

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BERGAMO

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Tesi di Laurea Triennale

Senza carta igienica

Un trattato di toccante urgenza



Relatori:

prof. Darth Vader

prof. Neo Cortex

Candidato:

Andrea Cattaneo

Tutore Aziendale

FeelGood Inc

Ing. Carlino Cane

Dicembre 2018

All'amato me stesso

Citatemi dicendo che sono stato citato male.
Groucho Marx

Ringraziamenti

Grazie a Grazia, Graziella e la sorella.

Sommario

Piacere, sommario.

Indice

Ringraziamenti	III
Sommario	IV
1 Introduzione	1
1.1 DLT	1
1.2 Blockchain	1
1.3 Smart Contracts	2
1.4 Stellar	2
1.4.1 Gli Smart Contracts in Stellar	2
2 Time-Lock Encryption	4
2.1 Cosa è la TLE	4
2.2 Come implementare la TLE	4
2.2.1 Time-Lock Puzzle	4
3 Il Protocollo	5
3.1 Versione base	5
3.2 Versione avanzata	9
4 Proof of Concept	12
4.1 Un'implementazione sullo Stellar Network	12
4.2 Limitazioni della soluzione proposta	14
4.2.1 Numero massimo di firme per transazione	14
4.2.2 Versione base	14
4.3 Lo script	14
5 Scelta dei parametri del protocollo	19
6 Analisi dei possibili attacchi	20
6.1 Comportamenti malevoli dei singoli utenti	20
6.1.1 Comportamento malevole del client	20
6.1.2 Comportamento malevolo di un provider	20
6.2 Coalizioni tra provider	20

6.2.1	Coalizione tra tutti i providers	20
6.2.2	Coalizione tra N providers	20
6.3	Coalizioni tra client e providers	20
6.4	Un singolo attore controlla più providers	20
6.5	Un soggetto corrompe i providers	20
7	Possibili usi	21
7.1	Gara d'appalto a buste chiuse	21
A	An appendix	22
	Riferimenti bibliografici	24

Elenco delle figure

3.1	Step 0	6
3.2	Step ok	6
3.3	Step leggi	7
3.4	Step anticipo	7
3.5	Leak 1	8
3.6	Leak 2	8
3.7	8
3.8	8
3.9	Avanzato - Inizializzazione	9
3.10	Leak 1	10
3.11	Leak 2	10
3.12	Step leggi	10
3.13	Step leggi	11
3.14	Leak 1	11
3.15	Leak 2	11

Elenco delle tabelle

Listings

code/poc/main.py	14
----------------------------	----

Capitolo 1

Introduzione

La Blockchain è uno degli argomenti più caldi nell'industria dell'IT. In questo capitolo cercheremo di fare chiarezza, partendo dalle origini di questa tecnologia sino ad arrivare allo stato dell'arte odierno.

1.1 DLT

Per capire cosa è una **Distributed Ledger Technology** (DLT) è necessario innanzitutto chiarire il concetto di Ledger.

Un **Ledger**, parola che in italiano traduciamo come *Libro Mastro*, è il registro principale in cui sono riunite tutte le transazioni economiche che compongono un dato sistema contabile. In sostanza si tratta di un documento nel quale vengono registrate tutte le transazioni economiche, dove viene indicata la data della transazione, la cifra scambiata e i soggetti coinvolti nella transazione (chi dà e chi riceve). Le modifiche apportate possono essere solo di tipo incrementale: non si possono apportare modifiche o cancellare record, ma solo aggiungere nuove righe al ledger.

Poiché di fatto contiene tutta la storia del sistema contabile, il ledger è anche lo strumento da consultare quando si vuole stabilire quanto denaro possiede un certo individuo, e se quindi può effettuare un pagamento oppure no per insufficienza di fondi.

Il Ledger è uno strumento che da secoli viene usato dall'uomo. Le implementazioni classiche si basano su un soggetto fidato, come ad esempio una banca, che è l'unico ad essere autorizzato ad apportare modifiche. In questo modo è

1.2 Blockchain

La **Blockchain** non è altro che una tipologia di DLT. Spesso nell'linguaggio comune queste due parole vengono usate come sinonimi, ma in questa tesi ci impegneremo nel mantenere questa distinzione.

Una Blockchain è una catena di transazioni in continua crescita. I transazioni sono raggruppati in blocchi, e questi blocchi sono collegati tra di loro con tecniche crittografiche.

Ogni blocco è composto da:

- L'hash crittografico del blocco precedente
- Un timestamp, ossia la data e l'ora dell'aggiunta del blocco alla catena
- Un insieme di transazioni

La Blockchain è stata inventata da Satoshi Nagamoto nel 2008 per essere utilizzata come ledger pubblico per la gestione della criptovaluta Bitcoin. Con la blockchain, per la prima volta si è potuto risolvere il problema del *double-spending* senza ricorrere ad una autorità fidata.

