

# Architektura Kryptowalut

## Studium Bitcoina i Ethereum

Wojciech Korzeniowski  
Instytut Informatyki  
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych  
Politechnika Warszawska

**Abstrakt—Opis koncepcji i mechanizmów wykorzystanych przy tworzeniu kryptowalut.**

### I. WSTĘP

Niniejszy artykuł przedstawia jakie problemy z pieniędzmi istnieją w dzisiejszym świecie i w jaki sposób pojawienie się kryptowalut może pomóc je rozwiązać. Następnie skupimy się na matematycznych koncepcjach które zostały wykorzystane przy projektowaniu kryptowalut oraz samą architekturę kryptowalut. Opisane zostanie czym jest Blockchain, co oznacza kopanie bloków a także to w jaki sposób zapewniane jest bezpieczeństwo oraz czym jest fork w kontekście Blockchainu. Pod koniec opiszę co nowego wprowadza Ethereum w stosunku do Bitcoina.

#### A. Historia waluty

Od zarania dziejów na świecie istniał handel. Zanim jednak powstały waluty, ludzie wymieniali się między sobą różnymi dobrami w sposób bezpośredni. Jeden z problemów który występuje podczas takiej wymiany jest problem z wydaniem reszty. Przykładowo, jeżeli ktoś kto hodował świnię i potrzebował kostkę masła, musiał wymienić całą świnię na dużą ilość masła. Ewentualnie mógł podzielić świnię i zostać z resztą świni co mogło powodować problem z jej przechowaniem. Rozwiązaniem tego problemu okazały się waluty. Hodowca mógł sprzedać swoją świnię w zamian za określoną ilość danej waluty a następnie część przeznaczyć na zakup masła. Inny problem który istnieje w świecie bez walut to problem z oszacowaniem wartości jednych dóbr w stosunku do innych. Zdecydowanie łatwiej jest sprowadzić wartość dóbr do wspólnej waluty co pozwala na łatwiejsze określenie w jakim stosunku powinna zostać dokonana wymiana jednego dobra z innym.

#### B. Rola banków

Jeżeli posiadamy pieniądze, ale nie chcemy być odpowiedzialni za ich przechowywanie możemy skorzystać z usług Banku. Podstawową operacją jaką możemy wykonać w Banku jest możliwość zdeponowania oraz pobrania wcześniej zdeponowanych środków. Kolejną z operacji jest wykonanie transferu środków z jednego konta na inne konto. Taka operacja umożliwia transfer środków innej osobie bez konieczności bezpośredniego przekazania pieniędzy w postaci monet czy banknotów. W takiej sytuacji Bank poświadcza że

właściciel konta przekazał swoje środki innej osobie dzięki czemu ta może je dalej przekazać. Taka rola sprawia że Banki są jedną z instytucji zaufania publicznego. Znaczący to między innymi to że społeczeństwo wierzy iż w każdej chwili może odebrać powierzone Bankowi pieniądze co nie jak pokazuje historia nie zawsze jest prawdą. Przykładem posłuży sytuacja Grecji z 2015 roku gdzie w wyniku kryzysu finansowego greckie Banki zostały zamknięte a wypłaty z bankomatów ograniczone do 60 euro na dzień.[1]

Fakt iż Bank jest odpowiedzialny za weryfikację czy dana osoba posiada odpowiednią ilość środków do wykonania transferu wymusza prowadzenie rejestru. W rejestrze znajdują się informacje przypisane do danego konta, historia wszystkich transferów oraz wynikająca z nich liczba zgromadzonych na koncie środków. Na banku spoczywa odpowiedzialność aby zawartość rejestru nie wpadła w niepowołane ręce oraz to aby rejestr nie przepał co spowodowałoby utratę zgromadzonych przez klientów środków gdyż tylko on jest dokumentem poświadczającym stan konta.

### II. MATEMATYKA

W tym rozdziale omówię matematyczne koncepty które zostały wykorzystane przy projektowaniu kryptowalut oraz do których będą odniesienia w dalszej części artykułu.

