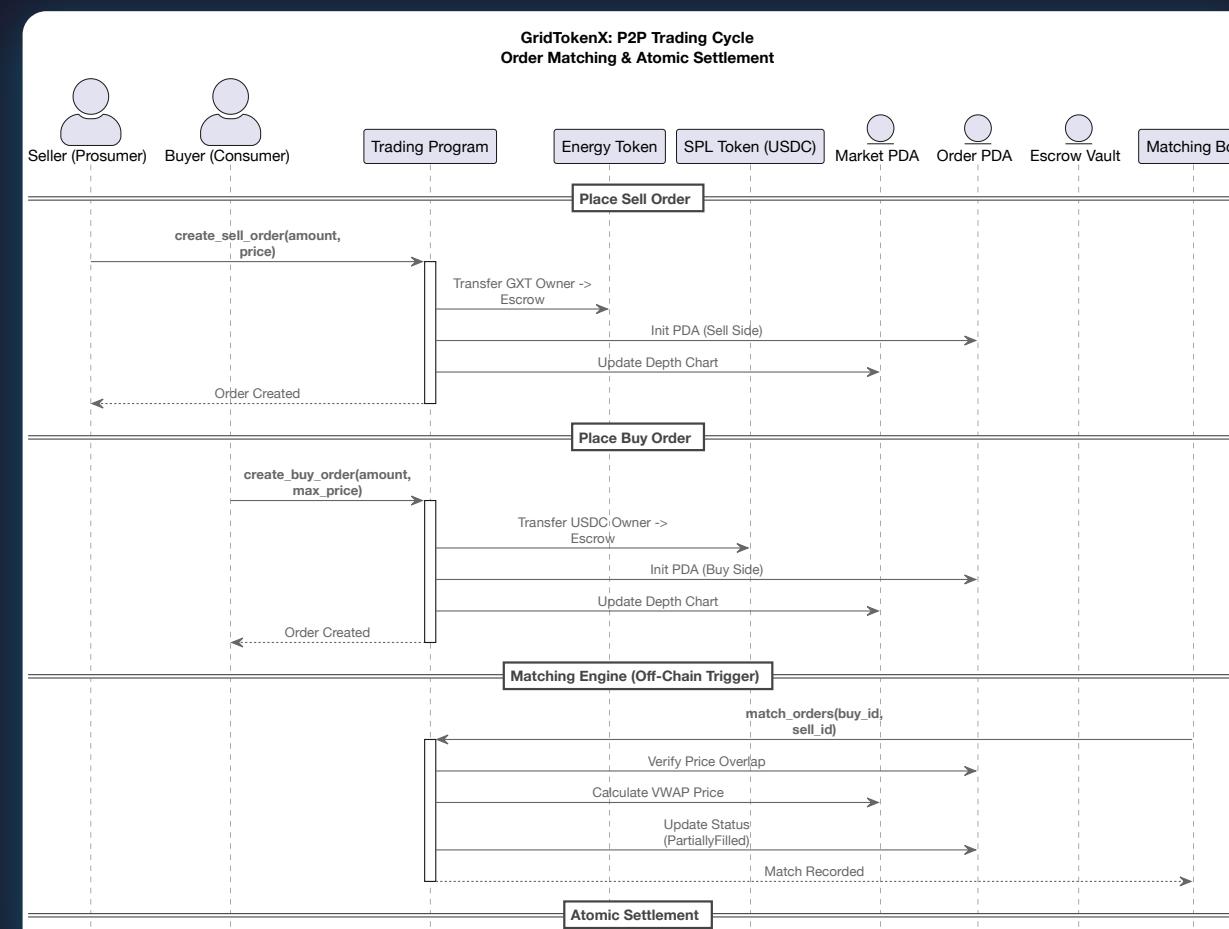
The journey from Watts to Wallet

1. **Read:** Meter reads consumption
2. **Sign:** Signs data with private key
3. **Verify:** Oracle checks signature on-chain
4. **Mint:** $1 \text{ kWh} = 1 \text{ GXT}$



5.3. Sequence: The Trading Cycle วงศ์ การซื้อขาย

- Order Book: Managed off-chain for speed (Rust)
- Settlement: Executed on-chain for trust (Solana)



5.4. Deep Dive: Transaction Atomicity

ความเป็นอิสระของ transaction

Ensuring **Trustless Settlement**

Instruction 1: Transfer GXT Token (Seller → Buyer)

Instruction 2: Transfer Stablecoin (Buyer → Seller)

Result: If one fails, **BOTH fail.** No partial states.

ถ้าอันใดอันหนึ่งล้มเหลว ทั้งสองจะถูกยกเลิก ไม่มีสถานะกลาง

5.5. Economic Model (Cash Flow) โมเดลรายได้

Sustainable revenue distribution



Prosumer: Receives Energy Price (4 THB)

ผู้ขายได้รับค่าไฟ



Platform: Deducts Service Fee (0.1 THB)

แพลตฟอร์มหักค่าบริการ



Grid Operator: Receives Wheeling Charge (1.0 THB)

6. Simulation & Visualization การจำลอง และแสดงผล

3D Interactive Grid Map

- Technology: Mapbox GL JS + WebGL
- Real-time Energy Flow (Pulsing Lines)
- Active Trade Zones (Dynamic Polygons)
- Live Meter Status (Green/Red)

6. Simulation & Visualization

Weather-Based Generation การจำลองตามสภาพ อากาศ

- Uses **Gaussian Distribution** to simulate solar curves
- Factors: Cloud Cover, Temperature Derating, System Efficiency

Dashboard Features

-  **Wallet Connection:** Phantom/Solflare via wallet-adapter

6.1. Technology Stack เทคโนโลยีที่ใช้

Layer	Technology	Purpose
Blockchain	Solana + Anchor	Smart Contracts
Backend	Rust (Axum + Tokio)	API Gateway
Frontend	Next.js + Mapbox GL	Dashboard
Simulator	Python (FastAPI)	Digital Twin
Database	PostgreSQL + Redis	State & Cache

7. Testing & Performance Results ผล

การทดสอบ

Metric	Target	Actual (Sim)	Status
Throughput	500 TPS	850 TPS	 +70%
Finality	< 2.0s	0.8s	 -60%
Matching	< 100ms	12ms	 -88%

7. Security Checks การตรวจสอบความปลอดภัย

 **Replay Attack Protection (Nonce/Slot check)**

ป้องกันการโจมตีแบบ Replay

 **Double Spend Prevention (Atomic Escrow)**

ป้องกันการใช้จ่ายซ้ำ

 **Unauthorized Access (PDA Signer check)**

ป้องกันการเข้าถึงโดยไม่ได้รับอนุญาต

8. Project Timeline แผนการดำเนินงาน

✓ **Phase 1 (Done):** Research & Architecture (Jun 2024)

Completed

✓ **Phase 2 (Done):** Smart Contracts & Backend (Aug - Oct 2025)

Completed

🚧 **Phase 3 (Active):** Frontend & Integration (Nov 2025 - Jan 2026)

In Progress



Final Demo: February 15, 2026

Upcoming

Thank You

Q & A ถาม-ตอบ

GridTokenX

Decentralizing Energy for a Sustainable Future

กระจายศูนย์พลังงานเพื่ออนาคตที่เปลี่ยน

