UNIVERSITÀ
DI PARMA

Sicurezza negli smart contract cross-chain: sfide e possibili soluzioni

Seminario del corso di Linguaggi, Interpreti e Compilatori (a.a. 2024/25)

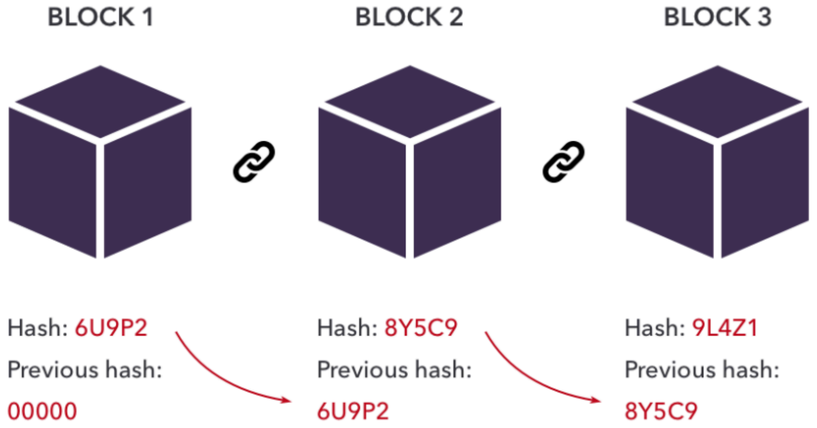
Merenda Saverio Mattia

Obiettivi del seminario

- ***Capire*** il funzionamento della tecnologia blockchain
- ***Esplorare*** le vulnerabilità cross-chain
- ***Scoprire*** come l'analisi statica può migliorare la sicurezza

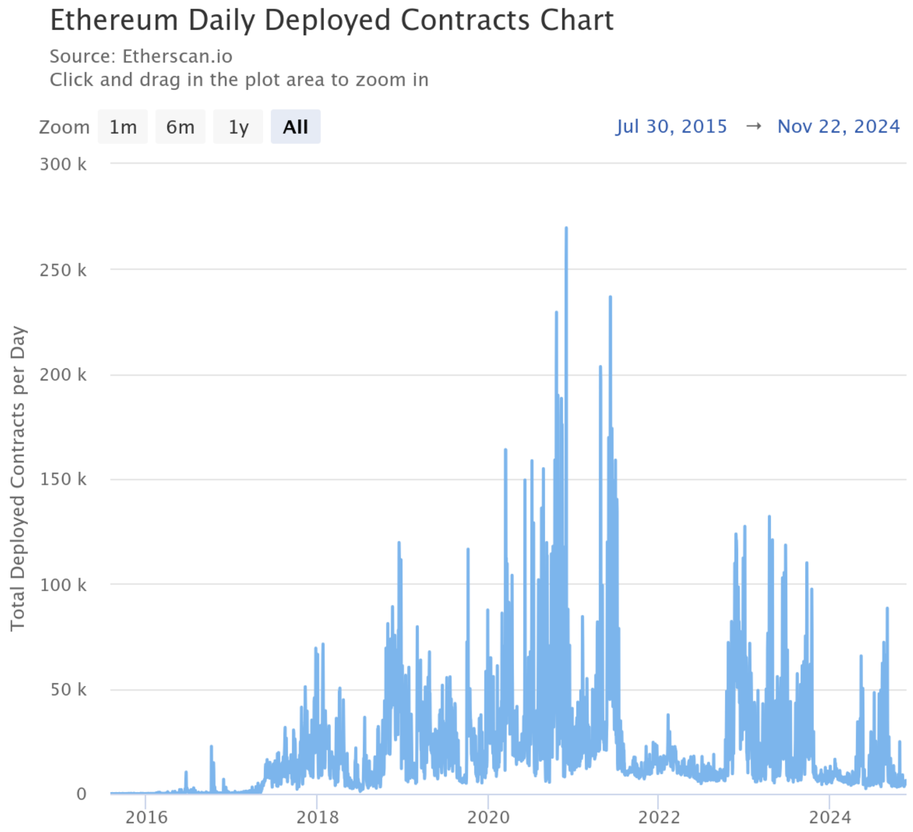
Introduzione alla blockchain

- ***Registro digitale decentralizzato***
- ***Trasparente e immutabile***
- ***Esempi reali:***
  - Bitcoin e le transazioni monetarie [1]
  - Ethereum e gli smart contract [2]