#### A. Funkcja skrótu

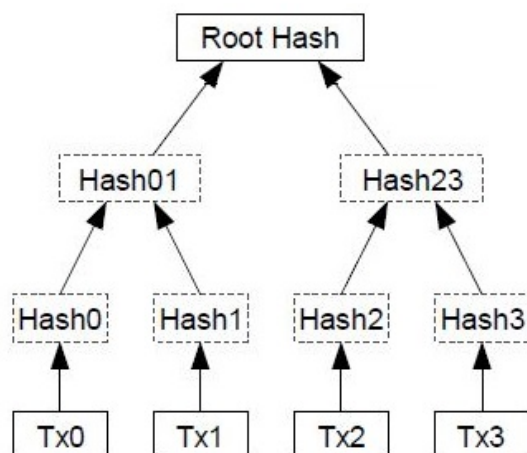
Funkcja skrótu jest to funkcja która przyporządkowuje dowolnemu ciągowi znaków, inny ciąg znaków o stałej długości. Jedną z właściwości funkcji skrótu jest fakt iż po niewielkiej zmianie źródłowego ciągu znaków, wynik funkcji zmienia się całkowicie, co widać na poniższych przykładach:

$$\text{SHA256}('Alice') = 3bc5106297\dots a0699a3043 \quad (1)$$

$$\text{SHA256}('Bob') = cd9fb1e148\dots bb4bb4e961 \quad (2)$$

$$\text{SHA256}('Bob.') = ec46deb8be\dots d035fd84a2 \quad (3)$$

Kolejną właściwością funkcji skrótu jest niemożliwość znalezienia źródłowego ciągu znaków posiadając tylko jego skrót. Fakt ten sprawia że funkcję skrótu można wykorzystać do sprawdzania czy dwie wartości są takie same bez potrzeby przechowywania oryginalnej wartości. Jest to wykorzystywane podczas logowania się użytkowników w serwisach internetowych. Dzięki temu w bazie danych nie są przechowywane hasła w sposób jawny, zamiast tego przechowuje się jedynie



Ryc. 1. Drzewo skrótów

ich skrót który jest porównywany ze skrótem wprowadzonego hasła podczas logowania.

#### B. Drzewo skrótów

Jest to bardziej rozbudowana wersja funkcji skrótu dzięki której możemy otrzymać skrót z listy obiektów. W kontekście kryptowalut wykorzystuje się drzewo skrótów do otrzymania skrótu grupy transakcji. Najpierw wyliczany jest skrót dla pojedynczej transakcji później skróty są parowane a następnie z pary obliczany jest skrót. Operacja jest powtarzana aż otrzymamy jeden skrót który reprezentuje skrót całej grupy. Wizualizacja obliczania przedstawiona jest na diagramie numer 1 gdzie pojedyncza transakcja jest reprezentowana przez symbol Tx a skrót całości oznaczony jest jako Root Hash.

#### C. Podpis cyfrowy

Podpis cyfrowy jest techniką która pozwala na weryfikację autora wiadomości. Osoba chcąc skorzystać z podpisu cyfrowego musi posiadać klucz prywatny oraz klucz publiczny. Klucz prywatny służy do podpisywania wiadomości i powinien być znany tylko i wyłącznie autorowi wiadomości. Z kolei klucz publiczny służy do weryfikacji czy osoba podająca się za autora jest faktycznie autorem wiadomości i powinien zostać przekazany odbiorcy wiadomości w bezpieczny sposób. W wyniku podpisu wiadomości powstaje Sygnatura. Odbiorca wiadomości wykorzystując Sygnaturę, klucz publiczny nadawcy oraz samą wiadomość jest w stanie sprawdzić czy wiadomość została podpisana przez odpowiadający kluczowi publicznemu, klucz prywatny.

### III. KRYPTOWALUTY

Kryptowaluta jest to wirtualna waluta która nie ma swojej fizycznej reprezentacji. Jednak nie powinno się jej postrzegać jako byt który ma mniejszą wartość niż waluty tradycyjne. Często można usłyszeć opinię iż kryptowaluty nie mają żadnej wartości ponieważ nie są fizyczne i istnieją tylko wirtualne. Każda waluta sama w sobie nie ma żadnej wartości, nabiera

ją dopiero wtedy, kiedy możemy w zamian za nią otrzymać coś innego. Brak posiadania fizycznej postaci powoduje powstanie pewnych problemów z jej przechowywaniem oraz wykorzystaniem jako środek płatności jednak jest to kwestia świadomości jakie istnieją zagrożenia i w jaki sposób można im zapobiec.

#### A. Portfel

Portfel stanowi para klucz prywatny oraz klucz publiczny. Klucz prywatny służy do podpisywania transakcji w których pieniądze są przelewane z powiązanego portfela na inny portfel wskazany poprzez przypisany do niego klucz publiczny. Klucz publiczny stanowi swego rodzaju adres na który można przesłać pieniądze. Natomiast klucz prywatny stanowi hasło do naszego konta bankowego bez którego nie jesteśmy w stanie wykonać przelewu.

