Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών
Εξάμηνο 9ο: Κατανεμημένα Συστήματα *(2021-2022)*
Αναφορά Εξαμηνιαίας Εργασίας

el17088 - Στυλιανός Κανδυλάκης
el17025 - Χρήστος (Κίτσος) Ορφανόπουλος
el17176 - Χρήστος Τσούφης

Εφαρμογή

Υλοποιήσαμε ένα απλό σύστημα blockchain όπου καταγράφονται οι δοσοληψίες και το consensus επιτυγχάνεται με proof-of-work.

Προ-απαιτούμενα

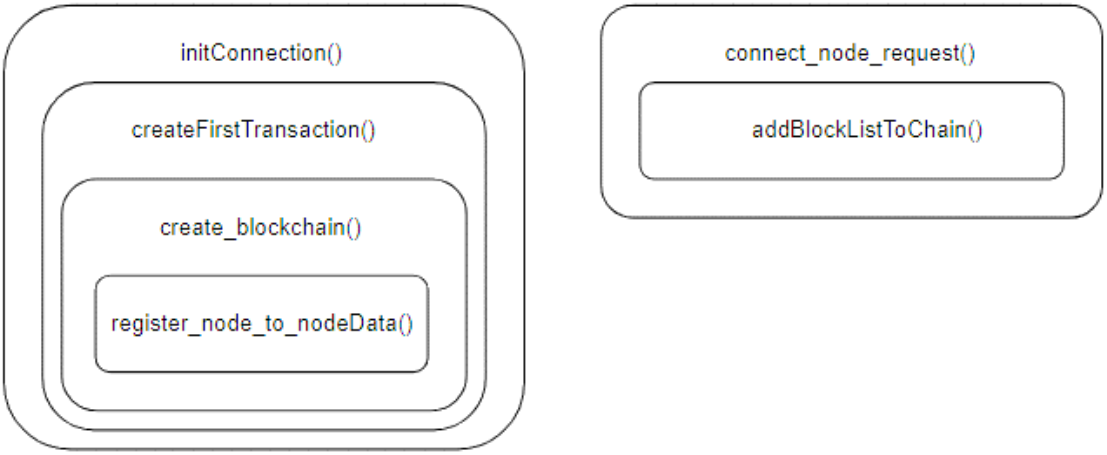
- Flask Rest API
- Python3
- Python libraries (requests, pycrypto, datetime, time, Flask, urllib)
- 5 VMs του Okeanos (2CPUs, 2GB RAM, 10GB per VM)
- 1 private network