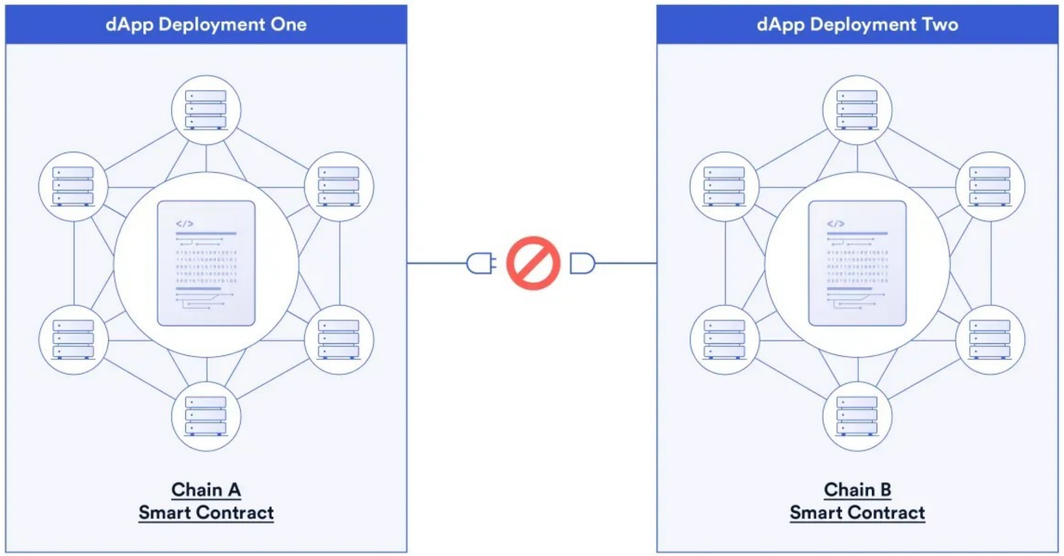
Vantaggi e limiti degli smart contract

- ***Vantaggi***
  - Automazione
  - Non esistono intermediari
- ***Svantaggi***
  - Errori nel codice
  - Perdite finanziarie