1.3 Smart Contracts

Uno **Smart Contract** è un protocollo computerizzato che ha lo scopo di facilitare, verificare o obbligare la negoziazione o l'esecuzione di un contratto. L'aspetto sicuramente più interessante è che permettono di garantire l'esecuzione di determinate azioni, come un pagamento, senza l'intervento di un soggetto terzo. Gli Smart Contracts furono pensati per la prima volta da Nick Szabo nel 1994, per poi essere formalizzati dal lui stesso nel 1997 [1].

1.4 Stellar

Stellar è un protocollo decentralizzato ed open source nato con lo scopo di poter trasferire denaro attraverso diversi paesi con costi di transazione irrisori. Il nome della criptovaluta scambiata è Lumen (**XLM**).

È stato creato nel 2014 da **Jed McCaleb** e **Joyce Kim**. Si tratta di un progetto fortemente ispirato da *Ripple* (di cui Jed McCaleb è co-fondatore). A differenza di quest'ultimo, Stellar si pone come obiettivo il facilitare lo scambio di denaro tra privati invece che tra banche.

[...]

1.4.1 Gli Smart Contracts in Stellar

In Stellar gli Smart Contracts di Szabo sono implementati attraverso gli Stellar Smart Contracts.

Uno **Stellar Smart Contract** (SSC) è espresso come la composizione di transazioni connesse fra loro ed eseguite secondo certi vincoli. I vincoli che si possono utilizzare nella realizzazione di SSCs sono:

- *Multisignature (multifirma)* - Quali chiavi sono necessarie per autorizzare una certa transazione? Quali soggetti devono concordare in una certa circostanza affinché si possano eseguire i passi?

La Multisignature è il concetto di richiedere firme di soggetti diversi per effettuare transazioni provenienti da un certo account. Attraverso pesi e soglie di firma, viene creata la rappresentazione del potere nelle firme.

- *Batching/Atomicity (batching/atomicità)* - Quali operazioni devono avvenire o tutte insieme o fallire? Cosa deve accadere per forzare il successo o il fallimento?

Il Batching è il concetto dell'includere più operazioni in un'unica transazione. L'atomicità è la garanzia che, data una serie di operazioni raggruppate in un'unica transazione, al momento dell'invio sul network se anche una sola operazione fallisce, tutte le operazioni nella transazione falliscono.

- *Sequence (sequenza)* - In che ordine deve essere elaborata una serie di transazioni? Quali sono le limitazioni e le dipendenze?

Il concetto di sequenza è rappresentato sullo Stellar network attraverso il numero di sequenza. Utilizzando i numeri di sequenza nella manipolazione delle transazioni è possibile garantire che transazioni specifiche non possano essere eseguite se viene inoltrata una transazione alternativa.

- *Time Bounds (limiti temporali)* - Quando è possibile elaborare una transazione?

I limiti di tempo sono vincoli sul periodo di tempo durante il quale una transazione è valida. L'utilizzo dei limiti di tempo consente di rappresentare i periodi di tempo in un SSC.

Capitolo 2

Time-Lock Encryption

2.1 Cosa è la TLE

La **Time-Lock Encryption** si pone come obiettivo l'invio di un messaggio nel futuro.

2.2 Come implementare la TLE

Sostanzialmente esistono due macrocategorie di tecniche per approcciare questo problema

2.2.1 Time-Lock Puzzle

L'idea è quella di crittografare il segreto attraverso un problema matematico, risolvibile con un calcolatore, che richiede un certo tempo τ stimabile per poter essere risolto. ... inserire algoritmo ... Le criticità di questo approccio sono diverse. In primo luogo vi è la difficoltà nel trovare un algoritmo che soddisfi i requisiti qua sopra, e soprattutto che sia robusto anche a fronte del miglioramento della potenza di calcolo dei computer del futuro.

Un'altra questione è necessario che vi sia qualcuno disposto a risolvere il problema

Capitolo 3

Il Protocollo

In questo capitolo verrà trattato il protocollo proposto per l'implementazione della Time-Lock Encryption sui DLT. Nella prima parte cercheremo di spiegare l'idea che sta alla base, anche con l'ausilio di un esempio. Nella seconda parte invece passeremo ad analizzare gli aspetti più formali, come le caratteristiche dello Smart Contract che serve implementare e i requisiti del DLT sui cui operare.

3.1 Versione base

Immaginiamo che Carol abbia bisogno di Time-Lock Encryption su un certo messaggio x . Per farlo decide farsi aiutare da Alice. Quest'ultima impegna a conservare il messaggio e ha renderlo pubblico solo dopo un certo istante di tempo τ . Diremo che Carol è il *client* e che Alice è il *provider*.

Alice però vuole essere retribuita per la conservazione di x . Viene quindi fissata una ricompensa *prize*. Inoltre Alice vuole essere sicura di ottenere la ricompensa se rispetta il suo impegno. Allo stesso tempo Carol vuole avere la certezza che Alice possa riscattare il premio solo se si comporta in maniera corretta. Carol inoltre non vuole che soggetti terzi partecipino all'accordo, perché desidera che sia x sia l'accordo stesso rimangano segreti. Per ottenere ciò decidono di usare uno smart contract.