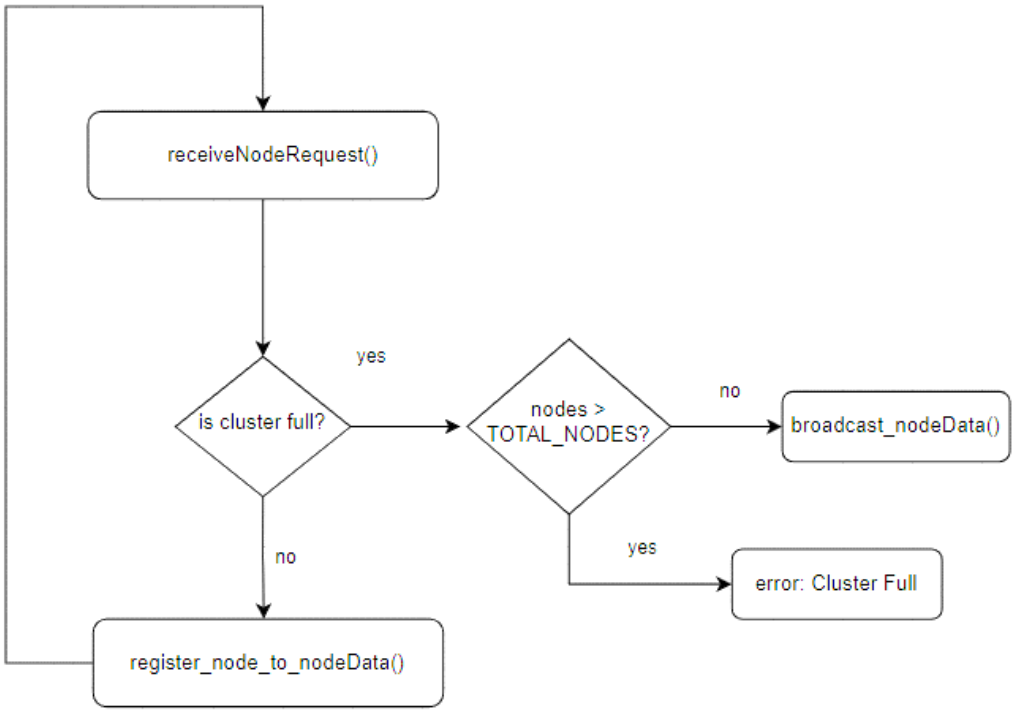
Global Παράμετροι

- TOTAL_NODES
- CAPACITY
- MINING_DIFFICULTY

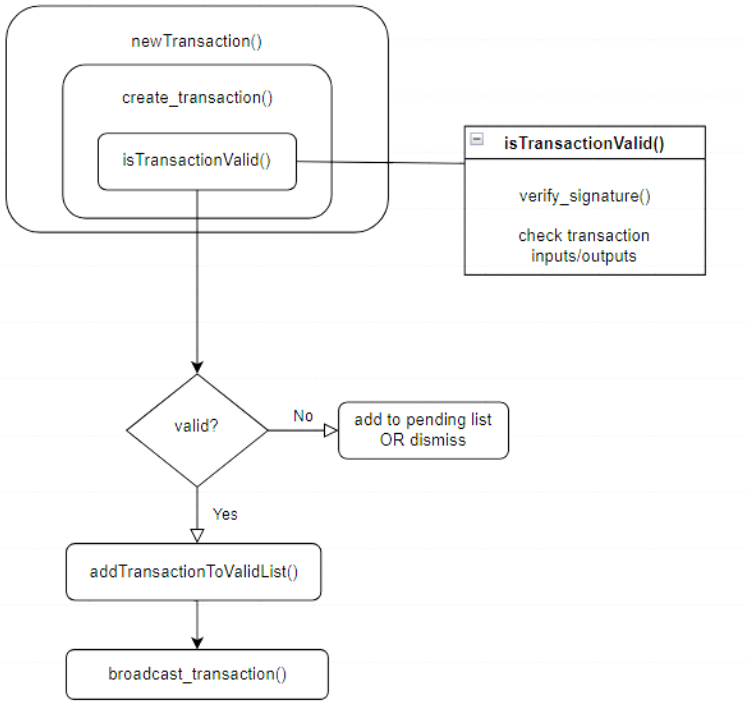
Βασικές λειτουργίες

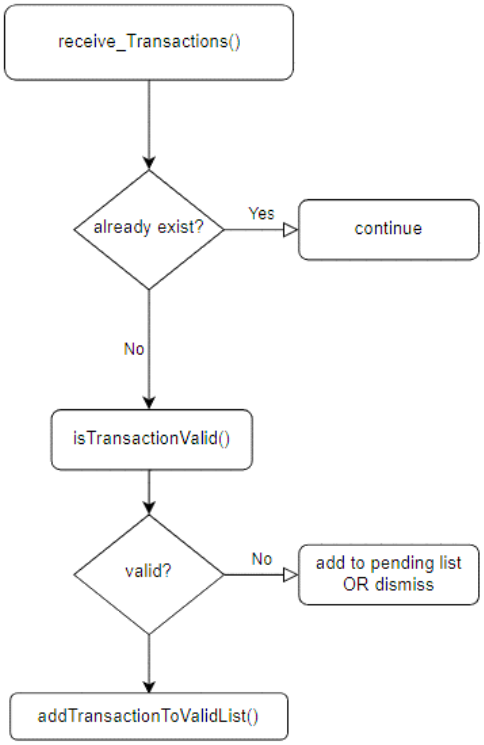
Αρχικοποίηση του cluster



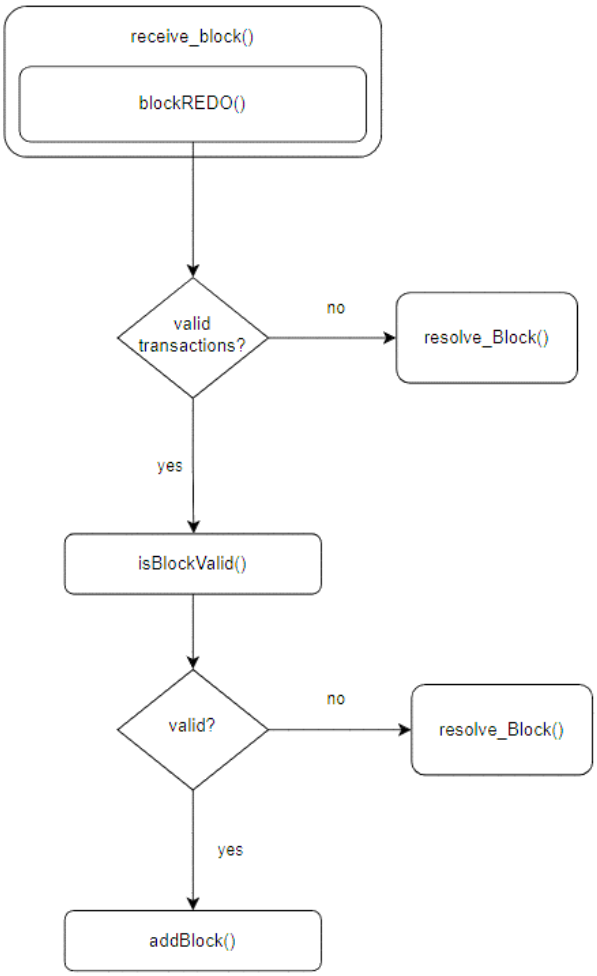


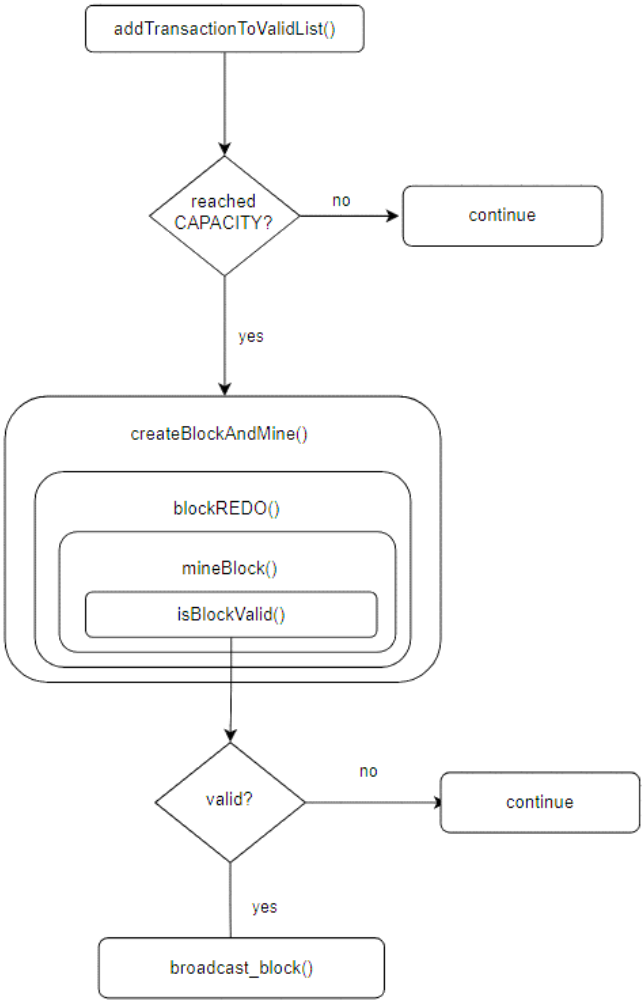
Δημιουργία συναλλαγής



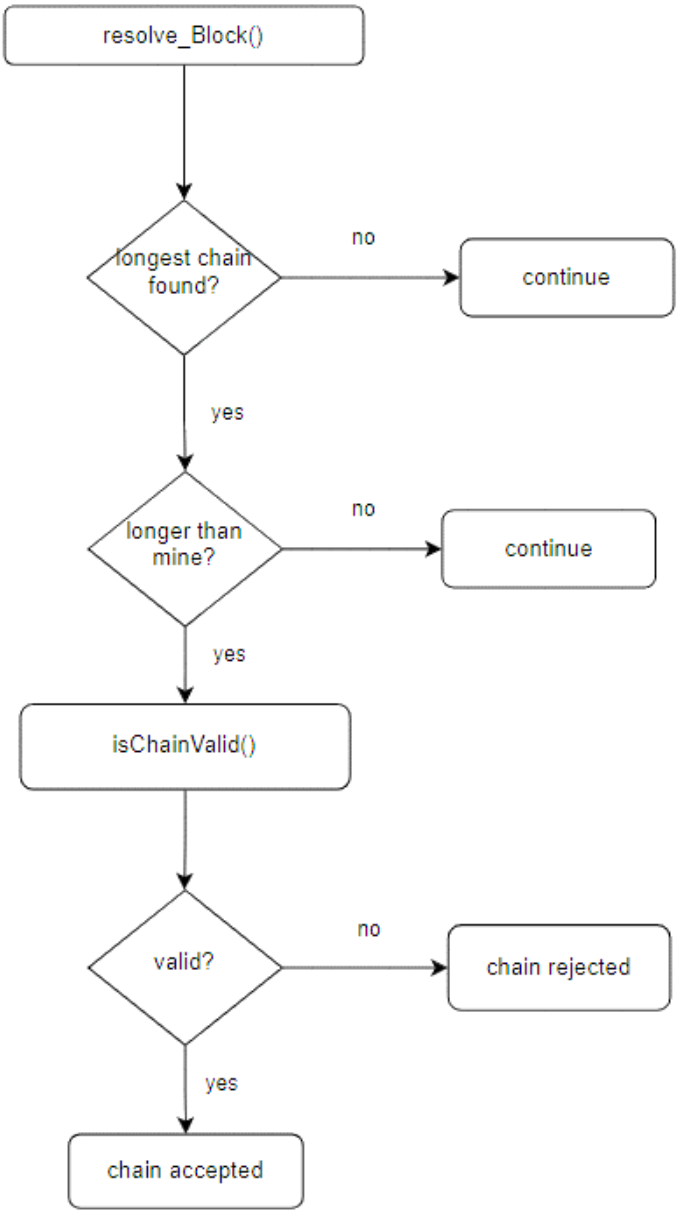


Mining

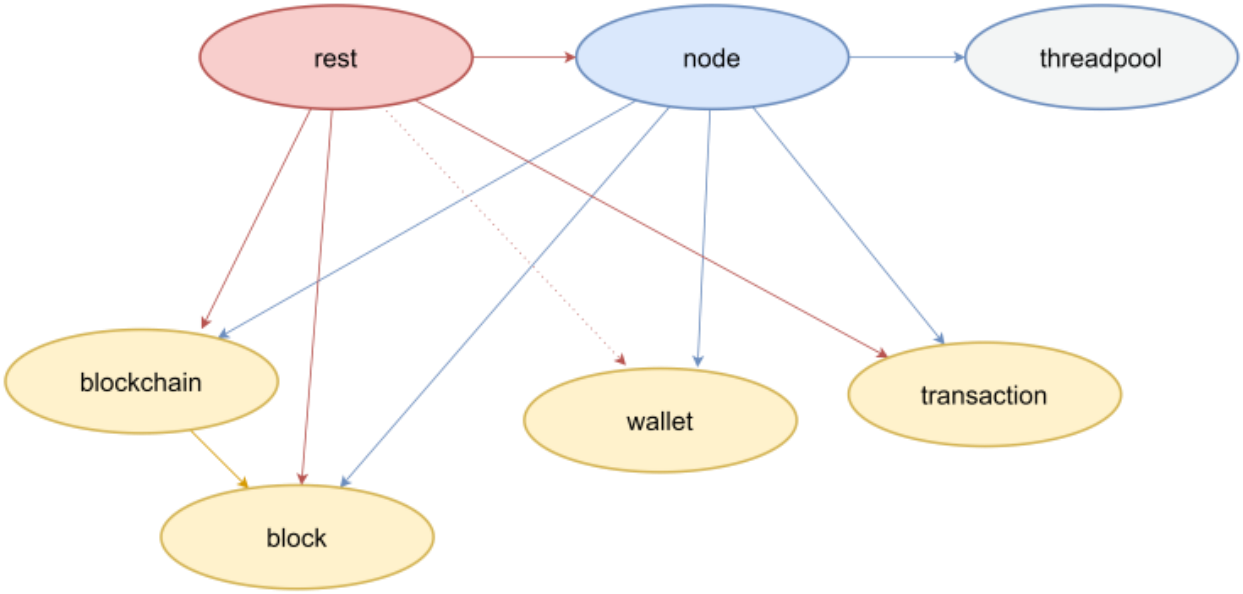

receive_block()
blockREDO()
valid transactions?
no
resolve_Block()
yes
isBlockValid()
valid?
no
resolve_Block()
yes
addBlock()


addTransactionToValidList()
reached CAPACITY?
no
continue
yes
createBlockAndMine()
blockREDO()
mineBlock()
isBlockValid()
valid?
no
continue
yes
broadcast_block()

Conflict resolution



Κλάσεις