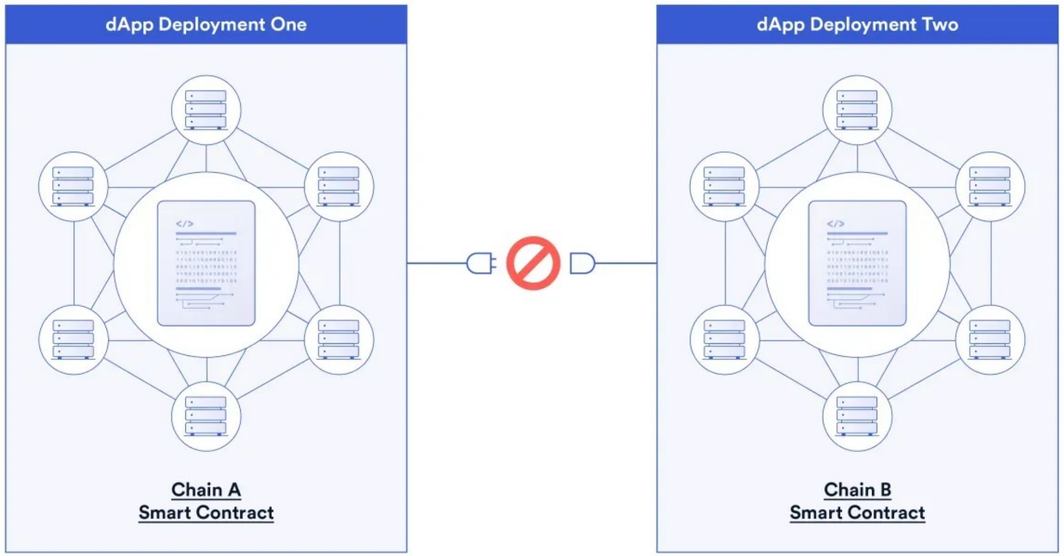
Sfida dell'interoperabilità

- Le blockchain non possono ***interagire direttamente***



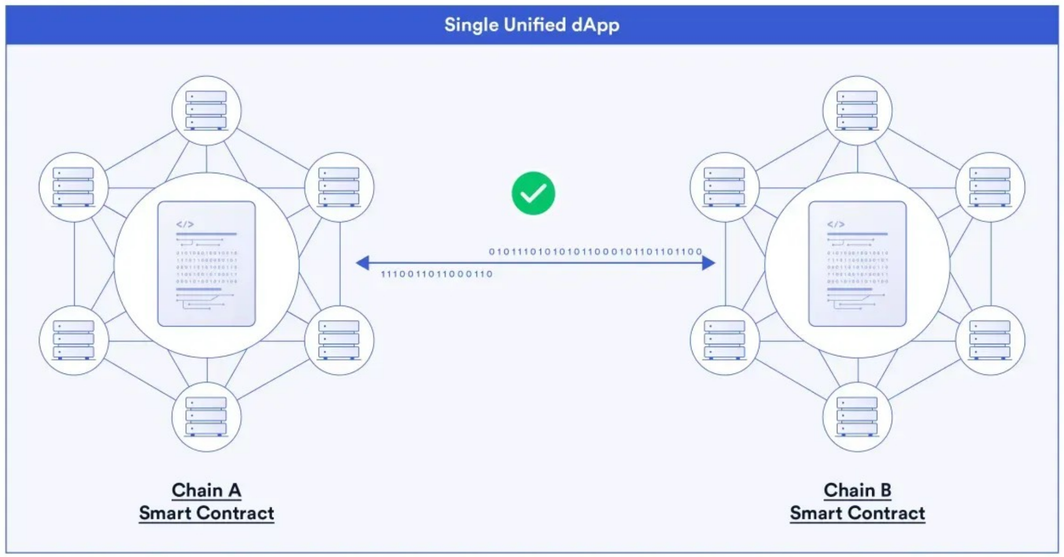
Sfida dell'interoperabilità

- Le blockchain non possono ***interagire direttamente***
- Soluzione: ***smart contract cross-chain (bridge)***



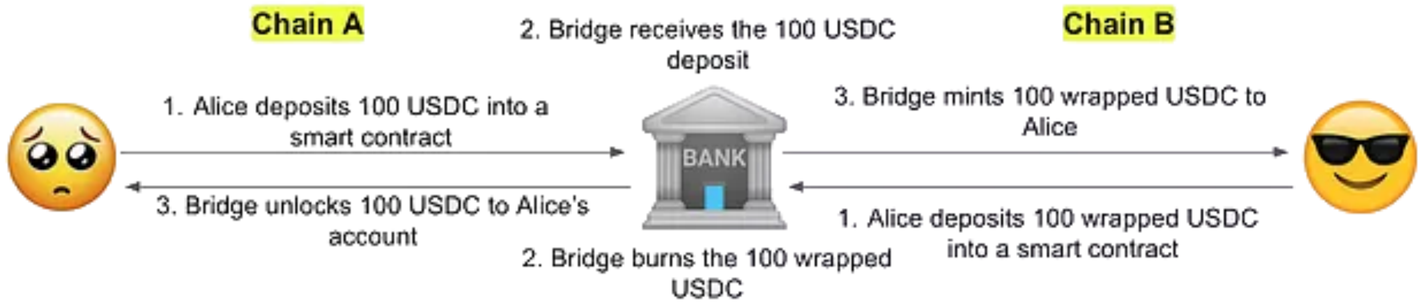
Sfida dell'interoperabilità

- Le blockchain non possono ***interagire direttamente***
- Soluzione: ***smart contract cross-chain (bridge)***



Funzionamento dei bridge

- ***Source chain***: blocca l'asset
- ***Relayer***: comunica l'operazione
- ***Destination chain***: crea una copia dell'asset



Superfici di attacco dei bridge

- ***Lato server***
  - Front-end phishing
  - Mishandling events
- ***Lato smart contract***
  - Problematic mint & fake burn
  - Prelievo ripetuto
  - Vulnerabilità nel codice

Vulnerabilità nel codice

- ***Problemi logici***
  - Variabile inizializzata in un modo errato
- ***Reentrancy attack***

```
contract ReentrantContract {
  mapping (address => uint) private balances;

  function withdraw (uint amount) public {
    require(amount <= balances [msg.sender]);

    if(msg.sender.call.value(amount)( ))
      balances [msg.sender] -= amount;
  }
}
```

```
contract MaliciousContract {
  ReentrantContract reentrantContract;

  function attack() public {
    reentrantContract.withdraw(100);
  }

  function () public {
    reentrantContract.withdraw(100);
  }
}
```

SmartAxe[3]: una prima soluzione

- ***Rileva*** vulnerabilità cross-chain
  - Controllo degli accessi incompleto
  - Inconsistenza semantica tra le chain
- Effettua un'***analisi statica*** del bytecode degli smart contract

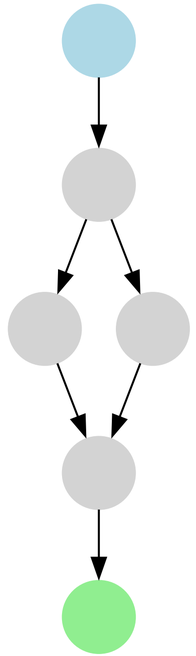
Come funziona SmartAxe

1. Analisi del flusso di controllo
2. Rilevamento problemi di accesso
3. Allineamento semantico
4. Analisi delle tracce vulnerabili

Come funziona SmartAxe

Analisi del flusso di controllo

1. Viene utilizzato ***SmartDagger*** [4]
2. ***Costruzione del CFG*** per i contratti su source chain e destination chain
   - I nodi rappresentano le istruzioni
   - Gli archi rappresentano il flusso di esecuzione