Najczęściej klucze reprezentowane są jako ciąg znaków zakodowany przy pomocy base58. Dzięki zastosowaniu base58 klucze są zapisywane w postaci ciągu liter i cyfr z pominięciem znaków które jest łatwo ze sobą pomylić, takich jak 0 (cyfra zero) oraz O (litera O). Istnieje jednak możliwość zapisania kluczy w dowolny sposób który umożliwia odtworzenie oryginalnego ciągu znaków. Do tego celu może zostać wykorzystany np. kod QR, obraz cyfrowy w którym na najmniej znaczących bitach zapisana jest informacja o kluczach (steganografia), kilkanaście losowo wygenerowanych podczas tworzenia portfela słów które można zapamiętać, zapisać lub dalej zakodować. Możliwości na przechowywanie klucza prywatnego są ograniczone ludzką pomysłowością na zapis informacji w sposób zrozumiały tylko dla autora.

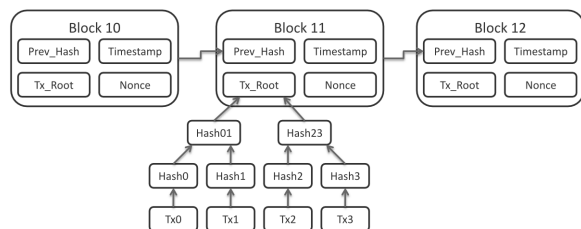
#### B. Transakcja

W celu wykonania transakcji użytkownik musi posiadać klucz prywatny. Transakcja zawiera w sobie informację na jaki portfel powinna zostać przeniesiona określona ilość waluty. Po utworzeniu Transakcji musi ona zostać podpisana przy pomocy klucza prywatnego powiązanego z portfelem z którego zostaje wykonany transfer. Następnie transakcja wraz z podpisem zostaje wysłana do sieci Blockchain która zajmuje się weryfikacją transakcji oraz zapewnia prawidłowe działanie całego systemu.

Istotny jest fakt iż utworzenie transakcji z podpisem oraz wysłanie jej do sieci nie muszą nastąpić w tym samym momencie. W celu uzyskania najwyższego bezpieczeństwa zalecane jest wykonanie podpisu transakcji na komputerze bez podłączenia do internetu. Następnie skopiowanie transakcji wraz z podpisem na komputer połączony z internetem i wysłanie jej do sieci. W ten sposób zyskujemy większe bezpieczeństwo poprzez fakt iż klucz prywatny nie jest przechowywany ani wprowadzany na komputerze z połączeniem internetowym który jest bardziej narażony na złośliwe oprogramowanie niż odizolowana jednostka.

### IV. BLOCKCHAIN

Blockchain jest sercem kryptowalut i stanowi rewolucję w dziedzinie rozproszonych baz danych. Blockchain składa się z



Ryc. 2. Schemat Blockchain

bloków który z kolei zawiera listę transakcji. Wielkość bloku jest ustalona i w przypadku Bitcoin wynosi nie więcej niż 1MB, co daje około 2000 transakcji na blok.[2] Bitcoin jest zaprojektowany aby nowy blok z transakcjami pojawiał się co 10 minut co daje ostatecznie 3-4 transakcje na sekundę. Dla porównania PayPal realizuje średnio 193 trasakcje na sekundę a Visa 1'667.[3]

#### A. Blok

Na Rycinie 2 przedstawiony został schemat Blockchainu oraz pojedynczego bloku. Każdy z bloków składa się z wartości wyliczonej przy użyciu drzewa skrótów z listy transakcji wchodzących w skład danego bloku, wyniku funkcji skrótu obliczonej na podstawie poprzedniego bloku, oraz wartości *Nonce* która zostanie opisana w późniejszej części artykułu. Wszystkie z wymienionych elementów są użyte do obliczenia wartości hash danego bloku.

Podział na bloki i zawieranie wartości funkcji skrótu z poprzedniego bloku przypomina strukturę która została użyta do budowy systemu Git[4]. Całość tworzy liniową strukturę w której dowolna zmiana bloku z przeszłości (taka jak dodanie lub usunięcie transakcji) powoduje zmianę hasha tego bloku co skutkuje przerwaniem łańcucha Blockchain ponieważ kolejny blok zawiera hash zmienionego bloku sprzed modyfikacji. Aby zachować integralność z blokami występującymi dalej w Blockchainie należy dla każdego z tych bloków ustawić nową wartość hash poprzedniego bloku.