Rest

initConnection()
καλείται από τον bootstrap ώστε να αρχικοποιηθεί το cluster

connect_node_request()
αίτημα σύνδεσης συγκεκριμένου node στο cluster

receiveNodeRequest()
καλείται από τον bootstrap όταν πρόκειται να αποδεχθεί κάποιο node, αποστέλλοντας μήνυμα αποδοχής

receiveTransactions()
οι κόμβοι λαμβάνουν την validated transaction που έγινε broadcast

receiveBlock()
λαμβάνει block που έγινε broadcast

getBlockchain()
αποστέλλει το blockchain ως json

getChainLength()
επιστρέφει το μήκος συγκεκριμένου blockchain ως json

newTransaction()
Κόμβος ζητάει τη δημιουργία νέου transaction

showBalance()
Επιστρέφει το balance του wallet

viewBlockchain()
Επιστρέφει το blockchain

getTransactions()
Επιστρέφει τα transactions

viewTransactions()
Επιστρέφει τα transactions

transactionsTime()
επιστρέφει χρονικό διάστημα ενός transaction

getBlockTime()
επιστρέφει μέσο χρόνο δημιουργίας block

Node

- το ID του
- το wallet του
- το chain από blocks για το τρέχον κόμβο
- το ring με πληροφορίες για όλο το cluster
- valid_trans: λίστα με όσα transactions έχουν γίνει validated
- pending_trans: λίστα με transactions που δεν έχουν γίνει validated ακόμα
- unreceived_trans: λίστα με transactions που λήφθηκαν μέσω block που έγινε broadcast

broadcast()
Βασική συνάρτηση που καλείται σε οποιοδήποτε broadcast

broadcast_transaction()
Το transaction αποστέλλεται με broadcast σε όλους τους κόμβους

broadcast_block()
Μόλις βρεθεί ο κατάλληλος nonce, ο κόμβος κάνει broadcast το επαληθευμένο block σε όλους τους υ-πόλοιπους κόμβους.