Inizializzazione Nella fase iniziale Carol comunica il messaggio x ad Alice. Allo stesso tempo invia allo smart contract una certa cifra in criptomoneta che corrisponde alla somma tra il *prize* da corrispondere ad Alice e un *pawn* che le verrà restituito al termine delle operazioni, un hash crittografico del messaggio x , l'istante di tempo τ e una tolleranza δ .

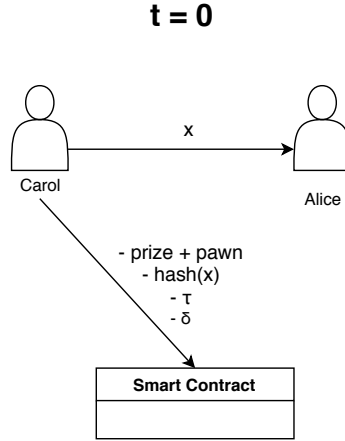


Figura 3.1: Step 0

Pubblicazione Alice conserva quindi x e lo rende noto al tempo t^* (con $\tau \leq t^* \leq \tau + \delta$).¹ Per farlo invia allo smart contract il messaggio x , ed in cambio ottiene il suo *prize*. Allo stesso tempo, Alice riottiene il *pawn* che aveva versato in precedenza.²

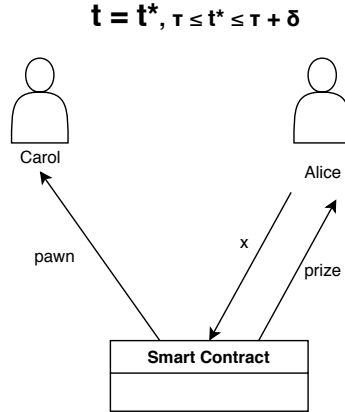


Figura 3.2: Step ok

Accesso al messaggio Dopo il tempo t^* , ossia dopo che Alice ha inviato x allo smart contract, il messaggio diventa pubblico e chiunque può leggerlo.

¹Il δ serve a far sì che Alice pubblichi puntualmente il messaggio. Se non ci fosse questo vincolo temporale potrebbe rilasciare il messaggio anche con molto ritardo rispetto a τ ed ottenere comunque la ricompensa.

²Ad una prima analisi può sembrare che il *pawn* sia inutile, ma in realtà è necessario per proteggersi da alcuni tipi di attacchi. Le ragioni dettagliate verranno discusse nel capitolo 6.

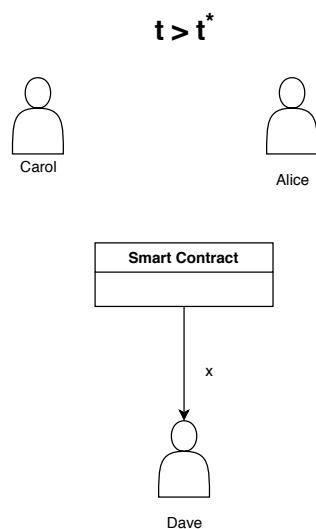


Figura 3.3: Step leggi

Pubblicazione anticipata Cosa succede se Alice prova a riscattare il premio prima dell'istante τ ? Semplicemente lo smart contract rifiuta la sua richiesta.

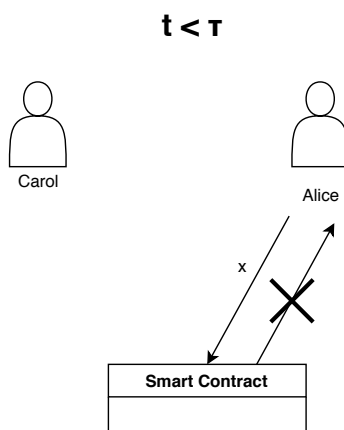


Figura 3.4: Step anticipo

Leak E se Alice cede (volontariamente o a causa di un furto) il segreto ad Eve prima del tempo τ ? In questo caso Eve può usare x per ottenere una ricompensa *counterprize*³ Il riscatto del *counterprize* impedisce ad Alice di ottenere il suo premio. È evidente che l'interesse di Alice è quello di mantenere x segreto.

³dove *counterprize* \ll *prize*. Le ragioni di questo vincolo sono spiegate al capitolo 6.

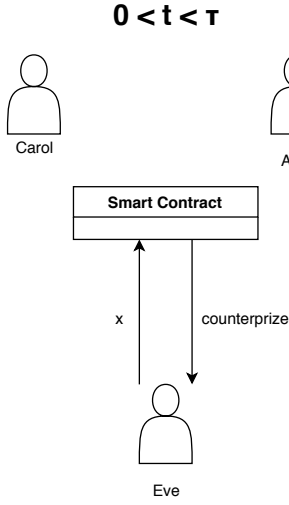


Figura 3.5: Leak 1

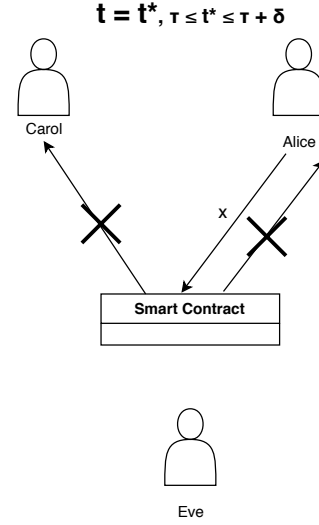


Figura 3.6: Leak 2

Una criticità di quanto abbiamo visto fino ad ora è che se Alice, per un qualsiasi motivo, non riuscisse a pubblicare x nella finestra temporale compresa tra τ e $\tau + \delta$ il messaggio non verrebbe reso pubblico.⁴ Per contrastare questo problema Carol può affidare lo stesso problema anche ad un altro provider, nel nostro caso Bob. In questo modo è sufficiente che almeno uno dei provider riesca a pubblicare x affinché il messaggio diventi noto.