#### B. Kopanie bloków - Proof of work

Każdy z bloków w Blockchainie musi spełnić warunek aby jego hash zaczynał się op określonej liczby zer. Aby to osiągnąć do bloku zostaje dodana wartość *Nonce*. Przez modyfikowanie jej wartością mamy możliwość wpływania na wartość hasha całego bloku. Jako że nie ma możliwości aby uzyskać źródło funkcji skrótu na podstawie jej wyniku jedyną możliwością na spełnienie wymagania aby hash zaczynał się od określonej liczby zer jest sprawdzanie kolejnych wartości *Nonce* aż trafimy na taką która spełnia to wymaganie.

Znalezienie tej wartości jest bardzo czasochłonne ponieważ jedyny sposób na jej znalezienie to podstawianie kolejnych wartości do zmiennej *Nonce* i sprawdzanie czy wartość hasha spełnia wymaganie sieci. Tym zadaniem zajmują się kopacze bloków którzy w zamian za udostępnienie swojej mocy obliczeniowej dostają wynagrodzenie w danej kryptowalucie. To dzięki temu w sieci pojawia się co raz więcej Bitcoinów. Nagroda ta jest zmniejszana o połowę co około 4 lat aż

do osiągnięcia limitu 21 milionów Bitcoinów w sieci, wtedy kopacze przestaną dostawać wynagrodzenie za samo znajdowanie odpowiedniej liczby *Nonce*. Po limitu kopacze będą dostawać wynagrodzenie w postaci prowizji za transakcje. Prowizje ustala autor transakcji, im większa prowizja, tym większa szansa na to że jego transakcja znajdzie się w kolejnym bloku. W przypadku ustalenia zbyt małej prowizji istnieje ryzyko że transakcja nigdy nie zostanie zaakceptowania ponieważ kopacze wybiorą transakcje z większą prowizją do następnego bloku. W czasie pisania artykułu w sieci znajdowało się 150'000 transakcji oczekujących na akceptację[5].

Wraz ze wzrostem sieci liczba wymaganych zer może ulec zmianie. W sieci Bitcoin ustalenie liczby wymaganych zer następuje raz na 2 tygodnie i dobierane jest tak aby wydobywanie nowego bloku zajmowało średnio 10 minut.

#### C. Atak 51%

W przypadku gdy ktoś chciałby skompromitować sieć Bitcoin poprzez zmianę jednej z historycznych transakcji, musi wykopać jeszcze raz dany blok oraz wszystkie bloki które po nim występują. Dla przypomnienia, trudność wydobywania bloku jest dostosowana tak aby całej sieci średnio zajmowało to 10 minut. Prawdopodobieństwo wydobywania dwóch lub więcej bloków niż reszta sieci jest bliska zeru. Warunkiem wymaganym do skutecznego ataku jest posiadanie minimum 51% mocy obliczeniowej sieci. W przeciwnym wypadku reszta sieci będzie w stanie szybciej wydobywać nowe bloki co skutkuje powstaniem dłuższego łańcucha.

W przypadku istnienia wielu łańcuchów brany jest pod uwagę ten który jest dłuższy. Wynika to z teorii gier która zakłada że gracz zyska więcej na przestrzeganiu zasad (akceptacja dłuższego łańcucha i próba wydobywania nowego bloku na jego szczycie) niż na łamaniu zasad (próba kompromitacji łańcucha poprzez nadpisanie istniejącej historii lub wydobywanie bloku na krótszym łańcuchu).

Przez tą niepewność odnośnie końcowych bloków łańcucha które mogą ulec zmianie poprzez zastąpienie go innymi blokami istnieje określenie pewność bloku. Im blok jest dalej od końca łańcucha tym bardziej pewny się staje i maleje szansa na to że zostanie podmieniony. Przyjmuje się że 6. blok od końca jest wystarczająco pewny i jest niewielka szansa na to że w przyszłości ulegnie podmianie.

### V. FORKI

Istnieje możliwość celowego rozdzielenia łańcucha Blockchain. Najczęstszym z powodów jest zmiana architektury kryptowaluty dzięki której poprawi się jej stabilność. Zazwyczaj po forku właściciele portfeli z Bitcoinami stają się właścicielami takiej samej ilości nowej waluty ile posiadali Bitcoinów przed forkiem.

#### A. Bitcoin Cash

Jest to pierwszym *hard forkiem* Bitcoina. Oznacza to iż jego wersja nie jest kompatybilna wstecz z Bitcoinem. Główną zmianą było zwiększenie wielkości bloku z 1MB do 8MB co według założeń twórców spowoduje iż Bitcoin Cash będzie

bardziej użyteczny przy transferach małych kwot. Sytuacja miała miejsce w momencie gdy za transakcję Bitcoina trzeba było zapłacić kilkadziesiąt dolarów.