broadcast_nodeData()
Γίνονται broadcast στο cluster όλες οι απαραίτητες πληροφορίες των κόμβων

addBlockListToChain()
Μετατρέπει τη json λίστα σε dictionary από blocks επιστρέφοντας list από block objects

register_node_to_nodeData()
Ο bootstrap node προσθέτει το νέο κόμβο στο cluster ενημερώνοντας τους υπολοίπους για τη προσθήκη του

public_key_to_nodeData_id()
Επιστρέφει το id του node, δοσμένου του public key

createFirstTransaction()
Δημιουργεί το πηγαίο transaction

createTransaction()
Δημιουργείται ένα νέο transaction που περιέχει όλα τα στοιχεία που απαιτούνται. Εδώ το πεδίο transaction_inputs γεμίζει με τα Transaction Input που περιέχουν τα ids των UTXOs που απαιτούνται για να συμπληρωθεί το ποσό που θέλουμε να ξοδέψουμε.

isTransactionValid()
Επαληθεύεται η ορθότητα του transaction που έχει ληφθεί.
Η επαλήθευση περιλαμβάνει
(α) την επαλήθευση της υπογραφής (verify_signature)
(β) τον έλεγχο των transaction inputs/outputs για να εξασφαλίσουμε ότι το wallet αποστολέας έχει το ποσό amount που μεταφέρει στον παραλήπτη.
Για να επιτευχθεί το (β) ελέγχεται αν τα transaction inputs είναι πράγματι unspent transactions, αν είναι αφαιρούνται από τη λίστα των UTXO του κόμβου. Δημιουργούνται τα δύο Transaction Outputs και προστίθενται στη λίστα στη λίστα UTXO του node μας.

validate_pending()
Ελέγχει αν μπορεί να επικυρωθεί κάποια pending transaction

add_transaction_to_pending()
προσθήκη transactions ως pending

removeFromOldTransactions ()
διαγραφή transaction από τη λίστα με τις παλιότερες

addTransactionToValidList()
Προσθέτει validated transaction στη λίστα με τις validated

receive_block()
Λαμβάνει block που έγινε broadcasted

createNewBlock()
Δημιουργεί νέο block

mineBlock()
Η συνάρτηση αυτή καλείται μόλις capacity transactions έχουν ληφθεί και επαληθευτεί από κάποιον κόμβο και υλοποιεί το proof of work δοκιμάζοντας διαφορετικές τιμές της μεταβλητής nonce και

hasháροντας το block μέχρι το hash που θα προκύψει να αρχίζει από έναν συγκεκριμένο αριθμό από μηδενικά. Ο αριθμός αυτός καθορίζεται από τη σταθερά difficulty.

isBlockValid()

Αυτή η συνάρτηση καλείται από τους nodes κατά τη λήψη ενός νέου block (εκτός του genesis block). Επαληθεύεται ότι
(a) το πεδίο current_hash είναι πράγματι σωστό
(b) το πεδίο previous_hash ισούται πράγματι με το hash του προηγούμενου block.

createBlockAndMine()

Δημιουργεί block και εκκινεί το mining

blockREDO()

Εκτελεί πάλι τις συναλλαγές του block για να βεβαιωθεί ότι είναι έγκυρες, ελέγχει αν τα transactions έχουν προστεθεί ήδη στο chain και στη συνέχεια μέσα σε lock κάνει validate το block και το προσθέτει αν είναι έγκυρο. Ελέγχει τέλος εκτός του lock αν μπορεί να κάνει validate συναλλαγές των pending, χρησιμοποιώντας τα inputs του νέου block.
Σημειώνουμε ότι η συνάρτηση block_REDO χρησιμοποιείται και σε άλλες περιπτώσεις όπου χρειάζεται έλεγχος των transactions ενός block.

isChainHashesValid()

Κάνει validate τα hashes του blockchain

isChainValid()

Αυτή η συνάρτηση καλείται από τους νεοεισερχόμενους κόμβους, οι οποίοι επαληθεύουν την ορθότητα του blockchain που λαμβάνουν από τον bootstrap κόμβο. Στην πραγματικότητα καλείται η `validate_block` για όλα τα blocks εκτός του genesis.

resolveBlock()

Αυτή η συνάρτηση καλείται όταν ένα κόμβος λάβει ένα block το οποίο δεν μπορεί να κάνει validate γιατί το πεδίο previous_hash δεν ισούται με το hash του προηγούμενου block. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι έχει δημιουργηθεί κάποια διακλάδωση, η οποία πρέπει να επιλυθεί. Ο κόμβος ρωτάει τους υπόλοιπους για το μήκος του blockchain και επιλέγει να υιοθετήσει αυτό με το μεγαλύτερο μήκος.