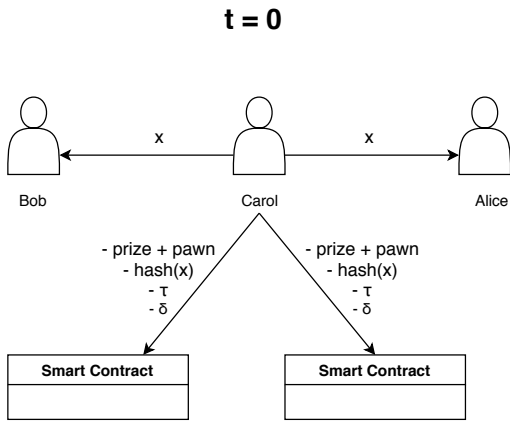


Figura 3.7

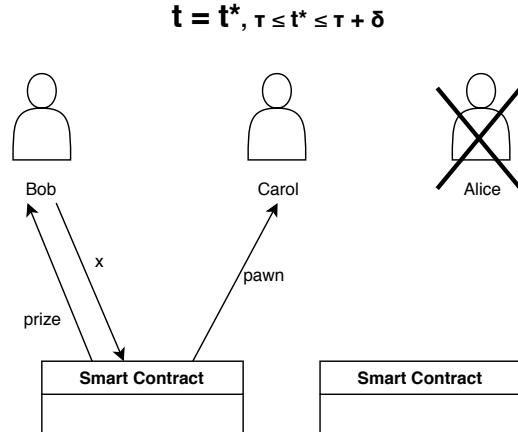


Figura 3.8

Per una analisi approfondita su come sfruttare la ridondanza per garantire un buon grado di robustezza vi rimandiamo al capitolo 5.

⁴O meglio, difficilmente verrebbe reso pubblico. Alice, se non ha smarrito il messaggio, potenzialmente potrebbe comunque renderlo noto anche dopo $\tau + \delta$, ma non avrebbe alcun incentivo economico per farlo.

3.2 Versione avanzata

Facciamo notare che nella versione base (3.1) Alice conosce sin dall'inizio il messaggio x , perché le è stato affidato nella prima fase del processo. Ma se Carol volesse che il messaggio rimanga segreto anche ad Alice? Per soddisfare questa condizione Alice ha bisogno di (almeno) un altro *provider*, Bob, e di un algoritmo di **secret sharing**.⁵

Inizializzazione Alice, utilizzando un algoritmo di secret sharing, ottiene due share x_A e x_B . Invia questi share rispettivamente ad Alice e a Bob ed inizializza lo smart contract versando due *prize* e due *pawn*, inviando gli hash crittografici degli share, il tempo τ e la tolleranza δ .

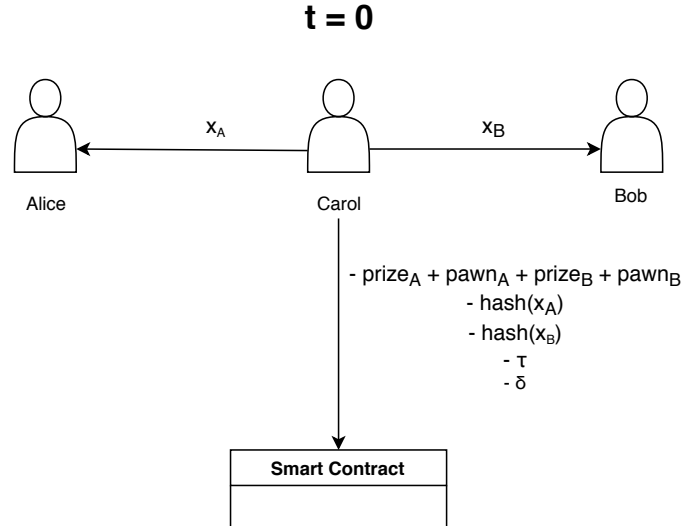


Figura 3.9: Avanzato - Inizializzazione

Pubblicazione Alice e Bob pubblicano i loro share rispettivamente al tempo t_A^* e t_B^* (con $\tau \leq t_A^* \leq \tau + \delta$, $\tau \leq t_B^* \leq \tau + \delta$). In cambio ottengono i loro *prize*. Allo stesso tempo Alice riottiene i rispettivi *pawn* che aveva versato in precedenza.

⁵Un algoritmo di secret sharing è un algoritmo che permette di distribuire un certo segreto tra un gruppo di partecipanti, ad ognuno dei quali viene assegnato uno *share*. Il segreto può essere ricostruito solo unendo un certo numero di share.