Esempio di Control-flow Graph

Come funziona SmartAxe

Rilevamento problemi di accesso

1. ***Estrazione*** dei vincoli di controllo degli accessi dal CFG
2. ***Analisi*** delle risorse coinvolte
   - Esempio: quali funzioni accedono a token bloccati, dati critici, permessi
3. Utilizzate ***tecniche probabilistiche*** per inferire i legami tra risorse e controlli
4. Costruzione del ***Data-flow Graph*** (DFG)

Come funziona SmartAxe

Allineamento semantico

1. Costruzione del ***cross-chain CFG*** (xCFG)

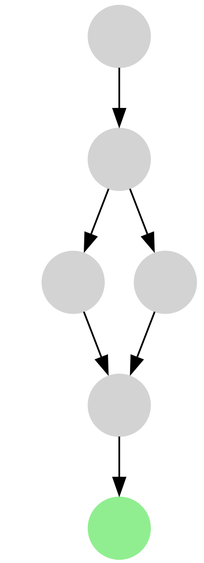
   - Identificati i punti di uscita della source chain e i punti di entrata della destination chain

   - Collegamento dei punti per creare un xCFG

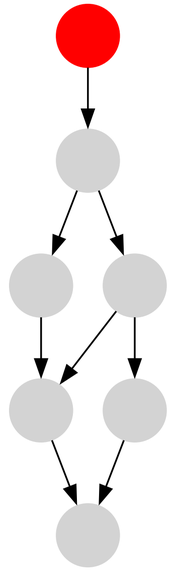
Come funziona SmartAxe

Allineamento semantico

1. Costruzione del ***cross-chain CFG*** (xCFG)



CFG della source chain

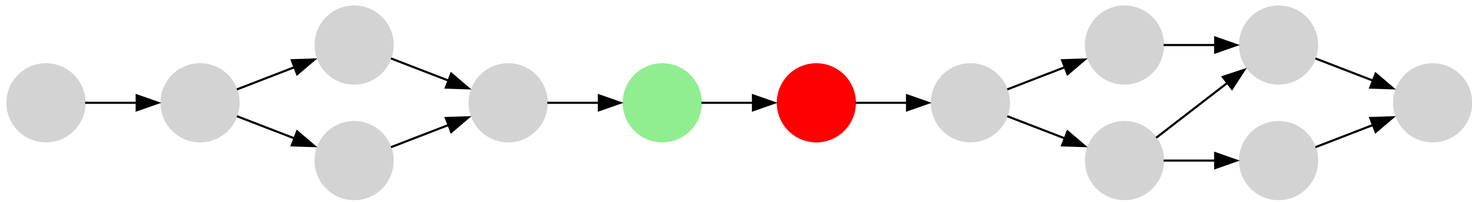


CFG della destination chain

Come funziona SmartAxe

Allineamento semantico

1. Costruzione del ***cross-chain CFG*** (xCFG)



Cross-chain CFG (xCFG)

Come funziona SmartAxe

Allineamento semantico

1. Costruzione del ***cross-chain CFG*** (xCFG)
   - Identificati i punti di uscita della source chain e i punti di entrata della destination chain
   - Collegamento dei punti per creare un xCFG
2. Costruzione del ***cross-chain DFG*** (xDFG)
3. ***Segnalazione*** di funzioni vulnerabili

Come funziona SmartAxe

Analisi delle tracce vulnerabili

1. Effettuata una ***taint analysis***

2. ***Tracciate le interazioni*** tra funzioni vulnerabili e variabili di stato globali

Valutazione sperimentale di SmartAxe

- Effettuato ***benchmark*** su due dataset
  - Bug inseriti manualmente
  - Smart contract reali

$$\text{Precision (P)} = \frac{|T_P|}{|T_P| + |F_P|} = 84{,}95\,\%$$

$$\text{Recall (R)} = \frac{|T_P|}{|T_P| + |F_N|} = 89{,}77\,\%$$

Conclusioni

- ***Problemi***
  - Falsi positivi: limiti di SmartDagger
  - Falsi negativi: mancanza di analisi on-chain
- ***Limiti***
  - Non sono supportate blockchain non EVM
  - Utilizzato metodo probabilistico per l'allocazione delle risorse
  - Il codice non è open source

Q&A

Sicurezza negli smart contract cross-chain: sfide e possibili soluzioni

Seminario del corso di Linguaggi, Interpreti e Compilatori
(a.a. 2024/25)

Merenda Saverio Mattia

UNIVERSITÀ
DI PARMA

Bibliografia

1. *Bitcoin:* https://www.bitcoinpaper.info/bitcoinpaper-html/
2. *Ethereum:* https://cryptodeep.ru/doc/paper.pdf
3. *SmartAxe:* https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3643738
4. *SmartDagger:* https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3533767.3534222