Wallet (subclass)

- private key
- public key
- utxos

balance()
Επιστρέφει το υπόλοιπο οποιουδήποτε wallet προσθέτοντας όλα τα UTXOs που έχουν παραλήπτη το συγκεκριμένο wallet.

Block

- index: αρίθμηση του block μέσα στο blockchain
- hash: hash του εαυτού του (SHA256)
- previous_hash: hash του προηγούμενου block
- transactions: λίστα με transactions του μπλοκ
- timestamp: χρονοσφραγίδα για τη στιγμή που δημιουργήθηκε
- nonce: το νούμερο για το proof-of-work

myHash()
Υπολογίζει το hash value ολόκληρου του block

listToSerializable()

printBlock()
Τυπώνει τις πληροφορίες του block

Blockchain

- block_list: λίστα με τα blocks του τρέχοντος node

createBlockchain()
Καλείται από το bootstrap node και για τη δημιουργία του genesis block.

printChain()
Εκτυπώνει το chain με πληροφορίες που περιέχει το κάθε block

addBlock()
Προσθήκη block στο chain

Transaction

- sender: public key του αποστολέα
- receiver: public key του αποδέκτη
- senderID: το ID του κόμβου-αποστολέα στο cluster
- receiverID: το ID του κόμβου-αποδέκτη στο cluster
- amount: το ποσό που μεταφέρεται
- id: hash του transaction (hash(public key + amount + transaction_inputs))
- transaction_inputs:
- transaction_outputs:
- signature:

· **hash**()
Αρχικοποιημένη συνάρτηση για το hashing (SHA384)

· **signTransaction**()
Υπογράφεται το transaction με το private key του wallet.

· **verify_signature**()
Επαληθεύεται η υπογραφή του transaction αμέσως μετά τη λήψη του

Πειράματα

Μετρήσαμε την απόδοση για 5 και 10 nodes αντίστοιχα. Στη δεύτερη περίπτωση 2 nodes ανά virtual machine.