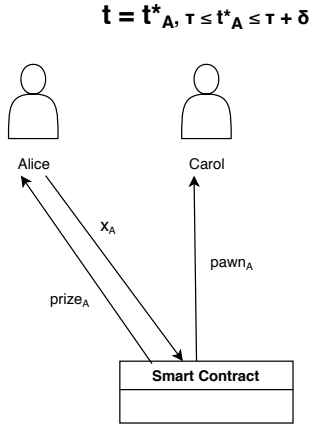


Figura 3.10: Leak 1

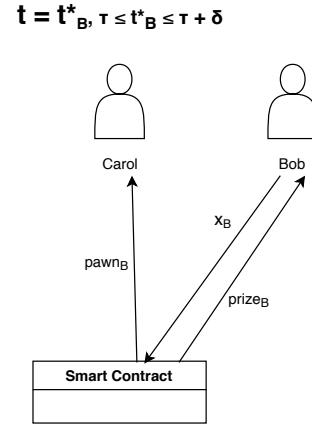


Figura 3.11: Leak 2

Accesso al messaggio Dopo il tempo $t^* = \max(t_A^*, t_B^*)$, ossia dopo che sia Alice sia Bob hanno inviato x_A ed x_B allo smart contract, chiunque può leggere gli share dallo smart contract e quindi ricostruire il messaggio x .

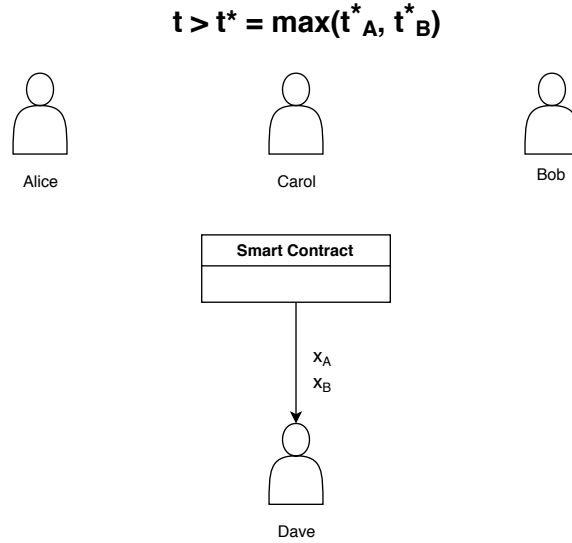


Figura 3.12: Step leggi

Leak Cosa succede se Bob cede il suo share ad Eve prima del tempo τ ? Anche in questo caso Eve può usare x_B per ottenere una ricompensa *counterprize*. Il riscatto del *counterprize* impedirebbe a Bob di ottenere il suo premio. Da notare che se Alice si comporta in maniera corretta, ossia se tiene segreto il suo share, è in grado di ottenere la sua ricompensa indipendentemente dal comportamento di Bob.

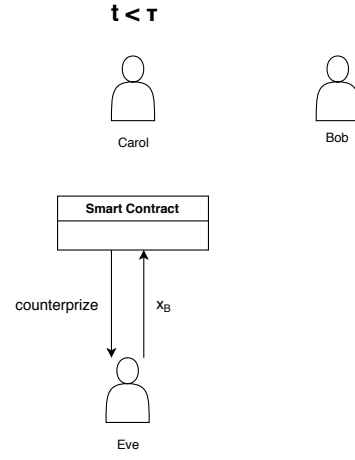


Figura 3.13: Step leggi

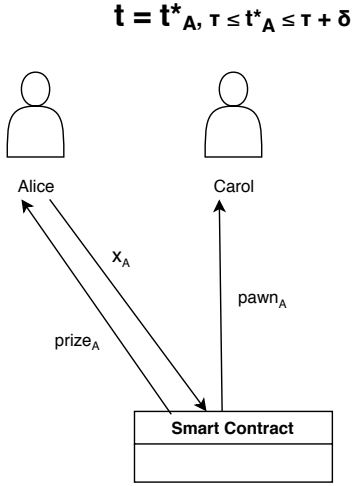


Figura 3.14: Leak 1

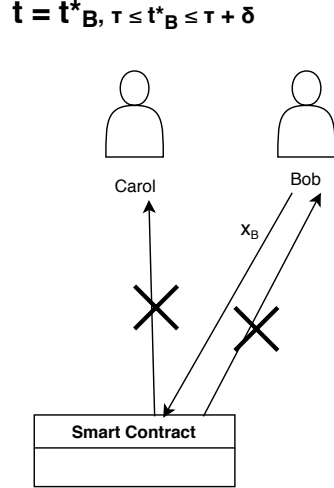


Figura 3.15: Leak 2

Abbiamo visto un esempio con la partecipazione di due *providers*, ma il protocollo può essere analogamente implementato con N partecipanti, dove $N \geq 3$.

Capitolo 4

Proof of Concept

In questo capitolo costruiremo una soluzione sullo Stellar Network compatibile con il protocollo proposto al capitolo 3. Seguirà una Proof of Concept di quanto descritto.