### B. Bitcoin Gold

Kolejny fork Bitcoina który powstał 2.5 miesiąca po forku Bitcoin Cash. Przez wielu uznany za oszustwo i nie powinien być brany na poważnie. Wprowadzone zmiany obejmują zmianę algorytmu wykorzystanego do wyliczania skrótu, zmiana z SHA256 na Equihash. Dodatkowo dostosowanie trudności wydobycia bloku następuje po wykopaniu każdego bloku, w oryginalnym Bitcoinie zmiana następuje co 2016 blok.

### C. SegWit2x

Fork który nie doszedł do skutku jednak miał wpływ na wahania ceny Bitcoina. Zmiana obejmuje głównie podwojenie bloku w stosunku do Bitcoina z 1MB na 2MB. Został odwołany ponieważ społeczność uznała iż zmiana niewiele wnosi biorąc pod uwagę iż już istnieje Bitcoin Cash ze zwiększoną wielkością bloku i kolejny fork nie wniesie żadnej korzyści.

## VI. ETHEREUM

W przeciwieństwie do forków, Ethereum jest całkowicie nową walutą która wprowadza możliwość wprowadzenia własnego kodu źródłowego do Blockchainu. Dzięki temu Ethereum jest w stanie zaoferować o wiele więcej niż Bitcoin.

### A. Kontrakty

Ethereum umożliwia utworzenie kontraktów. Dzięki temu mechanizmowi możliwe jest utworzenie własnej logiki na Blockchainie dzięki co umożliwia stworzenie cyfrowych umów odpornych na manipulacje z zewnątrz. Kontrakt który został umieszczony na Blockchainie nie może zostać już zmieniony. Może zostać utworzony nowy, uaktualniony kontrakt, jednak istniejącego nie można zmienić.

Najprostszym przykładem kontraktu jest dystrybucja Tokenów. Każdy może utworzyć swoje własne Tokeny na Blockchainie Ethereum a następnie je sprzedawać za Ethereum. Przykładowo politycy mogą wydawać swoje własne Tokeny które mogą zostać zakupione przez wyborców Dzięki temu politycy zyskują fundusze na działalność a kupujący wierzy w to że polityk jest uczciwy i działa dla dobra społeczeństwa co powinno spowodować wzrost wartości jego Tokenów. Mechanizm został nazwany ICO (Initial Coin Offering) i aktualnie staje się nową formą crowdfundingu.

Innym kontraktem może być loteria. Uczestnicy wpłacają pieniądze na adres Kontraktu. Następnie dokonuje się losowanie w wyniku którego wybrany zostaje jednej z uczestników który wygrywa całą pulę.

## PODSUMOWANIE

Kryptowaluty zdają się być rewolucją w bankowości i podejściu do waluty na miarę rewolucji dokonanej przez internet w dziedzinie komunikacji. Główną z zalet Kryptowalut jest oderwanie ich od fizycznej postaci, możliwość transferu do dowolnego miejsca na Ziemi bez pośredników, przejrzystość

oraz brak możliwości dodrukowania. Z góry wiadomo ile maksymalnie może ich powstać oraz jakie są zasady dystrybucji. Według wizji niektórych Banki, ubezpieczalnie, zakłady bookmacherskie i wszelkie działalności w których występuje transfer pieniędzy będzie można zastąpić odpowiednią Kryptowalutą, Kontraktem czy kolejną ideą zbudowaną na Blockchainie.

Pewne jest to że sama technologia Blockchain rewolucjonizuje wiele sektorów ponieważ ma wiele do zaoferowania jako szeroko pojęta rozproszona baza danych niekoniecznie związana z pieniędzmi. Już można znaleźć informacje o planowanych migracjach systemów bankowych na Blockchain, wykorzystanie go do przechowywania danych medycznych, czy nawet przeprowadzania wyborów.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] PolskieRadio.pl. (2015) Grecja: bankomaty zaczęły ponownie działać. nie ma limitu wypłat dla zagranicznych turystów. [Online]. Available: <https://www.polskieradio.pl/42/273/Artykul/1468946>
- [2] blockchain.info. [Online]. Available: <https://blockchain.info/charts/n-transactions-per-block>
- [3] PolskieRadio.pl. (2017) Bitcoin and ethereum vs visa and paypal – transactions per second. [Online]. Available: <https://mybroadband.co.za/news/banking/206742-bitcoin-and-ethereum-vs-visa-and-paypal-transactions-per-second.html>
- [4] L. Torvalds. Git - system kontroli wersji. [Online]. Available: <https://git-scm.com>
- [5] blockchain.info. [Online]. Available: <https://blockchain.info/unconfirmed-transactions>