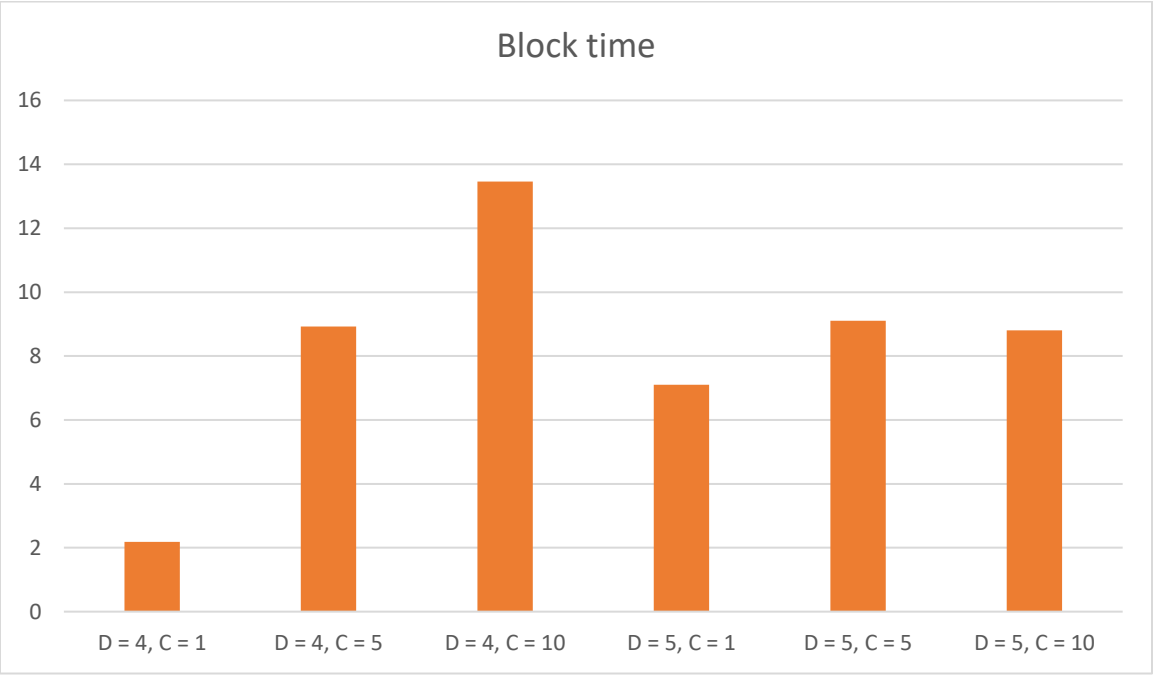
Μετρικές απόδοσης

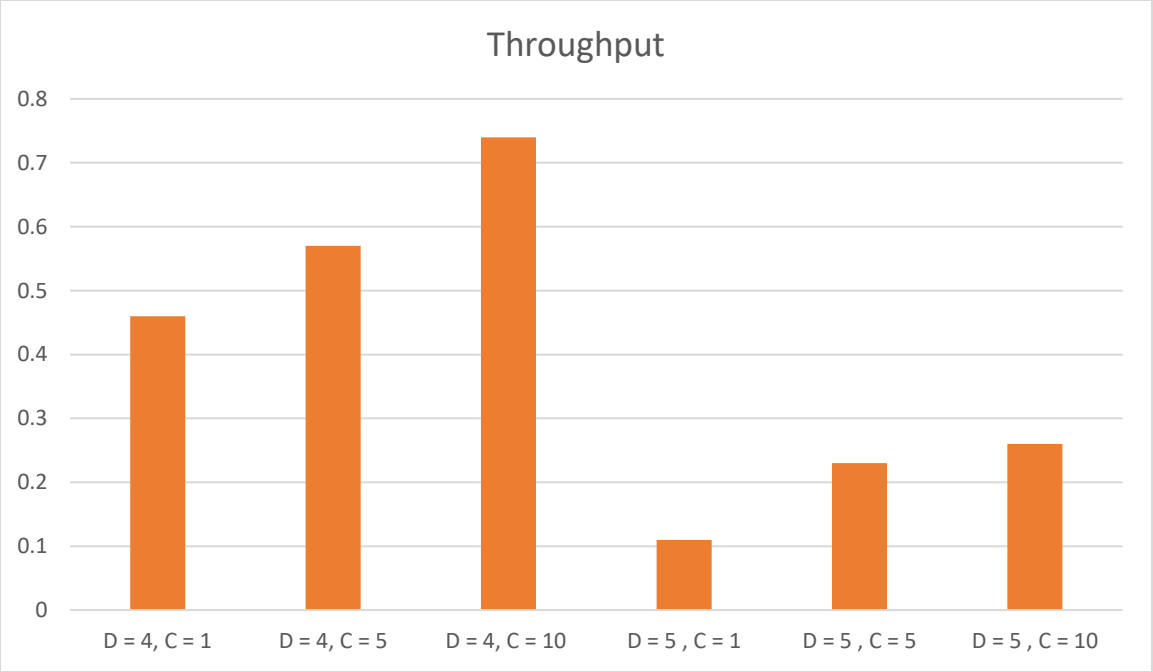
- throughput (transactions per sec)
- block time (creation and mining of block)

Παράμετροι

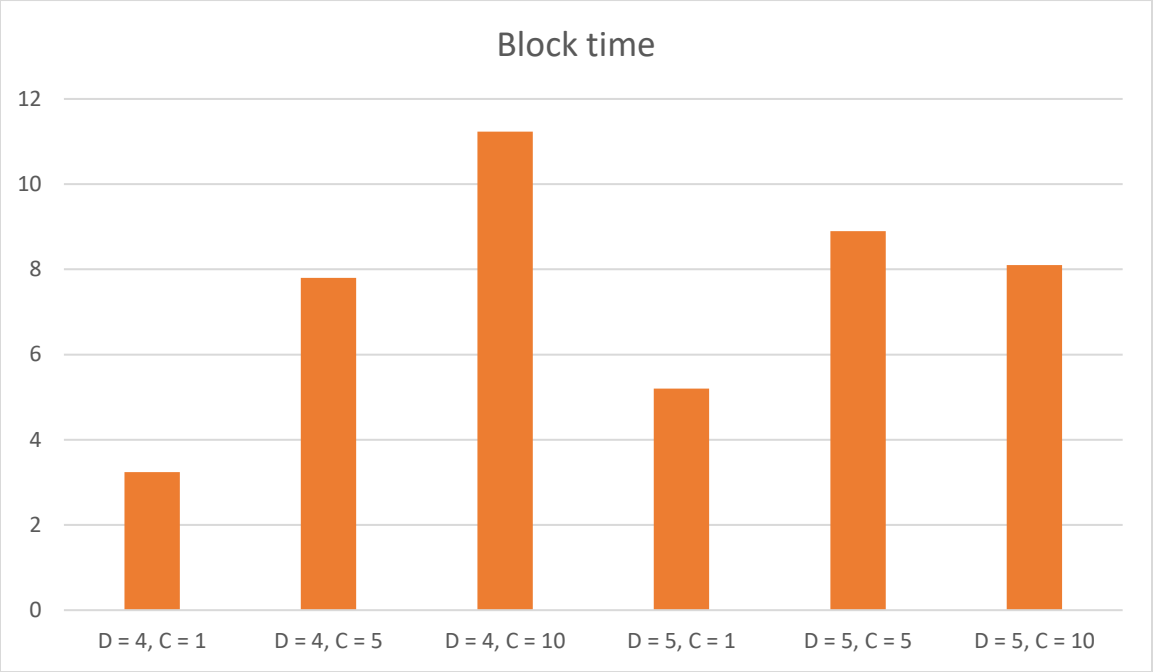
- CAPACITY (= 1, 5 , 10)
- DIFFICULTY (= 4, 5)