Avremmo potuto proporre una implementazione anche su altri DLT, come ad esempio Ethereum. Abbiamo scelto Stellar perché ci dà modo di dimostrare che per un'implementazione (almeno parziale) del protocollo proposto non è necessario un ambiente che offre degli smart contract "potenti" ad esempio della la Ethereum Virtual Machine, ma è sufficiente un supporto "debole" agli smart contract (1.4.1).

4.1 Un'implementazione sullo Stellar Network

Sia U_0 il *client*; siano U_1, \dots, U_N i *providers* e siano rispettivamente S_1, \dots, S_N i segreti assegnati ai providers (share o messaggi).

Per prima cosa U_0 crea gli account A_1, \dots, A_N e versa su questi account una cifra pari alla somma tra il *prize*, il *pawn* e il costo che dovrà sostenere per le commissioni delle transazioni che dovrà effettuare. TODO SPIEGARE COME CALCOLARE IL COSTO DELLE COMMISSIONI.

A questo punto per ogni account A_i crea N transazioni ognuna delle quali rivolta ad uno degli utenti U_1, \dots, U_N , per un totale di $N \times N$ transazioni. Indichiamo con $T_{A_i U_j}$ la transazione proveniente dall'account A_i e diretta all'utente U_j . Per semplicità di notazione poniamo $T_{A_i U_j} = T_{ij}$.

Le transazioni sono così fatte:

- **T_{ii} Transazione Prize**

- SEQUENCE_NUMBER = nextSequenceNumber(A_i) + 1
- MIN_TIME = τ
- MAX_TIME = $\tau + \delta$
- OPERATIONS
 1. SEND *prize* TO U_i
 2. SEND *pawn* TO U_0

- T_{ij} , con $i \neq j$ **Transazione Counterprize**
 - SEQUENCE_NUMBER = nextSequenceNumber(A_i) + 1
 - MIN_TIME = *None*
 - MAX_TIME = τ
 - OPERATIONS
 1. SEND *counterprize* TO U_j

Facciamo notare che tutte queste transazioni hanno lo stesso sequence number. Ciò significa che al più una di queste potrà essere eseguita.

Ora U_0 crea ulteriori N transazioni, una per ogni account, con queste caratteristiche:

- T_{i0} **Transazione d'inizializzazione**
 - SEQUENCE_NUMBER = nextSequenceNumber(A_i)
 - OPERATIONS
 1. SET *master weight* = 255
 2. SET *med threshold* = 2
 3. SET *high threshold* = 254
 4. APPEND PRE_AUTH_TX $\text{hash}(T_{ij})$ WITH WEIGHT 1
(per ogni T_{ij} , con $1 \leq j \leq N$)
 5. APPEND HASHX_SIGNER $\text{hash}(S_i)$ WITH WEIGHT 1
 6. SET *master weight* = 0

A U_0 non resta che inviare ad ogni utente U_i ¹ il segreto S_i , le transazioni prize e counterprize T_{ij} e fare il submit delle transazioni d'inizializzazione T_{i0} .

Analizziamo nel dettaglio la transazione d'inizializzazione. Il *med threshold* è la soglia da raggiungere per effettuare l'invio di Lumen dall'account. Con l'operazione 2 lo abbiamo impostato a 2. Con le operazioni 4 abbiamo pre-autorizzato le transazioni T_{ij} con $1 \leq j \leq N$ con peso pari a 1. Con l'operazione 5 abbiamo aggiunto il segreto S_i tra le firme autorizzate, con peso pari a 1. Infine con le operazioni 3 e 6 abbiamo impedito all'utente U_0 (il detentore della masterkey) di effettuare alcun tipo di operazione dall'account A_i . L'operazione 1 ci è servita solo per non avere problemi nell'effettuare le operazioni successive.

Lo scenario finale è che l'account A_i è bloccato: neanche U_0 , il detentore della master key può apportarvi modifiche o prelevare fondi. Le uniche operazioni autorizzate sono le T_{ij} , ossia le transazioni per ottenere il *prize* o il *counterprize*. Per fare il submit di queste transazioni è inoltre necessario conoscere S_i , perché in questo modo si riesce a raggiungere il med threshold.

¹con $1 \leq i \leq N$

4.2 Limitazioni della soluzione proposta

4.2.1 Numero massimo di firme per transazione

Una limitazione imposta dallo Stellar Network è che con una singola transazione è possibile aggiungere al massimo 20 firme ad un account. Ciò comporta che se $N \geq 20$ è necessario creare più di una transazione d’inizializzazione per ogni account. In generale, il numero delle transazioni d’inizializzazione necessarie è

$$\#T_{i0} = \left\lceil \frac{N+1}{20} \right\rceil$$

4.2.2 Versione base

4.3 Lo script

Di seguito uno script scritto in Python che applica quanto detto sopra. Si fa uso del *Python SDK per Stellar* e di *secretsharing di Blockstack*, un’implementazione open-source dello Shamir Secret Sharing.

Simuliamo la *versione avanzata*, con Carol che genera due share e li affida ad Alice e Bob. Simuliamo inoltre che Alice venga in possesso dello share di Bob, e quindi riesca ad ottenere il *counterprize* associato.

```
1 from stellar_base.keypair import Keypair
2 from stellar_base.address import Address
3 from stellar_base.builder import Builder
4 from stellar_base.transaction_envelope import TransactionEnvelope
  as Te
5 from stellar_base.stellarxdr.StellarXDR_type import TimeBounds
6 from stellar_base.horizon import horizon_testnet
7 from secretsharing import PlaintextToHexSecretSharer
8 import requests
9 import hashlib
10 import datetime
11 import time
12 import base64
13
14
15 def initialize_keypair(add_funds=True):
16     kp = Keypair.random()
17     if add_funds:
18         publickey = kp.address().decode()
19         url = 'https://friendbot.stellar.org/?addr=' + publickey
20         requests.get(url)
21     return kp
22
23
24 PRIZE = '100'
25 PAWN = '100'
```



```
26 COUNTERPRIZE = '1'
27 DELTA = 60 # seconds
28
29 x = 'Hello, World!' # Carol's message
30 x_a, x_b = PlaintextToHexSecretSharer.split_secret(x, 2, 2)
31
32 hash_x_a = hashlib.sha256(x_a.encode()).digest()
33 hash_x_b = hashlib.sha256(x_b.encode()).digest()
34 horizon = horizon_testnet()
35
36 print('Initializing keypairs')
37 kp_alice = initialize_keypair()
38 kp_bob = initialize_keypair()
39 kp_carol = initialize_keypair()
40
41 print('Carol creates rho and gamma')
42 kp_rho = initialize_keypair(add_funds=False)
43 kp_gamma = initialize_keypair(add_funds=False)
44 kp_rho_address = kp_rho.address().decode()
45 kp_gamma_address = kp_gamma.address().decode()
46 kp_rho_seed = kp_rho.seed().decode()
47 kp_gamma_seed = kp_gamma.seed().decode()
48 builder_rho_gamma = Builder(secret=kp_carol.seed().decode())
49 builder_rho_gamma.append_create_account_op(kp_rho_address,
50      '202.50009')
51 builder_rho_gamma.append_create_account_op(kp_gamma_address,
52      '202.50009')
53 builder_rho_gamma.sign()
54 response = builder_rho_gamma.submit()
55 assert 'hash' in response
56
57 print('Initializing transactions')
58 address_rho = Address(address=kp_rho_address)
59 address_gamma = Address(address=kp_gamma_address)
60 address_rho.get()
61 address_gamma.get()
62
63 starting_sequence_rho = int(address_rho.sequence)
64 starting_sequence_gamma = int(address_gamma.sequence)
65
66 tau = datetime.datetime.now() + datetime.timedelta(seconds=30)
67 tau_unix = int(time.mktime(tau.timetuple()))
68 tau_plus_delta = tau + datetime.timedelta(seconds=DELTA)
69 tau_plus_delta_unix = int(time.mktime(tau_plus_delta.timetuple()))
70 timebound_transazione = TimeBounds(
71     minTime=tau_unix, maxTime=tau_plus_delta_unix)
72 timebound_controtransazione = TimeBounds(minTime=0,
73     maxTime=tau_unix)
```

```
72 builder_rho_1 = Builder(secret=kp_rho_seed,
73                           sequence=starting_sequence_rho+1)
74 builder_rho_1.append_payment_op(kp_bob.address().decode(),
75                                COUNTERPRIZE, 'XLM')
75 builder_rho_1.add_time_bounds(timebound_controtransazione)
76 tx_rho_1 = builder_rho_1.gen_tx()
77 hash_rho_1 = builder_rho_1.gen_te().hash_meta()
78
79 builder_rho_2 = Builder(secret=kp_rho_seed,
80                           sequence=starting_sequence_rho+1)
81 builder_rho_2.append_payment_op(kp_alice.address().decode(),
82                                PRIZE, 'XLM')
82 builder_rho_2.append_payment_op(kp_carol.address().decode(), PAWN,
83                                'XLM')
83 builder_rho_2.add_time_bounds(timebound_transazione)
84 tx_rho_2 = builder_rho_2.gen_tx()
85 hash_rho_2 = builder_rho_2.gen_te().hash_meta()
86
87 builder_gamma_1 = Builder(secret=kp_gamma_seed,
88                            sequence=starting_sequence_gamma+1)
89 builder_gamma_1.append_payment_op(
90     kp_alice.address().decode(), COUNTERPRIZE, 'XLM')
91 builder_gamma_1.add_time_bounds(timebound_controtransazione)
92 tx_gamma_1 = builder_gamma_1.gen_tx()
93 hash_gamma_1 = builder_gamma_1.gen_te().hash_meta()
94
95 builder_gamma_2 = Builder(secret=kp_gamma_seed,
96                            sequence=starting_sequence_gamma+1)
97 builder_gamma_2.append_payment_op(kp_bob.address().decode(),
98     PRIZE, 'XLM')
98 builder_gamma_2.append_payment_op(kp_carol.address().decode(),
99     PAWN, 'XLM')