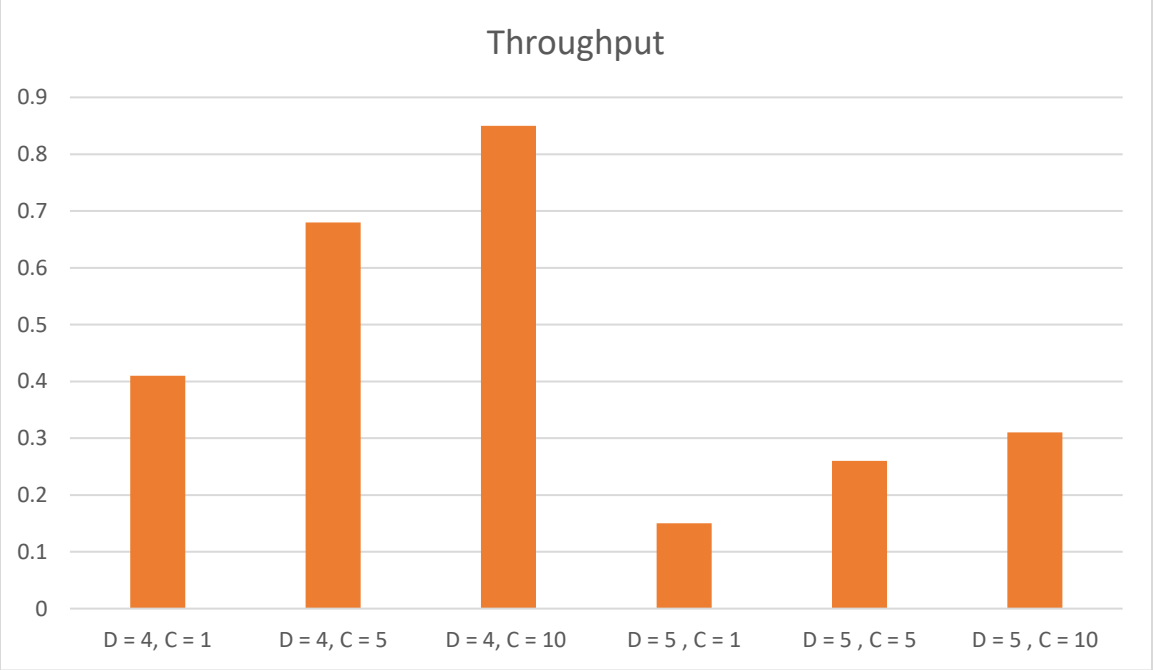
Για 5 nodes:


Block time
16
14
12
10
8
6
4
2
0
D = 4, C = 1
D = 4, C = 5
D = 4, C = 10
D = 5, C = 1
D = 5, C = 5
D = 5, C = 10


Throughput
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
D = 4, C = 1
D = 4, C = 5
D = 4, C = 10
D = 5 , C = 1
D = 5 , C = 5
D = 5 , C = 10

Για 10 nodes:


Block time
12
10
8
6
4
2
0
D = 4, C = 1
D = 4, C = 5
D = 4, C = 10
D = 5, C = 1
D = 5, C = 5
D = 5, C = 10


Throughput
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
D = 4, C = 1
D = 4, C = 5
D = 4, C = 10
D = 5 , C = 1
D = 5 , C = 5
D = 5 , C = 10

Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

Ως προς capacity/difficulty:

- Throughput

  Όσο αυξάνεται το capacity του block, αυξάνεται και η απόδοση, καθώς μειώνεται η συχνότητα του mining.

  Αύξηση του difficulty οδηγεί σε συνολική μείωση της απόδοσης, αφού το mining χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να βρει το nonce.

- Block time

  Το capacity δεν επηρεάζει ιδιαίτερα το το Block time.

  Αύξηση του difficulty οδηγεί σε αύξηση του Block time, διότι χρειάζεται επιπλέον χρόνος για εύρεση του nonce.

Ως προς τους nodes:

- Throughput

  αύξηση των nodes οδηγεί σε αύξηση της απόδοσης, αφού περισσότεροι nodes κάνουν ταυτόχρονα mining το εκάστοτε block

- Block time

  αύξηση των nodes οδηγεί σε μείωση του block time, αφού περισσότεροι nodes κάνουν ταυτόχρονα mining το εκάστοτε block, οπότε αυξάνεται η πιθανότητα να βρεθεί το nonce από κάποιον miner

Πηγές

https://ravikantagrawal.medium.com/digital-signature-from-blockchain-context-cedcd563eee5

https://www.youtube.com/watch?v=Lx9zgZCMqXE&ab_channel=CuriousInventor

https://www.youtube.com/watch?v=xIDL_akeras&ab_channel=AndersBrownworth

https://flask-restful.readthedocs.io/en/latest/api.html

Github εργασίας: **Source code**