99 builder_gamma_2.add_time_bounds(timebound_transazione)
100 tx_gamma_2 = builder_gamma_2.gen_tx()
101 hash_gamma_2 = builder_gamma_2.gen_te().hash_meta()
102
103 builder_rho_0 = Builder(secret=kp_rho_seed)
104 builder_rho_0.append_set_options_op(master_weight=255)
105 builder_rho_0.append_set_options_op(med_threshold=2)
106 builder_rho_0.append_set_options_op(high_threshold=254)
107 builder_rho_0.append_pre_auth_tx_signer(hash_rho_1, 1)
108 builder_rho_0.append_pre_auth_tx_signer(hash_rho_2, 1)
109 builder_rho_0.append_hashx_signer(hash_x_a, 1)
110 builder_rho_0.append_set_options_op(master_weight=0)
111 builder_rho_0.sign()
112
113 builder_gamma_0 = Builder(secret=kp_gamma_seed)
114 builder_gamma_0.append_set_options_op(master_weight=255)
115 builder_gamma_0.append_set_options_op(med_threshold=2)
```

```
116 builder_gamma_0.append_set_options_op(high_threshold=254)
117 builder_gamma_0.append_pre_auth_tx_signer(hash_gamma_1, 1)
118 builder_gamma_0.append_pre_auth_tx_signer(hash_gamma_2, 1)
119 builder_gamma_0.append_hashx_signer(hash_x_b, 1)
120 builder_gamma_0.append_set_options_op(master_weight=0)
121 builder_gamma_0.sign()
122
123 print('Submitting_rho_0')
124 response = builder_rho_0.submit()
125 assert 'hash' in response
126
127 print('Submitting_gamma_0')
128 response = builder_gamma_0.submit()
129 assert 'hash' in response
130
131 print('At this point Carol cannot remove funds from rho/gamma')
132 builder = Builder(secret=kp_rho_seed)
133 builder.append_payment_op(kp_carol.address().decode(), 1)
134 builder.sign()
135 response = builder.submit()
136 assert 'hash' not in response
137
138 print('Alice tries to submit rho_2 before the deadline, but fails')
139 print(f'[deadline: {tau}; current time: {datetime.datetime.now()}]')
140 envelope = Te(tx_rho_2, opts={})
141 response = horizon.submit(envelope.xdr())
142 assert 'hash' not in response
143
144 print('Bob leaks his secret, so Alice can submit tx_gamma_1')
145 envelope = Te(tx_gamma_1, opts={})
146 envelope.sign_hashX(x_b)
147 response = horizon.submit(envelope.xdr())
148 assert 'hash' in response
149
150 print('Waiting for the deadline')
151 tts = (tau - datetime.datetime.now()).total_seconds()
152 time.sleep(tts)
153 time.sleep(5) # some margin
154
155 print('Now Alice can submit tx_rho_2')
156 envelope = Te(tx_rho_2, opts={})
157 envelope.sign_hashX(x_a)
158 response = horizon.submit(envelope.xdr())
159 assert 'hash' in response
160
161 print('Bob cannot submit tx_gamma_2, because he leaked the secret')
162 envelope = Te(tx_gamma_2, opts={})
163 envelope.sign_hashX(x_b)
```

```
164 response = horizon.submit(envelope.xdr())
165 assert 'hash' not in response
166
167 print('At this point, the secret is public')
168 last_tx_rho = horizon.account_transactions(
169     kp_rho_address, params={'limit': 1, 'order': 'desc'})
170 last_tx_gamma = horizon.account_transactions(
171     kp_gamma_address, params={'limit': 1, 'order': 'desc'})
172 x_rho = base64.b64decode(
173     last_tx_rho['_embedded']['records'][0]['signatures'][0]).decode()
174 x_gamma = base64.b64decode(
175     last_tx_gamma['_embedded']['records'][0]['signatures'][0]).decode()
176 assert PlaintextToHexSecretSharer.recover_secret([x_rho, x_gamma])
    == x
```

<https://github.com/imcatta/stellar-time-lock-encryption-poc>

Capitolo 5

Scelta dei parametri del protocollo

Capitolo 6

Analisi dei possibili attacchi

In questo capitolo analizzeremo i possibili attacchi a cui il protocollo proposto è soggetto.

6.1 Comportamenti malevoli dei singoli utenti

6.1.1 Comportamento malevole del client

6.1.2 Comportamento malevolo di un provider

6.2 Coalizioni tra provider

6.2.1 Coalizione tra tutti i providers

6.2.2 Coalizione tra N providers

6.3 Coalizioni tra client e providers

6.4 Un singolo attore controlla più providers

6.5 Un soggetto corrompe i providers

Capitolo 7

Possibili usi

7.1 Gara d'appalto a buste chiuse

Appendice A

An appendix

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus

placemat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Bibliografia

- [1] Nick Szabo. «Formalizing and Securing Relationships on Public Networks». In: *First Monday* 2.9 (1997). ISSN: 13960466. DOI: [10.5210/fm.v2i9.548](https://doi.org/10.5210/fm.v2i9.548). URL: <http://ojphi.org/ojs/index.php/fm/article/view/548>.